

Schuco[®]

Beschreibung
der Experimente
mit den Modulen
A, B und UKW.

MODUL ELECTRONIC



ⓓ Anleitungsbuch mit Einführung in die Elektronik

UKW-Modul
6381
Zusatzstufe

Modul C
6283
Aufbaukasten
B → C

Modul Electronic B
6172
Grundbox mit 2 Modulen

Modul Electronic C
6173
Grundbox mit 3 Modulen

MODUL-ELECTRONIC



6 x Babyzellen (LR 14 C) à 1,5 V
= 9 V, 150 mA
(Batterien nicht enthalten)

Nur angegebene Batterien verwenden.
Batterien regelmäßig auf Auslaufen
überprüfen und herausnehmen, wenn
längere Zeit nicht experimentiert wird!
Alle Batterien jeweils gleichzeitig aus-
wechseln; d.h. keine neuen mit
gebrauchten mischen. Batterien können
und dürfen nicht mit einem Akku-
Ladegerät aufgeladen und dürfen nicht
durch Verbrennung vernichtet, sondern
sollten zu einer Batterie-Sammelstelle
gebracht werden. Hinweis auf Seite 5
und für Netzadapter auf Seite 3 beachten.
Nicht für Kinder unter 36 Monaten
geeignet, da kleine Teile und
spitze Drähte vorhanden sind.



Anleitungsbuch Für Grundstufe A, B und UKW-Modul

SCHUCO EXPERIMENTIER - TECHNIK
© GEORG ADAM MANGOLD GMBH & CO.KG

Lange Straße 69 - 75 8510 Fürth/Bayern
Telefon 0911/78 72-0 FAX 78 72-53

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, fotomechanische
und elektronische Wiedergabe - auch auszugsweise - nicht
gestattet. Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in die-
sem Buch enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten
sind.

Printed in Germany / Imprimé en Allemagne
Technische Änderungen vorbehalten.

Liebe Eltern,

Sie haben ein Qualitätsprodukt erworben, das dem neuesten Stand der Technik entspricht. Alle gültigen Sicherheitsbestimmungen sind damit natürlich auch erfüllt.

Zum Experimentieren werden 6 Babyzellen benötigt, die dieser SCHUCO Modul-Electronic wegen ihrer begrenzten Lagerfähigkeit nicht beigegeben werden können. Wenn Sie aus Kostengründen oder aus Gründen des Umweltschutzes statt der Batterien ein Netzteil benutzen wollen, verwenden Sie bitte den SCHUCO-Netzadapter 6-6155.

Nehmen Sie bitte auf keinen Fall einen Eisenbahn-Transformator oder ein Akku-Ladegerät: *Sie würden die IC's und die Transistoren zerstören.*

Sicherheitsvorschriften bei Betrieb mit Adapter

Bedenken Sie aber in jedem Fall, daß der Umgang mit Elektrizität verantwortungsbewußtes Handeln voraussetzt. Wir bitten Sie, Ihr Kind zu besonders umsichtigem Umgang mit der Elektrizität anzuleiten, und weisen Sie vor allem und mit großem Nachdruck auf die Gefahren hin, die beim Umgang mit Netzwechselspannung auftreten können. Untersagen Sie Ihrem Kind strikt, an netzbetriebenen Geräten zu experimentieren.

Außerdem möchten wir Sie darüber informieren, daß Sie verpflichtet sind, jeden Netzadapter, jeden Sicherheits-Transformator und jede Ladeeinheit regelmäßig auf mögliche Schäden, z.B. am Gehäuse, am Stecker oder an der Zuleitung zu untersuchen. Falls Sie Schäden feststellen, darf das Spielzeug auf keinen Fall weiterbenutzt werden. Der Schaden muß erst ordnungsgemäß behoben werden. (VDE-Vorschrift 700, Teil 209, Seite 3).

Lieber Elektronik-Freund,

mit dieser SCHUCO Modul-Electronic steht dir ein völlig neuentwickeltes System aus der Reihe der bewährten SCHUCO Elektronik-Experimentiertechnik zur Verfügung. Bei der Konzeption dieses Systems stand die Überlegung im Vordergrund, wie einfachste Handhabung mit perfekter Technik zu kombinieren ist und dabei sichere Versuchsergebnisse erzielt werden.

Erstmals werden komplette Module mit allen benötigten Bauelementen der Elektronik eingesetzt, die überflüssigen Zeitaufwand bei der Vorbereitung und beim Experimentieren ausschließen. Die Module sind mit modernster Technik ausgestattet, miniaturisierte Bauteile sind selbstverständlich, ebenso Original-Industrieteile.

Durch einfaches Stecken mit vorbereiteten Verbindungsdrähten werden die elektronischen Bauelemente auf den Modulen absolut sicher miteinander verbunden. Leichtes Umstecken der Verbindungen ermöglicht es, praktisch alle Schaltungsvarianten auszuprobieren und den Einfluß der Bauelemente in der aufgebauten Schaltung zu testen.

Dieses SCHUCO Modul-System eignet sich sowohl für den Anfänger als auch für den fortgeschrittenen Elektronikfreund. Die Möglichkeiten der Erweiterung des Systems sind riesengroß, und das heißt, daß ein zukunftssicherer Einsatz gewährleistet ist. Die Modulbox ist so konzipiert, bis zu sechs Module aufzunehmen, die beliebig miteinander kombinierbar sind. Das System kann also ständig auf dem neuesten Stand der Technik gehalten werden, und alle Bereiche der Elektronik lassen sich experimentell erproben.

Seite	3	Vorwort
	4	Inhaltsverzeichnis
	5	Bauanleitung
	15	Elektronik - einfacher geht es nicht
	16	Im Stromkreis herum
	17	Elektronenstrom
	19	Strom getastet
	19	Mit Spannung
	20	Kein Strom ohne Spannung
	20	Elektronenorgel
	21	Widerstand gegen den Strom
	23	Widerstände aufgereiht
	24	Widerstände parallel
	24	Potentiometer oder Poti?
	25	Spannung gemessen
	26	Herrn Ohms Gesetz
	28	Spannung an den Widerständen
	28	Treffer angezeigt
	28	LDR - Licht verändert den Widerstand
	29	Stromstärke gemessen? - In Reihe
	31	Kondensator - ist der geladen!
	32	Ladung angezeigt
	34	Der ist aber geladen!
	34	Elkos parallel
	34	Reihe der Kondensatoren
	35	Differenzierglied
	36	Verzögert ausgeschaltet
	36	Der schaltet aber langsam
	37	Diode - nur hin, nicht zurück
	40	Laut sprechen
	41	Erste Töne - mit dem Generator
	42	Flammen überwacht
	43	Trans fer res istor
	45	Transistoren - superschnelle Schalter
	46	Transistoren verstärken
	47	Arbeitspunkt stabilisiert
	48	Transistor - Grundsaltungen
	48	Stufe für Stufe verstärkt
	49	Darlington verstärkt
	49	Dimmer - als Automaten
	52	Sensible Sensoren
	52	Überlaufen gibt es nicht
	53	Elektronisches Relais
	54	Mit Licht getroffen
	54	Ein Taster - für Ein und Aus
	55	Schwingungen - wie bremst man sie?
	55	Monoflop
	56	Belichtung gesteuert
	57	Flip-flop
	59	Völlig instabil
	60	Aus-und wieder einschalten
	61	Blinklicht kontrolliert

Seite	63	Töne lautstark erzeugt
	66	Wie ein Polizeiwagen
	66	Feuersirene
	67	Der Takt ist wichtig
	68	Digital - moderner geht es nicht
	73	Über die Schwelle
	74	Differenzen verstärken
	75	Der Umwelt zuliebe
	75	Hilfe für den Fotografen
	77	Überblenden
	77	Klatsch - schon schaltet es
	78	IC - klein, aber oho!
	82	Vom Ausgang zum Eingang
	83	Durchbruch erzwungen
	84	Dem Lärm auf der Spur
	85	Wechselspannung
	87	Da brummt das Licht
	89	Mit Licht gezählt
	90	Im Disco-Look
	91	Der Integrator - langsam aber sicher
	92	Mit Monoflop im Treppenhaus
	93	Es kippt ohne Pause
	93	Blinken oder Tönen?
	96	Alarm - Einbruch verhindert
	98	Ohne Sensoren geht es nicht
	100	Kontaktlos geschaltet
	101	Langsamhalter
	102	Ein-und Ausschaltverzögerung
	102	Sirenenalarm
	103	NAND-Generator
	106	FET - leistungslos gesteuert
	108	Normale Fahrt aufgehoben
	109	Kojak naht
	109	Logik mit Gattern
	113	Bei Sonne Hoch, bei Regen tief
	114	Ohne Takt geht es nicht
	115	Ausgesteuert
	116	Abwechselnd blinken
	117	Generator stoppt Generator
	120	Mit Lichtstrahl alarmiert
	121	Sirenenautomat
	123	Aufgeladen?
	124	Da jault die Ladung
	125	Wehe, wenn das Licht angeht
	126	Laut im Dunkeln
	129	Töne gemischt
	131	UKW-Modul
	134	Rundfunkempfangstechnik
	137	UKW-Empfänger

SCHUCO MODUL-ELECTRONIC

Inhalt: Bestell - Nr.

Modulbox mit 349.2820

Lautsprecher
Leuchtdiode, rot (LED Pr)
Leuchtdiode, grün (LED Pg)
Meßgerät
Ein/Aus-Schalter
Taster
Anschluß für Betriebsspannung
Buchsenleiste mit Anschlüssen P 1 - P 15
2 Einschübe für je 3 Module

Batteriekasten

für 6 x Babyzelle 1,5 V = 9 V

Anschlußdrähte 349.2845

30 Stück 80 mm rot
5 Stück 120 mm weiß
5 Stück 230 mm blau

349.2840

LDR, blau



Meßfühler
Leitfähigkeit, gelb



349.2712

Anleitungsbuch A /B /UKW 349.2862

Modul A 349.2802

Modul B 349.2803

AUFBAU DER SCHUCO MODUL-ELECTRONIC

Die Modulbox der SCHUCO Modul-Electronic ist bereits so vorbereitet, daß nur noch wenige Handgriffe zur Inbetriebnahme erforderlich sind. Das Modul A ist von links in die obere Führung zu schieben, bis es rechts am Bedienungsteil des Pults anschlägt. Alle Module können nur so eingeschoben werden, daß die Zahlen auf den Buchsenleisten von vorne lesbar sind. Damit sind sie automatisch auch richtig an die Betriebsspannung angeschlossen. Ein Verpolen ist ausgeschlossen.

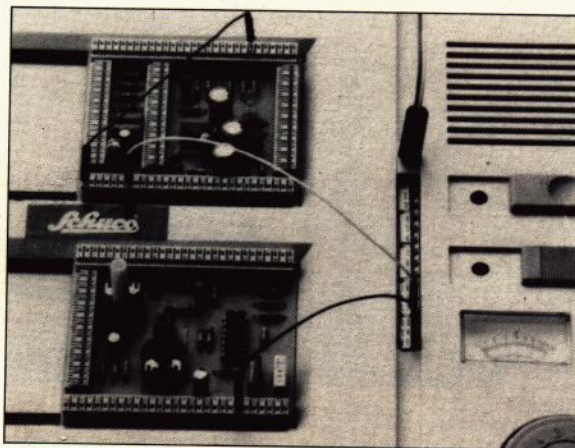


Abb.1

Für die Stromversorgung werden 6 Babyzellen benötigt. Sie sind nach den Angaben im Batteriehalter von unten in den Fuß der Modulbox einzusetzen. Dabei ist auf den richtigen Polanschluß (+/ -) zu achten.

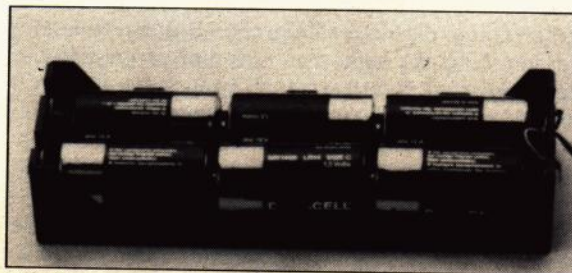


Abb.2

Soll ein Netzteil benutzt werden, ist ausschließlich der SCHUCO Netzadapter 6155 zu verwenden. Sein Anschlußkabel ist dann in die Buchse für die Betriebsspannung zu stecken. Mit dem Ein/Aus-Schalter kann die Betriebsspannung angeschaltet werden. Dann leuchtet die grüne Leuchtdiode im Pult. Schaltungen baut man dadurch auf, daß Verbindungsdrähte nach den Angaben in der Verdrahtungstabelle von einem Anschluß zum anderen gesteckt werden.

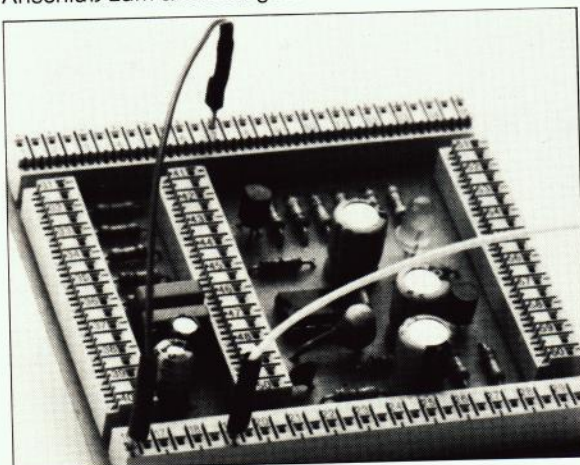


Abb.3

Auf die Verdrahtungstabelle wird im Text hingewiesen. Sie steht an der Seite. A 12 - A 16 heißt z.B., daß ein Verbindungsdraht vom Anschluß 12 des Moduls A zum Anschluß 16 desselben Moduls gesteckt wird. A 12 - P 1 bedeutet, daß ein Draht vom Anschluß 12 auf dem Modul A zum Anschluß 1 im Pult gesteckt werden soll. Die Anschlüsse auf dem Modul B haben alle ein B vor den Ziffern. Beim Aufbau der Schaltungen sollten immer die kürzestmöglichen Drähte verwendet werden. Sind die kurzen von 80 mm Länge alle gesteckt, können selbstverständlich auch die längeren von 120 mm oder 230 mm benutzt werden. Alle Schaltungen wurden vielfach erprobt und funktionieren bei ausreichender Betriebsspannung einwandfrei. Wenn aber nach dem Aufbau einmal eine Schaltung nicht wie beschrieben arbeiten sollte, ist es am einfachsten, die gesamte Verdrahtung neu zu stecken. Denn der zeitliche Aufwand ist häufig geringer, als wenn alle Verbindungen

überprüft werden. Die Verbindungsdrähte sind mit Steckern versehen. Wie bei allen Kabeln mit Steckern sollten sie nie an den Kabeln herausgezogen werden, sondern immer nur am Stecker. Das verlängert die Lebensdauer der Drähte beträchtlich.

Nach dem Aufbau der Schaltung und einer kurzen Überprüfung ist die Betriebsspannung mit dem Ein/Aus-Schalter einzuschalten. Dann leuchtet die grüne LED im Pult. Anschließend kann, wie bei dem jeweiligen Experiment geschrieben, mit der Schaltung geprobt, eingestellt oder verändert werden. Bevor umgesteckt wird, soll immer die Betriebsspannung ausgeschaltet werden. Der "Meßfühler Leitfähigkeit" wird nach den Angaben in der Verdrahtungstabelle des betreffenden Experiments in die Buchsen gesteckt. Ebenso steckt man den LDR im Gehäuse (lichtabhängiger Widerstand) nach den Angaben in die genannten Buchsen. Mit den Schaltungen läßt sich gefahrlos experimentieren. Verbindungen sind allerdings nur sinnvoll gesteckt, wenn auch elektronische Bauteile miteinander verbunden werden. Falsche Verbindungen sind fast immer ohne Gefahr für das Modul-System. Es ist allerdings davon abzuraten, an die Verbindungen an der Unterseite der Module mit Drähten oder Steckern zu kommen. Die Sicherung in der Modulbox kann nur schmelzen, wenn ein falsches Netzteil angeschlossen wurde oder absichtlich ein Kurzschluß herbeigeführt wurde.

Alle Schaltungen von 1 bis 196 können mit dem Modul A ausgeführt werden, für die übrigen benötigt man zusätzlich das Modul B.

BESCHREIBUNG DER MODULE

SCHUCO Modul-Electronic ist ein Experimentiersystem, durch das mit geringem experimentellem Aufwand schnell und sicher funktionsfähige Schaltungen zusammengesteckt werden können. Alle benötigten Bauelemente befinden sich auf Modulen und müssen nur noch durch Steckverbindungen miteinander verbunden werden. Dazu kommen wenige externe Meßfühler, die bei Bedarf zusätzlich anzuschließen sind.

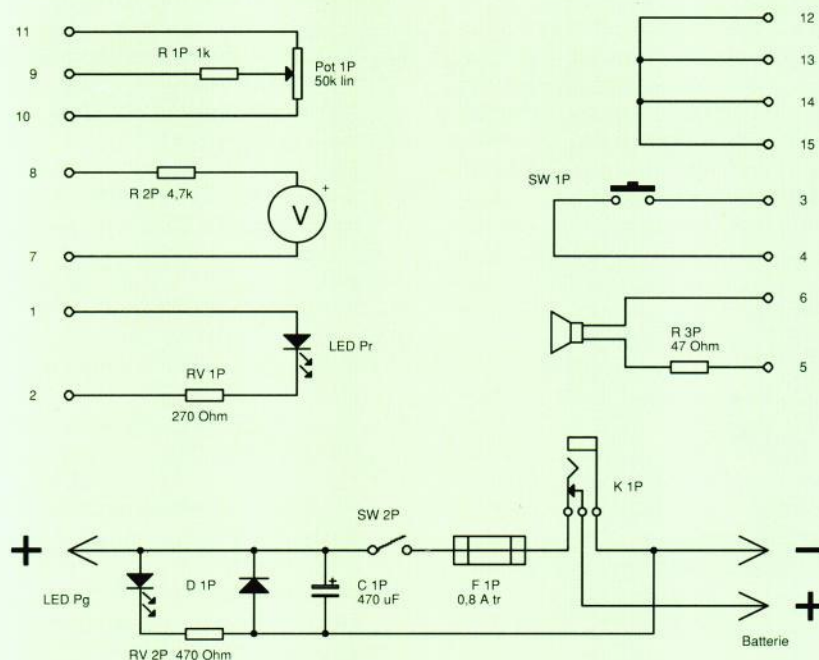
PLATINE
IM PULT

Abb.4

MODULBOX

In die Modulbox ist eine bestückte Platine eingebaut, über die die Verbindungen zu den im Pult eingebauten Bauteilen hergestellt werden. Ebenso wird die Stromversorgung durch die Kontaktschienen zu den Modulen sichergestellt. Über die Buchsenleiste im Pult sind bei Bedarf elektrische Verbindungen zum Poti, zum Meßinstrument, zur roten LED, zum Lautsprecher, zum Tastschalter und zum Pultverteiler herzustellen. Die Pole der Betriebsspannung können nicht direkt abgegriffen werden.

Im einzelnen enthält die Platine folgende Bauteile:

- 1 Potentiometer 50 k Ω lin, Pot 1P, mit 1 K Ω Widerstand R 1P in Reihe zum Schleifer (Anschlüsse 9 - 11)
- 1 Meßinstrument (V) mit Schutzwiderstand 4,7 K Ω , R 2P (Anschlüsse 7, 8)
- 1 Leuchtdiode, rot LED Pr (mit Vorwiderstand RV 1P) Anschlüsse 1, 2)
- 1 Verteiler, vierfach (Anschlüsse 12 - 15)
- 1 Tastschalter SW 1P (Anschlüsse 3, 4)
- 1 Lautsprecher mit Schutzwiderstand 47 Ω , R 3P (Anschlüsse 5, 6)
- 1 Anschlußbuchse K 1P für Netzadapter 6155
- 1 Sicherung F 1P und Diode D 1P zum Schutz gegen ungeeignete (verpolte) Netzteile
- 1 Schiebeschalter SW 2P
- 1 Glättungskondensator 470 - 680 μ F, C 1P
- 1 Leuchtdiode grün LED Pg (mit Vorwiderstand RV 2P)

MODUL A

Das Modul A enthält auf einer Platine sämtliche Bauteile, die in Verbindung mit der Modulbox für die Schaltungen der SCHUCO Modul-Electronic A benötigt werden. Der Zugriff auf die Bauteile kann nur über die Kontaktleisten erfolgen, deren numerierte Buchsenkontakte mit den Bauelementen verbunden sind. Mit den vorgefertigten Verbindungsdrähten lassen sich alle Schaltungen des Anleitungsbuches A und viele eigene Abwandlungen aufbauen. Es entstehen dabei beispielhafte Anwendungen technischer Probleme. Lösungsmöglichkeiten werden aufgezeigt. Sinnvolle Experimente zu einer Einführung in die Elektronik werden ebenfalls auf diese Weise durchgeführt. Einige Buchsenkontakte sind zu Dreier- oder Vierergruppen verbunden. Sie werden als Verteiler dann in Anspruch genommen, wenn mehrere Verbindungen zu einem Bauteil führen sollen. Die Anschlüsse der positiven Betriebsspannung sind nur über Schutzwiderstände von $220\ \Omega$ erreichbar. Der negative Pol der Betriebsspannung ist an den Kontaktleisten mehrfach vorhanden.

Im einzelnen enthält das Modul A:

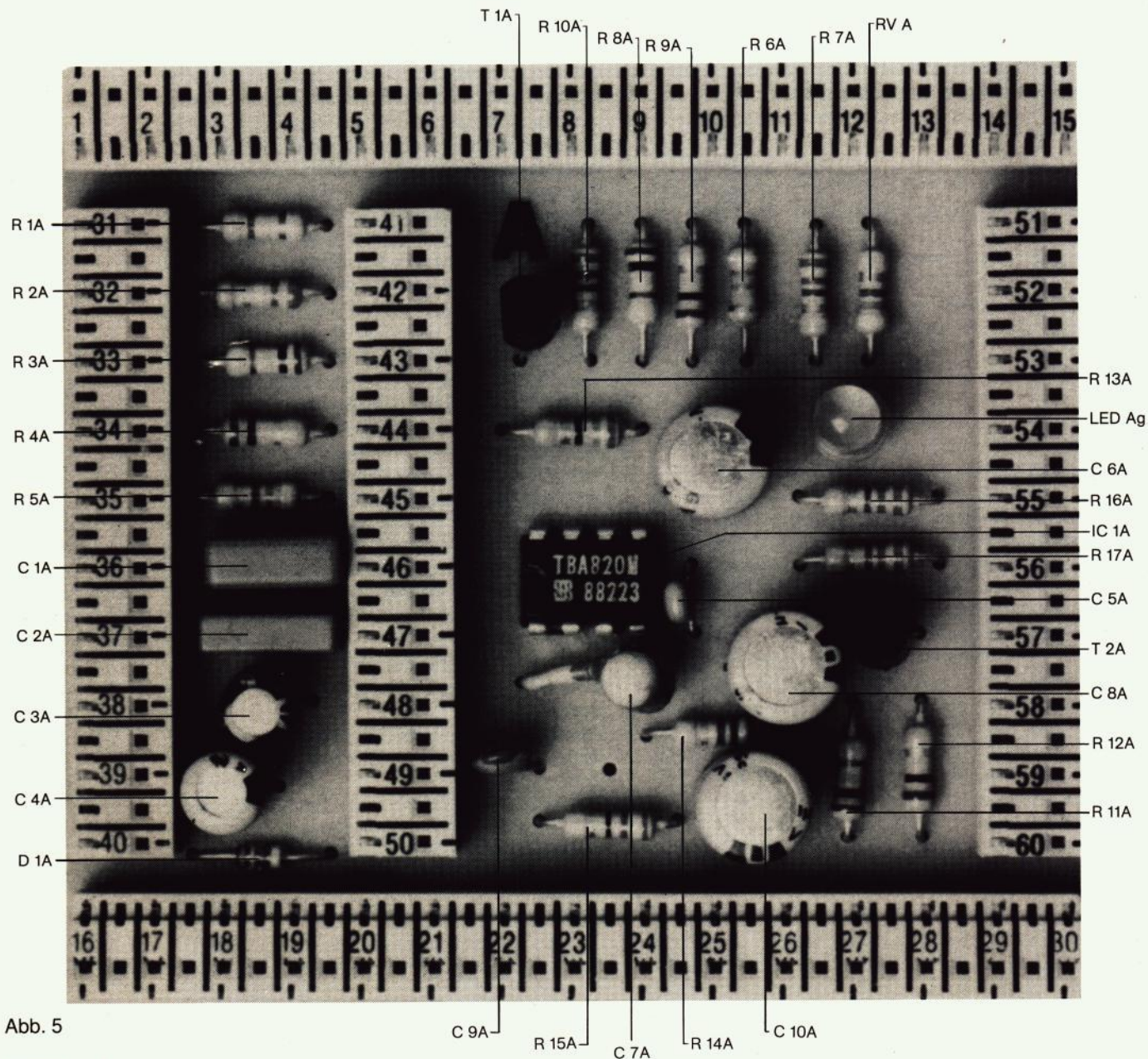
- 1 Bauteilegruppe (Anschlüsse 31 - 50) aus:
 - 5 Widerständen R 1A - R 5A
 - 2 Kondensatoren C 1A, C 2A
 - 2 Elkos C 3A, C 4A
 - 1 Diode D 1A
- 1 Spannungsteiler R 6A / R 7A zur Reduzierung zu hoher Pegel für die Eingänge des NF-Verstärkers (Anschlüsse 9 - 11)
- 1 Verteiler, vierfach (Anschlüsse 51 - 54)
- 2 Verteiler, dreifach (Anschlüsse 55 - 60)
- 2 Anschlüsse für positive Betriebsspannung über $220\ \Omega$ Schutzwiderstände R 16A, R 17A (Anschlüsse 14 + 15)
- 1 Leuchtdiode, grün LED Ag mit Vorwiderstand RV A (Anschluß 12)
- 1 Transistorstufe T 1A mit Basis- R 8A, Kollektor- R 9A und Emitterwiderstand R 10A; dazu sind Basis und Kollektor an 2, der Emitter an einem Anschluß verfügbar (Anschlüsse 1 - 8)
- 1 Transistorstufe T 2A mit Basis- R 11A und Kollektorwiderstand R 12A, dazu sind Basis und Kollektor an 2, der Emitter an einem Anschluß verfügbar (Anschlüsse 13 und 25 - 30)
- 1 analoger integrierter Schaltkreis IC 1A (TBA 820 o.ä.) mit Kompensationsschaltungen gegen Schwingen und Netzbrummen; Eingänge E+ (Anschluß 21) und E- (Anschluß 20) Ausgänge Gleichspannung über Schutzwiderstand R 14A (Anschluß 23) und Wechselspannung über Elko C 8a (Anschluß 23)
- 1 RC-Glied R 15A / C 10A für die Erzeugung der Vorspannung am Eingang E-, wenn IC 1A als NF-Verstärker benutzt wird (Anschluß 22)
- 4 Anschlüsse für die negative Betriebsspannung (Anschlüsse 16 - 19)

MODUL B

Wie das Modul A enthält auch das Modul B sämtliche Bauteile, die in Verbindung mit der Modulbox zum Aufbau der Schaltungen benötigt werden.

Im einzelnen enthält das Modul B:

- 1 MOS-Schaltkreis IC 1B (4011 o.ä.) mit 4 NAND-Gattern zu je 2 Eingängen und gepufferten Ausgängen. Drei der Gatter (A, B, und D) sind zu einem freischwingendem Generator geschaltet, der über den Anschluß 11 gestoppt werden kann. Mit dem Poti Pot 1B läßt sich die Frequenz in weitem Bereich verstimmen. Das Ausgangssignal wird am Ausgang des NAND A (Anschluß 12) entnommen. Das vierte NAND-Gatter D kann frei beschaltet werden. Alle freien Eingänge liegen über 100 k Ω Widerstände am Pluspol der Betriebsspannung.
- 1 Feldeffekttransistor FET 1B liegt parallel zum Poti Pot 1B und kann die Generatorfrequenz kontinuierlich verstimmen. Der Hub des Signals wird durch die Schleiferstellung des Potis Pot 1B und des FET festgelegt. Der direkte Anschluß an das GATE erfolgt über den Anschluß 19, an dem der 100 k Ω Schutzwiderstand R 2B liegt.
- 1 Transistorstufe T 2B mit Basis- R 9B Kollektor- R 8B und Emitterwiderstand R 10B; dazu sind Basis, Kollektor und Emitter an je einem Anschluß verfügbar (Anschlüsse 5 - 10)
- 1 Kondensator C 1B, frei verfügbar (Anschlüsse 28 und 29)
- 1 Elko C 4B, frei verfügbar (Anschlüsse 23 und 24)
- 1 Elko C 3B, häufig als Integrier-Elko benutzt (Anschluß 1)
- 3 Anschlüsse für positive Betriebsspannung über 220 Ω -Schutzwiderstände R 12B bis R 14B (Anschlüsse 13 - 15)
- 1 Potentiometer Pot 2B mit Schutzwiderstand R 11B zur freien Verfügung (Anschluß 2 - 4)
- 1 Verteiler vierfach (Anschlüsse 31 - 34)
- 2 Verteiler dreifach (Anschlüsse 35 - 40)
- 3 Anschlüsse für die negative Betriebsspannung (Anschlüsse 16 - 18)



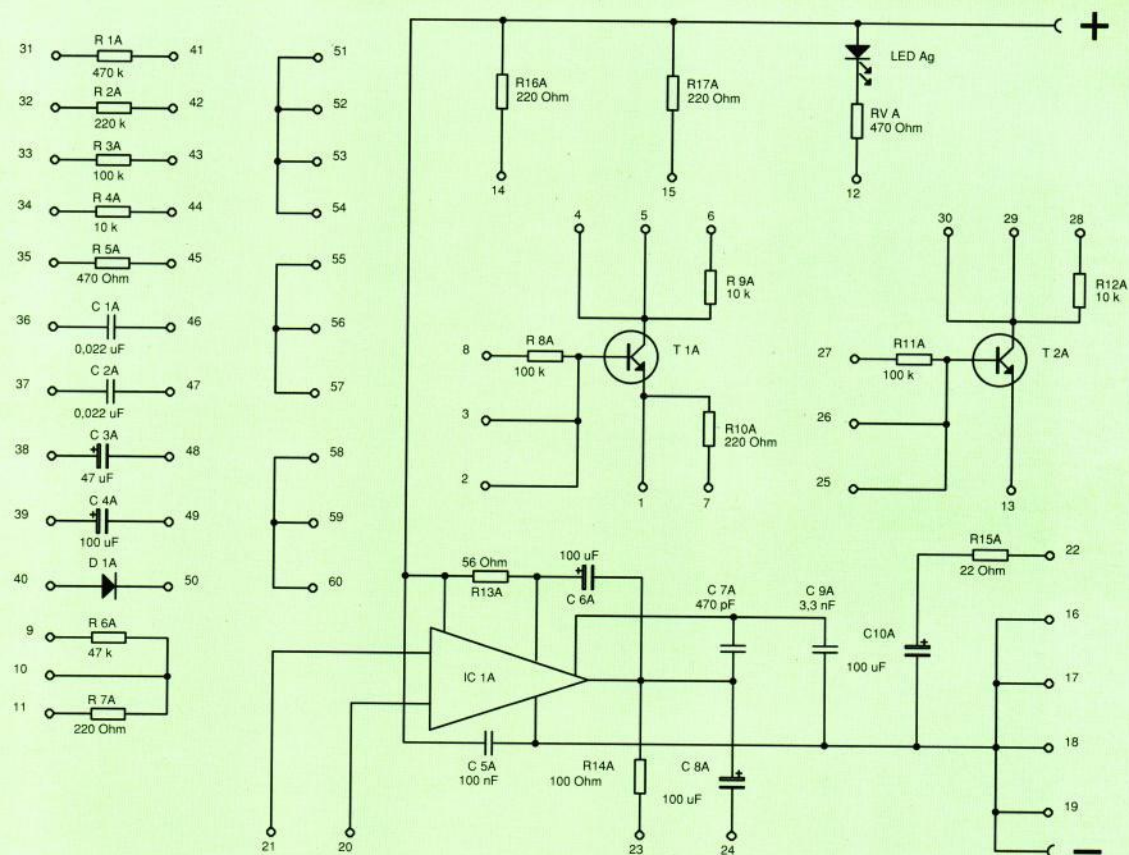


Abb. 6

MODUL A

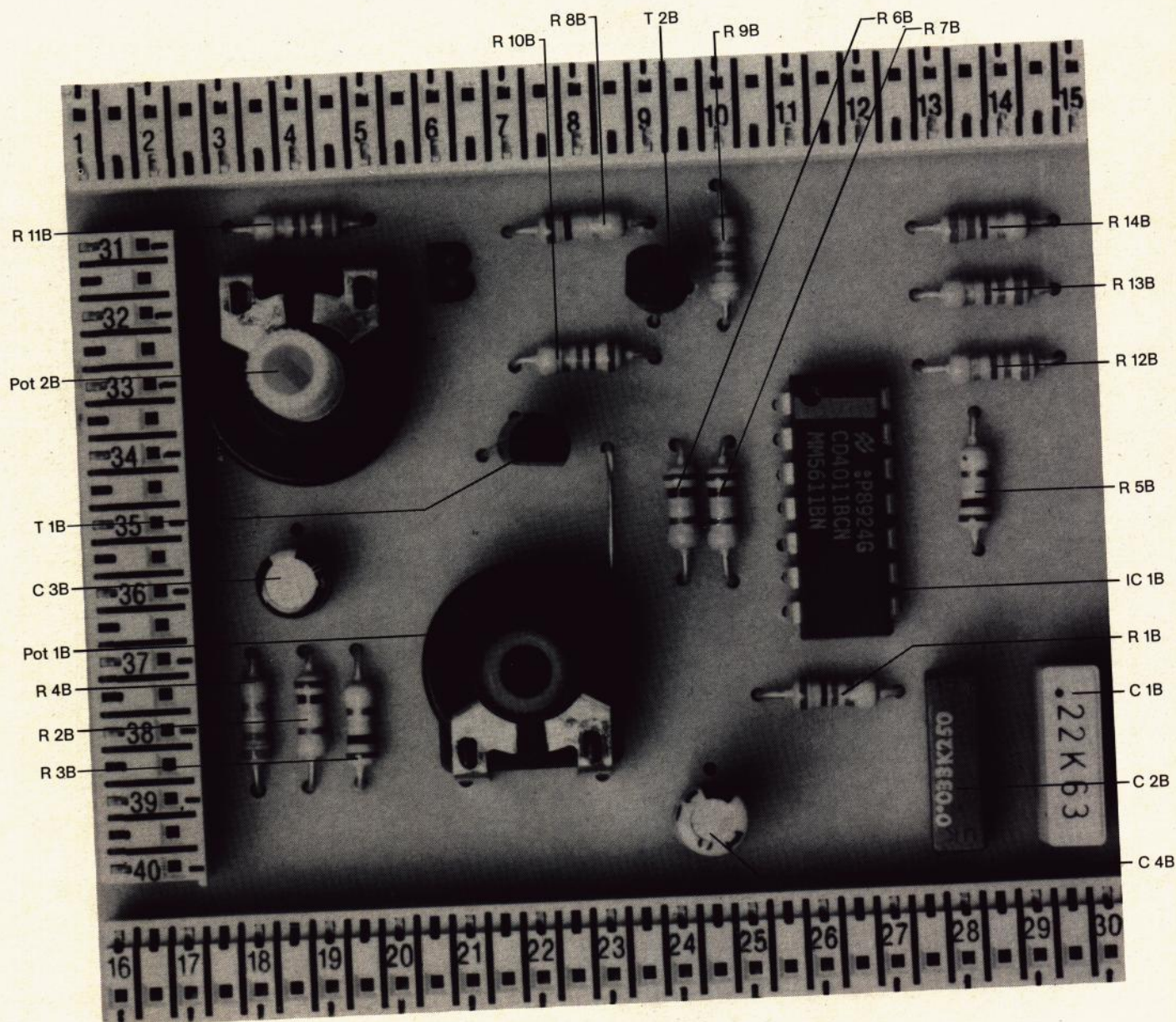


Abb.7

MODUL B

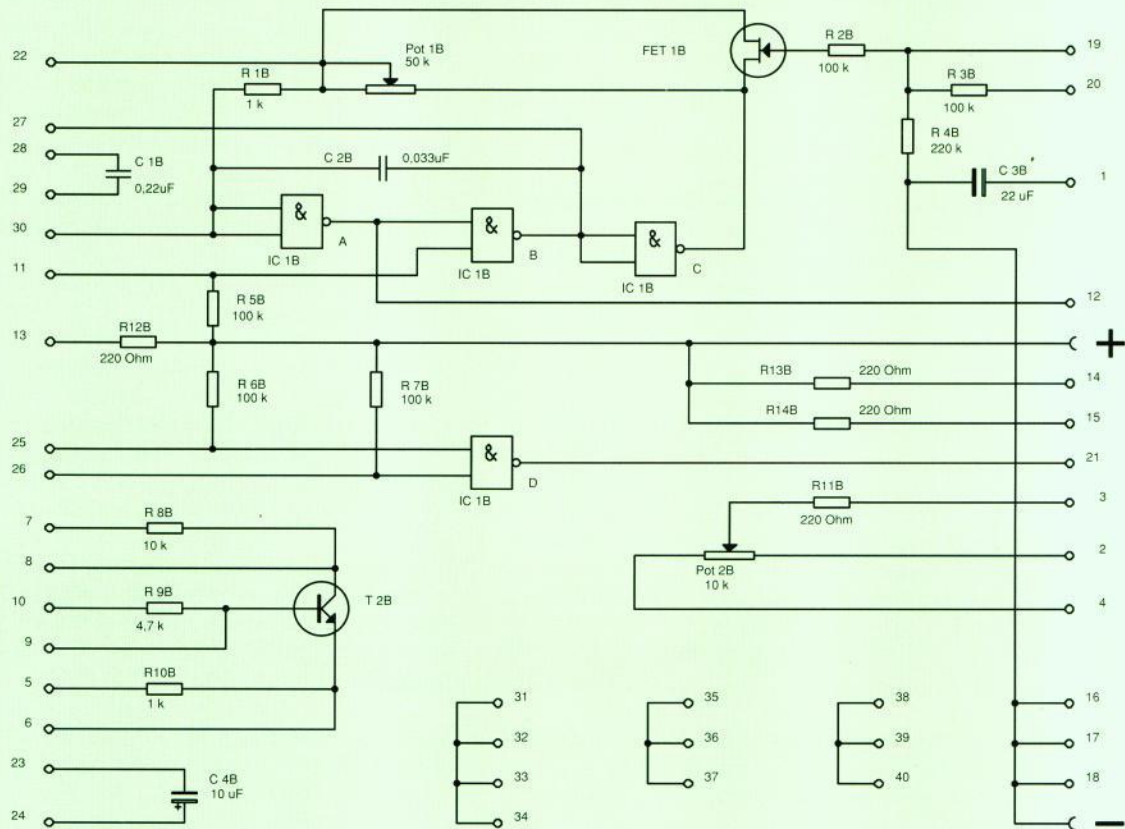


Abb. 8

ELEKTRONIK - EINFACHER GEHT ES NICHT**Experiment 1.**

Nur ein Verbindungsdraht vom Anschluß A 12 zum Anschluß A 16 des Moduls A reicht, nachdem du den allgemeinen Aufbau beendet und die Batterie oder den SCHUCO-Netzadapter 6155 angeschlossen hast. Aber nicht vergessen: *Betriebsspannung einschalten*. Schon leuchtet die grüne Leuchtdiode auf dem Modul A. So einfach ist das! Merkst du, wie leicht es ist, mit diesem SCHUCO-System elektronische Bauteile sicher miteinander zu verbinden? Bestimmt wird es dir auch keine Schwierigkeiten bereiten, gleich eine sehr umfangreiche Schaltung aufzubauen.

Wichtig ist, alle Verbindungen sorgfältig zu stecken. Sollte einmal eine der Schaltungen nach dem Aufbau nicht gleich funktionieren, ist es am einfachsten, alle Verbindungen neu herzustellen. Bei diesem bequemen Experimentiersystem kostet das nur wenige Augenblicke Zeit, die Fehler lassen sich aber so am einfachsten beheben. Und nun viel Spaß!

Experiment 2.

Die vielen Buchstaben und Zahlen verwirren vielleicht am Anfang etwas. Sie sagen dir aber in übersichtlicher Form, wie die Schaltung absolut funktionssicher aufzubauen ist. A 1 - A 16 bedeutet, daß ein **kurzer** Draht vom Anschluß A 1 des Moduls A zum Anschluß 16 des Moduls A zu stecken ist.

Wenn die kurzen Drähte alle gesteckt sind, kannst du selbstverständlich mit den anderen weiterbauen. A 30 - P 5 heißt, einen Draht vom Anschluß 30 des Moduls A zum Anschluß 5 im Pult zu führen.



Abb.9

Alles genau aufgebaut und kontrolliert? Dann schalte die Betriebsspannung ein. Drücke den Taster, und aus dem Lautsprecher ertönt das Tütü-Tataa des Martinshorns.

Du solltest gleich einmal ausprobieren, wie leicht es ist, diese Schaltung sinnvoll zu verändern:

3.

Dazu sind die Verbindungen vom Anschluß A 57 nach A 34 und von A 58 nach A 44 zu verlegen. Hörst du, daß der Ton des Martinshorn geblieben ist, die Tonfolge aber insgesamt höher liegt?

Genauso leicht ist es, den Grundton des Martinshorns tiefer erklingen zu lassen:

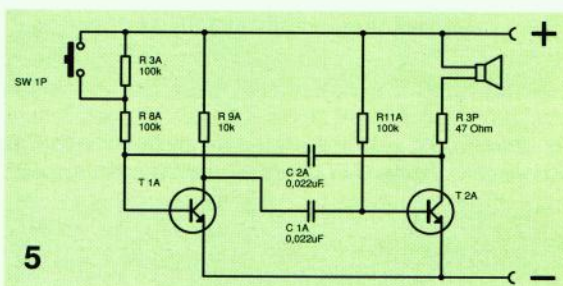
4.

Du verlegst die Verbindung vom Anschluß A 57 nach A 32 und die von A 58 nach A 42. *Mit dem Taster läßt sich auch jetzt das Umschalten des tiefen Martinshorns durchführen*. Zunächst soll es erst einmal genug von dem Martinshorn sein. Die Erklärung zu dieser Schaltung kannst du später noch nachlesen. Probiere doch gleich noch eine andere Schaltung aus.

Wie wäre es mit einem Wechselblinker?

Experiment 5.

Die grüne Leuchtdiode auf dem Modul A und die rote im Pult leuchten so lange im Wechsel, bis die Stromversorgung unterbrochen wird. An dieser Stelle noch keine Erklärungen für die schon ziemlich aufwendige Schaltung. Du findest sie später im Experiment 115. Nachdem dir der Aufbau dieser Schaltung ohne Mühe gelungen ist, wirst du alle weiteren spielend schaffen.

**1**

A 12 - A 16

2

A 1 - A 16

A 2 - A 37

A 4 - A 36

A 6 - A 53

A 8 - A 56

A 13 - A 17

A 14 - A 60

A 15 - A 51

A 25 - A 46

A 27 - A 52

A 29 - A 47

A 30 - P 5

A 54 - P 6

A 33 - A 57

A 43 - A 58

A 55 - P 3

A 59 - P 4

5

A 1 - A 16

A 2 - A 49

A 3 - A 46

A 4 - A 38

A 8 - A 53

A 12 - A 30

A 13 - A 17

A 15 - A 51

A 18 - A 36

A 26 - A 48

A 27 - A 52

A 29 - A 39

A 54 - P 1

A 5 - P 2

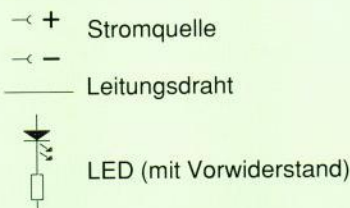
IM STROMKREIS HERUM

Möchtest du ein bißchen mehr darüber erfahren, wie solche Schaltungen funktionieren? Entferne alle Drähte und verbinde den Anschluß A 12 mit A 16. Bei eingeschalteter Stromversorgung leuchtet die grüne Leuchtdiode auf dem Modul A. Übrigens: Fachleute sprechen nicht von einer Leuchtdiode, sondern sie benutzen ausschließlich die Abkürzung aus der englischen Sprache, nämlich **LED** (von **L**ight **E**mitting **D**iode). Auch wir wollen in Zukunft diesen Fachausdruck verwenden. Mit dem einen Draht in diesem Experiment hast du einen **Stromkreis** hergestellt, der aus der Batterie, leitenden Verbindungen und der LED mit Vorwiderstand besteht.

Diesen Stromkreis nach den Anschlüssen auf dem Modul A zu zeichnen, wäre sehr aufwendig. Denn auf dem Modul sind viele Teile, die aber zu diesem Stromkreis überhaupt nicht benötigt werden. Außerdem ist es ja nicht ganz leicht, das Modul zu zeichnen. Deshalb hat man sich in allen Ländern der Erde darauf geeinigt, für die Teile in elektrischen und elektronischen Schaltungen symbolhafte Darstellungen zu benutzen, die man **Schaltzeichen** oder **Schaltsymbole** nennt.

Hier findest du die Schaltsymbole, um diesen Stromkreis zu zeichnen:

Schaltsymbole :

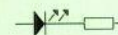


Bei der LED ist eine Besonderheit zu beachten: *Das Schaltsymbol einer LED sieht eigentlich so aus:*

Schaltsymbol LED

Da eine LED aber nicht direkt an einer Batterie mit 9 Volt betrieben werden darf, schaltet man ein Bauteil dazu, das die LED schützt, einen Widerstand. (In Kürze kannst du mehr darüber erfahren.) Dieser Vorwiderstand wird mitgezeichnet, wenn er sich in einem Stromkreis mit der LED befindet. Darum enthält das Schaltsymbol bei allen Darstellungen in diesem Anleitungsbuch den zusätzlichen Widerstand, auch wenn er nur zum Schutz der LED benötigt wird.

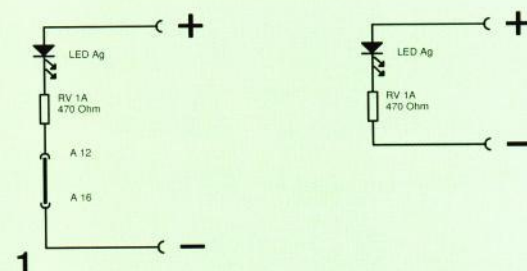
LED mit Vorwiderstand



Die Schaltsymbole alleine reichen aber noch nicht aus, den Stromkreis wiederzugeben, den du aufgebaut hast. Erst wenn durch die Verbindungen der Schaltsymbole ein Stromkreis entsteht, kann der Fachmann damit etwas anfangen. Eine solche Zeichnung nennt man ein **Schaltbild**. Es gibt die genaue Lage jedes einzelnen Teils in der Schaltung an. Man verwendet auch den Begriff **Schaltskizze** oder **Schaltplan** für das Schaltbild. Hier findest du das Schaltbild für einen Stromkreis mit einer LED mit Vorwiderstand.

Die beiden Anschlüsse A 12 und A 16 sind in diesem ersten Schaltbild ausnahmsweise mitgezeichnet. Mit dem Draht zwischen den beiden Anschlüssen schließt du den Stromkreis.

Zur besseren Übersicht in solchen Schaltplänen sind alle Verbindungen nur waagrecht oder senkrecht gezeichnet. Gibt es Verbindungen zwischen Drähten, so sind Verbindungspunkte eingezeichnet. Fehlen diese Verbindungspunkte, so kreuzen sich die Drähte nur.



Leitung mit Verbindungspunkt



Du darfst dich übrigens nicht verwirren lassen, wenn von Drähten und Verbindungen die Rede ist, die du gar nicht selbst hergestellt hast. Die meisten der für ein Experiment notwendigen Verbindungen sind auf dem Modul bereits bei der Produktion hergestellt worden, um dir das Experimentieren zu erleichtern. Du erkennst sie auf dem Schaltbild des Moduls und evtl. auf der Rückseite des Moduls als Streifen zwischen den Bauelementen.

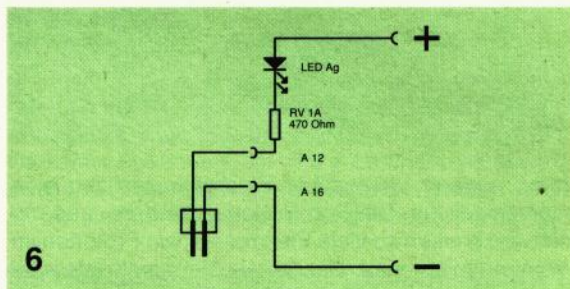
ELEKTRONENSTROM

Doch nun zurück zu deinem Stromkreis: Was spielt sich ab, wenn die Verbindung zwischen der Batterie und der LED hergestellt ist? Der Name verrät schon einiges: Es bewegt sich etwas im Kreis. Beim Anschluß einer LED an eine Batterie fließen **Elektronen** aus dem **Minuspol** der Batterie durch die Verbindungen und die LED zum **Pluspol** der Batterie zurück. (Natürlich fließen sie auch durch den Widerstand, aber darüber wollen wir im Moment nicht weiter reden).

Um den Elektronen auf die Spur zu kommen, die von einem Pol der Batterie zum anderen fließen, führe das **Experiment 6** aus.

An den Anschlüssen A 12 und A 16 ist der **Sensor** - ein anderes Wort für Meßfühler - anzuschließen. Drücke die beiden Sensorstifte leicht auf verschiedene Materialien in deiner Umgebung, z.B. auf Stoff, Holz, Gummi, Kunststoff, Metalle, und achte darauf, wann die LED auf dem Modul A aufleuchtet.

Jedes Mal, wenn die LED aufleuchtet, waren die Sensorstifte auf einen **Leiter** gedrückt. Leuchtete sie nicht, so war ein **Nichtleiter** in den Stromkreis geschaltet. Da man solche Stoffe auch zur Isolation verwendet, nennt man sie **Isolatoren**. Das Schaltbild für diesen Versuch läßt erkennen, daß sich der Sensor im Stromkreis befindet. Der Strom fließt aus der Batterie durch den Sensor, das leitende Material und die LED mit dem Vorwiderstand in die Batterie zurück. Die Tatsache, ob ein Material den elektrischen Strom leitet oder nicht,



6

A 12 - M.L.*

A 16 - M.L.*

* Meßfühler
Leitfähigkeit

liegt im Aufbau der Stoffe begründet, und deshalb sollten wir uns ein wenig damit beschäftigen. Die chemischen **Elemente** (Grundstoffe), wie z.B. Wasserstoff, Sauerstoff, Kupfer oder Eisen, bestehen aus kleinsten Teilchen, den Atomen. Atome sind so klein, daß man sie nicht einmal bei starker Vergrößerung sehen kann. Deshalb versucht man anhand von Modellen, den Aufbau der Atome und ihr Verhalten verständlich zu machen.

Eines dieser Modelle nennt man das **Kern-Hülle-Modell**. Es zeigt, daß alle Atome einen **Kern** haben, um den **Elektronen** auf verschiedenen Bahnen (Schalen) kreisen. Alle Elektronen zusammen nennt man (Elektronen -) **Hülle**.

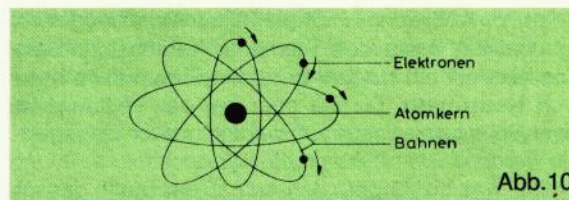
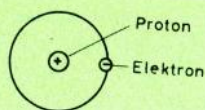


Abb.10

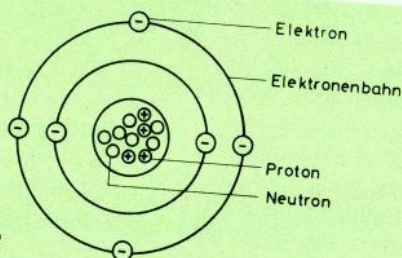
Das einfachste Atom ist das Wasserstoffatom. Wasserstoff ist ein sehr leichtes Gas, das mit Sauerstoff ein explosives Knallgasgemisch bildet. Der Kern des Wasserstoffatoms besteht aus einem **Proton**, dem Träger der kleinsten **positiven** Ladung. Um den Kern kreist ein **Elektron**, Träger der kleinsten **negativen** Ladung. Die unterschiedliche elektrische Ladung der beiden Teilchen bewirkt, daß das Elektron nicht aus seiner Kreisbahn herausgeschleudert wird. Denn positiv geladene Teilchen und negativ geladene ziehen einander an.

Abb. 11



Atome anderer chemischer Elemente besitzen eine unterschiedliche Zahl von Protonen im Kern, und um den Kern kreisen so viele Elektronen, wie Protonen im Kern vorhanden sind. Besitzt ein Atom mehr als zwei Elektronen, dann halten sie sich auf verschiedenen Schalen auf. Da das Proton der Träger der kleinsten positiven elektrischen Ladung ist, gibt man ihm das Zeichen $+$. Das Elektron als Träger der kleinsten negativen elektrischen Ladung erhält das Zeichen $-$.

Abb. 12



Bei dem in Abbildung 12 dargestellten Atom handelt es sich um ein Atom des Elements Kohlenstoff. Sein Atomkern enthält zusätzlich zu den Protonen im Kern noch **Neutronen**. Da sie aber bei der Leitfähigkeit keine Rolle spielen, soll auf sie nicht weiter eingegangen werden.

Alles, was bisher über den Aufbau der Stoffe gesagt wurde, bezieht sich nur auf einzelne Atome. Damit aber läßt sich noch nicht erklären, warum die Metalle den elektrischen Strom leiten und Gummi z.B. nicht. In einem Kupferdraht sind die Atome dicht nebeneinander nach einem räumlichen Muster geordnet, das man **Kristallgitter** nennt. Im Kristallgitter liegen die äußeren Schalen der Elektronen so dicht nebeneinander, daß sie sich überschneiden. Die Elektronen dieser Schalen sind nun nicht mehr einem bestimmten Atom zuzuordnen, sondern sie gehören als gemeinsame Elektronen den benachbarten Atomen.

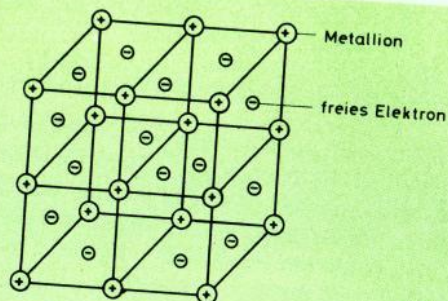


Abb. 13

In den Kristallgittern der Metalle sind die Elektronen der Außenschalen beweglich, so daß sie von einem Atom zum anderen überspringen können. Wird keine Batterie an ein solches Metall angeschlossen, so bewegen sie sich ungeordnet zwischen den Atomen hin und her. Fließt aber Strom aus einer Batterie in ein Metall, dann werden die beweglichen Elektronen in eine Richtung gedrängt. Diese geordnete Bewegung der Elektronen ist der **elektrische Strom**.

In manchen Stoffen, wie z.B. Gummi, Holz, Stein oder Kunststoff, gibt es keine freien Elektronen. Deshalb sind sie auch nicht in der Lage, den elektrischen Strom zu leiten. Das sind die Nichtleiter oder Isolatoren. Der elektrische Strom hat so seine Tücken: Man kann ihn nämlich nicht sehen, nicht hören, nicht fühlen, nicht schmecken und nicht riechen. Nur an seinen Auswirkungen kannst du ihn erkennen. Die Auswirkungen sind dir zum Teil vertraut: Das elektrische Licht und die Elektrowärme. Die Bewegungswirkung des Stroms erkennst du an der Drehung eines Elektromotors. Andere Auswirkungen, wie z.B. das Zerlegen von Flüssigkeiten (chemische Wirkung) oder der Elektromagnetismus, sind meistens nicht so bekannt. Um das Ergebnis in elektrischen oder elektronischen Schaltungen erkennbar zu machen, braucht man Anzeiger. Das sind in dieser SCHUCO Modul-Elektronik die Leuchtdioden (Lichtwirkung), das Meßinstrument oder der Lautsprecher (Magnetwirkung).

Noch ein Hinweis: Alle Versuche mit diesem Experimentiersystem werden mit ungefährlichen Spannungen durchgeführt.

gen aus Batterien oder einem zugelassenen Netzgerät (SCHUCO Netzadapter 6155) durchgeführt. Niemals darf der Strom aus der Steckdose genommen werden.

Das bedeutet Lebensgefahr.

STROM GETASTET

Nach diesem Ausflug in die Theorie wieder ein kleines Experiment. In der Schaltung 7 unterbrichst du den Stromkreis durch einen Schalter.

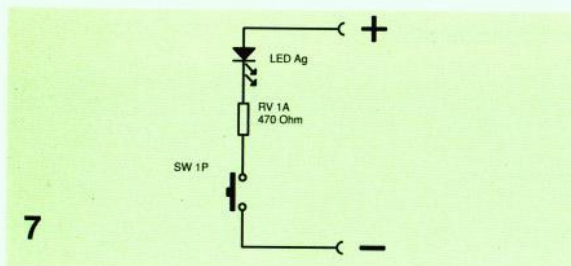
Diese Verdrahtung bedeutet, daß vom Anschluß 12 des Moduls A eine Verbindung zum Anschluß 3 im Pult zu führen ist und von A 16 zum Anschluß 4 im Pult. Bei eingeschalteter Betriebsspannung passiert nach dem Aufbauen zunächst gar nichts. Erst durch das Drücken des Tasters im Pult leuchtet die LED auf. Im Gegensatz zu den Lichtschaltern in den Wohnungen handelt es sich um einen **Tastschalter**, d.h., der Stromkreis ist nur geschlossen, solange er gedrückt ist. Solche Taster sind dir als Klingelknöpfe bestimmt bekannt. Auch für den Taster gibt es natürlich ein Schaltsymbol.

Schaltsymbol Taster



SW

Das in diesem Schaltsymbol und den Schaltbildern verwendete **SW** steht für das englische Wort für Schalter, für switch. Das Schaltbild dieses Experiments, Stromkreis mit Taster, sieht so aus:



Die Bezeichnungen im Schaltbild haben auch eine Bedeutung. LED Ag ist die LED auf dem Modul A, das gibt den Hinweis auf die Farbe grün. RV 1A ist der Vorwiderstand 1 auf dem Modul A.

MIT SPANNUNG

Freie Elektronen in einem Leiter allein reichen aber noch nicht aus, einen Stromfluß zu erzeugen. Dazu braucht man noch eine **Kraft**, die sie in eine Richtung treibt. Diese Kraft, die die Elektronen antreibt, heißt elektrische Spannung. Sie wird mit dem Buchstaben **U** abgekürzt. Vielleicht hilft ein Vergleich mit dem Wasser, um sich die Vorgänge im Stromkreis zu erklären.

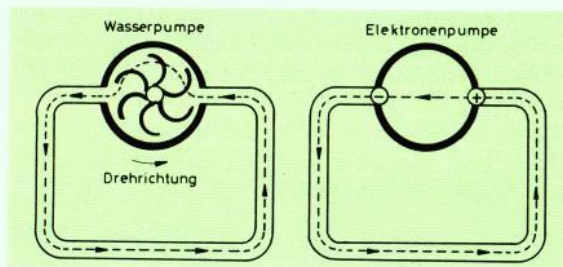


Abb. 14

In einen Wasserkreislauf ist eine Pumpe eingebaut. Sie erzeugt einen Druck, der das Wasser antreibt, wenn sich kein Hindernis in den Weg stellt. Ein Wasserhahn, der mit dem Taster im Stromkreis zu vergleichen ist, stellt aber ein Hindernis dar. Wird er geöffnet, das entspricht dem gedrückten Taster, fließt das Wasser aus dem Hahn. Im Stromkreis bedeutet das, daß die Elektronen aus der Batterie fließen, und zwar aus dem **Minuspol**. Durch die Verbindungen, die LED mit dem Vorwiderstand, den Taster und die weitere Verbindung fließen die Elektronen in den Pluspol der Batterie zurück.

Noch mit einem anderen Vergleich zum Wasser kann die elektrische Spannung erklärt werden:

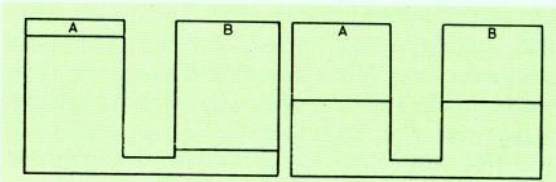


Abb. 15

Die beiden Wasserbehälter A und B sind miteinander verbunden. Im Behälter A steht das Wasser höher als in B, durch das Verbindungsrohr kann ausgeglichen werden. Der Druck, der zum Ausgleich führt, ist ver-

7

A 12 - P 3

A 16 - P 4

gleichbar mit der elektrischen Spannung. Ist später das Niveau in beiden Behältern gleich hoch, so fließt nichts mehr von einem Behälter in den anderen. Das kannst du vergleichen mit einer Batterie, die keine Spannung mehr hat: Der Spannungsunterschied zwischen den beiden Batteriepolen ist gleich 0, und deshalb fließen keine Elektronen mehr im Stromkreis. Die Batterie ist leer!

Die Größe der elektrischen Spannung gibt man übrigens in **Volt** an, abgekürzt **V**. Benannt wurde sie nach dem italienischen Grafen **Alessandro Volta**, der sich verdient gemacht hat um die Erforschung der Vorgänge um die Elektrizität.

Die in der Natur und in der Technik vorkommenden Spannungen sind oft ein Vielfaches eines Volts oder auch nur ein Bruchteil davon.

$$1 \text{ MV} = 1 \text{ Megavolt} = 1\,000\,000 \text{ V}$$

$$1 \text{ KV} = 1 \text{ Kilovolt} = 1\,000 \text{ V}$$

$$1 \text{ mV} = 1 \text{ Millivolt} = \frac{1}{1\,000} \text{ V}$$

$$1 \mu\text{V} = 1 \text{ Mikrovolt} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ V}$$

8

A 1 - A 16
A 2 - A 37
A 4 - A 36
A 6 - A 52
A 8 - A 31
A 13 - P 3
A 17 - P 4
A 14 - A 41
A 15 - A 51
A 25 - A 46
A 27 - A 53
A 29 - A 47
A 30 - P 5
A 54 - P 6

Die Spannung in einer Steckdose im Haushalt beträgt 220 V, wie du sicher weißt. In Batterien können unterschiedliche Spannungen herrschen, je nachdem, aus welchem Material sie hergestellt sind und wieviele einzelne davon zu einem Batterieblock zusammengefaßt sind. Üblich sind 1,5 V, 4,5V und 9 V.

KEIN STROM OHNE SPANNUNG

Ohne eine Spannung können in einem Stromkreis keine Elektronen fließen. Dabei sind es unvorstellbar viele dieser Elementarladungen, die an den Vorgängen beteiligt sind. Die Summe aller Elementarladungen ergibt eine bestimmte Elektrizitätsmenge. Die Einheit für die Elektrizitätsmenge ist das **Coulomb** (1 C). Es ist damit die riesige Zahl von 6,25 Trillionen Elektronen festgelegt. Man drückt diese Zahl auch als Potenz aus und schreibt $6,25 \times 10^{25}$. Wenn in einem Stromkreis 6,25 Trillionen Elektronen in einer Sekunde fließen, ist

das die Stromstärke von einem **Ampere**, abgekürzt **1 A**. Die Ladung, die dabei transportiert wird, nennt man ein Coulomb. Die Einheit der Stromstärke wurde nach dem französischen Physiker **Andre Marie Ampère** benannt, der sich intensiv mit der Erforschung der Eigenschaften des elektrischen Stroms befaßte. Als Formelzeichen in Gleichungen und Berechnungen der Elektronik verwendet man für die Stromstärke den Buchstaben **I**. In Stromkreisen können sehr unterschiedliche Stromstärken auftreten, und deshalb benutzt man auch Vielfache und Teile dieser Einheit.

$$1 \text{ kA} = 1 \text{ Kiloampere} = 1\,000 \text{ Ampere}$$

$$1 \text{ mA} = 1 \text{ Milliampere} = \frac{1}{1\,000} \text{ Ampere}$$

$$1 \mu\text{A} = 1 \text{ Mikroampere} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ Ampere}$$

ELEKTRONENORGEL

Nach diesen umfangreichen Erklärungen mal wieder eine Schaltung, die dir Freude bereiten wird, und bei der du die Funktion des Tastschalters gleich anwenden kannst. Du kennst sicherlich elektronische Orgeln. Sie sind natürlich viel komplizierter aufgebaut, als du sie mit diesem vielseitigen SCHUCO-Experimentiersystem nachbauen kannst. Aber im Prinzip gibt es nur wenige Grundschaltungen. Eine ist diese:

Experiment 8.

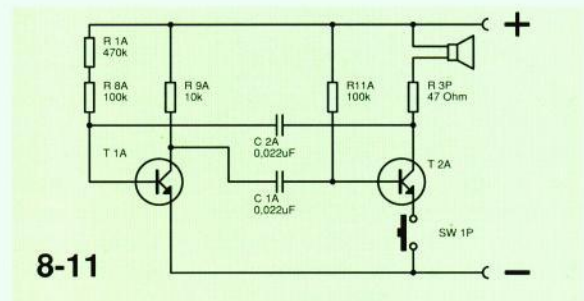
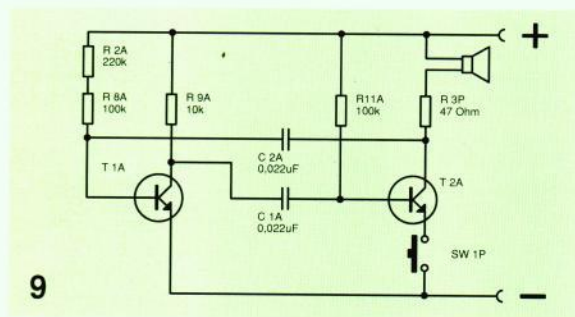




Abb.16

Selbst wenn der Aufbau richtig und die Betriebsspannung eingeschaltet ist, passiert nichts. Sieh dir mal genau das Schaltbild an, ob du den Taster im Aufbau entdecken kannst. Er befindet sich tatsächlich mit in der Schaltung, und damit ist klar, daß er gedrückt werden muß, wenn ein Ton erzeugt werden soll. Der Lautsprecher strahlt einen Ton ab. Die Lautstärke entspricht zwar noch nicht der einer Feuersirene, aber du findest in späteren Schaltungen noch Möglichkeiten, solche Töne zu verstärken.

