

PHILIPS

ELECTRONIC



PHILIPS
EXPERIMENTIER-
TECHNIK



D

6302

Anleitungsbuch zum
Zusatz-Experimentierkasten
Digital-Lab

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| ELECTRONIC UKW/STEREO LAB Zusatzstufe für A, B, C, D | | ELECTRONIC DIGITAL LAB Zusatzstufe für B, C, D | | ELECTRONIC FERNSEH LAB Aufbaustufe E → F |
| ELECTRONIC AUFBAU LAB Aufbaustufe C → D | | | ELECTRONIC PROFI LAB Grundstufe D | |
| ELECTRONIC AUFBAU LAB Aufbaustufe B → C | | ELECTRONIC EXPERT LAB Grundstufe C | | |
| ELECTRONIC AUFBAU LAB Aufbaustufe A → B | ELECTRONIC BASIS LAB Grundstufe B | | | |
| ELECTRONIC ERSTKONTAKT Grundstufe A | | | | ELECTRONIC OSZILLOSKOP LAB Grundstufe E |

© Philips GmbH, Bereich Hobby Technik

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe – auch auszugsweise – nicht gestattet.

Wir übernehmen keine Gewähr, daß die in diesem Buch enthaltenen Angaben frei von Schutzrechten sind.

Technische Änderungen vorbehalten.

DIGITAL

Anleitungsbuch

Ergänzung zu den Grundstufen
B, C, D

Vertrieb:
Georg Adam Mangold GmbH & Co. KG
Lange Straße 69-75, 8510 Fürth/Bayern,
Telefon (0911) 7 8181

Vorwort

Videospiele und Home-Computer sind die großen Schlager auf dem Spielzeug- und Freizeitmarkt. Kleinste Spiele im Taschenformat mit den verschiedenartigsten Möglichkeiten bis zu schrankgroßen Geräten in Spielhallen faszinieren Jugendliche und Erwachsene.

Noch gar nicht abzuschätzen sind die Möglichkeiten, die in den auf dem Markt befindlichen Home-Computern stecken, und wer wagt schon eine Vorhersage, wie die Entwicklung auf dem Computer-Sektor weitergehen wird?

*Der gesamte Bereich hat eine gemeinsame Grundlage, die **Digital-Technik**. In diesem Anleitungsbuch erfährst du einiges über dieses interessante Teilgebiet der Elektronik. Modernste Anwendungen der Digital-Technik findest du im Kapitel **Experiment und Wirklichkeit**.*

*Der Abschnitt **Von bits und bytes** stellt einen in sich geschlossenen Gang durch die Digital-Technik dar, und am Ende dieses Anleitungsbuches sind unter der Überschrift **Von Experten für Experten** die schwierigen Experimente eingehend in ihrer Funktion beschrieben.*

*Vor dem Experimentieren solltest du noch einmal das Kapitel **Ohne Vorbereitung geht es nicht** im Anleitungsbuch des Electronic Basis Lab B oder Electronic Profi Lab D lesen. Alle dort beschriebenen Vorarbeiten sind auch vor den Experimenten zur Digital-Technik auszuführen.*

*Für alle Experimente des Kapitels **Experiment und Wirklichkeit** liegen Verdrahtungspläne im Maßstab 1:1 bei, für die Experimente im Abschnitt **Von bits und bytes** enthält dieses Anleitungsbuch verkleinerte Verdrahtungspläne.*

Liebe Eltern,

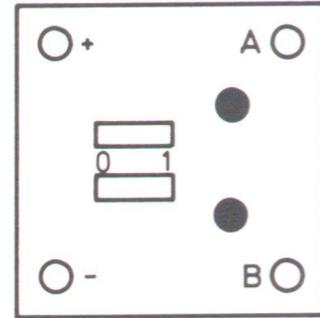
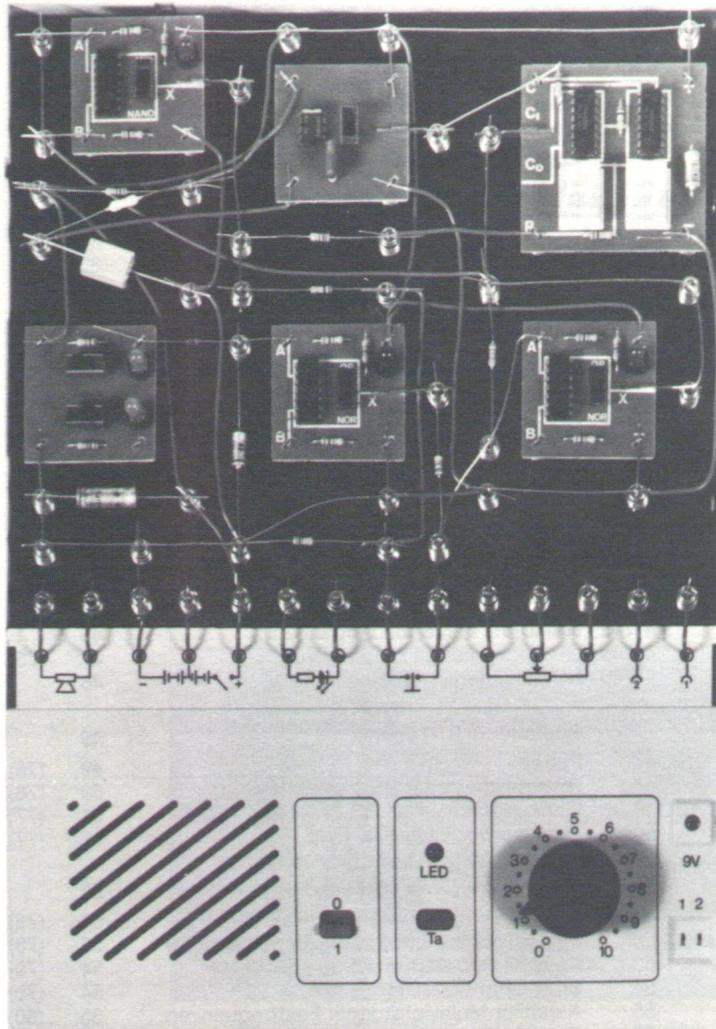
Sie haben ein Qualitäts-Produkt erworben, das dem Stand der Technik entspricht und damit die gültigen Sicherheitsbestimmungen erfüllt.

Bedenken Sie aber auch, daß der Umgang mit der Netzspannung immer Gefahren in sich birgt und daher bitten wir Sie, Ihre Kinder zu entsprechendem vorsichtigem Verhalten anzuleiten.

Wir möchten Sie außerdem darauf hinweisen, daß Sie verpflichtet sind, jeden Sicherheits-Transformator, jede Ladeeinheit und jeden Netzadapter regelmäßig auf mögliche Gefahren, wie z. B. Schäden am Gehäuse, am Stecker und an der Leitung zu untersuchen. Falls Sie solche Schäden feststellen, darf das Spielzeug nicht weiterbenutzt werden, bis der Schaden ordnungsgemäß behoben ist. (VDE-Vorschrift 700, Teil 210, Seite 6)

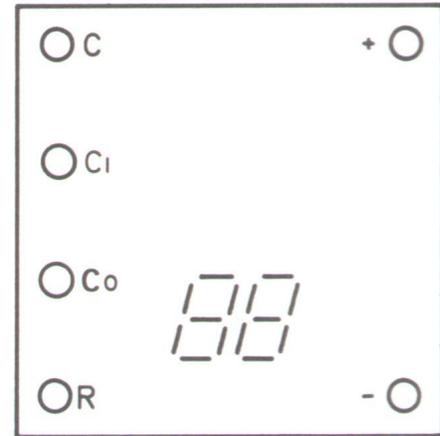
| Expe- riment | Seite (Seite) | Expe- riment | Seite (Seite) |
|---|---------------|---|---------------|
| Vorwort | 2 | Von bits und bytes | 24 |
| Inhaltsverzeichnis | 3 | 19 Analog | 24 |
| Bauteile des Digital-Lab | 5 | 20 Digital | 24 |
| | | Umwandlung von Dual- in Dezimalzahlen | 27 |
| | | Umwandlung von Dezimal- in Dualzahlen | 28 |
| | | Addition von Dualzahlen | 28 |
| Ohne Vorbereitung geht es nicht | | Logische Grundverknüpfungen | 29 |
| Eingabe-Einheit | 6 | 21 Identität | 29 |
| AND-NAND-Baustein | 7 | 22/23 Inversion oder Negation | 30 |
| OR-NOR-Baustein- | 7 | 24 OR | 32 |
| Multivibrator-Baustein | 8 | 25 AND | 33 |
| Anzeige-Modul | 8 | NOR | 35 |
| | | NAND | 35 |
| Experiment und Wirklichkeit | | Logik in IC-Technik | 37 |
| „Von Experten für Experten“ | | 26/27 OR und NOR | 38 (72) |
| Elektronische Zählrichtungen | 9 | 28/29 AND und NAND | 39 (72) |
| 1 Lichtschranke | 10 (61) | 30/31 Identität und Inversion | 40 (72) |
| 2 Akustischer Zähler | 10 (61) | 32 AND | 41 (73) |
| 3 Impulzzähler | 11 (62) | 33 NAND | 41 (73) |
| | | 34 OR | 42 (73) |
| | | 35 NOR | 42 |
| Elektronische Spiele | 11 | 36/37 Exklusiv-OR | 42 (74) |
| 4 Bingo | 11 (62) | 38 Äquivalenz | 44 (74) |
| 5 Glücksrad | 12 (63) | 39/40 AND mit negierten Eingängen | 44 (75) |
| 6 Lottomat | 13 (63) | 41/42 NAND mit negierten Eingängen | 46 |
| 7 Reaktionstester | 14 (64) | 43/44 OR mit negierten Eingängen | 47 (75) |
| | | 45/46 NOR mit negierten Eingängen | 48 |
| Elektronische Zeitmessung | 15 | Speicher in IC-Technik | 49 |
| 8 Sekundenuhr | 15 (64) | 47 Puffer | 49 (76) |
| 9 Stoppuhr | 16 (65) | 48 RS-Speicher oder RS-Flip-Flop | 50 (76) |
| | | 49 Flankengesteuertes RS-Flip-Flop | 51 (77) |
| | | 50 Zwischenspeicher-Flip-Flop | 52 (77) |
| Frequenzzähler | 17 | Multivibratoren in IC-Technik | 52 |
| 10 Astabiler Multivibrator | 17 (66) | 51 Monostabiler Multivibrator (Halbstufe) | 52 (78) |
| 11 Generator für langsame Frequenzen | 18 (66) | 52 Monostabiler Multivibrator (Impulsdehner) | 53 (78) |
| 12 Frequenzmesser für höhere Frequenzen | 18 (67) | 53 Astabiler Multivibrator | 54 (79) |
| 13 Tongenerator mit digitaler Frequenzanzeige | 19 (68) | 54 Start-Stop-Oszillator | 54 (79) |
| 14 Dimmer mit Digitalanzeige | 20 (68) | 55 Astabiler Multivibrator mit Festfrequenzen | 55 (80) |
| | | 56 Astabiler Multivibrator mit variabler Frequenz | 56 |
| Elektronische Meßgeräte | 21 | 57 Integrierter Monostabiler Multivibrator | 57 (80) |
| 15 Digital-Voltmeter | 21 (69) | 58 Sprachgesteuerter Monostabiler Multivibrator | 57 (81) |
| 16 Digitales Widerstands-Meßgerät | 22 (70) | 59/61 Funktion des Anzeige-Moduls | 59 |
| 17 Lichtstärke-Meßgerät | 22 (70) | Übersicht der Funktionstabellen | 82 |
| 18 Digitales Thermometer | 23 (71) | | |

Experimentierbox



EE

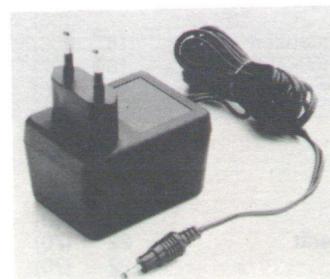
Eingabe-Einheit, weiß



IC

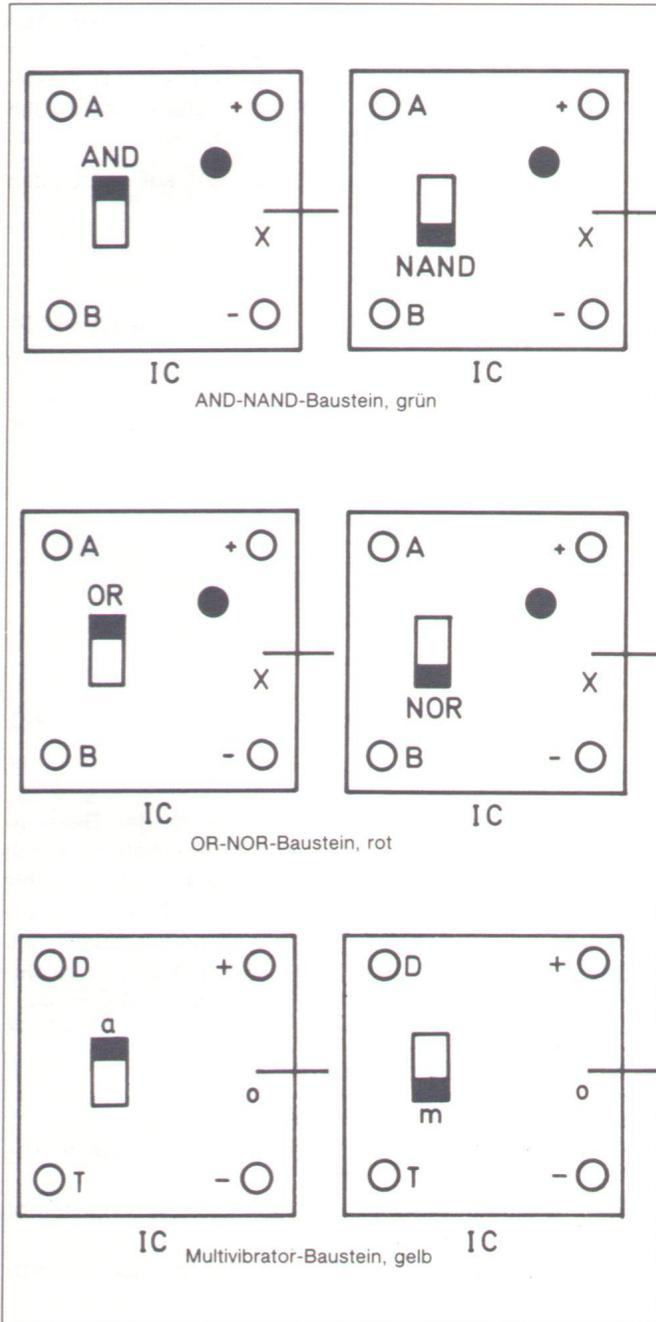
Anzeige-Modul, weiß

Als Zubehör lieferbar:
Steckernetzteil 6-6150
 (VDE-geprüft)



Nur Netzteil verwenden, das
 Gleichspannung 9 Volt bei einer Lei-
 stung von 150-450 mA abgibt. Der
 Pluspol muß am vorderen Kontakt
 des Klinkersteckers liegen.

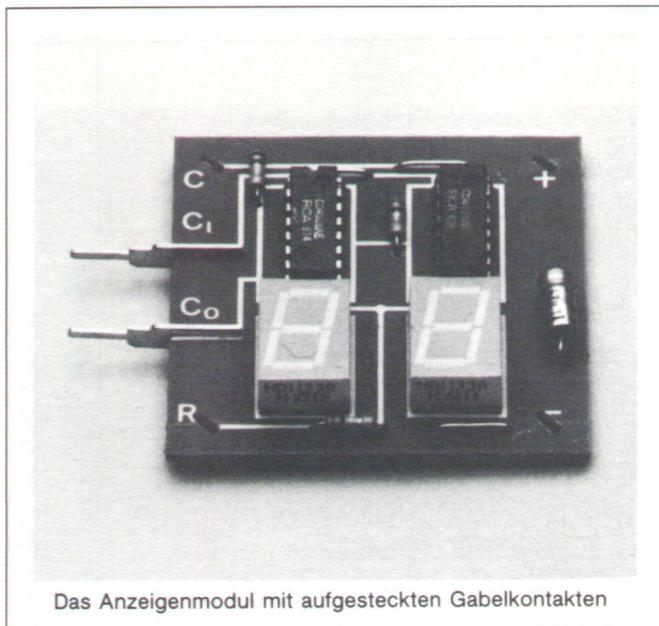
Bauteile des Digital-Lab 6302



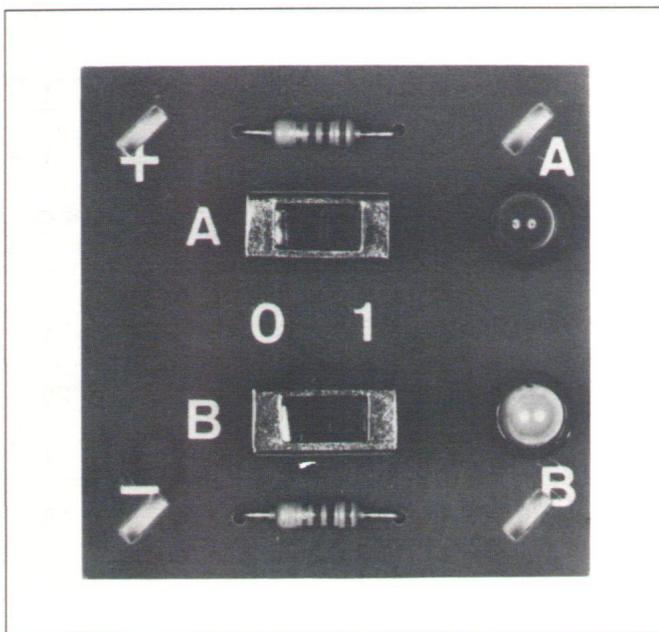
| Bestell-Nr. | Bezeichnung | Menge |
|-------------|-------------------------------------|-------|
| 349.2572 | Eingabe-Einheit, weiß | 1 |
| 2573 | AND-NAND-Baustein, grün | 1 |
| 2574 | OR-NOR-Baustein, rot | 2 |
| 2575 | Multivibrator-Baustein, gelb | 1 |
| 2576 | Anzeige-Modul, weiß | 1 |
| 1004 | Widerstand | |
| | 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot) | 1 |
| | 33.000 Ohm (orange, orange, orange) | 1 |
| | 150.000 Ohm (braun, grün, gelb) | 1 |
| | 330.000 Ohm (orange, orange, gelb) | 1 |
| | 1.500.000 Ohm (braun, grün, grün) | 1 |
| | 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün) | 1 |
| 1005 | Folien-Kondensator 0,47 μ F | 1 |
| 1006 | Elektrolyt-Kondensator 1 μ F | 1 |
| 1016 | Blanker Draht | 4 m |
| 1125 | Diode | 1 |
| 2521 | Grundplatte | 1 |
| 2526 | Klemme | 25 |
| 2590 | Gabelkontakt | 4 |
| 2577 | Verdrahtungspläne | 18 |
| 2578 | Anleitungsbuch | 1 |

Ohne Vorbereitung geht es nicht

Befestigen der Bauteile auf der Grundplatte



Das Anzeigenmodul mit aufgesteckten Gabelkontakten



Vor dem Experimentieren mit diesem **Electronic-Digital-Lab** sind nur wenige zusätzliche Vorbereitungen nötig. Wer bereits mit dem Elektronik-Basis-Lab B, C oder D experimentiert hat, weiß bereits, wie die Bauteile einzubauen sind. (Vergl. Anleitungsbuch B/C Seite 6–16).

Neu sind die fünf Logik-Bausteine, die alle auf gedruckten Schaltungen (Platinen) aufgebaut sind.

Eingabe-Einheit (weiß)

Auf der Eingabe-Einheit sind 2 Schalter mit den Bezeichnungen A und B montiert. Der Schalter A schaltet den mit A bezeichneten Kontakt, Schalter B den Kontakt B. Führt ein Kontakt Spannung, leuchtet die dazugehörige Leuchtdiode. Zum Kontakt A gehört die grüne Leuchtdiode, zum Kontakt B die gelbe. Die Schalterstellungen tragen die Beschriftung 1 und 0. Dabei bedeutet 1 = ein und 0 = aus.

Befestigen auf der Grundplatte

1. 4 Klemmen nach Verdrahtungsplan einsetzen
2. Haarnadelfedern nach den Schlitzen in der Platine ausrichten
3. Platine an einer Ecke niederdrücken und Anschlußdraht durch die Schlaufe schieben
4. An den anderen Klemmen wiederholen, bis alle Anschlüsse befestigt sind
5. Auf richtige Polung achten

AND-NAND-Baustein (grün)

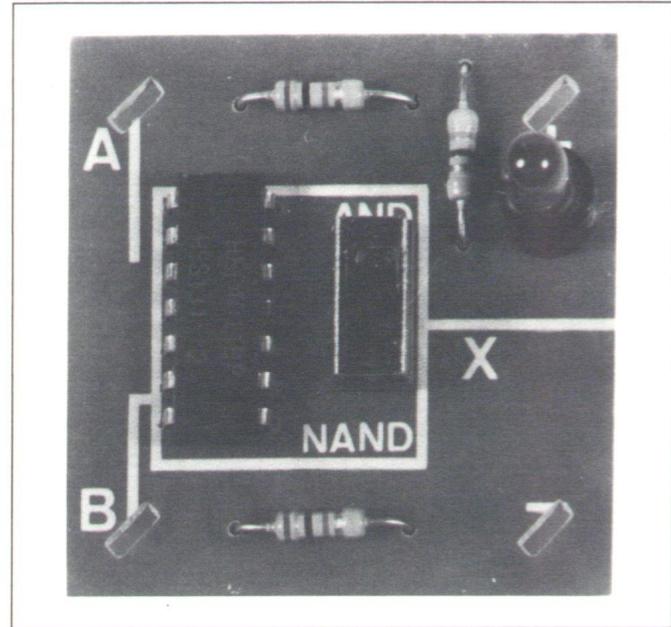
Mit dem Baustein können die logischen Funktionen AND (engl. and = und) und NAND (engl. not **and** = nicht und) dargestellt werden.

Aus dem Verdrahtungsplan des betreffenden Experiments geht hervor, welche der Funktionen AND oder NAND benötigt wird.

- Schiebeschalter in Richtung AND \cong AND-Funktion
- Schiebeschalter in Richtung NAND \cong NAND-Funktion

Befestigen auf der Grundplatte

1. Wenn lt. Verdrahtungsplan erforderlich, Gabelkontakt auf den Anschluß X der Platine schieben
2. 5 Klemmen nach dem Verdrahtungsplan einsetzen
3. Haarnadelfedern nach den Schlitzen in der Platine ausrichten
4. Erst den Gabelkontakt in die entsprechende Klemme schieben
5. Dann die übrigen Kontakte wie bei der Eingabe-Einheit befestigen
6. Polung beachten



evtl. Gabelkontakt aufschieben

OR-NOR-Baustein (rot)

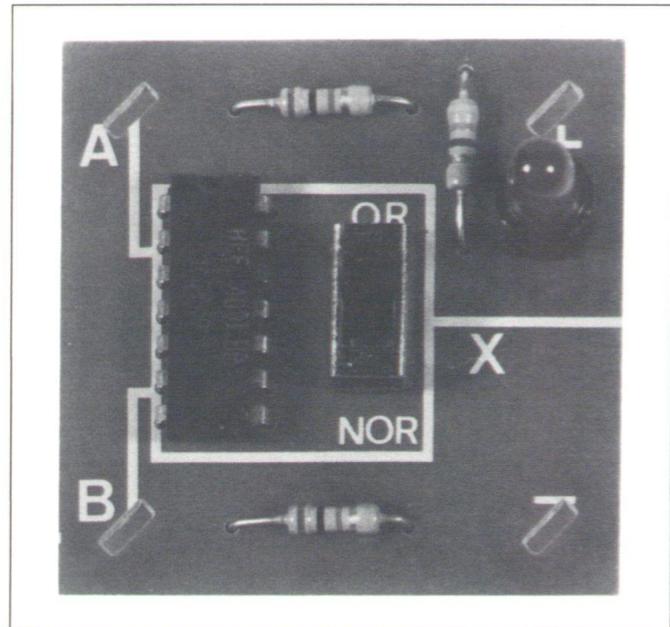
Mit diesem Baustein können die logischen Funktionen OR (engl. or = oder) und NOR (engl. not **or** = nicht oder) dargestellt werden.

Aus dem Verdrahtungsplan des betreffenden Experiments geht hervor, welche der Funktionen OR oder NOR benötigt wird.

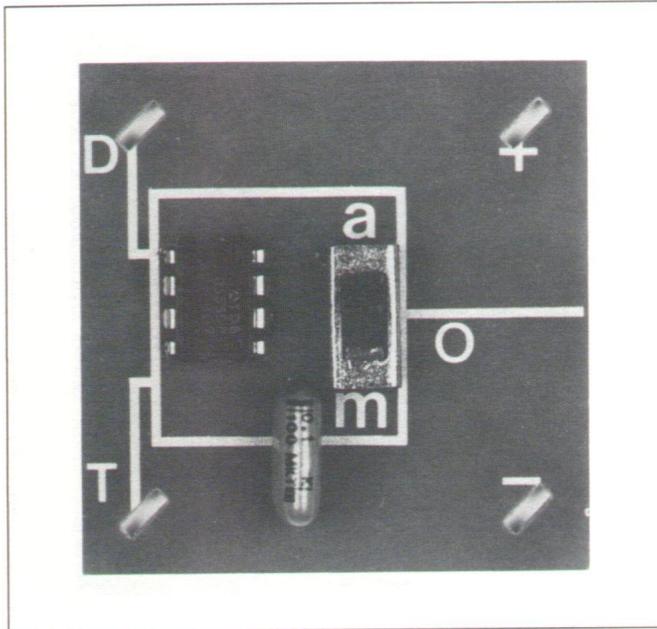
- Schiebeschalter in Richtung OR \cong OR-Funktion
- Schiebeschalter in Richtung NOR \cong NOR-Funktion

Befestigen auf der Grundplatte

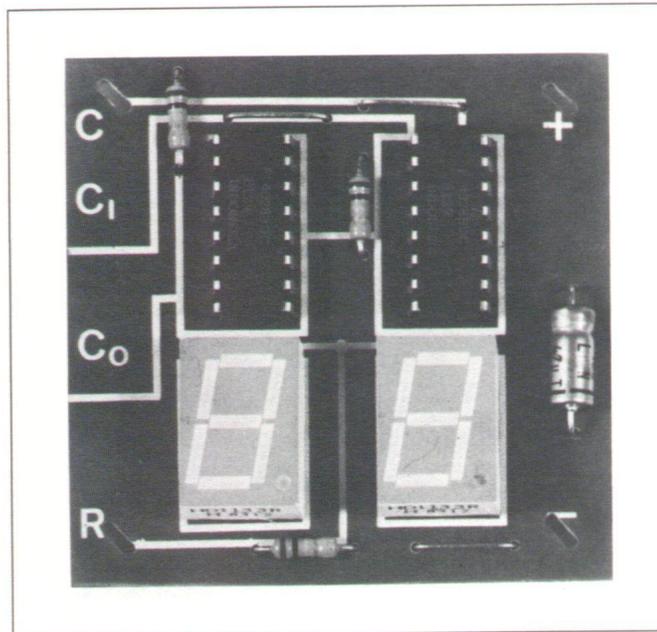
1. Wenn lt. Verdrahtungsplan erforderlich, Gabelkontakt auf den Anschluß X der Platine schieben
2. 5 Klemmen nach dem Verdrahtungsplan einsetzen
3. Haarnadelfedern nach den Schlitzen in der Platine ausrichten
4. Erst den Gabelkontakt in die entsprechende Klemme schieben
5. Dann die übrigen Kontakte wie bei der Eingabeeinheit befestigen
6. Polung beachten



Ohne Vorbereitung geht es nicht



evtl. Gabelkontakt aufschieben



Multivibrator-Baustein (gelb)

Mit diesem Baustein läßt sich ein **Astabiler Multivibrator** oder ein **Monostabiler Multivibrator** ausführen.

Aus dem Verdrahtungsplan des betreffenden Experiments geht hervor, welcher der Multivibratoren benötigt wird.

Schiebeschalter in Richtung a $\hat{=}$ Astabiler Multivibrator

Schiebeschalter in Richtung m $\hat{=}$ Monostabiler Multivibrator

Befestigen auf der Grundplatte

1. Gabelkontakt auf den Anschluß 0 der Platine schieben
2. 5 Klemmen nach dem Verdrahtungsplan einsetzen
3. Haarnadelfedern nach den Schlitzen in der Platine ausrichten
4. Erst den Gabelkontakt in die entsprechende Klemme schieben
5. Dann die übrigen Kontakte wie bei der Eingabeeinheit befestigen
6. Polung beachten

Anzeige-Modul (weiß)

Mit dem Anzeige-Modul lassen sich die Zahlen bis 99 darstellen. Eine Steuerung der beiden Ziffernanzeigen erfolgt über die IC auf der Platine.

Befestigen auf der Grundplatte

1. Wenn lt. Verdrahtungsplan erforderlich, Gabelkontakte nach dem Verdrahtungsplan auf die Anschlüsse C_i und/oder C_o schieben
2. 4 Klemmen nach dem Verdrahtungsplan einsetzen
3. Haarnadelfedern nach den Schlitzen in der Platine ausrichten
4. Erst die Gabelkontakte in die entsprechenden Klemmen schieben
5. Dann die übrigen Kontakte wie bei der Eingabeeinheit befestigen
6. Polung beachten

Weitere Informationen über dieses Anzeige-Modul erhältst du in den Experimenten 59–61.

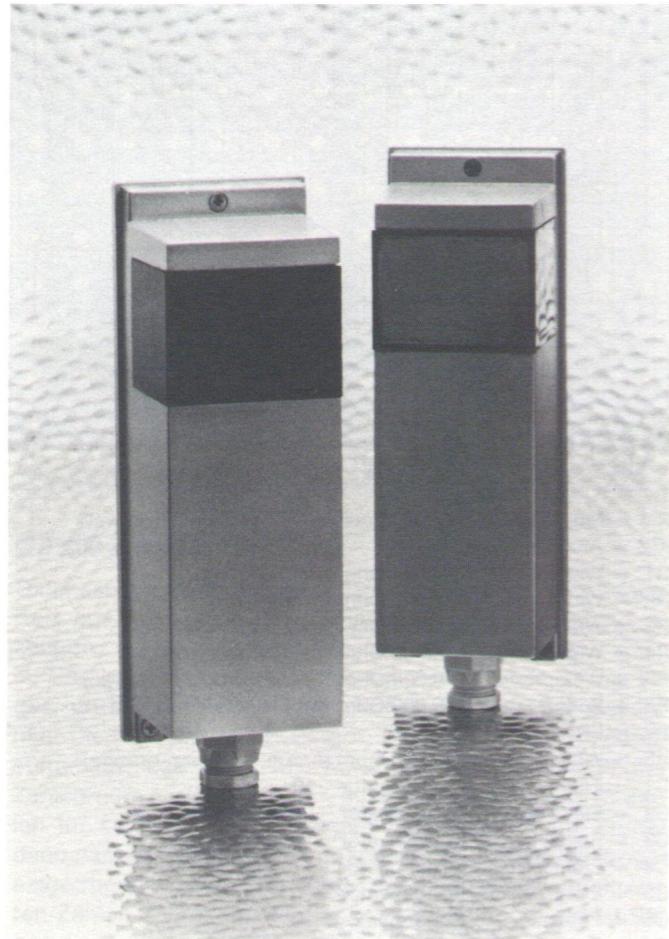
Bei den Experimenten 1 bis 18 solltest du so vorgehen:

1. Verdrahtungsplan auf die Grundplatte legen.
2. Stark umrandete Kreise im Verdrahtungsplan mit dem Stanzstift durchstoßen.
3. Alle Bauteile und Klemmen nach der Stückliste bereitlegen. Die Bauteile sind auf einer Stückliste zusammengestellt, die du beim Verdrahtungsplan im Buch findest.
4. Klemmen an den durchstoßenen Stellen im Verdrahtungsplan einsetzen.
5. Bauteile nach dem Verdrahtungsplan einsetzen.
6. Fertigen Aufbau noch einmal sorgfältig mit dem Verdrahtungsplan vergleichen.
7. Mit dem Schiebeschalter einschalten.

Für die Experimente im Kapitel „Von bits und bytes“ sind die Verdrahtungspläne verkleinert im Anleitungsbuch wiedergegeben.