Hoffentlich verwirrt dich dieses etwas kompliziertere Schaltbild mit den vielen Symbolen nicht. Aber keine Sorge: Nach einigen weiteren Schaltungen wird es dir keine Mühe mehr machen, aus dem Schaltbild wie aus einer herkömmlichen Zeichnung zu lesen.



WIDERSTAND GEGEN DEN STROM

Die Bedeutung des Tasters war leicht zu erfassen, und darum wollen wir uns gleich einem anderen Bauteil zuwenden, das in elektronischen Schaltungen eine große Rolle spielt.

9.

Ändere die vorige Schaltung geringfügig ab: Führe die Verbindung vom Anschluß A 8 nach A 32 (statt A 33) und die von A 14 nach A 42 (statt A 41). Nach dem Drücken des Tasters merkst du sofort den Unterschied: Der Ton aus dem Lautsprecher ist höher geworden.

Im Schaltbild erkennst du bei genauem Hinsehen, daß beim Bauteil R 1A jetzt die Bezeichnung R 2A steht. Den Wert hast du von 470 k Ω auf 220 k Ω verringert. Die Folge: *Die Tonhöhe stieg an.*

10.

Laß uns ausprobieren, was passiert, wenn der Wert dieses noch unbekannten Bauteils erneut verkleinert wird. Stecke eine Verbindung vom Anschluß A 8 an den Anschluß A 33 und eine von A 14 nach A 43. Die übrige Verdrahtung bleibt erhalten. Keine Überraschung, daß der Ton noch höher ist als bei der vorigen Schaltung, nicht wahr?

11.

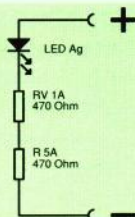
Letzte Klarheit, daß der Ton weiter zu erhöhen ist, wenn man den Wert von R 2A noch mehr verringert, gibt die Schaltung 11. Nur die Verbindung aus dem Anschluß A 8 wird nach A 34 und die von A 14 nach A 44 geführt. Und schon ist der Ton beim Drücken des Tasters noch höher als bei der vorigen Schaltung.

Um das Bauteil zu untersuchen, das den Ton mit jedem Wert veränderte, entferne sämtliche Verbindungen des vorigen Experiments und stecke noch einmal kurz eine Verbindung von A 12 nach A 16. Wie du schon aus der ersten Schaltung weißt, leuchtet die LED. Im folgenden Versuch 12 verändert sich die Helligkeit der LED, weil statt einer Drahtverbindung das gleiche Bauteil in den Stromkreis mit der LED geschaltet wird. **Experiment 12.**

A 12 - A 35

A 16 - A 45

12



Die Helligkeit der LED ist erheblich geringer geworden. In den Stromkreis wurde ein **Widerstand** geschaltet. Ein solcher Widerstand hindert den Fluß der Elektronen. Wenn aber weniger Elektronen an einer bestimmten Stelle des Stromkreises fließen, dann ist damit die Stromstärke geringer, und die LED leuchtet nicht mehr so hell. Darum auch der Schutzwiderstand vor der LED.

Man kann also sagen: *Ein Widerstand vermindert die Stromstärke im Stromkreis.*

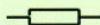
Daß ein größerer Widerstand den Strom mehr verringert als ein kleinerer, läßt sich mit dem Experiment 13 leicht nachweisen.

A 12 - A 34

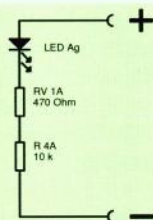
A 16 - A 44

Nur noch ganz schwach glimmt die LED. Der Strom ist durch diesen Widerstand so klein geworden, daß die LED kaum noch leuchtet. Für den Widerstand gilt folgendes Schaltsymbol:

Schaltsymbol Widerstand



13



Das Formelzeichen für die Einheit ist das Ω . Das ist der letzte Buchstabe des griechischen Alphabets, man spricht ihn Omega. Als Abkürzung für einen beliebigen Widerstand verwendet man das R.

In den Schaltbildern sind alle Widerstände mit dem Buchstaben **R** gekennzeichnet. Die Ziffer danach dient der fortlaufenden Numerierung auf dem betreffenden Modul, und der Buchstabe A am Ende sagt aus, daß der Widerstand auf dem Modul A liegt.

In der Elektronik spielen Widerstände eine große Rolle. Sie werden als Festwiderstände, einstellbare Widerstände oder als veränderliche Widerstände hergestellt. **Festwiderstände** haben häufig Porzellan als Trägermaterial, auf das eine dünne Kohleschicht auf-

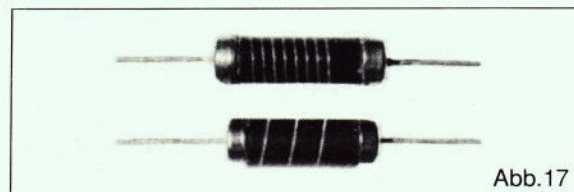


Abb.17



Abb.18

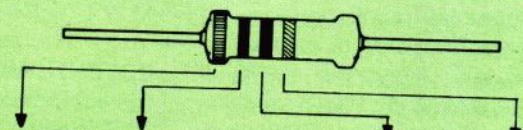
gebracht wurde. In diese Kohleschicht wird mit einem Laserstrahl eine spiralförmige Nute eingeschnitten, so daß eine unterschiedlich lange Bahn entsteht. Die Länge der Widerstandsbahn bestimmt den Wert des Festwiderstands. Außen auf dem Widerstandskörper ist der Wert mit einem international verwendeten Farbcode angegeben, und zwar meistens in Form von Farbringen. Standard-Widerstände besitzen im allgemeinen vier Farbringe, von denen einer der äußeren gold, silber oder rot ist. Wenn man den Farbcode entschlüsseln will, legt man diesen Ring nach rechts. Dann gibt die Farbe des ersten Rings links die erste Ziffer des Werts an. Die Farbe des zweiten Ringes gibt

die zweite Ziffer wieder, und der dritte Farbring nennt die Anzahl der Nullen, die an die beiden Ziffern angehängt werden. Ist der vierte Ring golden, so erkennt man, daß der Wert um bis zu 5% nach oben oder nach unten abweichen kann. Man sagt, die **Toleranz** beträgt 5%. Ein silberner vierter Farbring läßt eine Abweichung von 10% zu. Ist der letzte Ring rot, so darf der Wert um 2% abweichen. Fehlt der vierte Farbring, beträgt die Toleranz 20 %. Ein Beispiel: Ein Widerstand hat, von links nach rechts betrachtet, folgende Farbringe:

1. Ring gelb = 4
 2. Ring violett = 7
 3. Ring rot = 00
 = 4700 Ohm

4. Ring silber $\pm 10\%$ = 4230 - 5170
 $4700 \Omega - 470 \Omega = 4230 \Omega$
 $4700 \Omega + 470 \Omega = 5170 \Omega$

Der Wert kann also zwischen 4230Ω und 5170Ω schwanken. Hier die Tabelle mit dem vollständigen Farbcode:



Farbe	Erster Farbring	Zweiter Farbring	Dritter Farbring	Toleranz
schwarz	0	0	-	
braun	1	1	0	
rot	2	2	00	
orange	3	3	000	
gelb	4	4	0 000	
grün	5	5	00 000	
blau	6	6	000 000	
lila	7	7		
grau	8	8		
weiß	9	9		
gold			0,1	rot 2 %
silber			0,01	gold 5 %
				silber 10 %

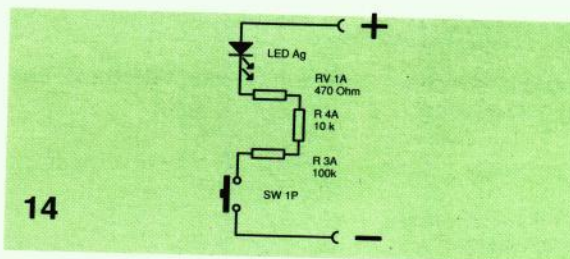
Abb.19

WIDERSTÄNDE AUFGEREiht

Welche Wirkung erzielt man denn, wenn zwei Widerstände hintereinander in den Stromkreis geschaltet werden? Eine solche Schaltung bezeichnet man übrigens als **Reihenschaltung**. Denn beide liegen ja in einer Reihe. **Experiment 14.**

Die LED glimmt so schwach, daß es nur noch im Dunkeln zu sehen ist. Das ist eigentlich auch nicht verwunderlich, da doch jeder der Widerstände den Strom vermindert, und wenn sie hintereinander liegen, dann addieren sich die beiden Werte.

Bei den letzten Experimenten waren übrigens nicht nur zwei Widerstände in den Stromkreis geschaltet, sondern eigentlich waren es immer drei. Denn der Vorwiderstand der LED muß schließlich auch berücksichtigt werden.



14

A 12 - A 34

A 44 - A 33

A 43 - P 3

A 16 - P 4

15

A 12 - A 33
A 43 - A 34
A 16 - P 3
A 44 - P 4

In vielen Schaltungen werden sehr große Widerstände benötigt. Diese gibt man nicht mehr in Ω an, sondern in Vielfachen davon.

$$1 \text{ K}\Omega = 1\,000 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \Omega$$

Eine Reihenschaltung von Widerständen läßt sich fachgerecht als Gleichung darstellen. Sie lautet: *In einem Stromkreis ist die Summe der in Reihe geschalteten Einzelwiderstände gleich dem **Gesamtwiderstand**.* Als Formel kann man das so schreiben:

$$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Danach errechnet sich der Gesamtwiderstand aus dem Versuch 14:

$$R_{\text{ges}} = 10 + 100 [\text{k}\Omega]$$

$$R_{\text{ges}} = 110 \text{ k}\Omega$$

Welche Bedeutung hat denn eigentlich die Reihenfolge der Widerstände im Stromkreis? In der Schaltung 15 sind die Widerstände R 2A und R 3A ausgetauscht worden. **Experiment 15.**

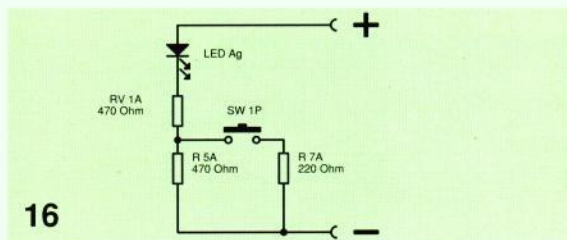
Die Helligkeit der LED verändert sich nicht, und damit ist bewiesen, daß die Reihenfolge der Widerstände im Stromkreis keine Bedeutung für die Stromstärke hat. Auch die Lage der LED ist ohne Bedeutung. Ob sie zwischen den Widerständen R 2A und R 3A oder zwischen R 1A und R 2A liegt, hat keine Wirkung auf die Helligkeit.

WIDERSTÄNDE PARALLEL

Widerstände lassen sich auch nebeneinander in einen Stromkreis schalten, dann nennt man das eine **Parallelschaltung**. **Experiment 16.**

In diesem Experiment 16 leuchtet die LED beim Einschalten. Sie wird aber heller, wenn der Taster

gedrückt ist. Bei geöffnetem Taster liegt der Widerstand von 470Ω in Reihe mit der LED. Bei gedrücktem Taster wird der Widerstand 220Ω parallel dazugeschaltet. Das bedeutet, daß ein Teil des Stroms durch den Widerstand von 470Ω fließt, und **zusätzlich** fließt Strom durch den Widerstand von 220Ω . Durch die LED fließen beide Ströme zusammen, und deshalb leuchtet sie heller, wenn zwei Widerstände parallel geschaltet sind.



16

Aus diesem Experiment erkennst du, daß der Gesamtwiderstand zweier paralleler Widerstände kleiner ist als der kleinste Einzelwiderstand. Den wirksamen Gesamtwiderstand errechnest du nach der folgenden Formel:

$$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

POTENTIOMETER ODER POTI?

Ein **einstellbarer Widerstand** ist das **Potentiometer** im Pult deines SCHUCO-Experimentiersystems, ebenso wie die beiden auf dem Modul B. Fachleute nennen im übrigen das Potentiometer immer nur **Poti**.

Experiment 17.

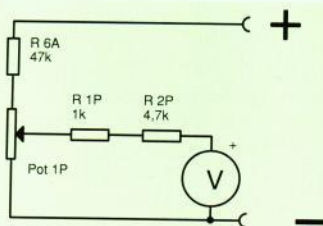
Anstelle der LED benutzen wir bei diesem Experiment zum ersten Mal das Meßinstrument als Anzeiger. Ausführliche Erklärungen zum Umgang mit dem Instrument folgen später, doch soviel vorweg:

Vorsicht

Das Meßinstrument darf nie direkt an eine Batterie angeschlossen werden, es muß immer ein Schutzwiderstand in Reihe geschaltet sein.

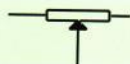
Wenn du an dem Knopf des Potis im Pult drehst, verändert sich die Stellung des Zeigers am Meßinstrument. Drehst du nach links, wandert der Zeiger auch nach links, umgekehrt bewegt er sich nach rechts.

17



Das Poti ist ebenfalls ein Widerstand, und zwar einer, dessen Widerstandswert du stufenlos bis zu einem Höchstwert einstellen kannst. Das Poti im Pult deiner SCHUCO Modul-Electronic hat einen Höchstwiderstand von 50 k Ω . Auf dem Schaltsymbol bedeutet die Spitze, daß der Widerstand eingestellt werden kann.

Schaltsymbol Poti



Bei dem Poti besteht der Widerstand aus einer Kohleschicht, in deren Enden die beiden Außenanschlüsse liegen. Der Drehknopf ist mit einem Schleifer verbunden, der auf der Kohleschicht hin und her bewegt werden kann. Der Schleifer hat eine Verbindung mit dem Mittelanschluß. Je weiter der Schleifer auf der Kohleschicht bewegt wird, desto größer ist der Widerstand.



Modernes
Multimeter

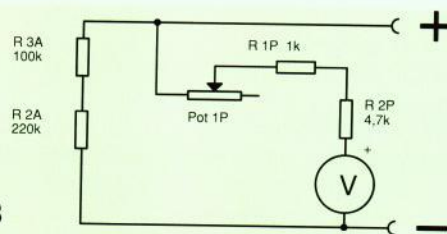
Abb. 20

SPANNUNG GEMESSEN

Ein Poti hat noch eine besondere Bedeutung: Batterien und Netzteile, die man zum Betrieb von elektronischen Geräten benutzt, liefern immer nur eine Spannung. In bestimmten Schaltungsteilen benötigt man aber auch kleinere Spannungen, und mit dem Poti lassen sich diese kleinen Spannungen erzeugen. Ein Poti stellt nämlich einen **Spannungsteiler** dar. Das bedeutet, daß sich die Gesamtspannung der Batterie in Teilspannungen zerlegen läßt. **Experiment 18.**

Mit dem Poti im Pult wird so eingestellt, daß der Zeiger des Instruments bis zum Ende der Skala aus schlägt.

18



Das Schaltbild zeigt: Das Instrument liegt parallel zu den beiden Widerständen 220 k Ω und 100 k Ω . Diese Widerstände sind in Reihe geschaltet. Der Zeiger schlägt ganz aus und zeigt die gesamte Spannung von 9 V an. Man spricht davon, daß an den beiden Widerständen ein **Spannungsabfall** erzeugt wird. In dieser Schaltung ist er so groß wie die Batteriespannung.

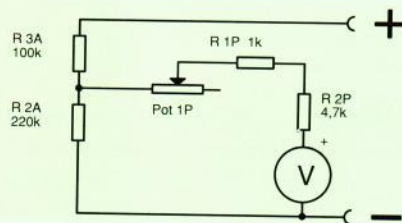
Mit der Schaltung 19 legst du das Instrument nur parallel zu dem Widerstand von 220 k Ω .

19.

A 15 - P 11 entfernen

A 53 - P 11

19



17

A 9 - A 14
A 10 - P 11
A 16 - P 10
P 8 - P 9
A 17 - P 7

18

A 14 - A 33
A 15 - P 11
A 16 - A 32
A 17 - P 7
A 42 - A 51
A 43 - A 52
P 9 - P 8

Nun schlägt der Zeiger so weit aus, daß weniger als zwei Drittel der ursprünglichen Spannung angezeigt werden. Eigentlich müßten es genau zwei Drittel von 9 V werden, nämlich 6 V. Das bedeutet, daß der Spannungsabfall an diesem Widerstand in der Schaltung also 6 V beträgt. Die Verfälschung des Ergebnisses liegt in der Konstruktion des Meßinstruments begründet. Mehr darüber später, auch, wie man den Fehler beheben kann. In der nächsten Schaltung **20** liegt das Meßinstrument parallel zu dem Widerstand 100 k Ω . Aus dem bisher Gesagten ist zu erwarten, daß der Ausschlag des Zeigers geringer werden wird.

20.

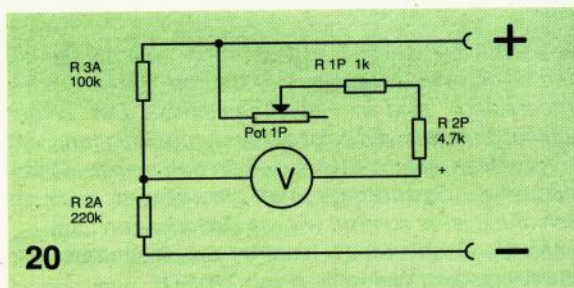
A 14 - A 33 entfernen

A 14 - A 32

A 16 - A 32 entfernen

A 16 - A 33

Der Zeiger des Instruments schlägt zu etwas weniger als einem Drittel aus. Damit beträgt der Spannungsabfall an diesem Widerstand auch ca. ein Drittel der Gesamtspannung, nämlich etwa 3 V.



Betrachtest du das Ergebnis der drei letzten Experimente, so erkennst du, daß die Gesamtspannung von 9 V durch die beiden Widerstände in zwei Teilspannungen von 3 V und 6 V aufgeteilt wird. Das Verhältnis der Teilspannungen entspricht damit dem Verhältnis der Widerstände zueinander, nämlich 1/3 zu 2/3.

Beim Vergleich der Schaltbilder 18 - 20 wirst du erkennen, daß bei diesen Messungen das Meßinstrument nicht mit in den Stromkreis geschaltet ist. Es liegt **parallel** zu den Widerständen des Stromkreises, an denen der Spannungsabfall gemessen werden soll. Du

solltest bei Messungen darauf achten: **Für Spannungsmessungen muß das Meßinstrument immer parallel geschaltet werden.**

Nun noch die Erklärung dafür, warum das Ergebnis nicht genau den Erwartungen entspricht: Durch die beiden Widerstände von 100 k Ω und 220 k Ω fließt ein kleiner Strom. Schaltest du das Instrument parallel dazu, dann legst du damit einen kleinen Widerstand parallel zu den großen. Es fließt natürlich auch ein Strom durch das Instrument, und der durch die Widerstände verringert sich. Das bedeutet, daß das Meßergebnis verfälscht worden ist. Das Ergebnis wird um so weniger verfälscht, je größer der Widerstand des Meßinstruments ist. Nach den folgenden Berechnungen kannst du erfahren, wie man die Genauigkeit der Messungen mit dem gleichen Instrument erhöhen kann (Experimente 21 - 23).

HERRN OHMS GESETZ

Für diejenigen, die es ganz genau wissen will, sollen noch die exakten Berechnungen angeschlossen werden. Beim weiteren Experimentieren spielen sie natürlich keine Rolle.

Die Zusammenhänge zwischen Spannung, Stromstärke und Widerstand in einem Stromkreis sind in dem **Ohmschen Gesetz** ausgedrückt. Zwischen den drei Größen bestehen folgende Beziehungen:

1. Bei einem festen Widerstand im Stromkreis wächst die Stromstärke im gleichen Maße wie die Spannung, umgekehrt sinkt sie auch im gleichen Maße.

Dieser Satz wird dir einleuchten, wenn du ihn dir an einem Beispiel veranschaulichst: Fährst du mit deinem Fahrrad abends bei eingeschaltetem Dynamo langsam, dann leuchtet die Lampe nur dunkel. Die Glühlampe stellt den Widerstand dar. Sie brennt aber umso heller, je schneller du fährst. Dann steigt die Spannung, und auch die Stromstärke erhöht sich.

Die Darstellung Abb. 21 veranschaulicht diese Zusammenhänge an zwei Widerständen von 10 Ω und 20 Ω . Die Spannung U ist in Volt angegeben, die Stromstärke I in Ampere.

2. Bei konstanter Spannung wird die Stromstärke durch einen größeren Widerstand kleiner, und sie steigt bei einem kleineren Widerstand an.

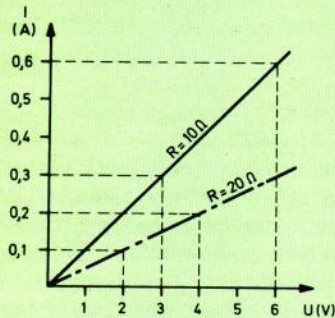


Abb. 21

Auch hierzu ein Beispiel: Deine Batterie liefert 9 V. Mit dem Vorwiderstand erzielst du damit eine bestimmte Helligkeit der LED. Schaltest du aber einen weiteren Widerstand in den Stromkreis, so verringert sich die Stromstärke. Ergebnis: *Die LED leuchtet dunkler.*

Diese Beziehungen lassen sich als Formel so ausdrücken:

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

Setzt man die Buchstabensymbole für die Spannung (**U**), für die Stromstärke (**I**) und für den Widerstand (**R**) ein, dann ergibt sich die Formel:

$$I [A] = \frac{U [V]}{R [\Omega]}$$

Diese Formel ist allgemein bekannt als das **Ohmsche Gesetz**. Und nun zu unserem Beispiel zurück, bei dem zwei Widerstände von 100 kΩ und 220 kΩ in Reihe in einem Stromkreis mit einer Spannung von 9 V liegen. Zunächst muß der Gesamtwiderstand errechnet werden, und das ist überhaupt kein Problem. Denn du weißt inzwischen, daß der Gesamtwiderstand so groß wie die Summe der Teilwiderstände ist.

$$100 \text{ k}\Omega + 220 \text{ k}\Omega = 320 \text{ k}\Omega$$

Aus dem Gesamtwiderstand von 320 kΩ und einer Spannung von 9V läßt sich mit dem Ohmschen Gesetz die Stromstärke errechnen. Die 320 kΩ rechnet man in 320 000 Ω um.

$$I = \frac{U}{R} [A] \quad I = \frac{9}{320\,000}$$

$$I = 0,0000281 \text{ A}$$

Am Widerstand 100 kΩ errechnet sich der Spannungsabfall wie folgt:

$$U = R \times I [V]$$

$$U = 100\,000 \times 0,0000281$$

$$U \approx 2,81 \text{ V}$$

Der Spannungsabfall am Widerstand 220 kΩ läßt sich in gleicher Weise errechnen:

$$U = R \times I [V]$$

$$U = 220\,000 \times 0,0000281$$

$$U \approx 6,18 \text{ V}$$

Beide Spannungsabfälle müßten eigentlich 9 V ergeben. Wenn das nicht genau herauskommt, so liegt das am Rundungsfehler bei der Errechnung der Stromstärke.

Siehst du, so erhält man in einer elektronischen Schaltung aus einer einzigen Betriebsspannung die benötigten kleineren Spannungen. Wichtig ist außerdem, wie man vorher berechnen kann, welche Widerstände für den Spannungsteiler benötigt werden.

Nach dieser Untersuchung zur Spannungsteilung an Festwiderständen noch ein Wort zum Poti: Es teilt bei jeder Stellung die Gesamtspannung in Teilspannungen, und damit ist es ein stufenlos veränderlicher Spannungsteiler.

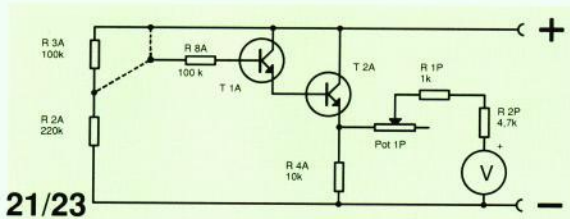
21

A 1 - A 26
 A 4 - A 53
 A 5 - A 29
 A 8 - A 54
 A 13 - A 58
 A 14 - A 51
 A 16 - A 34
 A 17 - A 32
 A 18 - P 7
 A 33 - A 52
 A 42 - A 56
 A 43 - A 55
 A 44 - A 60
 A 59 - P 11
 P 9 - P 8

SPANNUNG AN WIDERSTÄNDEN

Die Schaltung 21 bietet eine Möglichkeit, die Spannungsmessungen an den Widerständen sehr viel genauer durchzuführen. Erinnerst du dich? Der kleine Widerstand der Meßschaltung verfälschte das Ergebnis bei den Versuchen 18 bis 20.

Der Zeiger des Meßinstruments schlägt weit aus, und er soll mit dem Poti bis zum Ende der Skala eingestellt werden. Damit ist das Instrument auf 9 V bei Vollausschlag eingestellt. Du weißt bereits, daß damit der Spannungsabfall an den beiden in Reihe geschalteten Widerständen 9 V beträgt.



21/23

Wird nur der Spannungsabfall am Widerstand 220 k Ω gemessen, muß der Ausschlag etwa auf zwei Drittel der Skala gehen.

Der Versuchsaufbau 22 ist schnell gemacht, indem der Anschluß A 8 mit A 57 verbunden wird. Die Messung bestätigt die Annahme. Weil bei diesem Aufbau die Spannung immer nur zwischen 0 V und einem positiven Wert gemessen wurde, müssen die Widerstände ausgetauscht werden. Nach geringfügigen Änderungen an der vorigen Schaltung läßt sich der Spannungsabfall am Widerstand 100 k Ω in dem Versuch 23 messen. Der Anschluß A 17 ist mit A 33 zu verbinden, A 52 mit A 32. Der Zeigerausschlag des Instruments beträgt nur etwa ein Drittel des gesamten Bereichs. Rechnest du die bei diesen Schaltungen gemessenen Spannungen zusammen, dann ist die Summe der Einzelspannungen fast so groß wie die Gesamtspannung.

Sieh dir das Schaltbild 21 an: *Die eigentliche Meßschaltung ist um eine Darlington-Schaltung erweitert worden. Diese Schaltung wird im Experiment 82 genauer beschrieben. Der Innenwiderstand der Meßschaltung ist nun erheblich größer. Der Stromfluß*

durch die Meßschaltung verringert sich dadurch so sehr, daß das Meßergebnis nur noch gering verfälscht wird.

TREFFER ANGEZEIGT

So, nach diesen umfangreichen und nicht ganz einfachen Erklärungen wieder ein bißchen Abwechslung. Hast du Lust, einen Alarmmelder zu bauen? Du kannst damit auch eine elektronische Trefferanzeige bauen.

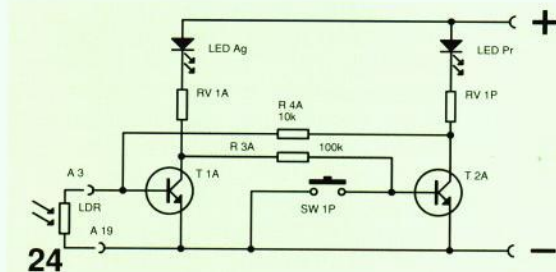
Experiment 24.

Sollte die rote LED im Pult beim Einschalten leuchten, kannst du sie mit dem Taster wieder ausschalten. Dann leuchtet die LED erst wieder, wenn ein starker Lichtstrahl auf den LDR fällt. Du kannst ja versuchen, sie mit einer Taschenlampe aus der Entfernung wieder "anzuschießen". Die grüne LED leuchtet immer dann, wenn die rote erlischt.

Auch als Alarmmelder läßt sich dieses Gerät einsetzen. Da es jeden Lichteinfall dauerhaft anzeigt, kann man damit erkennen, ob in einem verdunkelten Raum Licht angeschaltet wurde.

24

A 1 - A 16
 A 2 - A 59
 A 3 - LDR
 A 4 - A 12
 A 5 - A 33
 A 13 - A 17
 A 14 - P 1
 A 15 - A 36
 A 18 - P 3
 A 19 - LDR
 A 25 - P 4
 A 26 - A 43
 A 29 - A 44
 A 30 - P 2
 A 34 - A 60
 A 46 - A 58



24

LDR - LICHT ÄNDERT WIDERSTAND

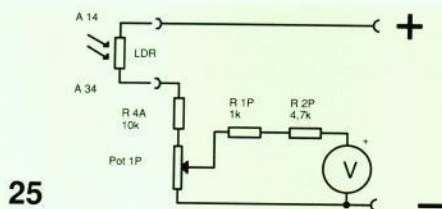
In diesem Experiment lernst du einen neuen Widerstand aus der Gruppe der veränderlichen Widerstände kennen, nämlich den **lichtabhängigen Widerstand**. Er wird eigentlich immer **LDR** genannt, was sich aus dem Englischen ableitet. Dort heißt er **Light Dependent Resistor**. Dieser LDR hat bei Dunkelheit einen großen Widerstandswert, bei Helligkeit wird der Widerstand immer kleiner. Er ist also ein **veränderlicher Widerstand**.

Schaltsymbol des LDR



Den LDR braucht man, um ein Lichtmeßgerät wie im Versuch 25 zu bauen.

Das Poti dient in dieser Schaltung dazu, das Meßinstrument so einzustellen, daß der Zeiger gerade bis zum Ende ausschlägt, wenn sehr helles Licht auf den LDR fällt. Später dann zeigt das Instrument genau die Intensität des einfallenden Lichts an. Bei geringem Lichteinfall schlägt der Zeiger wenig aus, bei großem stärker.



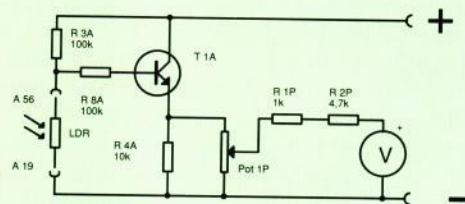
25

Mit einem LDR lassen sich auch Helligkeitsschwankungen anzeigen, und damit eignet er sich mit der dafür geeigneten elektronischen Schaltung für die Verwendung in Meldeanlagen und Kontrolleinrichtungen. Eine solche Anlage kann z.B. in Produktionsstätten zur Überwachung eingesetzt werden. Denkbar ist diese Einrichtung z.B. in Anlagen, in denen Tuche aufgewickelt werden. Es soll Alarm gegeben werden, wenn die Tuchbahn reißt oder keine Rolle eingelegt ist. Das Tuch läuft zwischen dem LDR und einer Lampe hindurch. Solange kein Licht der Lampe auf den LDR trifft, arbeitet die Anlage einwandfrei. Fehlt der Stoff dazwischen, ertönt ein Signal, das zum Überprüfen auffordert.

Ein Helligkeitsmesser mit umgekehrter Anzeige ist die Schaltung 26. Das bedeutet, daß mit dem Poti im Pult wieder auf größte Helligkeit eingestellt wird. Der Ausschlag des Instruments geht aber bei stärkerem Lichteinfall zurück.

Nach dem Aufbau siehst du, daß der Zeigerausschlag tatsächlich größer wird, wenn du den LDR abdunkelst.

26



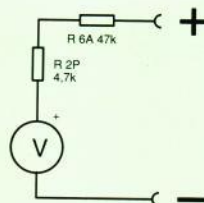
Beim Betrachten der beiden Schaltbilder der letzten Experimente erkennst du, daß das Meßinstrument am Schleifer des Potis liegt. Es wird also der Spannungsabfall gemessen, der am Poti auftritt. Der verändert sich, weil sich der Widerstand des LDR in Abhängigkeit vom Lichteinfall ändert.

STROMSTÄRKE MESSEN? - IN REIHE

Weil du gerade das Meßinstrument benutzt hast, noch ein paar Messungen, um dich im Gebrauch damit zu üben. Mit dem folgenden Aufbau bereitest du es für Messungen der Stromstärke vor, die durch den Widerstand 47 kΩ fließt.

Experiment 27.

27



Nach dem Aufbau messen wir den Strom, der durch den Widerstand von 47 kΩ begrenzt wird. Der Zeiger schlägt bis zum rechten Anschlag der Skala aus, weil eine Stromstärke von ca. 200 µA durch das Instrument fließt.

28.

Um die Stromstärke zu messen, die durch die LED im Pult fließt, müssen wir das Instrument erst mit einem Vergleichswiderstand von 470 Ω eichen. Bei einem

25

A 14 - LDR
A 34 - LDR
A 16 - P 7
A 17 - P 10
A 44 - P 11
A 51 - P 8
A 52 - P 9

26

A 1 - P 11
A 5 - A 14
A 7 - A 35
A 8 - A 55
A 15 - A 33
A 16 - A 44
A 17 - P 10
A 18 - P 7
A 19 - LDR
A 56 - LDR
A 43 - A 57
P 8 - P 9

27

A 9 - A 14
A 10 - P 8
A 16 - P 7

29

A 14 - A 32
A 16 - P 7
A 43 - P 8

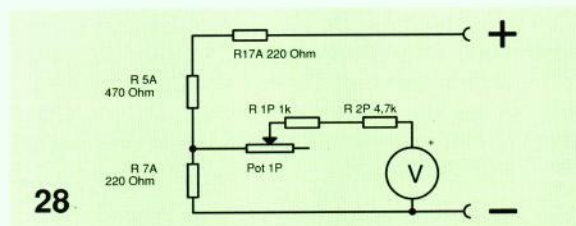
Vollausschlag beträgt die Stromstärke jetzt ca. 10 mA. Schließe nun das Instrument an:

A 15 an P 1 A 52 an P 2

Wieder zeigt das Gerät Vollauschlag. Also muß der Strom, der durch die LED und ihren Vorwiderstand fließt, auch ca. 10 mA betragen.

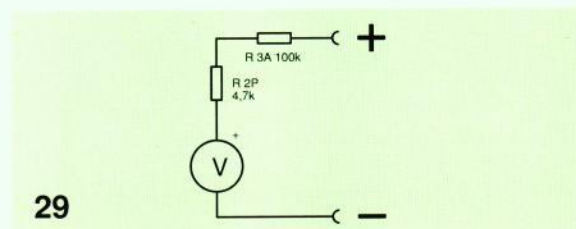
30

A 14 - A 32
A 33 - A 42
A 43 - P 8
A 16 - P 7



Bei dieser Eichung wäre die Stromstärke so groß, daß die Anzeige weit über den rechten Rand hinausgehen würde. Deshalb wird parallel zum Meßinstrument der Widerstand $R 7A = 220 \Omega$ als Shunt gelegt.

Wie groß ist wohl die Stromstärke durch den Widerstand von $100 \text{ k}\Omega$. Die Verdrahtung findest du im Experiment 29.



31

A 14 - A 55
A 16 - P 7
A 32 - A 56
A 42 - A 59
A 33 - A 57
A 43 - A 58
A 60 - P 8

Jetzt beträgt die Stromstärke ca. 100 mA, denn der Zeiger schlägt bis etwa 5 der Skala aus (siehe Exp. 27). Bei diesen Stromstärkemessungen war das Meßinstrument immer mit dem jeweiligen Bauteil in Reihe geschaltet. Der gleiche Strom, der durch das zu messende Teil fließt, durchfließt damit auch immer das Instrument. Diese Regel mußt du dir unbedingt merken: **Bei Stromstärkemessungen wird das Meßinstrument immer direkt an den Stromkreis geschaltet.**

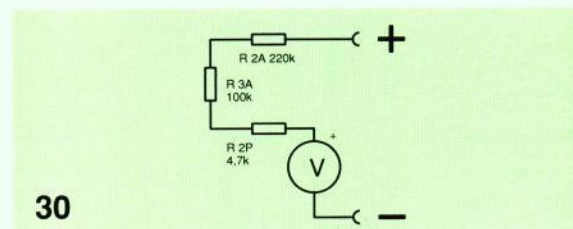
Miß doch jetzt noch einmal den $220 \text{ k}\Omega$ -Widerstand:

A 14 an A 32 A 42 an P 8

Der Zeiger steht bei etwa 2 und das bedeutet ca. $40 \mu\text{A}$.

Mit der Schaltung 29 hast du die Stromstärke gemessen, die jeweils durch Widerstände von $100 \text{ k}\Omega$ und $220 \text{ k}\Omega$ fließt. Wie groß ist denn nun der Strom, der durch beide fließt, wenn sie in Reihe geschaltet sind? Ist er wohl größer oder kleiner?

Experiment 30.

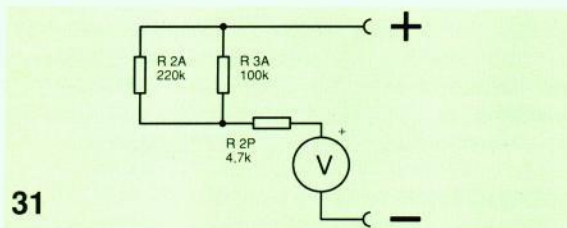


Bestimmt bist du schon durch Überlegen zu dem Ergebnis bekommen, daß die Stromstärke kleiner sein muß. Da jeder Widerstand den Elektronenfluß behindert, müssen zwei in Reihe geschaltete Widerstände den Strom stärker "bremsen".

Du weißt ja schon vom Ohmschen Gesetz, daß die Stromstärke kleiner wird, wenn bei konstanter Spannung der Widerstand ansteigt. Man kann übrigens in elektrischen Schaltungen einen großen Widerstand auch durch zwei kleine in Reihe geschaltete ersetzen. In dem letzten Experiment lagen $100 \text{ k}\Omega$ und $220 \text{ k}\Omega$ in Reihe. Dann beträgt der Gesamtwiderstand $320 \text{ k}\Omega$. Ein $330 \text{ k}\Omega$ Widerstand würde die beiden ersetzen. Die geringe Abweichung von $10 \text{ k}\Omega$ kann man bei vielen Schaltungen in Kauf nehmen, da die Toleranz der Widerstände ohnehin 5% oder 10% beträgt.

Welche Wirkung parallelgeschaltete Widerstände im Stromkreis haben, ist dir schon bekannt: *Der Widerstandswert wird kleiner als der kleinste Einzelwiderstand, und die Stromstärke steigt deshalb an. Das kannst du mit der Schaltung 31 überprüfen.*

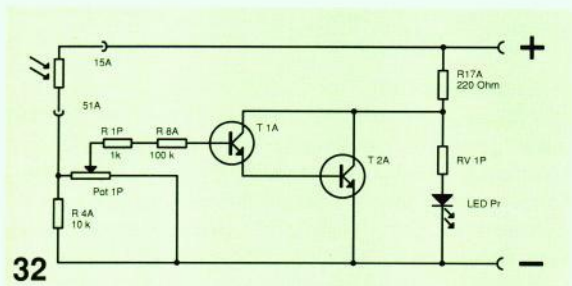
Wenn du beim Messen z.B. am Anschluß A 32 oder A 33 den Draht entfernst, geht der Zeigerausschlag zurück, weil der Strom durch einen Widerstand kleiner ist.



31

Mit dem Versuch 32 wird automatisch die Helligkeit eingestellt. Die LED im Pult ist um so heller, je weniger Licht auf den LDR fällt.

Das Poti regelt, ab welcher Helligkeit die LED leuchten soll.



32

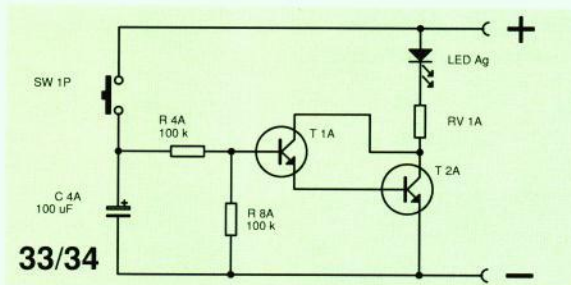
Der LDR und der Widerstand R 4A bilden einen Spannungsteiler. Das Verhältnis der Widerstände ändert sich durch die Widerstandsänderung am LDR. Mit dem Poti wird die Spannung abgegriffen und im folgenden Teil der Schaltung so aufbereitet, daß die LED bei Dunkelheit hell leuchtet und umgekehrt.

KONDENSATOR - IST DER GELADEN!

Ein neues elektronisches Bauteil ist der **Kondensator**. Die Funktion eines solchen Bauelements probierst du am besten mit der Zeitschaltuhr des nächsten Versuchs aus. Solche Schaltuhren kennst du aus vielen Treppenhäusern. Sie schalten das Treppenhauslicht nach einer bestimmten Zeit wieder aus.

Experiment 33.

Mit dem Taster im Pult schaltet man die LED ein. Sie leuchtet etwa 5 Sekunden, um danach langsam auszugehen. Bestimmend für die Zeit, die die LED leuchtet, ist der Kondensator C 4A.



33/34

Schaltsymbol Elko



In den Schaltbildern erkennst du den Elko am Schaltsymbol und dem Buchstaben C. Wie bei den Widerständen dient die Ziffer der fortlaufenden Numerierung, und der Buchstabe A steht für alle Bauteile auf dem Modul A.

34.

Du kannst leicht einen Kondensator mit kleinerem Wert in die vorige Schaltung einsetzen. Du brauchst nur den Anschluß von A 18 nach A 48 und von A 52 nach A 38 zu stecken. Nach dem Drücken des Tasters leuchtet die LED nur etwa eine Sekunde, um dann wieder auszugehen.

Bevor diese Schaltung weiter untersucht werden soll, zwei kleine Experimente, die die Wirkung des Kondensators schnell verdeutlichen:

32

A 1 - A 25
A 4 - A 29
A 5 - A 14
A 8 - P 9
A 13 - A 16
A 15 - LDR
A 51 - LDR
A 30 - P 1
A 17 - P 2
A 18 - A 34
A 19 - P 10
A 52 - A 44
A 53 - P 11

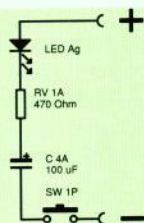
33

A 1 - A 25
A 3 - A 44
A 8 - A 17
A 4 - A 30
A 12 - A 29
A 13 - A 16
A 15 - P 3
A 53 - P 4
A 34 - A 51
A 39 - A 52
A 18 - A 49

35

A 12 - A 39
A 16 - P 3
A 49 - P 4

35

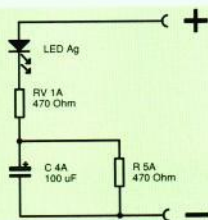


Experiment 35.

Beim Drücken des Tasters mußt du sehr genau auf die grüne LED auf dem Modul A achten. Sie blitzt einmal kurz auf. Drückst du wieder, passiert nichts. Du mußt erst die folgende Schaltung 36 aufbauen, um erneut die Wirkung zu erzielen.

36. A 39 - P 3
A 12 - A 39 entfernen A 49 - P 4

36



Nun kannst du nach kurzen Pausen das Experiment 35 wiederholen. Wenn im Experiment 35 der Taster gedrückt ist, fließt für kurze Zeit ein Strom, der die LED zum Leuchten bringt.

Im Prinzip bestehen die Kondensatoren aus zwei Metallplatten, die einander isoliert gegenüberstehen. Dazwischen befindet sich eine Isolierschicht. Sie kann eine Luftschicht sein, im allgemeinen ist es aber eine Isolierung aus Kunststoff oder Keramik. Die Isolierschicht, auch **Dielektrikum** genannt, verhindert, daß Elektronen von einer Platte zur anderen gelangen. Es fließt also kein Strom durch den Kondensator hindurch. Ist das nicht ein Widerspruch? Wenn trotzdem die LED im Experiment 35 kurz aufleuchtet, dann hat das einen anderen Grund: *Wird der Kondensator an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen, fließt kurzzeitig ein Ladestrom. Dabei fließen Elektronen auf die Platte,*

*die mit dem Minuspol der Batterie verbunden ist. Von der anderen Platte werden die Elektronen abgezogen. Passen keine Elektronen mehr darauf, hört der Ladestrom auf, und die LED leuchtet nicht. Es fließt kein Strom mehr, obwohl die Batterie noch angeschlossen ist. Bei dem in diesem Experiment verwendeten Kondensator handelt es sich um einen **Elektrolyt-Kondensator**, abgekürzt **Elko** genannt. Bei der Verwendung von Elkos ist darauf zu achten, daß sie richtig gepolt in den Stromkreis geschaltet werden.*

LADUNG ANGEZEIGT

Neben den Elektrolyt-Kondensatoren gibt es noch ungepolte Kondensatoren. Das bedeutet, daß bei der Schaltung im Stromkreis nicht auf die Polung geachtet werden muß. Es sind **Folienkondensatoren** und **keramische Kondensatoren**.

Schaltsymbol Folienkondensator



Experiment 37.

Das kurze Aufblitzen der LED im Experiment 35 läßt keine genauen Untersuchungen am Elko zu. Die Schaltung 37 ist so ausgelegt, daß das Laden des Kondensators besser beobachtet werden kann.

Drückst du den Taster nach dem Einschalten der Betriebsspannung, geht der Zeigerausschlag ganz zurück. Wird er losgelassen, steigt der Zeiger zunächst rasch, später aber nur noch langsam an, bis er seinen Höchstwert erreicht.

Das Drücken des Tasters bewirkt, daß sich der Elko über die Taste entlädt. Damit erreicht man, daß Elektronen von der einen Seite auf der ein Elektronenüberschuß besteht, auf die andere Seite mit Elektronenmangel fließen, bis auf beiden Seiten ein Ausgleich stattgefunden hat. Läßt du den Taster los, lädt sich der Elko über den Widerstand R 3A auf. Das Aufladen erfolgt zunächst schnell, und dann immer langsamer, wie man an der Bewegung des Zeigers erkennen kann.

38.

Elkos mit unterschiedlichen Werten können auch eine unterschiedliche Menge Elektronen speichern. Das läßt sich schnell untersuchen, wenn du die Anschlüsse A 51 nach A 38 und A 17 nach A 48 legst. Nun ist der Wert des Elkos kleiner. Der Zeiger schlägt zwar ebenso weit aus wie bei dem vorigen Experiment, aber die Aufladung nach dem Loslassen des Tasters erfolgt viel schneller. Das Fassungsvermögen des Kondensators für die Elektrizität bezeichnet man als **Kapazität**, die man mit **C** abkürzt. Sie hängt unter anderem von der Größe der Platten und von dem Dielektrikum ab. Die Maßeinheit für die Kapazität ist das **Farad**, benannt nach dem englischen Physiker Michael Faraday. Als Abkürzung dafür wählte man **F**.

Die Einheit 1 Farad ist sehr groß, und die in der Praxis verwendeten Kondensatoren besitzen eine sehr viel kleinere Kapazität. Ein Mikrofarad - μF - entspricht dem Millionstel eines Farads. Ein Nanofarad - nF - entspricht dem Milliardenstel eines Farads, und das Picofarad - pF - sogar dem Billionstel.

$$1 \text{ Mikrofarad} \quad 1 \mu\text{F} = 0,000\,001 \text{ F}$$

$$1 \text{ Nanofarad} \quad 1 \text{nF} = 0,000\,000\,001 \text{ F}$$

$$1 \text{ Picofarad} \quad 1 \text{pF} = 0,000\,000\,000\,001 \text{ F}$$

39

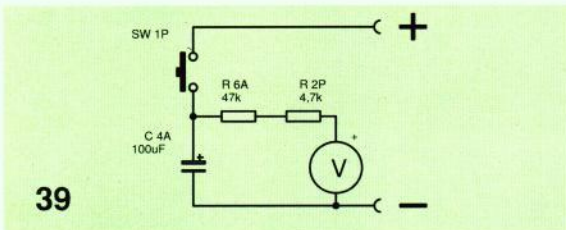
A 9 - P 8
 A 10 - A 51
 A 14 - A 34
 A 16 - A 49
 A 18 - P 7
 A 39 - A 52
 A 44 - P 3
 A 53 - P 4

DER IST ABER GELADEN!

Das stimmt auch für den Elko, und manchmal spürt man das sogar sehr unangenehm. Entladungen von Kondensatoren lassen sich mit den folgenden Schaltungen durchführen, und ihr Verlauf ist am Meßinstrument abzulesen.

Experiment 39.

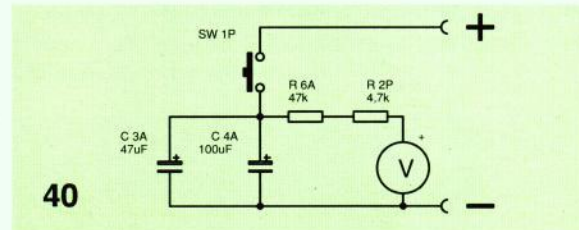
Beim Drücken des Tasters lädt sich der Elko schnell auf. Das Meßinstrument zeigt so lange fast Vollausschlag an, bis der Taster losgelassen wird. Dann geht der Zeigerausschlag zurück, zuerst mäßig schnell und dann immer langsamer. Fast eine halbe Minute vergeht, bis er wieder in Mittelstellung angekommen ist.



Beim Drücken des Tasters fließt ein Ladestrom vom Minuspol zur einen Kondensatorplatte. Auf der anderen Platte werden die Elektronen im gleichen Umfang abgezogen. Ist der Elko völlig geladen, passiert nichts mehr. Es fließt ein Ladestrom, der anfangs sehr groß ist, allmählich abnimmt, und schließlich ganz aufhört. Das Meßinstrument hat aber am Anfang - bei dem großen Ladestrom - nur einen kleinen Ausschlag, erst später steigt er an. Mit dem Meßinstrument wird nämlich die Spannung gemessen, wie du aus der Parallelschaltung des Instruments ersiehst. Die Spannung am Elko ist aber umso größer, je kleiner der Ladestrom ist. Bei voller Ladung fließt kein Strom mehr, dann ist die Spannung 9 V. Nach dem Loslassen entlädt sich der Elko über R 6A, R 2P und das Instrument. Wenn du in diesem Schaltbild 39 die Bezeichnung R 2P usw. findest, dann ist damit ausgedrückt, daß der Widerstand R 2 der Platine im Pult in die Schaltung einbezogen wurde.

ELKOS PARALLEL

Mit dem Versuch 40 lassen sich zwei Elkos parallel schalten, und die Entladung ist am Meßinstrument zu verfolgen. Geringfügige Änderungen gegenüber dem letzten Aufbau sind nur vorzunehmen: Zusätzliche Verbindungen müssen zwischen A 17 und A 48 und von A 38 nach A 54 hergestellt werden. Mit dem Taster werden die beiden Elkos geladen, und dann beginnt die Entladung. Sie dauert länger als nur bei einem Elko. Denn die Kapazität vergrößert sich, wenn zwei Elkos parallelgeschaltet sind, und es dauert auch länger, bis die größere Elektronenmenge abgeflossen ist.



Die Gesamtkapazität zweier paralleler Kondensatoren ist so groß wie die Summe der beiden Einzelkapazitäten. Man kann sie nach der Formel errechnen:

$$\begin{aligned} C_{ges} &= C_1 + C_2 \\ C_{ges} &= 100 + 47 [\mu F] \\ C_{ges} &= 147 \mu F \end{aligned}$$

REIHE DER KONDENSATOREN

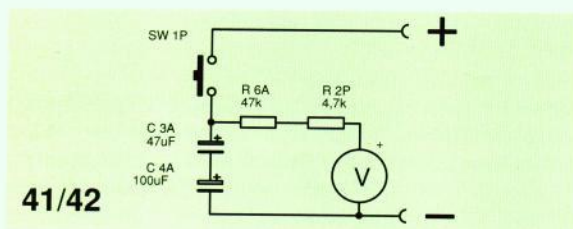
Die Gesamtkapazität von in Reihe geschalteten Kondensatoren ist kleiner als der Wert des kleinsten Einzelkondensators. Im Experiment 41 wird das deutlich. Gegenüber dem Versuch 40 sind nur die folgenden Änderungen vorzunehmen:

41.

A 17 - A 48 entfernen
 A 38 - A 54 entfernen
 A 39 - A 52 entfernen

A 38 - A 52
 A 39 - A 48

Schließt du den Taster, laden sich die beiden in Reihe geschalteten Elkos bis zur Batteriespannung auf. Läßt du ihn los, beginnt der Entladevorgang, der aber insgesamt schneller abläuft als bei einem Kondensator.



Die Kapazität zweier in Reihe geschalteter Kondensatoren errechnet sich nach der Formel:

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Für unser Experiment mit den Kondensatoren von 100 μF und 47 μF ergeben sich die folgenden Werte:

$$\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{47} [\mu F]$$

$$C_{ges} \approx 32 \mu F$$

DIFFERENZIERGLIED

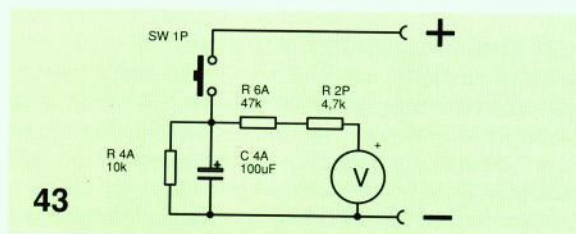
Schaltest du einen Widerstand parallel zu einem Kondensator, dann ändert sich die Entladezeit. Das wird in dem Versuch 42 deutlich. Die Änderungen am Aufbau gegenüber dem letzten Versuch sind gering.

42. A 33 - A 17
A 38 - A 52 entfernen A 39 - A 52
A 39 - A 48 entfernen A 43 - A 54

Bei geöffnetem Taster, entlädt sich der Kondensator schneller, weil der Entladestrom nicht nur durch das Instrument fließt, sondern auch durch den Widerstand 100 k Ω . Eine solche Schaltungsanordnung, bei der ein

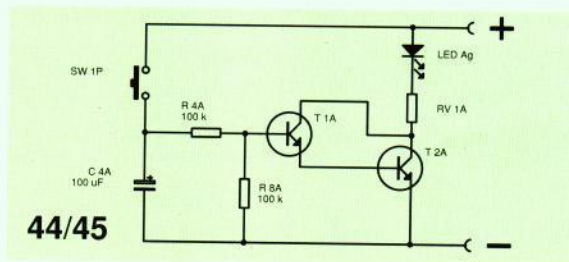
Widerstand parallel zu einem Kondensator liegt, bezeichnet man übrigens als **Differenzierungsglied**. Du wirst es später noch in etlichen Experimenten wiederfinden.

43. Verringerst du den Wert des Entladewiderstands, dann läuft die Entladung noch schneller ab. Das leuchtet ein, denn durch einen kleineren Widerstand fließt ein größerer Strom, und damit geht die Entladung schneller. Du mußt nur den Anschluß A 17 nach A 34 und A 54 nach A 44 stecken. Bei dem kleineren Widerstand von nur 10 k Ω erfolgt die Entladung sehr schnell.



Und nun noch einmal zurück zur Zeitschaltuhr im Versuch 33: Bei der ersten Schaltung war ein Elko von 100 μF das zeitbestimmende Element, bei der Abwandlung wurde der Wert auf 50 μF verringert. Durch den Druck auf den Taster hast du den Elko geladen. Über die weiteren Schaltungsteile wird erreicht, daß die LED solange leuchtet, bis der Elko entladen ist. Da sich der Elko mit der geringeren Kapazität schneller entlädt als der mit der größeren, erlischt die LED schneller.

Die Entladung des Kondensators läßt sich aber, wie du nun weißt, auch durch einen größeren Entladewiderstand verzögern. Das geschieht im Experiment 44 bei der Abwandlung der Schaltung 33.



44

- A 1 - A 25
A 3 - A 43
A 4 - A 30
A 8 - A 18
A 12 - A 29
A 13 - A 16
A 15 - P 3
A 53 - P 4
A 33 - A 51
A 39 - A 52
A 17 - A 49

46

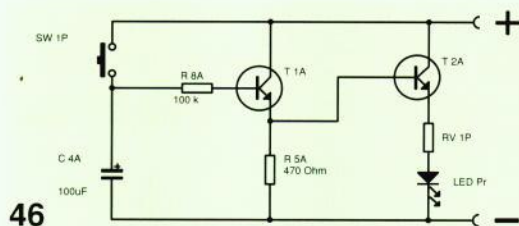
A 1 - A 26
 A 4 - A 57
 A 8 - A 51
 A 13 - P 1
 A 14 - A 56
 A 15 - P 3
 A 16 - A 49
 A 17 - A 35
 A 18 - P 2
 A 25 - A 45
 A 29 - A 55
 A 52 - P 4
 A 53 - A 39

Nach kurzem Druck auf den Taster leuchtet die LED etwa 20 Sekunden lang. Dieser Versuch unterscheidet sich von der Schaltung 33 dadurch, daß der Widerstand R 4A von 10 k Ω auf 100 k Ω vergrößert wurde. Das bewirkt, daß sich der Kondensator sehr viel langsamer entlädt, und damit leuchtet die LED länger. Bei kleinerem Entladewiderstand entlädt sich der Elko schneller, und die LED leuchtet kürzer, so, als ob ein kleinerer Elko sich entlädt. Das läßt sich mit der Schaltung 45 leicht nachweisen, indem du die Anschlüsse A 3 mit A 45 und A 51 mit A 35 verbindest. Mit einem Entladewiderstand von nur 470 Ω schaltet die LED bereits nach etwa einer Sekunde ab.

VERZÖGERT AUSGESCHALTET

Auch bei anderen technischen Schaltungen spielen Kondensatoren als zeitbestimmende Elemente eine große Rolle. In vielen Kraftfahrzeugen schaltet sich die Innenbeleuchtung nach dem Schließen der Türen nicht sofort ab. Es vergehen erst einige Sekunden, die zum Starten des Fahrzeugs oder zum Gurtanlegen genutzt werden können, bis die Beleuchtung erlischt. Eine solche **Ausschaltverzögerung** kannst du nach der Schaltung 46 aufbauen.

Ist der Aufbau abgeschlossen, muß der Taster gedrückt werden. Dann leuchtet die LED im Pult etliche Sekunden, und sie erlischt von allein. Mit dem Taster lädst du den Elko bis auf die Batteriespannung auf. Ist er geöffnet, kann der Elko seine Ladung wieder abgeben, und zwar über den Widerstand R 9A und die weiteren Schaltungselemente. Wenn die Ladung zu gering geworden ist, geht die LED aus.



Ein Parallelwiderstand zum Elko verringert, wie du inzwischen weißt, die Entladezeit und damit auch die

Zeit, die die LED nachleuchtet. Mit geringen Abänderungen der vorigen Schaltung ist der Entladewiderstand zu verändern.

47. Zusätzliche Verbindungen zu 46:

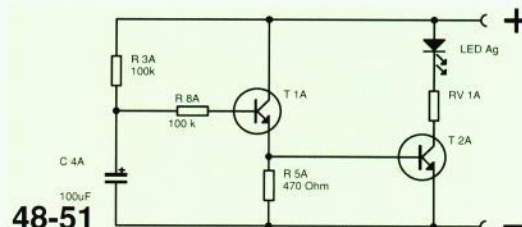
A 19 - A 43 A 54 - A 33

Mit dieser Anordnung hat der Entladewiderstand einen Wert von 100 k Ω . Die Zeit ist kürzer geworden. Willst du für den Widerstand 100 k Ω den mit 10 k Ω einsetzen, müssen A 19 an A 44 und A 54 an A 34 gelegt werden. Bei beiden Schaltungen ist die Zeit bis zum Erlöschen der LED geringer geworden.

DER SCHALTET ABER LANGSAM!

In manchen Badezimmern, die kein Fenster haben, schaltet sich kurze Zeit, nachdem das Licht angeschaltet worden ist, ein Lüfter automatisch ein. Für eine solche Schaltung benötigt man eine **Einschaltverzögerung** wie im Versuch 48.

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet ist, leuchtet die grüne LED auf dem Modul mit einer Verzögerung von etwa 2 Sekunden auf. Man kann die LED erst dann wieder zum Leuchten bringen, wenn die Betriebsspannung ausgeschaltet und nach ca 15 Sekunden wieder eingeschaltet wird. Beim Einschalten der Batteriespannung lädt sich der Kondensator C 4A über den Ladewiderstand R 3A auf. Das bedeutet eine verlangsamte Ladung. Die weiteren Schaltungselemente lassen die LED nämlich erst leuchten, wenn der Elko aufgeladen ist.



Eine Verkürzung der Einschaltverzögerung kann im Versuch 49 erreicht werden, wenn die Anschlüsse von

48

A 1 - A 25
 A 4 - A 15
 A 8 - A 51
 A 12 - A 29
 A 13 - A 18
 A 14 - A 33
 A 16 - A 35
 A 17 - A 49
 A 26 - A 45
 A 43 - A 52
 A 39 - A 53

A 14 nach A 34 sowie A 52 nach A 44 geführt sind. Der Ladewiderstand beträgt jetzt nur noch 10 k Ω , und damit läßt sich der Kondensator viel schneller auf.

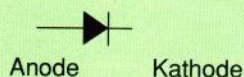
Umgekehrt ist die Einschaltverzögerung größer, wenn im Versuch 50 die Anschlüsse A 14 mit A 32 und A 52 mit A 42 verbunden wurden. Bei dieser Schaltung beträgt der Wert des Ladewiderstands 220 k Ω . Er läßt die LED erst mit einer Verzögerung von etwa 6 Sekunden aufleuchten.

Noch länger dauert es, bis die LED leuchtet, wenn du nach Schaltung 51 den Ladewiderstand auf 470 k Ω erhöhst. Dazu sind nur Verbindungen von A 14 nach A 31 und von A 52 nach A 41 herzustellen. Dann leuchtet die LED erst nach mehr als 10 Sekunden langsam auf.

DIODE - NUR HIN, NICHT ZURÜCK

Ein von der Funktion her auffälliges elektronisches Bauelement ist die **Diode**. Auffällig deshalb, weil das Grundmaterial, das zur Herstellung dient, weder ein Leiter noch ein Nichtleiter ist. Das Ausgangsmaterial rechnet man zu den **Halbleitern**. Was das bedeutet, kannst du in den nächsten Versuchen erfahren.

Schaltbild Diode
mit Angabe der Pole



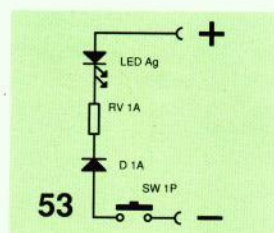
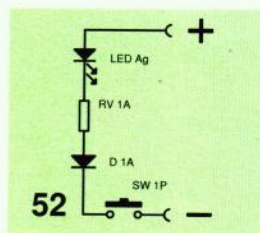
Auf den Schaltbildern ist die Diode mit einem **D** angegeben.

Experiment 52.

Beim Drücken des Tasters leuchtet die grüne LED auf dem Modul.

Experiment 53.

Bei dieser Verdrahtung leuchtet die LED nicht.



Vergleichst du die Schaltbilder der beiden Versuche, dann entdeckst du, daß die Diode nur umgekehrt in den Stromkreis geschaltet wurde. Im Experiment 52 leuchtet die LED, es fließt also Strom durch die Diode und die LED. Man sagt, die Diode ist in **Durchlaßrichtung** geschaltet. Leuchtet die LED nicht wie im Versuch 53, so spricht man davon, daß die Diode in **Sperrrichtung** geschaltet ist. Dann fließt kein Strom durch die Diode. Dieses Verhalten, in der einen Richtung Strom durchzulassen und in der anderen nicht, ist für Halbleiter typisch, und daher stammt auch ihr Name.

Mit einem anschaulichen Vergleich kannst du dir diese Erscheinung verdeutlichen: *Im Küstenbereich der Meere entwässern viele kleine Bäche und Flüsse das Land. Damit aber bei Sturmfluten kein Meerwasser in das Land hineingedrückt wird, sind Schwingtore in den Flußlauf gebaut. Steigt das Meer bei Flut an, klappen die Schwingtore zu und verhindern den Durchfluß des Wassers.*

Diese Modellvorstellung kann nur helfen, die Vorgänge in der Diode zu verdeutlichen. Es ist natürlich nicht wirklich ein Tor darin. Zur Erklärung dieser Erscheinung muß der atomare Aufbau in einer Halbleiterdiode betrachtet werden. Als Werkstoffe zur Herstellung dienen im allgemeinen die chemischen Elemente Silizium oder, seltener, Germanium, die in sehr reiner Form vorliegen müssen. Ein Atom des Halbleitermaterials Silizium besteht aus einem Atomkern und 14 Elektronen. Von diesen 14 Elektronen sind jedoch nur die äußeren vier **Valenzelektronen** von Bedeutung für die Stromleitung. Diese vier Valenzelektronen bilden mit denen der vier benachbarten Atome gemeinsame Elektronenpaare.

In einem reinen Siliziumkristall sind beim absoluten Nullpunkt (-273° C) alle Elektronen so fest an die Atome gebunden, daß keine freien Ladungsträger für den elektrischen Strom zur Verfügung stehen. Dann ist der Widerstand unendlich groß. Silizium ist unter diesen extremen Bedingungen ein Isolator. Bei Normaltemperatur dagegen geraten die Atome - also auch die Elektronen - in Wärmeschwingungen, so daß sich einzelne Elektronen aus dem Atomverband lösen können und damit zu freien Ladungsträgern werden wie bei den Metallen.