Elektronische Zähleinrichtungen

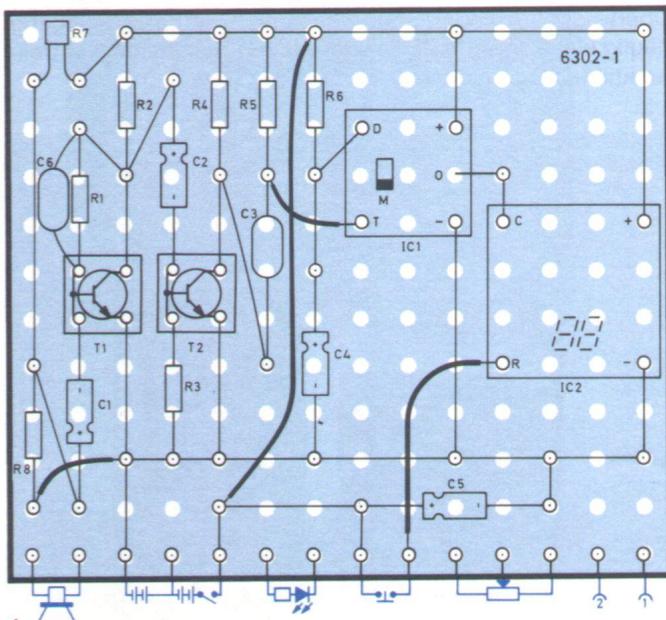
Rationalisierungsmaßnahmen in allen Bereichen sind in dem uns heute bekannten Umfange nur durch die Verwendung von mikroelektronischen Bauelementen möglich geworden. Vollautomatische Fertigungsstraßen haben die herkömmlichen Fließbänder abgelöst. Die vielfältigen Arbeitsgänge einer automatischen Fertigung, die oft gänzlich ohne Eingriffe von Menschenhand ablaufen, werden von Überwachungseinrichtungen gesteuert, an deren Ausgang häufig elektronische Zähleinrichtungen bestimmte Kontrollfunktionen übernehmen.



Experiment und Wirklichkeit

Im Experiment **1** gibt eine Lichtschranke Lichtimpulse auf einen LDR, der sie in Stromimpulse umsetzt, die dann im Zähler elektronisch aufbereitet werden.

Bei beleuchtetem LDR ist die Anlage betriebsbereit. Wird er kurzfristig abgedunkelt – das entspricht einem Zählimpuls – schaltet der Anzeigebaustein um eine Ziffer weiter. Mit dem Tastschalter kann die Anzeige auf „00“ zurückgesetzt werden.

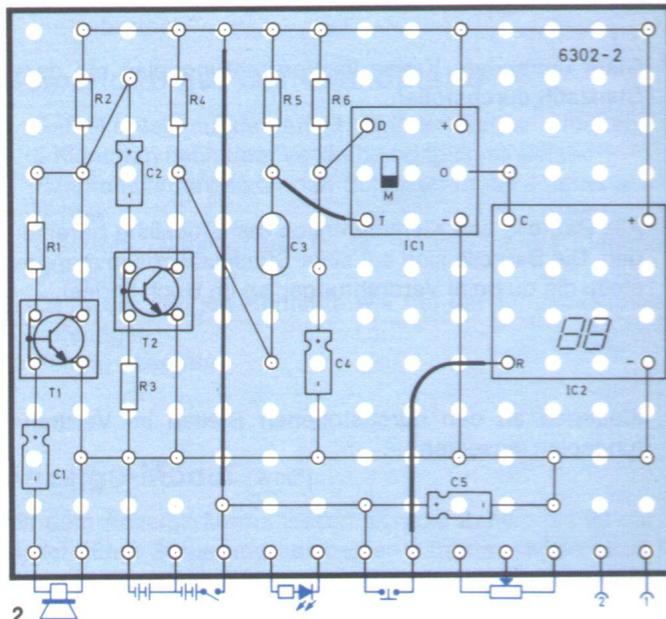


1

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC2 = Anzeige-Modul
 R1 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)
 R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R3 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
 R4 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R5 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R6 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 R7 = LDR
 R8 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
 C3 = Folien-Kondensator 0,22 μF
 C4 = Elektrolyt-Kondensator 1 μF
 C5 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
 C6 = Folien-Kondensator 0,47 μF
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = Transistor, weiß
 Ta = Taster im Bedienungspult B

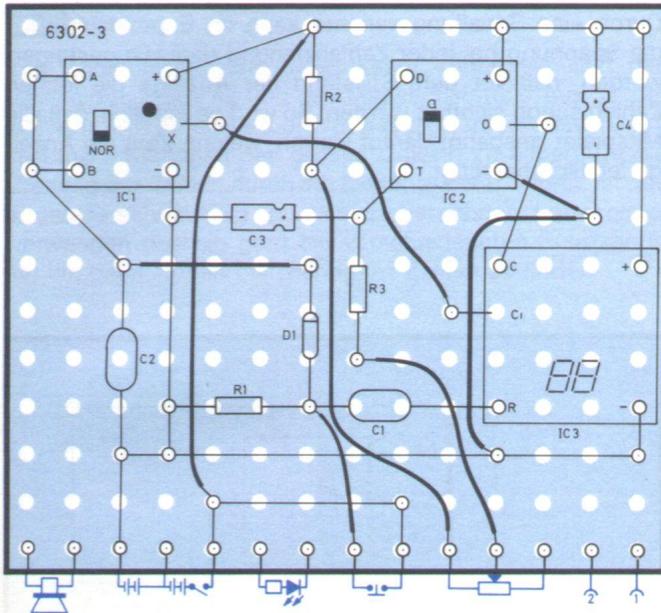
Im Experiment **2** reagiert die Schaltung auf akustische Signale, die über den Lautsprecher in Stromimpulse umgesetzt und im Zähler aufbereitet werden.

Kurze Pfeiftöne oder Klatschgeräusche entsprechen akustischen Zählimpulsen und werden auf der Anzeige durch Weiterschalten um jeweils eine Ziffer sichtbar gemacht. Mit dem Tastschalter kann die Anzeige auf „00“ zurückgesetzt werden.



2

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC2 = Anzeige-Modul
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = Transistor, weiß
 R1 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)
 R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R3 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
 R4 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R5 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R6 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 C1 = Elektrolyt-Kondensator 10 μF
 C2 = Elektrolyt-Kondensator 4,7 μF
 C3 = Folien-Kondensator 0,22 μF
 C4 = Elektrolyt-Kondensator 1 μF
 C5 = Elektrolyt-Kondensator 220 μF
 La = Lautsprecher im Bedienungspult B
 Ta = Taster im Bedienungspult B



3

- IC1 = OR – NOR -Baustein, rot
- IC2 = Multivibrator-Baustein, gelb
- IC3 = Anzeige-Modul
- R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
- R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
- R3 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
- R4 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- C1 = Folien- Kondensator 0,22 μ F
- C2 = Folien- Kondensator 0,47 μ F
- C3 = Elektrolyt- Kondensator 100 μ F
- C4 = Elektrolyt- Kondensator 220 μ F
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- D1 = Diode

Während man optische und akustische Signale für elektronische Zähler erst durch dafür geeignete Bauteile in Stromimpulse umwandeln muß, können elektrische Impulse direkt aufgenommen und auf der Anzeige sichtbar gemacht werden.

Mit diesem Experiment **3** kann solch ein Zähler für elektrische Impulse aufgebaut werden. Bei Betätigung des Tastschalters erzeugt ein Impulsgeber Stromstöße, die das Anzeige-Modul zählt. Die Geschwindigkeit, mit der die Stromstöße erzeugt werden sollen, läßt sich mit dem Potentiometer einstellen. Beim Loslassen des Tastschalters bleibt die Anzeige stehen, da der Impulsgeber nicht mehr arbeitet.

Wird der Tastschalter erneut betätigt, ist die Anzeige auf „00“ zurückgestellt, und ein neuer Zählvorgang beginnt.

Elektronische Spiele

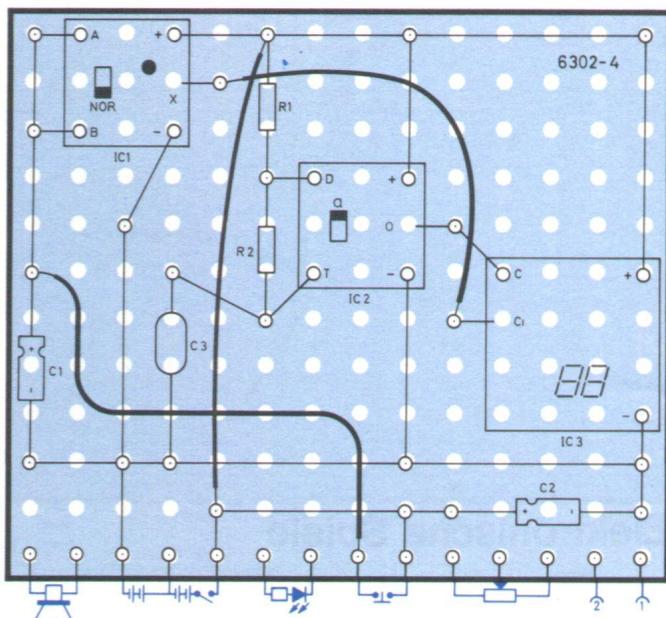
Bingo

Glücksspiele üben auf viele Menschen einen besonderen Reiz aus, weil sie einen gewissen Spannungszustand erzeugen.

Im Glücksspielparadies der Vereinigten Staaten, in Las Vegas, erfreut sich ein sehr einfaches Spiel großer Beliebtheit. Dieses Spiel heißt „Bingo“. Der Spielverlauf ist darauf aufgebaut, daß jeder Mitspieler aus einem festgelegten Zahlenraum – z. B. 0 bis 99 – auf einem Spielbogen 10 Zahlen für sich festlegt. Mit einem Zufallsautomaten werden dann nacheinander Zahlen gezogen, die in den Spielbogen eingetragen werden. Derjenige, der seine zuvor angekreuzten Zahlen zuerst vollständig hat, ruft „Bingo“ und ist Sieger.

Experiment und Wirklichkeit

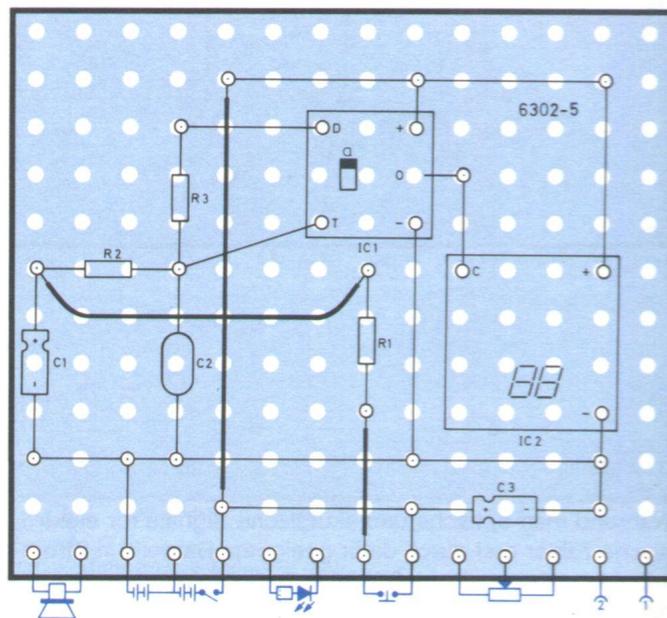
Im Experiment **4** kann so ein Zahlenautomat für ein Bingo-Spiel aufgebaut werden. Betätigt man den Tastschalter, arbeitet der Zähler in schneller Folge. Beim Loslassen der Taste steht die Anzeige auf einer Zahl zwischen 0 und 99.



4

IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC3 = Anzeige-Modul
 R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
 R2 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
 C1 = Elektrolyt Kondensator 1 μF
 C2 = Elektrolyt Kondensator 220 μF
 C3 = Folien Kondensator 0,1 μF
 Ta = Taster im Bedienungspult B

Durch eine Schaltungsvariante kann im Experiment **5** die Spannung bei jeder Zahlenziehung dadurch gesteigert werden, daß vor dem Stillstand der Anzeige die letzten Zahlen schon sichtbar werden. So wird es möglich, daß alle Mitspieler gespannt darauf warten, welche Zahl die Anzeige letztlich bestätigt.



5

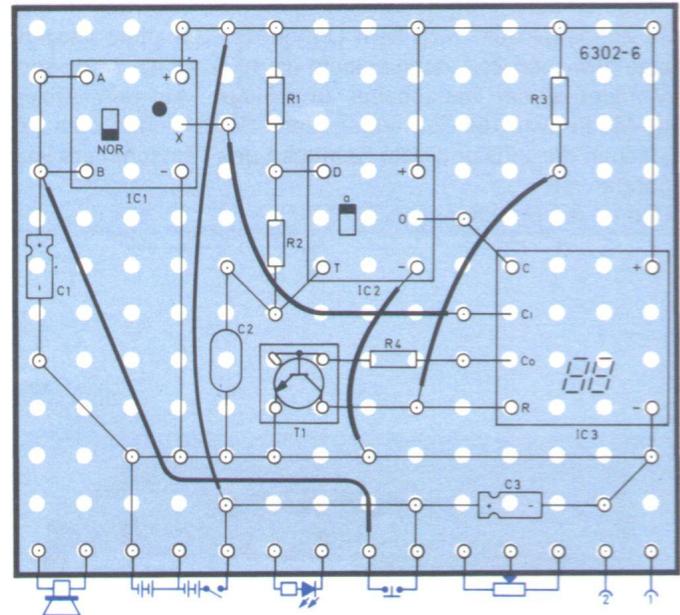
IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC2 = Anzeige-Modul
 R1 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
 R2 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)
 R3 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 C1 = Elektrolyt Kondensator 100 μF
 C2 = Folien Kondensator 0,1 μF
 C3 = Elektrolyt Kondensator 220 μF
 Ta = Taster im Bedienungspult B

Lottomat

Die bekanntesten und beliebtesten Wettspiele sind das Zahlenlotto 6 aus 49 und das Mittwochslotto 7 aus 38. Jeder, der sich an dieser Lotterie beteiligt, träumt davon, einmal mit 6 Richtigen den großen Gewinn zu haben. Da die Ziehung der Zahlen durch ein Ziehungsgerät erfolgt, ist das Ergebnis sehr zufällig und nicht zu berechnen. Lottospieler verwenden deshalb gern die verschiedensten Ersatzgeräte, um beim Tippen die „richtigen“ Zahlen zu finden.



Mit Experiment **6** läßt sich ein elektronisches Ziehungsgerät aufbauen. Beim Betätigen des Tastschalters wird ein Zählwerk in Bewegung gesetzt, das nach „49“ auf 00 umspringt und mit dem Zählvorgang von vorn beginnt. Dadurch wird es möglich, daß beim Loslassen des Tastschalters auf der Anzeige immer eine Zahl zwischen 00 und 49 erscheint. 00 kann nicht unterdrückt werden. Da diese Kombination keine Lottozahl darstellt, muß erneut gezogen werden.



6

IC1 = OR - NOR -Baustein, rot

IC2 = Multivibrator-Baustein, gelb

IC3 = Anzeige-Modul

T1 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

R2 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)

R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)

R4 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

C1 = Elektrolyt Kondensator 1 μ F

C2 = Folien Kondensator 0,1 μ F

C3 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

Ta = Taster im Bedienungspult B

Experiment und Wirklichkeit

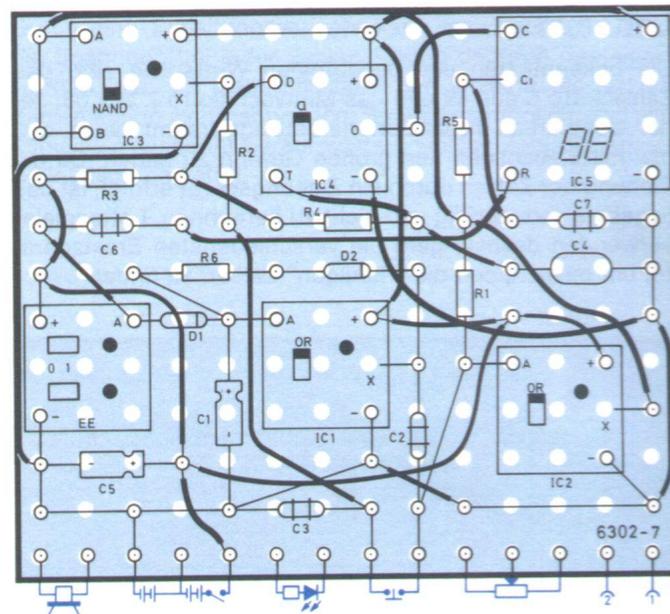
Reaktionstester

Kraftfahrer müssen im Straßenverkehr oft schnell reagieren, um gefährliche Situationen meistern zu können. Dabei spielt die persönliche Reaktionszeit eine entscheidende Rolle.

Im Experiment **7** kann diese persönliche Reaktionszeit ermittelt werden. In größerer Runde lassen sich auch die Unterschiede der Reaktionszeiten bei verschiedenen Testpersonen feststellen.

Zum Einsatz des Gerätes wird der Schalter auf der Eingabeeinheit **kurzzeitig** geschlossen, die LED leuchtet für diese Zeitdauer auf. Nach dem Öffnen des Schalters vergeht eine gewissen Zeit, dann erlischt die LED auf IC₁. In diesem Moment ist der Tastschalter zu drücken. Auf dem Anzeige-Modul wird die Zeit angegeben, die zwischen dem Erlöschen der LED und dem Betätigen des Tastschalters vergangen ist.

Das ist die Reaktionszeit.



7

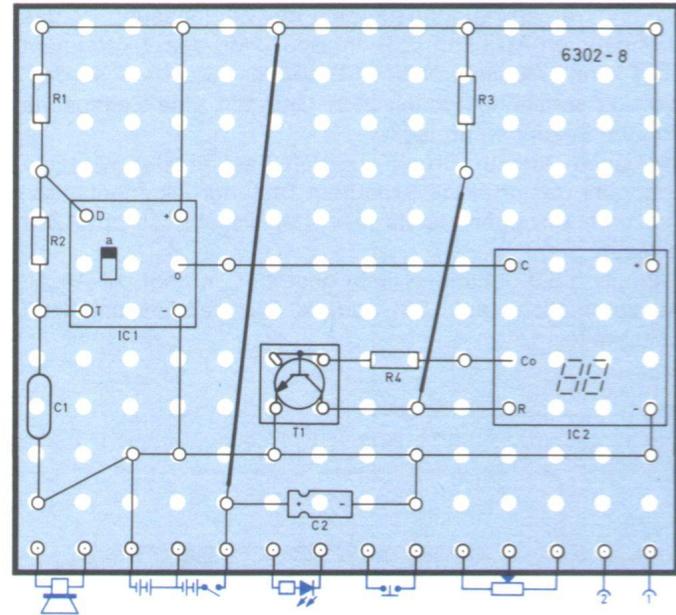
- IC1 = OR – NOR -Baustein, rot
- IC2 = OR – NOR -Baustein, rot
- IC3 = AND – NAND -Baustein, grün
- IC4 = Multivibrator-Baustein, gelb
- IC5 = Anzeige-Modul
- R1 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
- R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
- R4 = Widerstand 150.000 Ohm (braun, grün, gelb)
- R5 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R6 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- C1 = Elektrolyt- Kondensator 10 μ F
- C2 = keramischer Kondensator 1.000 pF (braun, schwarz, rot)
- C3 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
- C4 = Folien- Kondensator 0,47 μ F
- C5 = Elektrolyt- Kondensator 220 μ F
- C6 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
- C7 = keramischer Kondensator 100 pF (braun, schwarz, braun)
- D1 = Diode
- D2 = Diode
- Ta = Taster im Bedienungspult B
- EE = Eingabeeinheit



Elektronische Zeitmessung

Während früher Uhren nur durch mechanische Werke angetrieben wurden, haben heute quartzgesteuerte Werke diese Aufgabe übernommen. Darüberhinaus gibt es bestimmte Bereiche, wo die Zeit auf elektronischem Wege gemessen wird. Dabei ist die Genauigkeit der elektronischen Zeitmessung unübertroffen.

Mit dem Experiment **8** kann eine Sekundenuhr aufgebaut werden, die durch einen elektronischen Impulsgeber gesteuert wird. Dieser Impulsgeber erzeugt Schwingungen von 1 Hertz, das entspricht genau 1 Sekunde. Nach dem Einschalten des Gerätes wird die Zeitmessung durch Weiterschalten um eine Ziffer pro Sekunde auf der Anzeige sichtbar gemacht. Aus schaltungstechnischen Gründen springt diese Sekundenuhr nach der Ziffer 49 immer auf „00“ zurück. Mit dem Ausschalten des Gerätes endet die Zeitmessung.



8

IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb

IC2 = Anzeige-Modul

T1 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

R2 = Widerstand 1.500.000 Ohm (braun, grün, grün)

R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)

R4 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

C1 = Folien Kondensator 0,47 μ F

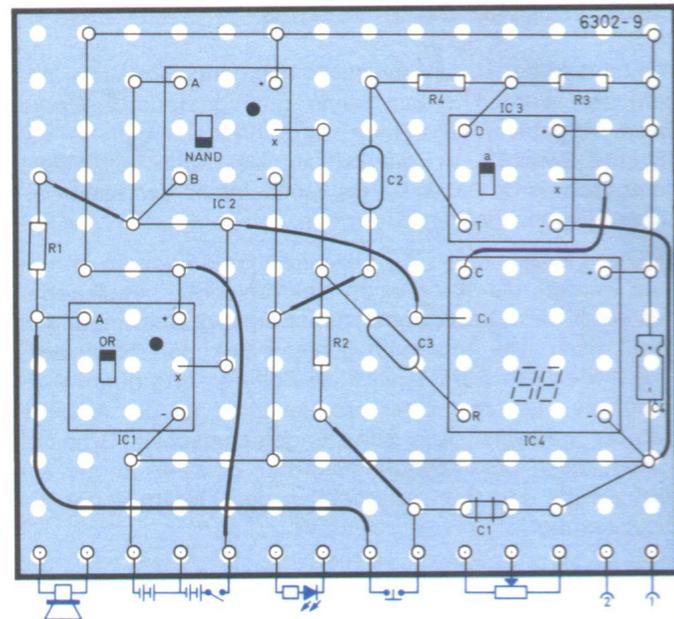
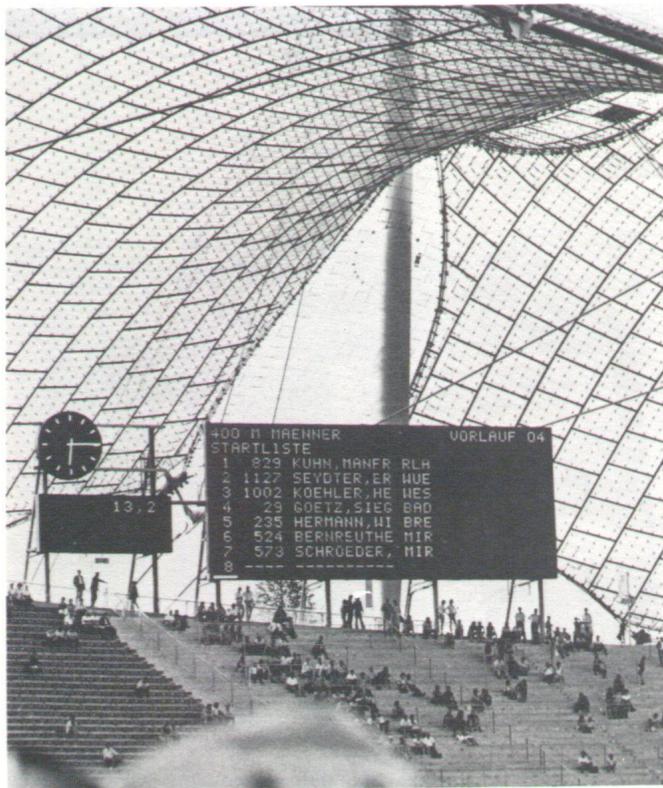
C2 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

Experiment und Wirklichkeit

Ein anderer Anwendungsbereich der Zeitmessung ist das Stoppen von Abläufen, z. B. im Sport. Mit dem Experiment 9 kann eine elektronische Stoppuhr aufgebaut werden, die aus schaltungstechnischen Gründen eine Zeitspanne von 9,9 Sekunden abdeckt.

Mit einem kurzen Druck auf den Tastschalter wird die Stoppuhr gestartet, mit erneutem Tastendruck angehalten. Auf dem Anzeigebaustein läßt sich die abgestoppte Zeit ablesen.

Wird nach 9,9 Sekunden nicht gestoppt, springt die Anzeige automatisch auf „00“ zurück. Die Zeitmessung läuft aber weiter.



9

IC1 = OR – NOR -Baustein, rot

IC2 = AND – NAND -Baustein, grün

IC3 = Multivibrator-Baustein, gelb

IC4 = Anzeige-Modul

R1 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)

R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

R3 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

R4 = Widerstand 150.000 Ohm (braun, grün, gelb)

C1 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)

C2 = Folien- Kondensator 0,47 µF

C3 = Folien- Kondensator 0,22 µF

C4 = Elektrolyt- Kondensator 220 µF

Ta = Taster im Bedienungspult B

Frequenzzähler

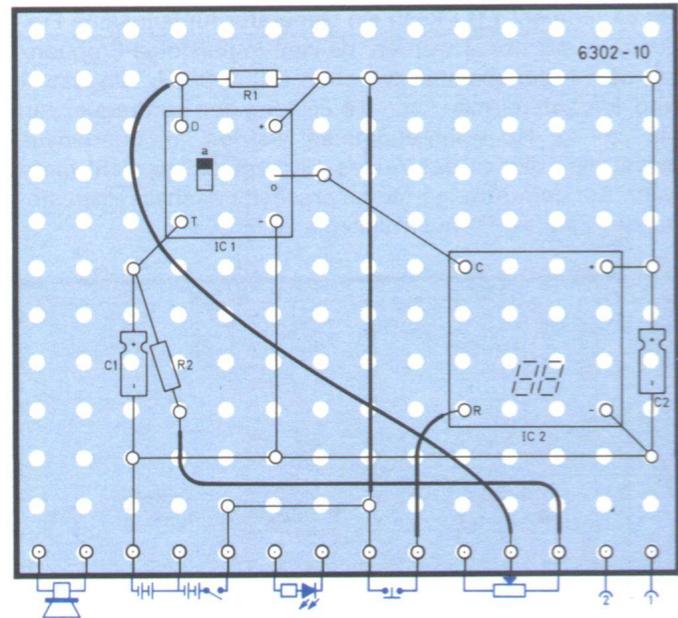
Zu den elektronischen Grundschaltungen gehören Kippschaltungen, die **Multivibratoren**. Sie können durch Verändern ihrer Schaltzustände die verschiedensten Signalanlagen steuern.

Eine solche Kippschaltung ist auch der **Astabile Multivibrator**, dessen Schaltzustände ständig zwischen 0 und 1, also zwischen ein und aus wechseln. Er wird sehr häufig als Generator, d. h. als Taktgeber verwendet.

Sicherheit ist im Luftverkehr oberstes Gebot. Damit Flugzeuge auch bei Dunkelheit, Wolken und Dunst über größere Entfernungen sicher erkannt werden, sind an den Tragflächen grelle Blitzlampen vorhanden. Sie blinken in kurzen Abständen hell auf. Astabile Multivibratoren erzeugen solche Blitzimpulse. Weil Blinklampen auffälliger sind als ständig leuchtende Lampen, sind auch Türme, hohe Gebäude und Schornsteine im Einflugbereich der Flughäfen durch solche Einrichtungen kenntlich gemacht.

Im Experiment **10** wird ein Astabiler Multivibrator untersucht. Er erzeugt Impulse, die vom Anzeige-Modul gezählt und dargestellt werden. Die Impulsfolge kann mit dem Potentiometer verändert werden.

Die Impulsfolge in einer bestimmten Zeit bezeichnet man als Frequenz. Sie läßt sich durch Verwendung unterschiedlicher Kondensatoren variieren. Als Maßeinheit für die Frequenz dient ein Hertz (1 Hz), die dann gegeben ist, wenn pro Sekunde 1 Takt erfolgt.



10

IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb

IC2 = Anzeige-Modul

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

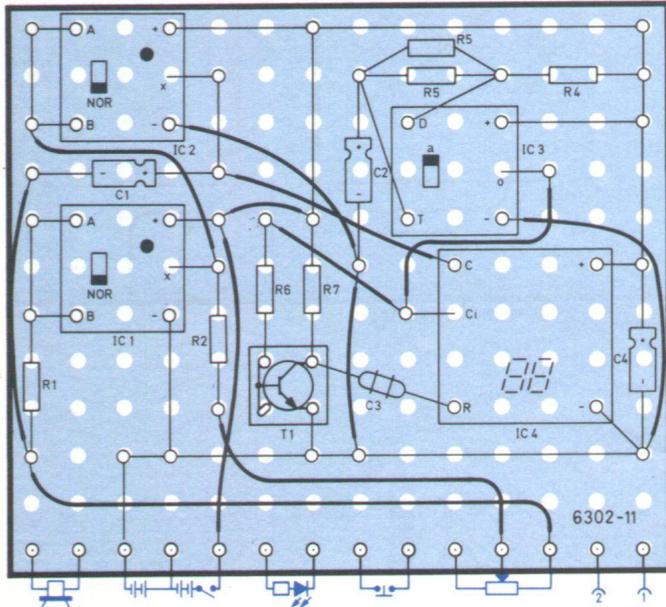
C1 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F

C2 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

Ta = Taster im Bedienungspult B

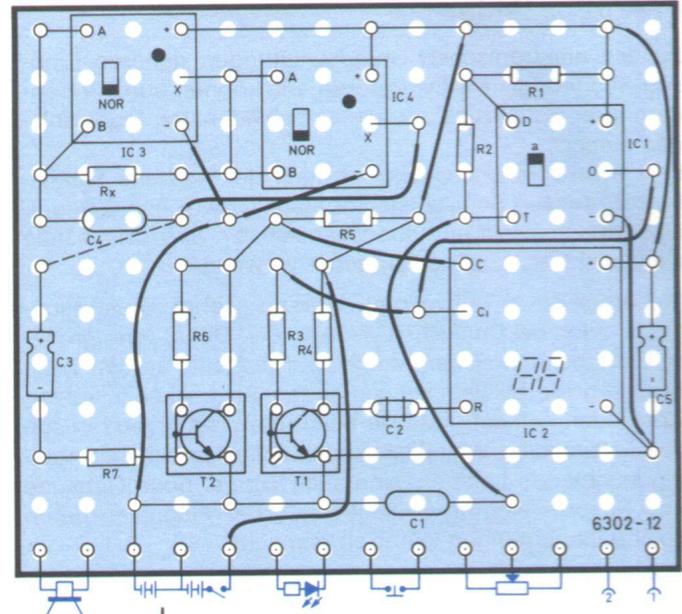
Experiment und Wirklichkeit

Mit Experiment **11** kann ein Generator für langsame Frequenzen aufgebaut werden, dessen Impulsfolge-Frequenz mit dem Potentiometer zwischen 5 und 35 Hz eingestellt wird. Mit gutem Auge kann die Zählung der Taktfrequenzen bis ca. 12 Hz wahrgenommen werden, darüberhinaus nimmt die Trägheit des Auges die Impulsfolge nicht mehr wahr. Auf dem Anzeige-Modul erscheint deshalb eine „stehende“ Zahl als Frequenzanzeige, z. B. 25.



11

- IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
- IC2 = OR - NOR -Baustein, rot
- IC3 = Multivibrator-Baustein, gelb
- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R2 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
- R3 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R4 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R5 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
- R5 = Widerstand 47.000 Ohm (rot, rot, orange)
- R6 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- R7 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- C1 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F
- C2 = Elektrolyt Kondensator 100 μ F
- C3 = keramischer Kondensator 1.000 pF (braun, schwarz, rot)
- C4 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F
- IC4 = Anzeige-Modul
- T1 = Transistor, weiß



| Hertz | RX nach Wahl |
|--------|--------------|
| 500 Hz | 22.000 Ohm |
| 250 Hz | 47.000 Ohm |

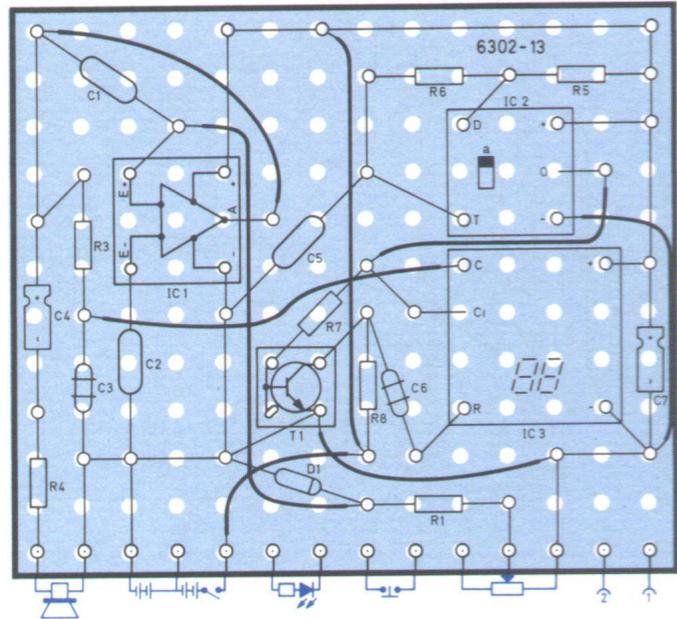
12

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
- IC2 = Anzeige-Modul
- IC3 = OR - NOR -Baustein, rot
- IC4 = OR - NOR -Baustein, rot
- T1 = Transistor, weiß
- T2 = Transistor, weiß
- R1 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)
- R2 = Widerstand 330.000 Ohm (orange, orange, gelb)
- R3 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- R4 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- R5 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R6 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)
- R7 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- Rx = Widerstand siehe Tabelle
- C1 = Folien Kondensator 0,47 μ F
- C2 = keramischer Kondensator 1.000 pF (braun, schwarz, rot)
- C3 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F
- C4 = Folien Kondensator 0,047 μ F
- C5 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

Experiment **12** eignet sich zum Messen höherer Frequenzen von 10 Hz bis 990 Hz. Da mit dem Anzeige-Modul nur Zahlen von 1 bis 99 dargestellt werden können, ist der Frequenzmesser so zu benutzen, daß die Zahl auf dem Anzeige-Modul mit 10 multipliziert werden muß. Z. B. Anzeige 45 $\hat{=}$ Frequenz 450 Hz. Die Frequenz des Astabilen Multivibrators kann durch Austauschen des Widerstandes R_x verändert werden.