52

A 12 - A 40

A 16 - P 3

A 50 - P 4

53

A 12 - A 50

A 16 - P 3

A 40 - P 4

Mit zunehmender Temperatur erhöht sich die Zahl der freien Elektronen, und es steigt die Leitfähigkeit an. Erhitzt man Halbleiter zu sehr, so wird allerdings der Kristallaufbau zerstört. Leiter verhalten sich in dieser Beziehung anders: Beim absoluten Nullpunkt sind die Metalle hervorragende Leiter; man spricht von **Supra-leitfähigkeit**, der Widerstand verschwindet. Bei steigender Temperatur wird die Wärmeschwingung der Elektronen so groß, daß sie sich gegenseitig behindern. Dann sinkt die Leitfähigkeit. Hat ein Elektron seinen Platz im Siliziumkristall verlassen, so entsteht dort eine Lücke, die man **Defektelektron** oder **Loch** nennt. Das Atom, dem ein Elektron fehlt, ist aufgrund des Mangels an negativen Ladungen selbst positiv geladen. Ein Loch stellt also einen positiven Ladungsträger dar. Ein anderes freies Elektron kann in eine solche Lücke hineinstoßen und damit den Verband wieder vervollständigen. Diesen Vorgang nennt man **Rekombination**. (Abb. 22)

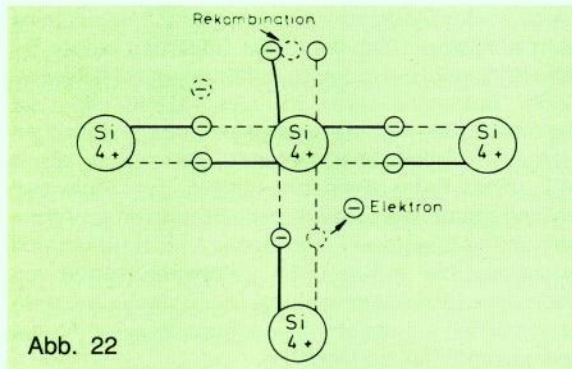


Abb. 22

Legt man an solche Siliziumkristalle bei normaler Temperatur Spannung an, dann fließt ein kleiner elektrischer Strom, d.h., Elektronen bewegen sich vom negativen Pol der Spannungsquelle zum positiven Pol. Ein freies Elektron kann aber auch wieder von einem Loch aufgenommen werden, wobei es selbst an anderer Stelle ein Loch hinterläßt. (Abb. 23)

Auch das hat das Bestreben, ein Elektron einzufangen. Es entsteht also durch diesen Vorgang der Eindruck, als "wanderten" Löcher vom positiven Pol der

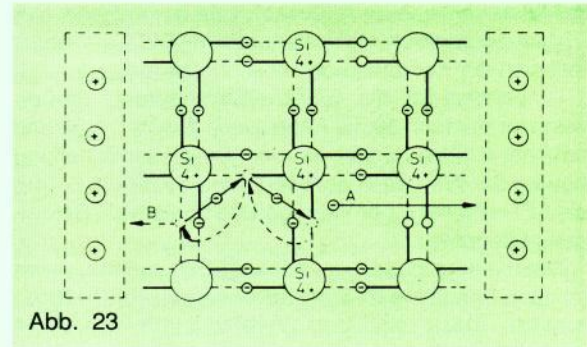


Abb. 23

Spannungsquelle zum negativen. Tatsächlich aber sind es die Elektronen, die zum positiven Pol fließen und die Löcher hinterlassen. Faßt man beide Erscheinungen zusammen, so ergibt sich:

In einem Halbleiterkristall fließt ein Elektronenstrom vom negativen zum positiven Pol der Spannungsquelle. Dazu entgegengesetzt fließt ein Löcherstrom.

Durch das Einfügen von Fremdatomen - z.B. Antimon, chemisches Symbol Sb - ändert sich die Zahl der freien Elektronen. Denn Antimon besitzt 5 Valenzelektronen, von denen aber nur vier in das Kristallgitter eingebaut werden weil das Silizium nur vier Elektronen zur Ausbildung von Elektronenpaaren benötigt. Das fünfte Elektron ist daher frei beweglich. (Abb. 24)

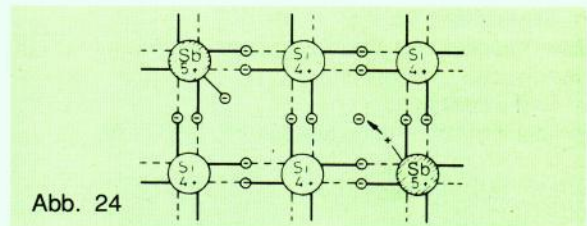


Abb. 24

Die Zahl der Elektronen ist nun größer als zum Kristallaufbau erforderlich. Der Kristall besitzt einen Elektronenüberschuß, und man spricht von negativ leitendem Material oder n- leitendem Material.

Das Silizium kann auch mit Fremdatomen verunreinigt (dotiert) werden, die nur drei Valenzelektronen haben. Ein solches chemisches Element ist z.B. das Indium, chemisches Symbol In. Innerhalb des Kristallgitters, das mit Indium dotiert ist, kann ein Elektron eines Siliziumatoms kein Elektronenpaar bilden. Es versucht nun, anderen benachbarten Atomen Elektronen zu entreißen, so daß dort ein Loch entsteht. Durch die Zugabe von dreiwertigen Fremdatomen stehen zum Bau des Kristalls also zu wenig Elektronen zur Verfügung. Es herrscht Elektronenmangel. Dieses Halbleitermaterial ist **positiv leitend** oder **p-leitend**. Das Verhalten der Halbleiterdiode erklärt sich dadurch, daß p-leitendes Material und n-leitendes Material aneinanderstoßen. Da die Elektronen ständig in Bewegung sind, wandern sie an der Grenze zwischen den beiden Schichten in das p-leitende Material hinein und vereinigen sich dort mit den Löchern.

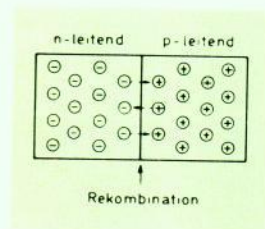


Abb. 25

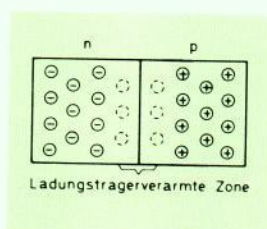


Abb. 26

Gleichzeitig wandern auch Löcher in das n-leitende Material, und dort spielt sich der gleiche Vorgang ab. Damit stehen im Grenzbereich keine Ladungsträger zur Verfügung. (Abb. 26)

Der Bereich zwischen den beiden Schichten heißt **Sperrschicht**.

Die Bezeichnung der beiden Anschlüsse der Halbleiterdiode hat man in Anlehnung an die frühere Röhrentechnik übernommen. An der p-Schicht liegt die **Anode**, an der n-Schicht liegt die **Kathode**. Schaltet man im Versuch 53 die Anode (p-Schicht) an den Minuspol und die Kathode (n-Schicht) an den Pluspol, kann kein Strom hindurchfließen. Denn durch die unterschiedlichen Ladungen zwischen den Halbleiterschichten und den Batteriepolen werden die positiven

Löcher zum negativen Pol und die negativen Elektronen zum positiven Pol der Spannungsquelle gezogen. Die Sperrschicht wird damit noch breiter. Ihr elektrischer Widerstand wird so groß, daß praktisch kein Strom durchfließen kann. Die Diode sperrt also den Strom. Man sagt, sie ist in **Sperrichtung** geschaltet. (Abb. 27)

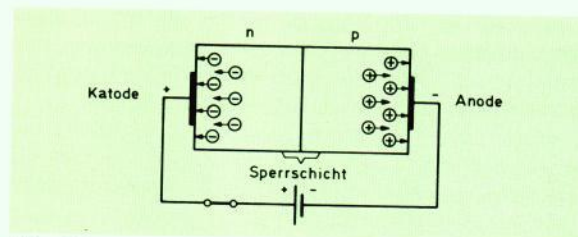
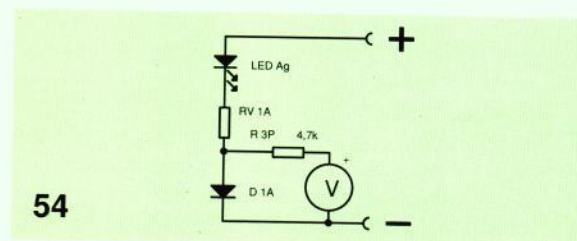


Abb. 27

Wenn eine Diode in **Durchlaßrichtung** geschaltet ist wie im Experiment 52, werden Elektronen aus der n-Schicht und Löcher aus der p-Schicht in die Sperrschicht gedrückt. Sie wird also mit Ladungsträgern angereichert. Der Sperrwiderstand der Grenzschicht verringert sich erheblich, und die Diode bekommt einen kleinen **Durchlaßwiderstand**. Nun kann der Strom fast ungehindert durch die Diode fließen.

Der Durchlaßwiderstand einer Diode beträgt je nach Bauart einige Ohm bis zu einigen hundert Ohm. Der Sperrwiderstand aber kann einige hundert MΩ betragen. **Experiment 54**

In dieser Schaltung 54 liegt das Meßinstrument parallel zu der in Durchlaßrichtung geschalteten Diode. Der Spannungsabfall an der Diode wird deshalb angezeigt.



54

54

A 12 - A 51
A 16 - A 50
A 17 - P 7
A 40 - A 52
A 53 - P 8

55

A 15 - A 50
A 40 - P 8
A 16 - P 7

56

A 9 - P 8
A 10 - A 53
A 15 - A 51
A 16 - P 7
A 17 - A 40
A 50 - A 52

Durch diese Anzeige wird eine besondere Eigenschaft der Diode deutlich. Legt man an eine Diode in Durchlaßrichtung eine Spannung, dann fließt nicht in jedem Fall ein Strom, sondern erst, wenn die Spannung größer als 0,7 V ist. Diese Spannung, ab der die Diode leitend wird, bezeichnet man als **Schwellspannung**. Du findest dafür auch die Begriffe Schleusenspannung oder Durchlaßspannung. Die Höhe der Schwellspannung ist abhängig von dem Material, aus dem die Diode hergestellt ist. Für Silizium beträgt sie 0,7 V. Beim **Germanium**, einem anderen Halbleitermaterial, beträgt die Schwellspannung 0,3 V. Der Durchlaßstrom durch die Diode darf nicht unbegrenzt ansteigen, dann wird sie zerstört. Denn die Diode hat auch einen Widerstand. Legt man Spannung an die Diode, fließt Strom, der zur Erwärmung führt. Höhere Temperatur erhöht die Eigenbeweglichkeit der Ladungsträger, und dann fließt ein größerer Strom. Durch den stärkeren Strom steigt die Wärmeentwicklung in der Diode so sehr, daß die Eigenbeweglichkeit der Ladungsträger noch mehr zunimmt und damit ihre Zahl ansteigt. Mehr Ladungsträger aber führen zu einem stärkeren Strom, der die Halbleiterdiode noch mehr erwärmt. Mehr Erwärmung... du kannst dir schon denken wohin das führt: *Es schaukelt sich hoch, bis die Diode zerstört ist.*

Um sicher zu sein, daß durch die Diode in Sperrrichtung auch tatsächlich kein Strom fließt, kannst du zur Kontrolle das Meßinstrument in den Stromkreis schalten. Die Verdrahtung ist einfach gemacht:

Experiment 55.

Der Zeiger des Meßinstruments rührt sich nicht von der Stelle: *Durch die in Sperrrichtung geschaltete Diode fließt tatsächlich kein für uns meßbarer Strom.*

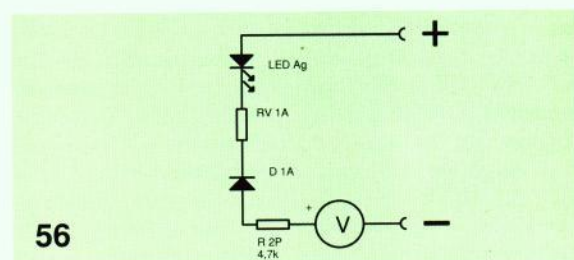
Wenn du Lust hast, kannst du noch den Spannungsabfall an der in Sperrrichtung geschalteten Diode messen.

Nur zur Vorinformation: *Der Spannungsabfall muß bei völliger Sperrung so groß sein wie die Betriebsspannung. Fließt auch nur ein kleiner Strom, so ist der Spannungsabfall kleiner.*

Experiment 56.

Das Ergebnis kann nun keine Überraschung mehr sein. Die gemessene Spannung entspricht tatsächlich der vollen Spannung. Es fließt dann kein Strom durch die Diode. Der Spannungsabfall beträgt übrigens auch

fast 9 V, wenn du die Diode ganz aus dem Stromkreis herausnimmst. Dazu ist nur der Anschluß an A 40 herauszuziehen.

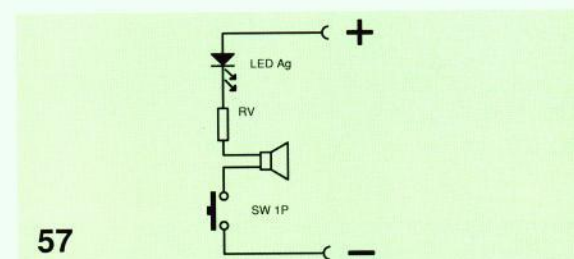


56

LAUT SPRECHEN

Für viele der folgenden Experimente wird der Lautsprecher eingesetzt. Bevor die etwas umfangreichere Schaltung aufgebaut ist, ein kleines Experiment mit dem Lautsprecher, um dessen Wirkungsweise zu verstehen.

Experiment 57.

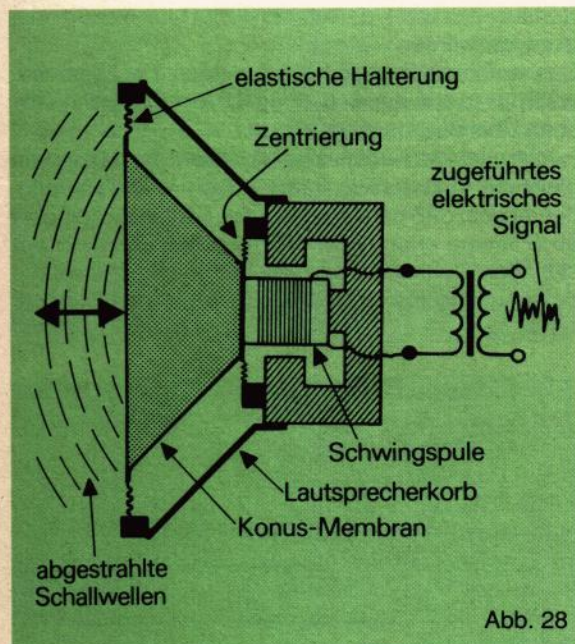


57

Beim Drücken des Tasters leuchtet die LED auf, und aus dem Lautsprecher kommt ein leises Knacken. In diesem Lautsprecher befindet sich eine Spule, durch die beim Drücken des Tasters der Strom fließt. Die LED leuchtet, weil sie in einem Stromkreis mit der Spule liegt. Fließt Strom durch die Spule, erzeugt sie ein Magnetfeld, das die Membran anzieht. Die wird wieder losgelassen, wenn der Stromfluß aufhört. Dieses Anziehen und Loslassen hörst du als Knacken; denn durch die Bewegung der Membran werden die Luftteilchen der Umgebung angestoßen, und sie gelangen an das Ohr, das dann ein Geräusch hört.

57

A 12 - P 5
P 3 - P 6
A 16 - P 4

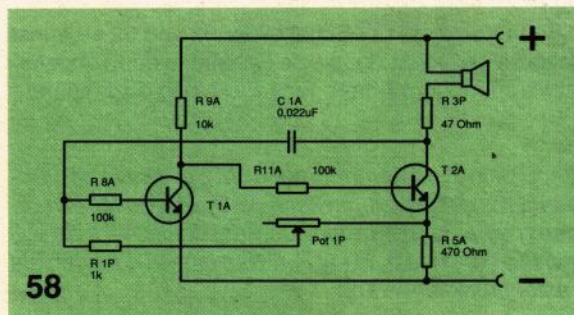


Bei Musik schwingt die Membran in einem schnellen Wechsel hin und her, und die Luft wird ebenso schnell angestoßen. Diese schnelle Schwingung der Luftteilchen empfinden wir als Töne.

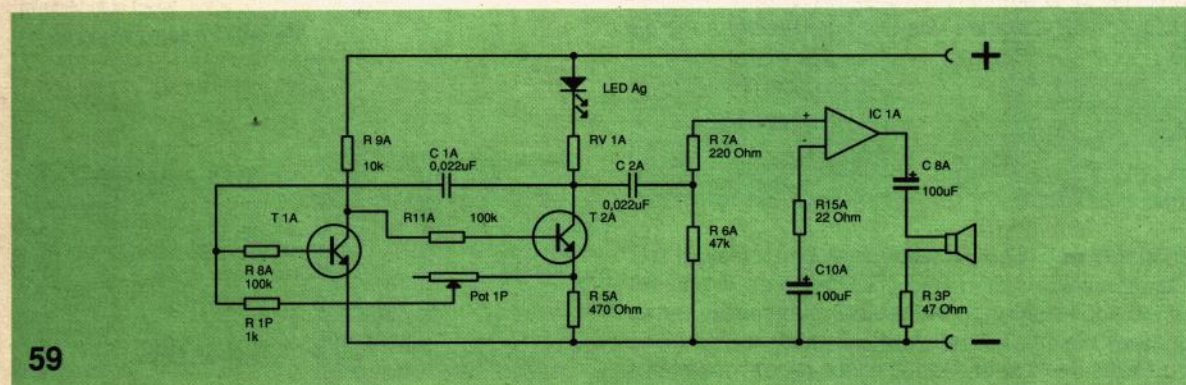
ERSTE TÖNE - MIT DEM GENERATOR

So, und nun mal wieder etwas, das mehr Wirkung erzielt. Mit der Schaltung 58 wird es geräuschvoll, ein **Tongenerator** soll tönen. Übrigens bedeutet das Wort Generator übersetzt "Erzeuger". Ein Tongenerator ist also ein Tonerzeuger. **Experiment 58.**

Gleich nach dem Einschalten der Betriebsspannung tönt der Lautsprecher. Drehst du am Knopf des Potis, kannst du die Tonhöhe im großen Bereich verändern.



In diesem Schaltbild zum Experiment 58 findest du das Schaltsymbol des Lautsprechers wieder, der den Ton abstrahlt. Die gesamte Schaltung dient nur der Tonerzeugung, eine Verstärkung erfolgt nicht. Zugegeben, der Ton könnte noch etwas lauter sein, und darum soll an den Tongenerator gleich ein Verstärker geschaltet


58

- A 1 - A 16
- A 5 - A 27
- A 6 - A 14
- A 8 - A 51
- A 13 - A 57
- A 15 - P 5
- A 17 - A 35
- A 29 - A 46
- A 30 - P 6
- A 36 - A 52
- A 45 - A 56
- A 53 - P 9
- A 55 - P 11

59

A 9 - A 19
 A 10 - A 37
 A 11 - A 21
 A 12 - A 58
 A 15 - A 28
 A 20 - A 22
 A 30 - A 60
 A 47 - A 59

werden, der den Ton verstärkt und die Lautstärke erheblich vergrößert.

Der Aufbau wie im vorigen Experiment bleibt weitgehend erhalten und wird nur noch ergänzt. Die beiden Lautsprecheranschlüsse P 5 und P 6 sind von A 15 und A 30 zu entfernen und an die Anschlüsse A 18 und A 24 zu legen. Dann noch folgende Verbindungen herstellen: **Experiment 59.**

Und nun läßt sich der Ton schon hören! Ein kleiner **Verstärker** macht den Tongenerator richtig eindrucksvoll.

Beim Vergleich der Schaltbilder 58 und 59 erkennst du den Verstärker, der an die Schaltung des Tongenerators angehängt wurde. Eine Erklärung dazu später.

60.

Wenn dich der Dauerton nervt: *Mit einer kleinen Abwandlung der Schaltung kann der Taster zur Unterbrechung eingesetzt werden. Den Anschluß A 24 an P 3 und P 5 verbindest du mit P 4. Nun gibt es nur noch auf Tastendruck einen Ton.*

61

A 1 - A 13
 A 3 - A 43
 A 5 - A 27
 A 6 - A 15
 A 7 - A 16
 A 8 - A 51
 A 12 - A 30
 A 14 - P 10
 A 17 - P 11
 A 18 - A 33
 A 19 - LDR
 A 52 - LDR
 A 53 - P 9

FLAMMEN ÜBERWACHT

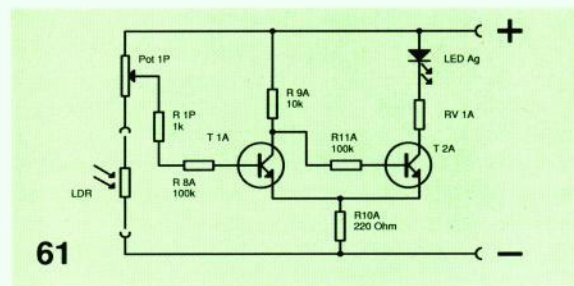
Eine Schaltung aus einem ganz anderen Bereich der Technik:

Öl- und Gasbrenner arbeiten weitgehend automatisch. Sinkt die Temperatur ab, fördert z.B. eine Ölpumpe Öl in den Brenner, und es wird über eine Zündvorrichtung entzündet. Nach einer bestimmten Zeit schaltet sich die Zündung aus, und das Öl wird weiter in den Brenner gefördert, wo es auch ohne äußere Zündung verbrennt. Nun könnte aber durch eine Störung der Zündanlage das Entzünden des Öls unterbleiben, und die

Konsequenz wäre, daß immer weiter Öl in den Brenner gepumpt würde.

Das muß unbedingt verhindert werden. Ein **Flammenwächter** wie in der Schaltung 61 kann Teil einer solchen Überwachungsanlage sein.

Fällt nach der Fertigstellung Licht auf den LDR, dann bleibt die LED dunkel. Für den Flammenwächter bedeutet das, daß das Öl verbrennt. Deckst du den LDR ab (Flamme erloschen), dann leuchtet von einer bestimmten Dunkelheit an die LED. Im Brenner würde beim Aufleuchten der LED die Ölpumpe abgeschaltet



werden. Mit dem Poti läßt sich einstellen, ab welcher Helligkeit die LED eingeschaltet werden soll.

Der LDR und das Poti stellen im Versuch 61 einen Spannungsteiler dar. Das Verhältnis der Widerstandswerte kann mit dem Knopf des Potis eingestellt werden. Mit den weiteren Schaltungsteilen wird die LED schlagartig eingeschaltet.

TRANS FER RES ISTOR

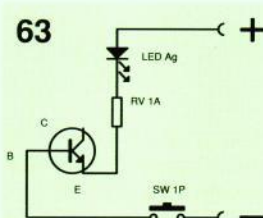
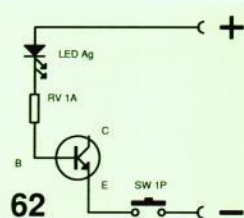
Beim Betrachten der Schaltbilder vieler Experimente, die du bereits aufgebaut hast, fällt ein Bauelement auf, das sehr häufig angewendet, aber noch nicht erklärt worden ist. Es ist der **Transistor**. Das ist ein Kunstwort, das aus den beiden englischen Wörtern transfer (Übertragung) und resistor (Widerstand) gebildet wurde.

Transistor

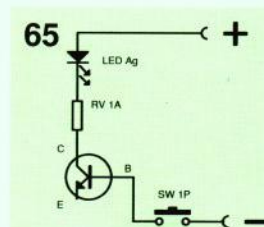
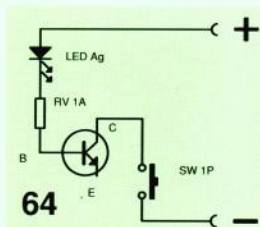


Die drei Anschlüsse des Transistors heißen **Basis (B)**, **Emitter (E)** und **Kollektor (C)**. Die Abkürzung C für den Kollektor stammt aus der englischen Sprache. Man schreibt dort "collector". Transistoren gibt es seit 1948, und seitdem haben sich die Rundfunk-Technik und alle Gebiete der Elektronik grundlegend gewandelt. Dazu nur ein Beispiel: Ein Walkman, der noch mit **Röhren** bestückt wäre, die man vor den Transistoren verwendete, müßte etwa die Größe eines riesigen Rucksacks haben. Und dann müßte er noch ständig mit einem Kabel an die Steckdose angeschlossen sein, weil der Stromverbrauch für Batterien viel zu teuer wäre. Heute werden Transistoren nicht nur in Walkmen usw. verwendet, sondern in allen Gebieten der Technik. Alle Anwendungsbereiche aufzuzählen ist kaum möglich. Wichtig ist, daß der Transistor in zwei Funktionen benutzt wird. Er arbeitet als **Schalter** oder **Verstärker**. Von den drei Anschlüssen sollen zunächst immer nur zwei untersucht werden.

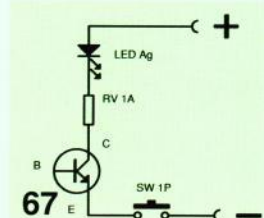
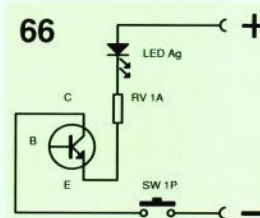
☞ Experimente 62 und 63.



Bei diesen beiden Experimenten sind nur die Basis und der Emitter in einen Stromkreis mit der LED geschaltet worden. Im Experiment 62 leuchtet die LED, im Versuch 63 leuchtet sie nicht. Entscheidend bei diesen Experimenten ist, daß zunächst die Basis des Transistors über die LED mit Vorwiderstand am Pluspol der Batterie liegt, später aber am Minuspol. Zwischen den beiden Anschlüssen B und E wirkt der Transistor wie eine Diode: *In der einen Richtung fließt Strom, in der anderen nicht. Er ist also auch ein Halbleiter.*



Sind wie im Aufbau nach Schaltung 64 und 65 die Basis und der Kollektor mit der Diode und dem Vorwiderstand in einem Stromkreis, dann leuchtet die LED auch wieder nur, wenn die Basis am Pluspol und der Kollektor am Minuspol angeschlossen sind. Umgekehrt leuchtet die LED wieder nicht. Bei diesem Versuch verhält sich der Transistor zwischen den zwei Anschlüssen B und C auch wie eine Diode.



Der Kollektor und der Emitter liegen in den Versuchen 66 und 67 mit der LED und dem Vorwiderstand in einem Stromkreis. Weder bei der einen noch bei der anderen Schaltung leuchtet die LED. Um die Vorgänge bei diesen letzten sechs Schaltungen zu erklären, muß

62

A 1 - P 3
A 2 - A 12
A 16 - P 4

63

A 1 - P 3
A 2 - A 16
A 12 - P 4

64

A 2 - P 3
A 4 - A 16
A 12 - P 4

65

A 2 - P 3
A 4 - A 12
A 16 - P 4

66

A 1 - A 12
A 4 - P 3
A 14 - P 4

67

A 1 - A 16
A 4 - P 3
A 12 - P 4

wieder der Aufbau der Halbleiterkristalle herangezogen werden. Während die Diode nur einen n-leitenden und einen p-leitenden Bereich hat, besteht dieser Siliziumtransistor aus zwei n-leitenden Bereichen, die durch einen dazwischenliegenden p-leitenden Bereich getrennt sind.

Die n-leitenden Bereiche sind der Emitter und der Kollektor, der p-leitende Bereich ist die Basis.

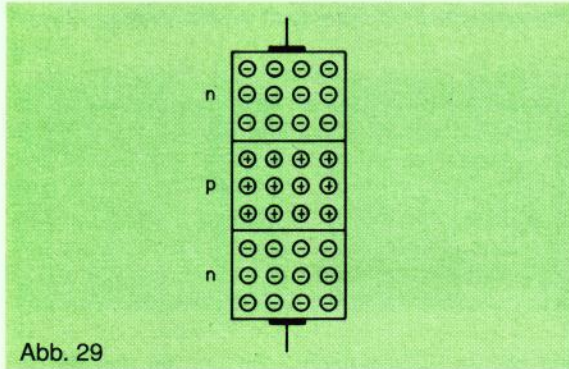


Abb. 29

Wenn die Basis am Minuspol liegt, vergrößert sich die Grenzschicht zwischen den beiden Schichten, und der Transistor sperrt. Sind nur der Emitter und der Kollektor angeschlossen, dann sperrt entweder die obere oder die untere Grenzschicht. Auf jeden Fall ist ein Stromfluß nicht möglich. Man könnte sagen, daß ein Transistor aus zwei gegeneinander geschalteten Dioden besteht.

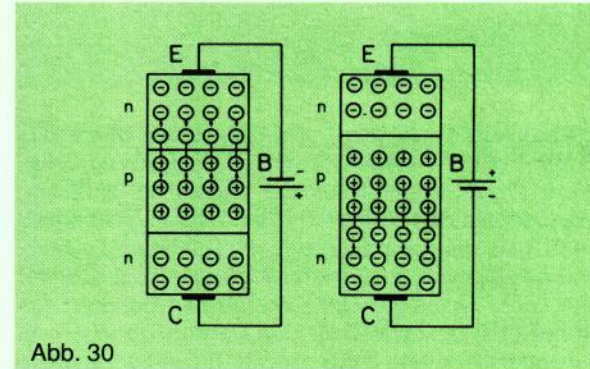


Abb. 30

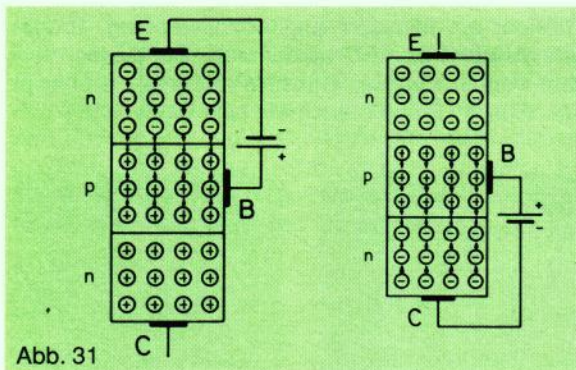
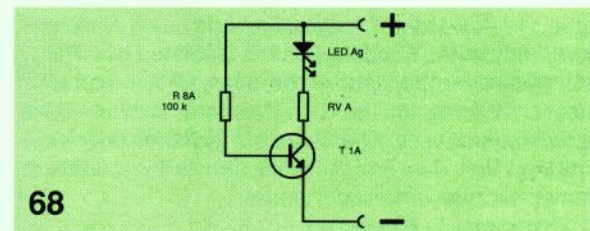


Abb. 31

68

A 1 - A 16
A 12 - A 5
A 14 - A 8

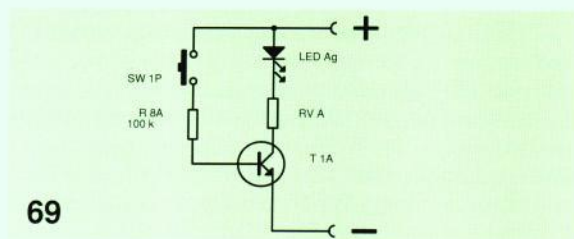
Aus den Abbildungen ist zu ersehen, daß ein Strom nur fließen kann, wenn die Basis am Pluspol liegt und der Emitter oder der Kollektor am Minuspol. Dann werden die Grenzschichten so weit abgebaut, daß ein Strom fließt, und die LED leuchtet.



Die Funktion des Transistors wird erst dann deutlich, wenn alle drei Anschlüsse mit der Spannungsquelle verbunden sind. Der Versuch 68 ist so aufgebaut, daß die Basis über einen Widerstand von 100 kΩ am Pluspol liegt, ebenso liegt auch der Kollektor am positiven Pol der Spannungsquelle. Der Emitter dagegen ist direkt mit dem negativen Pol verbunden. Bei dieser Versuchsanordnung leuchtet die LED am Kollektor des Transistors.

Erweitere doch einmal die Schaltung geringfügig, indem du den Taster vor der Basis einbaust. Dazu sind

A 14 mit P 3 und A 8 mit P 4 zu verbinden (Versuch 69). Wenn der Taster nun nicht gedrückt ist, leuchtet die LED auch nicht.



Die LED leuchtet erst, wenn ein Strom vom Minuspol durch die Basis des Transistors und den Emitter fließt. Dann muß also auch ein Strom durch den Kollektor und den Emitter fließen, denn dort ist ja die LED angeschlossen.

Bei dieser Schaltung spielen sich an den beiden Grenzschichten im Transistor gleichzeitig mehrere Vorgänge ab, die nacheinander betrachtet werden sollen: Ist der Schalter in der Basisleitung gedrückt, fließt ein Elektronenstrom vom Minuspol durch den Emitter in die Basis. Die positiven Löcher in der Basis schicht rekombinieren mit den Elektronen. Da aber die Grenzschicht nur wenige tausendstel Millimeter dünn ist, dringen die Elektronen durch bis zur Basis-Kollektor-Grenzschicht. Dort wirkt bereits die positive Kollektorspannung, so daß die Elektronen durch die Kollektorschicht zum positiven Pol der Spannungsquelle wandern. Es sind also bei dieser Schaltung des Transistors zwei Stromkreise durch den Transistor erkennbar: *Der Emitter-Basis-Stromkreis und der Emitter-Kollektor-Stromkreis.*

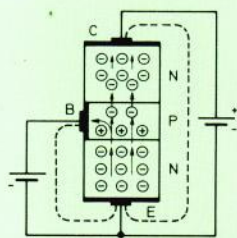


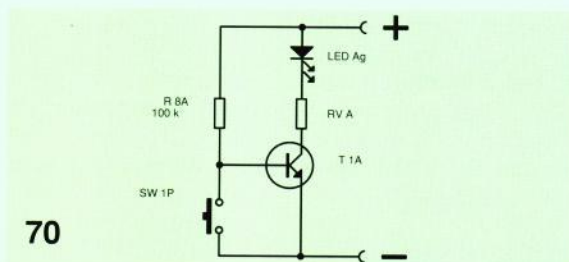
Abb. 32

TRANSISTOREN - SUPERSCHNELLE SCHALTER

In diesem Experiment funktioniert der **Transistor als Schalter**: *Erst wenn im Emitter-Basis-Stromkreis ein Strom fließt, kann auch im Emitter-Kollektor-Kreis ein Strom fließen.* Ein bißchen widersinnig erscheint es, wenn der Strom durch die Basis mit einem Schalter eingeschaltet wird, um den Transistor durchzuschalten. Dieser Taster soll nur deutlicher erkennen lassen, daß der Basis-Emitter-Strom so wichtig ist! So ein Transistor ist als Schalter viel schneller und sicherer als ein Taster, und dazu hat er keine Verschleißteile.

In der Schaltung 70 liegt der Taster nicht zwischen dem Pluspol und der Basis, sondern zwischen dem Minuspol und der Basis.

Nach dem Einschalten der Batterie leuchtet die LED. Denn die Basis liegt über den Widerstand R 8A am Pluspol der Batterie. "Der Transistor schaltet durch", sagt man. Das heißt, durch die Basis und den Emitter fließt ein kleiner **Basisstrom**, und dann fließt auch durch den Emitter und Kollektor ein großer Strom. Er bringt die LED zum Leuchten. Das Drücken des Tasters ändert aber die Spannung an der Basis. Dann wird nämlich plötzlich eine Verbindung zum Minuspol hergestellt, und nun sperrt der Transistor. Die Verbindung zum Pluspol bleibt zwar weiterhin erhalten, aber zum Minuspol besteht eine direkte Drahtverbindung, zum Pluspol befindet sich noch ein Widerstand.



70

Du kannst dir die Schaltvorgänge an diesem Transistor immer so verdeutlichen: Liegt eine ausreichend große positive Spannung an seiner Basis, dann fließt ein Strom, und er schaltet durch. Bei 0 V (Anschluß an Minus) sperrt er. Der Widerstand an der Basis des Transistors hat übrigens eine sehr wichtige Funktion: *Er begrenzt den Strom durch die Basis und den Emitter*

70

- A 1 - A 16
- A 12 - A 5
- A 14 - A 8
- A 17 - P 3
- A 3 - P 4

71

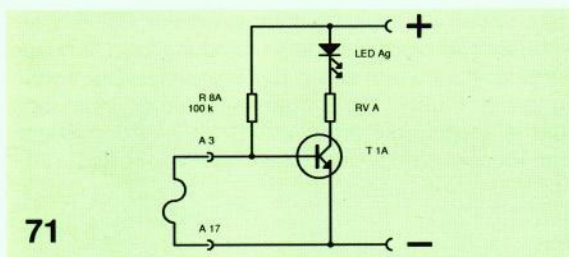
A 1 - A 16
 A 12 - A 5
 A 14 - A 8
 A 17 - A*
 A 3 - A*

und damit auch den durch den Emitter- Kollektor. Es wird dadurch verhindert, daß der Transistor durch zu große Ströme, die Wärme entwickeln, zerstört wird.

Puh, das war ganz schön schwierig. Aber du wirst noch viele Experimente mit den Transistoren machen, und dann wird es dir bald keine Probleme mehr bereiten, die Funktionen des Transistors selbst zu erkennen. Mit dem Wissen über die Transistoren kannst du dir schon einen einfachen Alarmmelder aufbauen.

Experiment 71.

Zwischen den beiden Anschlüssen A 17 und A 3 muß eine Alarmschleife angeschlossen werden. Das ist ein Draht, der z.B. quer vor eine Tür gespannt und beim Öffnen der Tür zerrissen wird. Du darfst ihn nur nicht so spannen, daß deine Modul-Electronic dabei heruntergerissen wird. Du kannst auch einen Lamettafaden mit Pflaster vor eine Tür oder eine Schranktür kleben, und daran befestigst du die Verbindungsdrähte zu den Anschlüssen A 17 und A 3. Sowie die Alarmschleife unterbrochen ist, leuchtet die LED.



71

72

A 1 - A 16
 A 2 - A 31
 A 4 - A 12
 A 14 - A 41

74

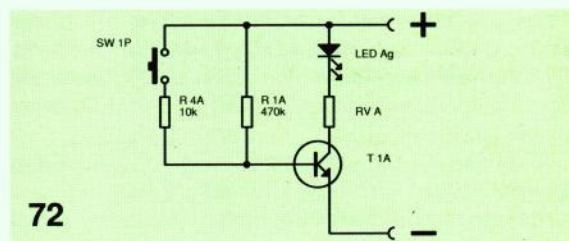
A 1 - A 16
 A 2 - A 32
 A 4 - A 12
 A 14 - A 42

*Alarm-
schleife

TRANSISTOREN VERSTÄRKEN

An den letzten Versuchen hast du den Transistor als Schalter eingesetzt. Nun sollst du den **Transistor als Verstärker** ausprobieren. Experiment 72.

Am Basisstromkreis liegt der Widerstand $470\text{ k}\Omega$. Du weißt schon, daß durch diesen Widerstand nur ein sehr kleiner Strom fließen kann. Daran, daß die LED leuchtet, erkennst du, daß am Emitter-Kollektor-Stromkreis ein sehr viel größerer Strom fließen muß. Denn wenn die LED hell leuchtet, fließt ein Strom von ca 30 mA hindurch. Durch den Widerstand von $470\text{ k}\Omega$ fließt bei 9 V aber nur ein Strom von $20\text{ }\mu\text{A}$.

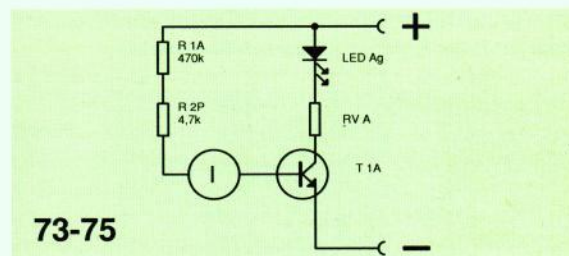


72

Der Transistor **verstärkt** also den geringen Strom an der Basis so weit, daß damit z.B. eine LED betrieben werden kann.

73.

Mit wenigen Handgriffen läßt sich der Strom im Basisstromkreis messen. Die Verbindung von A 2 nach A 31 wird unterbrochen. A 2 verbinde mit P 7 und A 31 mit P 8. Der ganz geringe Ausschlag des Zeigers beweist, wie gering der Strom durch die Basis ist.



73-75

74.

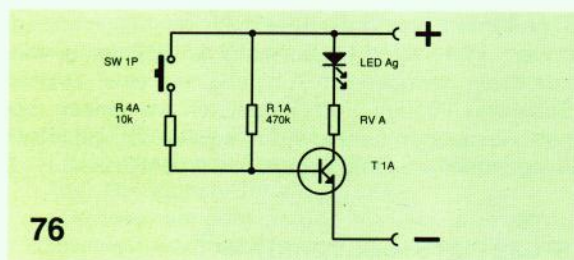
Ein größerer Strom durch den Basis-Emitter-Kreis sollte einen größeren Strom im Emitter-Kollektor-Strom-

kreis hervorrufen. Das kannst du überprüfen. Moment, wie wird der Strom durch die Basis größer? - Richtig, ein kleinerer Widerstand läßt einen größeren Strom zu. Jetzt beträgt der Basiswiderstand nur noch 220 k Ω . Ganz klar, daß die LED heller leuchtet.

75.

Mit dem Meßinstrument in Reihe mit dem Basiswiderstand solltest du noch die Stromstärke messen. Die Anschlüsse: A 2 - P 7, A 32 - P 8. Am Ausschlag des Meßinstruments erkennst du, daß die Stromstärke mehr als doppelt so groß ist wie bei dem Basiswiderstand von 470 k Ω (Exp. 73).

Schnell und eindrucksvoll läßt sich demonstrieren, wie die Verringerung des Basiswiderstands einen größeren Strom auf der Emitter-Kollektor-Strecke nach sich zieht. ☞ **Experiment 76.**



76

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet ist, leuchtet die LED schwach. Sie wird allerdings sehr viel heller, sobald der Taster gedrückt ist.

Durch den Druck auf die Taste verringert sich der Widerstand an der Basis. Man nennt ihn übrigens auch kurz **Basiswiderstand**. Das bedeutet, wie du bereits in den vorigen Versuchen erfahren hast, einen größeren Strom durch die Basis. Dadurch wiederum erhöht sich der Strom auf der Emitter-Kollektor-Strecke, und die LED leuchtet heller.

Die Schaltung 77 läßt Messungen des Stromes zu, der durch den Transistor auf der Emitter-Kollektor-Strecke fließt. Das Meßinstrument zeigt einen Stromfluß an, die LED leuchtet. Beim Drücken des Tasters steigt der Basisstrom stark an, weil nun der Widerstand R 5A parallel zum Basiswiderstand R 1A geschaltet ist. Die LED leuchtet heller. Du erinnerst dich: *Der Widerstand verringert sich, wenn zu einem Widerstand ein*

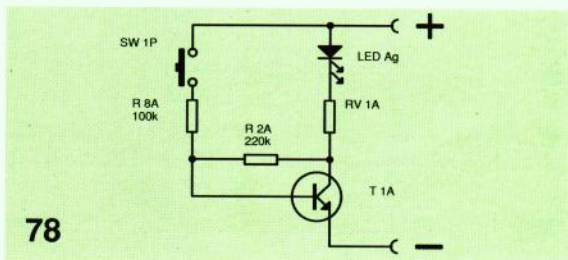
anderer parallel geschaltet wird. Deshalb fließt ein größerer Strom durch die Emitter-Basis-Strecke. Fachleute sprechen übrigens nicht vom Strom durch die Emitter-Basis-Strecke, sondern sie sagen kurz **Basisstrom**. Der größere Basisstrom zieht einen größeren **Kollektorstrom** (das ist entsprechend der Strom auf der Emitter-Kollektor-Strecke) nach sich, und die LED leuchtet heller.

ARBEITSPUNKT STABILISIERT

Nun könntest du auf den Gedanken kommen, ob nicht durch einen sehr kleinen Basiswiderstand der Basisstrom stark erhöht und damit auch der Kollektorstrom entsprechend groß wird. Du weißt aber schon, daß das seine Grenzen hat: *Ein zu großer Kollektorstrom erwärmt den Transistor, und das kann zur Zerstörung führen.* Zusätzlich hat aber der Basiswiderstand noch eine andere Funktion zu erfüllen: *Mit diesem Widerstand wird der **Arbeitspunkt** eingestellt.* Das heißt, damit werden die Bedingungen festgelegt, unter denen der Transistor am besten arbeitet. In den meisten Schaltungen reicht die richtige Wahl des Widerstands aber noch nicht. Denn bei längerem Betrieb erwärmt sich der Transistor. Dadurch vergrößert sich der Strom, der Arbeitspunkt verschiebt sich, und der Transistor arbeitet nicht mehr optimal. Im Versuch 78 wird der Arbeitspunkt des Transistors **stabilisiert**.

Die LED leuchtet beim Einschalten der Betriebsspannung schwach, bei gedrücktem Taster erheblich heller.

Zunächst fließt ein kleiner Basisstrom durch die LED mit dem Vorwiderstand RV 1A und durch R 2A. Sowie der Taster geschlossen ist, fließt ein größerer Basisstrom durch R 2A. Das zieht natürlich einen höheren Kollektorstrom nach sich, und die LED leuchtet heller.



78

76

A 1 - A 16
A 2 - A 31
A 4 - A 12
A 14 - A 41
A 15 - P 3
A 34 - A 3
A 44 - P 4

77

A 1 - P 11
A 2 - A 31
A 3 - A 35
A 4 - A 12
A 7 - A 16
A 14 - A 41
A 15 - P 3
A 17 - P 7
A 18 - P 10
A 45 - P 4
A 51 - P 8
A 52 - P 9

78

A 1 - P 11
A 2 - A 31
A 3 - A 35
A 4 - A 12
A 7 - A 16
A 14 - A 41
A 15 - P 3
A 17 - P 7
A 18 - P 10
A 45 - P 4
A 51 - P 8
A 52 - P 9

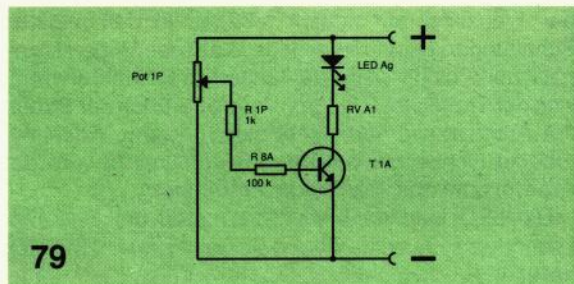
79

A 1 - A 16
A 14 - A 12
A 8 - P 9
A 4 - P 11
A 17 - P 10

In einem solchen Fall würde die Stabilisierung einsetzen: *Ein größerer Strom durch den Kollektor läßt die Kollektorspannung absinken, weil an der LED und RV eine größere Spannung abfällt.* Dieser Spannungsabfall bewirkt auch an dem Widerstand R 2A einen Spannungsabfall, und damit verringert sich der Basisstrom. Der kleinere Basisstrom verringert den Kollektorstrom, und schon ist der Zweck erfüllt: *Der Transistor wird immer im günstigsten Arbeitsbereich gehalten. Diese Schaltung, bei der eine Verbindung vom Kollektor zur Basis besteht, nennt man **Gegenkopplung**.*

TRANSISTOR - GRUNDSCHALTUNGEN

Alle Schaltungen mit Transistoren lassen sich auf drei Grundschaltungen zurückführen, auf die Emitterschaltung, die Kollektorschaltung und die Basisschaltung. Eine **Emitterschaltung (79)** bedeutet, daß der Emitter des Transistors der gemeinsame Bezugspunkt für den Eingang und den Ausgang der Schaltung ist.

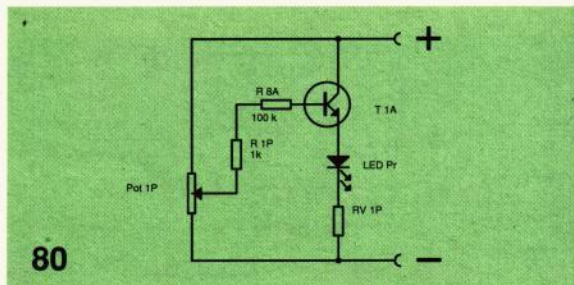


79

Mit einer kleinen Drehung am Poti erzielst du eine große Änderung der Helligkeit der LED. Eine geringe Spannungsänderung am Eingang ruft eine große

81

A 1 - A 16
A 4 - A 25
A 6 - A 14
A 8 - P 9
A 12 - A 29
A 13 - A 17
A 18 - P 10
A 15 - P 11



80

Spannungsänderung am Ausgang hervor. Deshalb verwendet man Emitterschaltungen zur **Spannungsverstärkung**.

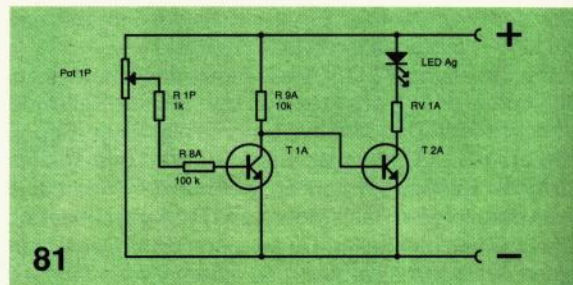
Die zweite Grundschaltung ist die **Kollektorschaltung**. Der Kollektor ist bei dieser Schaltung der gemeinsame Anschluß für den Eingang und den Ausgang. Er liegt direkt an der Spannungsquelle, und das verstärkte Signal wird zwischen Emitter und Kollektor abgenommen. **Experiment 80.**

Beim Drehen am Poti erzielt man nur eine geringe Auswirkung: Die Helligkeit der LED wird über den gesamten Potentiometer-Bereich verändert. Mit einer Kollektorschaltung läßt sich eine Spannungsverstärkung erzielen, die kleiner als 1 ist. Die Stromverstärkung ist aber beträchtlich höher, und deshalb werden Kollektorschaltungen zur **Stromverstärkung** eingesetzt.

Außerdem besitzt die Kollektorschaltung einen sehr hohen Widerstand am Eingang der Schaltung, aber nur einen geringen am Ausgang. Mit einer solchen Schaltung können Verstärkerstufen mit einem hohen Ausgangswiderstand an solche mit niedrigem Ausgangswiderstand angepaßt werden.

STUFE FÜR STUFE VERSTÄRKT

Einen kräftigen Sound erreicht man nicht mit einem Verstärker, der aus nur einem Transistor besteht. Um eine größere Verstärkung zu erzielen, schaltet man meistens mehrere Stufen hintereinander. Das vom ersten Transistor verstärkte Signal wird vom zweiten erneut verstärkt und dann der dritten Stufe zugeführt usw. In der Verstärkertechnik versteht man unter einem Signal eine Wechselspannung, wie sie z.B. von



81

einem Mikrofon oder von einem Plattenspieler kommt. Die Schaltung 81 ist ein **zweistufiger Verstärker**.

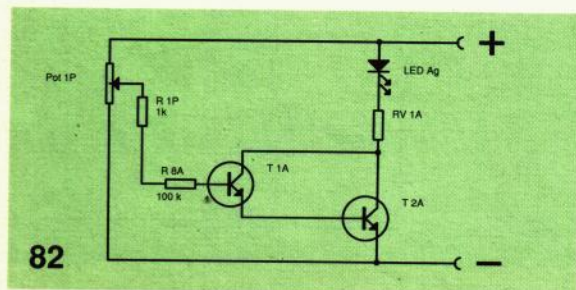
Eine geringe Drehung des Potiknopfes erzielt eine große Helligkeitsänderung. Die LED leuchtet. Sie geht aber aus, wenn das Poti voll aufgedreht wird. Stellst du zurück, geht sie wieder an.

Wenn das Poti unten steht, dann ist der Transistor T 1A gesperrt, und es fließt kein Kollektorstrom. Jetzt erhält die Basis des Transistors T 2A über den Widerstand R 9A eine positive Basissspannung, und es fließt ein Basisstrom. T 2A ist durchgeschaltet, und die LED leuchtet. Ab einer bestimmten Stellung des Potis ist die positive Basissspannung am Transistor T 1A aber so groß, daß dieser Transistor durchschaltet. Dann liegt an der Basis des Transistors T 2A 0 V. Zwischen dem Minuspol und der Basis liegt nämlich nur noch der durchgeschaltete Transistor T 1A, zum Pluspol aber der Widerstand R 9A mit 10 k Ω . Der Transistor T 2A sperrt, und die LED erlischt.

DARLINGTON VERSTÄRKT

Eine besonders hohe Stromverstärkung erreicht man mit einer **Darlington-Schaltung** (82).

Ähnlich wie bei dem vorigen Versuch leuchtet die LED plötzlich, wenn das Poti verstellt wird. Eine geringfügige Änderung der Schleiferstellung reicht aus, um die LED ein- oder auszuschalten.



Ein Darlington-Verstärker besteht aus zwei Transistorstufen. Der Emitter des einen ist direkt mit der Basis des zweiten verbunden. Wenn die erste Stufe durchgeschaltet, fließt durch die Emitter-Kollektor-Strecke ein Strom. Dieser Emitter-Strom ist gleichzeitig der Basis-

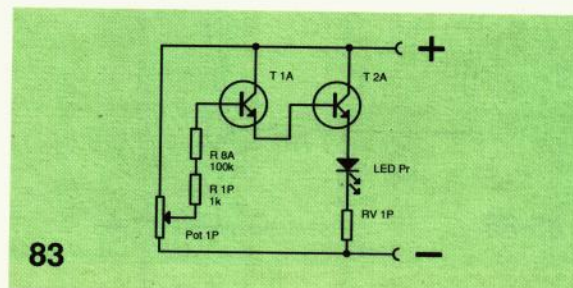
strom des zweiten Transistors, und deshalb schaltet er auch durch. Nun leuchtet die LED. Einen Darlington-Verstärker hast du schon im Experiment 32 gebraucht. Er sollte dort geringe Helligkeitsschwankungen so weit verstärken, daß die LED dadurch gesteuert werden konnte. Auch die Zeitschaltuhr 33 enthielt einen Darlington-Verstärker.

DIMMER - AUCH ALS AUTOMATEN

Dimmer, mit denen die Helligkeit einer Lampe gesteuert werden kann, sind heute auch in Wohnräumen weit verbreitet, während sie früher nur in Kinos und Theatern zu sehen waren.

Mit den folgenden Experimenten lernst du verschiedene Schaltungen kennen, einen Dimmer aufzubauen. Das Experiment 83 enthält einen Dimmer mit einer Darlington-Schaltung.

Durch geringes Drehen des Potiknopfes ändert sich die Helligkeit der LED im Pult stark. Das Poti legt den Basisstrom des Transistors T 1A fest, der mit dem Transistor T 2A einen Darlington-Verstärker bildet. Ein sehr kleiner Strom an der Basis von T 1A ruft einen starken Strom im Emittierkreis von T 2A hervor, in dem die LED liegt. Damit zeigt sich wieder die Eigenart des Darlington-Verstärkers, mit kleinen Basisströmen am Eingang der Schaltung einen großen Strom am Ausgang der Schaltung zu steuern. Die Stromverstärkung ist also groß.



Um den Unterschied zwischen einem Darlington-Verstärker und einem einstufigen Verstärker zu erkennen, baue die Schaltung 84 auf.

82

A 1 - A 25
A 4 - A 29
A 8 - P 9
A 12 - A 30
A 13 - A 16
A 18 - P 10
A 14 - P 11

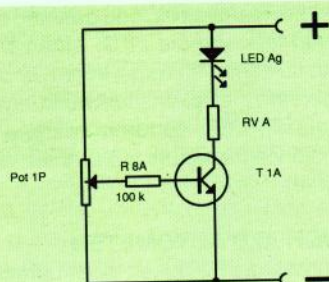
83

A 1 - A 26
A 5 - A 29
A 13 - P 1
A 15 - A 30
A 17 - P 2
P 9 - A 8
P 10 - A 16
P 11 - A 14

84

A 1 - A 16
A 12 - A 5
A 14 - P 11
A 17 - P 10
A 8 - P 9

84



Im Gegensatz zum vorigen Experiment mußt du bei dieser Schaltung viel stärker das Poti verstellen, um die LED ganz auszusteuern.

Das Poti stellt einen Spannungsteiler dar, über den der Basisstrom des Transistors eingestellt wird. Solange eine positive Spannung an der Basis liegt, kann ein Kollektorstrom fließen. Die LED leuchtet in Abhängigkeit von der Potistellung unterschiedlich hell. Beträgt die Spannung aber 0 V, leuchtet die LED nicht, weil dann kein Basisstrom mehr fließt.

Ein lichtabhängiger Dimmer ist ein starkes Gerät! Nichts muß mehr von Hand geregelt werden. Das geschieht im Experiment 85 ganz von allein. Eine solche Schaltung verwendet man z.B., wenn die Anzei-

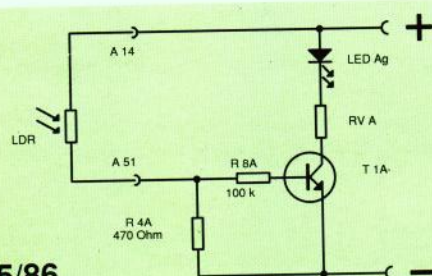
85

A 1 - A 16
A 12 - A 5
A 8 - A 52
A 53 - A 45
A 35 - A 17
A 14 - LDR
A 51 - LDR

87

A 1 - A 16
A 12 - A 5
A 8 - A 51
A 39 - A 53
A 49 - A 18
A 14 - A 33
A 43 - A 52

85/86



ge eines Kontrollinstruments bei Dunkelheit nur schwach leuchten, bei Tageslicht aber besser zu sehen sein soll.

Ist der LDR völlig abgedunkelt, gelangt 0 V über den Widerstand R 4A auf die Basis des Transistors, und er sperrt. Das ändert sich erst, wenn der Widerstandswert

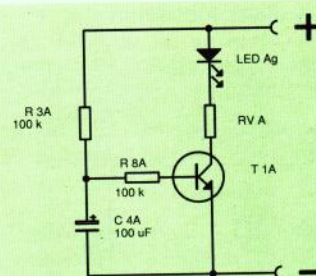
des LDR bei größerer Helligkeit abnimmt. Dann fällt am Spannungsteiler aus dem LDR und R 4A eine mit der Helligkeit ansteigende Spannung ab, es fließt ein Basisstrom und damit auch ein Kollektorstrom. Je größer er ist, desto heller leuchtet die LED.

Ab einer bestimmten Umgebungshelligkeit reagiert die Schaltung 85 nicht mehr auf Abstufungen. Denn der Kollektorstrom steigt nicht mehr an, und deshalb ändert sich die Helligkeit der LED auch nicht mehr. Das kann man ändern, indem der Wert des Widerstands R 4A vergrößert wird auf 10 k Ω . Mit wenigen Handgriffen ist das für die Schaltung 86 erledigt: Die Anschlüsse A 53 werden mit A 44 und A 17 mit A 34 verbunden. Selbst wenn es nun sehr hell im Raum ist, macht sich eine Änderung der Beleuchtung an der LED noch durch Helligkeitsschwankungen bemerkbar.

Wie wäre es mit einem Dimmerautomaten? Eine Vorstufe dazu findest du in der Schaltung 87.

Nach dem Einschalten der Betriebsspannung lädt sich der Kondensator über den Widerstand R 3A langsam auf. Mit zunehmender Ladung des Kondensators steigt die Spannung an der Basis des Transistors, und es fließt ein Basisstrom. Der wiederum ruft einen ansteigenden Kollektorstrom nach sich, und deshalb leuchtet die LED immer heller. Ist der Kondensator geladen, ändert sich die Helligkeit der LED nicht mehr.

87



Vor einer erneuten Aufladung des Kondensators muß er entladen werden. Das geschieht, indem der Anschluß A 53 herausgezogen und kurz an A 17 getippt wird. Nachdem die Verbindung nach A 39 wiederhergestellt ist, beginnt das Dimmen von vorn.

Wahrscheinlich gelingt es dir schon, Schaltungsvarianten selbst zu erfinden. Diese Schaltung könnte so abgewandelt werden, daß das Aufblenden und das Abblenden schneller geschehen. Fällt dir eine Lösung dazu ein? Sieh doch sonst einmal im Versuch 39 nach. Das Entladen des Kondensators läßt sich eleganter vornehmen, indem der Taster mit einem Widerstand parallel dazu geschaltet wird, wie das in der Schaltung **88** vorgesehen ist.

Zusätzlich zu den Verbindungen aus Versuch 87:

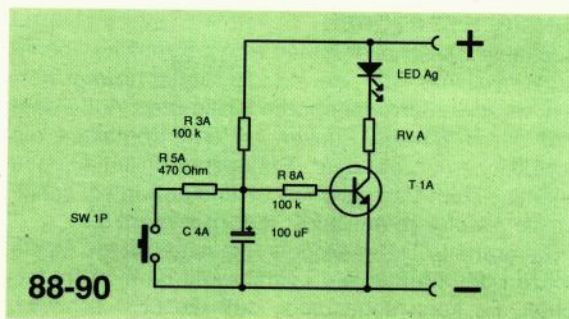
A 54 - A 35

A 19 - P 4

A 45 - P 3

Beim Einschalten lädt sich der Kondensator wieder auf. Er entlädt sich aber auf Tastendruck augenblicklich, und die LED geht sofort aus. Dieses Laden und Entladen läßt sich jetzt bequem wiederholen.

Mit der Schaltung **89** verlangsamt sich das Entladen des Kondensators, so daß die LED langsam eingeblendet und auch langsam ausgeblendet wird. Mit kleinen Abwandlungen der vorigen Schaltung ist das zu



erreichen: A 54 ist mit A 34 und P 3 mit A 44 zu verbinden.

Mit jedem Tastendruck erfolgt eine langsame Entladung, und beim Loslassen wird die LED allmählich heller. Mit einem kleineren Kondensator lassen sich die Vorgänge aus dem vorigen Versuch beschleunigen. Im Experiment **90** kannst du den Kondensator $100\ \mu\text{F}$ gegen den mit $47\ \mu\text{F}$ austauschen. Dazu sind nur die Anschlüsse von A 52 nach A 38 und von A 18 nach A 48 zu verlegen. Jetzt laufen das Einblenden und das Ausblenden erheblich schneller ab.

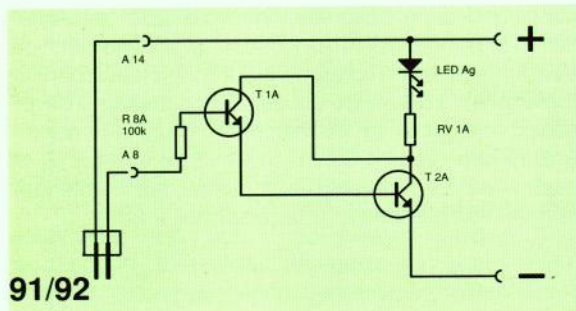
91

A 13 - A 16
A 26 - A 1
A 4 - A 29
A 12 - A 30
A 14 - M.L.*
A 8 - M.L.*

SENSIBLE SENSOREN

Mechanische Schalter haben eine begrenzte Lebensdauer, weil ihre Teile, die ständig wieder bewegt werden, verschleiben oder abbrechen können. Außerdem wird durch winzige Funken an den Kontakten die Schaltsicherheit geringer. **Sensortasten** unterliegen einem solchen Verschleiß nicht, und außerdem schalten sie absolut geräuschlos. **Experiment 91**

Die grüne LED des Moduls A leuchtet, wenn du die Spitzen des Meßfühlers Leitfähigkeit ganz leicht berührst. Es kann sogar sein, daß die LED schwach glimmt, sobald du nur die Isolierung des Anschlußkabels des Meßfühlers berührst.



Der Meßfühler Leitfähigkeit besteht aus zwei gegeneinander isolierten Metallelektroden mit einem Anschlußkabel. Beim gleichzeitigen Berühren der beiden Elektroden mit dem Finger wird der Abstand durch den Hautwiderstand überbrückt, und es fließt ein kleiner Strom. Der ist sehr gering, denn die Haut leitet schlecht und stellt einen großen Widerstand dar. Trotzdem ist der Strom groß genug, um den ersten Transistor des Darlington-Verstärkers durchzuschalten, und damit leitet auch der zweite. Die LED in seinem Emitterstromkreis leuchtet. Aus dieser Schaltung kann man erkennen, wie hoch die Stromverstärkung einer Darlington-Schaltung ist. Der Aufbau dieses Versuchs läßt sich auch für andere Zwecke verwenden.

Experiment 92.

Ein **Füllstandsmelder** verhindert, daß es beim Befüllen von Fässern und Tanks zum Überlaufen kommt. Der Meßfühler muß dazu in das Gefäß getaucht wer-

den, das gefüllt werden soll. Wenn das Wasser den Fühler erreicht, warnt die dann aufleuchtende LED.

Mit der Schaltung aus Versuch 92 kannst du auch die Leitfähigkeit von Blumenerde prüfen. Ist die Erde zu trocken, wird die LED nicht leuchten, wenn du den Meßfühler in den Blumentopf steckst. Dann wird es höchste Zeit, die Blume zu gießen. Übrigens kannst du den Fühler auch einmal in ein Stück einer Kartoffel oder eines Apfels stecken. Jedes Mal wird die LED aufleuchten, weil durch die Feuchtigkeit eine leitende Verbindung zwischen den Elektroden hergestellt wird.

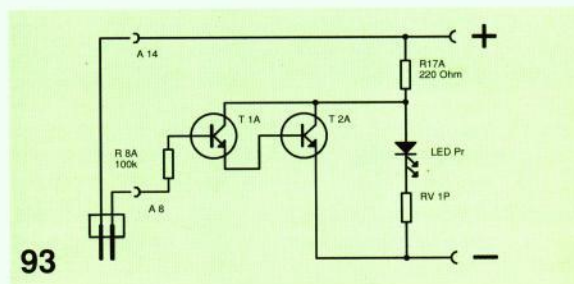
ÜBERLAUFEN GIBT ES NICHT

Tanks für Heizöl müssen einen **Füllstandsmelder** haben. Das heißt, daß die Pumpe des Tankwagens automatisch abgeschaltet wird, wenn die maximal zulässige Füllhöhe im Tank erreicht ist. Dadurch wird verhindert, daß es durch überlaufendes Öl zu Umweltverschmutzungen kommt. Über ein Anschlußkabel ist der Tankwagen beim Befüllen mit dem Meßfühler der Tankanlage verbunden. Eine Pumpe fördert das Öl aus dem Tankwagen, und bei gefülltem Tank wird sie ausgeschaltet.

Experiment 93.

Dieser Füllbegrenzer funktioniert im Prinzip wie die Sensoren aus den vorigen Experimenten, die Wirkung ist nur umgekehrt. Du tauchst den Meßfühler in ein Wasserglas und läßt langsam Wasser einlaufen. Sobald das Wasser den Fühler erreicht hat, geht die LED aus.

Taucht der Meßfühler nicht ins Wasser, sperrt der Transistor T 2A, und durch die rote LED im Pult fließt Strom. Der sehr kleine Strom durch das Wasser oder Öl zwischen den Elektroden des Meßfühlers fließt in



*Meßfühler
Leitfähigkeit

die Basis des Transistors T1A und läßt beide Transistoren der Darlington-Schaltung leitend werden. Der geringe Widerstand des durchgeschalteten Transistors T 2A auf der Kollektor-Emitter-Strecke überbrückt die LED mit dem Vorwiderstand, und deshalb erlischt sie.

Maschinen können heiß laufen und dadurch zerstört werden, wenn Kühlflüssigkeit fehlt. Der Aufbau des vorigen Experiments bietet auch eine Möglichkeit, den Stand des Kühlmittels automatisch zu überwachen.

ELEKTRONISCHES RELAIS

Wie wäre es mit einem elektronischen Relais?

Experiment 94.

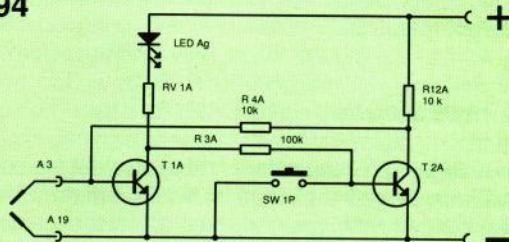
Beim Einschalten der Betriebsspannung leuchtet die LED, evtl. auch erst nach Druck auf den Taster im Pult. Sie kann nur gelöscht werden, wenn eine Verbindung zwischen A 3 und A 19 hergestellt wird. Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet ist, fließt durch den Transistor T 1A Strom. Die LED an seinem Kollektor leuchtet. Verbindet man A 3 mit A 19, wird die Basis von T 1A an Minus gelegt, und er sperrt. Die Spannung am Kollektor von T 1A steigt fast auf die Betriebsspannung an, und über den Widerstand R 3A erhält der Transistor T 2A einen Basisstrom. Er leitet, und die Spannung an seinem Kollektor fällt ab. Über den Widerstand R 4A gelangt keine Spannung an die Basis des Transistors T 1A, und er bleibt gesperrt.

Wird die Basis des Transistors T 2A durch Drücken des Tasters mit dem Minuspol verbunden, sperrt dieser Transistor. Die Spannung am Kollektor erhöht sich schlagartig, und der Transistor T 1A bekommt über den Widerstand R 4A einen Basisstrom. Er schaltet durch, und die LED leuchtet wieder.

Beim Einschalten muß übrigens nicht unbedingt die LED leuchten. Es kann nicht vorhergesagt werden, welcher der beiden Transistoren zuerst sperrt und welcher durchschaltet.

Durch eine kleine Änderung des Schaltungsaufbaus läßt sich erreichen, daß beim Einschalten der Betriebsspannung immer derselbe Eingangszustand erreicht wird. Die Schaltung 95 bringt diesen Aufbau.

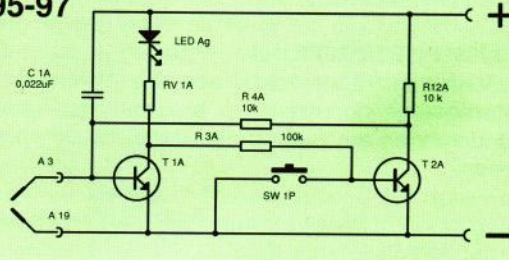
94



95.

A 3 - muß gegen A 19 getippt werden

95-97



Sowie du den Strom einschaltest, leuchtet die grüne LED auf. Das wird dadurch erreicht, daß der Kondensator C 1A zwischen die Basis des Transistors T 1A und den Pluspol der Batterie geschaltet wurde. Der ungeladene Kondensator wird beim Einschalten geladen, und darum gelangt ein kurzer Stromimpuls auf die Basis des Transistors T 1A. Ist der Kondensator geladen, fließt zwar kein Strom mehr, der Transistor bleibt aber durchgeschaltet. Im übrigen funktioniert die Schaltung wie im letzten Experiment. Die Kapazität des Kondensators ist so klein, daß er sich beim Ausschalten sofort entlädt und ein wiederholtes Ein- und Ausschalten möglich ist.

Der Versuch 96 ist ein Wechsellichtschalter. Die beiden LED werden wechselweise mit dem Taster und einer Drahtbrücke umgeschaltet. Es sind nur geringfügige Änderungen gegenüber dem letzten Experiment

94

A 1 - A 16
A 2 - A 34
A 4 - A 12
A 5 - A 33
A 13 - A 17
A 14 - A 28
A 26 - A 43
A 18 - P 3
A 25 - P 4
A 29 - A 44

95

A 1 - A 16
A 2 - A 59
A 4 - A 12
A 5 - A 33
A 13 - A 17
A 14 - A 28
A 15 - A 36
A 18 - P 3
A 25 - P 4
A 26 - A 43
A 29 - A 44
A 34 - A 60
A 46 - A 58

98

vorzunehmen. Die übrige Verdrahtung entspricht der des Experiments 95.

96. A 14 - P 1
A 14 - A 28 entfernen A 30 - P 2

Beim Anlegen der Betriebsspannung leuchtet eine der LED. Wenn die grüne LED an ist, wird sie durch Überbrücken der Anschlüsse A 3 und A 19 ausgeschaltet. Gleichzeitig geht die rote LED im Pult an. Das Umschalten auf die grüne LED erfolgt mit dem Taster.

Der Aufbau dieses Versuchs entspricht weitgehend dem der vorigen Schaltungen. Es wurde nur zusätzlich die rote LED in den Emitter-Kollektor-Stromkreis des Transistors T 2A geschaltet. Leitet der Transistor T 1A, leuchtet die grüne LED. Ist T 2A durchgeschaltet, leuchtet die rote LED.

MIT LICHT GETROFFEN

Die Schaltung 97 kannst du als eine elektronische **Trefferanzeige** benutzen. Du brauchst nur wenige Veränderungen am Aufbau des Versuchs 96 vorzunehmen.

97. A 3 - LDR
A 3 - entfernen A 19 - LDR

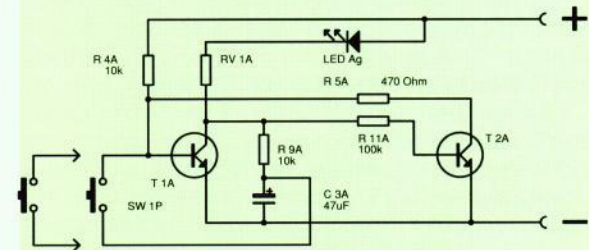
Die grüne LED zeigt die Betriebsbereitschaft an. So wie ein starker Lichtstrahl auf den LDR fällt, leuchtet die rote LED auf, und die grüne geht aus. Falls du mit einer Taschenlampe auf den LDR "schießen" willst, zeigt dir die rote LED die Treffer an. Du mußt allerdings nach jedem Treffer mit dem Taster umschalten. In dieser Schaltung wurde die Drahtbrücke zwischen A 3 und A 19 durch den LDR ersetzt. Bei Lichteinfall verringert er seinen Widerstandswert soweit, daß der Transistor T 1A am Minuspol der Batterie liegt und deshalb sperrt. Damit wird automatisch T 2A durchgeschaltet, und die rote LED leuchtet auf.

EIN TASTER - FÜR EIN UND AUS

Ein **Ein-Aus Taster** - was ist denn das? Baue doch mal die Schaltung 98 auf und probiere aus, was sich dahinter verbirgt.

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet wird, leuchtet die LED zunächst nicht. Nun solltest du munter "drauflostasten". Du wirst schon sehen, was passiert. Ein und derselbe Taster schaltet die LED ein und aus. Das ist natürlich komfortabler als das elektronische Relais im Versuch 94. Leitet der Transistor T 2A, leuchtet die LED. Über seine Emitter-Kollektor-Strecke gelangt eine negative Spannung an die Basis des Transistors T 1A, und deshalb schaltet er nicht durch. Beim Drücken des Tasters gelangt ein Impuls vom Pluspol des Kondensators C 3A auf die Basis von T 1A. Er schaltet durch, und der Transistor T 2A sperrt. Denn nun gelangt negative Spannung über die Kollektor-Emitter-Strecke von T 1A über R 11A auf die Basis des Transistors T 2A. Der Transistor T 1A leitet auch dann weiter, wenn der Taster nicht mehr gedrückt ist, weil die Basis über den Widerstand R 4A eine Basis-Spannung erhält. Drückt man den Taster erneut, wird durch den Ladestrom des Kondensators der Strom zur Basis des Transistors T 1A gesperrt, und die LED erlischt.

98/99



Bei Wechselschaltungen im Haushalt werden Lampen mit mechanischen Schaltern von zwei Stellen ein- und ausgeschaltet werden. Sollen Lampen, wie z. B. in Treppenhäusern, von mehr als zwei Stellen geschaltet werden, dann benötigt man elektrische Hilfen, sogenannte Schaltrelais. Eleganter läßt sich das mit elek-

tronischen Schaltern lösen. Um diese zu erproben, ist der Aufbau des letzten Versuchs ein wenig abzuwandeln.

99. A 3 - Tastleitung
A 6 - A 58 entfernen A 55 - Tastleitung
A 6 - A 56 A 57 - A 58

Mit dem Taster im Pult läßt sich die LED schalten, ebenso wie durch Verbinden der beiden Tastleitungen. Es ließen sich noch weitere "Taster" parallel zu diesen beiden einsetzen. Die Schaltung funktioniert wie im letzten Experiment beschrieben.

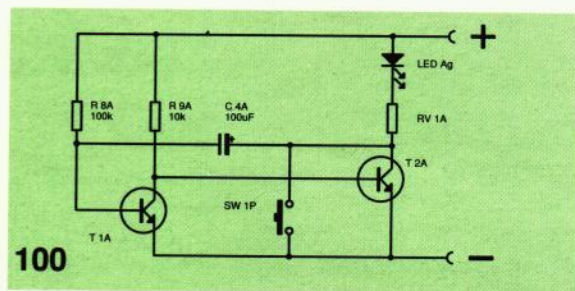
SCHWINGUNGEN - WIE BREMST MAN SIE?

Multivibratoren werden in vielen elektronischen Einrichtungen angewendet. Übersetzt heißt das Wort "Vielfachschwinger", und was es mit diesen Schaltungen auf sich hat, soll in den nächsten Experimenten erläutert werden.

MONOFLOP

Als erstes wollen wir uns den **monostabilen Multivibrator** im Experiment 100 ansehen. Die Besonderheit dieser Schaltung liegt darin, daß z.B. eine LED mit einem Taster eingeschaltet werden kann, sie aber nach einer bestimmten Zeit automatisch wieder ausgeht. Diesen Vorgang beschreibt schon der Name der Schaltung: Nur **ein** Zustand ist stabil, nämlich der, in dem die LED ausgeschaltet ist. Mono kommt aus der griechischen Sprache und heißt eins.

Nach der Fertigstellung gelangt eine positive Spannung über R 9A auf die Basis des Transistors T 1A. Es



100

fließt ein Strom durch die Basis, und er leitet. Da die Basisspannung des Transistors T 2A vom Kollektor T 1A abgenommen wird, sperrt der Transistor T 2A. Die grüne LED leuchtet nicht. Mit dem Taster überbrückt man den Transistor T 2A, und die LED leuchtet auf. Der Pluspol des geladenen Kondensators wird gleichzeitig durch die Taste mit Minus verbunden. Damit stellt sich beim Minuspol des Kondensators relativ zu seinem Pluspol eine negative Spannung ein, durch die der Transistor T 1A gesperrt wird. Am Kollektor von T 1A wird nun die positive Spannung für die Basis des Transistors T2A abgenommen, so daß er durchschaltet, und die LED weiterleuchtet.

Bei geöffnetem Taster entlädt sich der Kondensator über den Widerstand R 8A, die LED und RV 1A, bis sich an der Basis des Transistors T 1A ein positiver Spannungswert einstellt. Wenn diese Spannung groß genug ist, daß ein Strom fließt und der Transistor T 1A durchschaltet, gelangt wieder negative Spannung an die Basis des Transistors T 2A, und der sperrt. Die LED ist ausgeschaltet.

101.

Mit einem kleineren Kondensator C 4A kann die Leuchtdauer der LED verkürzt werden. In Abwandlung des vorigen Experiments ist der Anschluß A 2 dazu mit A 48 und A 52 mit A 38 zu verbinden. Die übrige Verdrahtung bleibt erhalten. Wenn dann der Taster gedrückt wird, leuchtet die LED nur etwa halb so lange wie beim Experiment 100.

Auch durch Veränderung des Werts des Widerstands R 8A kann die Leuchtdauer der Leuchtdiode vergrößert werden.

Experiment 102.

Durch den Entladewiderstand, der jetzt einen Wert von 220 kΩ hat, verlängert sich die Leuchtdauer der LED auf etwa 20 Sekunden.

103.

Die 40 Sekunden, die die LED im Versuch 103 leuchtet, reichen schon fast für die Beleuchtung in einem Treppenhaus aus. Um das zu erreichen, sind, ausgehend von der vorhergehenden Verdrahtung, nur die Anschlüsse von A 8 mit A 31 und A 14 mit A 41 zu verbinden.

100

- A 1 - A 16
A 2 - A 49
A 4 - A 25
A 8 - A 14
A 12 - A 29
A 13 - A 17
A 15 - A 6
A 39 - A 52
A 18 - P 3
A 30 - A 51
A 53 - P 4

102

- A 1 - A 16
A 2 - A 49
A 4 - A 25
A 8 - A 32
A 12 - A 29
A 13 - A 17
A 15 - A 6
A 39 - A 52
A 18 - P 3
A 30 - A 51
A 53 - P 4
A 14 - A 42

104

- A 1 - A 16
- A 2 - A 49
- A 4 - A 25
- A 14 - A 34
- A 12 - A 29
- A 13 - A 17
- A 15 - A 6
- A 39 - A 52
- A 18 - P 3
- A 30 - A 51
- A 53 - P 4
- A 44 - P 10
- A 3 - P 9

BELICHTUNG GESTEUERT

In Fotolabors werden an den Vergrößerungsgeräten Schaltuhren für die Belichtungszeiten verwendet. Da unterschiedlich helle Negative auch eine verschiedene Belichtungszeit des Fotopapiers notwendig machen, muß für jedes Bild die Belichtungszeit eingestellt werden. Ein Druck auf den Taster genügt, und die Fotolampe wird eingeschaltet. Nach der vorher eingestellten Zeit geht sie wieder aus. Das Prinzip eines solchen Geräts läßt sich mit der Schaltung 104 darstellen.

Wenn du die Betriebsspannung eingeschaltet hast, wird mit dem Taster die "Fotolampe" eingeschaltet. Die Belichtungszeit stellst du mit dem Poti ein. Du kannst immer wieder drücken, um neu auszulösen.

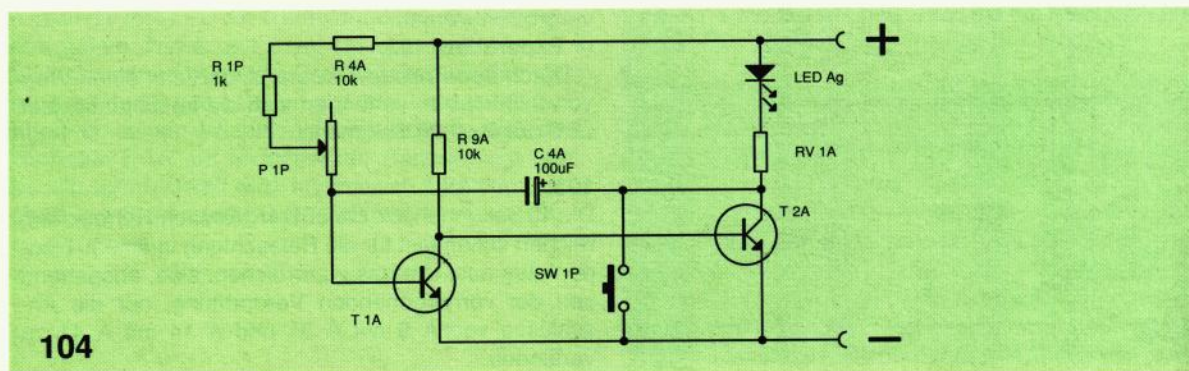
Mit dem Poti läßt sich der Entladewiderstand für den Kondensator C 4A stufenlos verändern, und damit kann die Leuchtdauer der LED auch stufenlos geregelt werden. Je nach Stellung des Potis leuchtet die LED von einer bis vier Sekunden.

Noch eleganter ist die Zeitschaltuhr konstruiert, wenn sie die Belichtungszeit in Abhängigkeit von der Helligkeit des Negativs automatisch regelt. Das bedeutet, daß ein helles Negativ kurz und ein dunkles länger belichtet wird. Eine solche Lösung läßt sich erreichen, wenn das Poti aus dem letzten Experiment durch den LDR ersetzt wird.

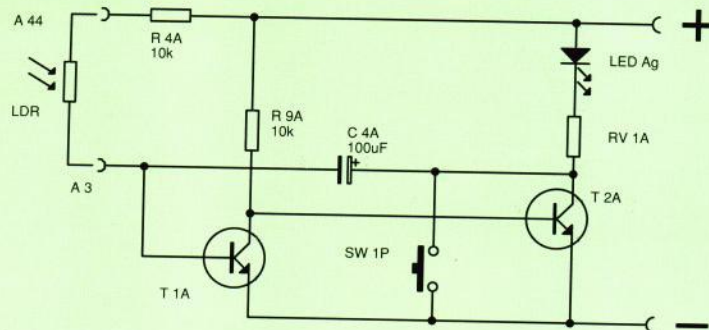


Belichtungsschaltuhr

Abb.33



104



105

105.

Die Verdrahtung des vorigen Experiments muß so abgeändert werden, daß der LDR an Stelle des Potis an den Anschlüssen A 4 und A 3 angeschlossen wird. Durch Abdunkeln des LDR läßt sich die unterschiedliche Helligkeit der Negative simulieren. Dann leuchtet die LED verschieden lange, wenn sie mit dem Taster ausgelöst wurde.

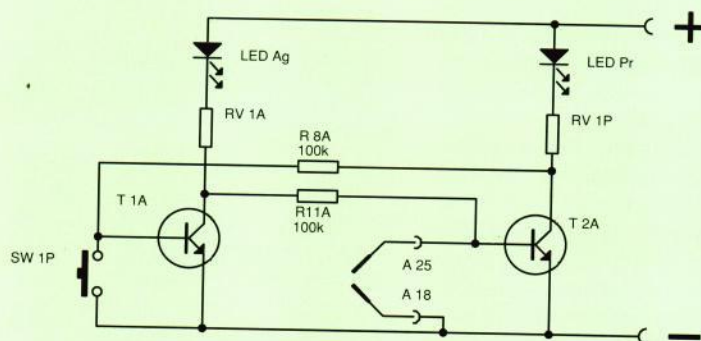
FLIP - FLOP

Neben dem monostabilen Multivibrator, mit dem du in den letzten Versuchen experimentiert hast, gibt es auch noch einen **bistabilen Multivibrator**. Er wird auch **Flip-Flop** genannt. Dieser Multivibrator hat zwei (bi) stabile Zustände. Die Grundsaltung eines Flip-Flops läßt sich mit dem Versuch 106 aufbauen.

A 19 - Tastleitung an A 25

Es ist ungewiß, ob die grüne LED auf dem Modul A oder die rote im Pult leuchtet. Leuchtet die grüne, dann wird mit dem Taster auf die rote umgeschaltet. Die Tastleitung von A 25 nach A 19 wird benötigt, um die grüne LED einzuschalten. Bistabil heißt hier also, daß die eine LED solange leuchtet, bis auf die andere umgeschaltet wird. Jeder Zustand bleibt erhalten, solange du es willst.

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet wird, fließt durch den Transistor T 1A ein Strom. Die LED an seinem Kollektor leuchtet. Drückst du den Taster, wird die Basis von T 1A an Minus gelegt, und er sperrt. Die Spannung am Kollektor von T 1A steigt fast auf die Betriebsspannung an, und über den Widerstand R 3A erhält der Transistor T 2A eine Basisspannung. Es fließt ein Strom, er leitet, und die rote LED leuchtet jetzt. Die Spannung an seinem Kollektor fällt fast auf 0 V ab. Über den Widerstand R 3A gelangt keine ausreichend



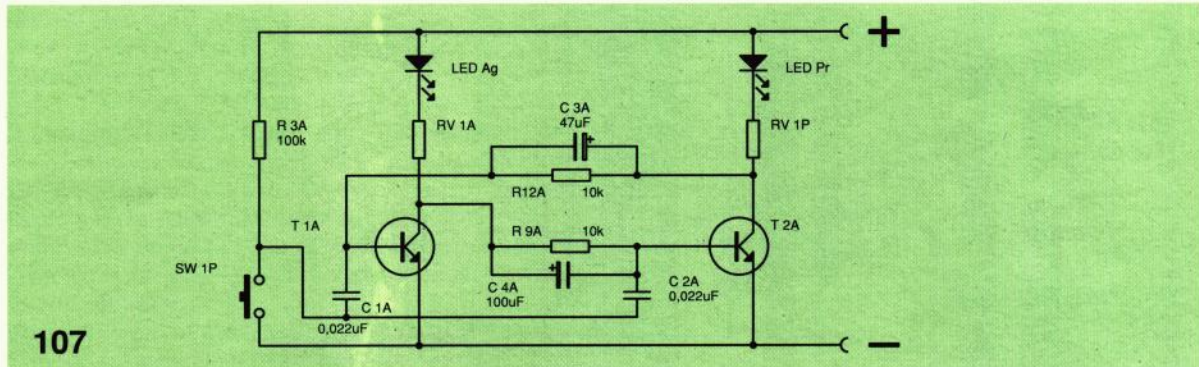
106

106

A 1	- A 16
A 4	- A 27
A 5	- A 12
A 8	- A 29
A 13	- A 17
P 1	- A 14
P 2	- A 30
P 3	- A 2
P 4	- A 18

107

A 1	- A 16
A 2	- A 55
A 3	- A 48
A 4	- A 39
A 5	- A 12
A 6	- A 59
A 13	- A 17
A 14	- A 43
A 25	- A 58
A 26	- A 49
A 28	- A 56
A 29	- A 38
A 33	- A 53
A 36	- A 51
A 37	- A 52
A 46	- A 57
A 47	- A 60
P 1	- A 15
P 2	- A 30
P 3	- A 18
P 4	- A 54



positive Spannung an die Basis des Transistors T 1A, und er bleibt gesperrt. Wird die Basis des Transistors T 2A durch die Verbindung A 19 - A 25 mit dem Minuspol verbunden, sperrt dieser Transistor. Die Spannung am Kollektor erhöht sich schlagartig, und der Transistor T 1A bekommt über den Widerstand R 4A eine Basissspannung. Durch den Basisstrom schaltet er durch, und die grüne LED leuchtet wieder.

Technisch eleganter kann das Flip-Flop nach der Schaltung 107 aufgebaut werden. Der Unterschied zum letzten Experiment besteht darin, daß mit nur einem Taster im Pult zwischen den beiden LED umgeschaltet werden kann.

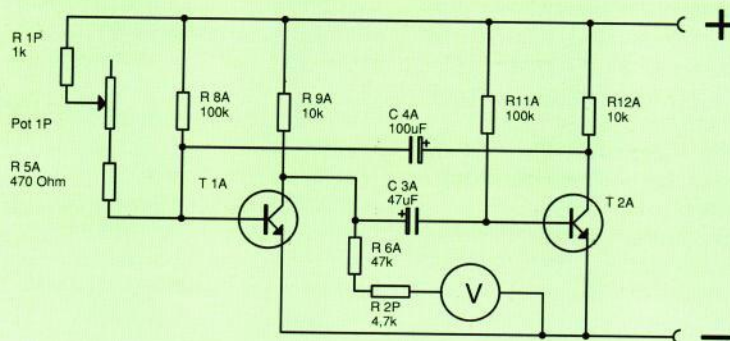
Eine der beiden LED leuchtet. Nimmt man an, die grüne LED leuchtet, dann muß der Transistor T 1A leiten und T 2A sperren. Die Basis des Transistors T 1A bekommt den Steuerstrom über die rote LED und den Widerstand R 12A. Die beiden Kondensatoren C 1A und C 4A sind über den Widerstand R 3A aufgeladen. Beim Drücken des Tasters wird jeweils ein Pol der Kondensatoren mit dem Minuspol der Stromquelle verbunden. An den gegenüberliegenden Polen entstehen negative Impulse.

Der vom Kondensator C 1A ausgehende negative Impuls entzieht der Basis des Transistors T 1A den Steuerstrom, und dieser Transistor sperrt. Der Elko vom Kollektor des Transistors T 1A zur Basis des Transistors T 2A lädt sich auf, und T 2A erhält einen Basisstrom: *Er schaltet durch, und die rote LED leuchtet auf.* Der Elko C 3A zwischen dem Kollektor des Transistors T 2A und der Basis von T 1A entlädt sich.

Bei einem erneuten Tastendruck wird der umgekehrte Vorgang eingeleitet. Ein bistabiler Multivibrator hält also den einen Zustand, bis durch einen Impuls der andere Zustand erzwungen wird.

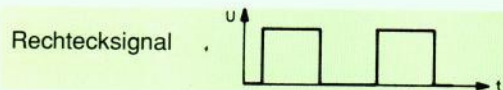
108

108

**VÖLLIG INSTABIL**

Die dritte Transistorgrundsaltung ist der **astabile Multivibrator**. Eine Schaltung mit einem solchen astabilen Multivibrator ist das Experiment 108. Hier siehst du, welche Spannungen an den Transistoren auftreten. Am Transistor T1A zeigt das Spannungsmeßgerät die Spannung zwischen dem Kollektor und dem Emitter an.

Da diese Schaltung keine LED enthält, ist das Meßinstrument die einzige Anzeige: Der Zeiger des Spannungsmessers schlägt mit großer Gleichmäßigkeit aus und pendelt wieder zurück. Er zeigt im Wechsel Spannung oder keine Spannung an. Ein astabiler Multivibrator hat **keinen stabilen Zustand**, sondern die beiden Transistoren schalten sich im Wechsel gegenseitig ein und aus. Wenn du die Spannung, die zwischen dem Emitter und dem Kollektor vom Instrument angezeigt wird, in Abhängigkeit von der Zeit grafisch darstellst, dann ergibt sich folgendes Bild:



Die Spannung U ist bei dieser Darstellung auf der senkrechten y-Achse des Koordinatensystems eingetragen, die Zeit t wird auf der waagerechten x-Achse angegeben. Du erkennst, daß die Spannung zu einer bestimmten Zeit von 0 V schlagartig auf 9 V ansteigt. Bei dieser Spannung bleibt es, und nach einer bestimmten Zeit fällt die Spannung wieder auf 0 V

ab. Durch dieses Ansteigen und Abfallen der Spannung entsteht ein Verlauf, den man als **Rechteckspannung** bezeichnet. Es ist zu bedenken, daß zwischen dem Emitter und Kollektor 0 V zu messen sind, wenn er durchgeschaltet ist. Bei gesperrtem Transistor mißt du praktisch die gesamte Betriebsspannung.

Mit der LED und dem Spannungsmesser lassen sich mit dieser Schaltung 109 die Spannungsverläufe an den beiden Transistoren eines astabilen Multivibrators aufzeigen.

109.

A 28 - A 57 entfernen A 12 - A 30

Bei dieser Schaltung blinkt die LED, und im gleichen Rhythmus schlägt der Zeiger des Spannungsmessers aus.

An beiden Transistoren treten Rechteckspannungen auf, wie du aus dem schlagartigen Ansteigen und Abfallen der Spannung erkennen kannst. Allerdings darfst du dich nicht täuschen lassen: Die volle Spannung am Transistor T1A bedeutet 0 V am Transistor T2A. Das mag verwirren, weil ja beide Anzeigen gleichzeitig erfolgen, aber du mußt dir eines verdeutlichen: Die LED **leuchtet**, wenn der Transistor T2A **leitet**. Dann ist die Spannung an seinem Kollektor fast 0 V. Wenn gleichzeitig das Meßinstrument **aus-schlägt**, dann ist der Transistor T1A **gesperrt**. Du weißt ja: Nur am gesperrten Transistor fällt eine hohe Spannung ab. Du erkennst an diesem Versuch, daß

A 1	- A 16
A 2	- A 49
A 3	- A 35
A 4	- A 38
A 5	- A 9
A 6	- A 14
A 8	- A 53
A 10	- P 8
A 13	- A 17
A 15	- A 51
A 18	- P 7
A 26	- A 48
A 27	- A 52
A 28	- A 57
A 29	- A 39
A 45	- P 9
A 54	- A 55
A 56	- P 11

110

A 1 - A 16
 A 2 - A 49
 A 3 - A 35
 A 4 - A 38
 A 5 - P 5
 A 8 - A 52
 A 12 - A 30
 A 13 - A 17
 A 15 - A 51
 A 26 - A 48
 A 27 - A 53
 A 29 - A 39
 A 45 - P 9
 A 54 - A 55
 A 14 - P 6
 A 56 - P 11
 A 25 - A 44
 A 57 - A 34

sich die beiden Transistoren in einem astabilen Multivibrator gegenseitig ein- und ausschalten. Die Anzahl dieser Wechsel bezeichnet man als **Frequenz**. Wird die LED in einer Sekunde z.B. achtmal ein- und ausgeschaltet, dann sagt man, die Blinkfrequenz beträgt 8 Hertz. Das **Hertz** - abgekürzt **Hz** - ist die Maßeinheit für die Frequenz. Benannt wurde sie nach dem Physiker **Heinrich Hertz**.

Wie die Schaltvorgänge in einem astabilen Multivibrator erzeugt werden, sollst du nach dem nächsten Versuch erfahren. **Experiment 110.**

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet ist, blinkt die grüne LED, und bei jedem Ein- und Ausschalten ist ein leises Knacken aus dem Lautsprecher zu hören. Die Blinkfrequenz läßt sich mit dem Poti im Pult stufenlos verändern.

Nach dem Einschalten leitet einer der beiden Transistoren, der andere ist gesperrt. Angenommen, T 2A leitet, dann leuchtet die LED. An der Basis des Transistors T 1A steigt die Spannung an, weil sich der Kondensator C 4A über R 9A auflädt. Schließlich leitet der Transistor T 1A. Der Elko C 3A vom Kollektor T 1A zur Basis von T 2A liegt über der Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors am Minuspol der Batterie. Damit wird der Basis des Transistors T 2A der Steuerstrom genommen. Er sperrt, und die LED geht aus. Über den Widerstand R 11A wird die Ladung des Kondensators C 3A ausgeglichen. Ist ein ausreichend großer positiver Spannungswert erreicht, leitet wieder T 2A. Der Basis von T 1A wird über den Elko C 4A der Steuerstrom entzogen, so daß er sperrt. Jeder Schaltvorgang

am Transistor T 1A macht sich mit einem Knacken im Lautsprecher bemerkbar.

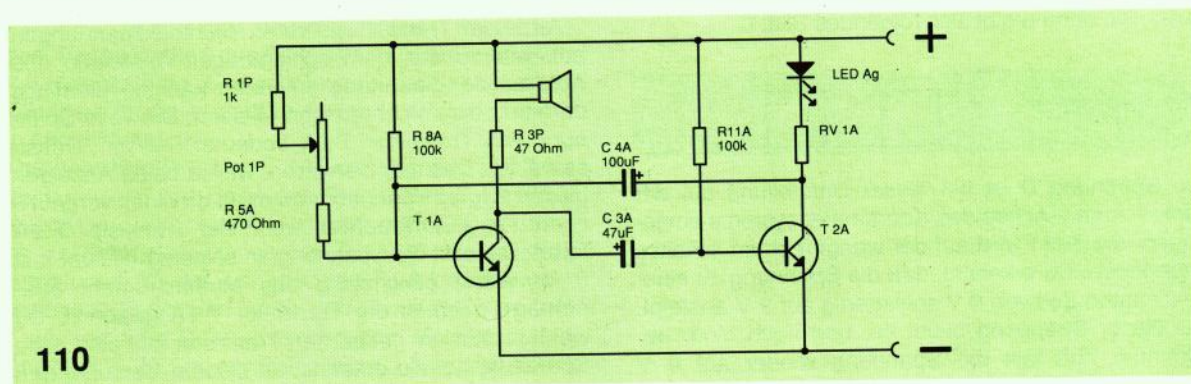
111.

Das Geräusch aus dem vorigen Experiment kann mit einem Verstärker, der dem astabilen Multivibrator nachgeschaltet wird, beträchtlich verstärkt werden. Nur wenige Anschlüsse sind zu verändern. Der Lautsprecher (Anschlüsse P 5 und P 6) ist an den Anschlüssen A 18 und A 24 anzuschließen. A 5 - A 21 und A 6 - A 14 werden verbunden. Zusätzlich stellst du noch eine Verbindung von A 20 nach A 22 her.

AUS- UND WIEDER EINSCHALTEN

112.

Anstelle des Potis, das die Blinkfrequenz stufenlos verändert, läßt sich die Frequenz auch über den LDR beeinflussen. An die beiden Anschlüsse A 45 und A 56 wird anstelle des Potis der LDR angeschlossen. Mit zunehmendem Lichteinfall auf den LDR ändert sich die Blinkfrequenz der LED und die Frequenz des Knackens aus dem Lautsprecher. Beim Austauschen des Elkos, der eine relativ große Kapazität hat, gegen einen mit kleinerer Kapazität, ist die Frequenz höher.



110

117

A 1 - A 16
 A 2 - A 49
 A 3 - A 35
 A 4 - A 38
 A 8 - A 52
 A 12 - A 30
 A 13 - A 17
 A 15 - A 51
 A 26 - A 48
 A 27 - A 53
 A 29 - A 39
 A 45 - P 9
 A 54 - A 55
 A 56 - P 11
 P 1 - A 14
 P 2 - A 5

Die Blinkanlage in Autos enthält eine Kontrolleuchte. Angenommen, die grüne LED sei die Kontrolleuchte, dann blinkt sie im Wechsel mit den eigentlichen Blinkleuchten. Eine solche Schaltung wird im Experiment 116 beschrieben.

116. A 1 - A 54
 A 6 - A 14 entfernen A 2 - A 5

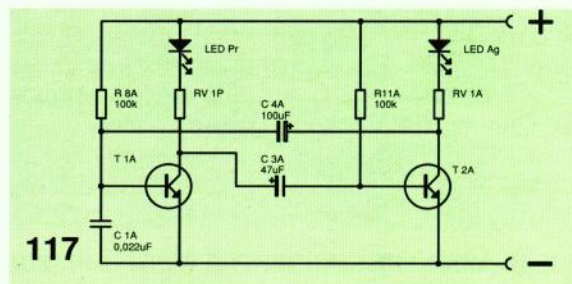
Die übrige Verdrahtung entspricht der im Experiment 115. Sowie die Batteriespannung eingeschaltet ist, blinken die beiden LED im Wechsel.

Wenn bei einer Blinkleuchte die Leuchtphase und die Dunkelphase gleich lang sind, dann sagt man, das **Tastverhältnis** ist 1 : 1. Das Tastverhältnis kann mit dem folgenden Experiment geändert werden.

Experiment 117.

Durch die Veränderung der Reihenschaltung R 1P, Poti 1P und R 5A verkürzt du die Leuchtdauer der grünen LED, und dadurch erhöht sich die Leuchtdauer der roten LED. Das wird dadurch erreicht, daß die Entladezeit des Elkos C 4A durch das Poti, das parallel zum Widerstand R 8A liegt, verändert werden kann.

Mit einem anderen Wert für den Widerstand von R 11A kann die Leuchtdauer der roten LED verringert werden. Ein Widerstand von 10 k Ω wird parallel dazu geschaltet. Das erhöht die Frequenz der Blinkschaltung.



Tastverhältnis kann zusätzlich mit dem Poti verändert werden. Folgende Erweiterungen sind an der Verdrahtung des vorigen Experiments vorzunehmen:

A 25 - A 44 A 57 - A 34

TÖNE - LAUTSTARK ERZEUT

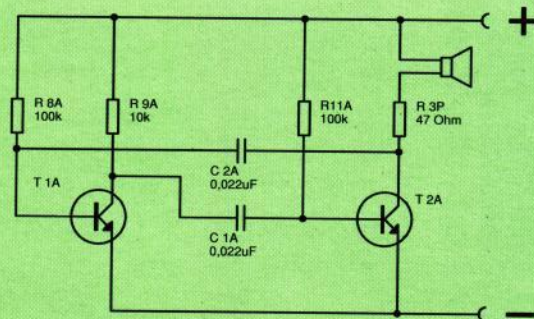
Astabile Multivibratoren sind schon recht vielseitig einsetzbar. Sie eignen sich nicht nur für Blinkschaltungen, sondern auch in Tongeneratoren können sie eingesetzt werden. In der Schaltung 110 hast du zusätzlich zum Blinken der LED im Lautsprecher ein Knacken gehört. Das Geräusch würdest du sicherlich nicht als Ton bezeichnen. Es sind aber nur kleine Veränderungen an einer solchen Schaltung vorzunehmen, und schon lassen sich Töne damit erzeugen.

Experiment 118.

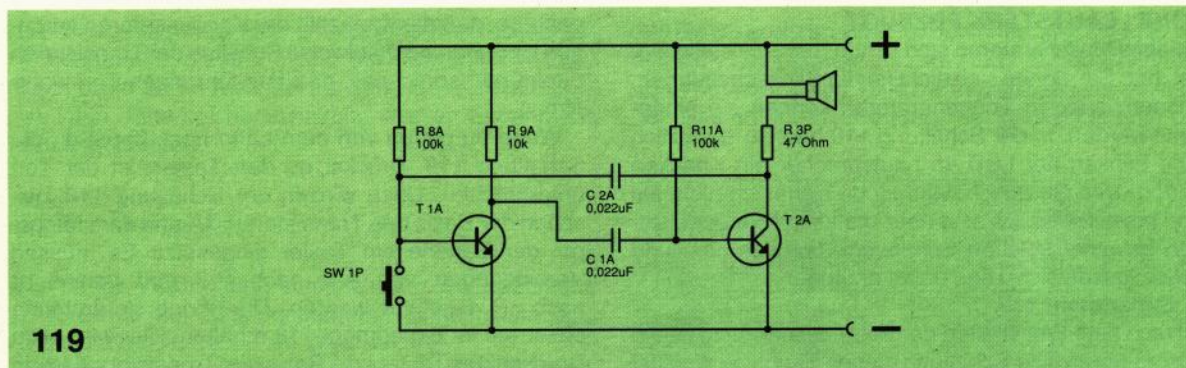
Nach dem Einschalten der Betriebsspannung ist ein Ton zu hören. Die Schaltung dieses Tongenerators ist wieder ein astabiler Multivibrator, dessen Frequenz so hoch ist, daß die Schaltvorgänge nicht mehr einzeln wahrnehmbar sind. Diese hohe Frequenz erreicht man

dadurch, daß die Kapazität der Kondensatoren verringert wird. Das wechselweise Schalten der Transistoren erfolgt nun so schnell, daß das Ohr einen Ton wahrnimmt.

Wenn du genug von dem Lärm hast, baust du die Schaltung 119. Drückst du den Taster, ist der Ton unterbrochen. Dazu wird in der Schaltung 118 zwischen der Basis des Transistors T 1A und dem Minuspol der Batterie ein Taster eingesetzt. Es müssen Verbindungen von A 3 nach P 3 und von A 18 nach P 4 geführt werden. Die übrige Verdrahtung bleibt wie im Experiment 118 erhalten. Hier wird beim Drücken des Tasters die Basis des Transistors T 1A an Minus gelegt, und darum kann der astabile Multivibrator nicht mehr schwingen.

118

118

A 1	- A 16
A 2	- A 37
A 4	- A 36
A 6	- A 52
A 8	- A 14
A 13	- A 17
A 15	- A 51
A 25	- A 46
A 27	- A 53
A 29	- A 47
A 30	- P 5
A 54	- P 6



Mit dem Aufbau aus dem Experiment 119 kannst du dir einen einfachen Signalgeber aufbauen. Anstelle des Tasters wird eine Drahtverbindung von der Basis des Transistors T 1A zum Minuspol geführt. Wenn dieser Draht unterbrochen ist, ertönt ein schriller Ton aus dem Lautsprecher. Nach diesem Prinzip sind einfache Alarmanlagen aufgebaut, mit denen Türen und Fenster gesichert werden können. Ein dünner Draht, der über die Tür an einer Kante geklebt ist, reißt, wenn z.B. die Tür geöffnet wird. Durch das Unterbrechen der Verbindung wird die Anlage "scharf", und der Lautsprecher strahlt einen Warnton ab (s. Experiment 188).

Wenn du die Schaltung 119 etwas abwandelst, erhältst du ein Morseübungsgerät.

QAM: --- --

Diese Zeichen sagen den meisten Menschen nichts, auch wenn sie sie schon viele Male gehört haben. Die Wetterkarte der Tagesschau der ARD wird immer damit abgeschlossen. In der Sprache der Funker bedeuten diese drei Buchstaben "Letzte Wettermeldung", und sie sind eine international festgelegte Abkürzung. In früheren Zeiten hatten solche Morsesignale eine viel größere Bedeutung als heute, da die meisten Meldungen im Sprechfunkverkehr durchgegeben werden. In der Anfangszeit der Nachrichtenübermittlung durch Funk aber waren die **Morsezeichen** die einzige Möglichkeit, Nachrichten über weite Entfernung zu übertra-

Morsealphabet

A .-	I ..	Q ---	Y ---	3 ----
B	J .---	R .-	Z ---	4 ----
C ----	K --	S ...	Ä .---	5
D ---	L	T -	CH ----	6 ----
E .	M --	U .-	Ö ----	7 ----
F	N --	V ...	Ü .---	8 ----
G ---	O ---	W .-	1 .----	9 ----
H	P .---	X ----	2 .----	0 ----
Punkt .----	Irrtum	SOS .----		

gen. Mit den im Morsealphabet festgelegten Zeichen für Buchstaben und Ziffern können geübte Funker Nachrichten sehr schnell übermitteln. Laien dagegen empfinden diese Funkzeichen meistens als nichtssagende Pieptöne.

120.

Entferne A 13 - A 17 und stelle Verbindungen vom Taster im Pult (P 3 und P 4) nach A 13 und A 17 her. Mit jedem Druck auf die Taste ertönt ein Signal. Ein "Punkt" im Morsealphabet wird durch einen kurzen Ton wiedergegeben, ein "Strich" durch einen längeren Ton. Um ein geübter Funker zu werden, mußt du allerdings tüchtig üben.

Tongeneratoren, die nur einen festen Ton von sich geben, kennst du inzwischen. Mehr Spaß an einer

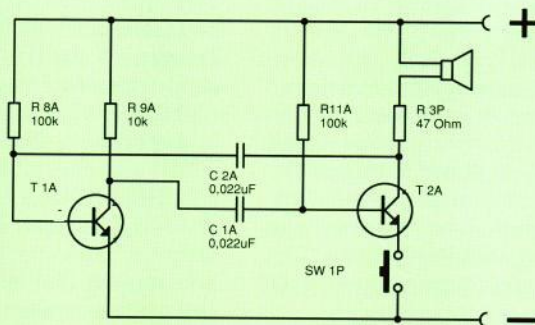
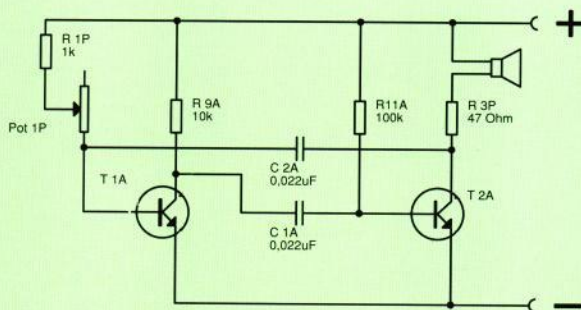
solchen Schaltung hast du bestimmt, wenn sich die Frequenz nach Wunsch höher oder tiefer einstellen läßt.

Mit dem Poti im Pult kannst du herrlich jaulende Töne erzeugen, aber natürlich auch einfach nur Dauertöne verschiedener Höhe.

Die Entladung des Kondensators C 2A verläuft schneller oder langsamer, je nachdem, wie groß der eingestellte Wert des Potis ist, und entsprechend ändert sich die Tonfrequenz.

Experiment 121.

An dieser Schaltung kannst du erkennen, daß die Tonhöhe von der Zahl der Schaltvorgänge abhängt. Schwingt der astabile Multivibrator schneller, ist der Ton höher, umgekehrt ist der Ton tiefer.

120**121****121**

A 1	- A 16
A 2	- A 37
A 4	- A 36
A 6	- A 52
A 8	- P 11
A 13	- A 17
A 14	- P 9
A 15	- A 51
A 25	- A 46
A 27	- A 53
A 29	- A 47
A 30	- P 5
A 54	- P 6

122.

Wenn der Widerstand R 8A aus der Schaltung 121 herausgenommen wird, läßt sich die Tonhöhe in weitem Bereich verändern. Dazu muß P 11 mit A 3 verbunden werden.

Wenn der Schleifer des Potis kurz vor der unteren Endstellung ist, hört der Ton dieses Tongenerators plötzlich auf. Der Multivibrator schwingt dann nicht mehr. Der Widerstand zwischen der Basis und dem Pluspol ist dann so klein, daß der Transistor T 1A ständig leitet. Damit ist das wechselweise Durchschalten der Transistoren unterbunden, und der Tongenerator arbeitet nicht mehr.

Eine "Lichtorgel" kannst du nach der Schaltung 123 aufbauen. Dazu sind im vorigen Aufbau kleine Veränderungen vorzunehmen:

123.	A 14 - LDR
A 14 - P 9 entfernen	A 44 - LDR
A 3 - P 11 entfernen	A 34 - A 3

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet wird, ist ein Ton zu hören. Bei hellem Licht hörst du einen hohen Ton, bei wenig Licht ist er tief. Durch unterschiedliches Abdunkeln lassen sich mit dieser Schaltung sogar Melodien spielen, wenn du ein bißchen übst. Der Tonbereich der Lichtorgel läßt sich begrenzen. Dazu muß das Poti mit dem LDR in Reihe geschaltet werden. Das erreichst du, wenn du die vorige Schaltung wie folgt abwandelst:

125

A 1	- A 16
A 2	- A 37
A 3	- P 9
A 4	- A 36
A 6	- A 53
A 8	- A 56
A 13	- A 17
A 14	- A 60
A 25	- A 46
A 27	- A 52
A 29	- A 47
A 30	- P 6
A 54	- P 5
A 55	- P 3
A 59	- P 4
A 15	- P 12
A 51	- P 13
P 14	- P 11

124.

LDR von A 44 nach A 60 umstecken
A 3 von A 34 nach A 55 umstecken

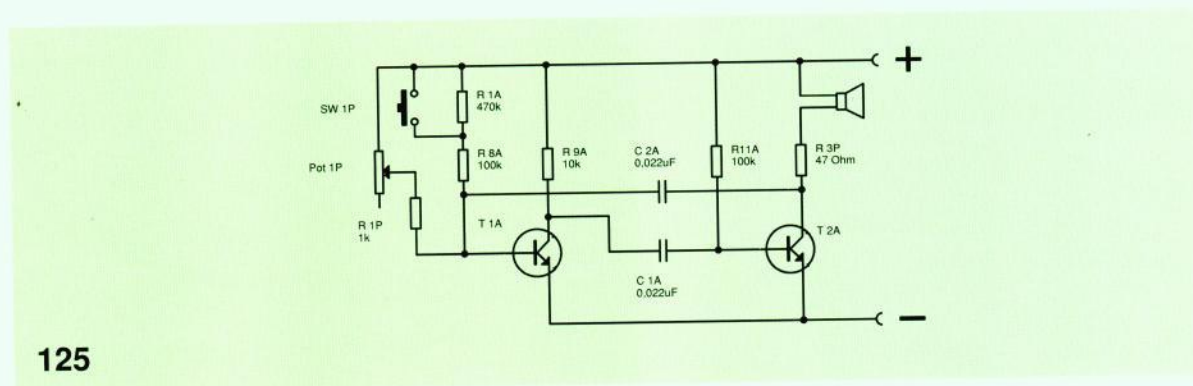
WIE EIN POLIZEIWAAGEN

Die erste Schaltung in diesem Anleitungsbuch Modul-Electronic ist ein Martinshorn, dessen Grundton sich durch Veränderung des Basiswiderstands von T 1A verändern läßt. Ein kleiner Widerstandswert ergibt einen höheren Grundton, ein größerer Widerstandswert ließ den Grundton tiefer werden. Wenn du anstelle eines Festwiderstands das Poti an die Basis des Transistors T 1A schaltest, kannst du den Grundton stufenlos verändern. Am Ende des Regelbereichs des Potis kann der Ton plötzlich abreißen.

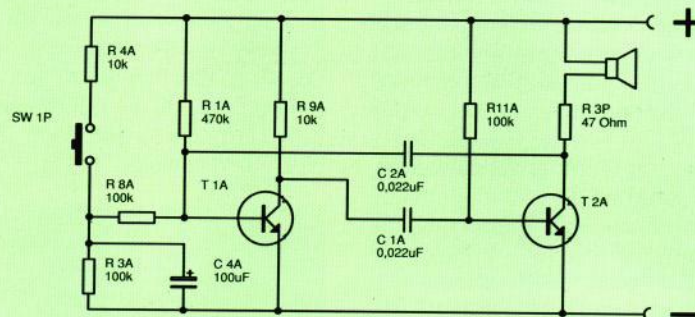
Die Schaltung dieses stufenlos einstellbaren Martinshorns entspricht den Generatorschaltungen der vorigen Versuche. Als Basiswiderstand für den Transistor T 1A dient das Poti, und dadurch kann die Frequenz des Generators stufenlos verändert werden. Mit dem Taster wird der Basiswiderstand am Transistor T 1A durch Überbrücken von R 1A plötzlich verkleinert, so daß sich die Tonhöhe schlagartig ändert.

Experiment 125.**FEUERSIRENE**

Hast du Lust, eine Feuersirene zu bauen? Sie kann übrigens nicht nur Feueralarm geben, sondern alle anderen mit Sirenen erzeugten Warnzeichen lassen sich auch darstellen.



126



126

Nachdem die Betriebsspannung eingeschaltet ist, strahlt der Lautsprecher einen gleichbleibenden Ton ab. Durch Drücken des Tasters steigt die Tonhöhe allmählich an, beim Loslassen des Tasters wird der Ton langsam tiefer.

Diese gleitende Veränderung der Tonhöhe wird dadurch erreicht, daß beim Drücken des Tasters der Kondensator C 4A aufgeladen wird. Je mehr er geladen ist, desto höher ist die Spannung an der Basis des Transistors T 1A. Der Strom durch die Basis nimmt zu, und der Ton wird höher. Beim Loslassen des Tasters entlädt sich der Kondensator C 4A über den Transistor T 1A. Mit abnehmender Ladung wird der Ton tiefer.

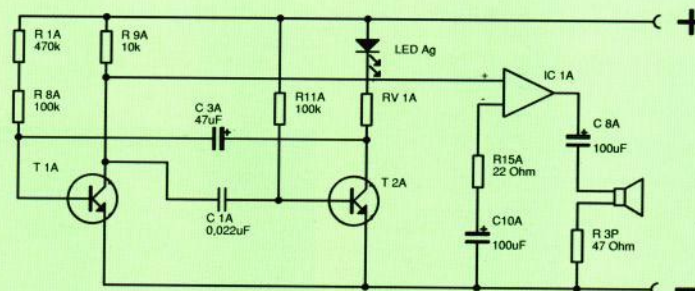
☞ Experiment 126.

DER TAKT IST WICHTIG

Wer ein Musikinstrument spielt, weiß, wie schwer es ist, den Takt zu halten. Anfänger benutzen als Hilfsmittel häufig ein **Metronom**. In den Noten der Übungsstücke sind Angaben, wie das Metronom eingestellt werden soll. Wenn man sich an den Takt des Metronoms hält, dann kann man sicher sein, daß das Stück in dem Tempo gespielt wird, wie der Komponist es vorgesehen hat. Mit der Schaltung 127 läßt sich ein Metronom bauen.

Das Metronom beginnt gleich nach dem Einschalten der Betriebsspannung zu arbeiten. Aus dem Lautsprecher ertönt ein regelmäßiges Knacken, und die rote LED blinkt. Die Frequenz beträgt etwa ein Hertz (1 Hz). Das bedeutet, die LED blinkt etwa einmal in der Sekunde, und auch der Lautsprecher knackt einmal.

127



127

- | | |
|------|--------|
| A 1 | - A 16 |
| A 2 | - A 48 |
| A 4 | - A 36 |
| A 5 | - A 21 |
| A 6 | - A 14 |
| A 8 | - A 31 |
| A 12 | - A 30 |
| A 13 | - A 17 |
| A 15 | - A 51 |

Fortsetzung
nächste Seite

(noch 127)

A 18 - P 5
 A 20 - A 22
 A 21 - A 56
 A 24 - P 6
 A 26 - A 46
 A 27 - A 52
 A 29 - A 38
 A 53 - A 41
 A 54 - P 1
 A 55 - P 2
 A 57 - A 5

Wenn du die Frequenz erhöhen willst, mußt du im Experiment 128 anstelle des 470 k Ω Widerstands solche mit kleinerem Wert einsetzen. Das erreichst du, wenn du A 8 mit A 32 und A 53 mit A 42 oder A 8 mit A 33 und A 53 mit A 43 oder A 8 mit A 34 und A 53 mit A 44 verbindest.

Je kleiner der eingeschaltete Widerstandswert ist, desto höher ist die Frequenz des Metronoms.

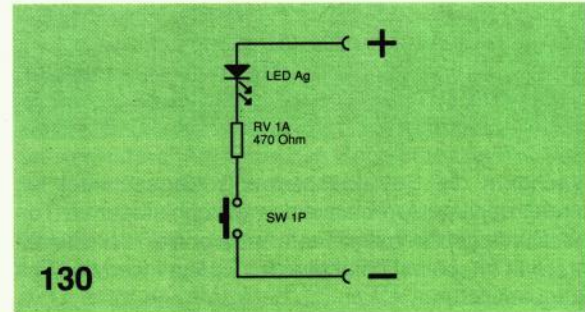
Das Metronom besteht aus einem Tongenerator mit niedriger Frequenz, wie du ihn aus den vorhergehenden Versuchen kennst. Ein Verstärker ist nachgeschaltet, und dadurch wird die Lautstärke erheblich größer.

DIGITAL - MODERNER GEHT ES NICHT

Spielte die **Digitaltechnik** früher nur in wenigen Bereichen der Technik eine größere Rolle, so greift sie jetzt auch immer stärker in das tägliche Leben des "Nicht-technikers" ein. Die bekanntesten digitalen Geräte sind wohl der Taschenrechner und die Digitaluhr, die z.B. als Quarzuhr in großen Stückzahlen produziert wird. Auch der CD-Player oder, ganz neu, der DAT-Recorder, sind Geräte der Digitaltechnik. Anwendungsgebiete der Digitaltechnik findet man im Bereich der Meßtechnik, der Steuer- und Regeltechnik und in der Datenverarbeitung. Diese Gebiete sind dem Laien meistens weniger bekannt, obwohl gerade hier der Schwerpunkt der Anwendung liegt. Der Begriff **digital** leitet sich von dem lateinischen Wort Digitus ab und bedeutet Finger (mit dem man zählt). Die Kennzeichen der Digitaltechnik und der Analogtechnik lassen sich am besten an den nächsten Beispielen erklären.

Im Experiment 129 befindet sich die Leuchtdiode mit einem Widerstand und dem Potentiometer in einem Stromkreis. Die Helligkeit der LED kann stufenlos ein-

gestellt werden. Die Leuchtdiode befindet sich hierbei in einer Schaltung, in der die Spannung **analog** zur Stellung des Potis ansteigt und abfällt. Das heißt: Drehst du das Poti ganz nach links, fällt die Spannung am Poti ab, und die LED leuchtet dunkler. Umgekehrt wird sie heller, wenn beim Drehen nach rechts die Spannung ansteigt.



Anders verhält sich die Spannung an der LED im Experiment 130: *Mit dem Tastschalter kann die LED ein- oder ausgeschaltet werden, Zwischenwerte gibt es nicht.* Die LED ist jetzt Teil einer **digitalen** Schaltung. Noch an einigen Beispielen soll der Unterschied zwischen digital und analog verdeutlicht werden: In einem Quecksilberthermometer verändert sich die Länge des Quecksilberfadens in Abhängigkeit von der Temperatur. Man sagt, sie ist dem Temperaturwert analog. Ebenso ändert sich der Zeigerausschlag eines Spannungsmessers analog zur Höhe der angelegten Spannung. Auf dem Tachometer eines Kraftfahrzeugs sind eine analoge und eine digitale Anzeige gleichzeitig sichtbar: *Beim Geschwindigkeitsmesser ist der Zeigerausschlag analog zur gefahrenen Geschwindigkeit.* Das Rollenzählwerk dagegen zeigt die zurückgelegte Strecke digital an.



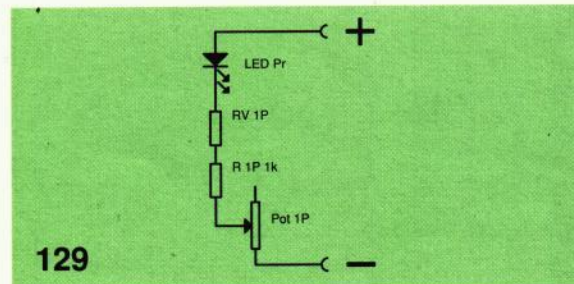
Abb. 34

129

A 14 - P 1
 A 16 - P 11
 P 2 - P 9

130

A 12 - P 3
 A 16 - P 4



Allgemein kann man also sagen: *Alle Zeigerinstrumente, die ein Meßergebnis als Zeigerausschlag auf einer Skala darstellen, sind analoge Meßgeräte. Wird aber ein Ergebnis direkt in Ziffern (ohne Zwischenwerte) angezeigt, so handelt es sich um ein digitales Gerät.* Man spricht übrigens nicht nur dann von einem digitalen Gerät, wenn das Ergebnis durch Ziffern dargestellt, sondern auch, wenn es in Form von digitalen elektrischen Signalen zur Verfügung steht. Diese elektrischen Signale dürfen aber nur in genau definierten Zuständen auftreten, wie du gleich noch erfahren wirst.

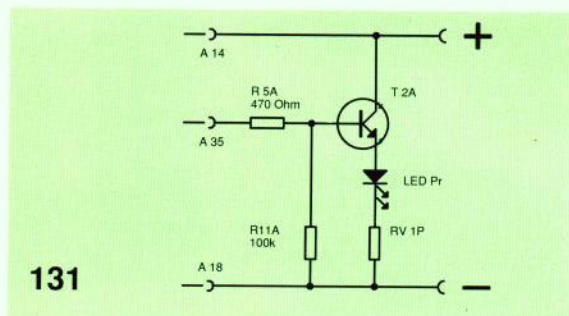
Digitale Schaltungen arbeiten ausschließlich mit den zwei elektrischen Zuständen "Ein" und "Aus". Der Zustand "Aus" wird durch die Ziffer "0" (Null) dargestellt, der Zustand "Ein" mit der Ziffer "1" (Eins). In digitalen elektronischen Schaltungen wird mit diesen Spannungszuständen gearbeitet. Rechteckspannungen, wie du sie bei den Multivibratoren kennengelernt hast, haben ausschließlich die Zustände 0 und 1. Denn dort gibt es nur Spannung oder keine Spannung. Ein Multivibrator hat an seinem Ausgang nur Spannung oder keine Spannung. In **logischen Grundschaltungen** werden Verknüpfungen von digitalen Signalen vorgenommen. Die einfachste logische Grundschaltung ist die **Identität**. ☞ **Experiment 131.**

131. (zuletzt zu stecken)

A 35 - Testeingang
A 14 - Testanschluß +
A 18 - Testanschluß -

Wenn die Drahtbrücke vom Anschluß A 35 an A 14 gelegt wird, leuchtet die LED. Liegt sie an A 18, leuchtet die LED nicht.

Eine Verbindung von A 35 nach A 14 bedeutet eine positive Spannung, für die Basis des Transistors T 2A. Der Schaltzustand am Eingang dieser Schaltung - das ist die Basis - ist dann gleich 1. Das heißt, ein Zustand 1 am Eingang ruft am Ausgang der Schaltung - das ist die LED - auch den Zustand 1 hervor. Anders ausgedrückt: Eine Spannung am Eingang erzeugt auch am Ausgang eine Spannung. Erhält der Eingang keine Spannung, ist auch am Ausgang keine Spannung.



131

Die Verknüpfung eines Eingangssignals mit einem Ausgangssignal, bei der beide den gleichen Schaltzustand haben, nennt man eine logische **Identität** oder **Äquivalenz**. Mit einem Satz kann man diese Funktion wiedergeben: Wenn $A = 0$, dann $Q = 0$. In einer **Funktionstabelle** lassen sich die Zusammenhänge wiedergeben.

A	Q
0	0
1	1

Mit A wird der Eingang angegeben, Q ist der Ausgang.

Der Aufwand für eine solche Identität wie im Experiment 131 ist beträchtlich, um die LED ein- bzw. auszuschalten. Mit einem einfachen Schalter in einem Stromkreis erzielst du das gleiche Ergebnis. Du wirst aber später noch erfahren, daß auch diese Schaltung ihre Bedeutung hat. Das ist die **Schalter**-Schaltung. Eine weitere logische Grundschaltung ist der **Inverter**, den du nach Experiment 132 aufbauen kannst.

132. (zuletzt zu stecken)

A 35 - Testeingang + und -
A 59 - Testanschluß +
A 18 - Testanschluß -

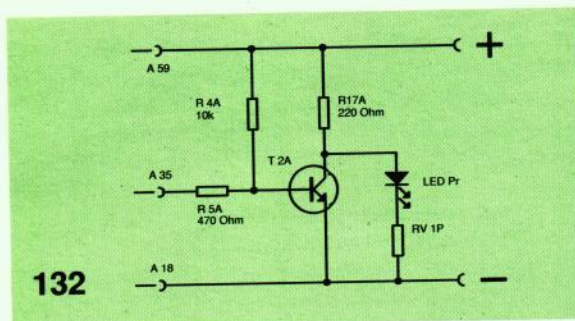
Verbindet man A 35 durch eine Drahtbrücke mit A 59, geht die LED aus. Wird eine Verbindung zwischen A 35 und A 18 hergestellt, dann leuchtet die LED.

131

A 13 - P 1
A 15 - A 30
A 16 - P 2
A 17 - A 27
A 25 - A 45

132

A 13 - A 17
A 14 - A 34
A 15 - A 58
A 25 - A 45
A 26 - A 44
A 30 - A 60
P 1 - A 29
P 2 - A 16



132

Gelangt eine positive Spannung über die Verbindung A 35 - A 53 auf die Basis des Transistors T 2A, dann fließt ein Basisstrom, und der Transistor schaltet durch. Die LED erlischt, weil die Emitter-Kollektor-Strecke die LED praktisch kurzschließt. Bei der Verbindung A 35 - A 18 fließt durch die Basis von T 2A kein Strom. Der Transistor sperrt, und die LED leuchtet. Die Inverterschaltung kann also so geschrieben werden:

A	Q	
0	1	INVERTER
1	0	

Ist der Eingang der Schaltung 0, hat der Ausgang den Zustand 1 und umgekehrt. Die Funktionstabelle dazu gibt diese Zustände ebenfalls wieder.

133

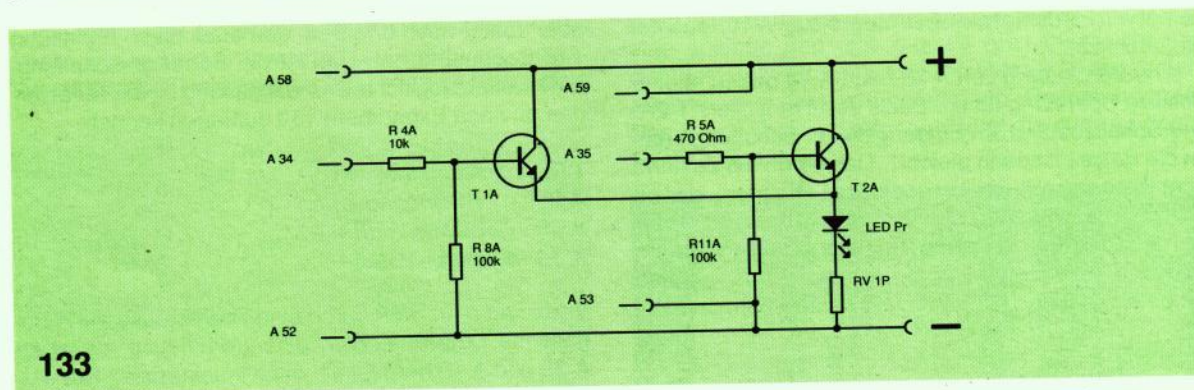
- A 1 - A 55
- A 2 - A 44
- A 4 - A 29
- A 5 - A 15
- A 8 - A 17
- A 13 - A 56
- A 14 - A 60
- A 18 - A 27
- A 26 - A 45
- A 16 - A 51
- P 1 - A 57
- P 2 - A 19

Am Beispiel einer Steueranlage für einen Ölbrenner läßt sich der logische Zusammenhang einer **OR-Verknüpfung** (**ODER-Verknüpfung**) verdeutlichen. Die Anlage besitzt einen Außenthermostaten und einen Kesselthermostaten. Beide nehmen laufend die Temperaturen auf und schalten bei Bedarf den Ölbrenner ein. Der Ölbrenner soll eingeschaltet werden, wenn die Außentemperatur oder die Kesseltemperatur unter den jeweils festgelegten Wert absinkt. Durch den einen **oder** den anderen Eingangszustand kann der Brenner eingeschaltet werden. Diese Verknüpfung wird mit dem Experiment 133 simuliert.