Bei der Erzeugung von Tönen durch Astabile Multivibratoren vermag das menschliche Ohr bei Frequenzen über 15 Hz keine Einzelimpulse mehr zu unterscheiden, sondern es nimmt die unterschiedlichen Frequenzen nur in der Tonhöhe wahr. Niedrige Frequenzen ergeben tiefe Töne, Frequenzen aus dem oberen Bereich hohe Töne.

Im Experiment **13** erzeugt ein Astabiler Multivibrator Töne mit einem Frequenzbereich von 400 bis 950 Hz, die vom Lautsprecher abgestrahlt werden. Die der Tonhöhe entsprechende Frequenz wird auf dem Anzeige-Modul dargestellt (Anzeige ist mit 10 zu multiplizieren). Frequenz und die davon abhängige Tonhöhe können mit dem Potentiometer verändert werden.



13

IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß

IC2 = Multivibrator-Baustein, gelb

IC3 = Anzeige-Modul

T1 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)

R2 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm

R3 = Widerstand 470 Ohm (gelb, violett, braun)

R4 = Widerstand 47 Ohm (gelb, violett, schwarz)

R5 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)

R6 = Widerstand 330.000 Ohm (orange, orange, gelb)

R7 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

R8 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)

C1 = Folien Kondensator 0,22 μ F

C2 = Folien Kondensator 0,1 μ F

C3 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)

C4 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F

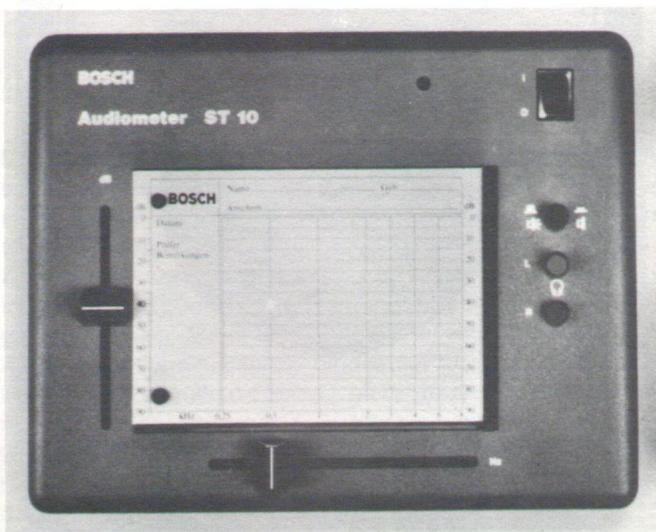
C5 = Folien Kondensator 0,47 μ F

C6 = keramischer Kondensator 1.000 pF
(braun, schwarz, rot)

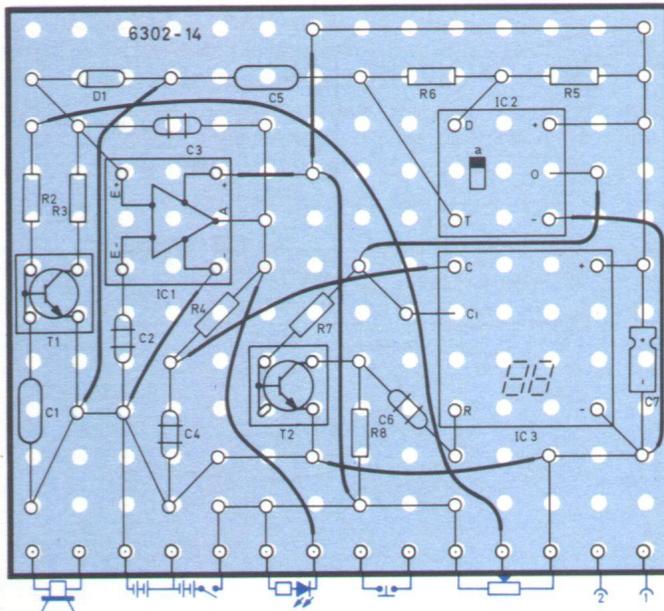
C7 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

D1 = Diode

La = Lautsprecher im Bedienungspult B



Experiment und Wirklichkeit



14

- IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß
 IC2 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC3 = Anzeige-Modul
 T1 = Transistor, weiß
 T2 = Transistor, weiß
 R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 R3 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)
 R4 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R5 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)
 R6 = Widerstand 33.000 Ohm (orange, orange, orange)
 R7 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 R8 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 C1 = Folien-Kondensator 0,047 μ F
 C2 = keramischer Kondensator 10.000 pF
 (braun, schwarz, orange)
 C3 = keramischer Kondensator 10.000 pF
 (braun, schwarz, orange)
 C4 = keramischer Kondensator 100 pF
 (braun, schwarz, braun)
 C5 = Folien-Kondensator 0,47 μ F
 C6 = keramischer Kondensator 1.000 pF
 (braun, schwarz, rot)
 C7 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F
 LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B
 D1 = Diode

Experiment **14** zeigt auf andere Weise, daß Sinneswahrnehmungen sehr ungenau sein können. Das menschliche Auge kann einzelne Lichtimpulse nur bei sehr geringen Frequenzen, bis ca. 12 Hz, wahrnehmen. Bei höheren Frequenzen empfinden wir es als stetige Lichtquelle. Frequenzänderungen werden als Änderungen in der Helligkeit wahrgenommen.

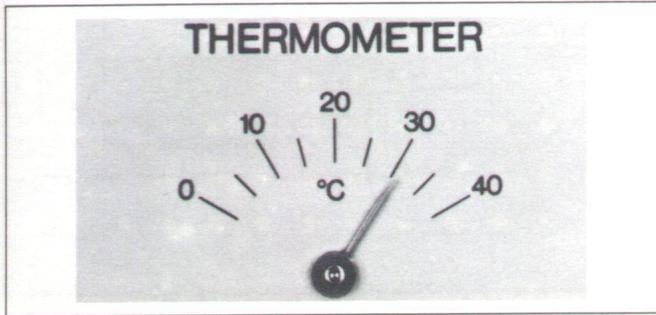
Mit dem Potentiometer können Frequenzen zwischen 0 und 99 Hz eingestellt werden. Die LED leuchtet unterschiedlich hell, auf dem Anzeige-Modul wird eine der Helligkeit entsprechende Frequenz angezeigt.

Ein Gerät, mit dem man Helligkeiten regeln kann, bezeichnet man als **Dimmer**.



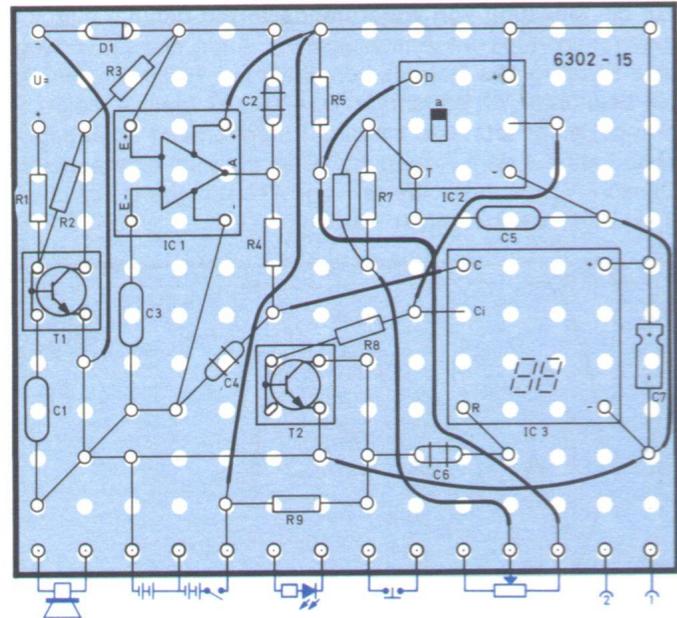
Elektronische Meßgeräte

In der elektronischen Meßtechnik werden alle Größen, die gemessen werden sollen, in elektrische Ströme und Spannungen umgewandelt und in Schaltkreisen aufbereitet. Da sich die elektrischen Vorgänge in den einzelnen Schaltkreisen der direkten Beobachtung entziehen, muß man sie über eine Anzeige sichtbar machen. Neben den **analogen Anzeigen** auf Zeigerinstrumenten bietet das Anzeige-Modul auch eine geeignete Möglichkeit, Meßergebnisse darzustellen. Im Gegensatz zur analogen Zeigerdarstellung spricht man von **digitaler Anzeige**.



Mit Experiment **15** läßt sich ein **Digital-Voltmeter** aufbauen, mit dem Spannungen zwischen 0 und 10 Volt gemessen werden können. Für alle Messungen benutzt man die beiden Anschlüsse des Eingangs $U =$.

Zur Eichung des Voltmeters wird zunächst die volle Betriebsspannung von 9 Volt auf die Anschlüsse des Eingangs gegeben. Mit dem Potentiometer muß dann auf dem Anzeige-Modul die Zahl 90 eingestellt werden. Gelingt es wegen der Bauteiltoleranzen nicht, muß der Widerstand R7 ausgewechselt werden. Er kann einen Wert zwischen 22.000 und 100.000 Ohm annehmen. Danach kann das Gerät zum Messen von kleinen Spannungen eingesetzt werden. Die Anzeige erfolgt mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$.



15

IC1 = Integrierter Schaltkreis, weiß

IC2 = Multivibrator-Baustein, gelb

IC3 = Anzeige-Modul

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

R2 = Widerstand 1.500.000 Ohm (braun, grün, grün)

R3 = Widerstand 100 Ohm (braun, schwarz, braun)

R4 = Widerstand 220 Ohm (rot, rot, braun)

R5 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)

R6 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm

R7 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)

R7 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)

R8 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

R9 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)

C1 = Folien-Kondensator 0,047 μ F

C2 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)

C3 = Folien-Kondensator 0,1 μ F

C4 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)

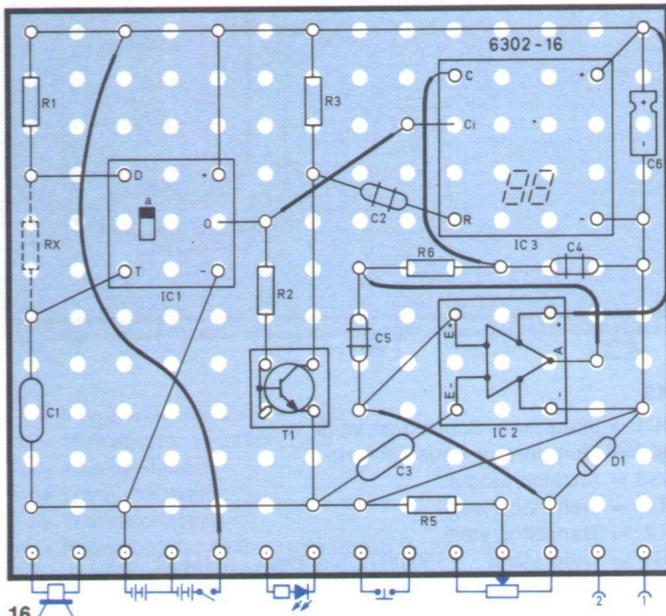
C5 = Folien-Kondensator 0,47 μ F

C6 = keramischer Kondensator 1.000 pF
(braun, schwarz, rot)

C7 = Elektrolyt-Kondensator 220 μ F

Experiment und Wirklichkeit

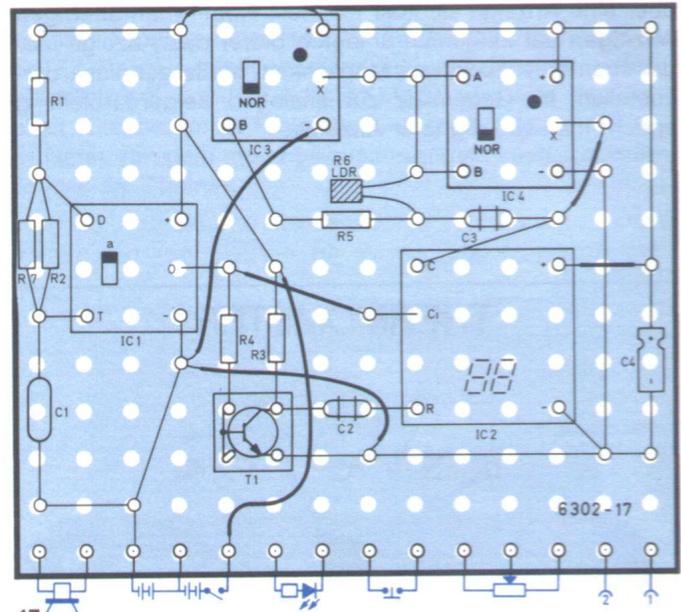
Für die **Messung von Widerstandswerten** benutzt man im Experiment **[16]** die Anschlüsse R_x . Auch hier ist vorweg eine Eichung des Gerätes vorzunehmen. Dazu wird an R_x ein bekannter Widerstand, z. B. 47000Ω (gelb – violett – orange) eingesetzt und mit dem Potentiometer so abgeglichen, daß auf dem Anzeigebaustein die Zahl 47 erscheint. Danach können die Werte von Widerständen zwischen $1 \text{ k}\Omega$ und $99 \text{ k}\Omega$ ermittelt werden.



16

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC2 = Integrierter Schaltkreis, weiß
 IC3 = Anzeige-Modul
 IC4 = OR – NOR -Baustein, rot
 T1 = Transistor, weiß
- R1 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)
 R2 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R4 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
 R5 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
 R6 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- C1 = Folien Kondensator 0,47 μF
 C2 = keramischer Kondensator 1.000 pF (braun, schwarz, rot)
 C3 = Folien Kondensator 0,1 μF
 C4 = keramischer Kondensator 100 pF (braun, schwarz, braun)
 C5 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
 C6 = Elektrolyt Kondensator 220 μF
 D1 = Diode

Bei der Einschätzung von Helligkeitswerten unterliegt das menschliche Auge meist Irrtümern, weil es sich in weiten Bereichen an zu große oder zu geringe Ausleuchtung, z. B. am Arbeitsplatz, anpassen kann. Um objektiv richtige Werte für die Beleuchtungsstärke zu erhalten, verwendet man ein **Luxmeter**, wie es im Experiment **[17]** beschrieben ist.



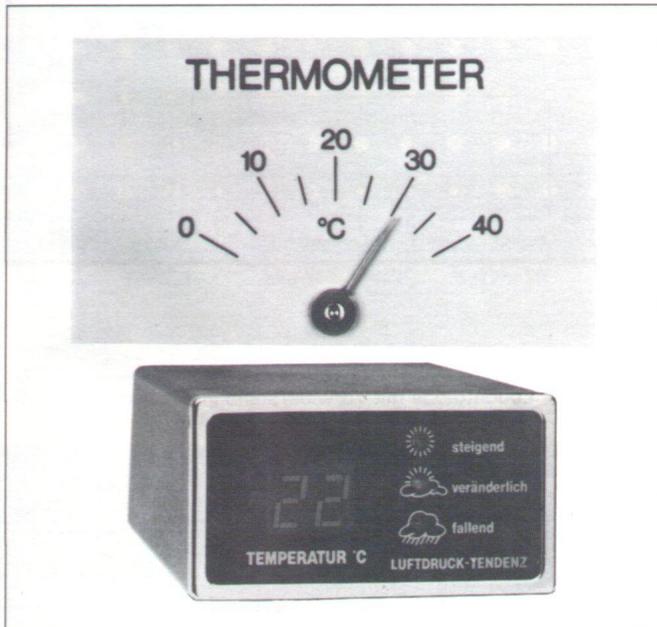
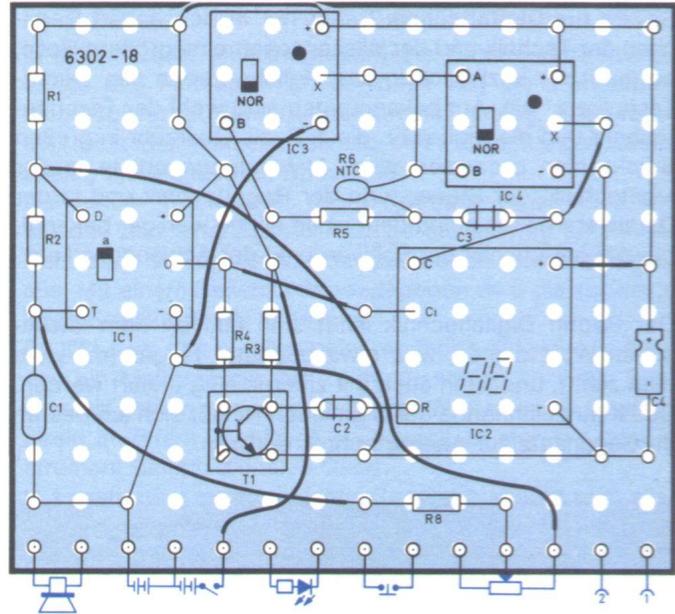
17

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
 IC2 = Anzeige-Modul
 IC3 = OR – NOR -Baustein, rot
 IC4 = OR – NOR -Baustein, rot
 T1 = Transistor, weiß
- R1 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)
 R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
 R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
 R4 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 R5 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
 R6 = LDR
 R7 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- C1 = Folien Kondensator 0,47 μF
 C2 = keramischer Kondensator 1.000 pF (braun, schwarz, rot)
 C3 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
 C4 = Elektrolyt Kondensator 220 μF

Der Meßbereich liegt zwischen 1 und 99 Lux. Gemessene Werte aus diesem Bereich werden auf dem Anzeige-Modul sichtbar.

Ähnlich ungenau wie die Einschätzung von Helligkeitswerten fallen auch geschätzte Angaben von Temperaturen aus. Mit Hilfe unseres Temperatsinns können wir einen Wärmezustand nur sehr ungenau angeben und sind sogar Täuschungen unterworfen. Bei der Beurteilung der Lufttemperatur eines Raumes spielt z. B. auch die Außentemperatur eine entscheidende Rolle.

Mit Experiment **18** läßt sich ein **elektronisches Thermometer** mit einem Meßbereich zwischen 0° und 45° C aufbauen. Die gemessenen Temperaturen können digital auf dem Anzeige-Modul abgelesen werden. Vor den ersten Temperaturmessungen muß allerdings auch hier eine Eichung des Gerätes vorgenommen werden. Dazu wird auf einem Quecksilberthermometer die Raumtemperatur – z. B. 25° C – abgelesen und das Temperaturmeßgerät mit dem Potentiometer so eingestellt, daß auf der Anzeige die Zahl 25 erscheint. Alle Temperaturen zwischen 0° und 45° C werden dann entsprechend angezeigt.



18

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
- IC2 = Anzeige-Modul
- IC3 = OR – NOR -Baustein, rot
- IC4 = OR – NOR -Baustein, rot
- T1 = Transistor, weiß
- R1 = Widerstand 4.700.000 Ohm (gelb, violett, grün)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R3 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)
- R4 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- R5 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)
- R6 = NTC
- R7 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- R8 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)
- C1 = Folien Kondensator 0,47 µF
- C2 = keramischer Kondensator 1.000 pF (braun, schwarz, rot)
- C3 = keramischer Kondensator 10.000 pF (braun, schwarz, orange)
- C4 = Elektrolyt Kondensator 220 µF

Von bits und bytes

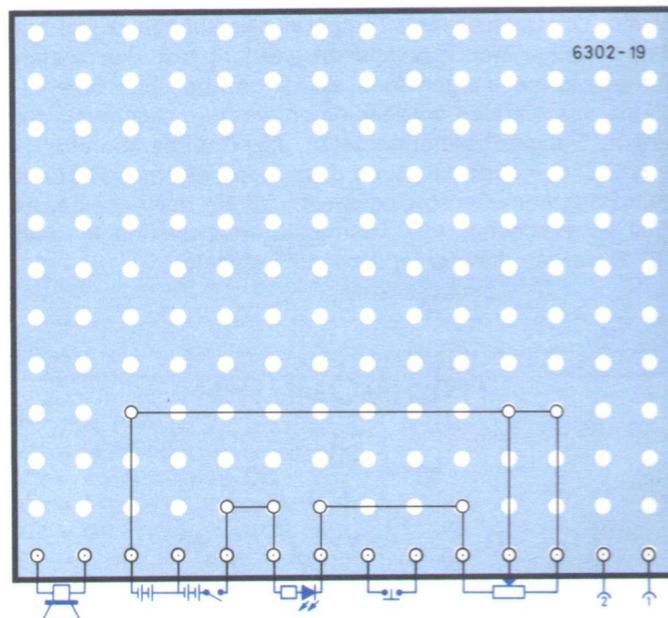
Spielte die **Digitaltechnik** früher nur in den engen Bereichen der Technik und der Wissenschaft eine größere Rolle, so greift sie jetzt auch in das tägliche Leben des „Nicht-Technikers“ ein. Am bekanntesten sind wohl der Taschenrechner und die Digitaluhr, die z. B. als Quarzuhr in großen Stückzahlen produziert wird. Anwendungsgebiete in der Meßtechnik, der Steuer- und der Regeltechnik und in der Datenverarbeitung sind dem Laien häufig weniger bekannt, obwohl gerade hier der Schwerpunkt der Anwendung liegt.

Der Begriff Digitaltechnik leitet sich ab von dem lateinischen Wort digitus, was etwa bedeutet Finger (mit dem man zählt), und kann auch mit ziffernmäßig erklärt werden. Das Kennzeichnende der Digitaltechnik läßt sich am besten im Gegensatz zur **Analogtechnik** erklären.



Zwei Experimente sollen den Unterschied verdeutlichen:

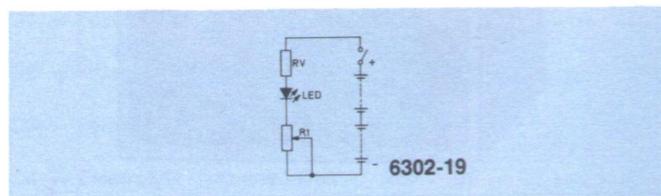
Im Experiment **19** befindet sich eine Leuchtdiode mit einem Widerstand und einem Potentiometer in einem Stromkreis. Mit dem Potentiometer kann man die Helligkeit der Leuchtdiode regeln und viele gewünschte Helligkeitswerte einstellen. Die Leuchtdiode befindet sich in einer **analogen** Schaltung.



19

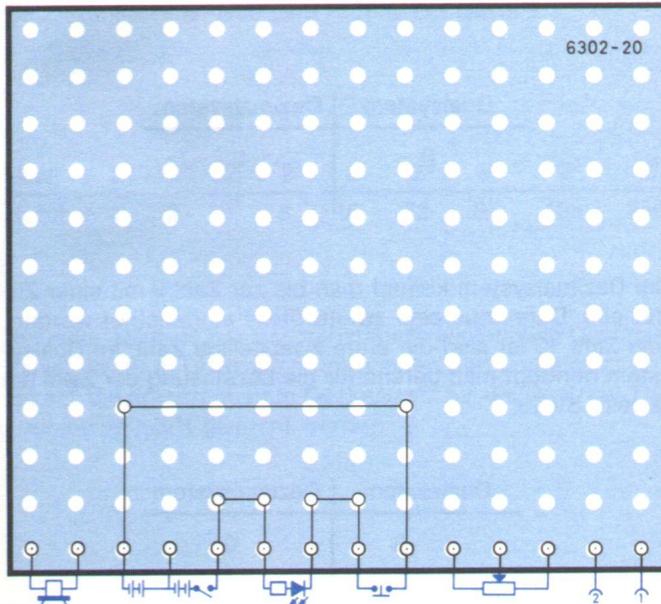
R1 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



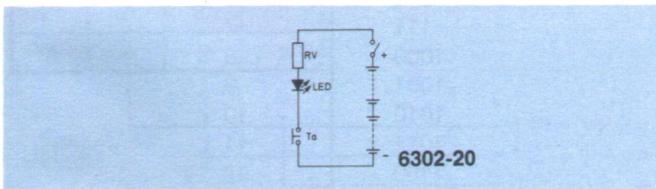
6302-19

Anders im Experiment **20**: Mit dem Tastschalter kann man die Leuchtdiode ein- und ausschalten, Zwischenwerte sind nicht möglich. Die Leuchtdiode ist Teil einer **digitalen** Schaltung.

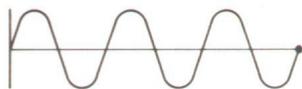


20

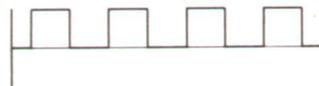
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B
Ta = Taster im Bedienungspult B



analoges Signal



digitales Signal



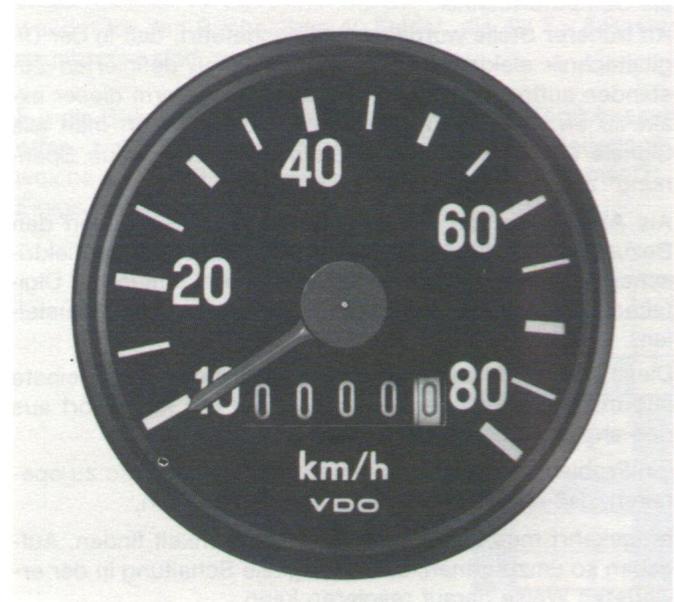
Noch einige andere Beispiele aus dem täglichen Leben:

In einem Quecksilberthermometer z. B. verändert sich die Länge des Fadens in Abhängigkeit von der Temperatur; man sagt, er ist dem Temperaturwert analog. Ebenso ändert sich der Winkelausschlag eines Spannungsmessers analog zur angelegten Spannung.

Auf einem Tachometer eines Kraftfahrzeuges wird eine analoge und eine digitale Anzeige gleichzeitig erkennbar: Der Zeiger schlägt analog zur gefahrenen Geschwindigkeit aus. Mit einem Rollenzählwerk dagegen wird die zurückgelegte Strecke digital angezeigt.

Es läßt sich also verallgemeinern: Jedes Zeigerinstrument, das ein Meßergebnis als Zeigerausschlag an einer Skala darstellt, ist ein analoges Meßgerät. Wird aber ein Ergebnis direkt in Ziffern angezeigt, so handelt es sich bei dem Instrument um ein digitales Gerät.

In Erweiterung zu dem bisher Gesagten spricht man allerdings nicht nur dann von einem digitalen Gerät, wenn das Ergebnis mit Ziffern dargestellt wird, sondern auch, wenn es in Form von elektrischen Signalen zur Verfügung steht. Diese elektrischen Signale wiederum dürfen nur in genau definierten Zuständen auftreten. Darauf wird zu einem späteren Zeitpunkt eingegangen werden.



Von bits und bytes

Die digitale Anzeige einer Meßgröße besitzt Vorteile, aber auch Nachteile gegenüber analogen Anzeigesystemen. Ein erheblicher Vorteil besteht darin, daß das Ablesen einer Ziffernanzeige aus jedem Blickwinkel fehlerfrei möglich ist, auch aus einer größeren Entfernung. Auf analogen Geräten lassen sich Werte zwischen zwei Skalenstrichen nur schätzen. Mit einer Digitalanzeige können solche Zwischenwerte mit einigen Dezimalstellen angegeben werden.

Nachteilig wirkt sich aus, daß z. B. auf einer Digitaluhr nicht mit einem Blick erkennbar ist, wieviel Zeit noch bis zu einem Zeitpunkt verbleibt. Man muß erst rechnen, um die Differenz festzustellen. Im Gegensatz dazu läßt sich auf einem Analoginstrument immer der Ausschlag des Zeigers im Verhältnis zum Vollausschlag des Instruments erfassen. Bei der Überwachung von Fabrikationsanlagen z. B. kann man deshalb eher erkennen, wann sich der Wert eines Instruments der kritischen Größe nähert und damit Gefahr besteht.

Ein erheblicher Vorteil der Digitaltechnik besteht darin, daß sich digitale Signale – im Gegensatz zu analogen – über große Entfernungen fehlerfrei übertragen lassen. Noch wichtiger aber ist, daß diese Signale gespeichert und bei Bedarf wieder abgerufen werden können. Darauf beruht die gesamte Datenverarbeitungstechnik, besser bekannt als Computertechnik.

An früherer Stelle wurde bereits ausgeführt, daß in der Digitaltechnik elektrische Signale mit genau definierten Zuständen auftreten müssen. Die einfachste Form dieser exakt zu ermittelnden Werte besteht dann, wenn man alle Signale auf die Zustände „Spannung“ bzw. „keine Spannung“ zurückführen kann.

Als Abkürzung von „Spannung“ – gemessen gegen den Bezugspunkt 0 (Null) – schreibt man 1. Die beiden elektrischen Zustände 1 und 0 sind ausreichend, um in der Digitaltechnik sämtliche Vorgänge zu erfassen und darzustellen.

Diese beiden Schaltzustände 1 und 0 stellen die kleinste Informationseinheit dar, das **bit**. Bit ist ein Kunstwort aus den englischen Begriffen **binary** und **digit**.

Ein Problem besteht darin, mit den bits 1 und 0 so zu operieren, daß der Mensch sie richtig deuten kann.

Umgekehrt muß der Mensch eine Möglichkeit finden, Aufgaben so umzuformen, daß die digitale Schaltung in der erwarteten Weise darauf reagieren kann.

Der Schlüssel dazu liegt in einem Zahlensystem, das im Gegensatz zum bekannten Dezimalsystem mit den Ziffern 0–9 nur zwei Ziffern kennt, nämlich 0 und 1. Dieses Zahlensystem heißt deshalb auch **Dualsystem** oder binäres System. Die beiden Ziffern des Dualsystems 0 und 1 entsprechen den Dezimalzahlen 0 und 1.

| Dualsystem | Dezimalsystem |
|------------|---------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |

Im Dezimalsystem kommt man bis zur Zahl 9 mit einer Ziffer aus. Dann muß eine zweite Stelle eingerichtet werden; die Zahl 10 ist also die erste zweistellige Zahl. Im Dualsystem benötigt man bereits für die Darstellung der Zwei die zweite Stelle:

| Dualsystem | Dezimalsystem |
|------------|---------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |
| 10 | 2 |
| 11 | 3 |
| 100 | 4 |
| 101 | 5 |
| 110 | 6 |
| 111 | 7 |
| 1000 | 8 |
| 1001 | 9 |
| 1010 | 10 |
| 1011 | 11 |
| 1100 | 12 |
| 1101 | 13 |
| 1110 | 14 |
| 1111 | 15 |
| 10000 | 16 |

Man spricht die Dualzahl 10 allerdings „eins-null“ und entsprechend dual 11 „eins-eins“. Man benötigt also zur Darstellung der dezimalen Zahl 2 (dual: 10) bereits zwei bit.

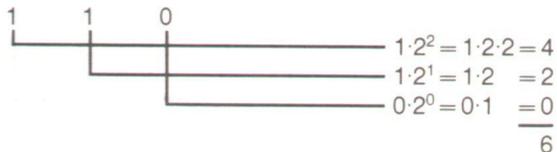
Umwandlung von Dual- in Dezimalzahlen

Für die Dualzahl, die der Dezimalzahl 4 entspricht, werden bereits drei bit beansprucht: 100 („eins-null-null“). Im Gegensatz zum Dezimalsystem, das auf der Basis 10 („zehn“) aufgebaut ist, hat das Dualsystem die Basis 2 („zwei“). Jede Ziffernstelle ist also eine Potenz zur Basis 2:

| dual | 2^0 | 2^1 | 2^2 | 2^3 | 2^4 | 2^5 | 2^6 | 2^7 | 2^8 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| dezimal | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 64 | 128 | 256 |

Mit einer solchen Zweierpotenztafel lassen sich Dezimalzahlen leicht in Dualzahlen umrechnen und umgekehrt. Es soll die entsprechende Dezimalzahl für die Dualzahl 110 („eins-eins-null“) gesucht werden.