133. (zuletzt zu stecken)

- A 58 - Kontakt + für die Eingänge
- A 59 - Kontakt + für die Eingänge
- A 52 - Kontakt - für die Eingänge
- A 53 - Kontakt - für die Eingänge

Die LED leuchtet, wenn entweder A 34 mit A 58 oder A 35 mit A 59 verbunden ist. Besteht eine Verbindung von A 34 nach A 52 oder A 35 nach A 53, leuchtet die LED nicht. In dieser Schaltung gibt es zwei Eingänge, die den Zustand 0 oder 1 annehmen können. Der eine simuliert die Zustände am Außenthermostaten, der andere die am Kesselthermostaten. Hat der eine **oder** der andere Eingang den Zustand 1 angenommen, führt auch der Ausgang 1. Auch wenn an beiden Eingängen eine Spannung liegt (1), ist der Ausgang 1. In der Funktionstabelle sind die beiden Eingänge mit A und B bezeichnet.



133

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

OR

Das Schaltbild zeigt, daß die LED leuchtet, wenn entweder T 1A oder T 2A durchgeschaltet ist. Eine positive Spannung an der Basis von T 1A - das entspricht dem Zustand 1 - läßt einen Basisstrom fließen und den Transistor leiten. Da die LED am Emitter angeschlossen ist, leuchtet sie. Dann ist auch der Ausgang 1. Eine positive Spannung an der Basis von T 2A läßt die LED aufleuchten, weil dann T 2A durchschaltet.

Eine andere Anwendung für eine ODER-Verknüpfung kennst du sicherlich auch schon. Die Treppenhäusbeleuchtung in Wohnhäusern wird mit einer ODER-Verknüpfung geschaltet. Das bedeutet, daß die Lampen entweder mit dem Schalter im Erdgeschoß **oder** mit dem im 1. **oder** dem im 2. Stock eingeschaltet werden können. Für manche technischen Anwendungen benötigt man eine ODER-Verknüpfung mit einem nachgeschalteten Inverter. Das bedeutet, daß das Ausgangssignal der ODER-Verknüpfung invertiert wird. Diese logische Schaltung nennt man **NOR**-Verknüpfung. Das Experiment 134 stellt eine solche NOR-Verknüpfung dar.

134. (zuletzt zu stecken)

A 34 - Eingang A

A 35 - Eingang B

A 52 - Kontakt - für die Eingänge

A 53 - Kontakt - für die Eingänge

A 58 - Kontakt + für die Eingänge

A 59 - Kontakt + für die Eingänge

Bei dieser NOR-Verknüpfung leuchtet die LED nur dann (Ausgang 1), wenn weder der eine noch der andere Eingang 1 ist. Ist der Eingang A = 1 **oder** der Eingang B = 1, dann ist der Ausgang **nicht** 1.

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

NOR

Erhält die Basis eines Transistors ein 1-Signal, dann liegt die LED über den Widerstand R 16A direkt zwischen dem Plus und dem Minuspol der Batterie. Führt nur eine Basis den Zustand 1, dann überbrückt die betreffende Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors die LED, und sie leuchtet nicht mehr.

Am Beispiel einer Erdgasheizung läßt sich im Versuch 135 eine **AND**-Verknüpfung (UND-Verknüpfung) erläutern. Die Heizungsanlage ist mit Raumthermostaten ausgestattet, und sie besitzt einen Sicherungsfüh-

134

A 1 - A 51

A 2 - A 44

A 5 - A 29

A 8 - A 18

A 13 - A 56

A 14 - A 4

A 15 - A 60

A 17 - A 27

A 19 - A 57

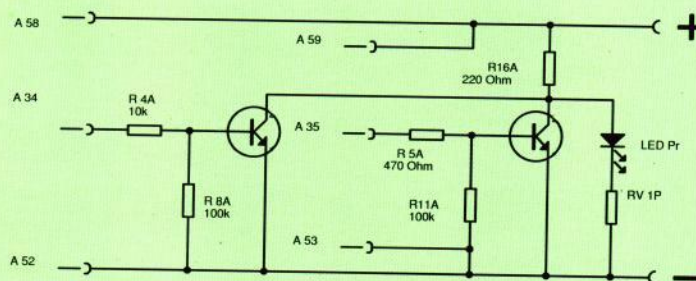
A 26 - A 45

A 54 - A 55

P 1 - A 30

P 2 - A 16

134



135

A 1 - A 29
 A 2 - A 44
 A 4 - A 14
 A 13 - P 1
 A 15 - A 60
 A 16 - P 2
 A 26 - A 43

ler für die Zündflamme des Brenners. Ist der Raumthermostat auf eine Temperatur von 20° C eingestellt, öffnet das Gasventil nur, wenn die Raumtemperatur geringer als 20° C ist, **und** der Sicherungsfühler meldet, daß die Zündflamme brennt.

135. (zuletzt zu stecken)

A 33 - Eingang B
 A 34 - Eingang A
 A 58 - Kontakt + für die Eingänge
 A 59 - Kontakt + für die Eingänge
 A 17 - Kontakt - für die Eingänge
 A 18 - Kontakt - für die Eingänge

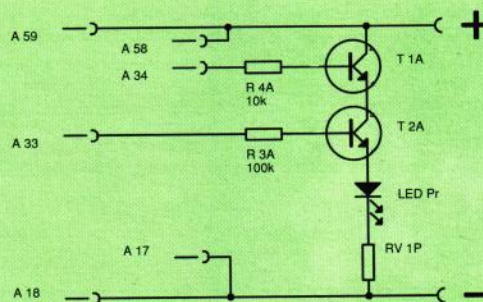
Der Ausgang dieser Schaltung nimmt nur dann den Zustand 1 an - die LED leuchtet -, wenn A 33 und A 34 mit A 58 bzw. A 59 verbunden sind. Dann haben beide Eingänge den Zustand 1. Bei jeder anderen Schaltung führt der Ausgang den Zustand 0.

Die beiden Kollektor-Emitter-Strecken der Transistoren sind in Reihe geschaltet. Das bedeutet, daß die LED nur leuchten kann, wenn beide Transistoren leiten. Dazu muß die Basis jedes Transistors Spannung erhalten. In der Funktionstabelle für die AND-Verknüpfung sind die Zustände an den Eingängen und am Ausgang dargestellt.

A	B	Q
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

AND

135



Aus einer Kombination der AND-Verknüpfung mit einem Inverter entsteht die vierte logische Grundschaltung, die **NAND**-Verknüpfung. Das bedeutet, daß das Ausgangssignal des AND invertiert wird.

136. (zuletzt zu stecken)

- A 34 - Eingang B
- A 35 - Eingang A
- A 52 - Kontakt - für die Eingänge
- A 53 - Kontakt - für die Eingänge
- A 58 - Kontakt + für die Eingänge
- A 59 - Kontakt + für die Eingänge

Die Funktionstabelle der NAND-Verknüpfung zeigt, daß der Ausgang Q nur dann den Zustand 0 annimmt, wenn beide Eingänge 1 sind. Bei jeder anderen Kombination führt der Ausgang ein 1-Signal.

A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND

Ist die Basis von T 2A mit Plus verbunden (A 34 - A 58), leuchtet die LED. Sie leuchtet auch, wenn nur die Basis von T 1A an Plus liegt (A 35 - A 59). Nach der Funktionstabelle ist zu erwarten, daß die LED nicht mehr

leuchtet, wenn sowohl die Basis von T 1A als auch die von T 2A ein 1-Signal erhält.

Du hast bereits eine Reihe von Schaltungen mit Transistoren kennengelernt. Dabei arbeiteten die Transistoren als Verstärker (analog) oder als Schalter (digital). In Verstärkerschaltungen gelangt ein Signal auf den Eingang, und am Ausgang ist es verstärkt wieder abzunehmen. Arbeitet der Transistor als Schalter, läßt ein ausreichender Basisstrom ihn schlagartig durchschalten.

ÜBER DIE SCHWELLE

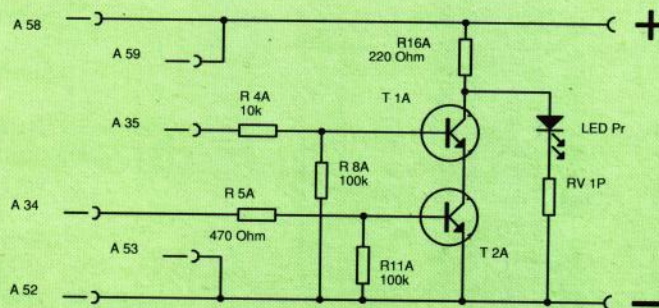
Eine Transistorschaltung, die erst dann umschaltet, wenn die Spannung am Eingang eine bestimmte Höhe erreicht, ist der **Schmitt-Trigger** oder **Schwellwertschalter**. In früheren Zeiten ging bei Anbruch der Dunkelheit der Laternenanzünder durch die Straßen. Er hatte die Aufgabe, die Straßenlaternen anzuzünden.

Und heute? Hast du einmal darauf geachtet, wie abends die Straßenbeleuchtung schlagartig an- und morgens ebenso wieder ausgeht? Für solche Zwecke hat man heute den Schwellwertschalter, und der Laternenanzünder ist arbeitslos.

Drehst du nach dem Einschalten der Betriebsspannung am Poti, dann passiert zunächst gar nichts. Erst ab einer bestimmten Stellung des Potis geht schlagartig die LED an. Merke dir den Skalenwert. Drehe das Poti zurück, dann geht die LED bei einem viel kleineren Wert wieder aus. Diesen Unterschied zwischen dem Einschalt- und dem Ausschaltwert nennt man **Hysteresis**. **Experiment 137.**

136

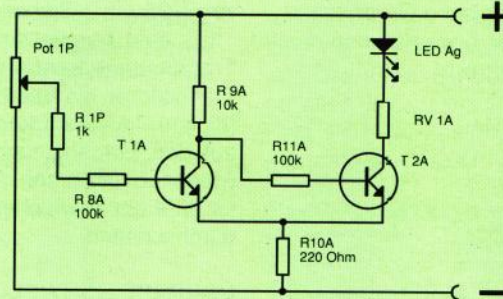
- A 1 - A 29
- A 2 - A 44
- A 4 - A 14
- A 5 - P 1
- A 8 - A 18
- A 13 - A 17
- A 15 - A 60
- A 19 - A 27
- A 26 - A 45
- A 51 - P 2
- A 54 - A 16



137

A 1 - A 13
 A 3 - A 43
 A 5 - A 27
 A 6 - A 15
 A 7 - A 16
 A 8 - P 9
 A 12 - A 30
 A 14 - P 10
 A 17 - P 11
 A 18 - A 33

137



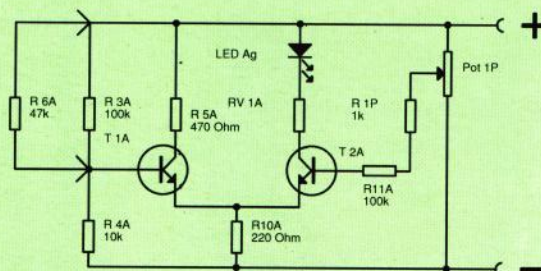
Mit dem Potentiometer wird die Basisspannung am Transistor T 1A verändert. Erreicht man den Spannungswert, bei dem T 1A leitet, schaltet er durch. Die Basisspannung für den Transistor T 2A, die am Kollektor von T 1A abgenommen wird, ist schlagartig so gering, daß T 2A sperrt und die LED nicht sehr leuchtet. Wenn der Transistor T 2A durchgeschaltet ist, fließt Strom durch die LED, RV 1A, T 2A und R 10A. Dadurch wird T 1A "höhergelegt", als wenn nur er durchgeschaltet wäre. Das bewirkt die Differenz zwischen dem Einschalten und dem Ausschalten.

Die Schaltung für einen Schmitt-Trigger hast du bereits in dem Flammenwächter im Experiment 61 kennengelernt, und bei vielen anderen Experimenten taucht sie wieder auf.

138

A 1 - A 13
 A 2 - A 55
 A 5 - A 35
 A 7 - A 16
 A 12 - A 29
 A 14 - A 33
 A 17 - A 34
 A 18 - P 10
 A 27 - P 9
 A 15 - A 51
 A 43 - A 56
 A 44 - A 57
 A 53 - P 11
 A 45 - A 52

138



DIFFERENZEN VERSTÄRKEN

Sicherlich hast du auch mal Differenzen mit Freunden, aber bestimmt nicht ständig. Ein **Differenzverstärker** wie in der Schaltung 138 aber hat es nicht leicht, denn er muß dauernd auf Differenzen achten: Was ist bei dem einen Transistor los, was bei dem anderen?

Mit dem Spannungsteiler R 3A / R 4A an der Basis von T 1A ist der Kollektorstrom und damit die Spannung am gemeinsamen Emittterwiderstand R 10A eingestellt. Mit dem Poti an der Basis von T 2A stellt man den Kollektorstrom durch den Transistor T 2A ein. Die LED beginnt zu leuchten, wenn der Basisstrom durch den Transistor T 2A größer ist als der durch den Transistor T 1A.

In der Schaltung 139 wird der Arbeitspunkt des Transistors T 1A verschoben. Dafür sind zusätzlich zum vorhergehenden Experiment Verbindungen von A 3 nach A 9 und A 10 nach A 54 herzustellen. Jetzt muß

mit dem Poti weiter geregelt werden, um die LED zum Leuchten zu bringen. Denn durch den Parallelwiderstand von 47Ω zum Widerstand R 3A steigt der Strom durch die Basis von T 1A an, und dadurch wird auch der Kollektorstrom größer. Die Spannung am Emittterwiderstand steigt. Die LED leuchtet nur, wenn der Basisstrom durch T 2A größer ist als der durch T 1A.

DER UMWELT ZULIEBE

Mit der Nase und der Zunge Umweltverschmutzungen aufspüren zu wollen, ist heute eine fast selbstmörderische Angelegenheit. Ohne moderne Testgeräte hätte es die Umweltschutzorganisation Greenpeace noch schwerer. Viele Wasser- und Luftverschmutzungen lassen sich kaum noch ohne spezielle Geräte nachweisen.

Mit dem Experiment 140 kannst du ein Testgerät bauen, das es dir ermöglicht, Verschmutzungen des Wassers quantitativ zu messen.

Der Meßfühler muß zum Einstellen des Geräts in reines Wasser getaucht werden. Die Ansprechschwelle ist mit dem Poti so einzustellen, daß die LED gerade nicht leuchtet.

141.

Nach dem Einstellen der Ansprechschwelle leuchtet die LED in **reinem** Wasser immer bei derselben Poti-stellung. Verunreinigungen im Wasser erhöhen nun die Leitfähigkeit. Wenn du den Fühler in verunreinigtes Wasser tauchst, leuchtet die LED erst bei einem höheren Skalenwert auf. Daran, wann die LED zu leuchten beginnt, kannst du erkennen, wie stark das Wasser verschmutzt ist. Wenn du zu Hause mit verschiedenen Proben testen willst, kannst du Leitungswasser mit Kochsalz oder Seife "verunreinigen". Auch ein Schuß Essig in Wasser erzielt den Effekt.

Der Wassertester verwendet einen Schmitt-Trigger, wie er im Versuch 136 beschrieben ist. Mit dem Poti P 1B stellst du die Ansprechschwelle des Schwellwertschalters ein. Der Meßfühler Feuchtigkeit liegt parallel zum Poti P 1B. Beim Eintauchen in Wasser wird der Widerstand der Meßstrecke parallel zum Poti geschaltet. Dadurch sinkt die Spannung an diesen parallelgeschalteten Widerständen, und die LED erlischt. In Schmutzwasser sperrt T 1A, T 2A leitet, und die LED leuchtet. Man muß also das Poti wieder hochdrehen, bis die LED ausgeht. Die Skalendifferenz gibt Auskunft über den Grad der Verschmutzung.

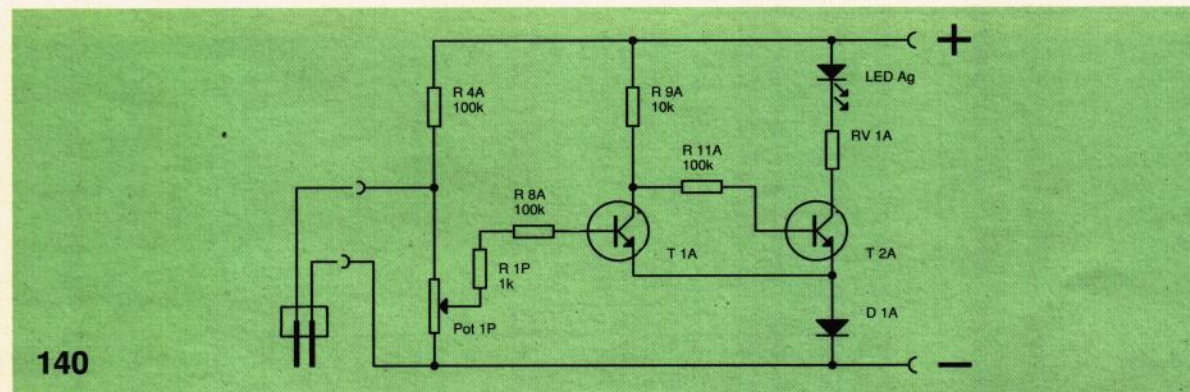
HILFE FÜR DEN FOTOGRAFEN

"Klick", macht der Fotoapparat, und gleichzeitig wird der Elektronenblitz ausgelöst. So ein Blitzlicht hat es nicht leicht: Es muß unheimlich hell und gleichzeitig auch noch wahnsinnig schnell sein. Anstelle der Blitzröhre verwenden wir die LED. Aber zugegeben: Ganz so hell wie das Blitzlicht ist die LED doch nicht.

Experiment 142.

Der Taster ersetzt den Auslöser des Fotoapparats. Mit einem Druck ist das "Blitzlicht" ausgelöst.

Die Erklärung für die Schaltung ist einfach: Der Taster schließt die Verbindung zwischen dem Elko und dem Pluspol der Batterie. Es fließt ein Ladestrom, der augenblicklich den Transistor durchschaltet, und die LED blitzt auf. Da die Kapazität des Kondensators klein



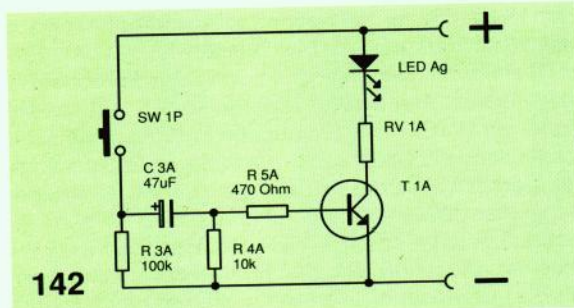
140

A 1	- A 55
A 4	- A 27
A 6	- A 14
A 8	- P 9
A 12	- A 29
A 13	- A 56
A 15	- A 44
A 16	- P 10
A 17	- M.L.*
A 18	- A 50
A 34	- A 59
A 40	- A 57
A 58	- P 11
A 60	- M.L.*

* Meßfühler
Leitfähigkeit

142

A 1 - A 16
 A 2 - A 35
 A 4 - A 12
 A 14 - P 3
 A 17 - A 34
 A 18 - A 33
 A 38 - A 59
 A 43 - A 60
 A 44 - A 51
 A 45 - A 52
 A 48 - A 53
 A 58 - P 4

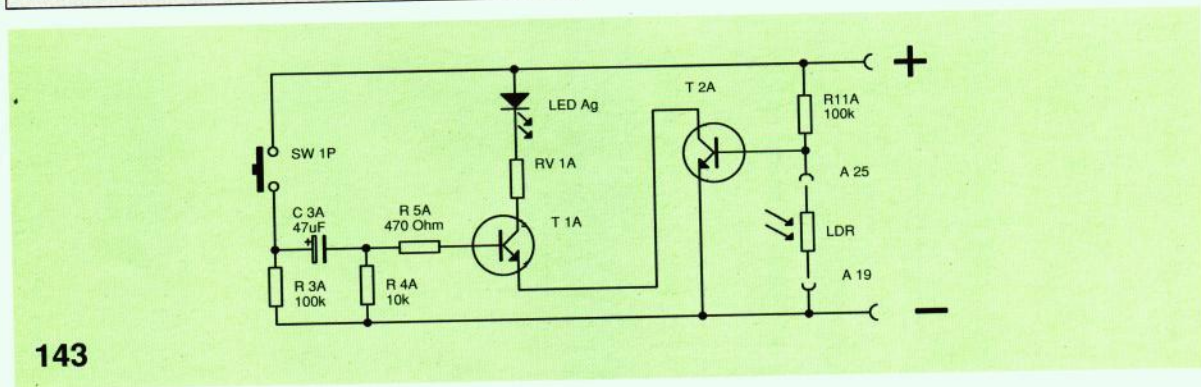


ist, wird er schnell geladen, und dann sperrt der Transistor T 1A wieder, auch wenn der Taster gedrückt bleibt. Drückt man dann sofort wieder den Taster, passiert nichts, weil der Kondensator noch geladen ist. Nach einiger Zeit entlädt er sich über die beiden Wider-



143

A 1 - A 29
 A 2 - A 35
 A 4 - A 12
 A 13 - A 16
 A 14 - P 3
 A 15 - A 27
 A 17 - A 34
 A 18 - A 33
 A 19 - LDR
 A 25 - LDR
 A 38 - A 59
 A 43 - A 60
 A 44 - A 51
 A 45 - A 52
 A 48 - A 53
 A 58 - P 4



stände R 3A und R 4A. Der Entladestrom ist aber so klein, daß eine zu geringe Spannung an R 4A abfällt, die nicht ausreicht, den Transistor durchzuschalten. Erst nach dem Entladen kann wieder mit einem neuen Tastendruck ausgelöst werden.

Bei modernen Fotoapparaten nimmt die Technik dem Fotografen auch noch die Entscheidung ab, wann der Blitz notwendig ist und wann nicht. Das brauchst du in der Schaltung 143 auch nicht mehr zu entscheiden.

Wird der Taster betätigt, blitzt die LED nur auf, wenn die Helligkeit unter eine bestimmte Schwelle sinkt. Der Taster schließt die Verbindung zwischen dem Elko und dem Pluspol der Batterie. Es fließt ein Ladestrom, der augenblicklich den Transistor durchschaltet. Die LED kann aber nur blitzen, wenn der LDR abgedunkelt ist. Denn nur bei Dunkelheit leitet der Transistor T 2A. Es passiert nichts, wenn du den Taster gedrückt läßt. Ist der Elko geladen, fließt kein Strom mehr, und T 1A sperrt.

ÜBERBLENDEN

"Lauter, lauter, bitte", tönt es im Auto von den Rücksitzen, wo die Kinder fetzige Musik genießen. Aber den Eltern reicht es, und so stellen sie die Musik hinten lauter, und vorne ist es nun ruhiger. Ohne einen **Überblendregler** hätten manche Eltern wohl schon das Autoradio ausgebaut. Damit kann die Lautstärke zwischen den vorderen und hinteren Lautsprechern gleitend umgestellt werden. In dieser Schaltung **144** ersetzen die beiden LED die Lautsprecher.

Das Poti blendet von einer LED zur anderen über. An einem Anschlag des Knopfes leuchtet nur eine LED, und die andere ist dunkel. In Mittelstellung leuchten beide LED gleich hell, und am anderen Anschlag leuchtet nur die andere LED.

Die Schaltung des Überblendreglers besteht aus einem astabilen Multivibrator. Mit dem Poti wird das Tastverhältnis (s. Experiment 117) der beiden Transistoren verändert. Kurze Impulse und lange Pausen lassen die zugehörige LED nur dunkel leuchten, lange Impulse und kurze Pausen erzeugen große Helligkeit der LED.

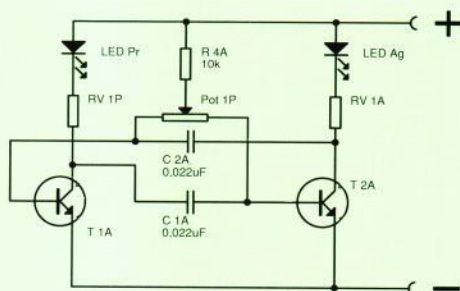
Ein Unterschied zum Überblendregler im Auto besteht allerdings: *Beide haben zwar den gleichen Namen, aber im Auto wird nur mit einem Poti übergeblendet.* Diese Schaltung ist viel aufwendiger.

KLATSCH - SCHON SCHALTET ES

Sucht doch neulich ein Autofahrer seinen Autoschlüssel. Was macht er? Anstatt überall nachzusehen, sitzt er ruhig im Sessel und klatscht in die Hände. Entgeistert sehen ihn seine Freunde an, als von der Garderobe ein fröhliches Pfeifen klingt. Zauberei? Ach wo, an seinem Autoschlüssel hing ein kleines Kästchen mit einem **Klatschschalter** und einer Pfeifschaltung.

Nur durch Klatschen kannst du eine LED zum Leuchten bringen. Wahrscheinlich wirst du damit alle Freunde begeistern und verblüffen. Probier das doch mal mit dem Versuch **145**.

Falls der erste Versuch noch nicht gleich klappt, sei nicht enttäuscht. Mit dem Poti mußt du noch die beste Einstellung vornehmen, so daß die LED leuchtet, aber nicht gleich wieder ausgeht. Wenn du einige Male probiert hast, durch Klatschen und Regeln den richtigen Punkt zu finden, kannst du damit deine Freunde beeindrucken.

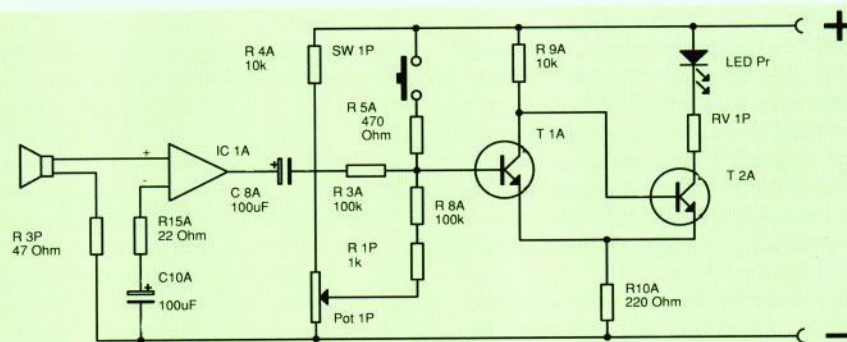

144

A 1	- A 16
A 2	- A 37
A 3	- P 11
A 4	- A 36
A 12	- A 30
A 13	- A 17
A 15	- A 34
A 25	- A 46
A 26	- P 10
A 29	- A 47
A 44	- P 9
P 1	- A 14
P 2	- A 5

145

- A 1 - A 13
- A 2 - A 35
- A 3 - A 43
- A 4 - A 25
- A 6 - A 52
- A 7 - A 17
- A 8 - P 9
- A 12 - A 29
- A 14 - A 44
- A 15 - A 51
- A 16 - P 10
- A 18 - P 5
- A 20 - A 22
- A 21 - P 6
- A 24 - A 33
- A 34 - P 11
- A 45 - P 3
- A 53 - P 4

145

Schalt-
symbol IC

Interessant ist für dich bestimmt, daß du ja gar kein Mikrofon besitzt. Die Aufgabe eines Mikrofons übernimmt in diesem Klatschschalter der Lautsprecher. Er fängt das starke Geräusch auf und wandelt es in Stromimpulse um. Diese Impulse werden verstärkt und dann einem Schmitt-Trigger (Schwellwertschalter) zugeführt. Mit dem Poti stellt man die Ansprechschwelle des Schwellwertschalters so ein, daß die LED beim Klatschen zum Leuchten gebracht wird. Bei der Erklärung der Schaltung 137 hast du gelesen, daß die Einschaltswelle und die Ausschaltswelle auseinanderliegen. Das ist die Hysterese.

Diese Hysterese verhindert bei dem Klatschschalter, daß die LED gleich wieder ausgeht, nachdem die Ansprechschwelle überschritten wurde.

IC - KLEIN ABER OHO!

Vielleicht verwirrt dich das Schaltbild 145, weil du selbst bei genauem Hinsehen keinen Verstärker entdeckst, wie du ihn von den Transistorschaltungen her kennst. Der Verstärker wurde in dieser Schaltung ganz anders aufgebaut, nämlich mit einem **Integrierten Schaltkreis**. Für dieses Bauteil der Elektronik gibt es viele andere Namen, so z.B. **IC**, abgeleitet von der englischen Bezeichnung **Integrated Circuit**. **Operationsverstärker** ist die Bezeichnung für eine spezielle Gruppe von Integrierten Schaltkreisen, und heute spricht schon fast jeder von dem **Chip** und meint damit im Prinzip das gleiche.

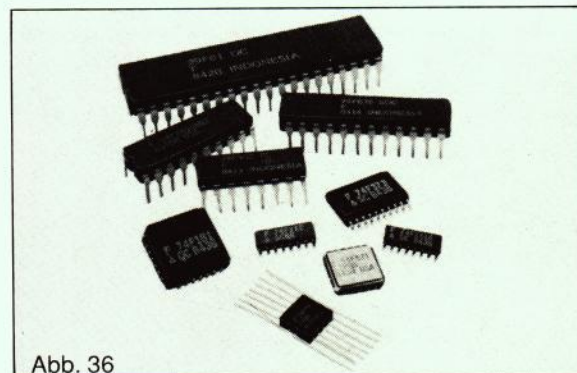


Abb. 36

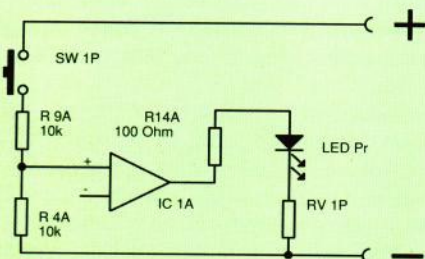
Verschiedene IC (Chips)

Ohne lange Erklärungen zum IC baue einfach ein paar Schaltungen auf. Du wirst schnell erkennen, wie problemlos damit zu experimentieren ist. Du sollst zunächst auch gar nicht versuchen zu verstehen, wie der Integrierte Schaltkreis funktioniert. Er ist eine "Einheit" und soll auch als Einheit untersucht werden.

Zum Experimentieren muß man zunächst wirklich nur wissen, daß das IC die beiden **Eingänge E+** und **E-** und einen **Ausgang** besitzt. **Experiment 146.**

146

146



Nichts Ungewöhnliches geschieht, wenn du die Betriebsspannung einschaltetest: Die LED leuchtet. Ein Druck auf den Taster aber bringt eine kleine Überraschung. Denn nun leuchtet die LED plötzlich heller. Was bedeutet das?

Eine Messung der Spannung mit dem Meßgerät hilft, die verschiedenen Spannungen am Ausgang des IC zu erkennen. Das Instrument liegt parallel zur LED und mißt also die Spannung am Ausgang des IC. Der vorige Versuch muß geringfügig abgeändert werden.

147.

- | | |
|----------------------|-------------|
| A 23 - P 1 entfernen | A 18 - P 7 |
| A 23 - A 52 | A 9 - P 8 |
| A 51 - P 1 | A 10 - A 53 |

Das Meßgerät bringt es an den Tag: Die Spannung am Ausgang des IC beträgt zunächst etwa 4,5 V, beim Drücken des Tasters steigt sie auf fast 9 V an. Deshalb leuchtet die LED auch heller.

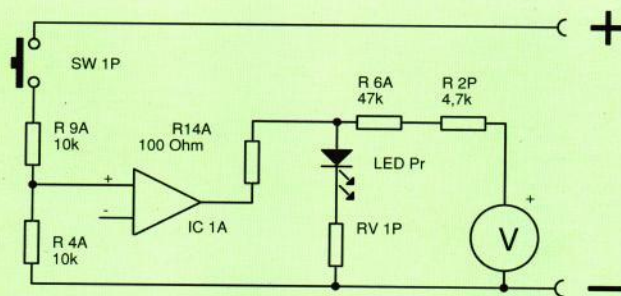
In diesem Experiment ist ein Eingang des IC, und zwar der Eingang E+ über den Spannungsteiler aus R 4A und R 9A an Plus angeschlossen. Der Eingang E- bleibt in diesem Versuch noch unberücksichtigt. Man sagt, er bleibt offen. Am Ausgang des IC liegt die LED mit dem Widerstand R 14 A und dem Vorwiderstand in Reihe.

Was das Schaltbild nicht zeigt, soll nur einmal erwähnt werden: Auf dem Modul A ist das IC intern an die Betriebsspannung angeschlossen. Das kannst du auf dem Schaltbild des Moduls sehen. Für die weiteren Versuche ist diese Versorgung zwar notwendig, aber in den Schaltbildern wird im allgemeinen in allen Fachbüchern auf die Darstellung der Spannungsversorgung des IC verzichtet. Zurück zu den beiden Experimenten. Wenn der Taster nicht gedrückt ist, liegt der Eingang E+ des IC über den Widerstand R 4A an Minus. Dann stehen am Ausgang etwa 4,5 V zur Verfügung, was der halben Betriebsspannung entspricht.

Durch das Drücken des Tasters liegt am Eingang E+ die halbe positive Spannung. Als Folge davon steigt am Ausgang die Spannung bis zur vollen Betriebsspannung an. Darum leuchtet die LED hell.

- | | |
|------|--------|
| A 5 | - A 14 |
| A 6 | - P 3 |
| A 16 | - A 34 |
| A 21 | - A 60 |
| A 44 | - A 58 |
| A 59 | - P 4 |
| P 1 | - A 23 |
| P 2 | - A 17 |

147



148

A 15 - P 1
A 16 - A 34
A 21 - A 44
A 23 - P 2

Im Versuch **148** liegt die LED zwischen dem Ausgang des IC und dem Pluspol.

Auch in diesem Experiment leuchtet die LED mit halber Helligkeit. Es liegt wieder die halbe Betriebsspannung am Ausgang, dieses Mal aber bezogen auf den Pluspol. Zum besseren Verständnis kannst du ja auch noch die Verbindung zwischen dem Minuspol und dem Eingang E+ des IC unterbrechen, indem du den Verbindungsdraht am Anschluß A 21 herausziehst. Nun geht die LED ganz aus, am Ausgang liegt also keine Spannung. Die bisherigen Erfahrungen mit dem IC noch einmal zusammengefaßt: *Erhält der Eingang E+ des IC keine Spannung, führt auch sein Ausgang keine Spannung.* Liegt Eingang E+ an Minus, ruft dies die halbe Betriebsspannung am Ausgang hervor, und eine kleine positive Spannung am Eingang E+ zieht bereits die volle positive Spannung am Ausgang nach sich.

149

A 5 - A 14
A 6 - P 3
A 16 - A 34
A 20 - P 4
A 21 - A 44
P 1 - A 23
P 2 - A 17

Noch ein paar Worte zum IC. Ein Integrierter Schaltkreis faßt in seinem Gehäuse eine Reihe von Bauteilen zusammen, sie sind in ihm **integriert**. Durch diese Miniaturisierung erreicht man, daß elektronische Schaltungen immer kleiner werden können. Heute sind in einem kleinen Gehäuse manches Mal bis zu einigen tausend Transistoren untergebracht, und dazu noch die entsprechenden Widerstände und Kondensatoren. Sie sind darin aber nicht zusammengelötet, sondern wurden durch ein sehr kompliziertes Verfahren auf einem nur wenige Quadratmillimeter großen Halbleiterplättchen (Chip) erzeugt. Für das Verständnis des

IC muß man nicht bis in alle Einzelheiten wissen, welche Bauelemente in dem IC zusammengefaßt sind. Man betrachtet eine solche Integrierte Schaltung als eine "black box", und für den Anwender ist es wichtig zu wissen, welche Wirkung bestimmte Signale, die man auf den Eingang gibt, am Ausgang hervorrufen.

Am Anfang des Abschnitts über dieses IC wurde gesagt, daß man sie auch Operationsverstärker nennt. Dieser Ausdruck stammt aus der Anfangszeit der Computer, als Rechenmaschinen mit Hilfe von Verstärkern mathematische Operationen durchführten. Was passiert denn nun, wenn beide Eingänge des IC Spannungen erhalten? In der Schaltung **149** liegt der Eingang E+ am Minuspol, der Eingang E- am Pluspol.

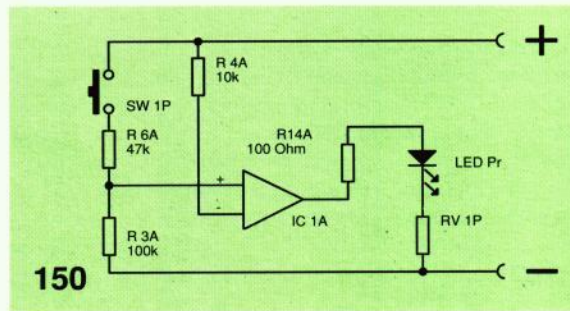
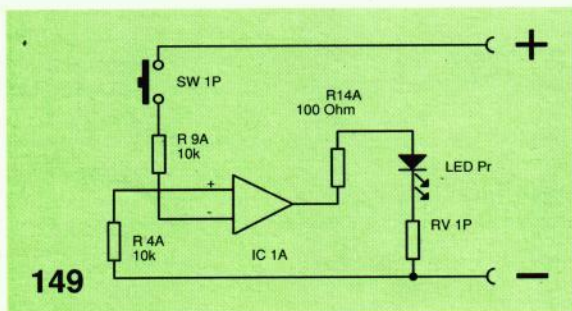
Bei geöffnetem Taster leuchtet die LED mit mittlerer Helligkeit, bei gedrücktem Taster geht sie aus. Das bedeutet: *Eine positive Spannung am Eingang E- des IC läßt am Ausgang keine Spannung auftreten.* Der Eingang E- heißt deshalb auch **invertierender** - umkehrender - **Eingang**.

Du hast bereits die Transistoren in der Funktion als Schalter kennengelernt. Auch das IC kann so arbeiten, wie du gleich im Versuch **150** erfahren kannst.

Bei gedrücktem Taster erhält der Eingang E+ des IC einen durch das Verhältnis der Widerstände R 6A / R 3A festgelegten Teil der Betriebsspannung, und es fließt ein Steuerstrom. Die kleine Spannung am Eingang E+ erzielt eine große am Ausgang. Das IC arbeitet in dieser Schaltung als **Schaltverstärker**.

150

A 9 - A 52
A 10 - P 3
A 14 - P 4
A 15 - A 34
A 16 - A 33
A 20 - A 44
A 21 - A 51
A 43 - A 53
P 1 - A 23
P 2 - A 17



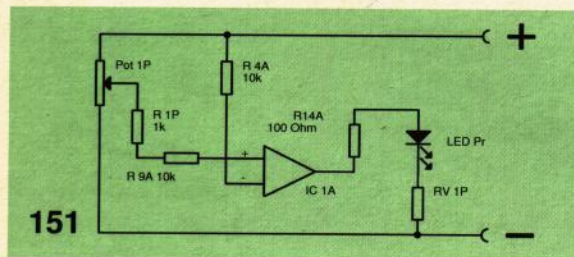
Die Abhängigkeit des Ausgangszustands von den Eingangsspannungen kannst du aus der folgenden Aufstellung entnehmen:

Eingänge		Ausgang
E +	E -	
offen	offen	keine Spannung
offen	Minus	halbe Spannung
offen	Plus	volle Spannung
Plus	offen	volle Spannung
Plus	Minus	halbe Spannung
Plus	Plus	keine Spannung

Natürlich kann ein IC auch verstärken, so wie du es von Transistorschaltungen her kennst. Im Versuch **151** ist eine solche Verstärkerschaltung vorgegeben.

Durch Drehen am Poti beginnt die LED zu leuchten. Geringfügige Änderungen am Potiknopf rufen große Helligkeitsänderungen an der LED hervor. Über das Poti, das wie die beiden Widerstände in den letzten Versuchen einen Spannungsteiler bildet, stellst du eine kleine Spannung am Eingang E+ des IC ein. Diese kleine Spannung wird im IC so hoch verstärkt, daß die LED leuchten kann.

Damit stellt das IC in dieser Schaltung einen **Spannungsverstärker** dar, denn eine kleine Spannung am Eingang ruft eine große am Ausgang hervor. Das Verhältnis der Ausgangsspannung zur Eingangsspannung bezeichnet man als **Verstärkungsfaktor**. Er ist nicht für alle OP gleich, sondern schwankt von Typ zu Typ.



151

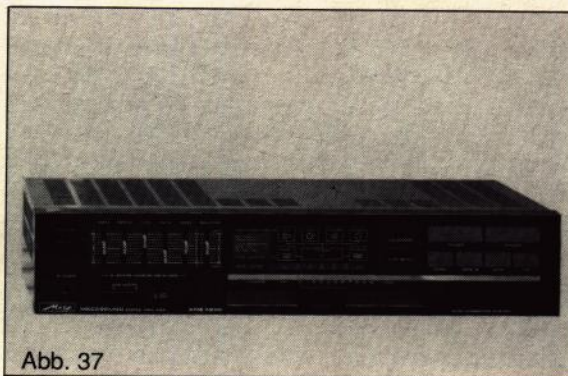


Abb. 37

Wie stark die Ausgangsspannung des IC bei einer Änderung der Eingangsspannung ansteigt, kannst du am Meßgerät im Experiment **152** ablesen. Der Aufbau der Schaltung 151 wird bis auf kleine Änderungen übernommen.

152.

A 23 - P 1 entfernen A 18 - P 7
A 23 - A 52 A 51 - P 1
A 10 - P 8 A 53 - A 9

Das Meßgerät liegt parallel zur LED und ihrem Vorwiderstand und zeigt die Spannung am Ausgang des IC an.

Der Stellbereich eines Potis, bei dem eine geringe Änderung der Potistellung eine starke Änderung der Ausgangsspannung bewirkt, läßt sich durch Widerstände zwischen dem Eingang E- und der positiven Betriebsspannung verschieben. Und das wollen wir in den nächsten Versuchen einmal ausprobieren.

151

A 5 - A 21
A 14 - A 34
A 20 - A 44
P 1 - A 23
P 2 - A 17
P 9 - A 6
P 10 - A 16
P 11 - A 15

chung über den Eingang E- wirken einander entgegen. Diese Schaltungsart, einen Teil der Ausgangsspannung auf den Eingang zurückzukoppeln, nennt man **Gegenkopplung**. Von der Größe des Widerstands R 5A hängt es ab, wie groß die Gegenkopplung ist.

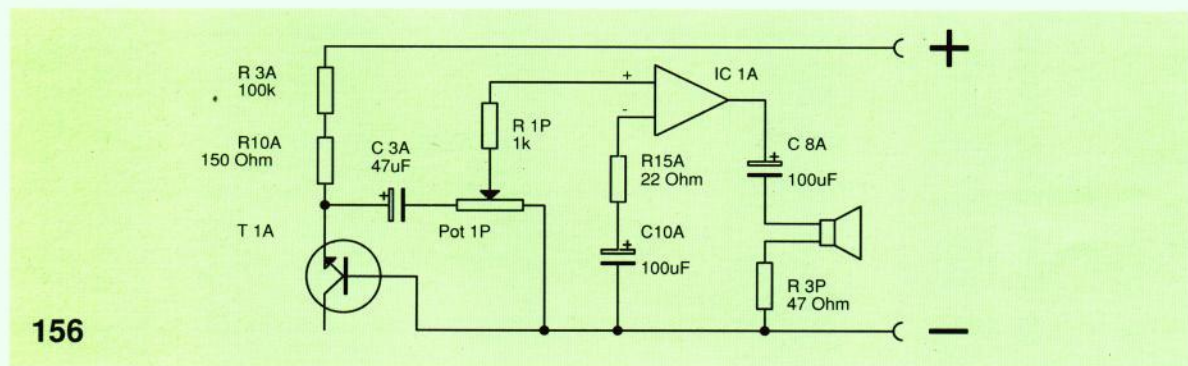
DURCHBRUCH ERZWUNGEN

Und nun mal wieder einige Versuche mit dem IC. Du kennst bereits Schaltungen, mit denen Töne durch Tongeneratoren erzeugt werden. Ebenso können Geräusche mit elektronischen Schaltungen erzeugt werden, was bei Schallplatten-, Hörfunk- und Fernsehaufnahmen oft benutzt wird. Die Schaltung **156** ergibt einen **Rauschgenerator**, mit dem z.B. das Rauschen von Regen simuliert werden kann. Eine solche Schaltung muß einem Hi-Fi-Freak die Zornesröte in das Gesicht treiben. Denn Techniker bemühen sich nach Kräften, rauscharme Schaltungen herzustellen, und hier wird absichtlich ein fürchterliches Rauschen erzeugt.

Ist das ein Dauerregen, der aus dem Lautsprecher tönt! Mit dem Poti kann der "Regenguß" etwas abgeschwächt werden. In diesem Experiment wird die Basis-Emitter-Strecke des Transistors T 1A in Sperrrichtung betrieben. Die Spannung steigt aber so weit

an, daß ein "Durchbruch" erzwungen wird. Das geschieht bei etwa 5 V. Dann leitet diese Transistorstrecke, und die Spannung fällt wieder ab. Ist die Durchbruchspannung unterschritten, sperrt die Strecke wieder, und das wiederholt sich. Das Einschalten und Sperren des Transistors geschieht in schnellem und unregelmäßigem Wechsel. Dabei entsteht ein Rauschen, das vom IC verstärkt und dem Lautsprecher zugeführt wird. Die Widerstände R 3A und R 10A verhindern, daß der Transistor zerstört wird. Dieses Rauschen ist ein Gemisch aus unendlich vielen Tönen. Das in elektronischen Schaltungen höchst unerwünschte Rauschen wird nicht nur von Transistoren, sondern praktisch von allen Bauteilen erzeugt. Wandelst du das letzte Experiment ein wenig ab, kannst du ein **Schlagzeug** imitieren. Du mußt im Versuch **157** eine Verbindung von A 24 nach P 3 und P 6 nach P 4 herstellen. Im übrigen bleibt die Verdrahtung wie im Experiment 156 erhalten.

Der Taster liegt am Ausgang des Verstärkers und schaltet den Lautsprecher ein und aus. Mit etwas Übung kannst du schnell Schlagzeuggeräusche nachahmen. In elektronischen Orgeln gehören Rauschgeneratoren längst zur Standardausstattung.



156

A 1	- A 37
A 2	- A 16
A 7	- A 43
A 14	- A 33
A 17	- P 10
A 18	- P 5
A 20	- A 22
A 21	- P 9
A 24	- P 6
A 47	- P 11

DEM LÄRM AUF DER SPUR

Die Anwohner stark befahrener Straßen leiden sehr unter dem Lärm des Straßenverkehrs. Subjektive Empfindungen sind aber häufig nicht ausreichend, um die Höhe des Lärmpegels anzugeben. Für objektive Messungen benötigt man **Schallpegel-Meßgeräte**, die unbestechlich den Lärm messen. Ein solches Gerät kann mit der Schaltung **158** aufgebaut werden.

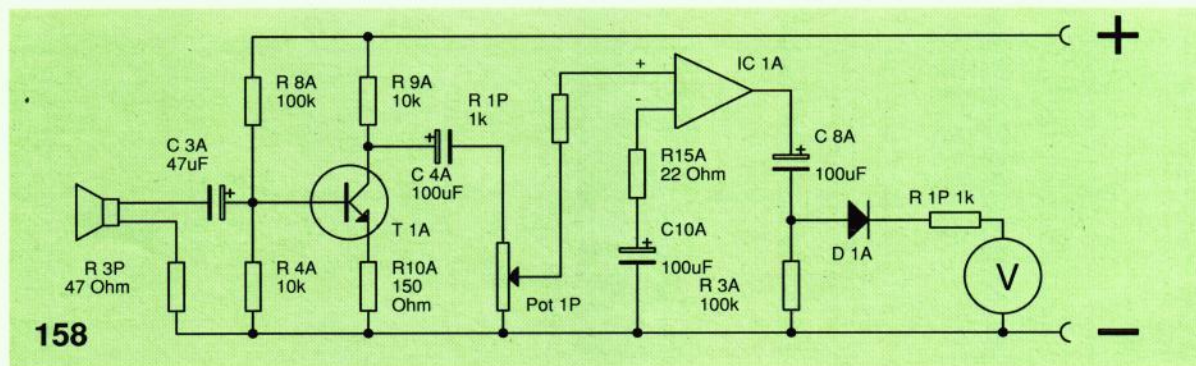
Um korrekt zu messen, mußt du darauf achten, daß der Schall ungehindert auf den Lautsprecher im Pult treffen kann.

In dieser Schaltung arbeitet der Lautsprecher als Mikrofon. Er nimmt die Schallwellen auf und wandelt sie in elektrische Spannung um. Der Transistor T 1A

und das IC in einer zweiten Stufe verstärken diese Spannung beträchtlich. Die kann nun aber noch nicht direkt vom Meßinstrument angezeigt werden, da es sich um eine **Wechselspannung** handelt. Der Zeiger des Meßinstruments ist zu träge, als daß er mehr als tausend Schwankungen pro Sekunde folgen könnte, und deshalb bleibt er in Ruhestellung stehen. Abhilfe schafft hier die Diode. Sie läßt nur Strom in einer Richtung durch, in der anderen sperrt sie. Deshalb wird die eine Hälfte der Wechselspannung "abgeschnitten", und nun kann das Meßgerät anzeigen. Der Ausschlag des Zeigers entspricht der Schallstärke an der Membrane des Lautsprechers.

158

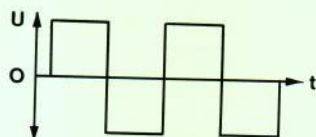
A 2 - A 44
A 3 - A 38
A 4 - A 39
A 6 - A 14
A 7 - A 16
A 8 - A 15
A 17 - A 34
A 18 - P 7
A 19 - A 54
A 20 - A 22
A 21 - P 9
A 24 - A 55
A 33 - A 51
A 40 - A 57
A 43 - A 56
A 48 - P 5
A 49 - P 11
A 50 - P 8
A 52 - P 6
A 53 - P 10



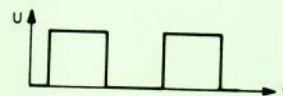
WECHSELSPANNUNG

Im Experiment **159** und den weiteren erfährst du einiges über Wechselspannungen.

Leider schlägt der Zeiger gar nicht aus. Das hat folgenden Grund: Die Schaltung 159 besteht aus einem astabilen Multivibrator mit den Transistoren T 1A und T 2A. Er erzeugt ein Rechtecksignal, das auf den Eingang E+ des als Verstärker geschalteten IC gelangt. An seinem Ausgang liegt das Signal verstärkt vor. Trotzdem kann das Meßinstrument diese verstärkte Spannung nicht anzeigen. Die Wechselspannung enthält nämlich positive und negative Anteile. Sie wechseln einander so schnell ab, daß der Zeiger des Meßinstruments nicht folgen kann, und sie sich dadurch gegenseitig aufheben.



Die Wechselspannung läßt sich im Versuch **160** durch das Instrument anzeigen, wenn sie am Ausgang des IC mit einer Diode **gleichgerichtet** ist. Dazu wird A 60 mit A 40 und A 50 mit P 11 verbunden. Nach dieser Gleichrichtung schlägt der Zeiger des Meßinstruments

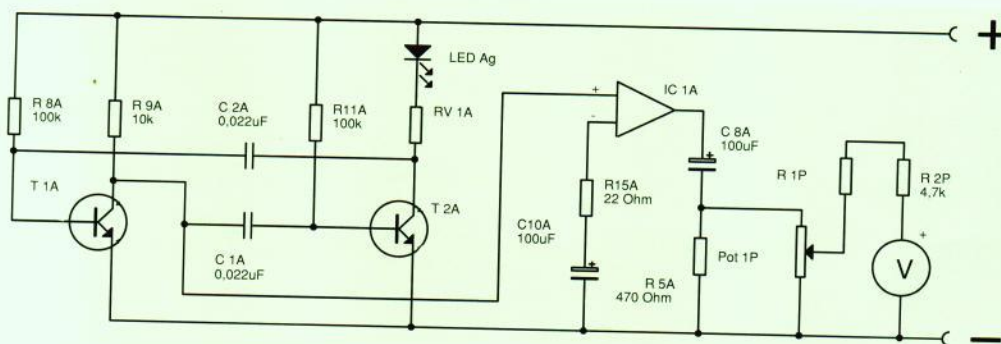


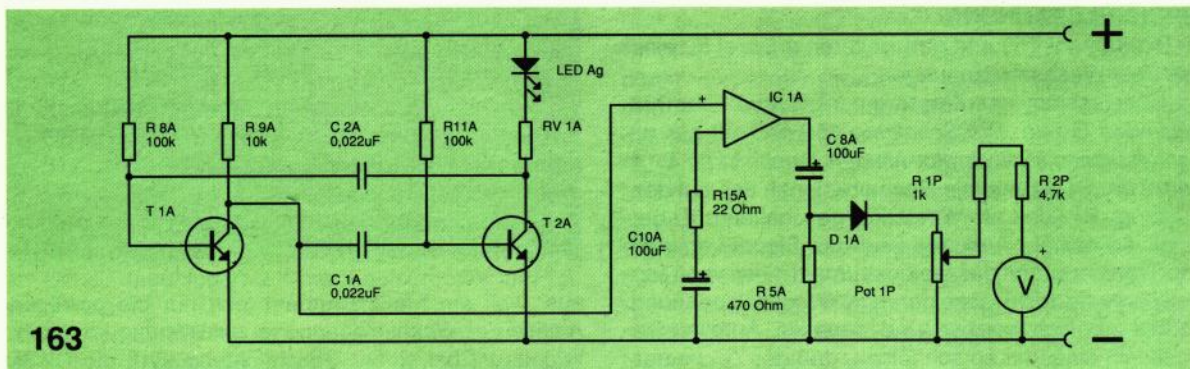
aus, weil am Meßinstrument jetzt nur die positiven Anteile der Wechselspannung zur Wirkung kommen. Wichtig ist bei dieser Gleichrichtung, daß die Diode richtig gepolt wird. Nur sie umzupolen reicht nicht aus, wie die Schaltung **161** beweist. Dazu ist A 40 mit P 11 und A 50 mit A 60 zu verbinden. Der Zeiger des Meßinstruments schlägt jetzt nach links aus und wird vom linken Anschlag abgebremst. Eine genaue Anzeige ist damit nicht möglich. Es muß zusätzlich zum Umpolen der Diode auch noch das Meßinstrument umgepolt werden, wie es die Schaltung **162** zeigt. Dazu müssen P 7 - A 54 und P 8 - P 9 entfernt und P 8 mit A 54 und P 9 mit P 7 verbunden werden. Nun zeigt das Meßinstrument die negative Spannung korrekt an. Die gleichgerichtete Spannung wird vom Meßinstrument zwar angezeigt, aber das Ergebnis ist noch nicht ganz korrekt. Die positiven Impulse der Rechteckspannung folgen so schnell aufeinander, daß der Zeiger nur einen Mittelwert anzeigen kann. Wie dieser Meßfehler ausgeglichen wird, sollen die beiden nächsten Schaltungen zeigen.

159

A 1	- A 16
A 2	- A 37
A 4	- A 36
A 5	- A 21
A 6	- A 14
A 8	- A 57
A 12	- A 30
A 13	- A 17
A 15	- A 55
A 18	- A 53
A 20	- A 22
A 24	- A 58
A 25	- A 46
A 27	- A 56
A 29	- A 47
A 35	- A 51
A 45	- A 59
A 52	- P 10
A 54	- P 7
P 9	- P 8
A 60	- P 11

159



**163.**

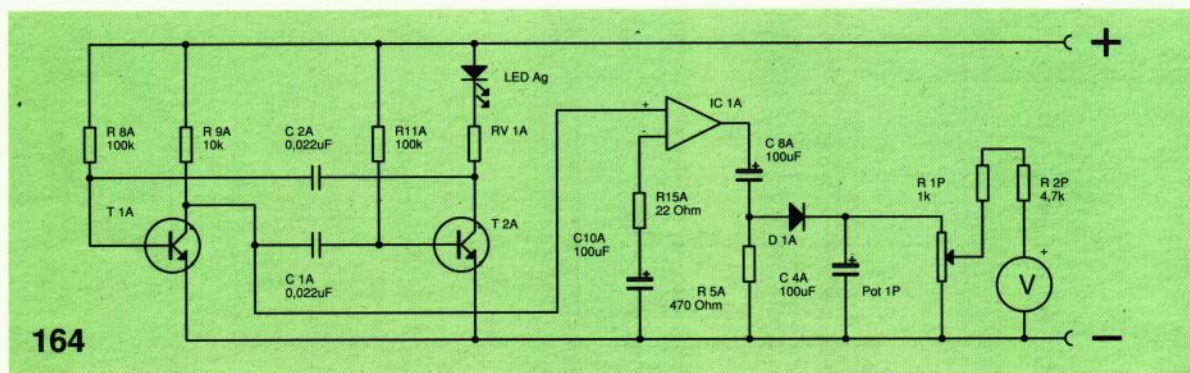
Der Aufbau aus dem Experiment 162 wird abgewandelt. Entferne A 50 - A 60 und verbinde A 50 mit P 11, A 40 mit A 60, A 54 mit P 7 und P 9 mit P 8. Dann ist mit dem Poti die Spannung so einzustellen, daß der Zeiger etwa bis zur Hälfte der Skala ausschlägt. Wenn du die Betriebsspannung ausschaltst, fällt der Zeiger sofort auf den Skalenanfang zurück.

Mit der Schaltung 163 tritt ein wesentlich stärkerer Ausschlag am Meßinstrument ein.

164.

Die vorherige Schaltung wird wie folgt abgewandelt: A 39 an P 12, P 11 an P 13 und A 50 an P 14.

Nach dem Einschalten der Betriebsspannung schlägt der Zeiger doppelt so weit aus wie im vorigen Versuch. Beim Vergleich der Schaltbilder 162 und 163 fällt auf, daß in der letzten Schaltung der Kondensator C 4A eingefügt wurde. Dieser Lade-Elko lädt sich durch die positiven Impulse auf. Bei jeder Impulspause gelangt diese gespeicherte Spannung auf das Meßwerk, und deshalb steigt die Anzeige stärker an. Beim Ausschalten der Betriebsspannung entlädt sich der Elko nur langsam, und der Zeiger kehrt auch nicht schnell zum linken Anschlag zurück.



DA BRUMMT DAS LICHT

Glühlampen und Leuchtstoffröhren, die mit der Wechselspannung aus dem Haushaltsnetz betrieben werden, ändern ihre Helligkeit mit der momentanen Spannung des Wechselstroms. Beim positiven oder negativen Maximalwert der Spannung leuchten sie am hellsten, beim Nulldurchgang verringert sich die Helligkeit. Die höchsten und niedrigsten Werte der Helligkeit unterscheiden sich nur geringfügig, da die Glühfäden eine erhebliche Wärmeträgheit haben, ebenso wie die Leuchtstoffe der Leuchtstoffröhren. Da das menschliche Auge zu träge ist, können wir diese Unterschiede nicht erfassen. Elektronische Schaltungen können solche Schwankungen ohne weiteres aufnehmen und sie so umwandeln, daß wir sie wahrnehmen. Mit dem Versuch 165 baust du eine Schaltung auf, die durch einen Brummtönen anzeigt, daß die Helligkeit des Lampenlichts schwankt.

Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet ist, ertönt aus dem Lautsprecher ein Brummen, sofern der LDR durch eine Glühlampe oder Leuchtstoffröhre beleuchtet ist. Bei Tageslicht oder beim Licht einer Taschenlampe hörst du auch bei voll aufgedrehtem Poti im Pult nichts.

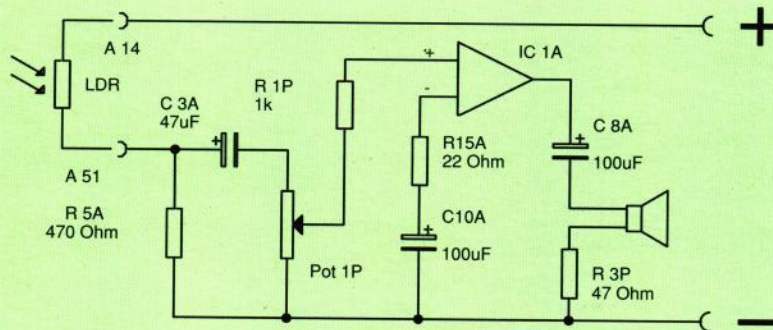
Der LDR ändert seinen Widerstandswert bei unterschiedlicher Helligkeit. Die Helligkeitsschwankungen der Glühlampen und Leuchtstoffröhren werden im Spannungsteiler LDR / R 5A als Spannungsschwankungen am Punkt A 51 abgenommen. Diese gelangen über einen Elko und das Poti auf den Eingang des IC, wo sie verstärkt werden. Die verstärkten Spannungsschwankungen werden vom Lautsprecher als Brummtönen abgestrahlt.

Bei zu geringer Helligkeit ist das Brummen eventuell nicht stark genug. Mit der Schaltung 166 kann die Empfindlichkeit erhöht werden, und dann brummt es auch bei geringer Helligkeit im Lautsprecher. Die vorhergehende Schaltung muß so abgewandelt werden, daß die Verbindung von A 16 nach A 34 und von A 53 nach A 44 geführt wird.

In dieser Schaltung wird der Fußpunktwiderstand des LDR vergrößert von 470Ω auf $10\text{ k}\Omega$. Der Spannungsteiler, den der LDR mit diesem Widerstand bildet, verändert sich dadurch, und die Empfindlichkeit der Schaltung steigt.

165

- A 14 - LDR
- A 16 - A 35
- A 17 - P 10
- A 18 - P 5
- A 20 - A 22
- A 21 - P 9
- A 24 - P 6
- A 38 - A 52
- A 45 - A 53
- A 48 - P 11
- A 51 - LDR

165


167

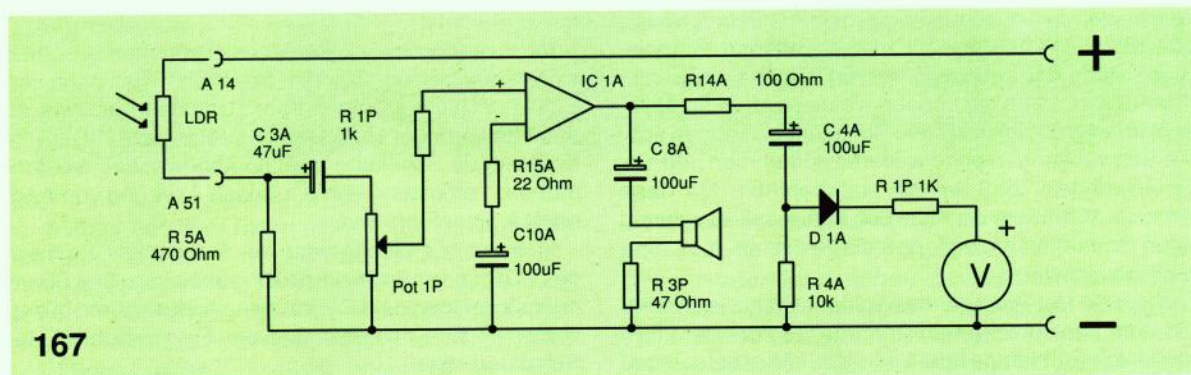
A 14 - LDR
 A 16 - A 35
 A 17 - P 12
 A 18 - P 5
 A 19 - A 55
 A 20 - A 22
 A 21 - P 9
 A 23 - A 39
 A 24 - P 6
 A 44 - A 60
 A 45 - A 52
 A 38 - A 53
 A 40 - A 59
 A 48 - P 11
 A 49 - A 58
 A 51 - LDR
 A 50 - P 8
 A 56 - A 34
 P 13 - P 10
 P 14 - P 7

Wenn du die Amplitude des Brummens, hervorgerufen durch die Netzwechselspannung, auch noch auf dem Meßgerät anzeigen lassen willst, so ist das mit der Schaltung 167 möglich.

Wenn nun Licht einer Glühlampe auf den LDR fällt, brummt es aus dem Lautsprecher, und der Zeiger des Meßinstruments schlägt aus. Führe eine Glühlampe

pe dichter an den LDR heran, schlägt der Zeiger weiter aus, und das Brummen wird lauter. Umgekehrt verringert sich der Zeigerausschlag ebenso wie die Lautstärke des Brummtönen.

Die verstärkte Wechselspannung wird vom Ausgang des IC an der Diode gleichgerichtet und dann noch vom Meßinstrument angezeigt.



MIT LICHT GEZÄHLT

In vielen Fabriken müssen die hergestellten Artikel gezählt werden. Das ist notwendig, um die Produktion zu kontrollieren, aber auch, um z.B. beim Verpacken der Artikel immer die gleiche Anzahl in einen Behälter zu packen. Heute macht man das natürlich mit automatischen Zählanlagen, ähnlich wie du sie in den beiden folgenden Experimenten 168 und 169 kennenlernen wirst.

Auf den LDR muß Tageslicht oder das Licht einer Taschenlampe fallen. Wenn die Betriebsspannung eingeschaltet ist, schlägt der Zeiger des Meßinstruments nicht aus, aber bei jedem Abdunkeln des LDR erfolgt ein Zeigerausschlag. Fährst du mit den gespreizten Fingern einer Hand über den LDR, schlägt das Instrument bei jedem Wechsel von dunkel nach hell aus. Solche Impulse werden in Zählanlagen benötigt und könnten z.B. von einer digitalen Anzeige wiedergegeben werden.

In dieser Schaltung bilden der Widerstand R 5A und der LDR einen Spannungsteiler. Eine Helligkeitsschwankung wird als Spannungsimpuls über den Kon-

densator C 3A dem Transistor T 1A zugeführt. Der schaltet durch, und der Impuls gelangt über das Poti auf den Eingang E+ des IC, wo er verstärkt wird. Nach der Gleichrichtung mit der Diode D 1A kann das verstärkte Signal durch das Meßinstrument angezeigt werden.

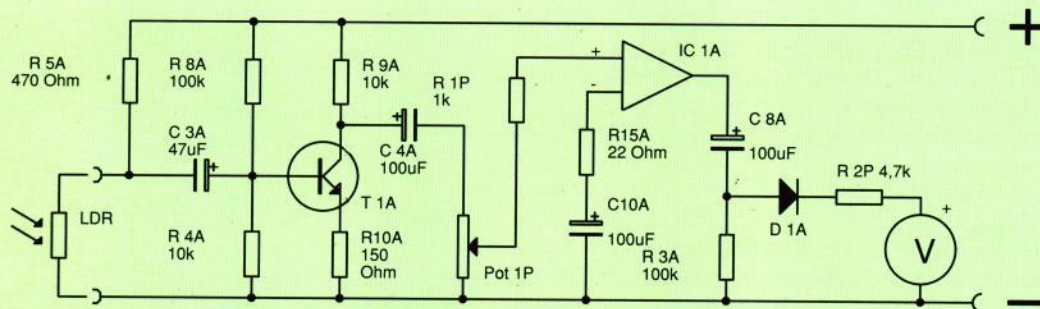
In Umkehrung zu dem letzten Experiment kann mit der Schaltung 169 auch ein Zeigerausschlag erzielt werden, wenn der LDR abgedunkelt wird. Dafür müssen die Verbindungen A 12 - A 35 entfernt und A 52 - A 35 und LDR - A 12 gelegt werden.