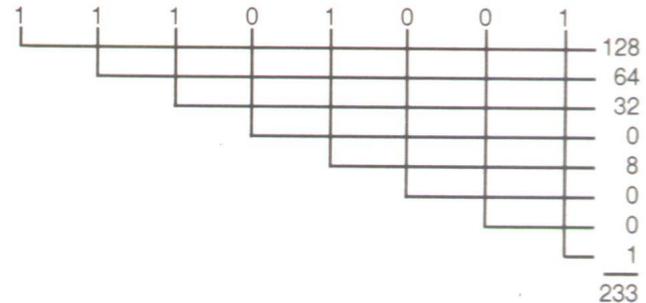
| 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
|-------|-------|-------|-------|
| 8 | 4 | 2 | 1 |



Die 110 („eins-eins-null“) im Dualsystem entspricht also der 6 im Dezimalsystem.

Ein weiteres Beispiel: Dual 11101001 soll als Dezimalzahl dargestellt werden.

| 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |



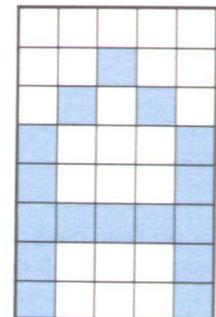
Die Dualzahl 11101001 entspricht also der Dezimalzahl 233.

Die Dualzahl 11101001 besteht also aus 8 bit. Man nennt 8 bit auch 1 byte, wenn ein Computer diese 8 bit gleichzeitig darstellen kann.

Mit bits und bytes kann man auch Buchstaben schreiben. Dabei werden verschiedene Systeme benutzt. Eines verwendet für den Buchstaben 40 Felder, die als 5×8 Raster angebracht sind.

Für die Besetzung der Felder stehen also 40 Möglichkeiten offen. Natürlich gehört dazu eine komplexe Steuerlogik, welche digitale Signale in geschriebene Zeichen umsetzt. Einige Beispiele:

A : 1000001
 B : 1000010
 C : 1000011



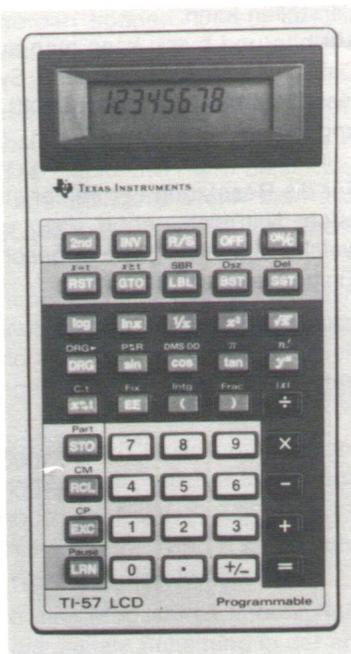
Von bits und bytes

Umwandlung von Dezimal- in Dualzahlen

Hier ein Beispiel für die Umwandlung der Dezimalzahl 77 in das Dualsystem:

| gegebene Zahl | Übertrag | 2 ^{er} Potenz | enthalten | Rest |
|---------------|----------|------------------------|-----------|------|
| 77 | | 2 ⁶ = 64 | 1 | 13 |
| | 13 | 2 ⁵ = 32 | 0 | 13 |
| | 13 | 2 ⁴ = 16 | 0 | 13 |
| | 13 | 2 ³ = 8 | 1 | 5 |
| | 5 | 2 ² = 4 | 1 | 1 |
| | 1 | 2 ¹ = 2 | 0 | 1 |
| | 1 | 2 ⁰ = 1 | 1 | - |
| | | | 1001101 | |

Man sucht zunächst die größtmögliche Zweierpotenz, in diesem Beispiel $2^6 = 64$. Ist sie einmal darin enthalten, schreibt man dual 1. Der Rest wird darauf untersucht, ob die nächstkleinere Zweierpotenz, nämlich $2^5 = 32$, enthalten ist. So fährt man fort bis $2^0 = 1$. In entsprechender Weise lassen sich alle Dezimalzahlen in das Dualsystem übertragen.



Addition von Dualzahlen

Mit Dualzahlen lassen sich alle Rechenoperationen ebenso durchführen wie mit Dezimalzahlen. Der Unterschied besteht nur darin, daß im Gegensatz zum Dezimalsystem mit 10 Ziffern (0–9) dem Dualsystem nur 2 Ziffern (0 und 1) zur Verfügung stehen.

Am Beispiel einer Addition und einer Subtraktion soll das Rechnen mit Dualzahlen erläutert werden. Addiert man im Dezimalsystem zwei oder mehrere Summanden zu einer Summe, so besteht ein Übertrag auf die nächsthöhere Dezimalstelle, wenn die Summenbildung den Wert 9 überschreitet. Der Übertrag wird dann in der nächsten Dezimalstelle mitaddiert:

| | |
|--------------|-----|
| 1. Summand | 243 |
| + 2. Summand | 178 |
| <hr/> | |
| Überträge | 11 |
| <hr/> | |
| Summe | 421 |

Bei der Addition im Dualsystem wird entsprechend verfahren. Ein Übertrag auf die nächsthöhere Nachbarstelle entsteht allerdings bereits, wenn die Summenbildung der Dualzahlen den Wert 1 überschreitet. Es ergibt also:

| | Übertrag | Summe |
|------|----------|-------|
| 0+0= | 0 | 0 |
| 0+1= | 0 | 1 |
| 1+0= | 0 | 1 |
| 1+1= | 1 | 0 |

Beispiel:

| | | |
|--------------|-----------|------|
| 1. Summand | 1 1 1 0 | (14) |
| + 2. Summand | 0 1 0 1 | (5) |
| <hr/> | | |
| Überträge | 1 1 | |
| <hr/> | | |
| Summe | 1 0 0 1 1 | (19) |

Subtraktion von Dualzahlen

Auch für die Subtraktion zunächst ein Beispiel aus dem Dezimalsystem. Zur Bildung der Differenz wird von einem Minuenden der Subtrahend subtrahiert. Ist auf einer Dezimalstelle der Wert des Subtrahenden größer als der Wert des Minuenden, muß von der nächsthöheren Dezimalstelle ein Rückübertrag – populär auch „Borgen“ genannt – erfolgen. Dieser Rückübertrag wird auf der nächsthöheren Dezimalstelle mitsubtrahiert.

| | |
|--------------|-------------------------------------|
| Minuend | 1 ⁽¹⁾ 2 ⁽¹⁾ 6 |
| – Subtrahend | 8 9 |
| <hr/> | |
| Übertrag | 1 1 |
| <hr/> | |
| Differenz | 3 7 |

Bei der Subtraktion im Dualsystem wird wieder entsprechend verfahren. Es ergibt also:

| | Differenz | Übertrag |
|---------|-----------|----------|
| 0 – 0 = | 0 | 0 |
| 1 – 0 = | 1 | 0 |
| 1 – 1 = | 0 | 0 |
| 0 – 1 = | 1 | 1 |

| | | |
|--------------|---|------|
| Minuend | 1 ⁽¹⁾ 0 ⁽¹⁾ 0 1 1 | (19) |
| – Subtrahend | 1 1 1 0 | (14) |
| <hr/> | | |
| Übertrag | 1 1 | |
| <hr/> | | |
| Differenz | 1 0 1 | (5) |

Ein Elektronischer Rechner arbeitet bei allen Rechenoperationen im Dualsystem. Er kann diese Leistung vollbringen, da die elektrischen Schaltvorgänge mit unvorstellbarer Schnelligkeit ablaufen.

Es wurde bereits erwähnt, daß in der Digitaltechnik eindeutig definierte Signale in eine Schaltung eingegeben oder aus einer Schaltung entnommen werden müssen. Mit dem Dualsystem hat man eine solche Möglichkeit: Der Ziffer 0 dieses Systems entspricht der Zustand „keine Spannung“, die Ziffer 1 bedeutet „Spannung“.

Logische Grundverknüpfungen

Digitale Schaltungen bestehen aus Schaltstufen, die lediglich mit den zwei Schaltzuständen „EIN“ (Spannung) und „AUS“ (keine Spannung) arbeiten. Diese elektrischen Potentiale können mit den Binärziffern 1 und 0 ausgedrückt werden, wobei der Dualziffer 1 der Spannungsbereich zugeordnet wird, der näher an + liegt, der Dualziffer 0 der Spannungsbereich, der näher an 0 liegt.

Spannung $\hat{=}$ Dualziffer 1
Keine Spannung $\hat{=}$ Dualziffer 0

Um zu ermöglichen, daß Schaltungen Entscheidungen treffen können, werden zwei oder mehrere Eingangssignale logisch miteinander verknüpft. Dabei sind alle logischen Entscheidungen mit den **Grundverknüpfungen** UND, ODER, NICHT und IDENTITÄT realisierbar.

Am einfachsten sind die Schaltungen für **Identität** und **NICHT** (Inversion) aufzubauen.

Im Experiment [21] befindet sich der Schalter A der Eingabe-Einheit zusammen mit der dazugehörigen grünen Leuchtdiode und einem Widerstand in einem Stromkreis. Zwischen den Anschlüssen A und Minus liegt die Leuchtdiode im Bedienungspult.

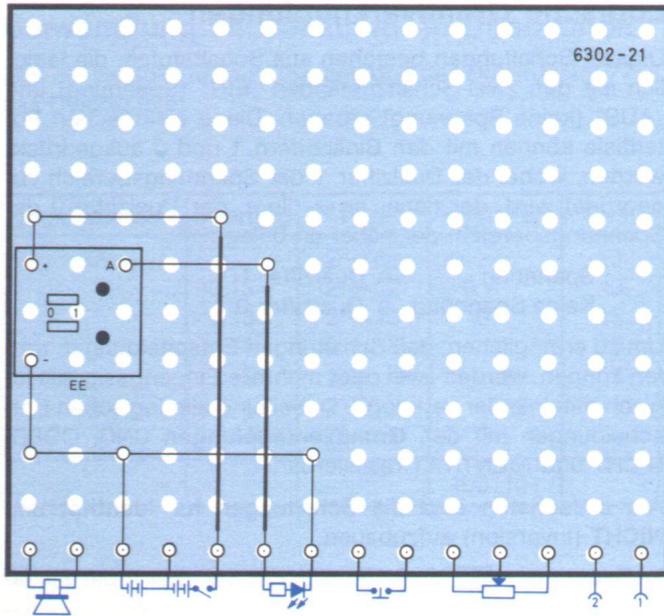
Schiebt man den Schalter A auf der Eingabe-Einheit in Stellung 1, so leuchten beide Leuchtdioden. Stellt man den Schalter auf 0, so sind beide dunkel.

Die Leuchtdioden stellen die Schaltzustände von Eingabe und Ausgabe dar. Sie zeigen beide den gleichen Schaltzustand. Man spricht darum von einer logischen Identität oder Äquivalenz. Die nachstehende Tabelle gibt den Zusammenhang wieder:

| | | |
|---------|--|---------|
| | | Ausgabe |
| Eingabe | | |
| 0 | | 0 |
| 1 | | 1 |

Man nennt solche Tabellen **Funktionstabellen**, weil sie die Abhängigkeit der Ausgangszustände von den Eingangszuständen wiedergeben.

Von bits und bytes

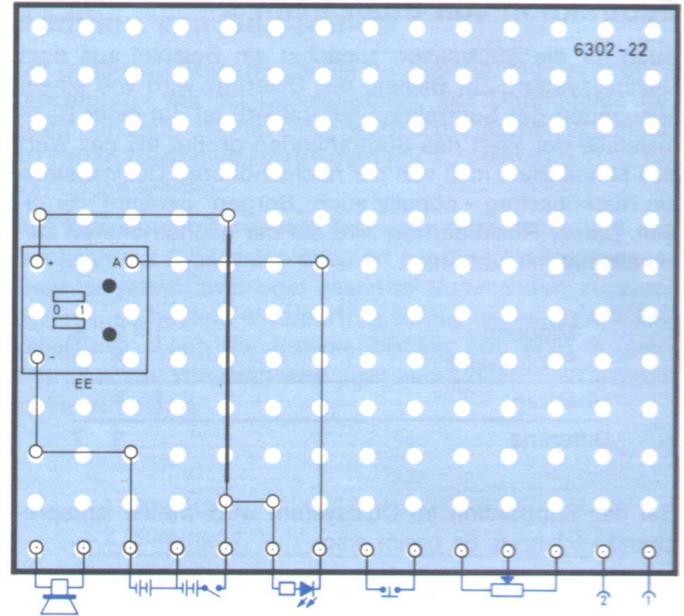


6302-21

21

EE = Eingabe-Einheit, weiß

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

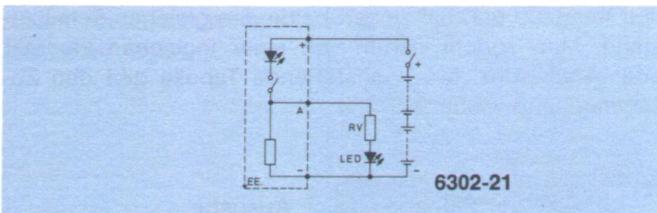


6302-22

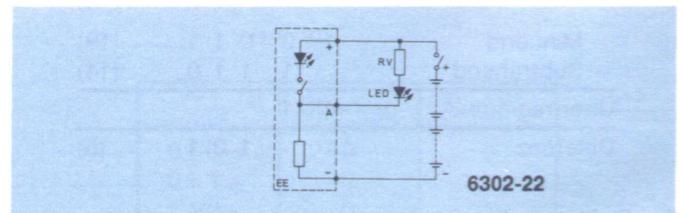
22

EE = Eingabe-Einheit, weiß

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B

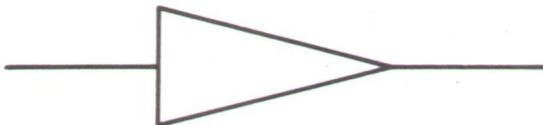


6302-21



6302-22

Als Schaltsymbol für die Identität (Äquivalenz) verwendet man folgendes Zeichen:



Das Schaltsymbol für die Inversion (Negation):



Schaltet man die Ausgangs-Leuchtdiode im Experiment **22** so, daß sie zwischen den Anschlüssen A und Plus liegt, so ist sie dunkel, wenn der Schalter A auf der Eingabe-Einheit geschlossen ist, und die dazugehörige Leuchtdiode leuchtet. Öffnet man den Schalter A, so leuchtet die Ausgangs-LED im Bedienungspult, während die Leuchtdiode auf der Eingabe-Einheit dunkel bleibt. Der Ausgangszustand ist also dem Eingangszustand entgegengesetzt. Eine solche logische Verknüpfung nennt man **Inversion** oder **Negation**.

| Eingabe | Ausgabe |
|---------|---------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

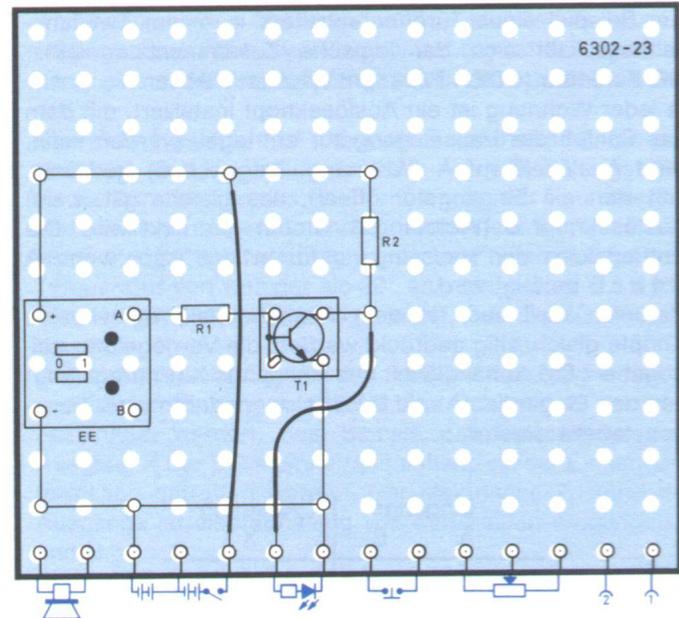
Häufig verwendet man in elektronischen Schaltungen Transistoren, um eine Inversion darzustellen. Im Experiment **23** ist eine solche Variante beschrieben.

Auf der Grundplatte werden die Eingabe-Einheit und der Transistor mit den dazu gehörenden Bauteilen nach dem Verdrahtungsplan befestigt.

Von den beiden Schaltern der Eingabe-Einheit ist nur der Schalter A wirksam, mit dem der Kontakt A geschaltet wird. Befindet sich Schalter A in Stellung 1, leuchtet die grüne Leuchtdiode. Die Leuchtdiode im Schalt-pult ist dann dunkel. Stellt man Schalter A auf 0, erlischt die grüne Leuchtdiode, und die orangefarbene am Ausgang der Schaltung leuchtet.

Ist der Schalter A geschlossen, fließt ein Strom von der Batterie (-) durch den auf der Eingabe-Einheit befindlichen Widerstand R_A und die grüne Leuchtdiode. Die LED leuchtet, Spannung liegt am Kontakt A.

Da die Basis des Transistors über R_1 mit A verbunden ist, schaltet er durch. Sein Innenwiderstand ist dann klein, und die Spannung am Kollektor ist niedrig. Die LED am Ausgang X bleibt dunkel.



23

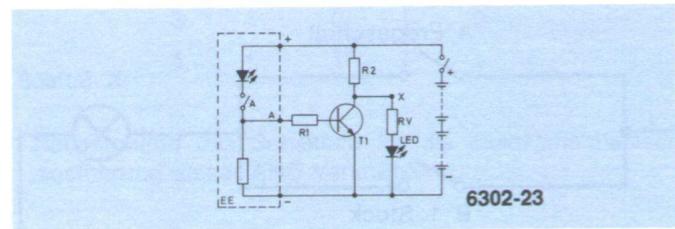
EE = Eingabe-Einheit, weiß

T1 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)

R2 = Widerstand 220 Ohm (rot, rot, braun)

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Setzt man den Schalter A auf 0, wird der Stromkreis für die grüne LED unterbrochen. Am Kontakt A befindet sich 0 Volt Spannung über R_A vom Anschluß (-) der Batterie.

Die Basis des Transistors erhält über R_1 0 Volt, so daß der Transistor sperrt. Sein Innenwiderstand ist dann hoch, und die Leuchtdiode am Ausgang X leuchtet, weil sie nun über R_2 Spannung erhält.

Von bits und bytes

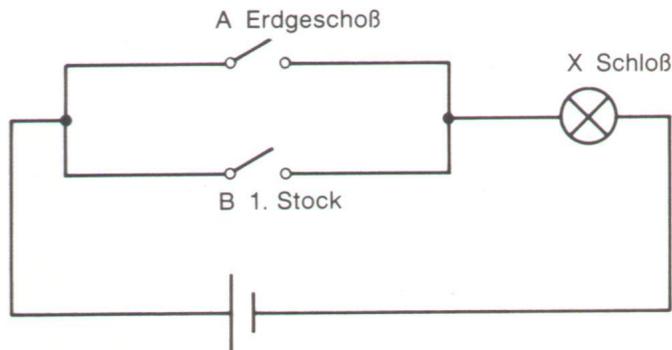
Am Beispiel eines Türöffnerschalters in einem Zweifamilienhaus läßt sich der logische Zusammenhang einer **OR-Funktion** (ODER-Funktion) deutlich machen.

In jeder Wohnung ist ein Auslöseknopf installiert, mit dem das Schloß der Hauseingangstür entriegelt werden kann. Wird Auslöseknopf A (Wohnung Erdgeschoß) gedrückt, läßt sich die Eingangstür öffnen; das gleiche gilt, wenn Auslöseknopf B (Wohnung 1. Stock) gedrückt wird. Die Entriegelung der Hauseingangstür erfolgt also, wenn A **oder** B betätigt wird.

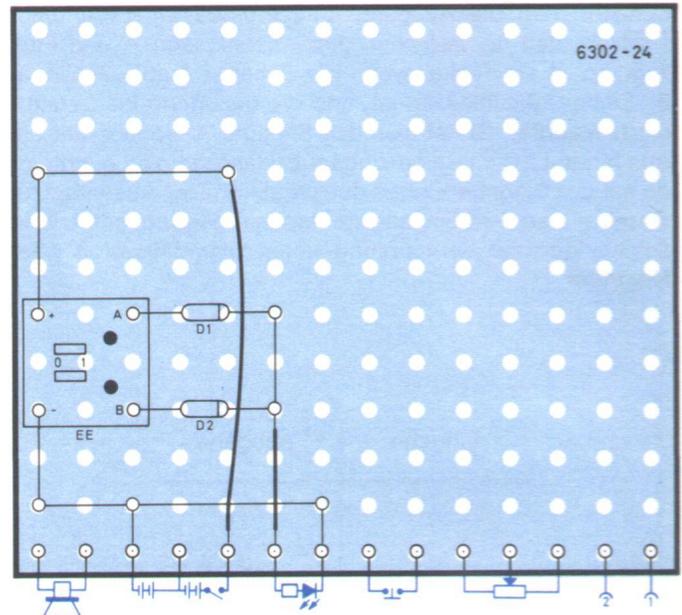
Natürlich wird auch in dem Ausnahmefall, wenn beide Knöpfe gleichzeitig gedrückt werden, die Verriegelung freigegeben. Die Abhängigkeit des Ausgangs X (Entriegelung) von den Eingängen A und B läßt sich wieder in einer Funktionstabelle darstellen:

| | Eingänge | | Ausgang |
|----|----------|---|---------|
| | A | B | X |
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 1 | 1 |
| 3. | 1 | 0 | 1 |
| 4. | 1 | 1 | 1 |

Auf der nachstehenden Schaltskizze erkennt man die Verdrahtung der beschriebenen OR-Schaltung:



Diese Schaltskizze zeigt, wie man eine solche OR-Verknüpfung elektromechanisch aufbauen kann. Im folgenden Experiment **24** ist eine elegantere Lösung, eine elektronische Schaltung, vorgestellt.



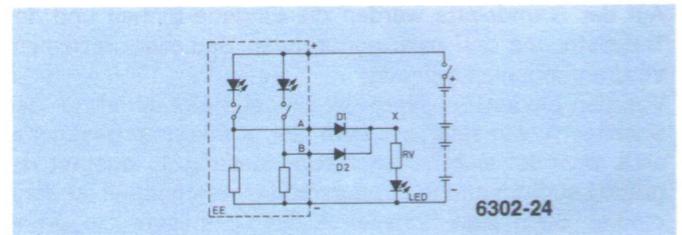
24

EE = Eingabe-Einheit, weiß

D1 = Diode

D2 = Diode

LED + RV = Leuchtdiode im Vorwiderstand im Bedienungspult B



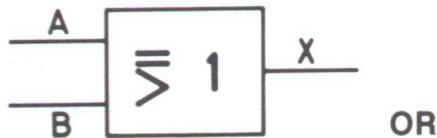
Schiebt man Schalter A oder B oder beide in die Stellung 1, so leuchtet die LED im Schaltpult. Sie ist nur dann dunkel, wenn Schalter A und B auf 0 stehen.

Sind die Schalter A und B auf 0 gesetzt, so erhalten die Dioden D₁ und D₂ über R_A bzw. R_B 0 Volt Spannung vom Minusanschluß der Batterie. Da auch die Anzeige-LED mit 0 Volt verbunden ist, kann kein Strom fließen. Wird nun Schalter A geschlossen, fließt ein Strom durch die grüne

Leuchtdiode, D_1 und die Anzeige-LED. Beide Leuchtdioden leuchten. Entsprechend fließt bei geschlossenem Schalter B ein Strom über die gelbe LED, D_2 und die Anzeige. Sind beide Schalter A und B in Stellung 1, leuchten alle Leuchtdioden, wobei sich die Helligkeit etwas ändert.

$X = A + A \vee B$ Das Zeichen \vee wird ODER gelesen
Ebenfalls gültig ist:
 $X = A + B$

Die Abbildung zeigt das Symbol der OR-Schaltung in elektronischen Schaltbildern:



Eine elektronische Schaltung, die der OR-Funktion entspricht, nennt man auch **OR-Gatter**.

Zur Ergänzung noch ein weiteres Beispiel für eine OR-Verknüpfung, das du selbst vervollständigen kannst:

Du möchtest einem Freund eine kurze schriftliche Mitteilung zukommen lassen. Du zückst also deinen Federhalter und suchst Schreibpapier. Hast du eine einfache Postkarte^(A) oder eine Ansichtskarte^(B) oder Briefpapier^(C) gefunden, so kannst du die Mitteilung zu Papier bringen^(X). Das ist natürlich auch möglich, wenn du z. B. Briefpapier und eine Ansichtskarte zur Hand hast. Ist dagegen nichts greifbar, dann mußt du dir erst Papier beschaffen.

Für die Funktionstabelle bedeutet das: Hat mindestens eine Eingangsvariable den Wert 1, dann ist X auch 1. Versuche doch einmal, die Funktionstabelle für dieses Beispiel aufzustellen. Dazu noch ein Hinweis: Bei drei Eingängen existieren immer acht mögliche Kombinationen.

| A | B | C | X |
|---|---|---|---|
| | | | |

Am Beispiel eines Steuersystems für eine mit Erdgas betriebene Zentralheizung läßt sich der logische Zusammenhang einer **AND-Verknüpfung** (UND-Verknüpfung) erkennen:

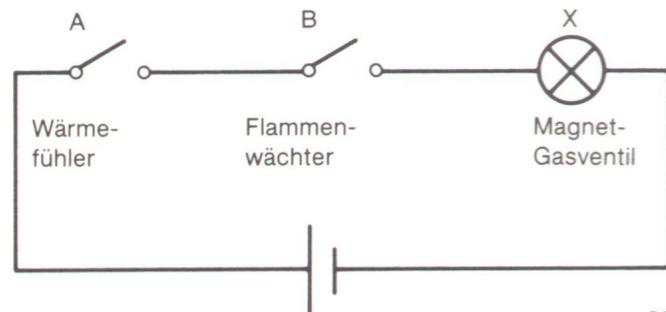
Eine Heizungsanlage ist mit einem Raumthermostaten ausgestattet, und sie besitzt daneben einen Sicherungsfühler für die Zündflamme des Gasbrenners. Ist der Raumthermostat auf eine Temperatur von 20° eingestellt, kann das Gasventil nur geöffnet werden, wenn vom Thermostaten eine Temperatur von weniger als 20° angezeigt wird **und** der Sicherungsfühler gleichzeitig meldet, daß die Zündflamme brennt.

Das elektronische System der AND-Verknüpfung erhält an den beiden Eingängen, die mit den Buchstaben A und B bezeichnet werden, zwei Signale. Die Entscheidung am Ausgang X der Schaltstufe muß anhand dieser Eingangsinformation getroffen werden. Der elektrische Zustand des Ausgangs ist also abhängig von den beiden Eingängen A und B.

Die Abhängigkeit läßt sich in einer Funktionstabelle für die AND-Verknüpfung darstellen:

| | Eingänge | | Ausgang |
|----|----------|---|---------|
| | A | B | X |
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 1 | 0 |
| 3. | 1 | 0 | 0 |
| 4. | 1 | 1 | 1 |

Nachstehend das Schaltbild für die elektromechanische Ausführung dieser AND-Verknüpfung:



Von bits und bytes

Das bedeutet: Der Ausgang der AND-Verknüpfung führt nur dann ein 1-Signal, wenn auf beiden Eingängen ebenfalls ein 1-Signal liegt. Die Funktionstabelle enthält alle Kombinationsmöglichkeiten und die sich daraus ergebenden Entscheidungen für die elektronische Schaltstufe:

- Fall 1: Beide Eingangsfühler zeigen ein 0-Signal. Die Raumtemperatur (Eingang A) ist hoch genug (0), außerdem brennt die Zündflamme (Eingang B) nicht (0). Die Entscheidung: Gasventil (Ausgang X) nicht öffnen (0).
- Fall 2: Der Thermostat meldet keinen Wärmebedarf (0). Obwohl die Zündflamme brennt (1), kann die Entscheidung nur heißen: Gasventil nicht öffnen (0).
- Fall 3: Der Thermostat meldet, daß Wärme benötigt wird (1), der Sicherungsfühler zeigt jedoch an, daß die Zündflamme nicht brennt (0). Entscheidung: Gasventil nicht öffnen (0).
- Fall 4: Der Thermostat signalisiert, daß Wärme benötigt wird (1), und der Sicherungsfühler meldet, daß die Zündflamme brennt (1). Daraus ergibt sich die Entscheidung: Gasventil öffnen (1).

Auch die AND-Funktion läßt sich in Form einer elektronischen Schaltung verwirklichen.

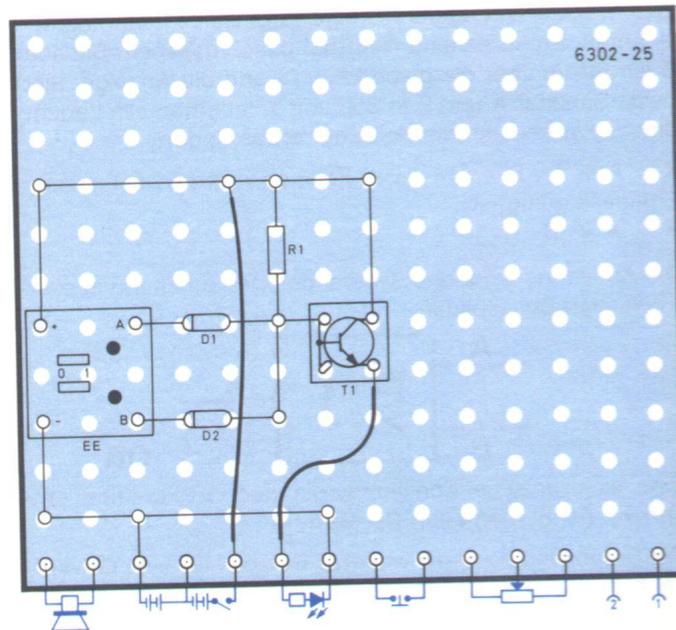
Befinden sich in diesem Experiment **25** die Schalter A und B auf der Eingabe-Einheit in Stellung 0, so leuchtet keine der beiden Leuchtdioden, und auch die LED am Ausgang der Schaltung bleibt dunkel.

Schiebt man Schalter A in Stellung 1, leuchtet die grüne Leuchtdiode, aber am Ausgang wird durch die Leuchtdiode im Schaltpult keine Spannung angezeigt.

Das ist auch der Fall, wenn Schalter B auf 1 steht und Schalter A auf 0. Jetzt leuchtet zwar die gelbe LED, aber der Ausgang führt keine Spannung. Sind beide Schalter in Position 1, leuchtet auch die Leuchtdiode am Ausgang.

Ist keiner der Schalter A und B in Stellung 1, so fließt ein Strom über die Widerstände R_A und R_B , die Dioden D_1 , D_2 und R_1 . Die Spannung an der Basis des Transistors T_1 ist niedrig, weil R_A und R_B im Vergleich zu R_1 kleine Werte haben. Der Transistor ist gesperrt.

Wird einer der beiden Schalter A oder B geschlossen (Stellung 1), so fließt im eingeschalteten Zweig kein Strom



25

EE = Eingabe-Einheit, weiß

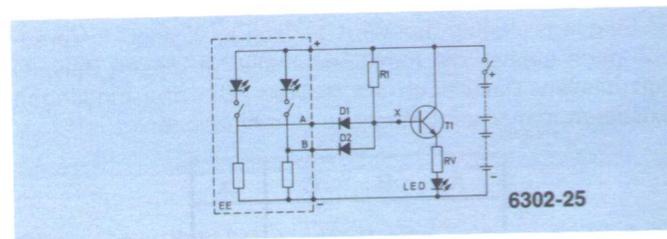
T1 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)

D1 = Diode

D2 = Diode

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



mehr, weil dann die dazugehörige Diode sperrt, und die andere verhindert, daß sich an der Basis eine Spannung aufbaut. Sind beide Schalter geschlossen (1), so befindet sich an den Anschlüssen A und B Spannung. Beide Dioden sperren, und über R_1 erhält die Basis des T_1 soviel Vorspannung, daß er durchschaltet. Die LED am Ausgang leuchtet.

Mathematisch läßt sich diese Abhängigkeit durch die Gleichung $X = A \cdot B$ formulieren. Dabei wird das Zeichen \wedge als UND gelesen. In manchen Literaturbeispielen findet man auch $X = A \cdot B$.

Zur Darstellung der AND-Funktion in elektronischen Schaltkreisen verwendet man das folgende Schaltsymbol:



Eine elektronische Schaltung, die der AND-Funktion entspricht, nennt man auch **AND-Gatter**.

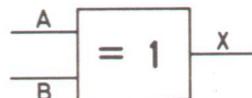
In manchen Fällen muß an die OR-Funktion die Forderung gestellt werden, daß ein positives Ergebnis (1) am Ausgang dann zustande kommt, wenn nur einer der Eingänge ein 1-Signal führt, nicht aber alle.