Bei dieser Schaltung wurden nur der LDR und der Widerstand R 5A im Spannungsteiler vor der Basis des Transistors T 1A ausgetauscht. Der Erfolg ist, daß nun der Zeiger beim Abdunkeln ausschlägt.

Auf einem Fließband, auf dem die produzierten Artikel zum Verpacken transportiert werden, kann man sie z.B. zwischen einer Lampe und dem LDR hindurchlaufen lassen. Jedes Stück dunkelt den LDR ab, und an der Zähschaltung tritt ein Impuls auf. Mit diesem Impuls ließe sich ein Zählwerk jeweils weiterschalten.

168

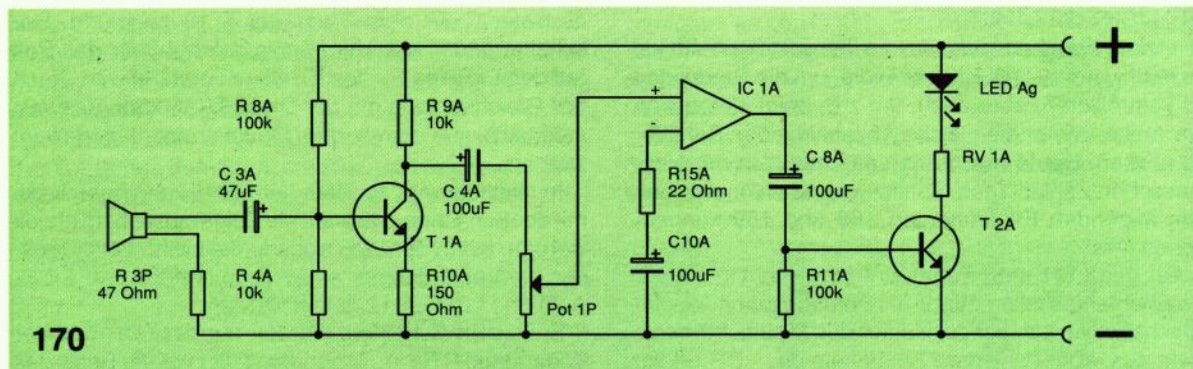
A 2 - A 44
A 3 - A 38
A 4 - A 39
A 6 - A 14
A 7 - A 16
A 8 - A 15
A 17 - A 34
A 18 - P 7
A 19 - A 54
A 20 - A 22
A 21 - P 9
A 24 - A 55
A 33 - A 51
A 48 - A 60
A 40 - A 57
A 43 - A 56
A 49 - P 11
A 50 - P 8
A 52 - LDR
A 53 - P 10
A 45 - A 59
A 12 - A 35
A 58 - LDR



168

170

- A 2 - A 44
- A 3 - A 38
- A 4 - A 39
- A 6 - A 14
- A 7 - A 16
- A 8 - A 15
- A 12 - A 29
- A 13 - A 19
- A 17 - A 34
- A 18 - A 54
- A 20 - A 22
- A 21 - P 9
- A 24 - A 25
- A 27 - A 51
- A 48 - P 5
- A 49 - P 11
- A 52 - P 10
- A 53 - P 6



IM DISCO - LOOK

Eine Disco ohne Lichtorgeln? - Kaum vorstellbar. Du kennst diese Geräte, die Musik in Helligkeitsschwankungen umwandeln. Genauer muß man den Vorgang so beschreiben: *Schallwellen treffen auf ein Mikrofon und werden dort in eine Wechselspannung umgewandelt, anschließend verstärkt, und damit betreibt man Lampen. Im Rhythmus der Musik flackert dann das Licht.* Zwar kannst du mit der LED deines Experimentiersystems nicht gerade einen Raum beleuchten, aber im Prinzip funktionieren solche Lichtorgeln wie im Versuch 170 beschrieben.

Trifft flotte Popmusik auf den Lautsprecher im Pult, flackert die LED hell und schnell, bei Schmusemusik entsprechend langsamer.

In diesem Experiment arbeitet der Lautsprecher als Mikrofon, das die Schallwellen in eine Wechselspannung umwandelt, die über den Transistor T 1A und das Poti auf den Eingang E+ des IC gelangt. Das verstärkte Signal wird dem Transistor T 2A zugeführt, an dessen Kollektor die LED liegt. Dieser Transistor ist eine **Treiberstufe**. Das bedeutet, daß er dem IC nachgeschaltet wird, um eine ausreichende Stromstärke für die LED zu liefern. Dadurch vergrößert sich die Helligkeit der LED.

Bei den Transistorschaltungen hast du bereits den bistabilen Multivibrator, aufgebaut aus zwei Transistoren, kennengelernt. Dieses Flip-Flop, wie der bistabile Multivibrator auch genannt wird, ist in allen Computern in großer Zahl als integriertes Bauteil vorhanden. Es ist so wichtig, daß du es noch einmal mit dem IC aufbauen

solltest. Denn in den Computern zeigt es erst, was es kann. **Experiment 171.**

171. (zuletzt zu stecken)

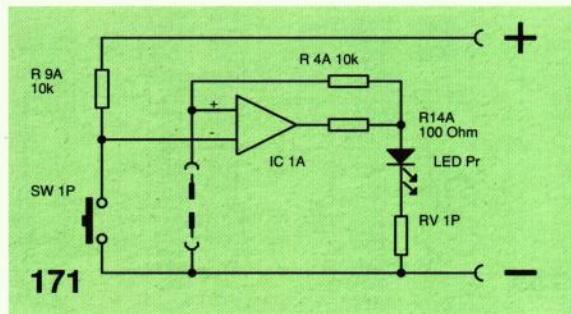
- A 53 - Tastleitung
- A 18 - Tastleitung

Wenn du nach dem Einschalten der Betriebsspannung den Taster betätigst, leuchtet die LED am Ausgang des IC ständig. Durch Verbinden der beiden Tastleitungen geht die LED aus.

Über den Tastschalter erhält der Eingang E- des Operations-Verstärkers eine Spannung von 0 V. Da dieses der invertierende Eingang ist, liegt am Ausgang des IC fast die gesamte positive Betriebsspannung, also fast 9 V. Erneutes Drücken des Tasters oder auch Loslassen ändern nichts, die LED leuchtet weiter. Das wird durch das Zurückführen der positiven Spannung vom Ausgang über R 4A auf den nicht invertierenden

171

- A 5 - A 14
- A 6 - A 59
- A 17 - P 3
- A 20 - A 58
- A 21 - A 51
- A 23 - A 57
- A 34 - A 56
- A 44 - A 52
- A 60 - P 4
- P 1 - A 55
- P 2 - A 16



Eingang E+ des IC erreicht. Diese positive Spannung erzielt auch die positive Spannung am Ausgang. Wenn dieser Zustand einmal erreicht ist, halten sich beide Spannungen gegenseitig. Man nennt dies die **Mitkopplung** des Eingangs E+ mit dem Ausgang.

Durch Verbinden der beiden Tastleitungen erhält der nichtinvertierende Eingang E+ des IC 0 V, und dann erscheinen auch am Ausgang 0 V. Die LED erlischt also.

DER INTEGRATOR - LANGSAM ABER SICHER

In der Mathematik nennt man Verfahren, bei denen sich viele kleine Änderungen zu einem Ganzen summieren, **Integrieren**. In Anlehnung dazu versteht man in der Elektronik unter Integrieren, aus vielen kleinen Spannungsimpulsen ein stetig ansteigendes Signal zu erzielen. Die Schaltung **172** stellt einen **Integrator** dar.

Wenn du den Tastschalter für einige Sekunden gedrückt hältst, wird die LED langsam dunkler. Läßt du den Schalter los, steigt die Helligkeit der LED wieder an. Die LED gibt also Auskunft über die derzeitige Spannung am Ausgang des IC.

Beim Einschalten der Betriebsspannung gelangt über den Spannungsteiler R 3A / R 4A Spannung auf den Eingang E+ des IC. Damit erhält auch der Ausgang eine Spannung, und die LED leuchtet. Durch Drücken des Tasters gelangt positive Spannung in den Eingang E- des IC. Gleichzeitig lädt sich der Kondensator C 4A auf. Wenn die Kondensatorspannung die Spannung

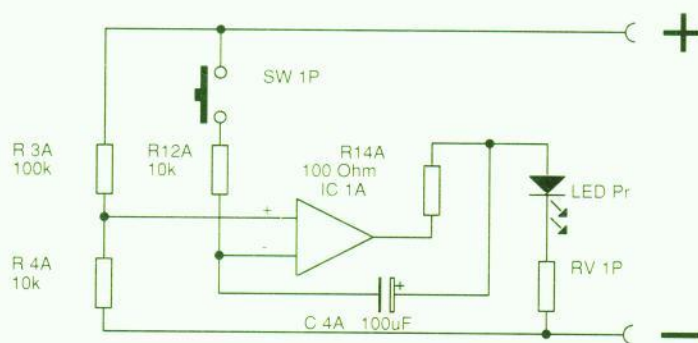
am Eingang E+ übersteigt, verringert sich die Ausgangsspannung des IC, und die LED wird dunkler. Je größer die Kondensatorladung ist, desto geringer wird die Helligkeit. Beim Öffnen des Tasters entlädt sich der Kondensator langsam über die im IC befindlichen Gegenkopplungswiderstände, und die Spannung am Ausgang steigt wieder an.

Die Geschwindigkeit, mit der die Spannung fällt, ist abhängig vom Wert des Widerstands R 12A und der Größe des Kondensators C 4A. Das Ansteigen wird durch den Gegenkopplungswiderstand R 14A und C 4A beeinflusst. Falls du selbständig die Schaltung umkonstruieren willst: *Große Kapazitäten sind langsamer ge- und entladen als kleine.* Du kannst die Kapazität des Kondensators im Experiment **173** verringern. Dafür müssen die Verbindungen von A 58 nach A 38 und von A 57 nach A 48 gelegt werden.

Jetzt wird die LED schneller dunkel als im vorigen Experiment, und entsprechend wird sie auch schneller wieder hell. Der Kondensator C 4A, der jetzt eine Kapazität von 47 μF hat, lädt sich schneller auf und entlädt sich auch schneller.

Im Experiment **174** wird der Entladewiderstand verringert, und auch dadurch fällt die Spannung am Ausgang schneller ab. Du mußt die Verbindung von A 58 nach A 39 und A 57 nach A 49 führen. Außerdem ist der Anschluß A 56 mit A 35 zu verbinden und A 45 mit P 4.

172



A 14	- A 43
A 15	- P 3
A 17	- A 34
A 20	- A 55
A 21	- A 51
A 23	- A 59
A 28	- P 4
A 29	- A 56
A 33	- A 52
A 39	- A 58
A 44	- A 53
A 49	- A 57
P 1	- A 60
P 2	- A 16

MIT MONOFLOP IM TREPPENHAUS

Bei den Transistorgrundschaltungen hast du den monostabilen Multivibrator kennengelernt, der oft als Zeitschalter, z.B. im Treppenhaus, verwendet wird. Auch mit einem IC läßt sich die Schaltung **175** bauen.

Drückst du nach dem Einschalten der Betriebsspannung einmal kurz den Taster, dann leuchtet die LED auf. Nach einer bestimmten Zeit geht sie aber von allein wieder aus. Du erinnerst noch, daß ein monostabiler Multivibrator nur einen stabilen Zustand hat. Das ist der Zustand "Aus". Manchmal findest du auch die etwas saloppe Bezeichnung "Monoflop".

Der Eingang E+ des IC liegt über den Widerstand R 3A an Minus. Eingang E+ invertiert das Signal am Ausgang nicht, so daß die LED dunkel bleibt. Beim Drücken des Tasters entlädt sich schlagartig der Kondensator C 1A und gibt einen negativen Impuls auf den Eingang E- des IC. Das Signal wird invertiert, und der Ausgang führt Spannung. Also leuchtet die LED. Über den Kondensator C 4A fließt ein Ladestrom. Wenn er

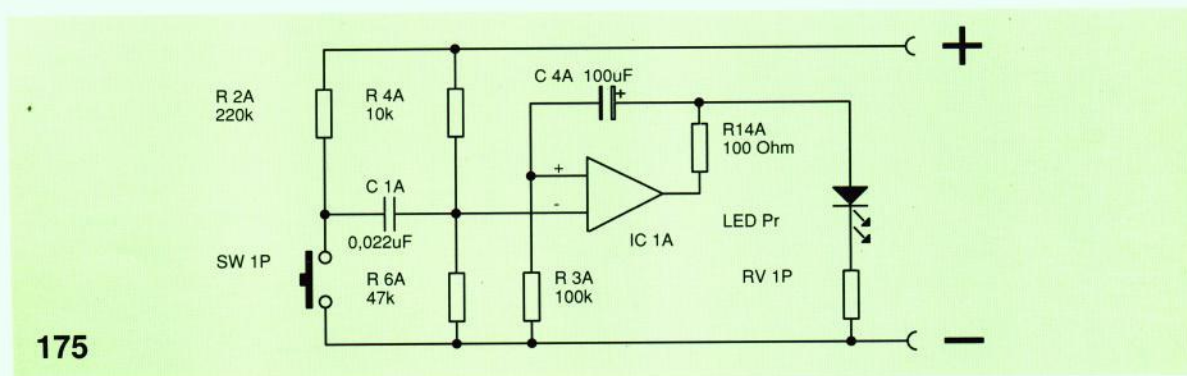
sehr klein geworden ist, ist der Spannungsabfall am Widerstand R 3A zu gering, und da diese Spannung auch am Eingang E+ liegt, tritt am Ausgang des IC keine Spannung mehr auf. Durch Veränderung des Werts des Widerstands R 3A kann die Leuchtdauer der LED beeinflußt werden. Ein größerer Wert verlängert die Zeit. Im Experiment **176** tauschst du den 100 k Ω Widerstand gegen einen mit 470 k Ω aus, und die Leuchtdauer der LED erhöht sich nach dem Drücken des Tasters beträchtlich. Verbinde dazu A 17 mit A 31 und A 57 mit A 41.

177.

Umgekehrt wird die Haltezeit des monostabilen Multivibrators verringert, wenn die Kapazität des Kondensators C 4A kleiner wird. Das kannst du nachvollziehen, wenn du die letzte Schaltung folgendermaßen abwandelst: A 58 nach A 38 und A 55 nach A 48. Wie erwartet, ist die Leuchtdauer der LED kürzer.

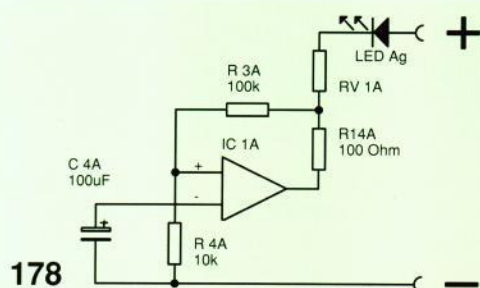
175

A 9 - A 19
A 10 - A 54
A 14 - A 34
A 15 - A 32
A 17 - A 33
A 20 - A 53
A 21 - A 56
A 23 - A 59
A 36 - A 52
A 39 - A 58
A 42 - P 12
A 43 - A 57
A 44 - A 51
P 1
P 2



ES KIPPT OHNE PAUSE

Auch die letzte Transistorgrundschaltung, der astabile Multivibrator, läßt sich mit einem IC aufbauen. Zur Erinnerung: *Bei einem astabilen Multivibrator schaltet die Ausgangsspannung ständig zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert hin und her, es entsteht eine Rechteckspannung.* **Experiment 178.**

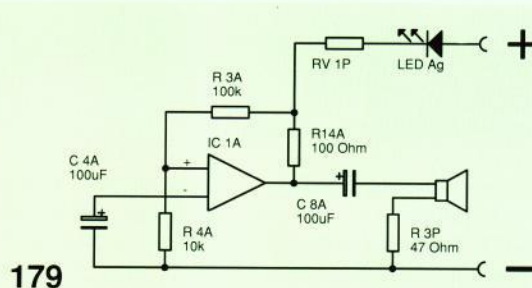


Nach dem Einschalten der Betriebsspannung blinkt die LED. Zur Erklärung dieser Schaltung wollen wir davon ausgehen, daß der Kondensator C 4A beim Einschalten nicht geladen ist. Am Eingang E- des IC befindet sich dann keine Spannung. Da er aber der invertierende Eingang ist, zeigt die LED am Ausgang positive Spannung an. Ein Teil dieser Spannung wird über die Widerstände R 14A und R 3A auf den Eingang E+ zurückgeführt, was **Mitkopplung** genannt wird. In dem IC sind interne Widerstände, die einen Teil der Ausgangsspannung auf den Eingang E- zurückführen. An dieser Spannung lädt sich der Kondensator C 4A auf. Schließlich ist die ansteigende Spannung an E- größer als die am Eingang E+ liegende. Die Ausgangsspannung kippt, und die LED erlischt.

Nun ist die Spannung des Kondensators größer als die Ausgangsspannung, und der Kondensator entlädt sich über die internen Widerstände. Ist dann die Spannung an E- wieder geringer als die an E+, liegt am Ausgang wieder Spannung, und die LED leuchtet. Diese Vorgänge wiederholen sich sehr schnell, das erkennst du an der hohen Blinkfrequenz der LED.

BLINKEN ODER TÖNEN?

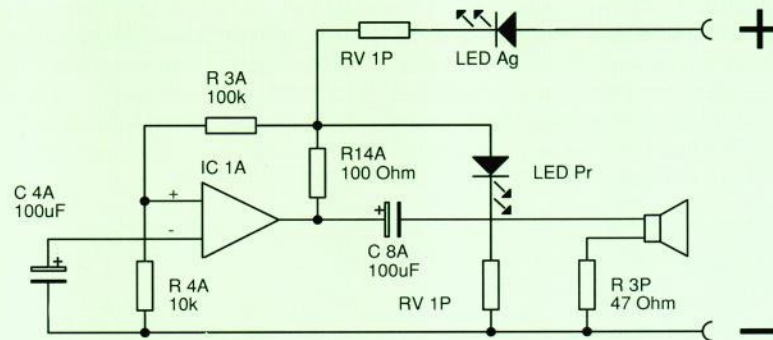
Auch dieser aus einem IC aufgebaute astabile Multivibrator kann Töne erzeugen. Mit der Schaltung 179 kannst du das überprüfen. Die vorhergehende Schaltung muß nur um den Lautsprecher erweitert werden: A 18 mit P 5 und A 24 mit P 6.



Die Wechsellspannung vom Ausgang des IC wird über den Kondensator C 8A dem Lautsprecher zugeführt, und deshalb hörst du einen Ton. Durch die Veränderung des Widerstandswerts von R 4A kannst du die Frequenz verändern. Erhöht du den Wert im Experiment 180 auf 47 k Ω , verringert sich die Frequenz. Das ist zu erreichen, indem du A 16 mit A 10 und A 57 mit A 9 verbindest. Wie wäre es, wenn du selbst versuchst, das Experiment so abzuwandeln, daß die Tonfrequenz ansteigt?

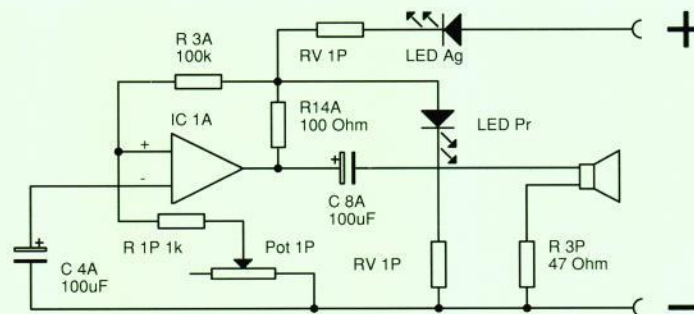
178

A 12	- A 52
A 16	- A 34
A 17	- A 49
A 20	- A 39
A 21	- A 55
A 23	- A 53
A 33	- A 51
A 43	- A 56
A 44	- A 57

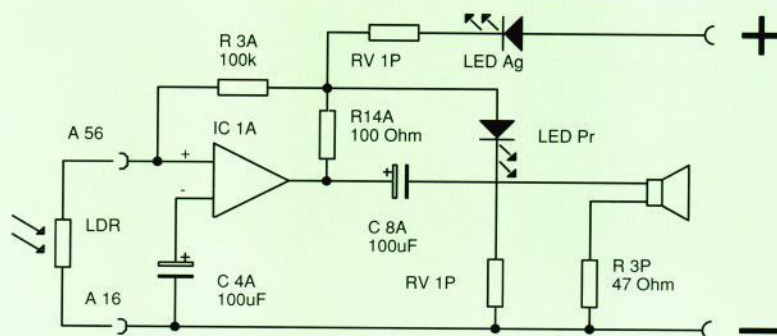
181

Zwei LED können mit dem astabilen Multivibrator abwechselnd geschaltet werden (Versuch **181**). Dazu wird das vorige Experiment so erweitert, daß A 19 mit P 1 und A 54 mit P 2 verbunden ist. Dann blinken die rote und die grüne LED im Wechseltakt.

Eine stufenlose Frequenzeinstellung ist durch Einbau des Potis im Experiment **182** mit geringen Änderungen zu erzielen. A 16 verbindest du mit P 9 und A 57 mit P 11. Nun ist die Blinkfrequenz der LED in weitem Bereich einstellbar, und auch die Frequenz des Tones ändert sich entsprechend.

182

183



Anstatt durch das Poti kannst du Frequenzänderungen auch durch Helligkeitsänderungen am LDR im Experiment **183** erreichen. Die letzte Schaltung 182 ist wieder nur gering abzuwandeln: *A 16 und A 56 mit dem LDR verbinden. Beim Beleuchten oder Abdunkeln des LDR ändern sich jedes Mal die Blinkfrequenz der LED und die Tonhöhe.*

Die Schaltung **184** eignet sich als Tongenerator z.B. für eine Alarmanlage.

Mit dem Einschalten der Betriebsspannung strahlt der Lautsprecher einen Ton ab. In einem begrenzten Bereich kann die Tonhöhe verändert werden.

Dieser astabile Multivibrator arbeitet wie die in den vorhergehenden Experimenten beschriebenen Multivibratoren. Es wurde nur auf den Betrieb einer LED verzichtet. Wenn du A 11 mit A 54 verbindest, eignet sich der Tongenerator der letzten Schaltung für eine Alarmanlage. Zwischen A 10 und A 14 muß im Versuch **185** ein Stolperdraht (s. Experiment 188) gespannt sein, dessen Unterbrechung den Alarmton auslöst.

Ein lichtabhängiger Tongenerator ist die Schaltung **186**. Lichteinfall auf den LDR läßt die Schwingung aussetzen, bei Dunkelheit beginnt der Ton erneut.

Bei Dunkelheit beginnt der astabile Multivibrator zu schwingen, wie in den vorigen Versuchen beschrieben. Dann liegt am Punkt A 54 des Spannungsteilers LDR / R 4A eine geringe positive Spannung, weil der LDR einen großen Widerstand hat. Man sagt, er ist **hochohmig**. Mit Lichteinfall auf den LDR wird der Eingang E+ des IC so weit positiv, daß die Schwingung abreißt. Das geschieht allerdings nicht ganz abrupt, sondern es entstehen beim Anschwingen und beim Ausschwingen des Multivibrators jeweils Effekte, mit denen du z.B. Vogelstimmen imitieren kannst.

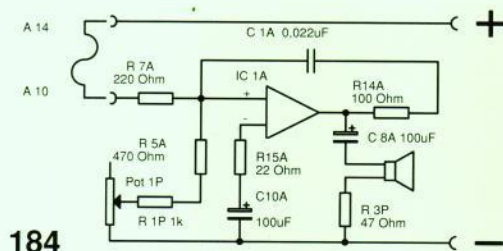
Alarmanlagen haben häufig auch einen Lichtsensor: Wird nachts in der Wohnung Licht angemacht, heult die Sirene los. *Wenn du diesen Versuch **187** aufbaust, vergiß abends nicht die Betriebsspannung auszuschalten! Du weckst sonst die Mitbewohner, falls nachts in deinem Zimmer Licht eingeschaltet wird.*

184

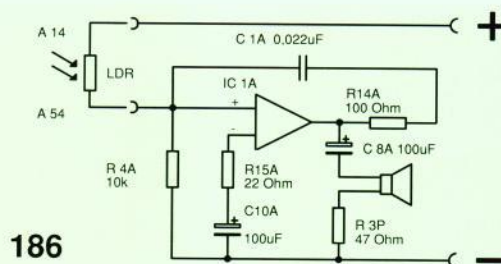
A 16 - P 11
A 17 - P 5
A 20 - A 22
A 21 - A 51
A 23 - A 36
A 24 - P 6
A 35 - P 9
A 45 - A 52
A 46 - A 53

186

A 14 - LDR
A 16 - A 34
A 17 - P 5
A 20 - A 45
A 21 - A 51
A 22 - A 35
A 23 - A 36
A 24 - P 6
A 44 - A 52
A 46 - A 53
A 54 - LDR



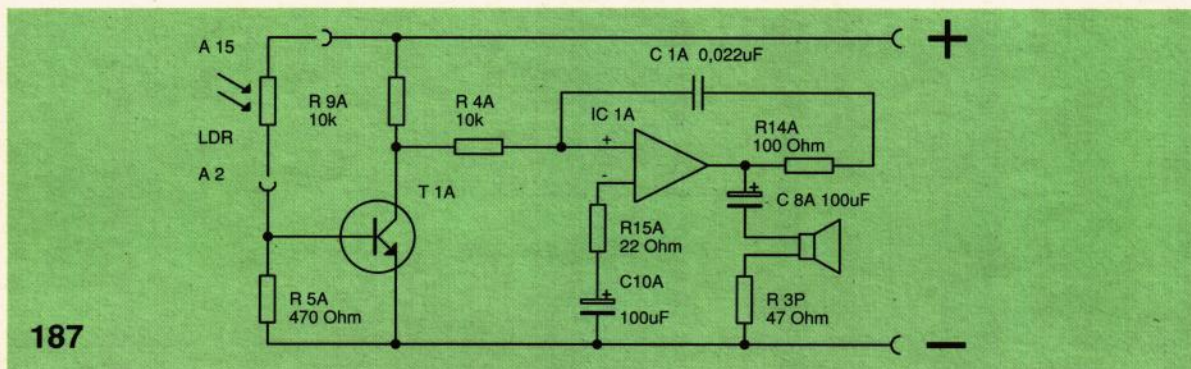
184



186

187

A 1 - A 16
 A 2 - LDR
 A 3 - A 35
 A 4 - A 34
 A 6 - A 14
 A 15 - LDR
 A 17 - P 5
 A 18 - A 45
 A 20 - A 22
 A 21 - A 51
 A 23 - A 36
 A 24 - P 6
 A 44 - A 52
 A 46 - A 53



Bei eingeschalteter Betriebsspannung schwingt der Generator, was wirklich nicht zu überhören ist! Dunkelst du den LDR ab, setzt die Schwingung aus, allerdings wieder nicht ganz plötzlich, sondern auch mit Übergängen wie beim letzten Versuch. Wenn helles Licht auf den LDR fällt, bekommt die Basis des Transistors T 1A eine positive Spannung, der Transistor schaltet durch, und der Eingang E+ liegt über dem Widerstand T 4A und die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors an Minus. Nun beginnt der astabile Multivibrator zu schwingen. Bei Dunkelheit sperrt der Transistor, der Eingang E+ liegt über R 4A und R 9A an Plus, und das Schwingen wird unterbrochen.

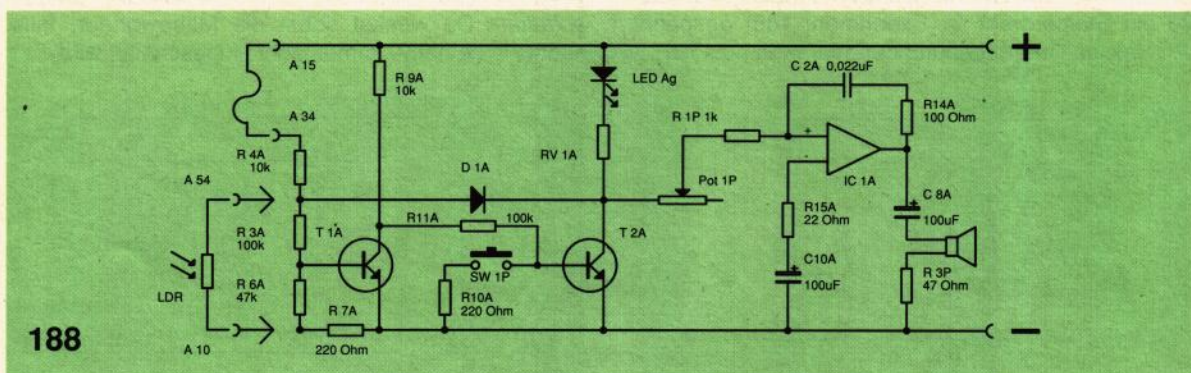
ALARM - EINBRUCH VERHINDERT

Sichere und gute Alarmanlagen sind heute wichtiger denn je, und der Verkauf solcher Warngeräte steigt mehr und mehr an. Aber auch der Selbstbau wird immer stärker betrieben, und mit der Schaltung 188 bekommst du eine Anregung dafür, wie eine einwandfreie Alarmanlage beschaffen sein muß.

188. (zuletzt zu stecken)

A 15 - A 34 (Stolperdraht)

Nach dem Einschalten der Betriebsspannung passiert nichts. Der Auslöser für diese Alarmanlage ist die Verbindung A 15 - A 14. Solange sie nicht unterbrochen ist, kannst du noch ganz ruhig bleiben. Du solltest dir überlegen, was du mit deiner Anlage bewachen willst. Vielleicht deinen Schreibtisch oder deinen Schrank?



Du müßtest eine Verbindung mit langen Drähten zu dem zu sichernden Objekt (so heißt es in der Fachsprache) herstellen. Drücke dann zwei Heftzwecken im Abstand von einem Zentimeter in die Tür und befestige die Drähte daran. Auf der anderen Seite klebst du eine Metallfolie so, daß die beiden Heftzwecken berührt werden. Bei geschlossener Tür überbrückt die Folie den Abstand zwischen den beiden Heftzwecken, und es passiert nichts. Sowie sich aber die Tür öffnet, wird die Verbindung unterbrochen, und der Lärm geht los.

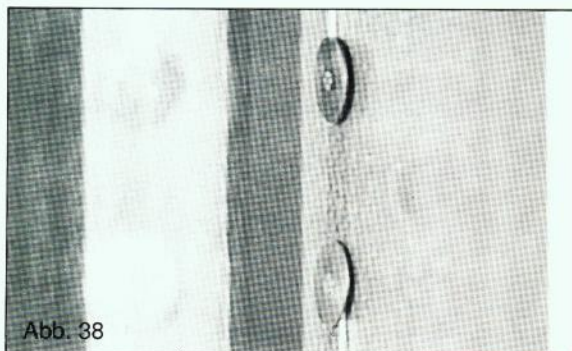


Abb. 38

Demjenigen, der diesen Alarm ausgelöst hat, nützt es nichts, rasch die Tür wieder zu schließen: *Der Ton wird nicht unterbrochen, und die LED leuchtet weiter.* Du mußt erst den Taster drücken, um die Anlage zur Ruhe zu bringen. Bei Alarmanlagen wird der Schalter, mit dem der Alarm abgestellt wird, immer gut versteckt.

Die Alarmanlage besteht aus zwei Schaltungsteilen. Der erste Teil mit den Transistoren T 1A und T 2A sorgt dafür, daß ein einmal ausgelöster Alarm nicht wieder aufgehoben wird. Der astabile Multivibrator mit dem IC erzeugt den Ton, der vom Lautsprecher abgestrahlt

wird. Die Anlage ist bei geschlossenem Kontakt A 15 - A 34 betriebsbereit. Wird er unterbrochen, erhält die Basis des Transistors T 1A keine Spannung mehr, und er sperrt. Nun bekommt die Basis vom Kollektor von T 2A eine positive Spannung, es fließt ein Basisstrom, und die LED an seinem Kollektor leuchtet. Über die Emitter-Kollektor-Strecke von T 2A und die Diode D 1A liegt die Basis von T 1A an Minus und hält ihn in gesperrtem Zustand. Über den durchgeschalteten Transistor T 2A, das Poti und den Widerstand R 1P liegt auch der Eingang E+ des IC an Minus. Damit kann der astabile Multivibrator schwingen. Ein Druck auf den Taster legt die Basis von T 2A an Minus. Er sperrt, die LED geht aus, und der Eingang E+ des IC liegt wieder an Plus. Das Schwingen des Multivibrators setzt aus.

Eine Doppelfunktion erhält die Warnanlage, wenn du sie im Versuch 189 etwas erweiterst. Dann kann der Alarm nämlich durch Unterbrechen der Alarmkontakte an Fenstern und Türen durch Lichteinfall ausgelöst werden.

189.

In den Anschlüssen A 10 und A 54 wird der LDR befestigt, und schon kann der Alarm auf doppelte Weise ausgelöst werden.

Der Unterschied zur vorigen Schaltung besteht darin, daß der LDR parallel zum Spannungsteiler aus R 3A und R 6A liegt. Bei Dunkelheit ist sein Widerstand so groß, daß der Transistor über die Alarmschleife durchgeschaltet wird. Trifft aber Licht auf den LDR, verringert sich sein Widerstandswert so weit, daß die Basis des Transistors an Minus liegt, und dann sperrt T 1A. Das geschieht auch beim Unterbrechen der Alarmschleife.

188

A 1	- A 16
A 2	- A 57
A 4	- A 27
A 6	- A 14
A 7	- P 3
A 11	- A 18
A 9	- A 55
A 12	- A 29
A 13	- A 17
A 19	- P 5
A 20	- A 22
A 23	- A 47
A 24	- P 6
A 25	- P 4
A 30	- A 59
A 33	- A 52
A 37	- P 12
A 40	- A 53
A 43	- A 56
A 44	- A 51
A 50	- A 58
A 60	- P 11
P 13	- P 9
P 14	- A 21

190

A 1 - A 25
 A 2 - A 47
 A 4 - A 29
 A 8 - M.L.*
 A 15 - M.L.*
 A 13 - A 16
 A 14 - A 28
 A 17 - P 5
 A 18 - A 37
 A 20 - A 22
 A 21 - A 52
 A 23 - A 36
 A 24 - P 6
 A 30 - P 11
 A 35 - P 9
 A 45 - A 51
 A 46 - A 53

OHNE SENSOREN GEHT ES NICHT

Feuchtigkeitssensoren können in industriellen Produktionsanlagen den Fertigungsprozeß überwachen. Sie werden aber neuerdings auch an Kraftfahrzeugen eingesetzt, wo sie z.B. die Feuchtigkeit auf der Frontscheibe messen, und bei übermäßiger Feuchtigkeit wird der Scheibenwischer selbsttätig eingeschaltet. Auch Schiebedächer, die versehentlich geöffnet blieben, werden bei beginnendem Regen automatisch geschlossen. Das kann schon Passanten verblüffen, wenn das am Straßenrand stehende Kabriolet bei heraufziehenden Regenwolken wie von Geisterhand geschlossen wird. Natürlich kannst du mit der Schaltung 190 nicht gerade ein Autodach schließen, aber das Prinzip einer solchen Schaltung bleibt gleich, auch wenn, wie bei deiner Schaltung, "nur" ein Tongenerator eingeschaltet wird.

Wenn der "Meßfühler Leitfähigkeit" trocken bleibt, erhält der Eingang E+ des IC über R 9A, das Poti 1P, R 1P und R 5A eine positive Spannung. Das als Multivibrator geschaltete IC schwingt nicht. Es beginnt erst zu schwingen, wenn am Meßfühler eine leitende Verbindung zwischen dem Pluspol der Batterie und der Basis von T 1A hergestellt wird. Dann fließt ein Basisstrom durch die Transistoren T 1A und T 2A, die als Darlingston-Verstärker geschaltet sind. Über den Emit-

ter-Kollektor, das Poti und den Widerstand R 5A ist der Eingang E+ des IC mit dem Minuspol verbunden. Der Multivibrator schwingt, und der Lautsprecher strahlt einen Ton ab. Das Poti kann zur Frequenzänderung benutzt werden.

Wasserverunreinigungen müssen möglichst schnell und mit geringem Aufwand gemessen werden, um sofort darauf reagieren und Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Man benötigt Meßgeräte, die sicher zu handhaben sind. Einige dieser Geräte arbeiten nach folgendem Prinzip: *Ein großer Teil der verunreinigenden Stoffe erhöht die Leitfähigkeit des Wassers für den elektrischen Strom.* Je besser also Wasser den elektrischen Strom leitet, desto stärker ist es mit diesen Stoffen belastet (vergl. Versuch 140). Das Meßgerät im Experiment 191 arbeitet nach diesem Prinzip. Die Ansprechschwelle wird mit Leitungswasser ermittelt. Das Poti ist so einzustellen, daß die LED gerade nicht leuchtet, wenn der Meßfühler in Leitungswasser getaucht ist. Tauchst du dann den Meßfühler in eine Flüssigkeit mit größerer Leitfähigkeit, geht die LED an. Mit dem Poti muß nun soweit eingestellt werden, daß die LED gerade wieder ausgeht. Der Unterschied der Skalenwerte ist dann ein Maß für die Verschmutzung.

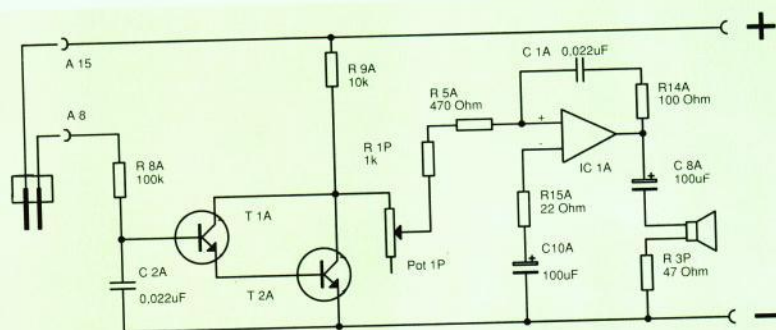
Experiment 191.

191

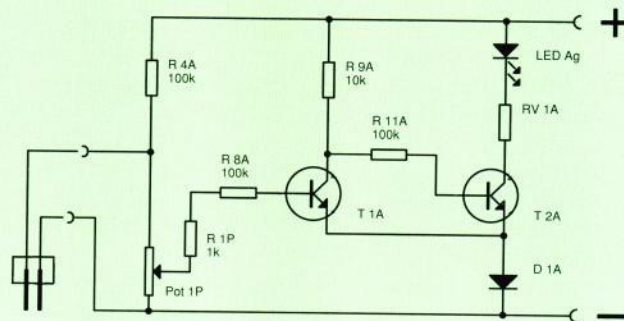
A 1 - A 55
 A 4 - A 27
 A 6 - A 14
 A 8 - P 9
 A 12 - A 29
 A 13 - A 56
 A 15 - A 44
 A 16 - P 10
 A 17 - M.L.*
 A 18 - A 50
 A 34 - A 59
 A 40 - A 57
 A 58 - P 11
 A 60 - M.L.*

* Meßfühler
 Leitfähigkeit

190



191



Der Wassertester besteht aus einem Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger), dessen Schaltschwelle mit dem Poti eingestellt wird. Die Elektroden des Meßfühlers liegen an den Außenanschlüssen des Potis, so daß der Widerstand einer anderen Flüssigkeit, der parallel zum Poti liegt, den Widerstand verändert. *Aber bitte nicht mit Zuckerwasser ausprobieren.* Damit ist alles anders. Denn die Leitfähigkeit des Wassers erhöht sich nicht. Kochsalz, das du in Wasser löst, erhöht die Leitfähigkeit aber erheblich. Tauchst du den Meßfühler in Salzwasser, verringert sich der Widerstand parallel zum Poti. Es verschiebt sich also die Spannung am Poti und damit auch die an der Basis von T 1A. Der Transistor T 1A sperrt, dann schaltet T 2A durch, und die LED leuchtet. Die Diode am Emitter des Transistors T 2A steht anstelle eines Widerstands und erzeugt einen Spannungsabfall, der unabhängig von der Strom-

stärke ist. Deshalb bleibt die Hysterese klein. Wenn du statt Salzwasser Essig oder Seifenwasser verwendest, leuchtet die LED ebenfalls früher auf als in Leitungswasser.

Anstelle der LED, die die Verunreinigung im Experiment 191 anzeigt, wird bei diesem Versuch **192** ein Alarmsignal ausgelöst, wenn der Meßfühler in verschmutztes Wasser taucht. Mit dem Poti wird, wie im vorigen Versuch, der Wassertester auf Leitungswasser eingestellt. Die LED soll nicht leuchten, und der Lautsprecher keinen Ton abstrahlen. Taucht der Meßfühler in Schmutzwasser, verringert sich sein Widerstand, und der Schmitt-Trigger schaltet um. Transistor T 1A sperrt, T 2A leitet, und nun liegt der Eingang E+ des IC über T 2A, R 6A und der Diode D 1A an Minus. Damit kann der astabile Multivibrator schwingen, und der Lautsprecher strahlt den Ton ab.

192

A 1	- A 55
A 4	- A 27
A 6	- A 14
A 8	- P 9
A 9	- A 30
A 10	- A 53
A 12	- A 29
A 13	- A 56
A 15	- A 44
A 16	- P 10
A 17	- M.L.*
A 18	- P 12
A 19	- P 5
A 20	- A 47
A 21	- A 51
A 23	- A 43
A 24	- P 6
A 33	- A 52
A 34	- A 59
A 37	- P 13
A 40	- A 57
A 50	- P 14
A 58	- P 11
A 60	- M.L.*

* Meßfühler
Leitfähigkeit

193

A 9 - A 16
 A 10 - A 51
 A 12 - A 30
 A 13 - A 19
 A 17 - A 35
 A 18 - A 47
 A 20 - A 22
 A 21 - A 52
 A 24 - A 55
 A 27 - A 60
 A 37 - A 59
 A 40 - A 57
 A 45 - A 56
 A 46 - A 53
 A 50 - A 58

194

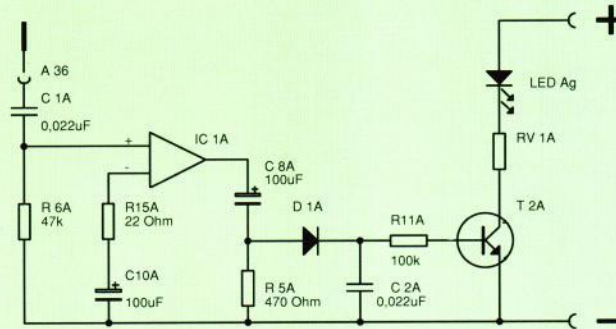
A 1 - A 13
 A 4 - A 27
 A 6 - A 14
 A 7 - A 18
 A 8 - A 52
 A 9 - A 58
 A 10 - P 12
 A 12 - A 30
 A 16 - P 13
 A 17 - A 35
 A 19 - A 48
 A 20 - A 22
 A 21 - A 59
 A 24 - A 55
 A 34 - P 14
 A 38 - A 53
 A 40 - A 57
 A 44 - A 54
 A 45 - A 56
 A 46 - A 60
 A 50 - A 51

193

KONTAKTLOS GESCHALTET

Kontaktlos schalten mit Sensoren ist uns sehr vertraut. Ob Ampelanlagen, Fahrstühle oder Stereoanlagen - überall sind Sensortasten anstelle mechanischer Schalter eingebaut. Diese Sensoren nutzen die Tatsache aus, daß in unserer Umgebung elektrische und magnetische Wechselfelder vorhanden sind, die im menschlichen Körper eine Wechselspannung induzieren. Wenn die auch sehr gering ist, reicht sie doch aus, um eine hochempfindliche elektronische Schaltung zu beeinflussen. Der Versuch **193** zeigt eine solche Sensortaste, bei der eine einzige Elektrode zum Auslösen genügt.

193. (zuletzt zu stecken)
 A 36 - Sensorkontakt

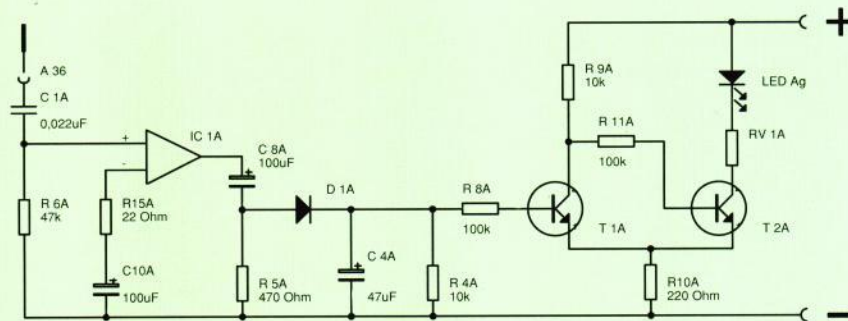


Beim Berühren des Anschlusses A 36 wird die Wechselspannung von deinem Finger abgenommen und dem Eingang E+ des IC zugeführt, das einen hochempfindlichen Wechselspannungs-Verstärker darstellt. Die verstärkte Wechselspannung am Ausgang des IC wird an der Diode D 1A gleichgerichtet, bevor sie zur Basis des Transistors T 1A gelangt. Diese Gleichspannung reicht aus, um den Transistor durchzuschalten und die LED leuchten zu lassen.

Mit dem Experiment **194** läßt sich eine weitere Sensorschaltung bauen. Die LED geht nach dem Berühren des Anschlusses A 36 aus, leuchtet aber kurze Zeit später wieder.

194. (zuletzt zu stecken)
 A 36 - Sensorkontakt

194



Die Schaltung dieser Sensortaste ist ähnlich aufgebaut wie sie im Experiment 193. Dem Wechselspannungs-Verstärker mit dem IC folgt die Gleichrichtung der Wechselspannung, bevor die Gleichspannung dem Schmitt-Trigger zugeführt wird. Der Kondensator C 4A lädt sich auf, und dadurch wird die Schwellspannung des Schmitt-Triggers überschritten. T 1A schaltet durch, T 2A sperrt, und die LED erlischt. Wird der Sensorkontakt nicht mehr berührt, leuchtet die LED nach kurzer Zeit wieder auf, weil sich der Kondensator über den Widerstand R 4A entladen hat. Dann kippt der Schwellwertschalter zurück. Die Dunkelphase nach dem Loslassen bestimmen der Kondensator C 4A und der Widerstand R 4A.

Mit dem Experiment 195 vergrößerst du den Wert des Entladewiderstands R 4A. Dadurch bleibt die LED länger dunkel. Um das zu erreichen, verbinde P 14 mit A 32 und A 54 mit A 42.

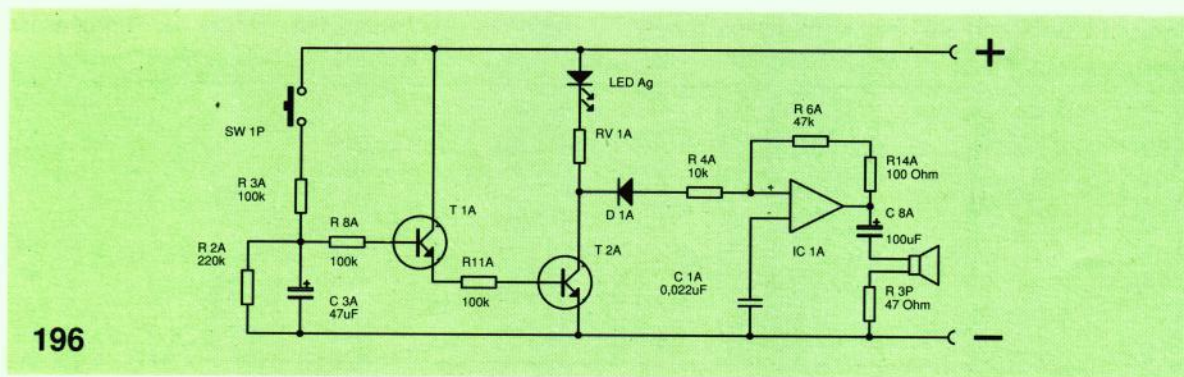
LANGSAMSCHALTER

In den Experimenten 46 und 48 hast du erfahren, daß Ein- und Ausschaltverzögerungen in bestimmten technischen Einrichtungen eine Rolle spielen. Eine Ein- und Ausschaltverzögerung kannst du mit dem Experiment 196 bauen, und zwar werden die LED und ein astabiler Multivibrator mit Verzögerung eingeschaltet. Beim Loslassen der Taste leuchtet die LED noch nach, und der Lautsprecher strahlt einen Ton ab, der allmählich abklingt.

In der Schaltung 196 rufen die Lade- und Entladevorgänge am Kondensator C 3A die Ein- und Ausschaltverzögerung hervor. Bei geschlossenem Taster lädt sich der Kondensator über den Widerstand R 3A auf. Mit zunehmender Ladung steigt die Spannung, und wenn sie die Schwellspannung des Transistors überschritten hat, schaltet der Transistor T 1A durch und damit auch T 2A. Die LED leuchtet, und der Eingang E+ des IC liegt an Minus. Das IC ist als astabiler Multivibrator geschaltet, und er beginnt zu schwingen. Wenn der Tastschalter losgelassen wird, entlädt sich der Kondensator C 3A. Ist die Spannung an ihm unter die Schwellspannung des Transistors abgesunken, sperrt T 1A. Damit erlischt die LED, und der astabile Multivibrator schwingt nicht mehr.

196

A 4	- A 14
A 7	- A 35
A 8	- A 53
A 9	- A 23
A 10	- A 57
A 12	- A 29
A 13	- A 17
A 15	- P 3
A 16	- A 48
A 18	- A 32
A 19	- A 59
A 20	- A 46
A 21	- A 56
A 24	- P 5
A 26	- A 45
A 30	- A 50
A 33	- A 51
A 34	- A 40
A 36	- A 58
A 38	- A 52
A 42	- A 54
A 43	- P 4
A 44	- A 55
A 60	- P 6


196

EIN- UND AUSSCHALTVERZÖGERUNG

Im letzten Versuch hast du eine Ein- und Ausschaltverzögerung aufgebaut, die nicht ganz exakt arbeitete. Vielleicht Erinnerst du dich: *Die LED leuchtete mit Verzögerung, ihre Helligkeit änderte sich aber nicht schlagartig, sondern sie wurde langsam heller und ging auch langsam wieder aus.* Mit der Ein- und Ausschaltverzögerung nach der Schaltung 197 sind die Schaltzustände viel eindeutiger. Mit dem Drücken des Tasters beginnt das Laden des Kondensators C 3A. Wenn seine Ladung groß genug ist, leitet der Transistor T 1A, und damit sperrt der Transistor T 2A. Dann leitet der Transistor T 2B. Die LED leuchtet, und der astabile Multivibrator mit dem IC beginnt zu schwingen. Aus dem Lautsprecher ist ein Ton zu hören. Beim Loslassen des Tasters entlädt sich der Kondensator über den Transistor T 1A und die Widerstände R 9A und R 10A. Ist die Schaltschwelle des Schmitt-Triggers T 1A / T 2A unterschritten, erlischt die LED, und der astabile Multivibrator hört auf zu schwingen.

Die Ein- und Ausschaltverzögerung kann mit anderen Kondensatorwerten vergrößert oder verringert werden. Im Experiment 198 wird die Verzögerung mit einem Kondensator von 100 μF vergrößert. Dazu ist der Anschluß A 17 nach A 49 und A 52 nach A 39 zu verlegen. Die übrige Verdrahtung bleibt wie im Experiment 197 erhalten. Durch die Verdopplung der Kapazität des Kondensators dauern die Ladung und die Entladung länger als bei einem Kondensator mit geringerer Kapazität. Deshalb leuchtet die LED später auf als im vorigen Versuch, und auch der Lautsprecherton setzt entsprechend später ein. Bei der Entladung verzögert sich das Ausschalten natürlich auch noch mehr.

SIRENENALARME

In den bisherigen Experimenten hast du einige Schaltungen kennengelernt, mit denen Tonerzeuger aufzubauen waren. Mit einem aus Transistoren aufgebauten Generator, aber auch mit dem IC, ließen sich astabile Multivibratoren zur Tonerzeugung zusammenschalten. Einen völlig neuen Tongenerator kannst du nun mit den Elementen des Moduls B aufbauen.

In ländlichen Gebieten und kleineren Gemeinden wird bei Feuer oder bei Übungen eine Sirene benutzt, um die Mitglieder der freiwilligen Feuerwehren zu alarmieren. Solche Sirenen sind aber auch über das ganze Land verteilt, um die Bevölkerung bei Gefahr zu warnen. In regelmäßigen Abständen werden in der Presse und im Rundfunk Probealarm bekanntgegeben. Wenn einmal die Sirene ertönt, ohne daß ein Probealarm angekündigt war, gibt der Rundfunk den Grund für den Alarm durch.

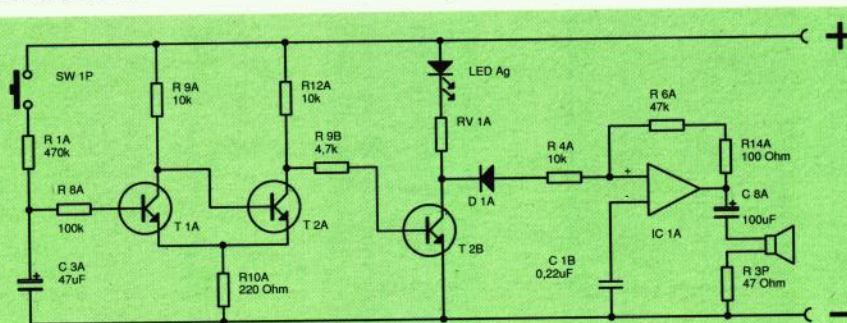
Die Schaltung 199 erzeugt den Ton einer Sirene, und du wirst feststellen, der Ton ist schon sehr durchdringend. Eine Besonderheit hat diese Schaltung noch: *Der Alarm wird erst ausgelöst, wenn der LDR abgedunkelt ist.*

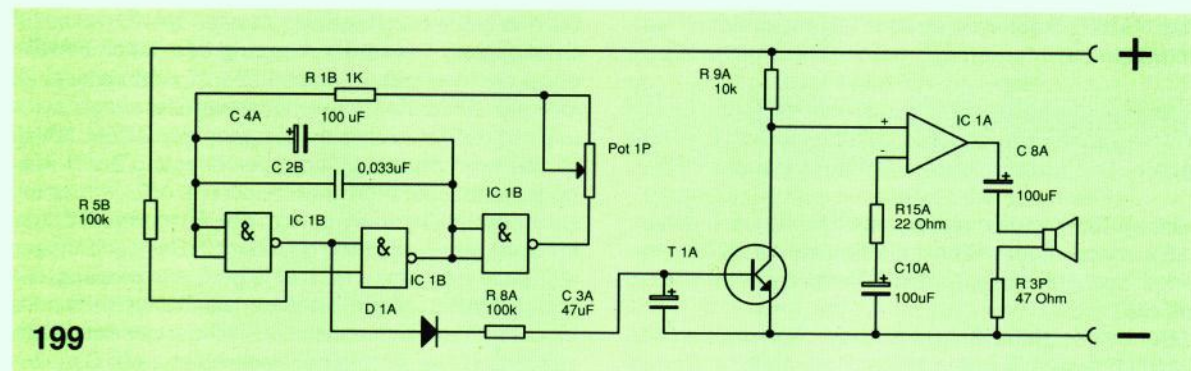
Die Transistoren T 1A und T 2A stellen einen Taktgenerator dar. Am Kollektor von T 2A entsteht ein langsames Rechtecksignal, das dem Integrator aus R 3B und C 3B zugeführt wird. Er erzeugt eine ansteigende oder abfallende Spannung, die den Ton anschwellen oder abfallen läßt. In dem Maße, in dem sich die Spannung verändert, verstellt er die Frequenz des IC-Generators. Am Ausgang des IC liegt der Lautsprecher, der den Sirenton abstrahlt. Das Poti P 1B regelt die Geschwindigkeit, mit der die Tonhöhe der

197

- A 1 - A 13
- A 4 - A 26
- A 6 - A 15
- A 7 - A 16
- A 8 - A 51
- A 9 - A 23
- A 10 - A 56
- A 12 - B 8
- A 14 - A 28
- A 17 - A 48
- A 18 - A 60
- A 20 - B 28
- A 21 - A 57
- A 24 - P 5
- A 29 - B 10
- A 31 - P 3
- A 34 - A 40
- A 38 - A 52
- A 41 - A 53
- A 44 - A 55
- A 50 - B 7
- A 58 - P 6
- A 59 - B 29
- B 6 - B 16
- B 14 - P 4

197





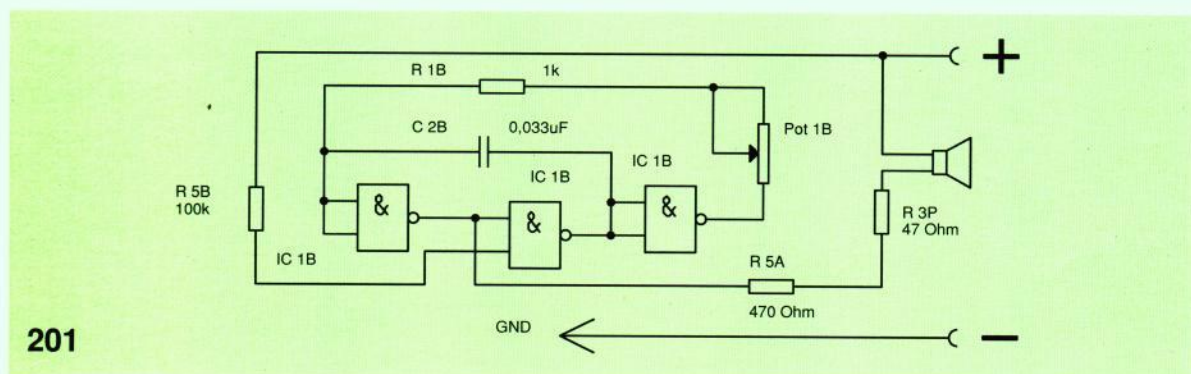
Sirene steigt und fällt. Das Poti P 2B regelt die untere Tongrenze. Bei großer Helligkeit am LDR verringert sich dessen Widerstand so sehr, daß der IC-Generator nicht mehr schwingen kann. Eine genaue Erklärung dieses neuen Generators findest du in den Versuchen 201 bis 209.

Im Experiment **200** kann die Sirene umgekehrt bei Helligkeit anlaufen. Dazu muß der Anschluß A 34 nach B 16 gelegt werden, und an B 15 liegt der zweite Anschluß des LDR. Die Schaltung funktioniert wie im Versuch 199 beschrieben, nur der LDR und der Widerstand R 4A wurden ausgetauscht, so daß nun der IC-Generator bei Dunkelheit gestoppt wird.

NAND - GENERATOR

In den beiden letzten Experimenten wurden Teile des Moduls B zur Tonerzeugung eingesetzt. Wie das funktionierte, ist in der Schaltung **201** beschrieben. Es ist der Aufbau eines astabilen Multivibrators aus den NAND-Gliedern des Moduls B.

Nach dem Einschalten der Betriebsspannung ertönt ein sehr hoher Ton aus dem Lautsprecher, dessen Lautstärke allerdings doch nicht sehr groß ist.



199

- A 1 - A 16
A 2 - A 33
A 3 - A 48
A 4 - A 39
A 6 - A 52
A 8 - A 14
A 9 - B 12
A 10 - A 21
A 11 - A 19
A 12 - A 29
A 13 - A 17
A 15 - A 51
A 18 - P 5
A 20 - A 22
A 24 - P 6
A 25 - A 49
A 26 - P 10
A 28 - B 20
A 30 - A 38
A 34 - B 15
A 43 - B 14
A 44 - B 33
A 53 - P 9
B 1 - B 19
B 11 - B 32
B 16 - LDR
B 27 - B 28
B 29 - B 30
B 31 - LDR

201

- A 14 - P 5
A 35 - B 12
A 45 - P 6

202

A 14 - P 5
B 27 - B 28
B 29 - B 30
A 35 - B 12
A 45 - P 6

Das NAND erkennst du an dem folgenden Schaltsymbol.

Schaltsymbol
NAND-Gatter



Weitere Einzelheiten darüber erfährst du noch später.

Ein etwas tieferer Ton - die Lautstärke steigt allerdings doch nicht an - ist mit dem Versuch 202 zu erzielen.

Bei beiden Schaltungen wird der Ton mit den drei NAND-Gliedern auf dem Modul B erzeugt. Im Schaltbild ist dargestellt, daß die drei NAND mit dem Poti P 1B, dem Widerstand R 1B und dem Kondensator C 2B einen Generator bilden, der beim Einschalten der Betriebsspannung sofort schwingt. Nehmen wir an, beim Einschalten der Betriebsspannung sind die Eingänge des ersten NAND 0. Damit ist dieser Ausgang 1, wie du aus der Funktionstabelle des NAND entnehmen kannst.

Eingänge		Ausgang
A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND

Da nun beide Eingänge des zweiten NAND 1 sind, ist der Ausgang 0, und der Ausgang des dritten NAND - es ist ein Inverter - ist dann 1. Der Kondensator C 2B lädt sich über R 1B auf. Überschreitet durch seine Ladung die Spannung am Eingang des ersten NAND die Schwellspannung, kippt der Ausgang auf 0. Nun sind beide Eingänge des zweiten NAND mit unterschiedlichen Signalen belegt, der Ausgang ist 1, und der Ausgang des dritten NAND ist 0. Der Kondensator lädt sich jetzt um, und das Signal am Eingang des ersten NAND ändert sich. Ist die Schwellspannung unterschritten, ändert sich auch wieder der Ausgangszustand. Diese Vorgänge wiederholen sich. Das Umladen des Kondensators geschieht so schnell, daß der Lautsprecher einen Ton abstrahlt.

Im Experiment 202 liegt ein Kondensator von 220 nF parallel zu dem Kondensator C 2B. Die Gesamtkapazität erhöht sich, und dadurch dauert das Laden und Entladen der Kondensatoren länger. Entsprechend ist der Ton tiefer.

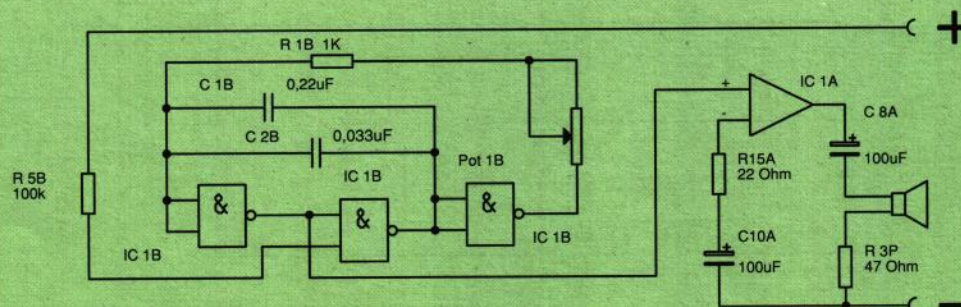
Du hast gehört, daß die Lautstärke des Tongenerators aus den beiden vorigen Versuchen alles andere als umwerfend war. Inzwischen kennst du Möglichkeiten, den Ton zu verstärken. Das geschieht im Experiment 203 dadurch, daß dem Generator ein Verstärker nachgeschaltet wird.

Nun kann sich der Ton schon hören lassen, der aus dem Lautsprecher ertönt.

203

A 16 - P 5
A 20 - A 22
A 21 - B 12
A 24 - P 6
B 27 - B 28
B 29 - B 30

203



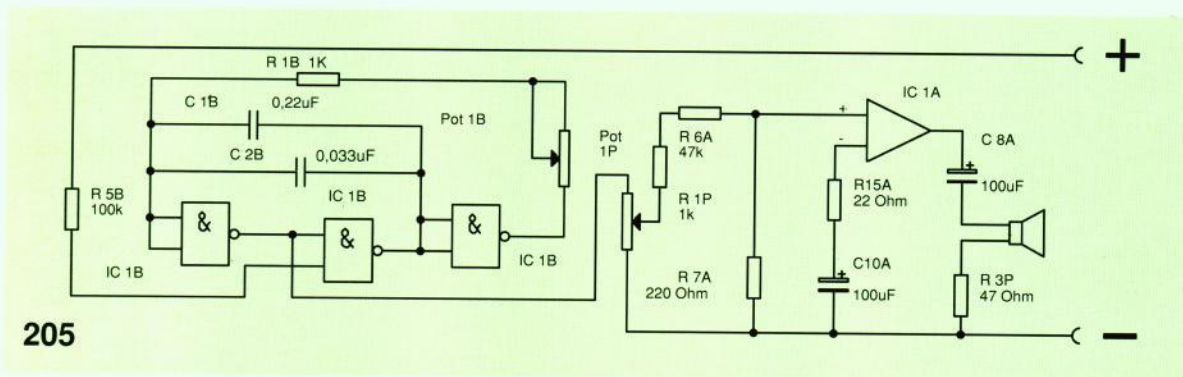
Das vom Tongenerator abgenommene Signal wird dem Eingang E+ des als Verstärker geschalteten IC 1A zugeführt. An seinem Ausgang liegt der Lautsprecher, der den verstärkten Ton abstrahlt. Die Frequenz des Tongenerators kannst du erheblich senken, wenn du in der Schaltung **204** parallel zum Kondensator C 2B einen anderen schaltest, der eine erheblich größere Kapazität hat. Das Umladen dauert nun viel länger, und deshalb sinkt die Tonhöhe stark ab. Du mußt die Verdrahtung aus der Schaltung 203 abwandeln, indem du B 30 nach B 24 und B 27 nach B 23 verbindest.

So ein Dauerton, wie du ihn mit den vorigen Schaltungen erzeugt hast, kann schon sehr störend sein, vor allem, wenn die Lautstärke groß ist. Mit der Schaltung **205** wird der Tongenerator so erweitert, daß du die Lautstärke einstellen kannst.

Wie der Generator den Dauerton erzeugt, hast du ja bereits bei den vorigen Schaltungen erfahren. Die Lautstärkeregelung erfolgt dadurch, daß die Spannung

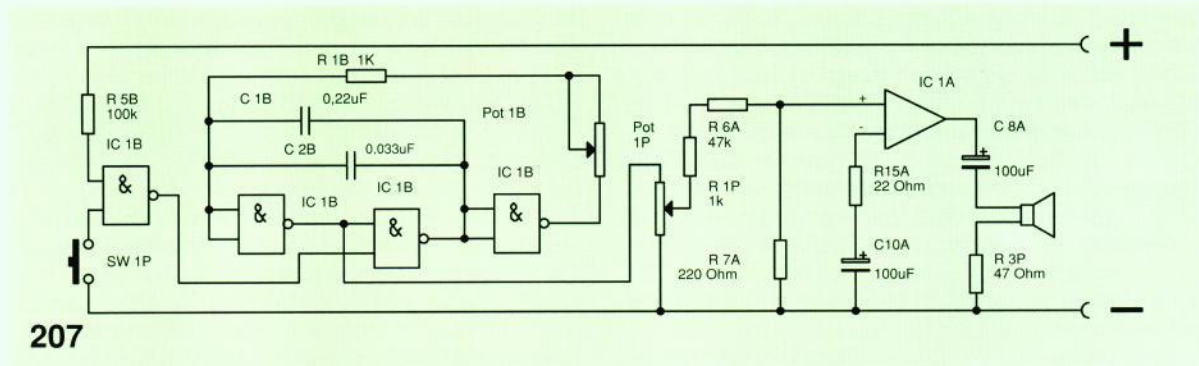
vom Ausgang des Generators dem Poti P 1P zugeführt wird. Die vom Schleifer des Potis abgenommene Spannung gelangt über einen Spannungsteiler aus R 6A, R 7A und R 1P auf den Eingang E+ des IC. Das IC verstärkt die unterschiedliche Spannung. Aus dem Lautsprecher kommt der Ton mit unterschiedlicher Lautstärke, je nach Einstellung des Potis im Pult.

Natürlich kannst du den Generator durch Ausschalten der Betriebsspannung zum Stillstand bringen. Technisch eleganter ist allerdings die Lösung, die du in der Schaltung **206** kennenlernst. Zusätzlich zur bereits aufgebauten Verdrahtung des Experiments 205 ist eine Verbindung von B 11 nach P 3 und von B 17 nach P 4 herzustellen. Wenn du jetzt den Taster drückst, stoppst du damit den Generator. Der Taster verbindet den zweiten Eingang des zweiten NAND-Gatters mit Minus. Durch ein 0 an einem Eingang führt der Ausgang des NAND ständig 1, und der Generator schwingt nicht mehr.



205

A 9 - P 9
A 10 - A 21
A 11 - A 17
A 16 - P 5
A 20 - A 22
A 24 - P 6
B 12 - P 11
B 16 - P 10
B 27 - B 28
B 29 - B 30



Mit dem Versuch **207** kannst du die Tastenfunktion umkehren, d.h., der Generator schwingt nur dann, wenn der Taster gedrückt ist. Du mußt nur die vorherige Verdrahtung so abwandeln, daß der Anschluß B 11 mit B 21 verbunden wird und B 25 mit P 3.

In dieser Schaltung wird ein viertes NAND-Gatter als Inverterstufe dem zweiten NAND-Glied vorgeschaltet, und darum schwingt der Generator wieder. Denn bei gedrücktem Taster liegt am unteren Eingang des zweiten NAND eine 1.

Wenn du diesen Aufbau nutzen willst, um wieder einmal morse zu üben, kannst du das Morsealphabet aus dem Versuch 119 verwenden. Aus dem Schaltbild ersiehst du, daß du die Lautstärke mit dem Poti im Pult und die Tonhöhe mit dem Poti P 1B auf dem Modul B regeln kannst.

FET - LEISTUNGSLOS GESTEUERT

Ein ganz neues elektronisches Bauelement lernst du im Experiment **208** kennen, es ist der **Feldeffekttransistor**, abgekürzt **FET**. Feldeffekttransistoren unterscheiden sich von den Transistoren, die du bisher kennengelernt hast, durch einen anderen Aufbau. Sie gestatten eine fast leistungslose Steuerung des Stroms durch den Transistor. Die leistungslose Steuerung erfordert nur eine Spannung, und durch den sehr hohen Eingangswiderstand fließt praktisch kein Strom durch den FET. Der FET hat drei Anschlüsse, die mit **S** (Source), **G** (Gate) und **D** (Drain) bezeichnet werden. Eine Übersetzung für diese englischsprachigen Fachausdrücke wird im allgemeinen nicht angewandt. Das Gate entspricht der Basis des bekannten Transistors, Source entspricht dem Emitter und Drain dem Kollektor.

Schaltsymbol FET



Im Versuch 208 wird die Frequenz des Generators durch den FET beeinflusst. Folgende Veränderungen gegenüber der vorhergehenden Schaltung sind vorzunehmen:

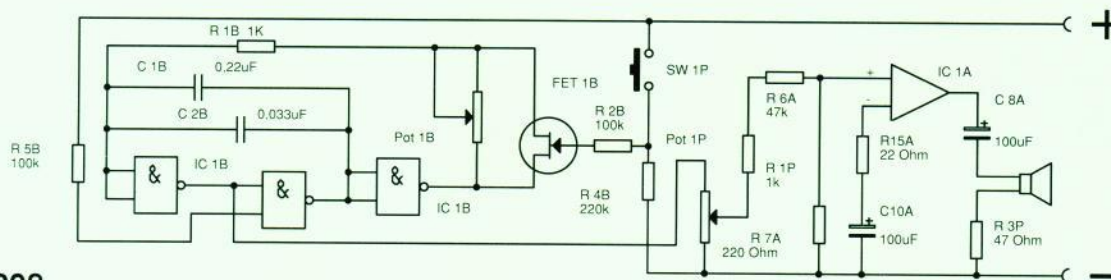
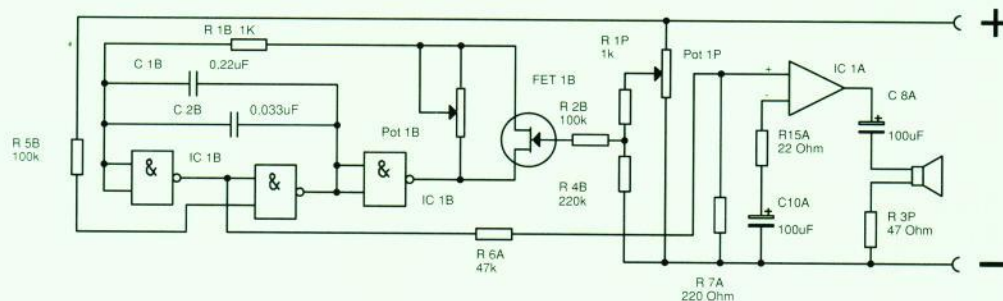
208.

B 11 - B 21 entfernen P 3 - B 14
B 17 - P 4 entfernen P 4 - B 19
B 25 - P 3 entfernen

Durch Druck auf den Taster steuerst du das Gate des FET an, und damit wird die Drain-Source Strecke leitend. Der frequenzbestimmende Widerstand ist R 1B,

und durch den Taster wird das Poti P 1B parallel dazu geschaltet. Der Generator schwingt mit höherer Frequenz. Die untere Frequenzgrenze des Generators läßt sich mit dem Poti P 1B einstellen.

Eine stufenlose Frequenzeinstellung über den FET ist möglich, wenn das Poti die Gate-Spannung einstellt wie im Versuch 209. Du mußt ein paar Veränderungen am Aufbau vornehmen: B 14 ist mit P 11 und B 19 mit P 9 zu verbinden. Außerdem mußt du eine Verbindung von A 9 nach B 12 stecken. Durch Drehen am Poti wird der Widerstand der Drain-Source-Strecke kontinuierlich verändert, und dadurch steigt und fällt die Frequenz des Tongenerators.

208**209**

NORMALE FAHRT AUFGEHOBEN

Die erste Schaltung dieser SCHUCO Modul-Electronic ist ein Zweiklanghorn. Das ist ja schon eine ziemlich runde Sache, aber inzwischen hast du technische Möglichkeiten kennengelernt, die das Problem noch besser lösen. Der Versuch **210** ist auch ein Martinshorn, aber hier siehst du erst einmal, welche Verfeinerungen noch möglich sind.

Bei diesem Martinshorn lassen sich sowohl der untere als auch der obere Ton getrennt einstellen. Bei geöffnetem Taster stellst du mit dem Poti P 1B die Frequenz des unteren Tons ein, bei gedrücktem Taster regelt man die Frequenz des oberen Tons mit dem Poti P 2B. So läßt sich die Tonhöhe in weiten Bereichen individuell einstellen.

Die Schaltung des Martinshorns besteht aus dem Tongenerator, der durch die 3 NAND-Gatter mit den zugehörigen frequenzbestimmenden Elementen gebildet wird. Die Frequenz des Generators läßt sich verändern, wenn durch den Taster, das Poti P 2B und den Spannungsteiler R 2B - R 4B das Gate des FET unter-

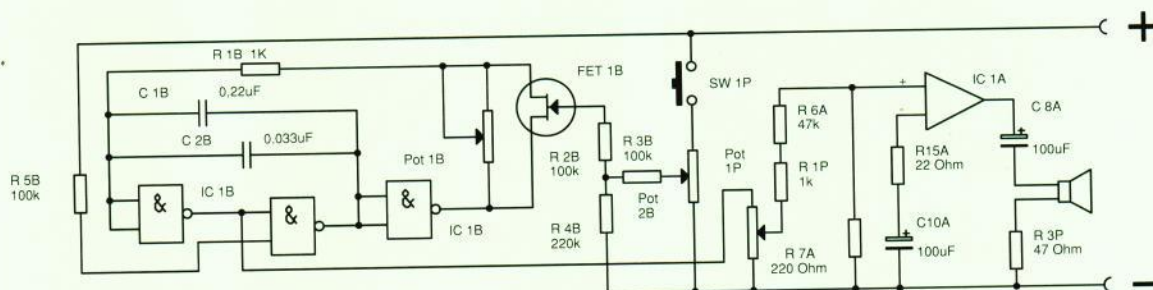
schiedliche Spannungen erhält. Die Drain-Source-Strecke des FET verstimmt dann den Generator.

Mit den beiden Potis P 1B und P 2B lassen sich die Frequenzen der beiden Töne des Martinshorns in weitem Bereich einstellen. Dennoch sind durch die in dieser Schaltung benutzten Bauelemente Grenzen erreicht, die einen breiteren Frequenzbereich nicht mehr zulassen. Dann mußst du auf die in den Experimenten 202 und 204 gewonnenen Erfahrungen zurückgreifen, und die frequenzbestimmenden Kondensatoren austauschen. Das soll in den beiden folgenden Schaltungen geschehen. Im Versuch **211** brauchst du nur die Verbindungen zwischen den Anschlüssen B 27 - B 28 und zwischen B 29 - B 30 entfernen. Damit schaltest du den Kondensator C 1B aus. Die Kapazität der frequenzbestimmenden Kondensatoren verringert sich, und das zieht, wie du weißt, eine höhere Frequenz nach sich.

Umgekehrt vergrößert sich die Kapazität erheblich, wenn im Versuch **212** zusätzlich die Anschlüsse B 23 mit B 27 und B 24 mit B 30 verbunden werden. Die Frequenz der Töne sinkt dann stark ab.

210

A 9 - P 9
A 10 - A 21
A 11 - A 17
A 16 - P 5
A 20 - A 22
A 24 - P 6
B 2 - P 3
B 3 - B 20
B 4 - B 17
B 12 - P 11
B 14 - P 4
B 16 - P 10
B 27 - B 28
B 29 - B 30



210

KOJAK NAHT

Hättest du nicht gerne eine Sirene, wie sie die Wagen der amerikanischen Polizei einsetzen? Kojak-Sirene nennt man sie auch. Mit wenigen Handgriffen kann der Aufbau des vorhergehenden Experiments abgewandelt werden, und schon hast du eine. Für diese Schaltung **213** sind nur die Anschlüsse von B 27 nach B 28 und von B 30 nach B 29 zu legen und zusätzlich B 1 mit B 19 zu verbinden. Trotzdem noch einmal die gesamte Verdrahtung, falls du inzwischen etwas anderes ausprobiert hast.

Beim Drücken des Tasters steigt der Ton an, und wenn du ihn losläßt, fällt der Ton wieder ab. Damit läßt sich die Polizeisirene schon ziemlich genau nachahmen.

Der Unterschied im Aufbau ist zur vorherigen Schaltung gar nicht sehr groß. Vergleicht man die Schaltbilder, so fällt der Kondensator C 3B parallel zum Widerstand R 4B auf. Er liegt bei gedrücktem Taster an Minus und lädt sich allmählich auf. Die Ladespannung gelangt auf das Gate des FET, und je höher sie ist, desto geringer ist der Widerstand der Drain-Source-Strecke des FET. *Das bedeutet: Hohe Frequenz.* Mit zunehmender Ladung ändert sich also auch die Frequenz des Generators, weil er durch den FET verstimmt wird. Beim Loslassen des Tasters entlädt sich der Elko, und die Frequenz des Generators wird niedriger.

Der Frequenzbereich des Generators kann mit einem Kondensator von 10 μF erheblich nach unten verschoben werden. Das geschieht mit der Schaltung **214**, in der der Anschluß B 27 nach B 23 und B 24 nach B 30 zu legen ist.

Die Geräusche, die der Generator dann von sich gibt, erinnern sehr an das Knattern eines Motors ohne Auspuff, so tief ist die Frequenz. Sehr langsames Ansteigen und Abfallen der Tonhöhe kann erreicht werden, wenn statt des Kondensators C 3B einer mit sehr großer Kapazität eingebaut wird. Im Versuch **215** wird er auf 100 μF erhöht. Um diesen Wert einzuschalten, ist der Anschluß von B 19 nach A 39, von B 27 nach B 28 und von B 30 nach B 29 zu legen. Zusätzlich muß eine Verbindung vom Anschluß A 18 nach A 49 hergestellt werden.

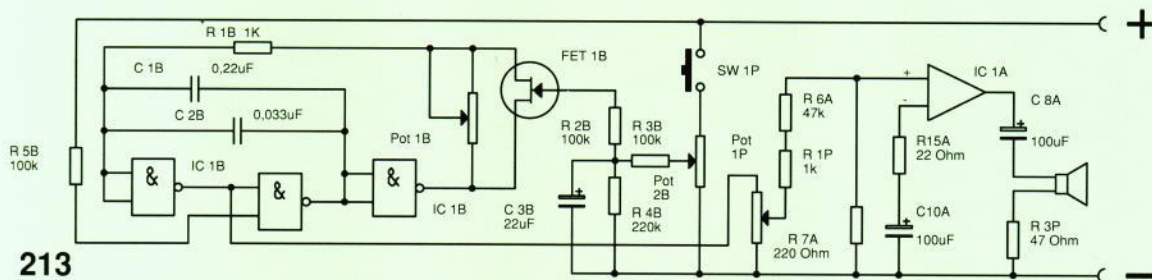
LOGIK MIT GATTERN

Ein "Gatter", welch ein sonderbarer Name. Beim Nachschlagen in einem Lexikon findest du gleich drei Erklärungen für den Begriff Gatter. Ein Weidezaun, ein gitterförmiges Sägesystem und eine "überwiegend in Rechenanlagen verwendete Schaltung mit einem oder mehreren Eingängen und einem Ausgang". Die letzte ist natürlich die Erklärung, die wir suchen.

Das Modul B enthält gleich mehrere Gatter, und zwar sind es 4 NAND-Gatter. Erinnerst du dich? NAND war doch die logische Verknüpfung, die du bereits im Versuch 136 kennengelernt hast. Und mit drei der vier NAND-Gatter hast du in den letzten Versuchen den Generator aufgebaut.

Noch einmal das Schaltsymbol für das NAND-Gatter:

Schaltsymbol
NAND-Gatter



213

A 9	- P 9
A 10	- A 21
A 11	- A 17
A 16	- P 5
A 20	- A 22
A 24	- P 6
B 2	- P 3
B 3	- B 20
B 4	- B 17
B 12	- P 11
B 14	- P 4
B 16	- P 10
B 27	- B 28
B 29	- B 30
B 1	- B 19

Beim Betrachten des Schaltbildes des Moduls B erkennst du die vier NAND. Drei davon sind allerdings intern verdrahtet, so daß sie nicht einzeln geschaltet werden können, sondern sie stellen zusammen einen **Generator** dar. Den hast du bereits in einigen Schaltungen eingesetzt.

Im Versuch 136 hast du die NAND-Verknüpfung mit Transistoren aufgebaut. Mit dem Modul B steht dir ein IC zur Verfügung, das mit geringem experimentellem Aufwand logische Schaltungen zuläßt. Und du wirst sehen, wie vielseitig sich ein NAND einsetzen läßt. In den Schaltbildern mit diesem IC sind - wie allgemein üblich - die Versorgungsleitungen für die Spannung auch wieder nicht mit eingezeichnet. Die Versorgungsspannung ist durch die interne Verdrahtung des Moduls gewährleistet.

In der Schaltung **216** sind die beiden Eingänge des NAND-Gatters miteinander verbunden. Welches andere Gatter entsteht wohl daraus?

216. (zuletzt zu stecken)

B 40 - Eingang A und B

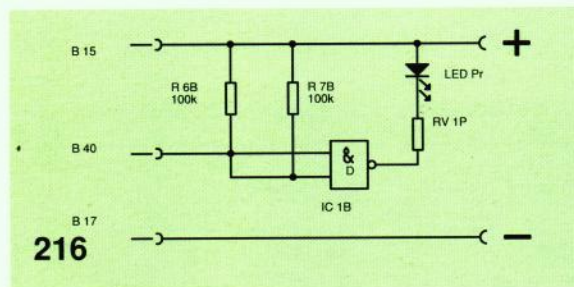
B 15 - Kontakt +

B 17 - Kontakt -

Mit dem Anschluß von B 40 kannst du abwechselnd an die Anschlüsse B 15 und B 17 gehen. Die LED leuchtet aber nur, wenn eine Verbindung nach B 15 besteht. Das ist Plus.

216

B 14 - P 1
B 21 - P 2
B 25 - B 38
B 26 - B 39



216

Nun heißt es aber doch nachdenken. Denn die Anode der LED liegt am Pluspol, und dann kann sie wohl nur leuchten, wenn am Ausgang des NAND-Gatters Minus liegt.

Und das ist tatsächlich der Fall. Plus (1) am Eingang dieses Gatters zieht am Ausgang Minus (0) nach sich. Das kennst du bereits als Inverter, d.h., das Eingangssignal erscheint invertiert (umgekehrt) am Ausgang. Man kann es auch anders ausdrücken: *Ein 0-Signal am Eingang des Inverters ruft am Ausgang ein 1-Signal hervor.*

In einer anderen Schaltung kann man erreichen, daß die LED auch leuchtet, wenn am Eingang des als Inverter geschalteten NAND ein 0-Signal liegt. Wie kann das möglich sein, hast du doch gerade erfahren, daß die LED dann nicht leuchtete. Baue noch einmal Versuch **217** auf, mit dem du das nachprüfen kannst.

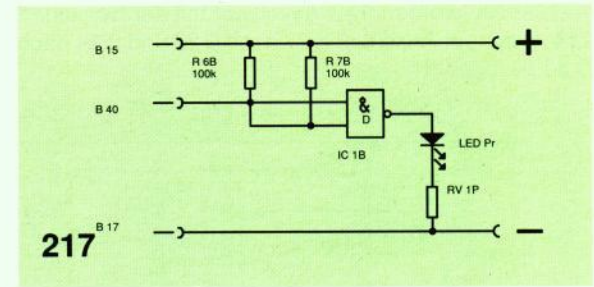
217. (zuletzt zu stecken)

B 40 - Eingang A und B

B 15 - Kontakt +

B 17 - Kontakt -

Eine Verbindung von B 40 nach B 15 oder B 17 gibt die Antwort: *Ein 0-Signal am Eingang des Inverters läßt die LED leuchten.* Das Schaltbild löst dieses kleine Rätsel aber schnell. Die LED liegt zwischen dem Minuspol (0) und dem Ausgang des Inverters. Eine 1 am Eingang erscheint invertiert als 0 am Ausgang, und dann kann die LED natürlich nicht leuchten, weil sie sowohl mit der Anode als auch mit der Katode an 0 läge. Eine 0 am Eingang (Minus) erscheint am Ausgang als 1, und dann liegt die LED zwischen 1 und 0. Sie leuchtet.

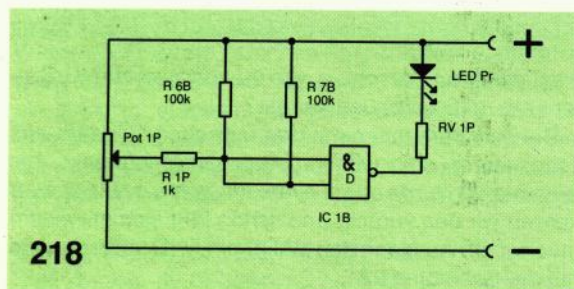


217

B 25 - B 38
B 26 - B 39
B 16 - P 2
B 21 - P 1

In der Schaltung **218** läßt sich die Spannung am Eingang des Inverters stufenlos von 0 nach Plus verstellen. Das erfolgt mit dem Poti, das als Spannungsteiler arbeitet.

Beim Drehen am Poti P 1P liegt je nach Stellung des Schleifers die Spannung zwischen 0 und der Betriebsspannung (1) am Eingang des Inverters. Wie du aus den vorhergehenden Experimenten weißt, läßt ein 1-Signal die LED leuchten, eine 0 dagegen nicht. Du kannst an der LED erkennen, wann der Inverter umschaltet.

**218**

Im Versuch **219** werden zwei LED am Ausgang des Inverters betrieben, und zwar eine gegen Plus und eine gegen Minus.

In Abhängigkeit vom Signal am Eingang leuchtet mal die eine LED und mal die andere.

219. (zuletzt zu stecken)

B 15 - Kontakt +

B 17 - Kontakt -

B 40 - Eingang A und B

Was du in den Versuchen 216 und 217 nacheinander aufgebaut hast, läuft hier in einem "gleitenden" Versuch ab. Ein 1-Signal am Eingang läßt die grüne LED leuchten, ein 0-Signal die rote im Pult.

Wie aus einem der NAND-Gatter ein Inverter aufgebaut werden kann, hast du nun gesehen. Natürlich läßt sich das NAND-Gatter auch direkt als NAND einsetzen, wie du mit der Schaltung **220** feststellen kannst.

220. (zuletzt zu stecken)

B 25 - Eingang A

B 26 - Eingang B

B 13 - Kontakt +

B 15 - Kontakt +

B 16 - Kontakt -

B 17 - Kontakt -

218

B 14 - P 1

B 21 - P 2

B 25 - B 38

B 26 - B 39

B 15 - P 11

B 16 - P 10

B 40 - P 9

219

A 12 - B 31

A 16 - P 2

B 21 - B 32

B 25 - B 38

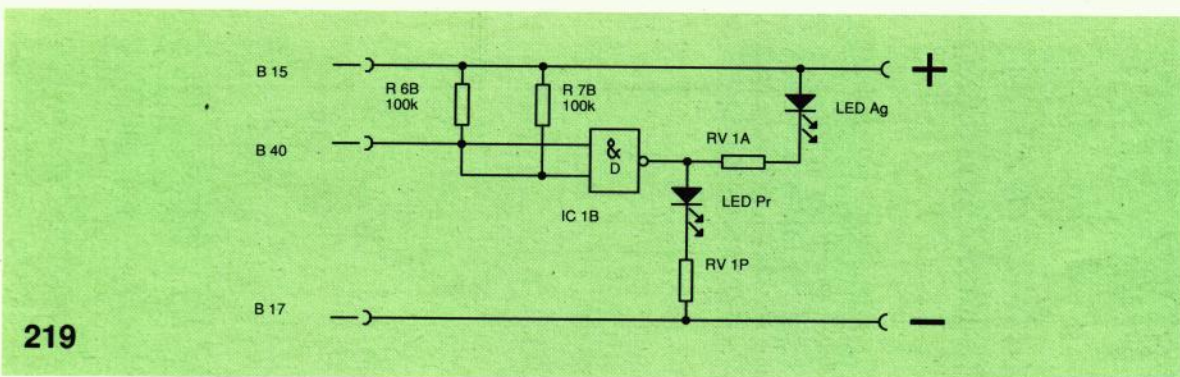
B 26 - B 39

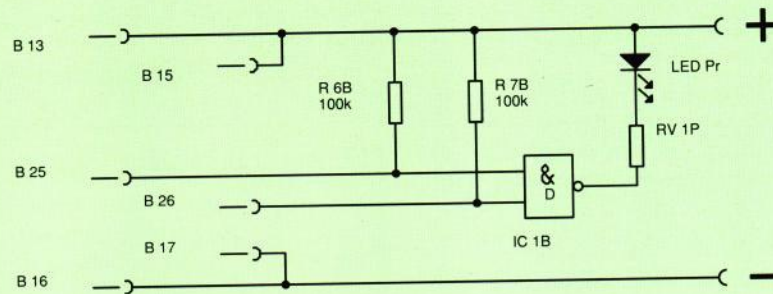
B 33 - P 1

220

B 14 - P 1

B 21 - P 2

**219**

220

Das NAND hat die zwei Eingänge A und B. Nach der Funktionstabelle, die du bereits aus dem Versuch 136 kennst, führt der Ausgang dann ein 1-Signal, wenn keiner der Eingänge oder nur einer ein 1-Signal erhält. Da die LED aber nach Plus gezogen ist, kann sie nur leuchten, wenn der Ausgang ein 0-Signal führt. Das ist nach der Funktionstabelle nur der Fall, wenn beide Eingänge ein 1-Signal erhalten.

Eingänge		Ausgang	
A	B	Q	
0	0	1	LED dunkel
0	1	1	LED dunkel
1	0	1	LED dunkel
1	1	0	LED leuchtet

NAND

Hast du einen Vorschlag, wie du aus zwei NAND-Gattern ein AND aufbauen kannst?

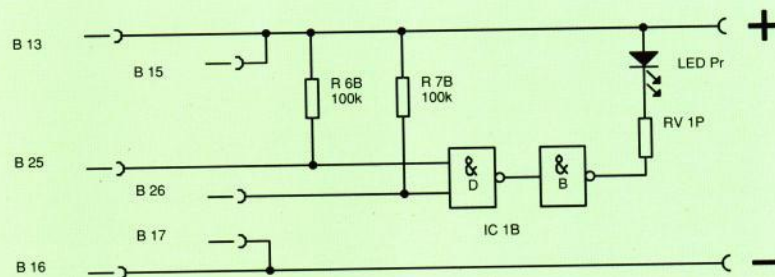
Bei den Versuchen mit den logischen Gliedern aus Transistoren sind wir umgekehrt vorgegangen: Aus einem AND wurde durch einen Inverter ein NAND. Hier kehren wir das zurück, und schon lässt sich mit einem Inverter am Ausgang des NAND ein AND aufbauen wie mit der Schaltung 221.

221. (zuletzt zu stecken)

B 25 - Eingang A
B 26 - Eingang B
B 13 - Kontakt +
B 15 - Kontakt +
B 17 - Kontakt -
B 18 - Kontakt -

221

B 11 - B 21
B 27 - P 2
B 14 - P 1
B 16 - B 30

221

OHNE TAKT GEHT ES NICHT

Elektronische Orgeln haben heute so viele Funktionen, die das Spielen erleichtern, wie man es sich vor einigen Jahren nicht hätte träumen lassen. So ist es eine Kleinigkeit, den Takt vorzugeben. Mit der Schaltung **225** lernst du eine Möglichkeit kennen, einen **Taktgeber** zu bauen.

Der Taktgeber, dessen Frequenz mit dem Poti P 1B verändert werden kann, hat einen frequenzbestimmenden Kondensator C 4A mit sehr großer Kapazität. Das bedeutet, daß die Frequenz niedrig ist. Weil das Tastverhältnis sehr unterschiedlich ist, läßt sich dieses Signal ohne weiteres verwenden. Über eine Diode und ein **RC-Glied** mit dem Kondensator C 3A und dem Widerstand R 8A gelangt das Signal auf die Basis des Transistors T 1A. Die Diode läßt nur die eine Flanke

des Signals durch. Aus dem Lautsprecher kommt nur das Signal einer Flanke, und das ist sehr gleichmäßig.

Um mit diesem Signal auch noch die LED im Takt blinken zu lassen, muß der Transistor T 2A als **Treiberstufe** nachgeschaltet werden wie im Versuch 226. Diese Treiberstufe ist nur eine Transistorstufe, die einen ausreichend großen Strom zum Betrieb der LED liefert. Für die Blinkschaltung **226** müssen einige zusätzliche Verbindungen hergestellt werden:

226.

A 5 - A 34

A 13 - A 19

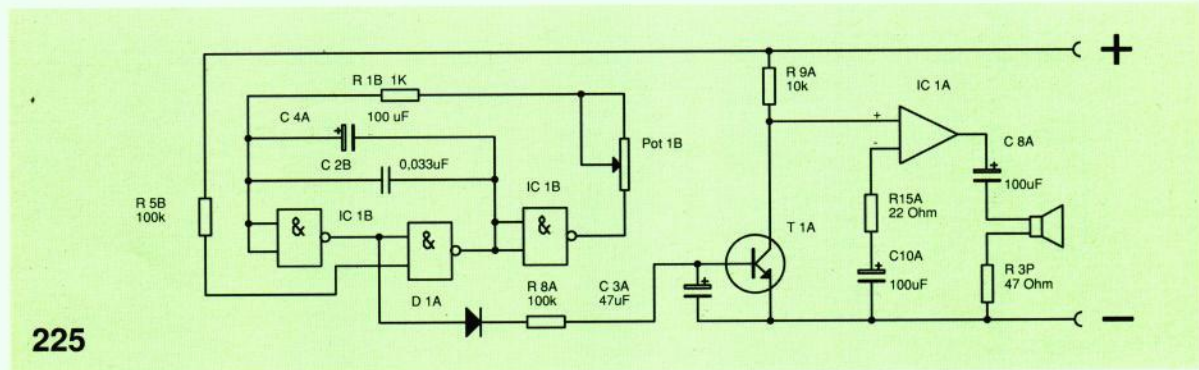
A 12 - A 29

A 25 - A 44

Die übrige Verdrahtung bleibt, wie im Experiment 225 beschrieben.

225

A 1 - A 17
A 2 - A 38
A 4 - A 21
A 6 - A 15
A 8 - A 50
A 16 - P 5
A 18 - A 48
A 20 - A 22
A 24 - P 6
A 39 - B 30
A 40 - B 12
A 49 - B 27



AUSGESTEUERT

Aussteuerungsanzeigen an Verstärkern können mit LED oder auch mit Zeigerinstrumenten einen Pegel anzeigen. Den Pegel, der bei dem Taktgeber der beiden letzten Versuche auftrat, kannst du auch mit dem Meßinstrument anzeigen lassen. Die Verdrahtung des Experiments **227** gibt dir den Aufbau an. Zusätzlich zum vorherigen Aufbau sind einige weitere Verbindungen herzustellen:

227.

A 9 - P 8
A 10 - A 51
A 52 - P 9
A 53 - B 20

A 14 - P 11
A 16 - P 12
P 13 - P 10
P 14 - P 7

Ansonsten bleibt der Aufbau wie im Versuch 226 erhalten. Jeder Impuls wird durch den Ausschlag des Zeigers im Instrument angezeigt.

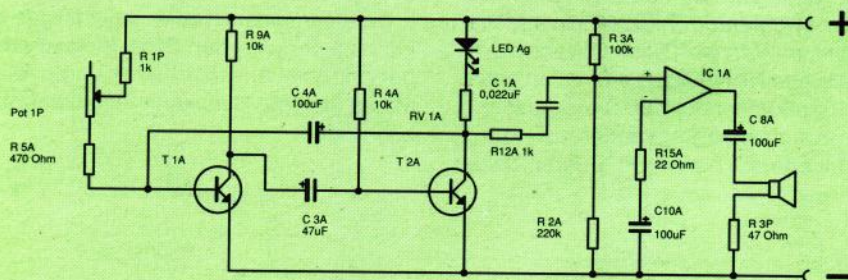
Ein einfacher konstruiertes Metronom ist die Schaltung **228**, aber trotzdem erfüllt sie ihren Zweck und gibt exakt den Takt an.

Mit dem Poti kannst du die Taktfrequenz des Metronoms einstellen. Die Schaltung enthält einen astabilen Multivibrator mit den Transistoren T 1A und T 2A. Bestimmend für die niedrige Frequenz des Taktgebers ist die große Kapazität der Kondensatoren C 3A und C 4A. Die Lade- und Entladevorgänge dauern so lange, daß die Frequenz sehr niedrig ist. Die Schaltimpulse verstärkt das IC 1A.

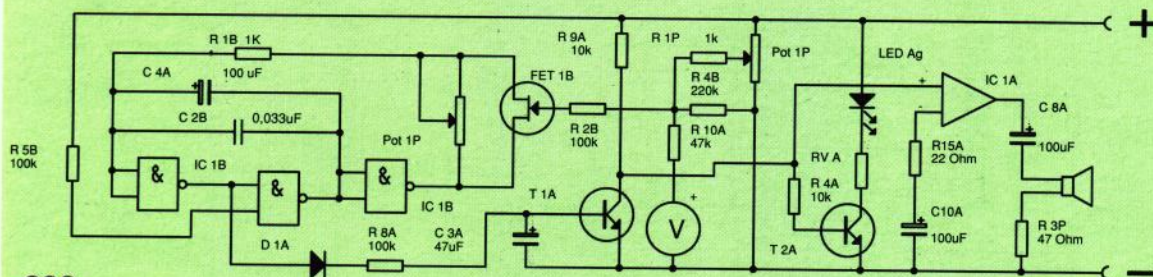
228

A 1 - A 16
A 2 - A 49
A 3 - A 35
A 4 - A 38
A 6 - A 53
A 13 - A 17
A 14 - A 43
A 15 - A 51
A 18 - P 5
A 19 - A 42
A 20 - A 22
A 21 - A 60
A 24 - P 6
A 25 - A 48
A 26 - A 44
A 28 - A 36
A 29 - A 39
A 30 - A 12
A 32 - A 55
A 33 - A 59
A 34 - A 52
A 45 - P 9
A 46 - A 56
A 54 - P 11
A 57 - A 58

227



228



ABWECHSELND BLINKEN

Du kennst nun Schaltungen, bei denen zwei LED, z.B. durch einen astabilen Multivibrator, im Wechsel ein- und ausgeschaltet werden. Dabei liegt die eine LED am Kollektor des einen Transistors und die andere am Kollektor des zweiten Transistors. Mit dem NAND-Generator des Moduls B läßt sich ebenfalls eine solche Wechselschaltung bauen, wie es im Versuch 229 beschrieben ist.

Mit dem Einschalten der Betriebsspannung leuchten die grüne LED auf dem Modul A und die rote im Pult im Wechsel. Du kannst mit dem Poti P 1B das Tastverhältnis des Rechtecksignals verändern, gleichzeitig verstellst du die Frequenz.

In dieser Schaltung liegt die eine LED direkt am Ausgang des Generators. Die rote LED gibt damit Auskunft über den Spannungszustand an seinem Ausgang. Dem Generator nachgeschaltet ist ein Inverter. Dieser Inverter ist allerdings anders aufgebaut als der in den vorigen Schaltungen: *Der eine Eingang des NAND liegt über den Widerstand R 7B ständig an Plus, der andere bekommt im Wechsel 0 und 1.* Wenn du dir die Funktionstabelle des NAND noch einmal ansiehst (s. Experiment 202), erkennst du, daß 0 am Ausgang des Generators zusammen mit 1 am anderen Eingang am Ausgang des Inverters 1 hervorruft. Führen beide

Eingänge 1, ist der Ausgang 0. Der Inverter invertiert das Ausgangssignal des Generators, und darum leuchtet die grüne LED im Gegentakt zur roten.

Das Wechselblinken kann nur solange erfolgen, wie keiner der Eingänge - weder der des Generators (NAND B) noch der des Inverters (NAND D) - an Minus gelegt wird. Im Experiment 230 stellst du mit dem Taster eine Verbindung zum Minuspol her, und damit ist der Ausgang ständig Plus: *Die grüne LED leuchtet nicht mehr.* Dazu sind zusätzlich zum vorigen Aufbau die Verbindungen B 16 - P 3 und B 26 - P 4 herzustellen. Beim Drücken des Tasters blinkt nur noch die rote LED, die grüne bleibt dunkel.

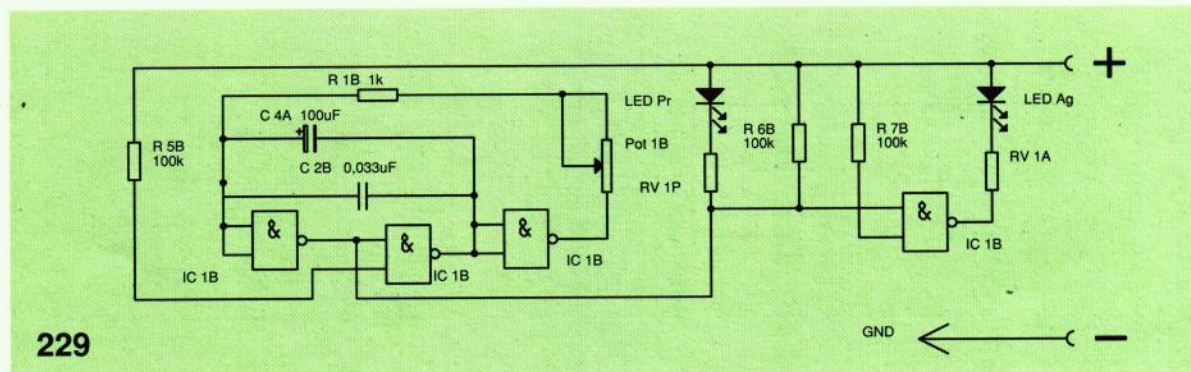
Auch der Generator kann auf diese Art gestoppt werden. Wird B 11 (Eingang NAND B) mit dem Minus verbunden (0-Signal), schwingt er nicht mehr. Eine LED bleibt dunkel, die andere leuchtet.

In der Schaltung 231 wird das ausgeführt. Dazu braucht am Aufbau des Experiments 230 nur P 4 nach B 11 gesteckt zu werden.

Bei gedrücktem Taster leuchtet nur die grüne LED. Du hast dadurch den **Stop-Eingang** des Generators, der mit dem Anschluß B 11 verbunden ist, direkt an Minus gelegt. Nun kann der Generator nicht mehr schwingen.

229

A 12 - B 21
A 39 - B 30
A 49 - B 27
B 12 - B 31
B 14 - P 1
B 25 - B 33
B 32 - P 2



GENERATOR STOPPT GENERATOR

Interessant wird es nun in der Schaltung **232**, in der der Generator nicht mehr von Hand gestoppt wird, sondern mit einem anderen astabilen Multivibrator. Durch solche Kombinationen von elektronischen Schaltelementen lassen sich herrliche Effekte erzielen.

Der Ton aus dem Lautsprecher kommt jetzt nur noch in Intervallen. Dazwischen sind immer Pausen, deren Dauer du mit dem Poti P 2B einstellen kannst. Das bedeutet, daß das Tastverhältnis verändert wird. Das Poti P 1B stellt die Höhe des Tons ein. Sollte dich die Lautstärke ein bißchen stören, so kannst du sie verringern, wenn der Anschluß A 24 nach A 23 gelegt wird. Die Schaltung besteht aus einem astabilen Multivibrator mit den Transistoren T 1A und T 2A. An jedem der beiden Kollektoren ist eine LED angeschlossen, die im

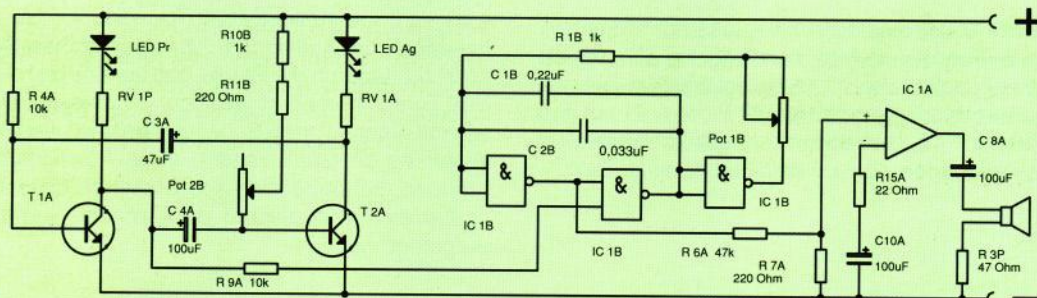
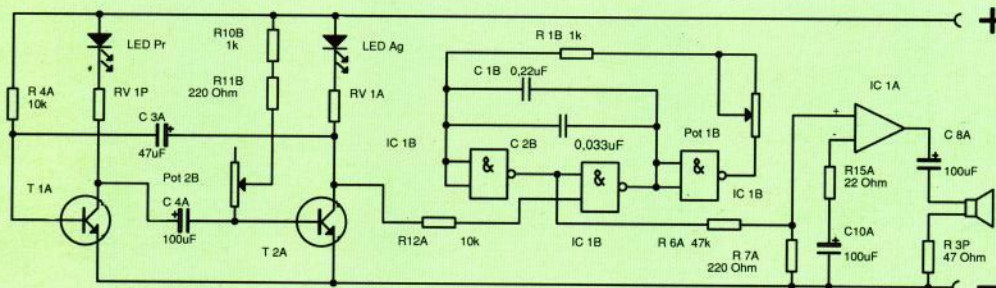
Wechsel leuchten. Denn die beiden Transistoren schalten sich ja bei einem astabilen Multivibrator gegenseitig ein und aus.

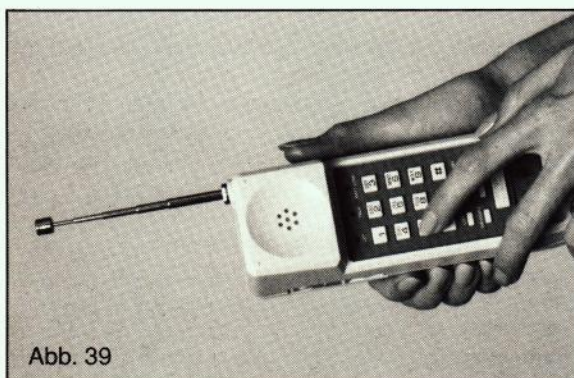
Der Stop-Eingang des nachgeschalteten Tongenerators aus den NAND ist mit dem Kollektor von T 1A verbunden, und jedes Mal, wenn dieser Transistor durchschaltet, liegt der Stop-Eingang an Minus. Das läßt den Generator anhalten.

Wären im Experiment 232 die Pausen zwischen den Tönen einstellbar, kann im Versuch **233** der Stop-Eingang mit dem Kollektor des Transistors T 2A verbunden werden, und dann läßt sich mit dem Poti P 2B die Dauer des Tons einstellen. Dazu mußt du nur die Verbindung von B 11 nach A 28 führen statt nach A 6. Jetzt kann schon fast das Besetztzeichen des Telefons nachgemacht werden.

232

- A 1 - A 16
- A 2 - A 34
- A 3 - A 48
- A 4 - A 39
- A 6 - B 11
- A 9 - B 12
- A 10 - A 21
- A 11 - A 19
- A 12 - A 30
- A 13 - A 17
- A 14 - A 51
- A 18 - P 5
- A 20 - A 22
- A 24 - P 6
- A 25 - B 2
- A 26 - A 49
- A 29 - A 38
- A 44 - A 52
- A 53 - B 6
- B 3 - B 5
- B 27 - B 28
- B 29 - B 30
- P 1 - A 15
- P 2 - A 5

232

233




Im Aufbau der Schaltung 233 lassen sich viele Veränderungen vornehmen, die zeigen, wie wirkungsvoll mit wenigen Handgriffen experimentiert werden kann:

234.

Die Lautstärke soll einstellbar sein: Dazu benötigen wir das Poti im Pult. Es muß vor den Eingang E+ des als Verstärker geschalteten IC 1A gelegt werden. Die notwendigen Verbindungen: A 10 mit P 11, A 21 mit P 9 und B 16 mit P 10. Und schon kannst du den vielleicht etwas aufreibenden Ton auf dein Gehör einstellen.

235.

Der Frequenzbereich des Tons soll geändert werden können: durch Entfernen des Kondensators C 1B verringert sich die Kapazität, und die Frequenz steigt an. Die notwendigen Verbindungen: B 27 nach B 28 entfernen, ebenso die von B 29 nach B 30.

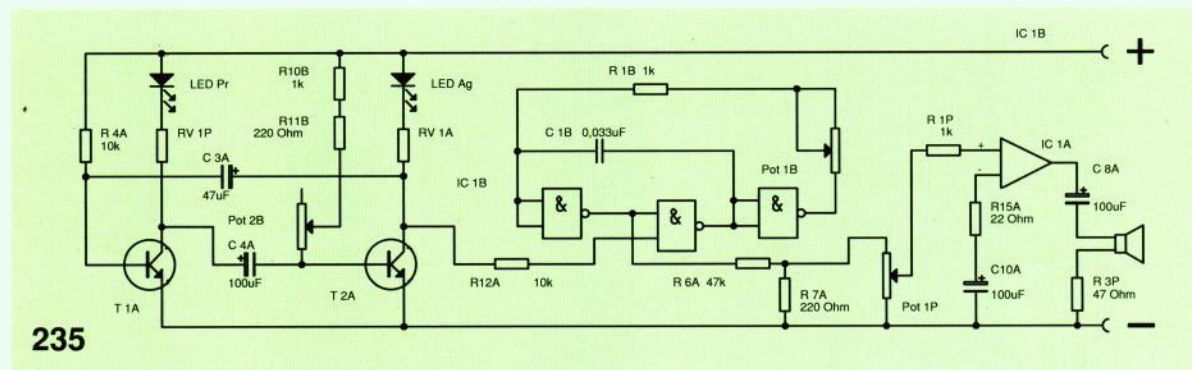
236.

Die Pausenzeit soll verlängert werden: Die Pause kann mit einem größeren Basiswiderstand an der Basis des Transistors T 1A verlängert werden. Die notwendigen zusätzlichen Verbindungen:

A 2	- A 34 entfernen	A 42	- A 52
A 44	- A 52 entfernen	B 27	- B 28
A 2	- A 32	B 29	- B 30

237.

Die Tondauer soll verlängert werden: Das Taktsignal wird nicht vom Kollektor des Transistors T 1A, sondern invertiert vom Kollektor T 2A abgenommen. Also verkürzt du dadurch die Pause und verlängerst die Dauer des Tons. Du merkst vielleicht an diesen Beispielen, wie mit einer solchen Schaltung gespielt werden kann. Wenn es dir Spaß macht, neue Abwandlungen zu erfinden, schreibe sie uns. Eventuell findest du sie später einmal in diesem Buch wieder, wenn es neu aufgelegt wird.



Auch das Martinshorn, das du schon aufgebaut hast, wird nun natürlich nicht mehr von Hand umgeschaltet. Das besorgt im Versuch **238** ein **Taktgeber**.

In dieser Schaltung läßt sich vieles variieren: *Das Poti im Pult dient zur Einstellung der Frequenz des hohen Tones.* Mit dem Poti P 1B stellt man die untere Tongrenze ein, und das Poti P 2B stellt die Differenz der beiden Töne ein.

Die beiden Transistoren T 1A und T 2A bilden den astabilen Multivibrator, dessen Frequenz mit dem Poti P 1P einstellbar ist. Er ist der Taktgeber für den Tongenerator. Vom Kollektor des Transistors T 2A wird das Gate des FET angesteuert, und über ihn erreicht man das Umschalten der beiden Töne des Generators. Der Generator besteht aus den NAND des IC 1B. Du hast diesen Teil der Schaltung bereits mehrfach eingesetzt. Sperrt der Transistor T 2A, gelangt positive Spannung, dessen Höhe mit dem Poti eingestellt wurde, an das Gate des FET. Der Generator strahlt den hohen Ton ab. Bei durchgeschaltetem Transistor T 2A und 0 am Gate des FET wird das Poti nicht von der Source-Drain-Strecke des FET überbrückt, und der Generator erzeugt den tiefen Ton. Das IC 1A verstärkt ihn, und von dessen Ausgang gelangt er auf den Lautsprecher.

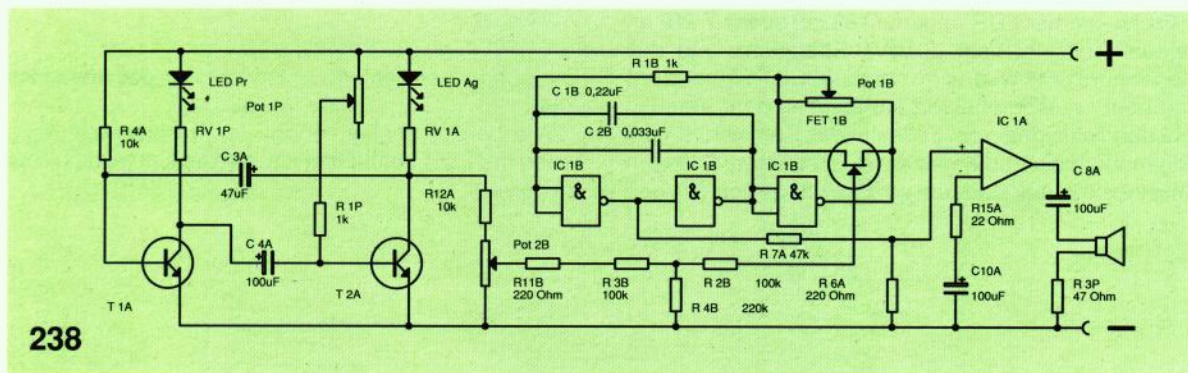
Der Übergang vom tiefen Ton des Martinshorns auf den hohen gelingt im Versuch 238 nicht ganz sauber. Durch das Zwischenschalten eines Inverters kann dieser kleine Mangel im Versuch **239** beseitigt werden. Der Anschluß A 28 ist mit B 25 zu verbinden, und zusätzlich ist eine Verbindung von B 2 nach B 21 zu stecken. Nun regelt das Poti P 2B die Dauer des tiefen Tons. Denn das Signal vom Kollektor T 2A erscheint ja invertiert am Ausgang des Inverters. Durch das NAND sind außerdem die Zeiten für den tiefen und den hohen Ton vertauscht. Wenn die Dauer des hohen Tons eingestellt werden soll, muß das Signal gegenphasig vom Taktgeber abgenommen werden, und das ist ja am Kollektor des Transistors T 1A möglich. Im Experiment **240** muß nur die Verbindung B 25 nach A 6 geführt werden.

Du kannst den gesamten Frequenzbereich des Martinshorns verschieben, wenn die Frequenz des Tongenerators verändert wird.

Mit der Schaltung **241**, in der die Verbindungen B 27 - B 28 und B 29 - B 30 entfernt werden müssen, verringert sich die Kapazität des frequenzbestimmenden Kondensators, und damit erhöht sich die Frequenz der beiden Töne.

238

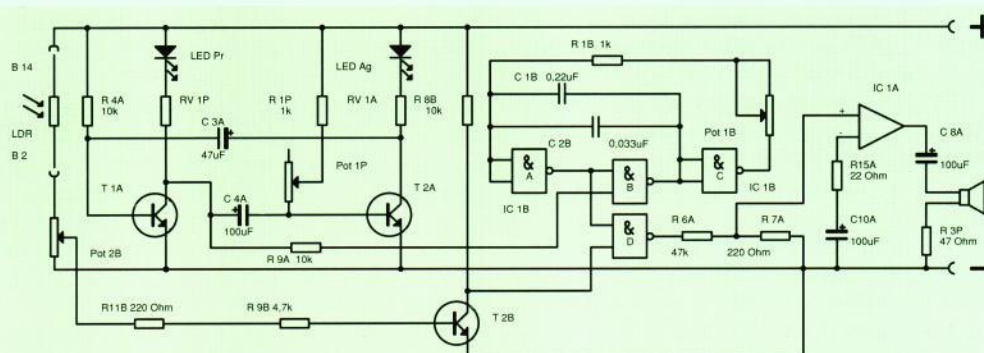
A 1	- A 16
A 2	- A 34
A 3	- A 49
A 4	- A 38
A 9	- B 12
A 10	- A 21
A 11	- A 19
A 12	- A 30
A 13	- A 17
A 18	- P 5
A 20	- A 22
A 24	- P 6
A 25	- P 9
A 26	- A 48
A 28	- B 2
A 29	- A 39
A 44	- A 14
B 3	- B 20
B 4	- B 16
B 14	- P 10
B 27	- B 28
B 29	- B 30
P 1	- A 15
P 2	- A 5



242

A 1 - A 16
 A 2 - A 34
 A 3 - A 48
 A 4 - A 39
 A 6 - B 11
 A 9 - B 21
 A 10 - A 21
 A 11 - A 19
 A 12 - A 30
 A 13 - A 17
 A 14 - A 51
 A 18 - P 5
 A 20 - A 22
 A 24 - P 6
 A 25 - P 11
 A 26 - A 49
 A 29 - A 38
 A 44 - A 52
 A 53 - P 9
 B 2 - LDR
 B 3 - B 10
 B 4 - B 17
 B 6 - B 16
 B 7 - B 15
 B 8 - B 26
 B 12 - B 25
 B 14 - LDR
 B 27 - B 28
 B 29 - B 30
 P 1 - A 15
 P 2 - A 5

242



MIT LICHTSTRAHL ALARMIERT

Lichtschranken gibt es bereits in vielen Geschäften. Betritt ein Kunde den Laden, unterbricht er einen Lichtstrahl, und ein akustisches Signal ertönt. Die Schaltung **242** kann für einen solchen Alarmgeber verwendet werden. Denn wenn der LDR verdunkelt ist, das entspricht dem unterbrochenen Lichtstrahl, gibt der Lautsprecher Alarm.

Wenn der LDR abgedunkelt ist, ertönt aus dem Lautsprecher ein Ton, der ein bißchen so klingt, als sei der Schlag eines Herzens hörbar gemacht worden. Der Ton pulsiert. Das Poti P 1P im Pult erhöht die "Schlagzahl", Poti P 1B die Frequenz des Tons und Poti P 2B stellt die Ansprechbarkeit des LDR ein.

Bei beleuchtetem LDR schaltet der Transistor T 2B durch. An seinem Kollektor liegt Spannung 0, und darum sperrt das NAND D des IC 1B. Der Tongenerator schwingt nicht mehr.

Erst wenn der LDR abgedunkelt ist, sperrt T 2B, an seinem Kollektor liegt positive Spannung, und das Generatorsignal wird vom Verstärker IC 1A verstärkt und dem Lautsprecher zugeführt. Wurde im Versuch 242 das Taktsignal vom Kollektor des Transistors T 1A abgenommen, nimmt man es im Experiment **243** vom Kollektor T 2A ab. Dadurch wird die Länge von Ton und

Pause vertauscht. Die Verbindung B 11 muß dazu nach A 28 geführt werden. Nun regelst du mit dem Poti P 1B die Dauer des Tons.

Schaltung **244** ergibt einen fast unangenehm hohen Ton. Durch Entfernen der Verbindungen B 27 - B 28 und B 29 - B 30 nimmst du den Kondensator C 1B aus der Schaltung des Generators. Die kleinere Kapazität läßt die Frequenz erheblich ansteigen.

Wurde bei den vorherigen Versuchen der Ton ausgelöst, wenn der LDR abgedunkelt war, kannst du die Auslösung auch umkehren. Das bedeutet, bei Lichteinfall auf den LDR erzeugst du die Effekte. Für die Schaltung **245** sind geringe Umbauten vorzunehmen:

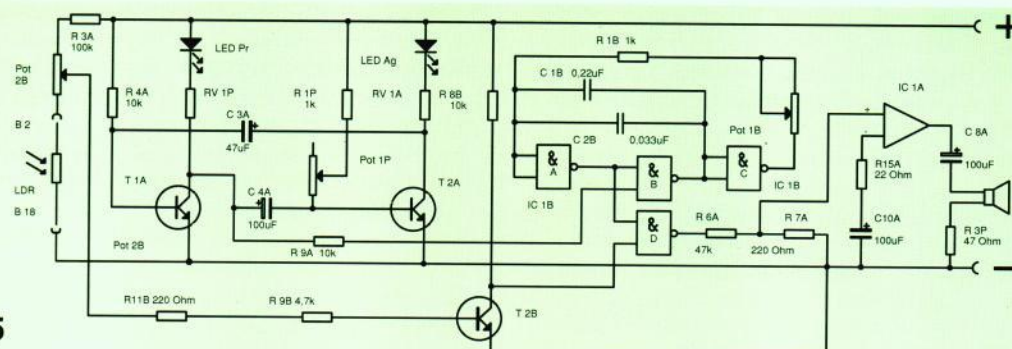
245.

B 4 - B 17 entfernen	B 18 - LDR
B 14 - LDR entfernen	B 27 - B 28
A 33 - B 14	B 29 - B 30
A 43 - B 4	

Die übrige Verdrahtung entspricht der des Versuchs 244.

Wie bereits gesagt, ertönt der "Herzschlag" jetzt, wenn der LDR beleuchtet ist, bei Dunkelheit ist nichts zu hören.

245



Das wird in dieser Schaltung dadurch erreicht, daß der LDR nun gegen den Minuspol der Batterie gelegt worden ist. Bei Dunkelheit liegt am Kollektor von T 2B ein Minuspotential, und darum schwingt der Tongenerator nicht.

Auch bei dieser Schaltung kann das Taktsignal vom Kollektor des Transistors T 1A abgenommen werden, und dann läßt sich die Pause mit dem Poti P 1P einstellen. Für die Schaltung 246 muß wieder nur der Anschluß B 11 mit A 6 verbunden werden statt mit A 28. Um die Tonfrequenz stark zu erhöhen, kannst du mit dem Versuch 247 wieder die beiden Verbindungen zwischen B 27 - B 28 und die zwischen B 29 - B 30 entfernen.

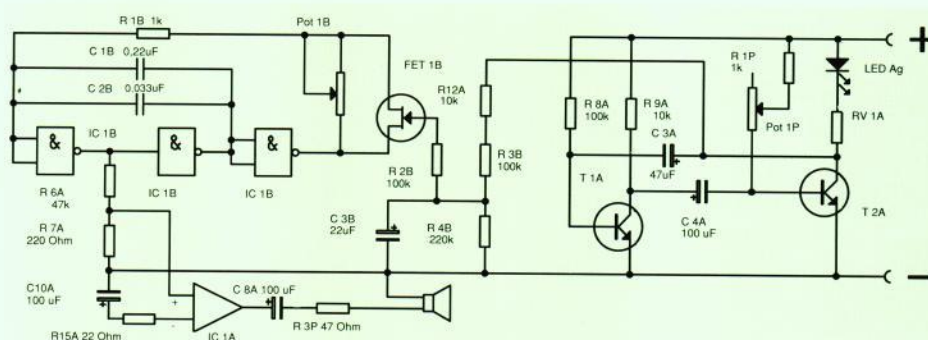
SIRENENAUTOMAT

Mit dem Experiment 248 läßt sich eine Sirene bauen, die bei Dauerbetrieb ganz schön auffällt. Das erstaunliche an dieser Schaltung ist, daß der Ablauf völlig ohne dein Zutun geschieht. Nach dem Einschalten der Betriebsspannung heult sie los, und das ansteigende und abfallende Geheul ist nur durch Ausschalten zu stoppen.

Du kannst auch bei dieser Schaltung die Dauer des Tonanstiegs einstellen, und zwar mit dem Poti P 1P im Pult. Das Poti P 1B begrenzt den unteren Ton.

Die Transistoren T 1A und T 2A stellen einen astabilen Multivibrator dar, der als Taktgeber benötigt wird. Er hat eine ziemlich niedrige Frequenz. Das Rechtecksignal vom Kollektor T 2A gelangt auf das Integrierglied mit R 3B und C 3B. Die Impulse werden dort zu einer aufsteigenden und abfallenden Spannung integriert,

248



248

- A 1 - A 16
- A 3 - A 48
- A 4 - A 39
- A 6 - A 52
- A 8 - A 14
- A 9 - B 12
- A 10 - A 21
- A 11 - A 19
- A 12 - A 29
- A 13 - A 17
- A 15 - A 51
- A 18 - P 5
- A 20 - A 22
- A 24 - P 6
- A 25 - A 49
- A 26 - P 10
- A 28 - B 20
- A 30 - A 38
- A 53 - P 9
- B 1 - B 19
- B 27 - B 28
- B 29 - B 30

die auf das Gate des FET gelangt. Mit der sich ändernden Spannung ändert sich die Frequenz des Generators. Dieses Signal wird vom IC 1A verstärkt und dem Lautsprecher zugeführt. Die grüne LED leuchtet immer dann, wenn der Ton abfällt.

249.

Eine Sirene mit einem so durchdringenden Ton eignet sich ja gut für eine Alarmanlage. Wenn das Gerät plötzlich loslegt, gibt das einen ganz schönen Schrecken. Um sie für diese Zwecke herzurichten, mußt du wissen, daß eine Verbindung von B 11 nach B 18 den Generator stoppt. Damit wird eine Verbindung zwischen dem Stoppeingang und Minus hergestellt. Spannst du in deinem Zimmer einen Stolperdraht (s. Experiment 188), der zwischen diesen beiden Anschlüssen liegt, heult die Sirene los, wenn der Draht unterbrochen ist. Mit dieser Sirene wollen wir Versuche durchführen, die erkennen lassen, mit welchem geringem Aufwand erhebliche Veränderungen zu erzielen sind.

250.

Spannungsanstieg und -abfall sollen am Meßinstrument angezeigt werden. Folgende Umbauten mußt du am Aufbau des Versuchs 248 vornehmen:

B 1 - B 19 entfernen	B 8 - B 14
B 1 - B 38	B 10 - B 40
B 3 - P 8	B 17 - P 7
B 4 - B 16	B 19 - B 39
B 6 - B 2	

Abhängig von der Spannung am Integrator, die gleichzeitig Basisspannung von T 2B ist, schlägt der Zeiger des Meßinstruments aus. Denn der Strom durch T 2B erzeugt am Poti P 2B einen Spannungsabfall, der zum Instrument gelangt. Mit dem Schleifer des Potis kann der größte Ausschlag des Instruments eingestellt werden. Ändert sich dann die Tonhöhe, ändert sich auch der Ausschlag des Zeigers.

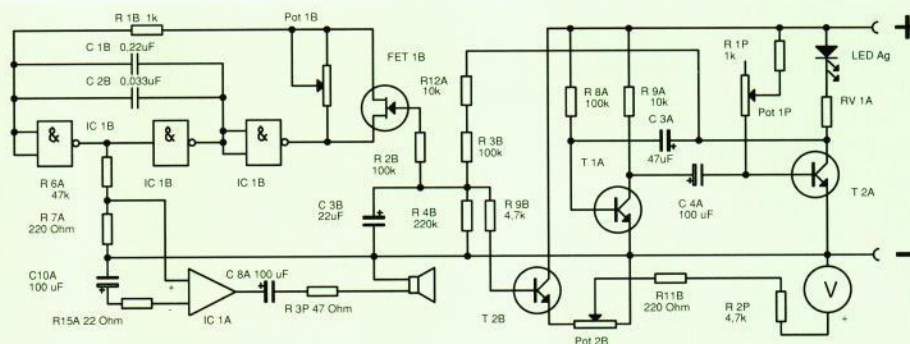
251.

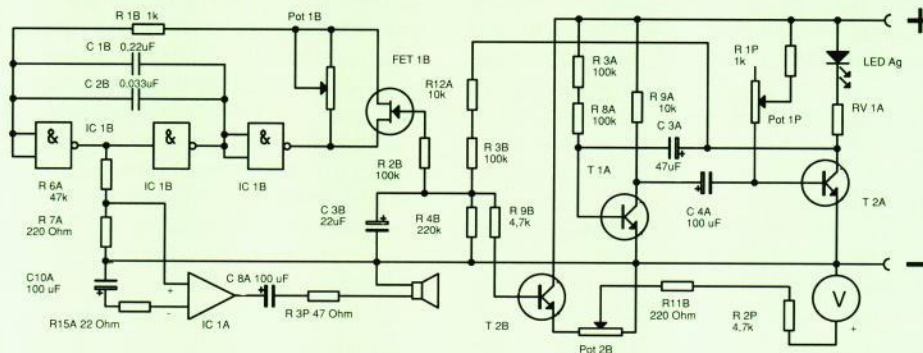
Der Spannungsanstieg läßt sich begrenzen, und dadurch verringert sich der Hub der Sirene. Nur kleine Veränderungen mußt du vornehmen:

A 28 - B 20 entfernen A 43 - B 20
A 28 - A 33

Wenn man den Frequenzhub der Sirene ändern will, muß man den Spannungshub am Integrator verändern. Dieser wird durch das Verhältnis des Spannungsteilers R 3B - R 4B festgelegt. Um den Hub zu verkleinern, muß man den Widerstandswert von R 3B vergrößern. Das kann erreicht werden, indem R 3B und R 3A in Reihe geschaltet werden. War vorher das Teilverhältnis 220 zu 100, ist es nun 220 zu 200. Der Spannungsabfall an R 4B ist wesentlich geringer geworden, und damit auch der Spannungs- bzw. Frequenzhub.

250





254

252.

Durch Erhöhung des Reihenwiderstands kann das Teilverhältnis noch weiter geändert und damit auch der Hub der Sirene stärker begrenzt werden. Anstelle eines Widerstands von 100 kΩ ist der Wert jetzt 220 kΩ. Die Verbindungen A 28 - A 33 und A 43 - B 20 sind zu entfernen, A 28 - A 32 und A 42 - B 20 sind zusätzlich einzusetzen.