So kann z. B. bei der Buchung einer Urlaubsreise – wenn die Wahl zwischen Eisenbahn oder Flugzeug als Verkehrsmittel zu treffen ist – die Entscheidung nur **entweder** für das Flugzeug **oder** für die Eisenbahn fallen. Diese logische Verknüpfung heißt dementsprechend ausschließlich ODER-Funktion bzw. **Exklusiv-OR-Funktion (Antivalenz)**. Im Gegensatz zur einfachen OR-Funktion ist der Ausgang $X=0$, wenn beide Eingänge 1 sind.

In der Funktionstabelle für Exklusiv-OR sind die Bedingungen für das Ausgangssignal zusammengestellt:

| | Eingänge | | Ausgang |
|----|----------|---|---------|
| | A | B | X |
| 1. | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 0 | 1 | 1 |
| 3. | 1 | 0 | 1 |
| 4. | 1 | 1 | 0 |

Auch in der mathematischen Formulierung kann diese Besonderheit ausgedrückt werden:



$X = A \neq B$ (gesprochen X gleich A antivalent zu B)

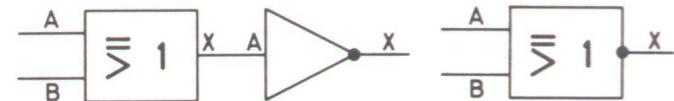
Die Kombination des NICHT-Schaltgliedes mit der OR-Funktion ergibt die Grundverknüpfung **NOR**, abgeleitet aus dem englischen not or. Eine **NOR-Funktion** ist also eine OR-Funktion mit umgekehrten Ausgangszustand.

In der folgenden Funktionstabelle ist der Ausgang der OR-Funktion im Vergleich zur NOR-Funktion dargestellt.

| Eingänge | | NOR Ausgang | OR Ausgang |
|----------|---|-------------|------------|
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |

Der mathematische Ausdruck $X = A \wedge B$ verdeutlicht, daß der Ausgang immer dann 0 ist, wenn einer der Eingänge oder alle Eingänge 1 sind.

Das Schaltsymbol entsteht aus dem OR und der Negation:



Die Kombination der Negation mit einer AND-Funktion ergibt eine neue Grundverknüpfung, das logische NAND. Die Bezeichnung **NAND** ist eine Abkürzung von **not and**, was „nicht und“ heißt. Eine NAND-Funktion ist also eine AND-Funktion mit umgekehrten Ausgangszuständen. Die Funktionstabelle – zum Vergleich das AND – verdeutlicht die Negation des Ausgangs:

| | Eingänge | | NAND Ausgang | AND Ausgang |
|----|----------|---|--------------|-------------|
| | A | B | X | X |
| 1. | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 2. | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 3. | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4. | 1 | 1 | 0 | 1 |

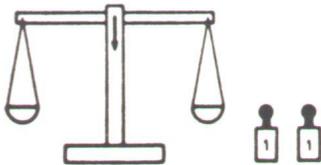
Von bits und bytes

Das Schaltzeichen für ein NAND-Glied ergibt sich aus der Kombination der Symbole für AND mit der Negation.



Zum Abschluß dieses Kapitels einige Beispiele zu den vorgestellten Funktionen. Vielleicht macht es dir Spaß, die Funktionstabellen selbst zu ergänzen oder aufzustellen. Du wirst schnell feststellen: so schwer ist das gar nicht.

Für die hier gezeigte Balkenwaage stehen zwei gleichschwere Gewichte zur Verfügung. Selbstverständlich ist leicht zu erkennen, in welchen Fällen sich diese Waage im Gleichgewicht befindet:



Die Waage ist nur dann im Gleichgewicht, wenn beide Seiten gleich stark belastet (oder nicht belastet) sind. Mit anderen Worten: **Wenn** die linke Waagschale **nicht** belastet ist und die rechte Waagschale **nicht** belastet ist (0) bzw. **wenn** die linke Waagschale belastet ist und **wenn** die rechte Waagschale belastet ist (gleiche Gewichte = 1), **dann** befindet sich die Waage im Gleichgewicht. Es handelt sich hier also um die Identitäts-Funktion oder Äquivalenzfunktion.

| Liegt ein Gewicht auf der linken Waagschale ? | Liegt ein Gewicht auf der rechten Waagschale ? | Ist die Waage im Gleichgewicht ? |
|---|--|----------------------------------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | |
| 0 | 1 | |
| 1 | 0 | |
| 1 | 1 | |

Eigentlich kann man die Identitäts-Funktion beschreiben mit dem Schlagwort „Alles oder Nichts“. Wenn du das berücksichtigst, kannst du bestimmt auch die Funktionstabelle für eine Äquivalenz-Funktion mit 3 Eingängen ergänzen:

| A | B | C | X |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |

Übrigens noch ein Hinweis: Immer wenn **drei** Eingangsmöglichkeiten existieren, sind **acht** Lösungen denkbar.

Ein Beispiel für eine NOR-Funktion: Du wirst von einem Freund zu einer Bootsfahrt eingeladen, hast aber eigentlich keine große Lust dazu. Deshalb machst du die Teilnahme von drei Bedingungen abhängig:

1. Es darf nicht regnen (0)
2. Es darf nicht windig sein (0)
3. Es darf kein Ruderboot sein (0)

Nur wenn alle drei Bedingungen erfüllt sind (0), willst du mitfahren, andernfalls fährst du nicht. Wie muß wohl die Funktionstabelle vollständig aussehen?

| A | B | C | X |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |

Ein NAND-Beispiel: Du willst zu einem Fußballspiel gehen, verknüpfst das aber mit drei Bedingungen:

1. Das Wetter ist gut (1)
2. Dein Freund kommt mit (1)
3. Es sind Eintrittskarten erhältlich (1)

Du gehst zum Fußball $\cong 0$, du gehst nicht zum Fußball entspricht 1.

An diesen drei Festlegungen erkennst du vielleicht, daß man willkürlich die Zustände 0 oder 1 festlegen kann. Sind sie allerdings festgelegt, müssen sie auch in der Weise verwendet werden.

Die Funktionstabelle entspricht der NAND-Funktion mit drei Eingängen: Nur wenn alle Eingänge 1 sind, ist der Ausgang 0. Das bedeutet: Auf zum Fußball!

| A | B | C | X |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | |
| 0 | 0 | 1 | |
| 0 | 1 | 0 | |
| 0 | 1 | 1 | |
| 1 | 0 | 0 | |
| 1 | 0 | 1 | |
| 1 | 1 | 0 | |
| 1 | 1 | 1 | |

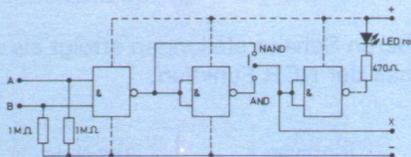
Logik in IC-Technik

Dieses Digital-Lab enthält mehrere Logik-Bausteine mit den Funktionen OR/NOR und AND/NAND. Sie bestehen beim OR/NOR-Baustein (rot) aus dem IC 4001, das auf eine Platine gelötet ist. Eine rote Leuchtdiode zeigt den elektrischen Zustand des Ausgangs an.

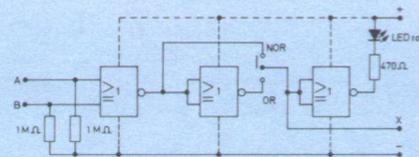
Der AND/NAND-Baustein (grün) enthält das IC 4011 auf einer Platine mit einer Leuchtdiode.

Diese Bausteine erfüllen ohne weitere elektronische Bauteile die Funktionen des OR, NOR, AND oder NAND. In den folgenden Experimenten werden diese Bausteine zunächst in einfachen und dann in zusammengesetzten Funktionen eingesetzt.

Da die genauen Erklärungen zu den elektrischen Vorgängen manchmal sehr umfangreich sind, stehen sie im letzten Kapitel „Von Experten für Experten“. Dort kannst du nachlesen, wenn du weitergehende Informationen erhalten willst. Möchtest du zunächst nur das Ergebnis des Experiments erfahren und dann die folgenden Experimente durchführen, so kannst du sie auch ohne die weiteren Erklärungen verstehen und dann später im letzten Kapitel nachlesen.

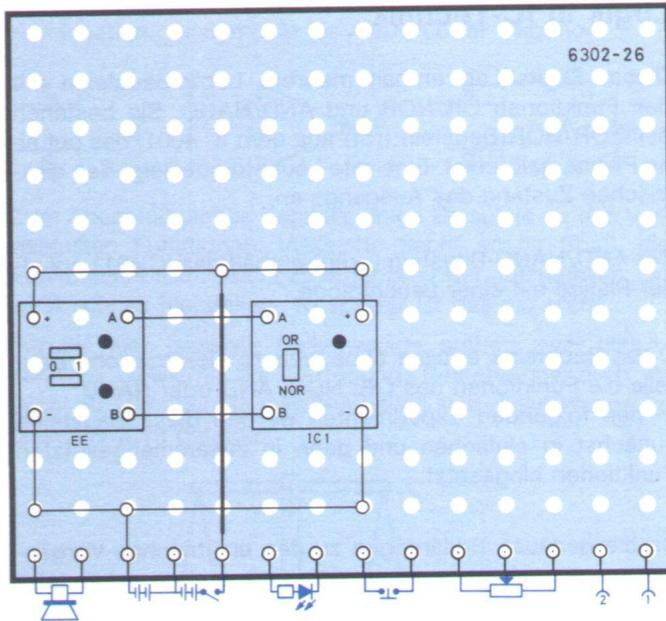


Blockschaltbild AND-NAND-Baustein



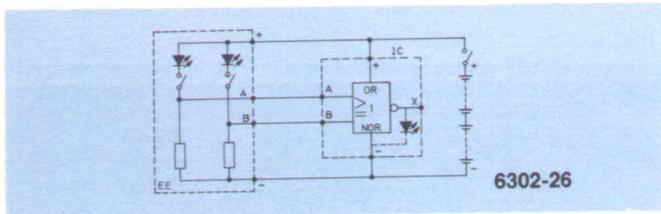
Blockschaltbild OR-NOR-Baustein

Von bits und bytes



26

EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot



OR und NOR

In diesem Experiment **26** wird der OR-NOR Baustein mit seinen Eingangs- und Ausgangszuständen untersucht. Um die OR-Funktion zu schalten, muß der Schiebeschalter auf OR gestellt werden. In Kombination mit der Eingabeeinheit lassen sich dann die Ausgangssignale in Abhängigkeit von den Eingangssignalen feststellen.

Befinden sich die Eingabe-Schalter A und B in Stellung 0, so leuchtet auch die Anzeige-LED am Ausgang nicht. Stellt man Schalter A in Stellung 1, so leuchtet die dazugehörige grüne LED und ebenfalls die Leuchtdiode am Ausgang X. Legt man mit Schalter B Spannung an den Eingang B (Schalter A=0), so leuchtet die gelbe LED und ebenfalls die Ausgangsanzeige. Sind beide Schalter geschlossen (1-Signal), so leuchten alle drei Leuchtdioden.

Zur Erinnerung noch einmal die Funktionstabelle der OR-Funktion:

| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

Der Logik-Baustein kann mit dem Schalter auf der Platine so umgeschaltet werden, daß er die NOR-Funktion erfüllt (Experiment **27**). Bei Schalter A in Stellung 0 und Schalter B in Stellung 0 leuchtet die Anzeige-LED am Ausgang X (1-Signal).

Bei allen anderen Schalterstellungen erfolgt als Ausgangsanzeige gemäß der NOR Funktion:

| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

AND und NAND

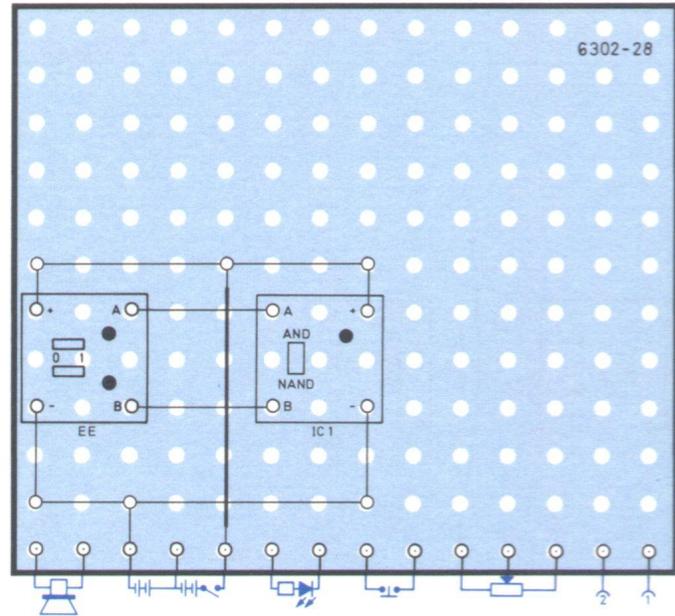
Das Experiment **28** wird aus der Eingabe-Einheit und dem nachgeschalteten AND-NAND Baustein (grün) aufgebaut. Der Schalter auf dem Logik-Baustein muß sich in Stellung AND befinden. Zu Beginn der Versuche stehen die Schalter A und B auf 0. Am Ausgang X bleibt dann die Anzeige-LED dunkel.

Schiebt man Schalter A oder B auf 1, so leuchtet die entsprechende LED. Die LED am Ausgang bleibt auch jetzt dunkel. Sind Schalter A **und** B auf 1 gesetzt, leuchten die grüne und die gelbe Leuchtdiode sowie auch die LED am Ausgang X.

| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

Setzt man den Schalter auf dem Logik-Baustein in Stellung NAND und wiederholt die verschiedenen Eingabemöglichkeiten mit den Schaltern A und B, ergibt sich die Bedingung der NAND-Funktion (Experiment **29**): Die Anzeige-Leuchtdiode am Ausgang X leuchtet nur dann nicht, wenn beide Eingänge 1-Signal führen.

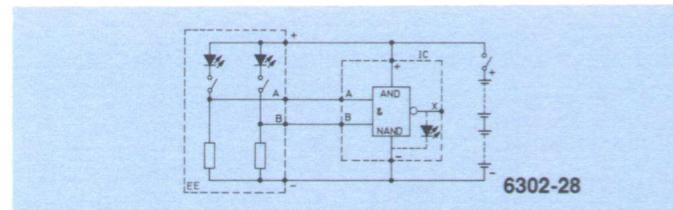
| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |



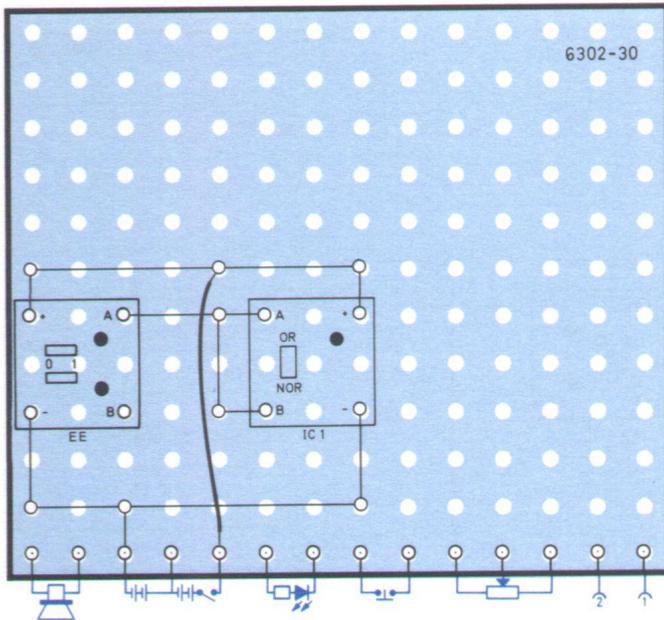
28

EE = Eingabe-Einheit, weiß

IC1 = AND - NAND -Baustein, grün



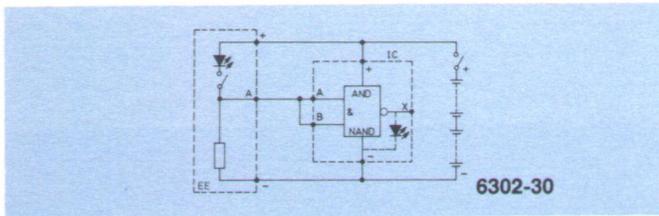
Von bits und bytes



30

EE = Eingabe-Einheit, weiß

IC1 = AND - NAND -Baustein, grün



Identität und Iversion mit dem AND-NAND-Baustein

In diesen Experimenten **30** und **31** ist die Eingabe-Einheit mit dem AND-NAND-Baustein verbunden. Der Schalter auf dem Logik-Baustein steht in Stellung AND. Es ist nur der Schalter A auf der Eingabe-Platine in Funktion, Schalter B ist nicht angeschlossen.

Ist im Experiment **30** A in Stellung 0, leuchtet keine der Leuchtdioden. Schiebt man Schalter A in Stellung 1, so leuchten die grüne und die Ausgangs-Leuchtdiode. Das entspricht also der Identitäts-Funktion.

| Eingang A | Ausgang X |
|--------------|--------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |

Im Experiment **31** stellt man den Schalter auf dem Logik-Baustein auf NAND und betätigt den Eingabe-Schalter A. In Stellung 0 zeigt die Ausgabe-LED Spannung an (1), in Stellung 1 ist die Ausgabe-LED dunkel (0). Das entspricht der Inversion (Negation). Man spricht auch von einem **Inverter**.

| Eingang A | Ausgang X |
|--------------|--------------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Kombinierte logische Schaltungen

In Integrierten Schaltkreisen hat man meistens viele gleichartige Funktionen zur Verfügung. Das IC 4011 hat z. B. 4 NAND-Gatter, daneben aber keine anderen. Das IC 4001 enthält ausschließlich 4 NOR-Gatter, keine OR-Gatter. Um aber AND bzw. OR aus diesen IC zu realisieren, muß man Gatter in verschiedener Weise kombinieren.

Solche Beispiele sollen in den folgenden Experimenten vorgestellt werden.

AND

In diesem Experiment **32** wird das AND aus zwei Invertern und einem NOR-Gatter ausgeführt.

Mit den Schaltern A und B legt man die Schaltzustände der Eingänge A und B fest. Dabei ergibt sich:

- Schalter A und B in Stellung → Ausgang 0
- Schalter A auf 0, B auf 1 → Ausgang 0
- Schalter A auf 1, B auf 0 → Ausgang 0
- Schalter A und B in Stellung 1 → Ausgang 1

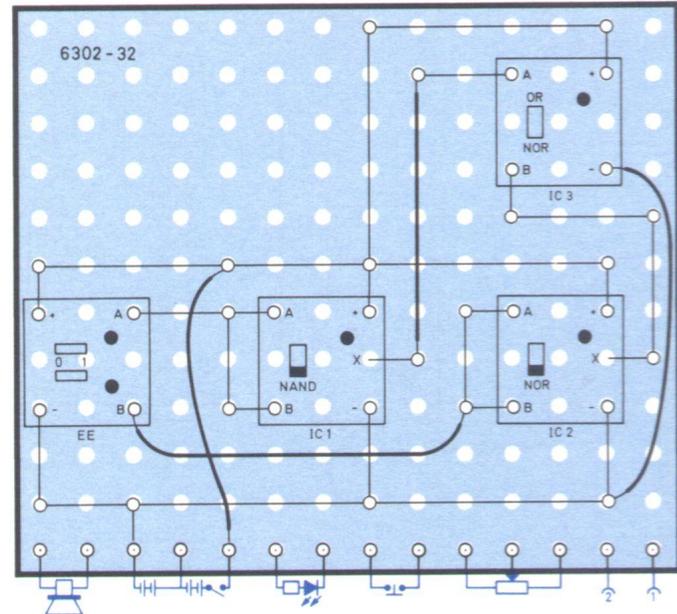
Mit 2 Invertern und 1 NOR-Baustein ist also die AND-Funktion verwirklicht worden:

| Eingang | | Eingang IC ₃ | | Ausgang IC ₃ |
|------------|------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Schalter A | Schalter B | A | B | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

NAND

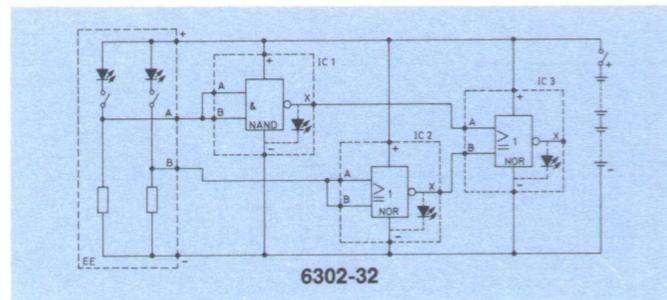
Das NAND läßt sich in diesem Experiment **33** aus 2 Invertern und dem OR-NOR-Baustein, der als OR-Gatter geschaltet ist, aufbauen.

| Eingang | | Eingang IC ₃ | | Ausgang IC ₃ |
|------------|------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Schalter A | Schalter B | A | B | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

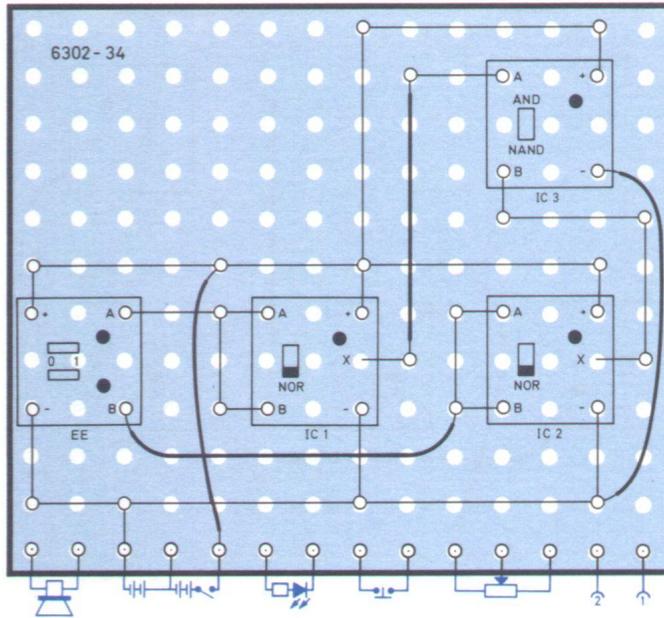


32

- EE = Eingabe-Einheit, weiß
- IC1 = AND - NAND -Baustein, grün
- IC2 = OR - NOR -Baustein, rot
- IC3 = OR - NOR -Baustein, rot

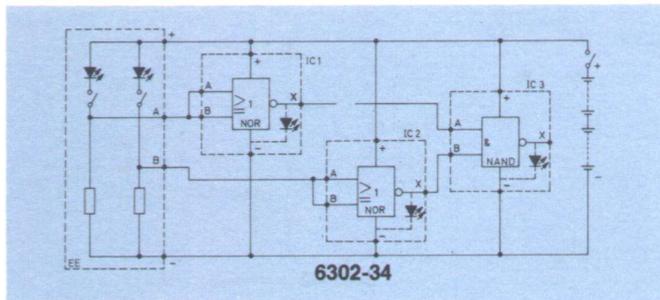


Von bits und bytes



34

- EE = Eingabe-Einheit, weiß
- IC1 = OR – NOR -Baustein, rot
- IC2 = OR – NOR -Baustein, rot
- IC3 = AND – NAND -Baustein, grün



OR

2 Inverter aus NOR-Bausteinen und 1 NAND-Gatter miteinander verknüpft, ergeben in diesem Experiment **34** die OR-Funktion.

Mit den Eingabeschaltern A und B legt man die Eingangszustände 1 oder 0 der Schaltung fest. Die LED im Ausgang zeigt den jeweiligen Schaltzustand 1 oder 0 nach der OR-Funktion an.

| Eingang | | Eingang IC ₃ | | Ausgang IC ₃ |
|------------|------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Schalter A | Schalter B | A | B | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

NOR

Stellt man im Experiment **35** das IC₃ mit dem auf der Platine befindlichen Schalter auf AND, so kann man die NOR-Funktion darstellen. Die Signale 1 und 0 lassen sich von den Eingabe-Schaltern über die Eingänge A und B des AND-Bausteins bis zum Ausgang X der Schaltung verfolgen.

| Eingang | | Eingang IC ₃ | | Ausgang IC ₃ |
|------------|------------|-------------------------|---|-------------------------|
| Schalter A | Schalter B | A | B | X |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Exklusiv – OR

Zwei Nor-Bausteine, 1 AND-Baustein und die Eingabe-Einheit sind im Experiment **36** miteinander verknüpft. Mit den Eingabe-Schaltern A und B bestimmt man die Eingangssignale 1 oder 0. Die Ausgangsanzeige erfolgt durch die LED am Ausgang X vom IC₃.

Die folgende Tabelle stellt die Schaltzustände dar:

| Eingang | | AND IC ₁ | NOR IC ₂ | NOR IC ₃ | | Ausgang |
|---------|---|---------------------|---------------------|---------------------|---|---------|
| A | B | X | X | A | B | X |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |

Im Experiment **37** läßt sich das Exklusiv-OR zu einem **Halbaddierer** erweitern.

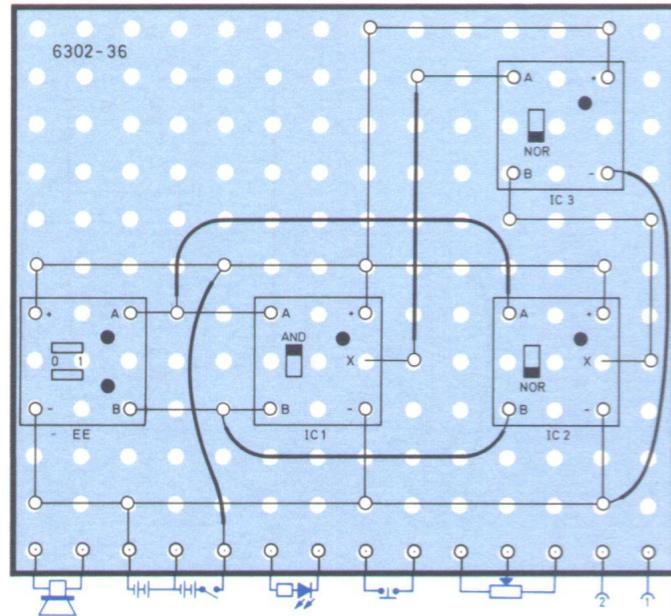
Beim Rechnen mit Dualzahlen muß man oft mit dem Übertrag rechnen, wenn die nächste Stelle der Zahl fällig wird. (Siehe hierzu S. 28).

Die Schaltzustände der Eingabe-Schalter A und B stellen die Dualzahlen dar, die zusammengezählt werden sollen. Die Exklusiv-OR-Funktion gibt den Wert der 1. Stelle an:

| | | | | |
|---|---|---|---|------|
| A | + | B | = | X |
| | | | | |
| 0 | + | 0 | = | 0 |
| 0 | + | 1 | = | 1 |
| 1 | + | 0 | = | 1 |
| 1 | + | 1 | = | (1)0 |

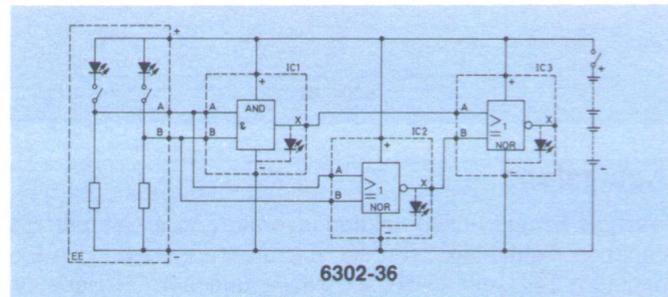
Bei der Addition 1+1 wird im dualen Zahlensystem die nächste Stelle fällig, da die Ziffer 2 nicht verwendet werden darf: 1+1=10. Diese nächste Stelle wird als Übertrag bezeichnet, der in der Schaltung am Ausgang des AND-Gatters IC₁ angezeigt wird:

| Eingang | | | | IC ₁ | IC ₃ |
|---------|---------|---|----------|-----------------|-----------------|
| A | B | | | X | X |
| 1. Zahl | 2. Zahl | | Übertrag | | Summe |
| 0 | + | 0 | = | 0 | 0 |
| 0 | + | 1 | = | 0 | 1 |
| 1 | + | 0 | = | 0 | 1 |
| 1 | + | 1 | = | 1 | 0 |

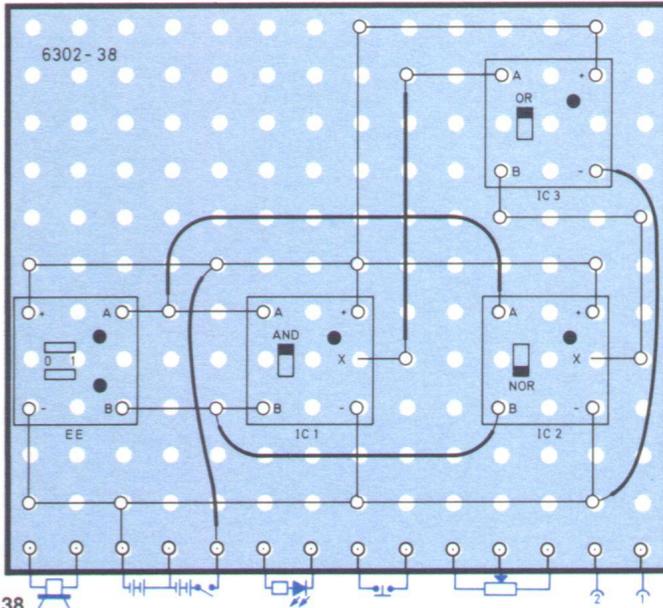


36

- EE = Eingabe-Einheit, weiß
- IC₁ = AND - NAND -Baustein, grün
- IC₂ = OR - NOR -Baustein, rot
- IC₃ = OR - NOR -Baustein, rot

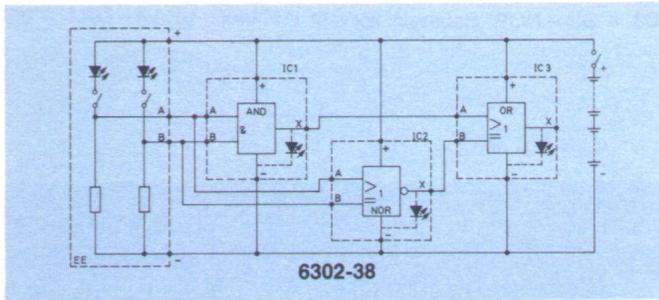


Von bits und bytes



38

EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = AND - NAND -Baustein, grün
 IC2 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC3 = OR - NOR -Baustein, rot



Äquivalenz

Wird die Exklusiv-OR-Funktion invertiert, so erhält man die Funktion **Äquivalenz**. Um sie auszuführen, werden im Experiment **38** ein AND-, ein NOR- und ein OR-Baustein sowie die Eingabe-Einheit verwendet.

Mit den Schaltern A und B bestimmt man die Schaltzustände 1 oder 0 der Eingabe. Die Anzeige-Leuchtdiode am Ausgang X des IC₃ stellt die Ausgabe (1 oder 0) dar.

Die Schaltzustände noch einmal in Tabellenform:

| Eingang | | AND IC ₁ | NOR IC ₂ | OR IC ₃ | | Ausgang |
|---------|---|---------------------|---------------------|--------------------|---|---------|
| A | B | X | X | A | B | X |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Die Eingaben und der Ausgangszustand X ergeben zusammengefaßt die Funktionstabelle für die Äquivalenz. Zum Vergleich das Exklusiv-OR:

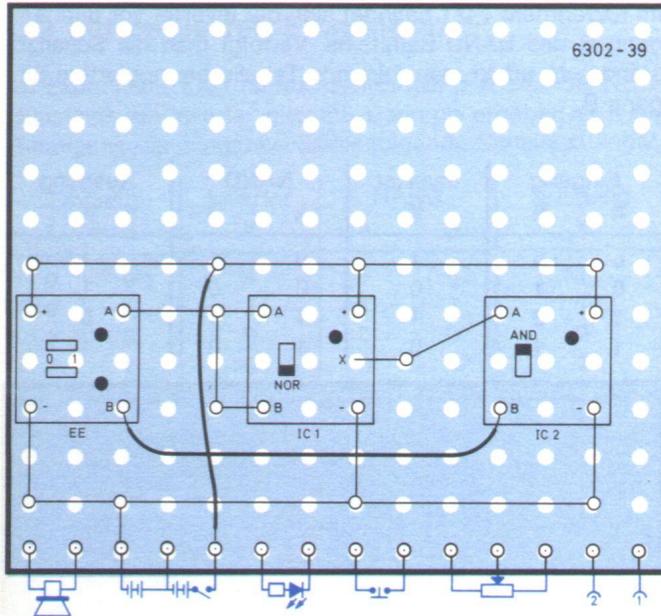
| Eingang | | Ausgang | Ausgang |
|---------|---|---------|-------------|
| A | B | X | Exklusiv-OR |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

Für manche technischen Probleme reichen die logischen Grundfunktionen nicht mehr aus, sondern man muß einzelne Eingänge invertieren. Einige Beispiele sind im folgenden aufgeführt.

AND mit negierten Eingängen

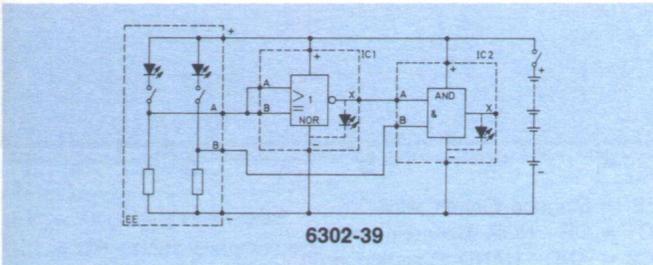
Im Experiment **39** werden neben der Eingabe-Einheit ein NOR- und ein AND-Baustein verwendet. Das NOR-Gatter ist als Inverter vor den Eingang A des AND-Gatters geschaltet.

| Eingang | | IC ₁ | IC ₂ |
|---------|---|-----------------|-----------------|
| A | B | X | X |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |



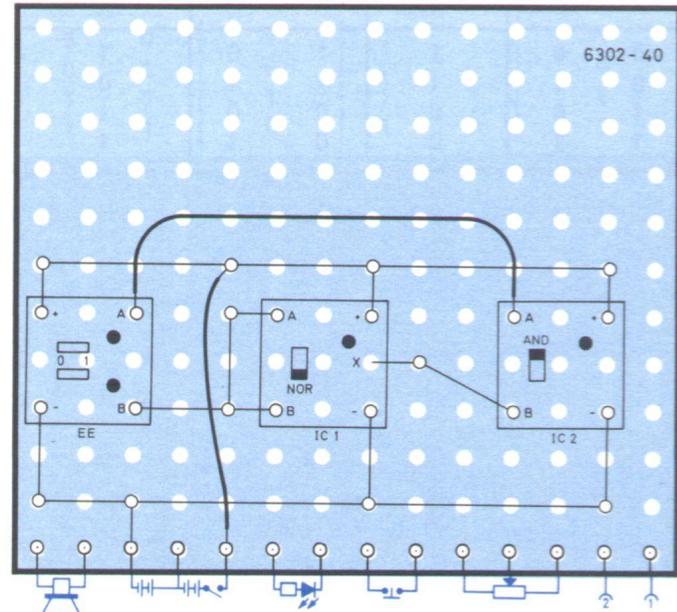
39

EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = AND - NAND -Baustein, grün



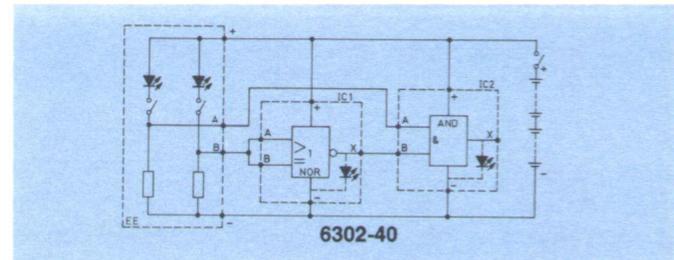
War im letzten Experiment der Eingang A negiert, so ist in diesem Experiment **40** der Inverter vor den Eingang B des AND-Bausteins gelegt. Die Tabelle gibt die Schaltzustände an verschiedenen Punkten der Schaltung an:

| Eingang | | IC ₁ X | IC ₂ | | Ausgang X |
|---------|---|----------------------|-----------------|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |



40

EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = AND - NAND -Baustein, grün

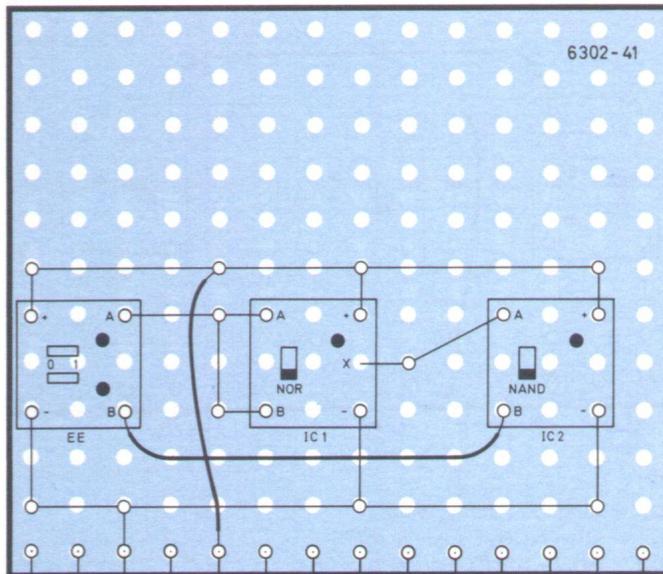


Von bits und bytes

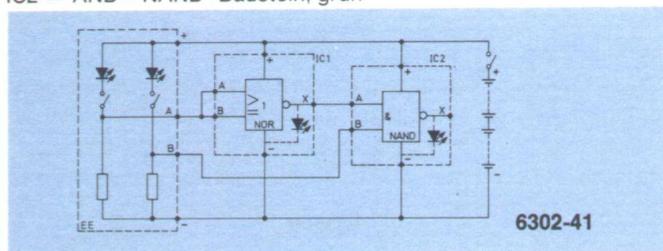
NAND mit negierten Eingängen

In Experiment **41** wird der Eingang A invertiert. Der Schalter muß in Stellung NAND gestellt werden. Dann ergeben sich folgende Schaltzustände:

| Eingang | | Inverter X | NAND | | Ausgang X |
|---------|---|---------------|------|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

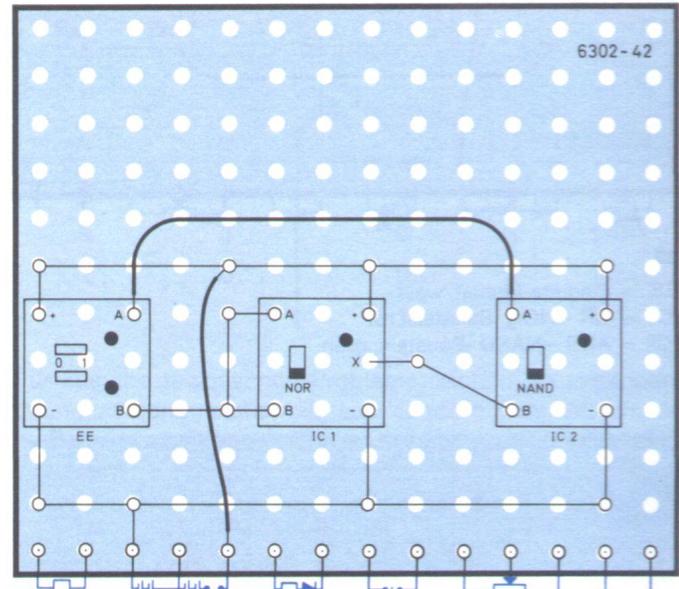


41
 EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = AND - NAND -Baustein, grün

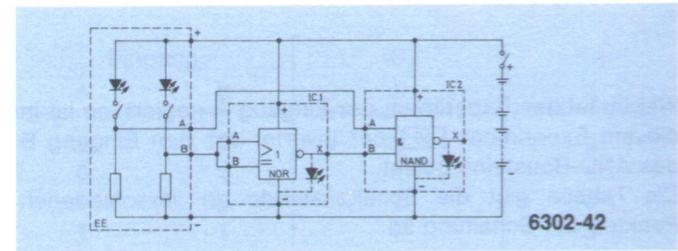


Im Experiment **42** befindet sich der Inverter vor dem Eingang B des NAND-Bausteins. Verfolgt man die Schaltzustände, so erhält man folgende Tabelle bei negiertem Eingang B:

| Eingang | | Inverter X | NAND | | Ausgang X |
|---------|---|---------------|------|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |



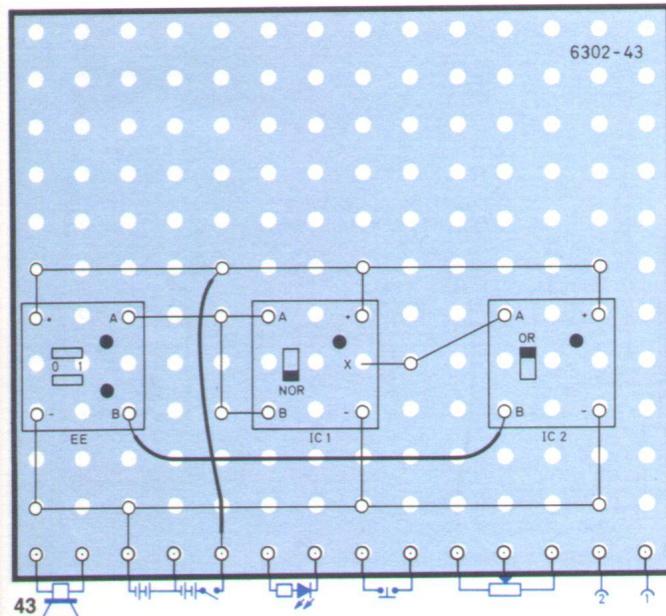
42
 EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = AND - NAND -Baustein, grün



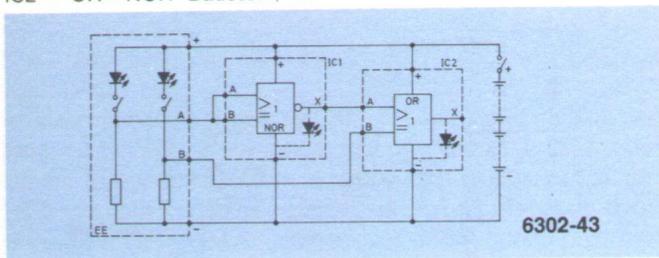
OR mit negierten Eingängen

Im Experiment **43** ist vor den Eingang A des OR-NOR-Bausteins ein Inverter gesetzt. Dadurch ergeben sich bei Betätigung der Eingabeschalter folgende Schaltzustände:

| Eingang | | Inverter X | NAND | | Ausgang X |
|---------|---|---------------|------|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |

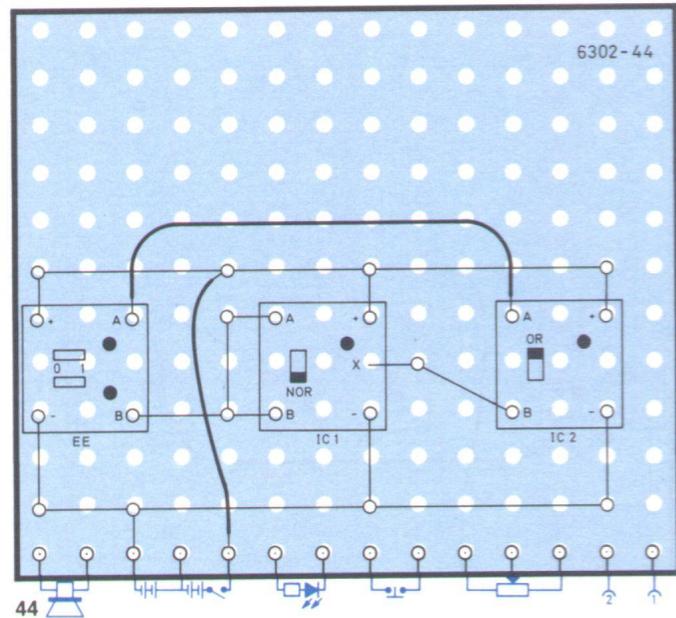


EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = OR - NOR -Baustein, rot

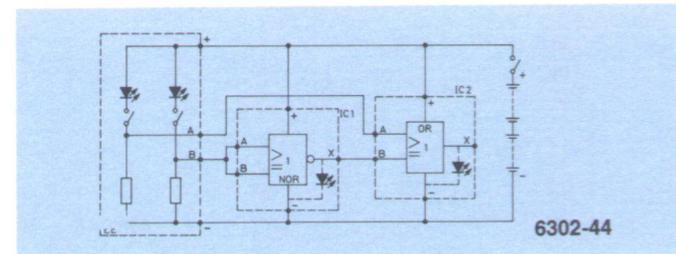


Wird im Experiment **44** vor den Eingang B eines OR-Gatters ein Inverter geschaltet, ergibt sich wieder eine andere Funktion:

| Eingang | | Inverter X | NAND | | Ausgang X |
|---------|---|---------------|------|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |



EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = OR - NOR -Baustein, rot

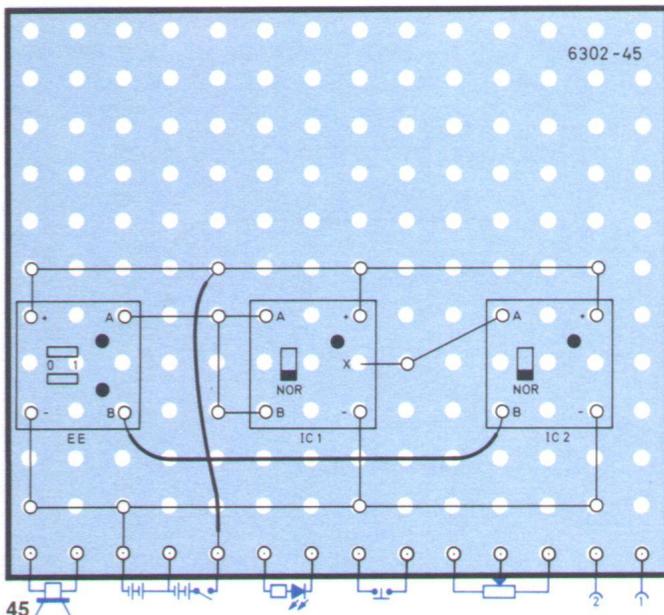


Von bits und bytes

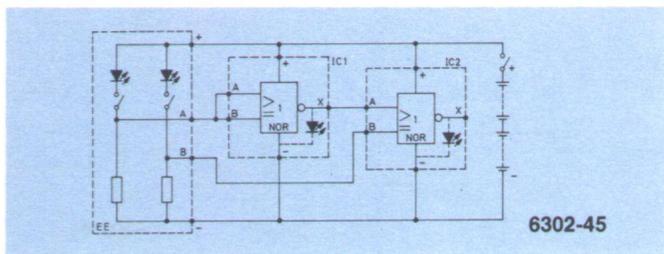
NOR mit negierten Eingängen

Wegen der Invertierung des Eingabe-Signals A ergeben sich im Experiment **45** folgende in der Tabelle zusammengefaßte Schaltzustände:

| Eingang | | Inverter X | NOR | | Ausgang X |
|---------|---|---------------|-----|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |



45
EE = Eingabe-Einheit, weiß
IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
IC2 = OR - NOR -Baustein, rot

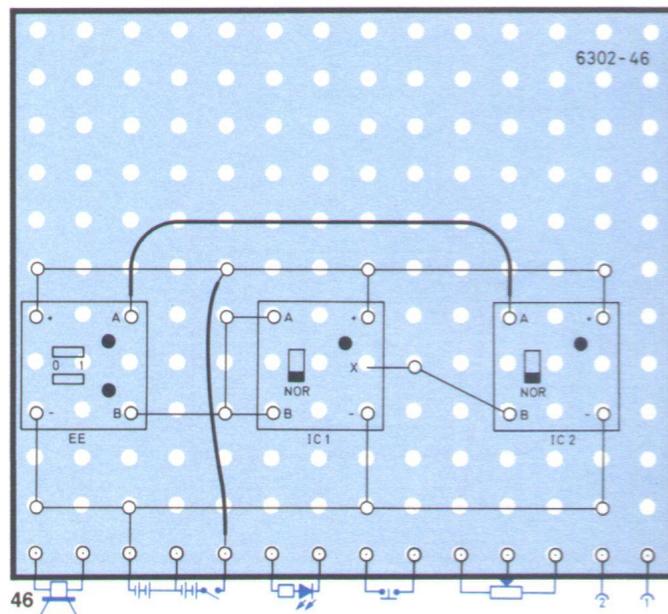


6302-45

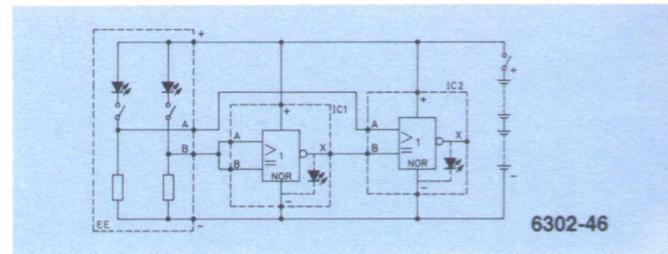
Schaltet man im Experiment **46** den Inverter vor den Eingang B des NOR-Bausteins, so werden die Signale der B-Eingabe invertiert an den B-Eingang des NOR-Gatters weitergegeben.

Die Schaltzustände ergeben sich wie folgt:

| Eingang | | Inverter X | NOR | | Ausgang X |
|---------|---|---------------|-----|---|--------------|
| A | B | | A | B | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |



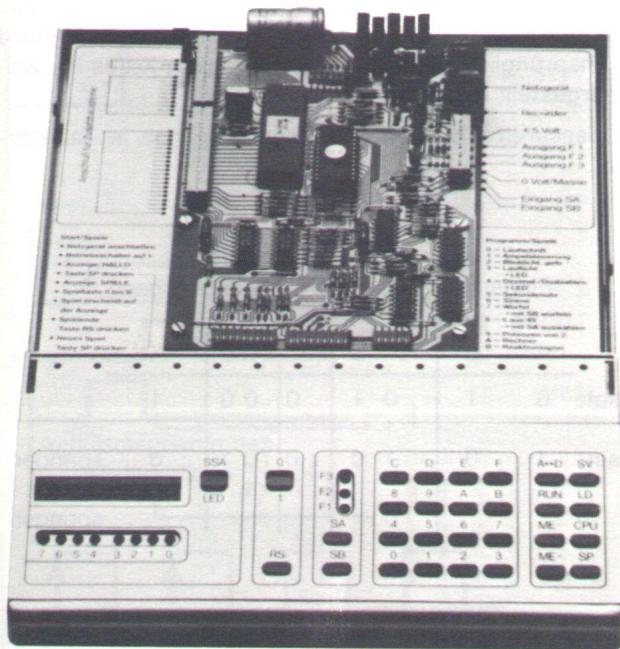
46
EE = Eingabe-Einheit, weiß
IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
IC2 = OR - NOR -Baustein, rot



6302-46

Speicher in IC-Technik

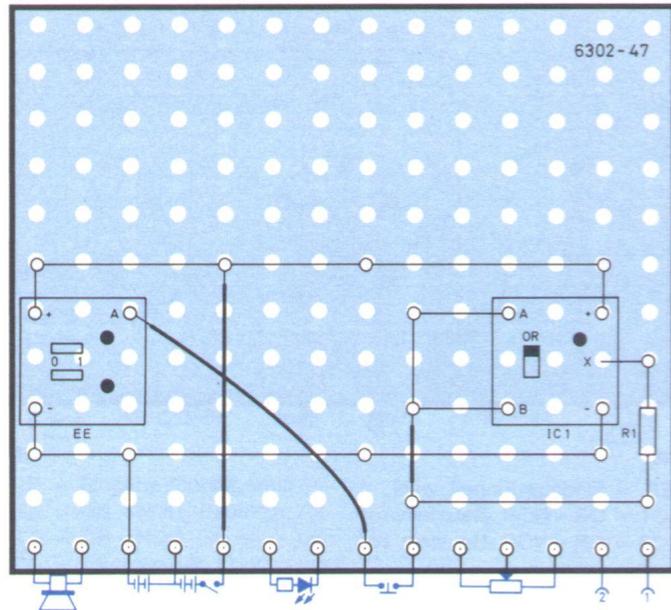
In der Datenverarbeitung kommt es oft darauf an, daß Schaltzustände, die ja die Signale darstellen, erhalten bleiben. Sie stehen dann bereit und können bei Bedarf abgefragt werden. Ein solcher gespeicherter Schaltzustand heißt in der Computertechnik bit. Moderne Heimcomputer haben Speicherkapazitäten von 64 Kbyte und mehr, wobei 1 byte bei vielen Computern 8 bit entspricht.



Speichern bedeutet, daß die Zustände 0 oder 1 erhalten werden müssen.

Im Experiment **47** löst ein Puffer diese Aufgabe. Auf der Eingabe-Einheit ist nur der Schalter A wirksam. Stellt man ihn auf 1 und betätigt dann kurz den Tastschalter, so leuchtet die Leuchtdiode am Ausgang X. Sie leuchtet auch dann noch, wenn der Tastschalter wieder geöffnet ist.

Setzt man Schalter A auf 0 und drückt kurz den Tastschalter, so erlischt die Leuchtdiode am Ausgang X und bleibt auch weiter dunkel, wenn der Tastschalter nicht mehr geschlossen ist. Das kurzzeitig auf den Eingang A gegebene Signal, 1 oder 0, wird also gespeichert.



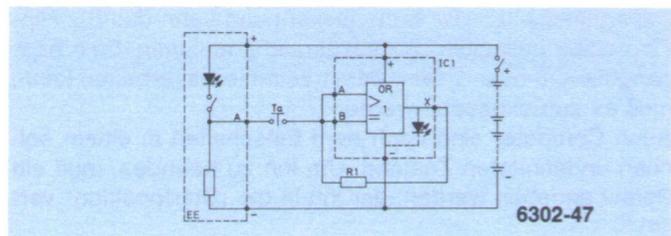
47

EE = Eingabe-Einheit, weiß

IC1 = OR - NOR -Baustein, rot

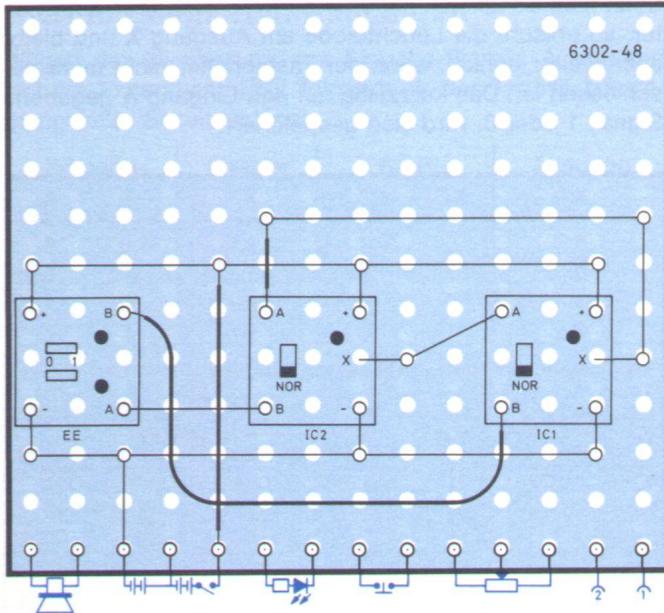
R1 = Widerstand 22.000 Ohm (rot, rot, orange)

Ta = Taster im Bedienungspult B



6302-47

Von bits und bytes



48

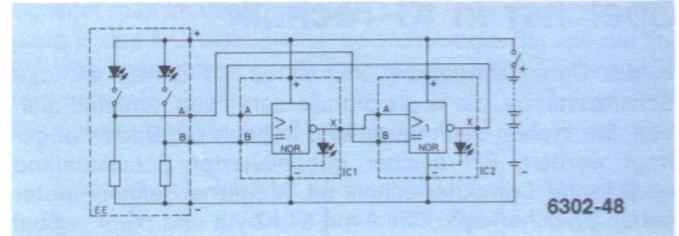
EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
 IC2 = OR - NOR -Baustein, rot

RS-Speicher oder RS-Flip-Flop

Eine Schaltung, die einen Schaltzustand speichern und nur über einen 2. Eingang löschen kann, heißt RS-Speicher oder, vom schlagartigen Umspringen der Signale beim Schalten hergeleitet, **RS-Flip-Flop**. R bedeutet dabei reset (engl. zurücksetzen), und S = Set (engl. setzen, stellen).

Beim Einschalten der Batteriespannung kann das RS-Flip-Flop einen beliebigen Schaltzustand annehmen. Sein Ausgang kann 0 oder 1 sein. Damit es fehlerfrei arbeiten kann, muß es zurückgesetzt werden.

Auch Computer sind nach dem Einschalten in einem solchen undefinierten Zustand. Um ihn zu beenden, muß ein Befehl gegeben werden, der ihn in die „Startposition“ versetzt.



Mit dem Eingabeschalter B setzt man im Experiment **48** das Flip-Flop. Dabei darf der Schalter nur kurzzeitig geschlossen werden: Das Flip-Flop arbeitet nämlich nur mit Impulsen! Die LED am Ausgang X von IC₂ leuchtet dann. Stellt man den Eingabeschalter A (R) kurzzeitig auf 1, wird der ursprüngliche Zustand 0 am Ausgang X des IC₂ wiederhergestellt (reset).

Zur besseren Übersicht die Schaltvorgänge in Tabellenform

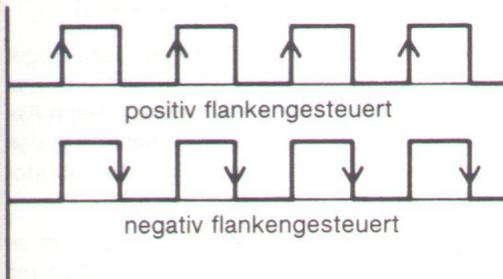
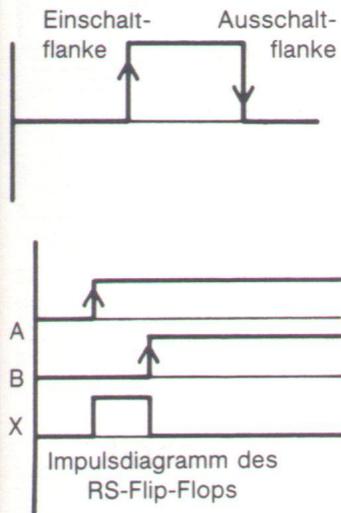
| | Eingang | | NOR IC ₁ | | | NOR Ausgang IC ₂ | | | |
|--------|---------|-----|---------------------|---|-----|-----------------------------|---|---|------------------------------------|
| | reset | set | A | B | X | A | B | X | |
| set: | 0 | 1 | ↓ 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | um- springen um- springen |
| | | | 1 | | ← | | | | |
| reset: | 1 | 0 | 1 | 0 | ↓ 0 | ↓ 0 | 1 | 0 | |
| | | | ↓ 0 | | ← | 1 | 1 | | |

Eingabe und Ausgang dieser Tabelle lassen sich in Kurzform zusammenfassen:

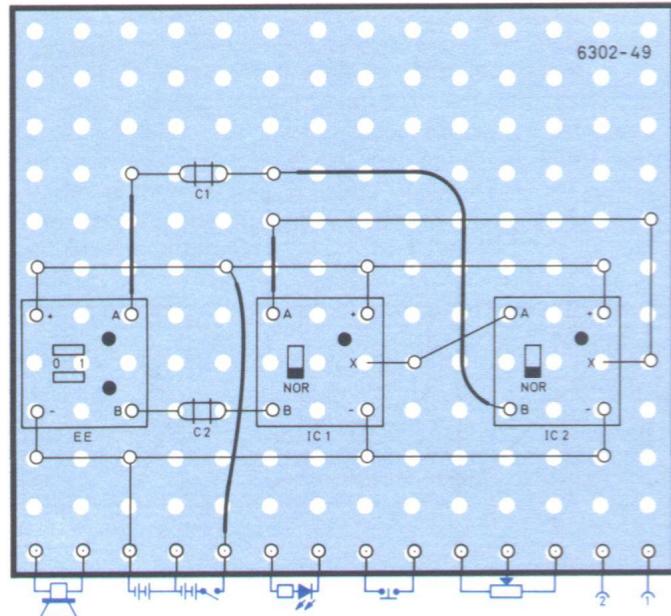
| Eingang | | Ausgang |
|---------|---|----------------------|
| A | B | X (IC ₂) |
| 0 | 0 | undefiniert |
| reset | 1 | 0 |
| set | 0 | 1 |

Flankengesteuertes RS-Flip-Flop

Manchmal wird von einem Speicher gefordert, daß er ein Signal nur während des Ein- und Ausschaltvorgangs registriert. Man nennt solche Flip-Flops **flankengesteuert**. Beim Einschalten ist der Anstieg des Stromes positiv gerichtet. Entsprechend spricht man von einem positiv flankengesteuerten Flip-Flop. Fällt beim Ausschalten der Strom schlagartig ab, spricht man von einem negativ flankengesteuerten Flip-Flop. Solche flankengesteuerten RS-Flip-Flops finden bei elektronischen Zählern Anwendung.

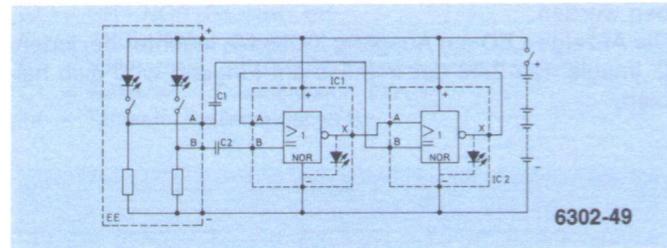


Das flankengesteuerte RS-Flip-Flop im Experiment 49 verhält sich wie das RS-Flip-Flop im letzten Experiment, mit dem Unterschied, daß man jetzt die Eingabe-Schalter A oder B beliebig lange in Stellung 1 belassen kann.

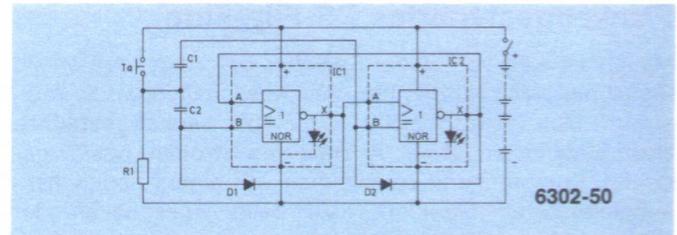
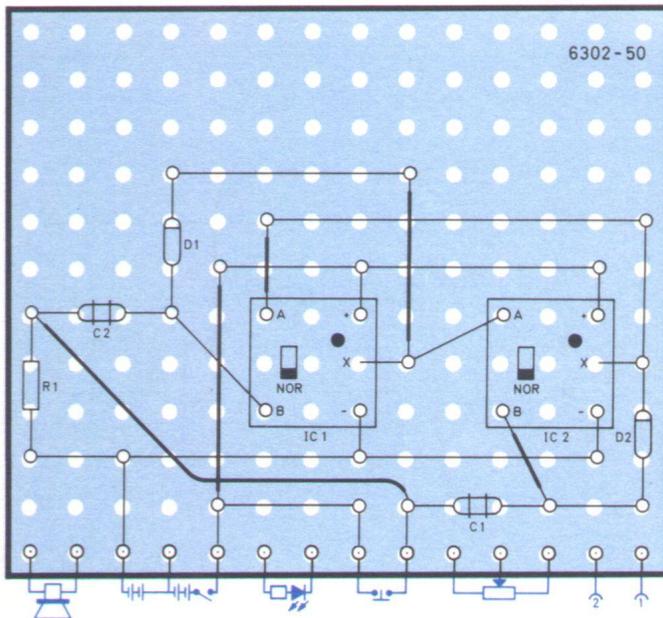


49

- EE = Eingabe-Einheit, weiß
- IC1 = OR - NOR -Baustein, rot
- IC2 = OR - NOR -Baustein, rot
- C1 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)
- C2 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)



Von bits und bytes



50

IC1 = OR - NOR -Baustein, rot

IC2 = OR - NOR -Baustein, rot

R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)

C1 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)

C2 = keramischer Kondensator 10.000 pF
(braun, schwarz, orange)

D1 = Diode

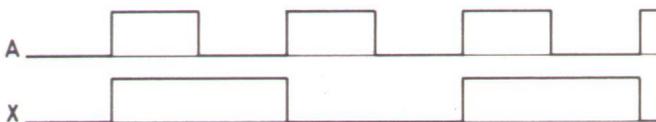
D2 = Diode

Ta = Taster im Bedienungspult B

Zwischenspeicher Flip-Flop

Ein solches Flip-Flop nach Experiment **50** kippt mit jedem Impuls in den jeweils anderen Schaltzustand. Der hauptsächliche Anwendungsbereich liegt bei den elektronischen Zählern und Frequenzteilern. Das Zwischenspeicher Flip-Flop hat nur einen Eingang, auf den die Impulse gegeben werden.

Die Anzeige-LED am Ausgang X des IC₂ leuchtet bei jedem 2. Impuls. Die Zahl der Impulse am Eingang wird also halbiert.