253.

Ändern sich die Kapazitäten der Kondensatoren des Tongenerators, ändert sich auch seine Frequenz, und damit auch die Tonlage der Sirene. Entfernst du die Verbindungen B 27 - B 28 und B 29 - B 30, steigt die Frequenz sehr stark an.

254.

Die Zeit, die die Sirene braucht, um den Ton von seiner höchsten zur niedrigsten Frequenz abfallen zu lassen, verkürzt man durch Vergrößerung des Werts von R 8A vor der Basis des Transistors T 1A. Im Versuch 254 erhöht man ihn von 100 kΩ auf 220 kΩ. Folgende Änderungen am Aufbau des vorigen Versuchs sind auszuführen:

A 32 - A 28 entfernen	A 43 - B 15
A 42 - B 20 entfernen	B 27 - B 28
A 2 - A 33	B 29 - B 30
A 28 - B 20	

255.

Umgekehrt wird die Zeit länger und der Anstieg ist nur sehr kurz, wenn du die Verbindungen A 2 - A 33 und A 8 - A 14 entfernst und dafür A 8 mit A 33 verbindest.

AUFGEADEN?

Nach den lautstarken Experimenten nun ein paar ohne Geräusche. Sie sind dafür aber etwas geheimnisvoller. Du kennst den Schrecken, den man bekommt, wenn man über Teppichboden oder PVC-Fußboden geht und dann eine Türklinke oder einen Wasserhahn berührt: *Es zuckt ganz schön in den Fingern bei der Entladung.* Die Vorgänge, die sich dabei abspielen, lassen sich mit den nächsten Experimenten näher untersuchen.

256. (zuletzt zu stecken)

A 2 - Testleitung

Die Testleitung zum Anschluß A 2 ragt am besten in die Höhe. Mit einem Kunststofflineal, das du mit einem Baumwollappen reibst, solltest du in die Nähe der Spitze der Testleitung kommen und dabei auf die LED im Pult achten. Wenn es sehr hell im Raum ist, müßtest du vielleicht abdunkeln. Bevor das Lineal die Leitung berührt, flackert die LED schon. Anstelle eines Lineals kannst du auch eine Kunststoff-Folie oder eine alte Schallplatte verwenden. Bei jedem Annähern, unter Umständen reibst du noch einmal, erkennst du immer

256

A 1	- A 26
A 5	- A 14
A 13	- B 9
A 15	- B 30
B 6	- P 1
B 8	- B 14
B 16	- P 2

257

A 1 - A 26
A 5 - A 14
A 13 - B 9
A 15 - A 30
B 2 - B 6
B 3 - P 8
B 4 - B 16
B 8 - B 14
B 17 - P 7

wieder dieselbe Wirkung. Am Anfang dieser Anleitung zur SCHUCO Modul-Electronic hast du etwas über den Aufbau der Stoffe gelesen, was für diese Erscheinungen wichtig ist. Dort stand, daß alle Stoffe aus Atomen aufgebaut sind, die einen Kern und eine Elektronenhülle haben. Die Elektronen der Atome werden beim Reiben mit dem Tuch verschoben und sind an der Oberfläche des Kunststoffs in größerer Zahl vorhanden. Dort ist also ein Elektronenüberschuß. Da der Kunststoff ein Nichtleiter ist, fließen die Elektronen nicht wieder zurück. Diese Ansammlung von Elektronen nennt man **elektrostatische Aufladung**.

Nun besteht auch die Testleitung aus Atomen mit Elektronen. Kommst du mit dem "geladenen" Kunststoff in die Nähe der Leitung, dann stoßen sich die Elektronen gegenseitig ab. Solche Bewegung der Elektronen ist dir aber auch bereits bekannt: *Das ist elektrischer Strom, und dieser Strom läßt die LED leuchten.* Allerdings ist der Strom so klein, daß er

ungewöhnlich hoch verstärkt werden muß. Die drei Transistoren sind so geschaltet, daß der Emitterstrom durch den einen Transistor gleichzeitig der Basisstrom des nächsten ist. Eine solche Schaltung der Transistoren nennt man einen **Emitterfolger**.

Für die Anzeige der elektrostatischen Aufladung benötigt man eigentlich ein besonderes Meßinstrument, ein **Elektroskop**. Du kannst aber mit dem Aufbau des Experiments 257 die Aufladung auch anzeigen.

257. (zuletzt zu stecken)

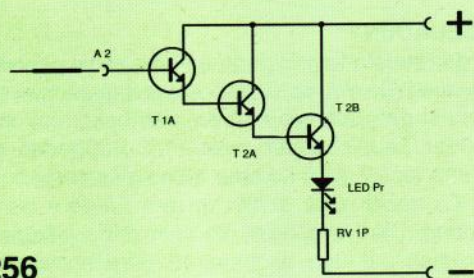
A 2 - Testleitung

Jedes Mal, wenn du mit dem aufgeladenen Kunststoff an die Testleitung herankommst, schlägt der Zeiger des Meßinstruments aus. Anstelle der LED liegt am Emitter des Transistors T 2B das Poti P 2B. An diesem Emitterwiderstand fällt eine Spannung ab, wenn ein Strom durch den Transistor fließt. Das Instrument als Spannungsmessgerät zeigt sie an.

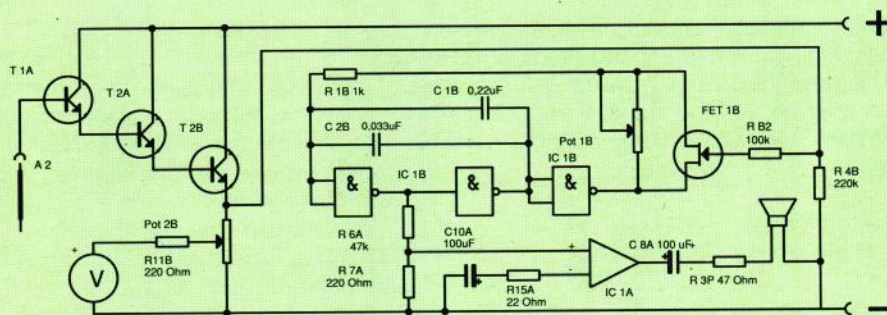
DA JAULT DIE LADUNG

Bestimmt hast du schon einmal im Dunkeln beim Ausziehen eines Kleidungsstücks, wie z.B. eines Pullovers oder eines Hemds, das Sprühen der Funken gesehen und das Knistern gehört. Das ist auch durch elektrostatische Aufladung entstanden. Die Aufladung eines Kunststoffs wollen wir mal "hörbar" machen. Natürlich ist das nicht richtig möglich, aber auf einem "Umweg" geht das schon.

256



258



258. (zuletzt zu stecken) A 2 - Testleitung

Die am Emitter des Transistors T 2B auftretende Spannung, die mit der Größe der elektrostatischen Aufladung schwankt, bestimmt den Tongenerator. Dadurch entstehen unterschiedliche Frequenzen.

WEHE, WENN DAS LICHT ANGEHT

Mit dem nächsten Gerät solltest du mal deine Freunde oder deine Eltern erschrecken. Bei Dunkelheit bleibt es stumm. Erst wenn helles Licht auf die Anlage fällt, heult sie los. Stellst du sie z.B. in deinen Schrank und schließt die Tür, ist nichts zu hören. Aber wehe, wenn die Tür aufgemacht wird: *Dann ist der Lärm groß!*

Experiment 259.

Die Höhe der beiden Töne des Alarmsignals kann mit den Potis P 1B und P 2B eingestellt werden, die Dauer ist mit dem Poti P 1P einzustellen. Solange der

LDR nicht beleuchtet ist, wird der Generator gestoppt. Bei starkem Lichteinfall aber wird der Stop aufgehoben, und der Generator schwingt. Das Umschalten der beiden Töne erfolgt wieder durch den astabilen Multivibrator mit den Transistoren T 1A und T 2A.

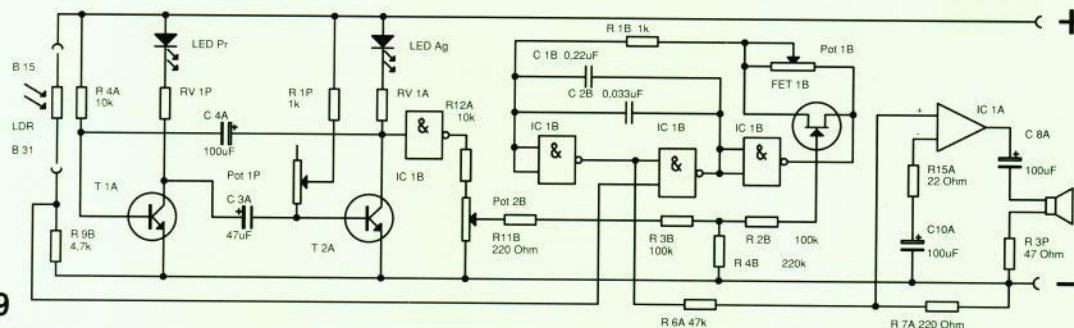
Wenn bei dieser Schaltung das Anschwingen des Generators eventuell erst bei sehr großer Helligkeit und damit zu spät erfolgt, kann das in der Schaltung 260 geändert werden. Wenn du die Verbindung von B 33 nach B 5 und die von B 17 nach B 6 führst, ist das schon erreicht: *Bei geringerer Helligkeit schwingt der Generator an.*

Die Frequenz der beiden Töne ist viel höher, wenn du das Experiment 261 ausführst. Durch das Entfernen der beiden Verbindungen B 27 - B 28 und B 29 - B 30 verringert sich die Kapazität der frequenzbestimmenden Kondensatoren des Generators, und als Folge davon steigt die Tonhöhe.

259

- A 1 - A 16
- A 2 - A 34
- A 3 - A 49
- A 4 - A 38
- A 6 - B 25
- A 9 - B 12
- A 10 - A 21
- A 11 - A 19
- A 12 - A 30
- A 13 - A 17
- A 18 - P 5
- A 20 - A 22
- A 24 - P 6
- A 25 - P 11
- A 26 - A 48
- A 29 - A 39
- A 44 - A 14
- B 3 - B 20
- B 4 - B 16
- B 9 - B 33
- B 11 - B 32
- B 14 - P 9
- B 15 - LDR
- B 17 - B 10
- B 21 - B 2
- B 27 - B 28
- B 29 - B 30
- B 31 - LDR
- P 1 - A 15
- P 2 - A 5

259



262

LAUT IM DUNKELN

Die Umkehrung der letzten Experimente ergibt eine Schaltung, die bei Helligkeit kein Signal abstrahlt, bei Dunkelheit aber sofort Alarm schlägt. Der Versuch **262** ist so geschaltet.

Solange der LDR nicht mit einer starken Taschenlampe oder durch helles Tageslicht bestrahlt wird, bleibt der astabile Multivibrator stumm. Bei Dunkelheit aber kommt ein Zweiklang-Signal aus dem Lautsprecher. Mit dem Poti P 1P im Pult stellst du die Dauer des tiefen Tons ein, mit dem Poti P 1B die Grenze des unteren Tons, und mit dem Poti P 2B begrenzt du die Höhe des oberen Tons.

Der LDR und der Widerstand R 5A bilden einen Spannungsteiler, der zwischen dem Stop-Eingang und Minus liegt. Bei hellem Licht verschiebt sich das Spannungsverhältnis so, daß der Generator nicht schwingen kann. Bei Dunkelheit aber erhält der Stop-Eingang positives Signal, und der Generator schwingt.

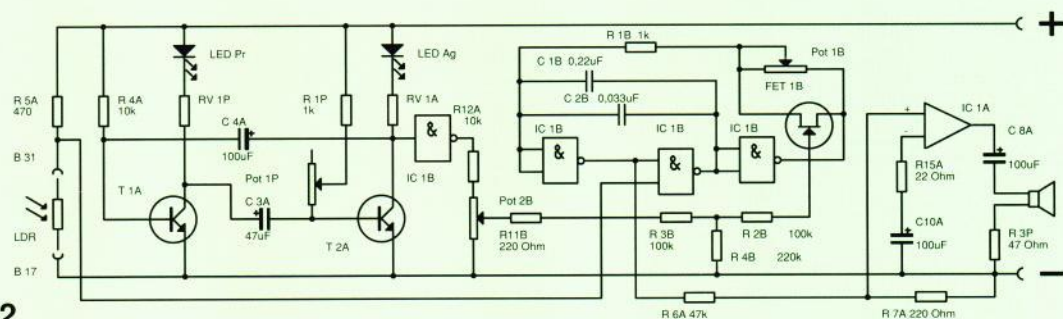
Die Empfindlichkeit der Schaltung kann gesteigert werden, wenn du Experiment **263** ausführst. Für diesen Versuch muß die Verbindung B 33 nach B 9 und B 15 nach B 10 geführt werden. Dadurch ist das Teilverhältnis der Widerstände ein anderes, und nun spricht die Schaltung bei normaler Tageshelligkeit an.

Bei den letzten beiden Schaltungen ließ sich die Dauer des hohen Tons nicht regeln. Das ist mit dem Versuch **264** möglich. Dort muß nur B 25 nach A 6 verbunden werden, und dann regelst du mit dem Poti P 1P im Pult die Länge des hohen Tons.

Bei diesem Versuch nimmt man das Signal des Taktgebers vom Kollektor des Transistors T 1A ab, und darum gelangt die Gegenphase des astabilen Multivibrators auf das Gate des FET. Dazwischen ist noch ein Inverter geschaltet, der das Umschalten der beiden Töne exakter vornimmt.

- A 1 - A 16
- A 2 - A 34
- A 3 - A 49
- A 4 - A 38
- A 9 - B 12
- A 10 - A 21
- A 11 - A 19
- A 12 - A 30
- A 13 - A 17
- A 18 - P 5
- A 20 - A 22
- A 24 - P 6
- A 25 - P 11
- A 26 - A 48
- A 28 - B 25
- A 29 - A 39
- A 35 - B 33
- A 44 - A 14
- A 45 - B 15
- B 3 - B 20
- B 4 - B 16
- B 11 - B 32
- B 14 - P 9
- B 17 - LDR
- B 21 - B 2
- B 27 - B 28
- B 29 - B 30
- B 31 - LDR
- P 1 - A 15
- P 2 - A 5

262



Anstelle des Zweiklanghorns kannst du bei Helligkeit bzw. bei Dunkelheit auch den Ton einer Sirene erschallen lassen. Im Versuch **265** ertönt sie, wenn der LDR abgedunkelt ist.

Das Poti P 2B läßt ein Einstellen der Helligkeit zu, bei der die Sirene losheult.

Wie einige der vorhergehenden Experimente, besteht diese Schaltung auch aus dem Taktgeber mit den Transistoren T 1A und T 2A. Er beeinflusst den Tongenerator mit der Spannung am Kollektor von T 2A über den Integrator auf das Gate des FET. Die ansteigende Spannung am Integrator läßt die Tonhöhe allmählich ansteigen bzw. abfallen. Mit dem Poti P 2B kannst du die Spannung am Spannungsteiler R 11B - R 9B und LDR so einstellen, daß der Transistor T 2B

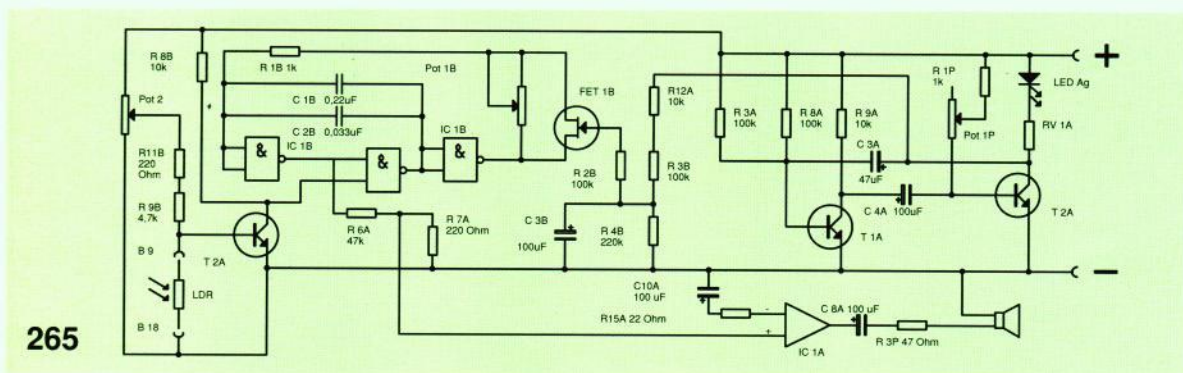
bei Dunkelheit durchschaltet. Dann liegt das NAND B mit einem Eingang an Minus, und der Generator schwingt nicht mehr. Wird der LDR belichtet, verringert sich sein Widerstand, und die Spannung an der Basis von T 2B sinkt. Sperrt dieser Transistor, liegt das NAND B über R 8B an Plus, und der Generator schwingt.

Die Umkehrung der vorhergehenden Schaltung stellt das Experiment **266** dar.

266. *A 40 - B 56*
A 53 - P 9 entfernen *A 50 - B 33*
B 8 - B 11 entfernen *A 54 - P 9*
A 2 - A 55 *B 8 - B 32*
A 33 - A 57 *B 11 - B 31*

265

A 1 - A 16
A 2 - A 33
A 3 - A 48
A 4 - A 39
A 6 - A 52
A 8 - A 14
A 9 - B 12
A 10 - A 21
A 11 - A 19
A 12 - A 29
A 13 - A 17
A 15 - A 51
A 18 - P 5
A 20 - A 22
A 24 - P 6
A 25 - A 49
A 26 - P 10
A 28 - B 20
A 30 - A 38
A 43 - B 14
A 53 - P 9
B 1 - B 19
B 2 - B 13
B 3 - B 10
B 4 - B 16
B 6 - B 17
B 7 - B 15
B 8 - B 11
B 9 - LDR
B 18 - LDR
B 27 - B 28
B 29 - B 30



TÖNE GEMISCHT

Was geschieht eigentlich, wenn zwei Signale unterschiedlicher oder auch gleicher Frequenz gemischt werden? Mit dem Versuch 268 solltest du das einmal ausprobieren.

Wenn du nicht zufällig zwei Töne gleicher Frequenz eingestellt hast, kommt aus dem Lautsprecher ein sehr unangenehmer, schnarrender Ton. Mit dem Poti P 1P im Pult läßt sich die Frequenz eines der Töne einstellen, das Poti P 1B stellt die des anderen Generators ein. Du hörst sofort, wenn beide dieselbe Frequenz haben. Die Signale der Tongeneratoren gelangen auf die beiden Eingänge des vierten NAND-Gatters. An seinem Ausgang entsteht ein Mischsignal aus diesen beiden. Es wird dem IC 1A zugeführt, wo es verstärkt und vom Lautsprecher abgestrahlt wird.

Sind die Generatorfrequenzen nicht gleich, dann entsteht neben anderen Kombinationsfrequenzen auch eine **Differenzfrequenz**.

Zum Glück ist ja noch das Poti 2B nicht benutzt. Das soll mit dem Versuch 269 schnell zugeschaltet werden, um die Lautstärke der Töne zu regeln. Dazu ist die Verbindung von A 10 nach B 2 zu führen, und zusätzlich sind A 21 mit B 3 und B 4 mit B 16 zu verbinden.

270.

Traust du dir zu, zwei Töne miteinander zu vergleichen, auch wenn du dir einen Ton für kurze Zeit merken mußt? Mit der Schaltung 270 wählst du den ersten Ton. Du kannst die Frequenz noch mit dem Poti P 1P im Pult regeln. Gegenüber dem Experiment 269 sind kleine Änderungen vorzunehmen:

A 12 - B 26 entfernen.

271.

Nun ist die Verbindung A 5 - B 25 zu entfernen dafür die von B 12 wieder nach B 26 zu stecken. Mit dem Poti P 1B solltest du den zweiten Ton möglichst genau so einstellen wie den vorigen.

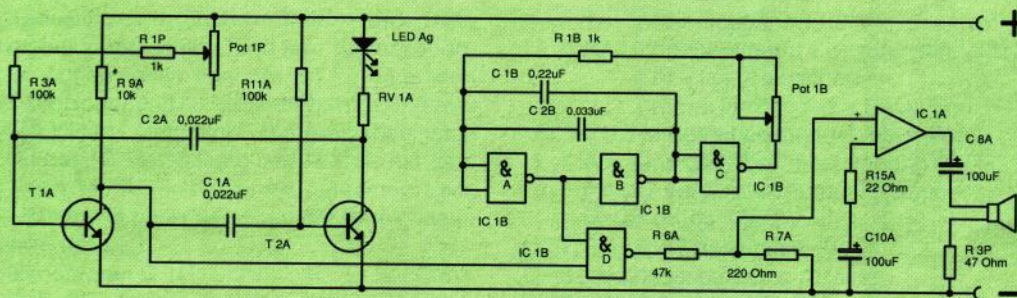
272.

Wenn du dann A 5 mit B 25 verbindest, kannst du prüfen, ob die beiden Töne tatsächlich gleich sind. Haben beide die gleichen Frequenzen - oder weichen sie um eine oder mehrere Oktaven ab - hörst du einen ziemlich sauberen Ton. Liegen sie aber auseinander, scheint ein zusätzlicher Ton im Raum zu "schweben". Verstellst du das Poti im Pult, ändert sich dieser Schwebeton. Je weiter die Frequenzen auseinanderliegen, desto schneller "schwebt" er. Umgekehrt "schwebt" er langsamer, wenn die beiden Frequenzen dicht zusammenliegen.

268

A 1 - A 16
A 2 - A 37
A 3 - A 33
A 4 - A 36
A 5 - B 25
A 6 - A 53
A 9 - B 21
A 10 - A 21
A 11 - A 19
A 12 - A 30
A 13 - A 17
A 14 - P 11
A 15 - A 51
A 18 - P 5
A 20 - A 22
A 24 - P 6
A 25 - A 46
A 27 - A 52
A 29 - A 47
A 43 - P 9
B 12 - B 26
B 27 - B 28
B 29 - B 30

268



UKW-MODUL

Das UKW-Modul enthält als wichtigstes Bauteil ein spezielles IC der Firma Valvo. Es führt die Typenbezeichnung TDA 7000. Dieses IC enthält einen kompletten UKW-Empfänger mit einer Vorstufe, einer Oszillatorstufe und einer Zwischenfrequenz-Stufe (Zf-Stufe) mit niedriger Frequenz. Diese niedrige Frequenz der Zf-Stufe bringt einen Vorteil für die weiteren, nicht integrierten Bauteile. So benötigt man z.B. zur Aufbereitung der Zf keine Spulen, sondern nur Widerstände und Kondensatoren, die bereits im IC integriert sind.

Der Anschluß 10 des Moduls ist der Antenneneingang. Das UKW-Signal gelangt über den Kondensator C 11U auf den Eingangsschwingkreis mit der Spule L 1U. Die Kondensatoren C 11U, C 12U und die Spule L 1U stellen einen Resonanzschwingkreis dar. Die Werte der Kondensatoren und der Spule sind so gewählt, daß der Resonanzschwingkreis auf die Mitte des UKW-Bandes abgestimmt ist. Die Frequenz des Oszilatorkreises mit dem Kondensator C 18U und der Spule L 2U kann über den Anschluß 7 des Moduls und R 5U durch die Kapazitätsdiode D 2U verändert werden. Sie ist in Sperrichtung geschaltet, und ihre Kapazität ändert sich in Abhängigkeit von der an ihr liegenden Spannung. Die Spannung zur Senderabstimmung wird durch das Poti P 1U eingestellt. Die Bereichseinstellung erfolgte bei der Herstellung des Moduls mit dem Poti P 2U. Nach dem Abgleich wurde es mit einem Lack versiegelt, damit nicht aus Versehen die Bereichseinstellung verändert wird.

Die Kondensatoren C 1U, C 2U, C 4U, C 5U, C 6U, C 7U, und C 9U dienen der Zf-Selektion. An den Anschlüssen 2 und 3 des Moduls liegt das demoduliert-

te Nf-Signal. Die Ausgangsspannung beträgt bei einem eingestellten Sender etwa 2 V. Ist kein Sender eingestellt, liegt die Spannung bei etwa 1,2 V. Das Ausgangssignal am Anschluß 3 enthält noch Gleichspannungsanteile. Durch ein besonderes Modulationsverfahren liegt zwischen den Sendern kein Rauschsignal. Es kann aber durch Verbinden der Anschlüsse 4 und 5 ein Rauschgenerator zugeschaltet werden. Dieses Rauschen wird dann elektronisch ausgeschaltet, sowie ein Sendersignal anliegt. Die für das Modul benötigte Spannung von 5,1 V wird mit der Zenerdiode D 3U und ihrem Vorwiderstand R 1U aus der Betriebsspannung von 9 V erzeugt. Die Diode D 1U dient als Verpolungsschutz.

Anschlüsse

- U 1 + 5,1 V Betriebsspannung über 470Ω
- U 2 Nf-Ausgang, nur Wechselspannung
- U 3 Nf-Ausgang mit Gleichspannungsanteil
bei Sender ca 2 V
ohne Sender ca 1,2 V
- U 4 Rauschgenerator für Zwischensenderrauschen
frei = kein Rauschen
mit U 5 verbunden = Rauschen
- U 5 + 5,1 V Betriebsspannung über 470Ω
- U 6 Ausgang der Abstimmspannung 0 V bis 5,1 V
mit U 7 verbunden manuelle Sender-
abstimmung
- U 7 Eingang Kapazitätsdiode
- U 8 - Betriebsspannung / Masse
- U 9 - Betriebsspannung / Masse
- U 10 Antenneneingang

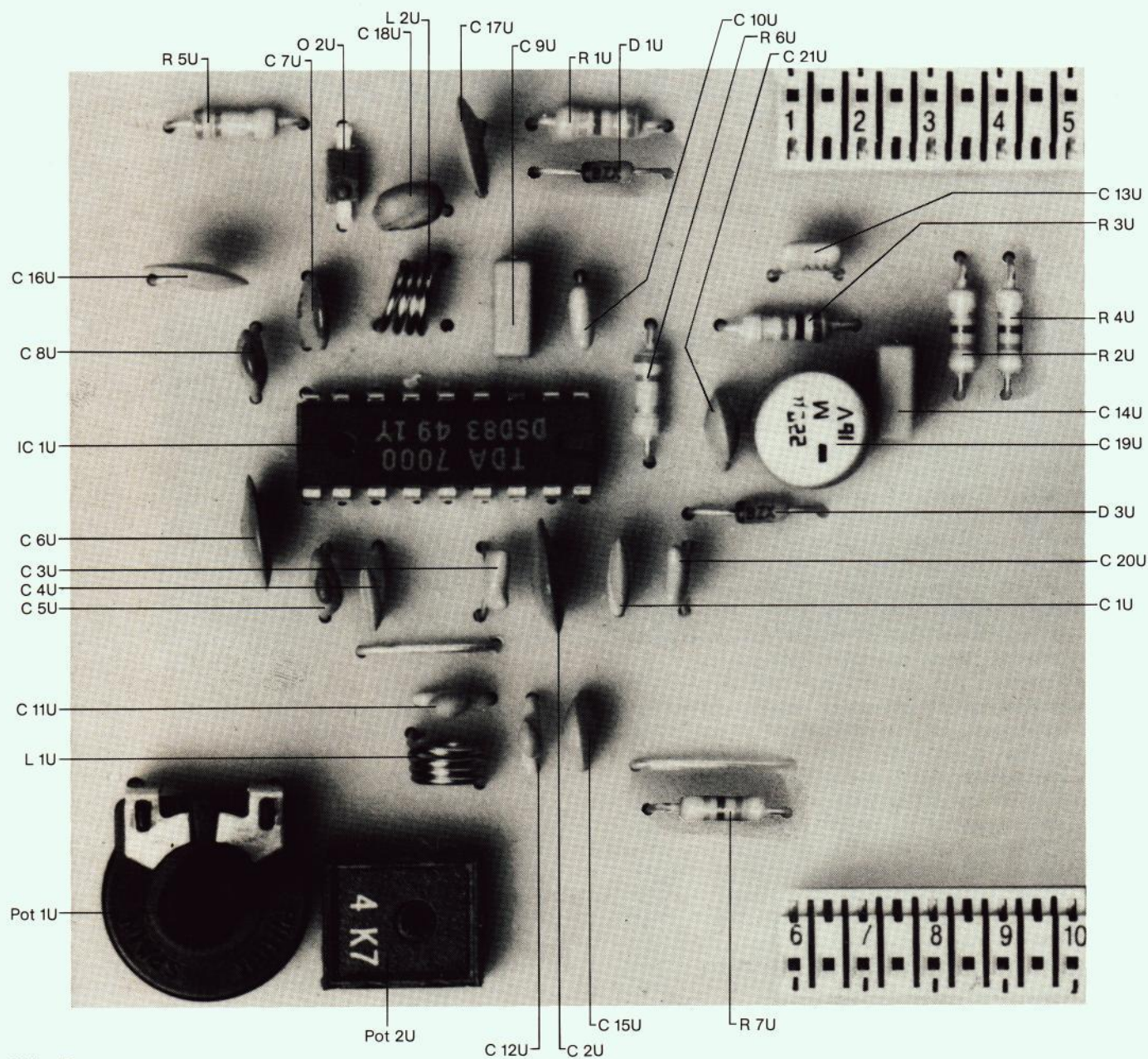


Abb. 40

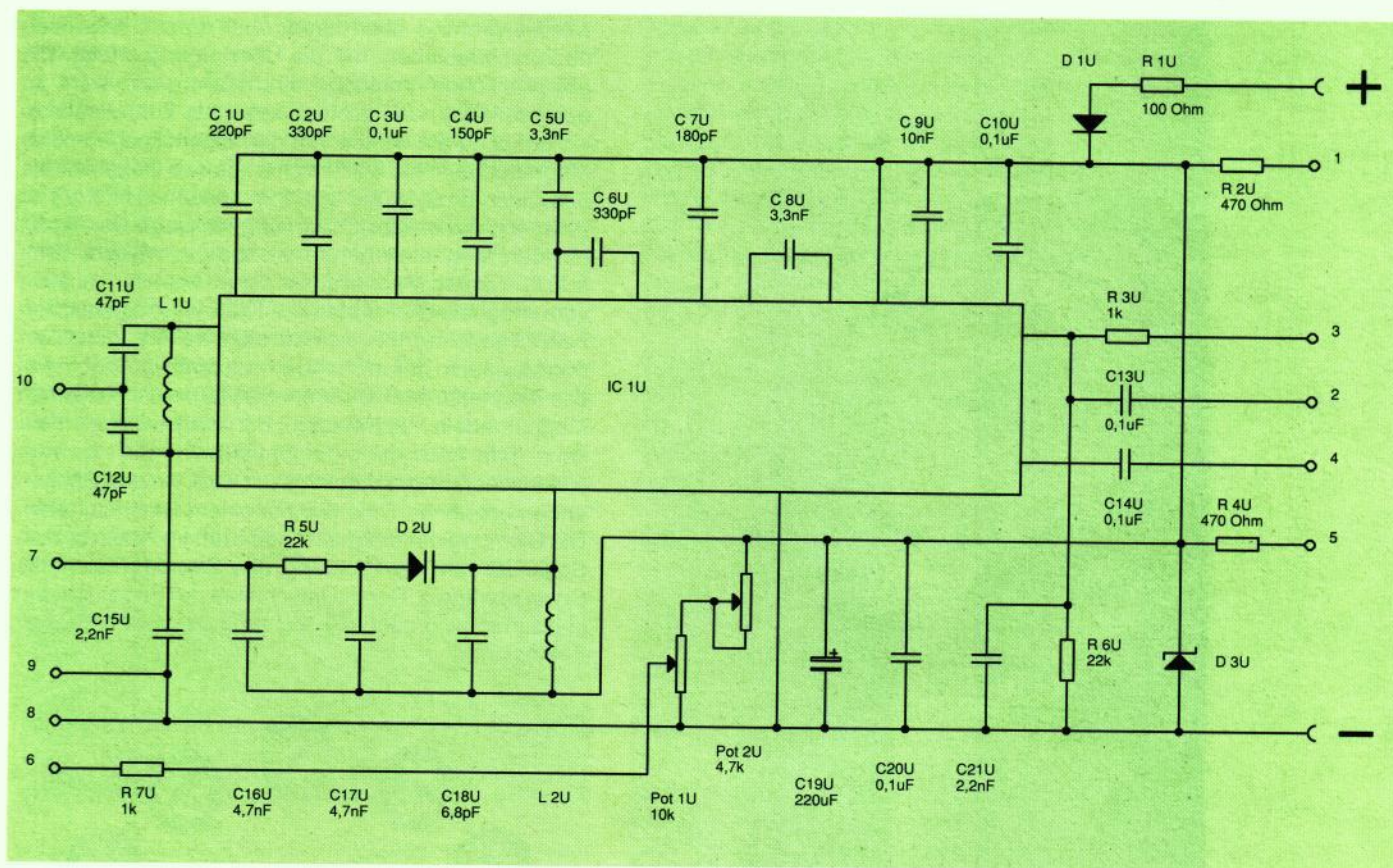


Abb. 41

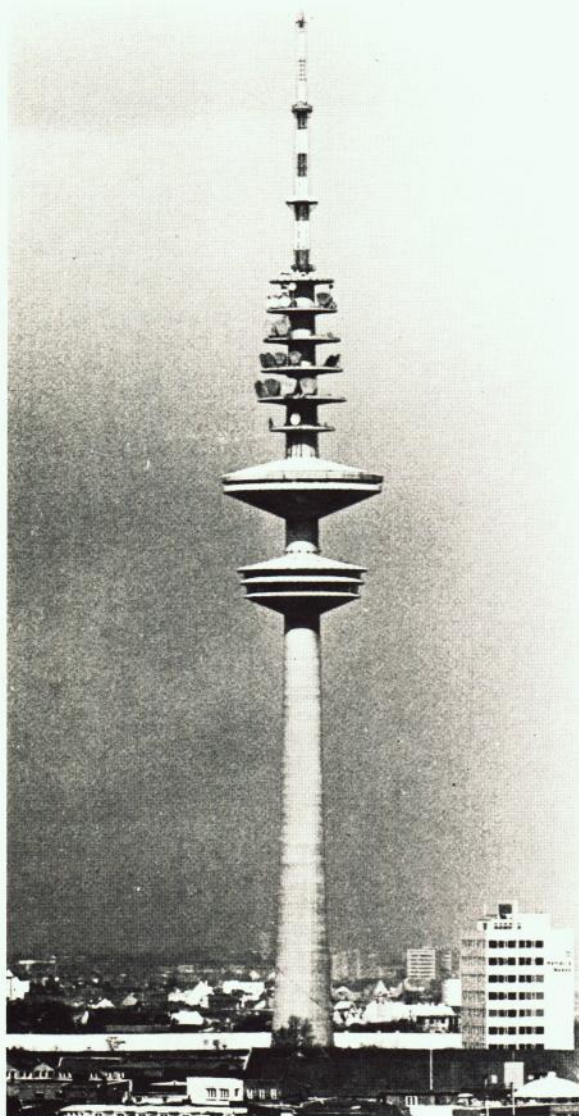


Abb. 42

RUNDFUNKEMPFANGSTECHNIK

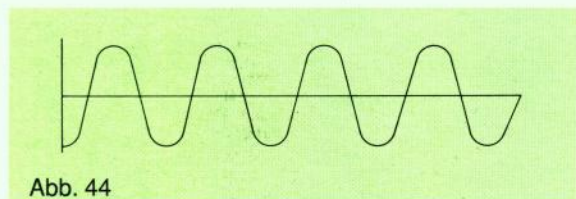
Hast du dir einmal Gedanken gemacht, wie die Musik oder die Sprache vom Rundfunksender zum Empfänger gelangen kann? Man sagt zwar, diese Signale

werden drahtlos übertragen, aber daraus kann man noch nicht ableiten, wie die Übertragung erfolgt. Die physikalischen Vorgänge sind nicht ganz leicht zu durchschauen, weil nichts zu sehen ist. Zum Verständnis gehst du am besten von den Eigenschaften eines Magneten aus. Du weißt sicher, daß er Gegenstände aus Eisen anzieht. Die von ihm ausgehende Kraft ist auch noch in einiger Entfernung wirksam. Der Raum um den Magneten herum ist auch von dieser Kraft erfüllt, die man Magnetismus nennt. Man spricht auch vom magnetischen Feld. Die Kraft im magnetischen Feld ist gerichtet, d.h. sie wirkt nicht wahllos verteilt um den Magneten herum, sondern sie wirkt von einem Pol des Magneten zum anderen. Das läßt sich mit kleinen Magnetnadeln nachweisen. Ein magnetisches Feld kann man auch mit einer Spule erzeugen, die vom elektrischen Strom durchflossen wird. An den Spulenden entstehen Pole wie bei einem Stabmagneten. Die Richtung der magnetischen Kraft im Raum um die Spule ist von der Richtung des Stromes durch die Spule abhängig. Durch Umschalten der Stromrichtung kehrt man also auch die Richtung des magnetischen Feldes um.



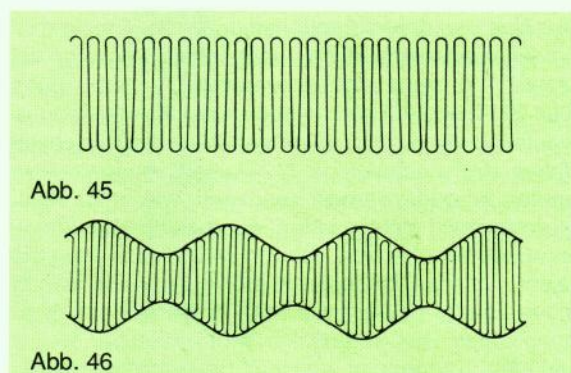
Abb. 43

Auch die Stärke des Magnetfeldes kann man durch den Strom beeinflussen: *Je stärker der Strom ist, der durch die Spule fließt, desto stärker ist auch das Magnetfeld.* Zur drahtlosen Übertragung von Musik, Sprache oder anderen Informationen reicht das Magnetfeld alleine nicht aus. Dir ist bestimmt bekannt, daß das Magnetfeld schnell mit der Entfernung abnimmt, und darum ist die Reichweite sehr begrenzt. Neben dem magnetischen Feld gibt es auch noch das elektrische Feld mit anderen Eigenschaften. Es bildet sich zwischen den Platten eines Kondensators aus. Magnetische und elektrische Felder können miteinander in eine Wechselbeziehung treten. Der Sender einer Rundfunkstation strahlt von seiner Antenne solche Felder ab. Die Abstrahlung ist aber nur dann möglich, wenn sich die Polarität ändert. Im Sender wird Wechselstrom hoher Frequenz in einer Kombination aus einer Spule und einem Kondensator erzeugt, die man Schwingkreis nennt. Diesen hochfrequenten Wechselstrom benötigt man als Trägerwelle eines Senders.

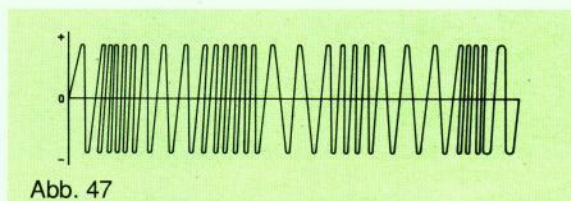


Jedem Rundfunksender ist eine Trägerwelle mit einer festgelegten Frequenz zugewiesen. Um ihn zu empfangen, muß im Radio mit dem Abstimmknopf der ebenfalls vorhandene Resonanzschwingkreis auf diese Trägerwelle abgestimmt werden. Das geschieht dadurch, daß mit dem Abstimmknopf die Kapazität des Drehkondensators verändert wird und so die Frequenz des Schwingkreises auf die Frequenz des Senderschwingkreises eingestellt wird. Bei modernen Geräten benutzt man allerdings keinen Drehkondensator mehr, sondern eine Kapazitätsdiode, deren Kapazität durch unterschiedliche Spannungen verändert wird. Aber wie kann die Trägerwelle Informationen, wie z.B. Musik oder Sprache, transportieren? Zwei Möglichkeiten werden dazu genutzt: *Ein Mikrofon wandelt Sprache oder Musik in Stromschwankungen um.* Laute

Töne erzeugen einen großen Ausschlag. Bei hohen Frequenzen erfolgen die Schwankungen schnell aufeinander, bei tiefen entsprechend langsamer. Solchen Sprechwechselstrom hast du vielleicht schon einmal im Fernsehen oder auf einem besonderen Gerät, einem Oszilloskop, gesehen. Dieser Sprechwechselstrom wird auf die Trägerwelle "aufgedrückt". Dabei ändert sich die Höhe des Ausschlags der Trägerwelle, die Amplitude. Diese Veränderung des Trägers im Rhythmus der Information nennt man deshalb Amplitudenmodulation, abgekürzt AM.



Bei der zweiten Möglichkeit, der Frequenzmodulation (FM), bleibt die Amplitude der Trägerwelle unverändert. Es ändert sich nur die Frequenz des Trägers im Rhythmus der zu übertragenden Information. Das erkennt man daran, daß die Wellenzüge enger oder weiter laufen. Bei einem Ton hoher Frequenz sind die Züge enger, bei einem tiefen Ton sind sie weiter.



Ein Mittelwellenradio empfängt amplitudenmodulierte Wellen. Das UKW-Radio nimmt frequenzmodulierte Signale auf. Bestimmt hast du auf Rundfunkempfängern

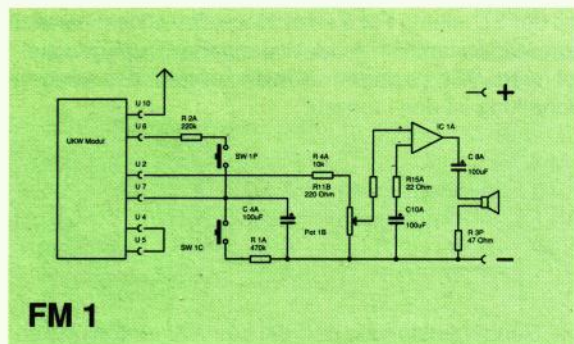
anstelle von MW und UKW schon die Bezeichnungen AM und FM gesehen. In der Anfangszeit der Rundfunktechnik verwendete man nur die Amplitudenmodulation. Solche Rundfunksignale waren gut zu empfangen, und die übermittelte Musik konnte leicht von der Trägerwelle getrennt werden. Ein AM-Radio war deshalb kostengünstig herzustellen. Mit der Frequenzmodulation erzielte man erst später überzeugende Erfolge: Der Empfang war weitgehend störungsfrei, Zündfunken, Blitze, Schalter, Motoren usw. riefen keine Störungen wie Prasseln und Knacken hervor. Das liegt daran, daß solche Störungen meist amplitudenmoduliert sind und darum frequenzmodulierte Signale nicht stören können. Auch bei recht schwachen Signalen erzielt man noch eine einwandfreie Verständigung. Das FM-Rundfunknetz wurde in der Bundesrepublik Deutschland ab 1950 aufgebaut. Man berücksichtigte dabei, daß hochwertige Musikübertragungen einen breiten Frequenzbereich benötigen, wie er im Mittelwellenbereich nicht zur Verfügung steht. Man könnte im Mittelwellenbereich, der von 540 kHz bis 1600 kHz reicht, nur etwa 7 Sender unterbringen, wenn man für jeden Sender 150 kHz wie im UKW-Bereich zur Verfügung stellte. Das ist natürlich nicht vorstellbar, weil es viel mehr Sender gibt. Im UKW-Bereich, der von 88,5 MHz bis 107 MHz reicht, stehen genügend Sendefrequenzen zur Verfügung. Da sich die Ultrakurzwellen nur geradlinig ausbreiten, ist auch ihre Reichweite nur begrenzt. UKW-Sender sind deshalb auch Bereichssender, die für einen Ort oder einen Bezirk das Rundfunkprogramm ausstrahlen. In größerer Entfernung kann dann ein weiterer UKW-Sender auf derselben Frequenz senden, ohne daß der andere Sender gestört wird.

UKW-EMPFÄNGER

Moderne Radios verfügen heute fast selbstverständlich über einen Sendersuchlauf. Das bedeutet, daß der Sender zwar noch durch Drehen am Abstimmknopf eingestellt wird, aber dabei verändert man nicht mehr die Kapazität eines Drehkondensators, sondern die Spannung an einer **Kapazitätsdiode** ändert sich, und damit auch die Kapazität der Abstimm-diode. Noch eleganter ist die Lösung bei dem mit der folgenden Schaltung aufzubauenden Radio: Der Abstimmknopf entfällt auch, und dafür stellt man den Sender durch Druck auf zwei Tasten ein. **Experiment FM 1.**

FM 1. (zuletzt zu stecken)

U 10 - Antenne



FM 1

Als Antenne steckt man am besten einen Draht von 120 mm Länge in den Anschluß U 10. Bei schlechtem Empfang müßte es mit einem längeren probiert werden. Zum Einstellen des Senders ist entweder der Taster sw 1P im Pult oder sw 1C auf dem Modul C zu drücken. Der UKW-Empfänger sucht dann selbständig einen Sender, und zwar je nach Taster einen mit höherer Frequenz oder einen mit niedrigerer Frequenz. Gefällt dir das Programm des Senders, wird nur die Taste losgelassen, und der Sender ist eingestellt. Nach längerer Zeit muß der Sender unter Umständen etwas nachgestellt werden, was wiederum durch Druck auf den Taster erfolgt. Der Kondensator C 4A wird durch Drücken des Tasters sw 1P über R 2A geladen. Dann steigt die Spannung gleichzeitig auch am Anschluß U 7 und damit an der Kapazitätsdiode auf dem UKW-

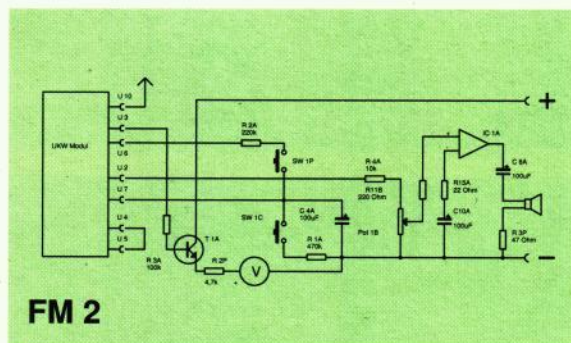
Modul, so daß die Frequenz des Schwingkreises ansteigt. Drückt man den Taster sw 1C, entlädt sich der Kondensator C 4A über den Widerstand R 1A. Damit verringert sich die Spannung an der Kapazitätsdiode, und die Frequenz des Schwingkreises verringert sich. Das Ausgangssignal des UKW-Moduls - es liegt am Anschluß U 2 - muß noch verstärkt werden, damit es vom Lautsprecher abgestrahlt werden kann. Das geschieht durch das IC 1A, das als Nf-Verstärker arbeitet. Die Höhe des auf den Eingang E + gelangenden Signals läßt sich mit dem Poti P 1B einstellen, und dann ändert sich die Lautstärke.

Leichter noch läßt sich an einem Rundfunkempfänger ein Sender einstellen, wenn als Abstimmhilfe ein Anzeigeinstrument mit eingesetzt wird. Dann muß nicht nur das Ohr die Qualität des einfallenden Signals beurteilen, sondern mit dem Auge kann man auch noch die Höhe des Pegels feststellen. Um eine solche Schaltung aufzubauen, sind zusätzlich zu der Verdrahtung des vorigen Geräts noch die folgenden Verbindungen zu stecken:

FM 2.

A 1 - P 8
A 2 - A 43
A 5 - A 15

A 8 - B 17
A 16 - P 7
A 33 - U 3



FM 2

Die Sendereinstellung erfolgt ebenfalls mit den Tasten sw 1P und sw 1C. Wie im vorigen Aufbau stellt man den Sender durch Verändern der Spannung am Kondensator C 4A ein, und auch die Verstärkung des Ausgangssignals erfolgt mit dem IC 1 A. Zur Anzeige

FM1

(Nur mit
Modul C auf-
zubauen)

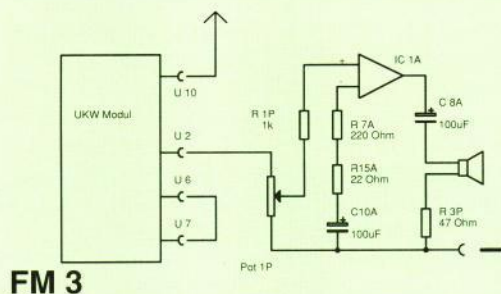
A 17 - P 6
A 18 - A 49
A 19 - A 31
A 20 - A 22
A 21 - B 3
A 24 - P 5
A 32 - U 6
A 34 - U 2
A 39 - A 52
A 41 - C 25
A 42 - P 3
A 44 - B 2
A 51 - P 4
A 53 - U 7
A 54 - C 24
B 4 - U 8
B 11 - B 16
U 4 - U 5

FM3

A 10 - A 22
A 11 - A 20
A 16 - P 10
A 17 - P 6
A 21 - P 9
A 24 - P 5
P 11 - U 2
U 6 - U 7

des Signalpegels des einfallenden Senders dient das Anzeigeinstrument. Es ist über den Impedanzwandler T 1A an den Anschluß U 3 des UKW-Moduls angeschlossen. Die Höhe der demodulierten Nf-Ausgangsspannung ist ein Maß für die Stärke des einfallenden Senders. Das Kernstück des IC-Moduls, das IC TDA 7000, kann man am besten erproben, wenn die Anschlüsse des Moduls nacheinander untersucht werden. Das Poti P 1U dient zur manuellen Sendereinstellung. Durch Drehen kann der gesamte UKW-Bereich überstrichen werden. Die Lautstärke läßt sich stufenlos mit dem Poti P 1P im Pult einstellen. Durch verschiedene Drahtlängen am Antennenanschluß U 10 kann ausprobiert werden, mit welcher Länge der beste Empfang möglich ist. Vielleicht muß das gesamte Pult auch ein wenig auf dem Tisch verschoben werden, um den Empfang zu optimieren.

FM 3. (zuletzt zu stecken)
U 10 - Antenne



FM 3

Mit dem Poti P 1U auf dem UKW-Modul läßt sich die Höhe der Abstimmungsspannung einstellen. Sie gelangt durch Verbinden der Anschlüsse U 6 und U 7 über den Widerstand R 5U zur Kapazitätsdiode D 2U. In Abhängigkeit von der Spannung ändert sich die Kapazität von D 2U, und die Frequenz des Resonanzschwingkreises verschiebt sich.

Das demodulierte Nf-Signal liegt am Anschluß U 2 des UKW-Moduls und muß noch verstärkt werden. Darum gelangt es über das Poti P 1P, das zur Lautstärkeregelung dient, auf den Eingang E+ des als Nf-Verstärker geschalteten IC 1A. An dessen Ausgang liegt der Lautsprecher, der die Sprache oder Musik abstrahlt.

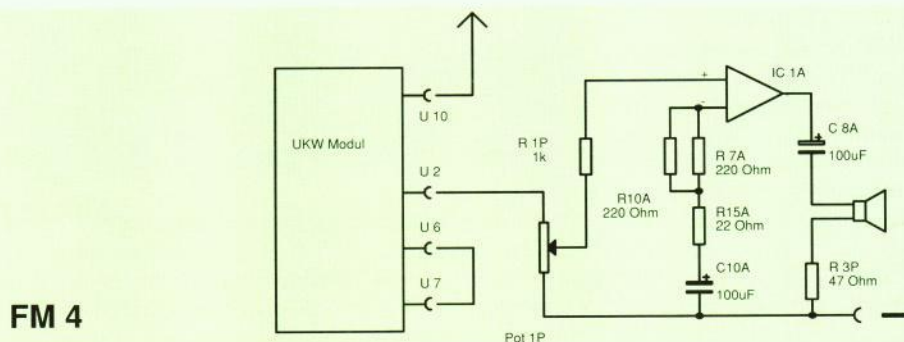
Die Lautstärke am Ausgang des Nf-Verstärkers läßt sich noch erhöhen, falls das gewünscht wird. Das kann mit der Schaltung **FM 4** erreicht werden, indem parallel zum Widerstand R 7A der Widerstand R 10A geschaltet wird. Mit geringen Abwandlungen der vorigen Schaltung ist das möglich.

FM 4.

A 10 - A 22 entfernen	A 20 - A 52
A 11 - A 20 entfernen	A 22 - A 56
A 10 - A 51	A 1 - A 53
A 11 - A 55	A 7 - A 57

Die Sendereinstellung und die Lautstärkeregelung erfolgen wie im letzten Experiment.

Bei der Einstellung eines Senders im Radio sind wir daran gewöhnt, daß zwischen den Sendern ein Rauschen zu hören ist. Vielleicht ist dir aufgefallen, daß das



FM 4

bisher fehlte. Durch Verbinden der Anschlüsse U 4 und U 5 kann dieses Rauschen erzeugt werden, und dann hört sich das Suchen eines Senders wie bei jedem anderen Radio an. Durch eine zusätzliche Verbindung am letzten Gerät ist das zu schaffen:

FM 5.

U 4 - U 5

Das IC des UKW-Radios enthält einen eigenen Rauschgenerator, der durch Verbinden der Anschlüsse U 4 und U 5 eingeschaltet wird. Damit das Rauschen nicht den Rundfunkempfang stört, wird es elektronisch abgeschaltet, sowie ein Sender eingestellt ist, dessen Signal stark genug empfangen wird. Das Einstellen des Senders und die Lautstärkeregelung erfolgen wie bei den vorigen Schaltungen.

Leichter lassen sich an einem Radio die Sender einstellen, wenn eine Abstimmmanzeige zur Verfügung

steht. Das kann ein Zeigerinstrument sein wie im folgenden Aufbau. Zusätzlich zur Verdrahtung des vorigen Experiments sind einige weitere Anschlüsse herzustellen. **Experiment FM 6.**

FM 6.

A 13 - P 8

A 27 - A 19

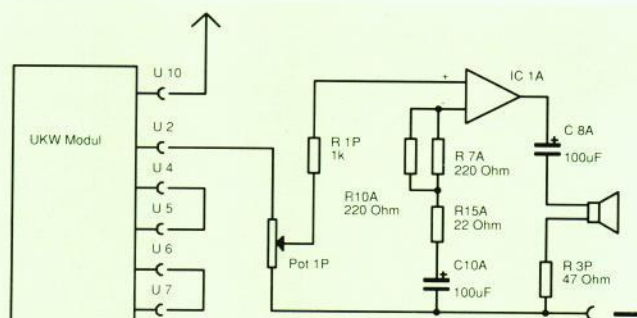
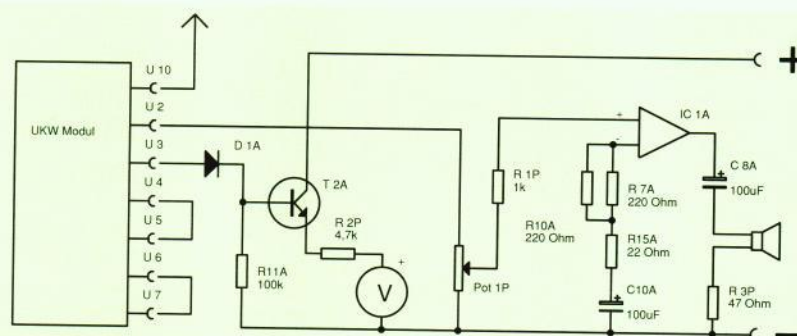
A 15 - A 30

A 40 - U 3

A 18 - P 7

A 50 - A 26

Die Sendereinstellung erfolgt wie bei den vorigen Schaltungen mit dem Poti P 1U auf dem UKW-Modul. Wenn ein Sender stark einfällt, schlägt der Zeiger des Anzeigeinstruments bis zum Anschlag aus. Das demodulierte Nf-Signal am Anschluß 3 des UKW-Moduls enthält noch Gleichspannungsanteile. Bei einem starken Sender beträgt die Spannung etwa 2 V, ist kein Sender eingestellt, liegt die Spannung bei etwa 1,2 V. Diese Spannung wird an der Diode D 1A gleichgerich-

FM 5**FM 6**

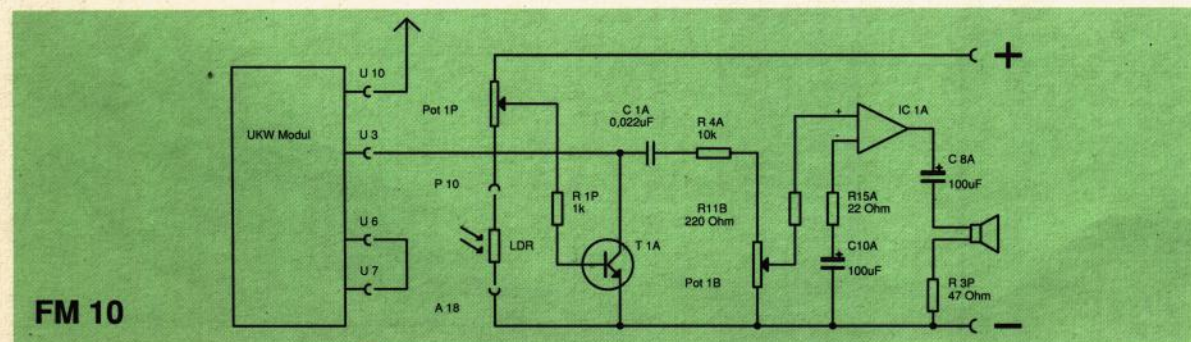
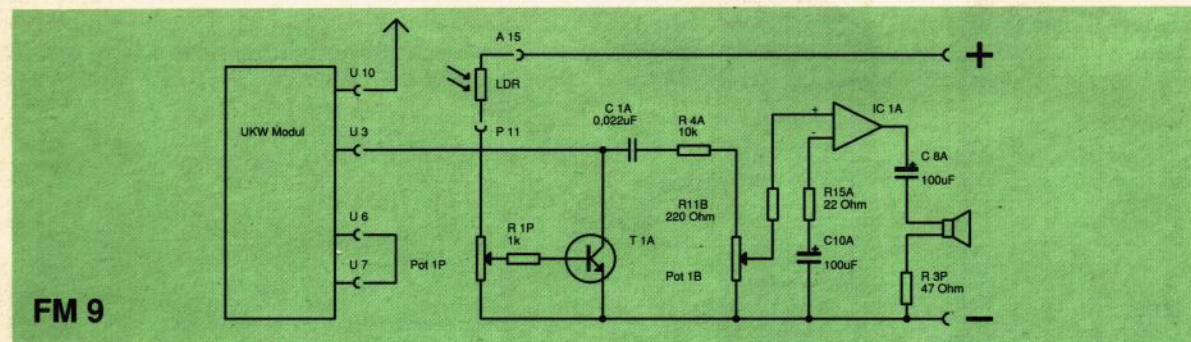
Diese Schaltung funktioniert wie die im vorigen Experiment beschriebene. Zusätzlich aber wurde an den Kollektor des Transistors T 2A des Darlingtonverstärkers ein NAND geschaltet, das die am Kollektor anliegende Spannung umkehrt. Eine geringe Kollektorspannung - die grüne LED leuchtet nicht - läßt die rote leuchten. Umgekehrt erlischt die rote LED bei einem eingestellten Sender. Mit wenigen Schaltungselementen kann man das Radio in Abhängigkeit von der Helligkeit der Umgebung ein- und ausschalten. In diesem Aufbau wird es bei Dunkelheit selbsttätig eingeschaltet. Die Sendereinstellung erfolgt wieder mit dem Poti P 1U auf dem UKW-Modul, die Lautstärke kann mit dem Poti P 1B eingestellt werden. Das Poti P 1P im Pult dient dazu, einzustellen, bei welcher Resthelligkeit das Radio eingeschaltet wird.

FM 9. (zuletzt zu stecken)

U 10 - Antenne

Bei ausreichender Helligkeit sperrt der Transistor T 1A, weil die positive Spannung an seiner Basis nicht ausreicht, um ihn durchzuschalten. Dann gelangt das Ausgangssignal vom UKW-Modul über den Kondensator C 1A, den Widerstand R 4A und den Lautstärkereglern P 1B auf den Eingang E+ des Verstärker IC. Bei abnehmender Dunkelheit aber schaltet der Transistor T 1A durch, und das Nf-Signal gelangt nicht mehr auf den Verstärkereingang, sondern es wird über die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors T 1A abgeleitet. Damit kann aus dem Lautsprecher auch keine Musik ertönen.

Soll umgekehrt das Radio bei Helligkeit eingeschaltet werden, muß der LDR zwischen Minus der Betriebsspannung und der Basis des Transistors T 1A liegen. Mit wenigen Handgriffen ist die vorige Schaltung abgewandelt, die Einstellungen erfolgen ebenso wie dort beschrieben. **Experiment FM 10.**



FM9

- A 1 - A 16
- A 3 - P 9
- A 5 - A 53
- A 15 - LDR
- A 17 - P 6
- A 18 - P 10
- A 20 - A 22
- A 21 - B 3
- A 24 - P 5
- A 34 - A 46
- A 36 - A 52
- A 44 - B 2
- A 51 - U 3
- B 4 - U 8
- U 6 - U 7
- P 11 - LDR

FM 10.

A 15 - LDR entfernen A 15 - P 11
 P 11 - LDR entfernen A 18 - LDR
 A 18 - P 10 entfernen P 10 - LDR

Bei Helligkeit ist der Widerstand des LDR so gering, daß der Transistor T 1A nicht durchschaltet. Das Nf-Signal vom UKW-Modul gelangt auf den Verstärkereingang, und der Lautsprecher strahlt die verstärkten Töne ab. Bei Dunkelheit aber gelangt ausreichend positive Spannung auf die Basis von T 1A, und der Transistor schaltet durch. Damit fließt das Nf-Signal über die Kollektor-Emitter-Strecke ab, und aus dem Lautsprecher ist nichts mehr zu hören.

Die nächsten beiden Schaltungen zeigen beispielhaft, wie das Radio für kurze Zeit eingeschaltet oder ausgeschaltet werden kann. Im Experiment **FM 11** ist zunächst kurzes Ausschalten möglich, wenn das Radio spielt. Dazu ist der Taster SW 1P im Pult kurz zu

drücken. Das Radio verstummt für etwa 6 Sekunden, um sich dann wieder einzuschalten.

FM 11. (zuletzt zu stecken)

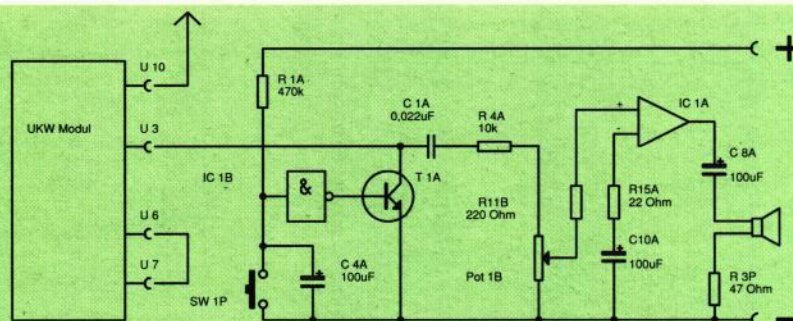
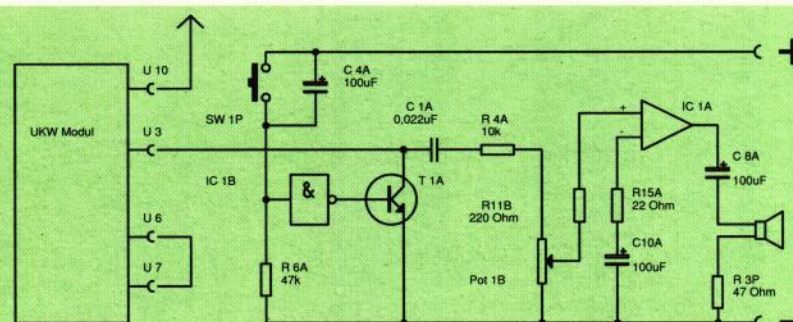
U 10 - Antenne

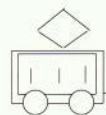
Bei geöffnetem Taster gelangt das Nf-Signal vom UKW-Modul auf den Verstärkereingang, und der Lautsprecher strahlt die Töne ab. Durch das Drücken des Tasters aber entlädt sich der Kondensator C 4A. Danach liegt am Eingang des NAND vor der Basis keine Spannung, und dieser Zustand wird vom NAND invertiert. Das bedeutet, daß der Transistor T 1A so lange durchschaltet, bis der Kondensator wieder geladen ist. Bei leitendem Transistor aber fließt das Rundfunksignal über den Kollektor und Emitter ab, und der Lautsprecher bleibt stumm.

Mit der Schaltung **FM 12** schaltet sich das Radio für etwa 4 Sekunden ein, wenn der Taster sw 1P im Pult

FM11

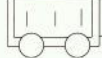
A 1 - A 16
 A 3 - B 21
 A 5 - A 51
 A 15 - A 31
 A 17 - P 6
 A 18 - A 49
 A 19 - P 4
 A 20 - A 22
 A 21 - B 3
 A 24 - P 5
 A 34 - A 46
 A 36 - A 56
 A 39 - A 51
 A 41 - A 52
 A 44 - B 2
 A 53 - B 25
 A 54 - P 3
 A 55 - U 3
 B 4 - U 8
 B 11 - B 16
 U 6 - U 7

FM 11**FM 12**



Stromversorgung

Batterien 6 * R 14G à 1,5 V, 3250 mA/h



Dieses Spielzeug darf nur mit den angegebenen Batterien betrieben werden. Wird das Spielzeug längere Zeit nicht benutzt, müssen die Batterien herausgenommen werden. Entladene Batterien aus dem Gerät entfernen und vorschriftsmäßig entsorgen - nicht in den Hausmüll. Batterien nicht ins Feuer werfen oder wieder aufladen.

Nicht geeignet für Kinder unter 36 Monaten, da spitze Drähte vorhanden sind.

Alle Bauteile kannst Du bei Deinem Fachhändler nachkaufen oder bei den folgenden Adressen bestellen:

in Deutschland

Schuco
G. A. Mangold GmbH
Postfach 1652
8510 Fürth/Bay.
Tel. 09 11/78 72-0

in Österreich

Stadlbauer
Marketing & Vertrieb
Postfach 83
5027 Salzburg
Tel. 066/2 77 52 10