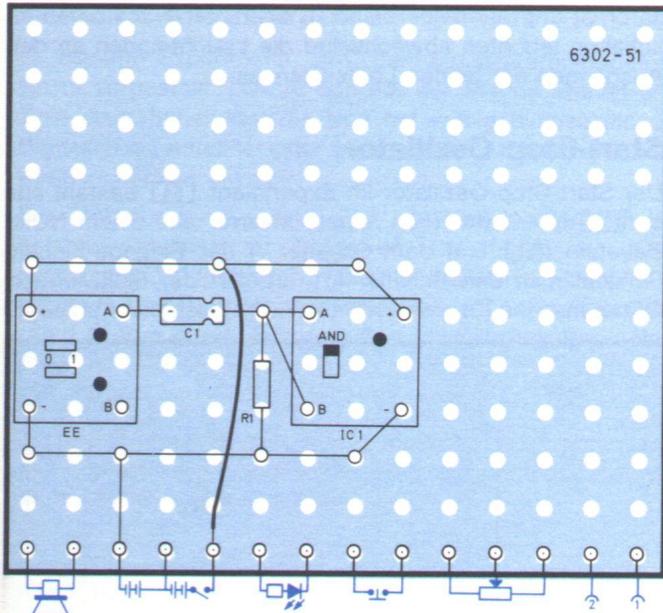
Impulsdiagramm des Zwischenspeicher-Flip-Flops

Multivibratoren in IC-Technik

Monostabiler Multivibrator (Halbstufe)

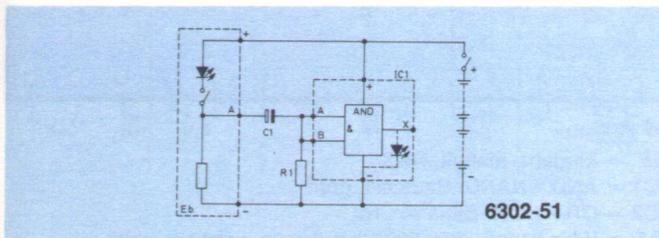
Dieser Monostabile Multivibrator wird überall dort eingesetzt, wo ein Schaltzustand, der durch einen Schalter ausgelöst wurde, eine bestimmte Zeit andauern soll. Nach Ablauf dieser vorbestimmten Zeit springt die Schaltung in den Ausgangszustand zurück. Ein Monostabiler Multivibrator hat also nur **einen** stabilen Schaltzustand.

Im Experiment **51** wird der AND-NAND-Baustein mit einem Kondensator kombiniert und der Auslöse-Impuls mit dem Eingabe-Schalter A erzeugt. Dabei ist darauf zu achten, daß der Schalter so lange in Stellung 1 bleibt, bis die Schaltung in den Ausgangszustand zurückgekippt ist. Das erkennt man an der Anzeige-Leuchtdiode, die nach einer bestimmten Zeit des Leuchtens wieder erlischt.



51

- EE = Eingabe-Einheit, weiß
- IC = AND - NAND -Baustein, grün
- R1 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- C1 = Elektrolyt Kondensator 100 μ F

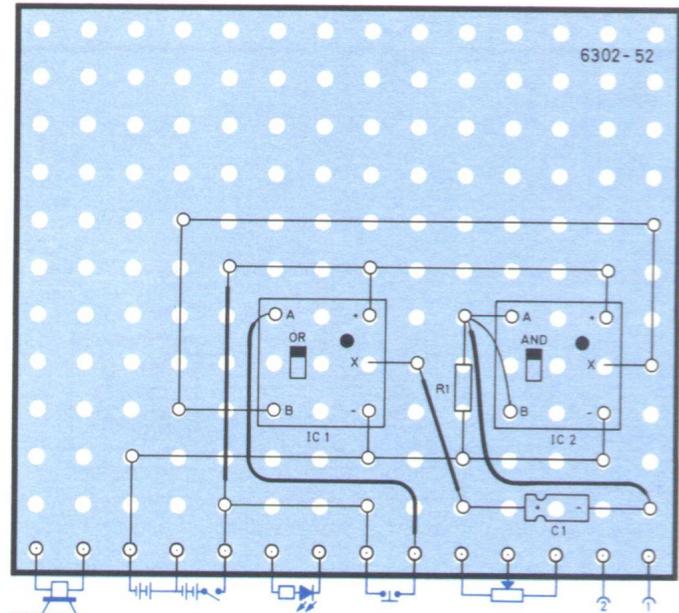


6302-51

Monostabiler Multivibrator (Impulsdehner)

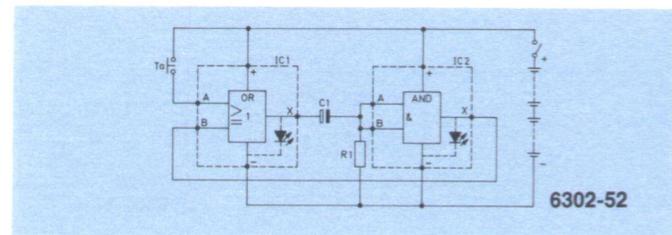
In der Digitaltechnik steht zum Auslösen eines Schaltzustandes bei einem Monostabilen Multivibrator oft nur ein Impuls zur Verfügung. Im Experiment **52** wird eine Schaltung vorgestellt, die mit Steuerimpulsen arbeitet. Da diese

Schaltung den durch einen Impuls ausgelösten Schaltzustand längere Zeit anhält, spricht man bei solchen Monostabilen Multivibratoren auch von **Impulsdehnern**. In diesem Experiment erzeugt man mit dem Tastschalter einen Impuls. Die Anzeige-Leuchtdiode im Ausgang X leuchtet eine bestimmte Zeit. Die Schaltung kippt danach in den ursprünglichen Schaltzustand zurück, ohne daß ein weiterer Steuerimpuls – auch Trigger-Impuls genannt – gegeben werden muß.



52

- IC = OR - NOR -Baustein, rot
- IC = AND - NAND -Baustein, grün
- R1 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
- C1 = Elektrolyt Kondensator 100 μ F
- Ta = Taster im Bedienungspult B



6302-52

Von bits und bytes

Astabiler Multivibrator

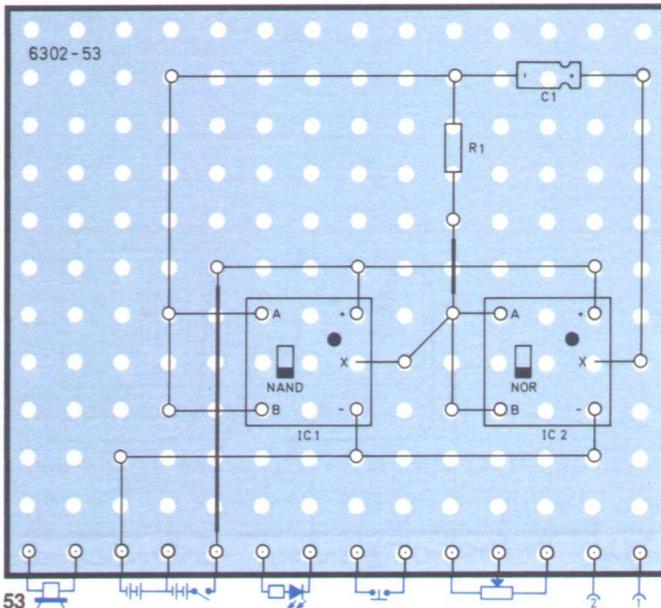
Mit einem Astabilen Multivibrator erzeugt man Impulse, die in der Digitaltechnik zum Steuern und Zählen benutzt werden. Dabei kommt es in besonderem Maße darauf an, daß die Impulse schlagartig ansteigen und abfallen. Nach der Form nennt man solche Impulse **Rechteck-Impulse**.

Im Experiment **53** besteht die Schaltung aus 2 Logik-Bausteinen, die als Inverter eingesetzt werden. Die Impuls-folgefrequenz, damit meint man die Schnelligkeit, mit der die Impulse aufeinander folgen, wird durch den Konden-

sator C_1 und den Widerstand R_1 bestimmt. Nach dem Einschalten leuchten abwechselnd die Leuchtdioden an den Ausgängen der beiden Logik-Bausteine.

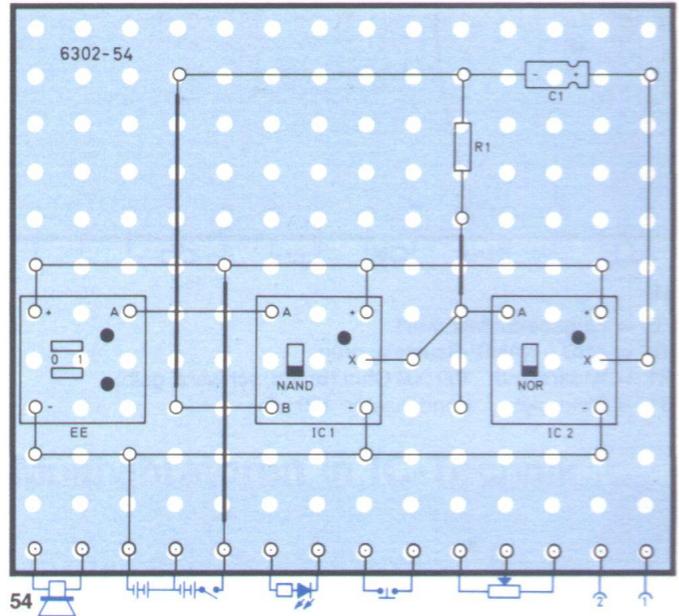
Start-Stop Oszillator

Der Start-Stop-Oszillator im Experiment **54** besteht aus dem NAND-Gatter (IC₁), einem Inverter aus einem NOR-Baustein (IC₂) und dem Schalter A der Eingabe-Einheit. Schließt man den Schalter (1), arbeitet der Multivibrator. Öffnet man ihn (0), so werden keine Impulse mehr erzeugt.



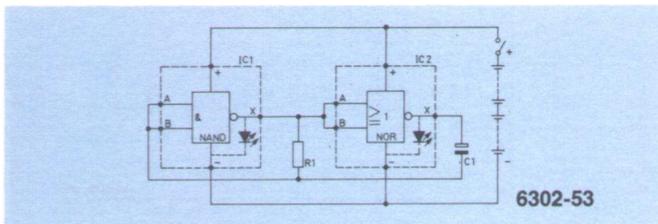
53

IC1 = AND – NAND -Baustein, grün
 IC2 = OR – NOR -Baustein, rot
 R1 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 C1 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F

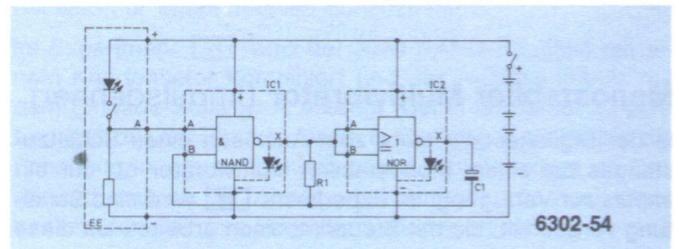


54

EE = Eingabe-Einheit, weiß
 IC1 = AND – NAND -Baustein, grün
 IC2 = OR – NOR -Baustein, rot
 R1 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)
 C1 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F



6302-53



6302-54

Astabiler Multivibrator mit Festfrequenzen

In diesem Experiment wird der Multivibrator-Baustein (gelb) vorgestellt. Das IC 555 auf der Platine enthält alle Teile einer Schaltung, die sich mit wenigen zusätzlichen Bauteilen als Astabiler oder Monostabiler Multivibrator verwenden läßt.

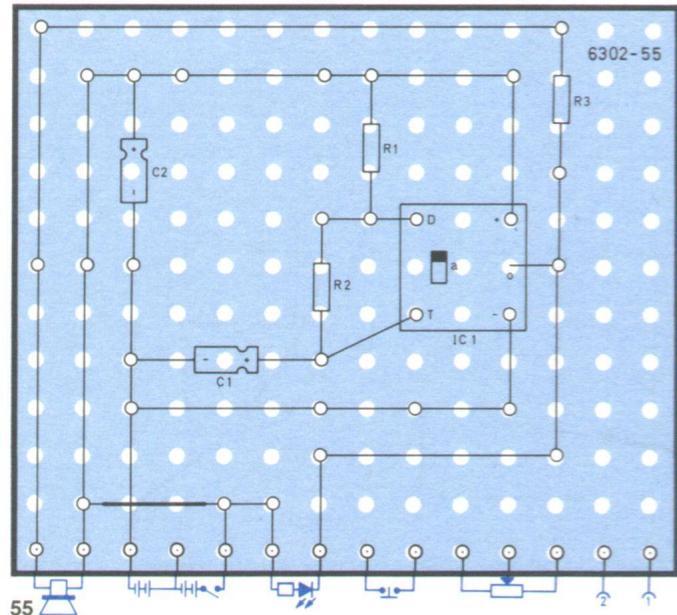
Der Multivibrator-Baustein wird im Experiment **55** als Astabiler Multivibrator betrieben. Die Impulsfolge-Frequenz, auch Takt-Frequenz genannt, bestimmen die Widerstände R_1 und R_2 sowie der Kondensator C_1 . Den Schaltzustand 1 oder 0 am Ausgang des Multivibrator-Bausteins zeigt die LED im Schaltpult an, zusätzlich wird ein Lautsprecher als akustische Anzeige verwendet.

Die nachfolgende Tabelle stellt mögliche Takt-Frequenzen und Signalanzeigen zusammen, die sich bei geänderten Werten für C_1 ergeben können:

| C_1 | Frequenz | Zeit 1 Impuls | LED | Lautsprecher |
|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| 1.000 pF | 70 kHz | 14 μ s | leuchtet | stumm |
| 10.000 pF | 7 kHz | 140 μ s | leuchtet | hoher Ton |
| 0,047 μ F | 1,5 kHz | 650 μ s | leuchtet | hoher Ton |
| 0,1 μ F | 730 Hz | 1,5 ms | leuchtet | mittlerer Ton |
| 0,22 μ F | 330 Hz | 3 ms | leuchtet | mittlerer Ton |
| 1 μ F | 50 Hz | 20 ms | leuchtet | tiefer Ton |
| 4,7 μ F | 10 Hz | 100 ms | blinkt | prasseln |
| 10 μ F | 5 Hz | 200 ms | blinkt | knacken |
| 100 μ F | 0,5 Hz | 2 s | blinkt | knacken |
| | | | langsam | |

Bei Taktfrequenzen über 12 Hz bei der Leuchtdiode nimmt das Auge den schnellen Wechsel von hell und dunkel nicht mehr getrennt wahr, sondern als ein dauerndes Leuchten, das mit zunehmender Frequenz heller wird.

Der Lautsprecher kann sehr langsame und sehr schnelle Schwingungen nicht abstrahlen. Das Ohr nimmt nur Frequenzen von etwa 15–15 000 Hz als Töne verschiedener Höhe wahr.



IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb

R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)

R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)

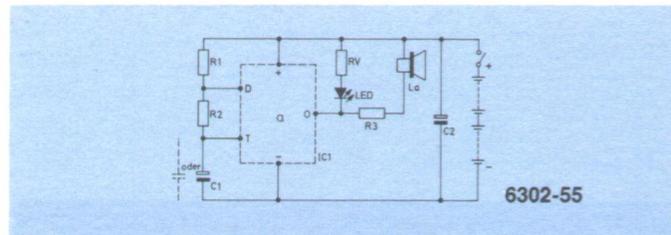
R3 = Widerstand 220 Ohm (rot, rot, braun)

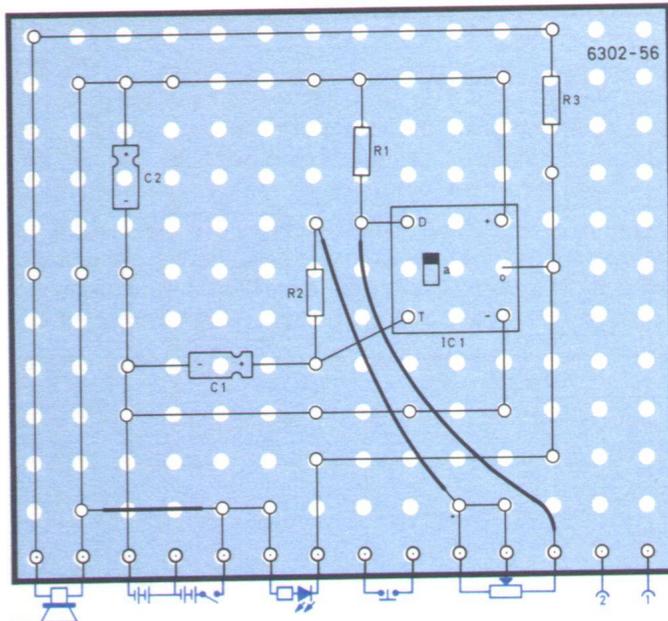
C1 = Kondensator siehe Tabelle

C2 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

La = Lautsprecher im Bedienungspult B

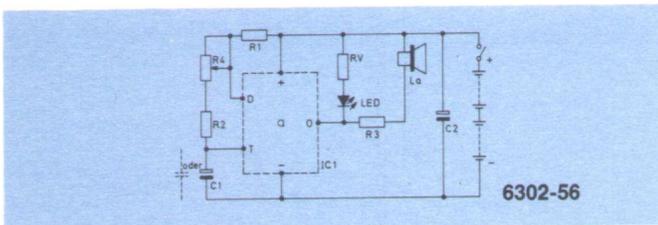
LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B





56

- IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb
- R1 = Widerstand 1.000 Ohm (braun, schwarz, rot)
- R2 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- R3 = Widerstand 220 Ohm (rot, rot, braun)
- R4 = Potentiometer im Bedienungspult B, 10 kOhm
- C1 = Kondensator siehe Tabelle
- C2 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F
- La = Lautsprecher im Bedienungspult B
- LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



Astabiler Multivibrator mit variabler Frequenz

Ersetzt man beim Astabilen Multivibrator mit Festfrequenz den Widerstand zwischen den Anschlüssen D und T durch ein Potentiometer, so erhält man einen Astabilen Multivibrator mit variabler Frequenz. Im Experiment **56** ist dem Potentiometer zum Schutz noch der Widerstand R_2 vorgeschaltet, damit die positive Batteriespannung nicht direkt auf den Eingang D gelangen kann.

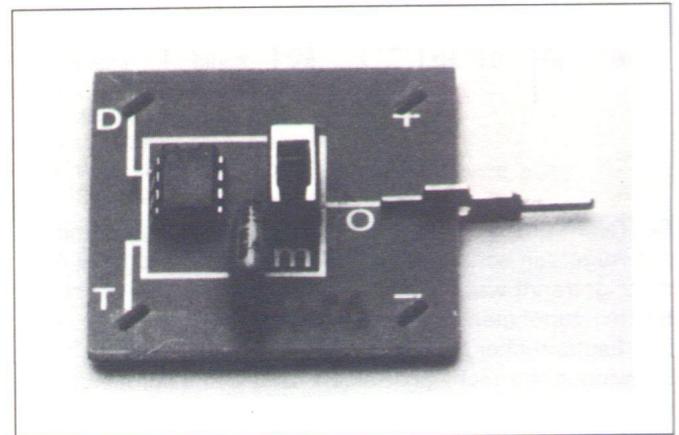
Mit dem Potentiometer kann man die in der Tabelle im vorigen Experiment angegebenen Frequenzen bis zur Hälfte der angegebenen Werte einstellen.

Ein Beispiel:

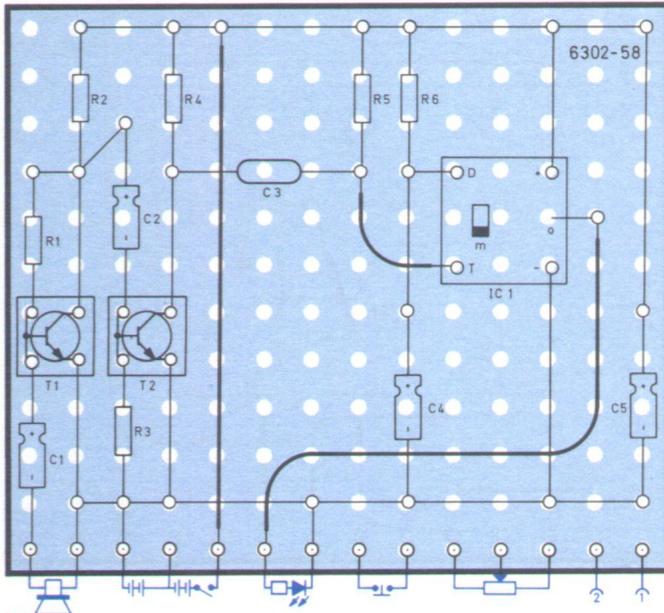
$C_1 = 10\,000\text{ pF}$, Taktfrequenz = 7 kHz: mit dem Potentiometer einstellbar auf Werte von 7 kHz bis 3,5 kHz.

Der Einstellbereich wird größer, wenn für $R_1 = 1\text{ k}\Omega$ gewählt wird, z. B.: $C_1 = 0,1\text{ }\mu\text{F}$.

Potentiometerstellung 0 \cong Taktfrequenz 5 kHz
 Potentiometerstellung 10 \cong Taktfrequenz 650 Hz



Multivibratoren in IC-Technik



58

IC1 = Multivibrator-Baustein, gelb

T1 = Transistor, weiß

T2 = Transistor, weiß

R1 = Widerstand 220.000 Ohm (rot, rot, gelb)

R2 = Widerstand 2.200 Ohm (rot, rot, rot)

R3 = Widerstand 47.000 Ohm (gelb, violett, orange)

R4 = Widerstand 4.700 Ohm (gelb, violett, rot)

R5 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)

R6 = Widerstand 100.000 Ohm (braun, schwarz, gelb)

C1 = Elektrolyt Kondensator 10 μ F

C2 = Elektrolyt Kondensator 4,7 μ F

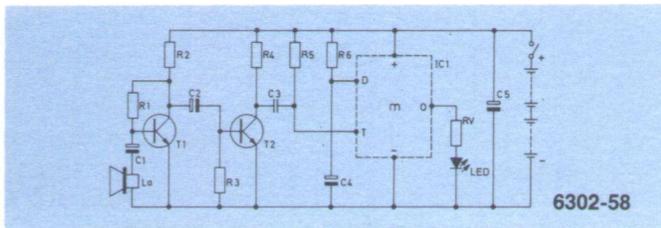
C3 = Folien Kondensator 0,22 μ F

C4 = Elektrolyt Kondensator 100 μ F

C5 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F

La = Lautsprecher im Bedienungspult B

LED + RV = Leuchtdiode mit Vorwiderstand im Bedienungspult B



6302-58

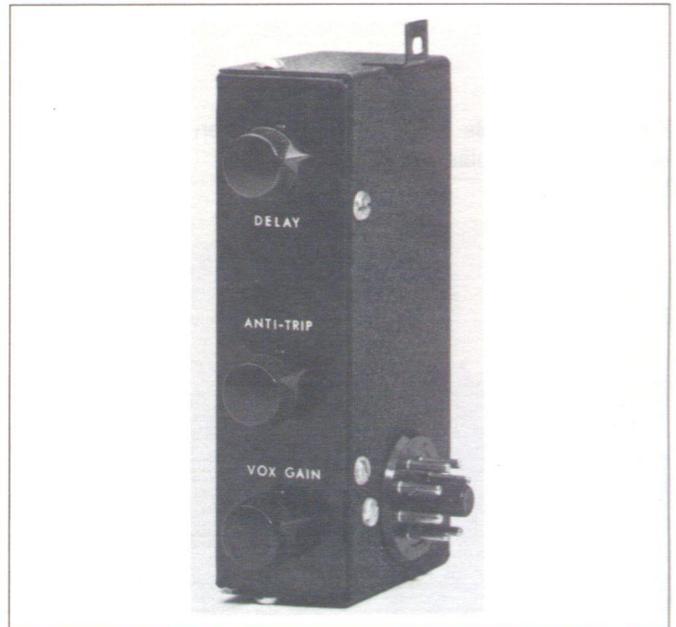
58

Sprachgesteuerter Monostabiler Multivibrator

Koppelt man einen Monostabilen Multivibrator mit einem Niederfrequenz-Verstärker, so reicht Sprache oder Schall aus, um den Monostabilen Multivibrator in den Einschaltzustand zu versetzen. Man spricht in den Lautsprecher und bewirkt damit für einige Zeit ein Nachleuchten der Anzeigel-LED. Solche sprachgesteuerten Schaltungen nennt man auch VOX (engl.: voice operated switch). Sie werden zum Auslösen von elektrischen Vorgängen eingesetzt, z. B. zum Einschalten von Sendern, Alarmanlagen usw.

Im Experiment **58** ist mit den Transistoren T₁ und T₂ und den dazugehörigen Bauteilen ein Niederfrequenz-Verstärker aufgebaut. R₆ und C₄ bestimmen die Dauer des eingeschalteten Zustands. Die LED im Bedienungspult zeigt den Schaltzustand an.

Als Schallwandler wird der Lautsprecher verwendet. Er nimmt den Schall auf und wandelt ihn durch Induktion in entsprechenden Strom um.



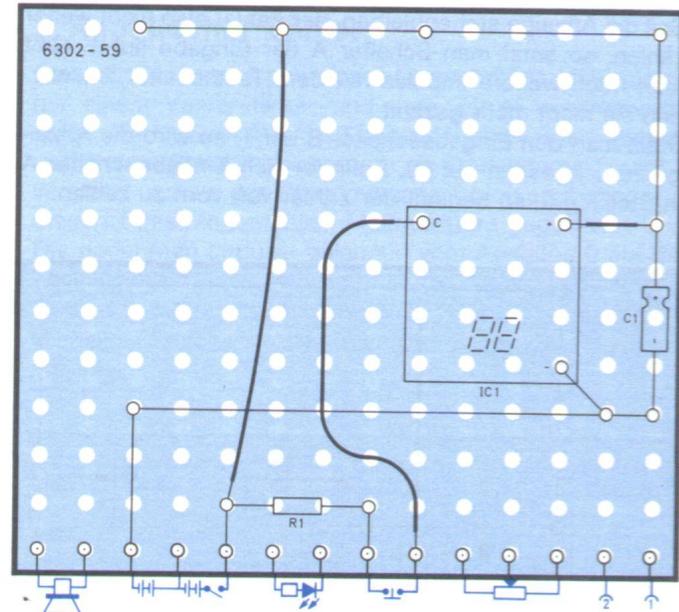
Funktion des Anzeige-Moduls

Durch die Experimente 59–61 wird das Anzeige-Modul eingehender erklärt.

In Experiment **59** ist der Taster mit dem Eingang C verbunden, und bei jedem Niederdrücken springt die Anzeige der beiden Ziffernanzeigen um eine Stelle weiter.

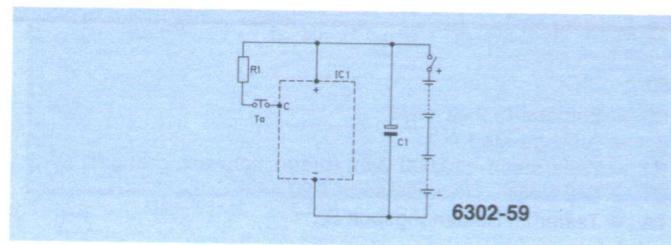
Dabei kann es vorkommen, daß die Ziffern springen. Die Ursache liegt im Tastschalter, der nicht immer sofort schließt. Dieses **Kontaktprellen** ist natürlich hinderlich beim digitalen Zählen, und man hat verschiedene Schaltungen entwickelt, die ein Kontaktprellen verhindern. Die Anzeige kann zweistellige Zahlen darstellen, also bis 99.

Die Integrierten Schaltkreise auf dem Anzeige-Baustein sind sehr komplex. Sie enthalten nicht nur die Zähler, sondern auch die Dekodierer, die digitale Zahlen in die richtigen Signale für die beiden 7-Segment-Anzeigen – eine Ziffer besteht aus 7 Teilen oder Segmenten – umsetzen. Dazu ist ein erheblicher Schaltungsaufwand erforderlich. Man gibt darum nur die Funktionen der Anschlüsse an.

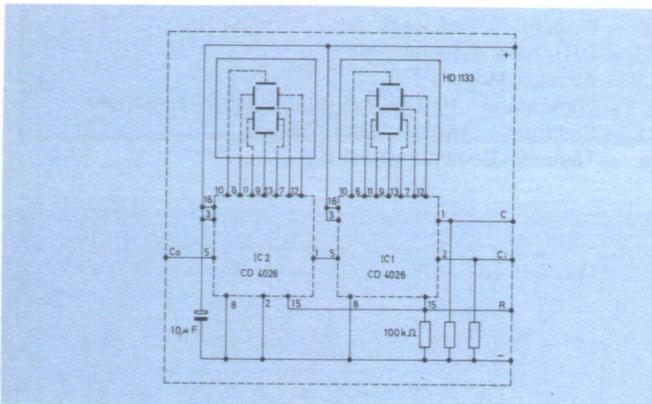


59

- IC1 = Anzeige-Modul
- R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)
- C1 = Elektrolyt Kondensator 220 μ F
- Ta = Taster im Bedienungspult B



6302-59



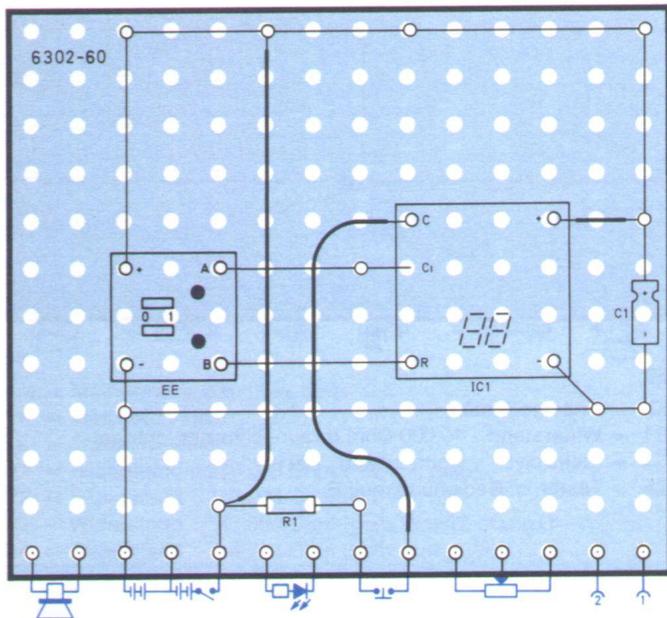
Schaltbild des Anzeige-Moduls

Im Experiment **60** sind die Schalter A und B der Eingabe-Einheit mit dem Anschluß G_J und R verbunden, der Tastschalter und R_1 mit C. Zunächst setzt man A und B auf 0: Die Anzeige-Leuchtdiode an C leuchtet und zeigt die Betriebsbereitschaft des Zählers bis 50 an. Drückt man kurz den Tastschalter, springt mit jedem Niederdrücken die Anzeige weiter; sie zählt die Anzahl der Impulse.

Von bits und bytes

Soll die Anzeige stehenbleiben, der Zähler also nicht weiter zählen, so setzt man Schalter A der Eingabe auf 1. Gibt man noch weitere Impulse mit dem Tastschalter, so werden sie nicht mehr gezählt.

Stellt man den Eingabeschalter B auf 1, so wird die Anzeige zurückgesetzt auf 00. Befindet sich Eingabeschalter A in Stellung 0, so beginnt der Zähler von vorn zu zählen.



60

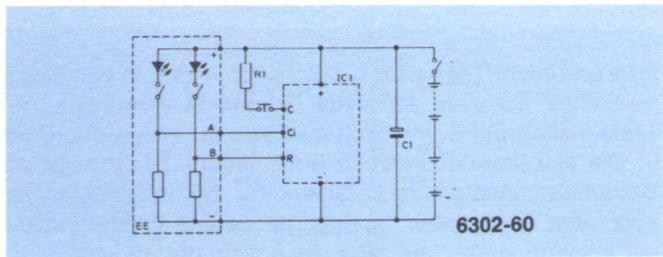
EE = Eingabe-Einheit, weiß

IC1 = Anzeige-Modul

R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)

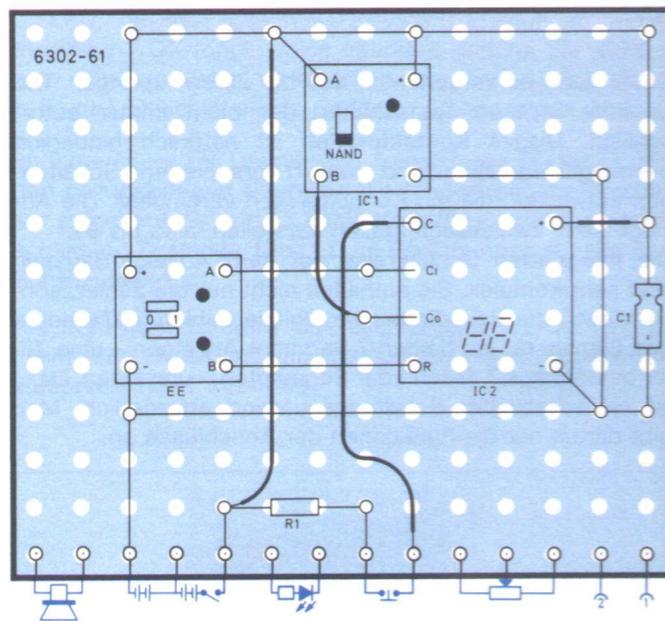
C1 = Elektrolyt Kondensator 220 µF

TA = Taster im Bedienungspult B



6302-60

Experiment 61 stellt eine Verknüpfung des NAND-Bausteins mit dem Anzeige-Modul dar. Sind beide Schalter der Eingabe-Einheit auf 0 gestellt und wird der Tastschalter betätigt, springt die Anzeige nicht weiter. Erst nach 49 Impulsen beginnt die Anzeige bei 50 zu zählen bis 99. Danach erfolgt wieder keine Anzeige bis zur 50.



61

EE = Eingabe-Einheit, weiß

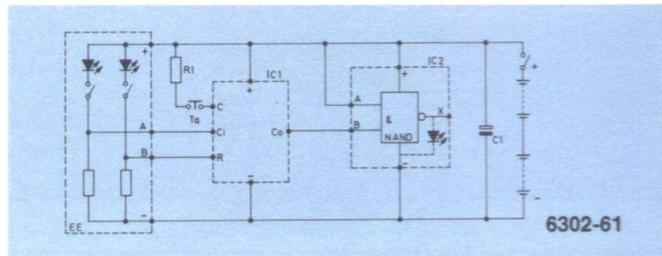
IC1 = OR - NOR -Baustein, rot

IC2 = Anzeige-Modul

R1 = Widerstand 10.000 Ohm (braun, schwarz, orange)

C1 = Elektrolyt Kondensator 220 µF

Ta = Taster im Bedienungspult B

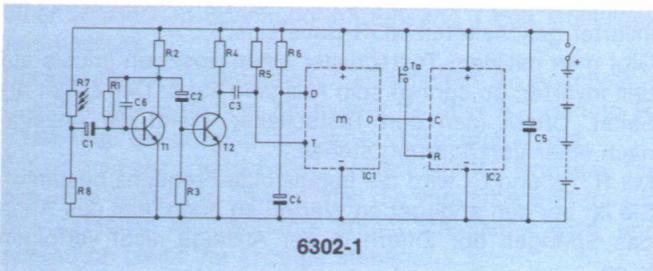
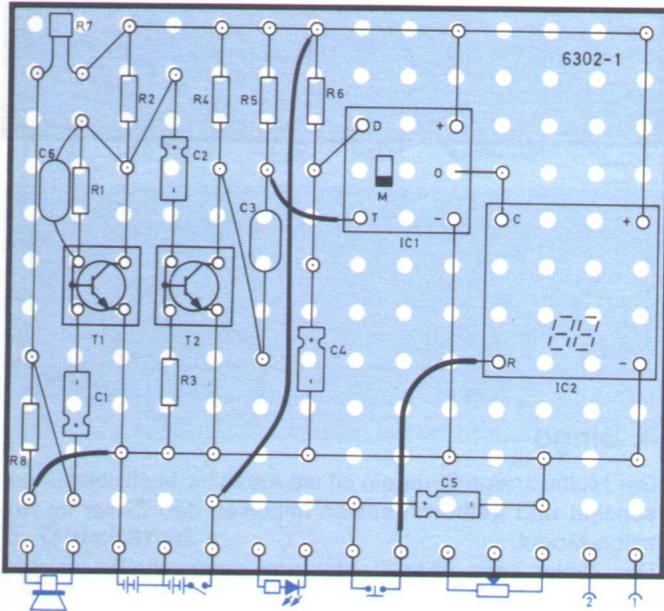


6302-61

1. Lichtschranke

Die Schaltung der Lichtschranke setzt sich aus vier Stufen zusammen. Ein LDR wandelt Licht- in Stromimpulse um, die Transistoren T_1 und T_2 verstärken die Impulse, der Monostabile Multivibrator dehnt sie und der Zähler- und Anzeigebaustein zählt sie.

Die Funktion entspricht weitgehend dem Experiment 58, mit dem Unterschied, daß ein LDR als Licht-Strom-Wandler am Eingang liegt. Jedes Abdunkeln des LDR erzeugt einen negativen Impuls, der im Verstärker und im Monostabilen Multivibrator aufbereitet wird und den Zähler im Anzeige-Modul setzt.

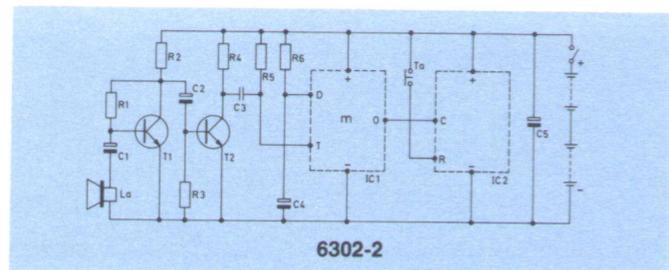
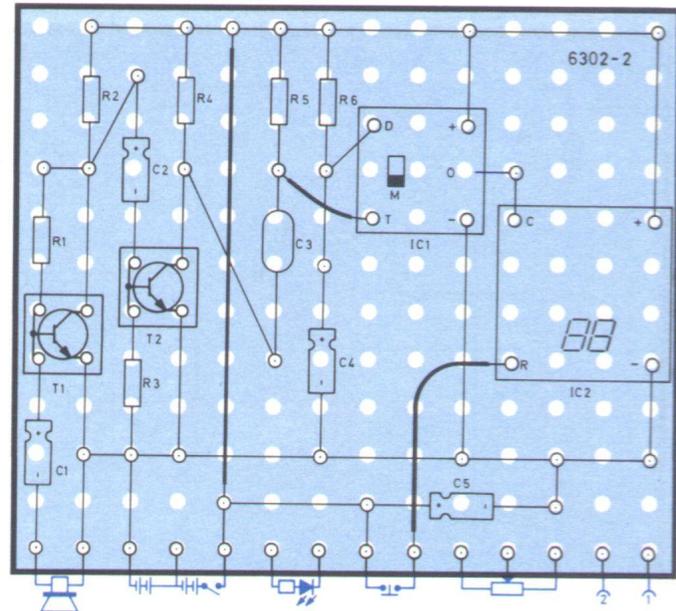


2. Akustischer Zähler

Diese Schaltung ist aus einem Monostabilen Multivibrator mit einem Vorverstärker und dem Zähler zusammengesetzt. Wie im Experiment 58 beschrieben, werden Klatsch- und andere Schallimpulse durch die Transistoren T_1 und T_2 verstärkt und auf den Steuereingang T (von engl. trigger = steuern) des Monostabilen Multivibrators gegeben.

Die gedehnten Impulse gelangen vom Ausgang 0 auf den Zähleringang C des Anzeige-Moduls. Jeder Schallimpuls bewirkt das Weiterzählen um einen Schritt.

Mit dem Tastschalter kann man den Zähler auf 00 zurückstellen.

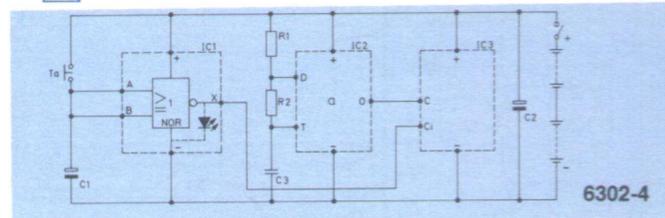
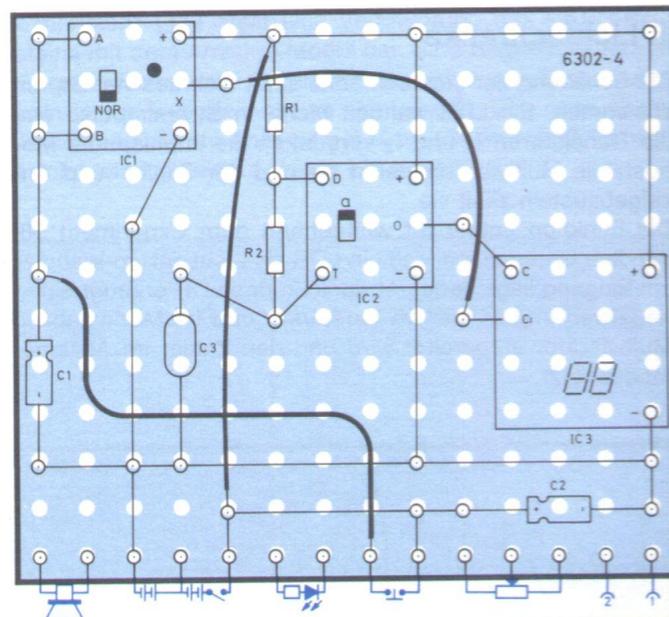
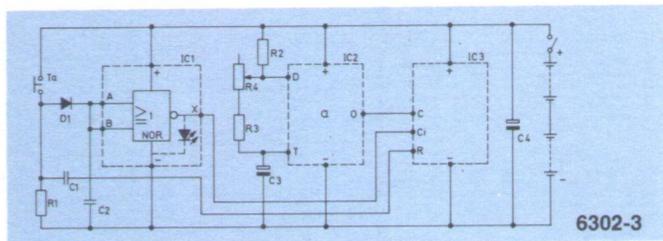
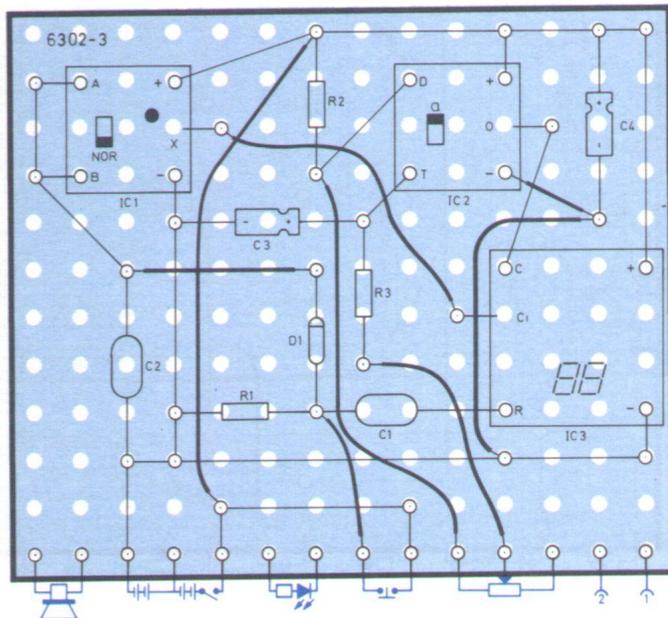


3. Impulszähler

Ein Astabiler Multivibrator (IC₂) treibt über den Anschluß C des Anzeige-Moduls den Zähler. Die Frequenz des Zählers kann mit dem Potentiometer R₄ verändert werden.

Durch das Drücken des Tastschalters gelangt über C₁ ein positiver Impuls auf den Eingang R (reset) des Zählers. Dadurch springt die Anzeige auf 00 zurück. Über D₁ erhält der Inverter IC₁ positive Spannung, die am Ausgang X invertiert erscheint. Der Zähler wird freigegeben, und die Impulse des Astabilen Multivibrators können gezählt und angezeigt werden.

Ist der Tastschalter geöffnet, entlädt sich C₁ auf 0. Der Eingang ist 0 und erzeugt ein 1-Signal am Ausgang. Es stoppt den Zähler, und die Anzeige steht.



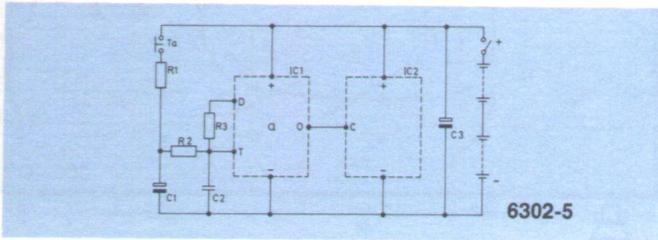
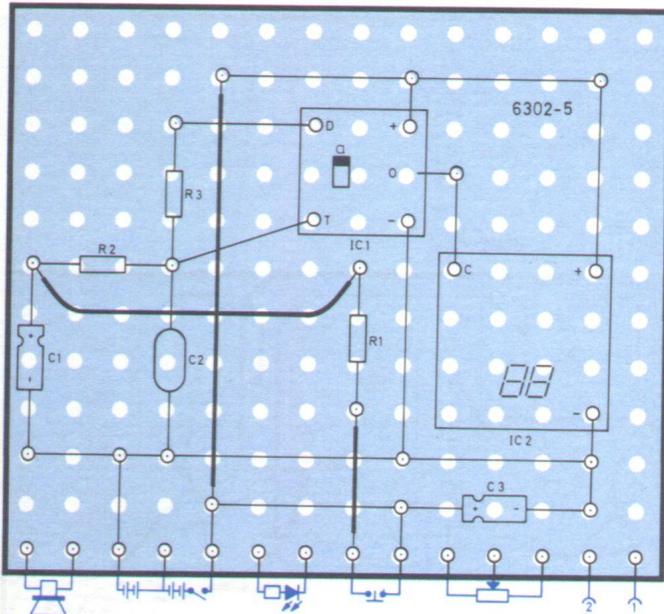
4. Bingo

Der Multivibrator-Baustein ist als Astabiler Multivibrator geschaltet und treibt mit seinen Impulsen den Zähler im Anzeige-Modul.

Der Zähler kann über C₁ ab- oder eingeschaltet werden. Das hängt davon ab, ob an seinem Eingang ein 0- oder 1-Signal liegt. Diese Signale kommen vom Ausgang des als Inverter geschalteten NOR-Bausteins.

Gibt man mit dem Tastschalter einen positiven Impuls auf den Inverter, so springt sein Ausgang auf 0: Der Zähler arbeitet. Öffnet man den Tastschalter, bleibt die Anzeige nach einer Verzögerung stehen.

Mit R₁/R₂ und C₃ wird die Impulsfolge-Frequenz bestimmt. Sie ist bei den angegebenen Werten so hoch, daß das Auge das Springen der Ziffern in der Anzeige nicht verfolgen kann.



5. Glücksrad

Der Schaltung liegt ein Astabiler Multivibrator zugrunde, der das Anzeige-Modul steuert. Der Ausrolleffekt wird mit einer abfallenden Spannung am Eingang T des Multivibrators erreicht.

Schließt man den Tastschalter, so erhalten die Anschlüsse D und T des Astabilen Multivibrators über R_1 , R_2 und R_3 Spannung. Gleichzeitig lädt der Kondensator C_1 auf.

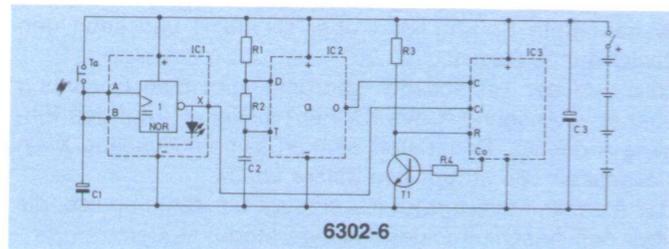
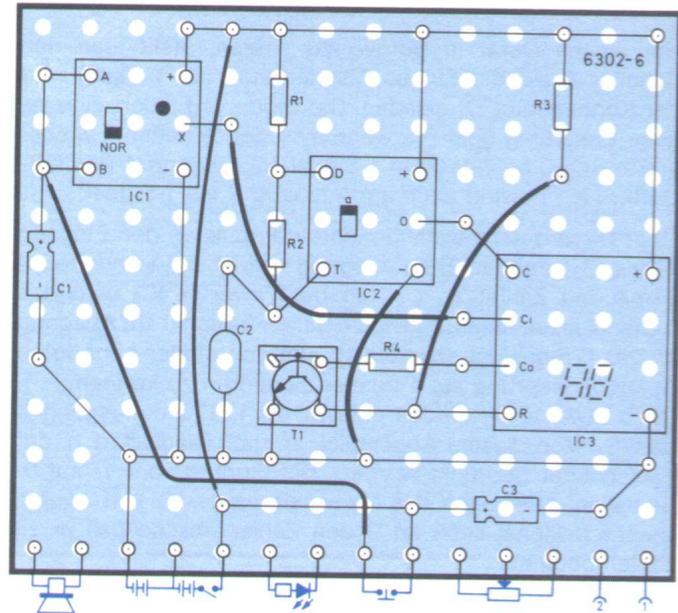
Öffnet man den Tastschalter, entlädt sich C_1 langsam. Die sinkende Spannung bewirkt, daß die Impulsfolge-Frequenz des Astabilen Multivibrators immer langsamer wird, und schließlich bleibt die Anzeige stehen.

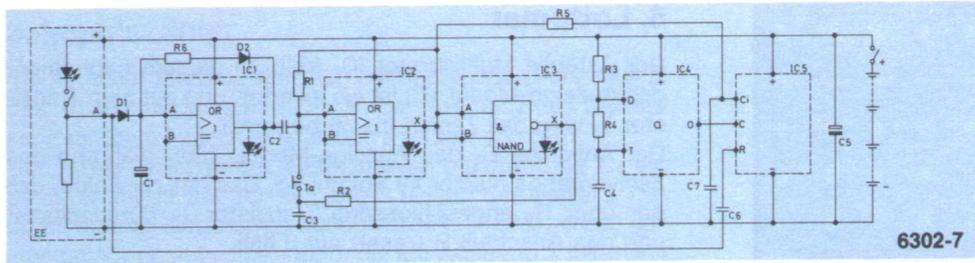
6. Lottomat

Der Astabile Multivibrator IC_2 treibt in diesem Experiment das Anzeige-Modul. IC_1 ist ein Inverter, und mit dem Transistor T_1 wird das Zählen bis 49 begrenzt.

Der Anschluß C_0 des Anzeige-Moduls führt während des Zählvorgangs bis zur 49 Spannung. Das hat zur Folge, daß der über R_4 angeschlossene Transistor T_1 durchschaltet und den Anschluß R (reset) auf 0 hält.

Von der Zahl 50 ab führt aber C_0 ein 0-Signal. Dadurch sperrt der Transistor T_1 , und am R-Eingang liegt ein 1-Signal. Augenblicklich springt der Zähler auf 00 zurück und beginnt von Neuem zu zählen; denn C_0 führt wieder 1-Signal, und auch der Transistor ist wieder durchgeschaltet.





7. Reaktionstester

Um dieses Gerät in Betrieb zu setzen, stellt man den Schalter A auf der Eingabe-Einheit kurz auf 1. Dann wird der Kondensator C_1 geladen. Die Diode verhindert eine rasche Entladung über R_A , wenn sich der Schalter A wieder in Stellung 0 befindet. Ein 1-Signal am Eingang A des OR-Gatters IC_1 bewirkt auch am Ausgang X ein 1-Signal.

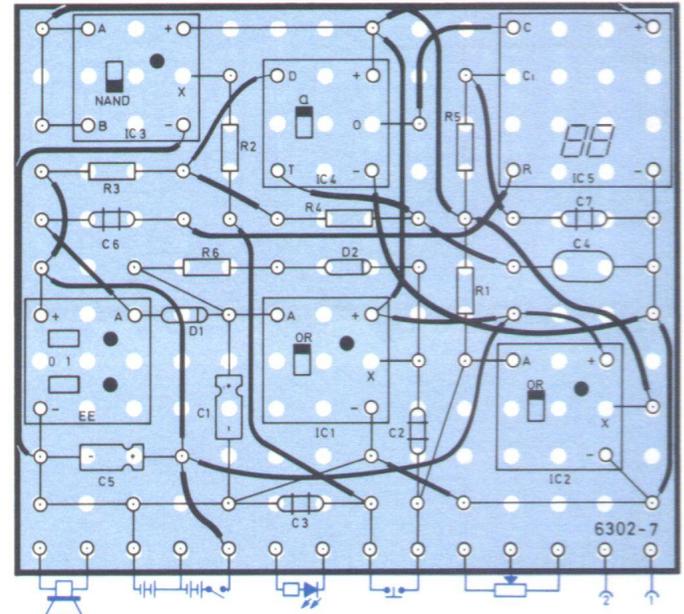
Über C_2 wird der positiv gerichtete Impuls an den Eingang A des IC_2 gegeben. Sein Ausgang springt auf 1 und stoppt damit den Zähler an C_1 . Mit dem Inverter IC_3 wird das 1-Signal an seinem Eingang zu einem 0-Signal am Ausgang X. Das 0-Signal ist erforderlich, um den später benötigten Spannungssprung auf 1 besser definieren zu können.

Nach etwa 10 Sekunden erlischt die LED am Ausgang X des IC_1 . Von diesem Augenblick an muß reagiert, d. h. der Tastschalter gedrückt werden. Der Sprung vom 1- auf 0-Signal am Ausgang X des IC_1 schaltet auch IC_2 von 1 auf 0. Dieses 0-Signal setzt an C den Zähler frei, so daß er zu zählen beginnt.

Auch der Inverter IC_3 springt auf 1, da sein Eingang dasselbe 0-Signal vom Ausgang X des IC_2 erhalten hat. Der positiv gerichtete Sprung wirkt über C_6 auf R und setzt den Zähler auf 00 zurück.

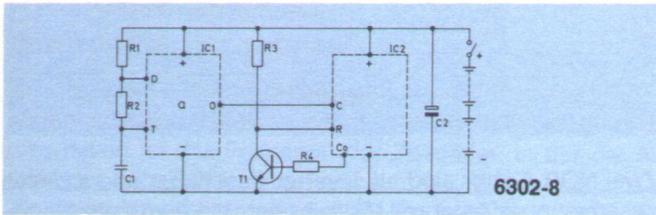
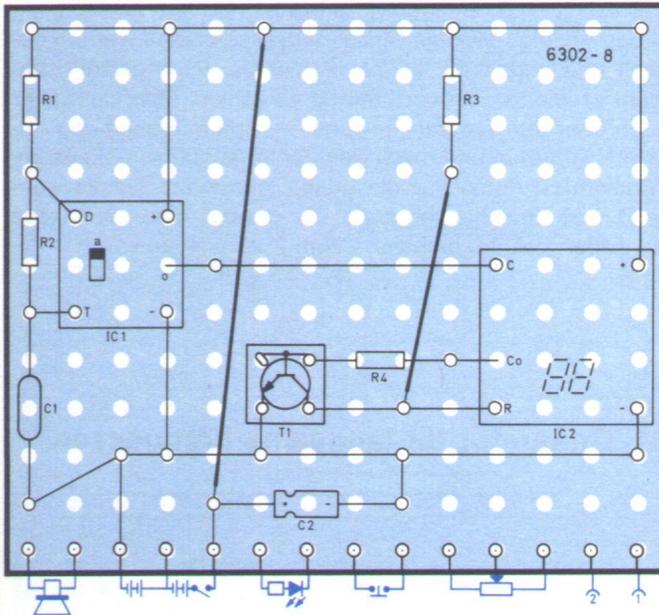
Wird nun der Tastschalter gedrückt, gibt man Spannung über R_2 – Ausgang X des IC_3 führt 1-Signal – auf den Eingang A des IC_2 . Damit stellt sich an seinem Ausgang X ein 1-Signal ein. Es stoppt den Zähler an C_1 .

Der Astabile Multivibrator IC_4 erzeugt die Zähl-Impulse, die über den Anschluß C das Anzeige-Modul steuern.



8. Sekundenuhr

Ein Astabiler Multivibrator liefert Impulse im Sekundentakt an den Zähler und die Anzeige. Die zeitbestimmenden Bauteile sind die Widerstände R_1/R_2 und der Kondensator C_1 . Die im Anzeige-Modul verwendeten Zähl-IC haben einen Ausgang C_0 , der während des Zählvorgangs von 0 bis 49 1-Signal führt, und von 50–99 0-Signal. Das 1-Signal wird zum Durchschalten eines Transistors benutzt, der dann an seinem Kollektor 0-Signal führt. Es liegt auch am Anschluß R (reset) des Anzeige-Moduls. Solange hier 0-Signal anliegt, zählt der Zähler. Beim Schritt von 49 auf 50 springt das Signal an C_0 auf 1. Der Transistor sperrt, und der Anschluß R erhält Spannung über R_3 . Der Zähler wird auf 00 zurückgesetzt und beginnt wieder von vorn bis 49 zu zählen.



9. Stoppuhr

Ein Astabiler Multivibrator IC_3 treibt das Anzeige-Modul. Vorgeschaltet ist eine Speicherstufe aus IC_1 und IC_2 . Sie ermöglicht die Start- und Stop-Funktion mit einer Unterbrechung durch den Tastschalter.

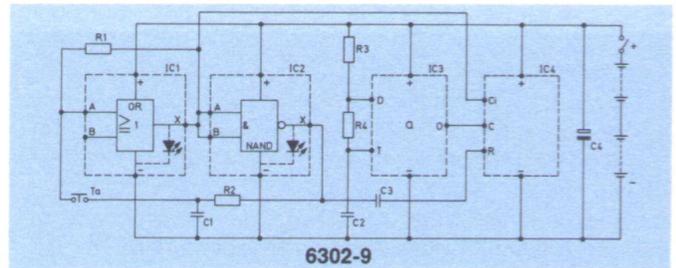
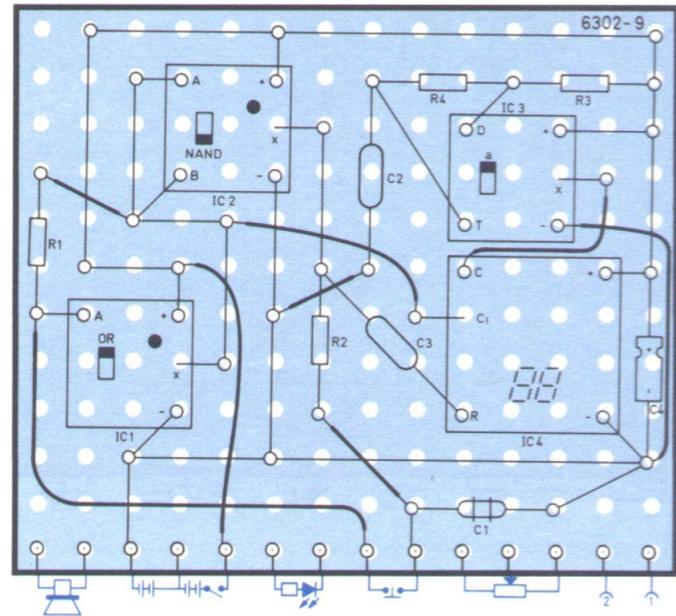
Zum besseren Verständnis nimmt man einen Schaltzustand des Speichers an, z. B. 0 am Ausgang des IC_2 . Dann muß am Eingang des Inverters 1-Signal vorhanden sein. Es liegt gleichzeitig auch an C_1 , der Zähler stoppt.

Das 0-Signal am Ausgang des IC_2 befindet sich auch über R_2 an C_1 . Wird jetzt der Tastschalter betätigt, gelangt das 0-Signal an den Eingang des OR-Gatters IC_1 und schaltet den Ausgang auf 0. Da eine direkte Verbindung zum Anschluß C_1 des Anzeige-Moduls besteht, beginnt der Zähler zu laufen.

Dasselbe 0-Signal wird gleichzeitig durch den Inverter IC_2 am Ausgang zu 1 invertiert. Die positive Flanke des Spannungssprungs von 0 auf 1 wirkt über C_3 auf den reset-Anschluß R des Anzeige-Moduls, so daß der Zähler auf 00 zurückspringt.

Das 1-Signal am Ausgang X des IC_2 lädt zudem über R_2 den Kondensator C_1 auf. Wird nun der Tastschalter zum Stoppen gedrückt, gelangt Spannung an den Eingang des OR-Gatters IC_1 und bewirkt, daß auch der Ausgang 1-Signal erhält. Es liegt gleichzeitig am Anschluß C_1 des Anzeige-Moduls und hat zur Folge, daß der Zähler augenblicklich stoppt.

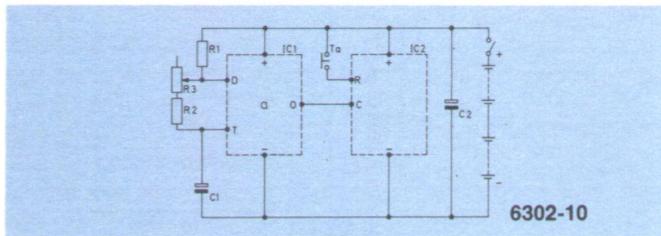
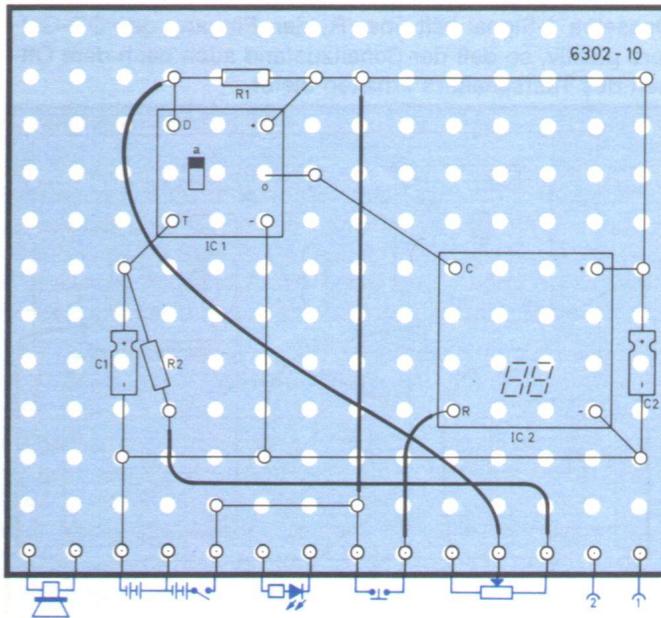
Dasselbe 1-Signal hält über R_1 den Eingang des OR-Gatters positiv, so daß der Schaltzustand auch nach dem Öffnen des Tastschalters erhalten bleibt.



Von Experten für Experten

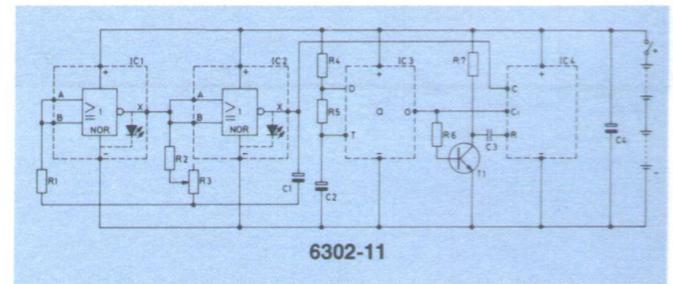
10. Astabiler Multivibrator

Das Anzeige-Modul und der Multivibrator-Baustein stellen die Schaltung dieses Experiments dar. Mit dem Potentiometer R_3 verändert man die Impulsfolge-Frequenz. Soll der Zähler von vorn beginnen, betätigt man den Tastschalter. Der Astabile Multivibrator hat als frequenzbestimmende Bauteile die Widerstände R_1 , R_2 , R_3 und den Kondensator C_1 . R_1 und R_2 begrenzen dabei den Frequenzbereich, der mit dem Potentiometer R_3 überstrichen werden kann.



Der Ausgang 0 des Multivibrators ist mit dem Zählengang C des Anzeige-Moduls verbunden. Die Impulse werden gezählt und angezeigt. Ist der Zähler bei 99 angelangt, beginnt er wieder von vorn mit 00 zu zählen. Man kann aber auch über den Tastschalter positive Spannung auf den Anschluß R geben und damit den Zähler auf 00 zurücksetzen. Wirksam ist dabei nur die positiv gerichtete Flanke während des Einschaltvorgangs. Es genügt also ein kurzes Schließen des Tastschalters zum Zurücksetzen.

11. Generator für langsame Frequenzen

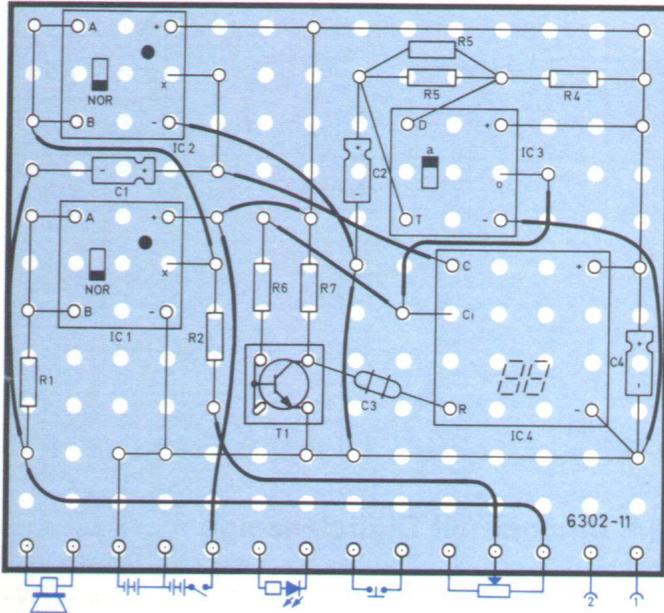


Zwei NOR-Gatter sind als Inverter geschaltet und arbeiten zusammen als Astabiler Multivibrator. Mit dem Potentiometer R_3 kann die Impulsfolge-Frequenz zwischen 5 und 35 Hertz verändert werden.

Vom Ausgang X des IC₂ werden die Impulse auf den Zähl-Eingang C des Anzeige-Moduls gegeben.

Der Multivibrator-Baustein ist mit dem Schalter in Stellung a als Astabiler Multivibrator geschaltet. Es legt die Tor-Zeit fest. Sie beträgt 1 s, und damit erfolgt die Anzeige direkt in Hertz. Der Tor-Impuls gelangt zum Ausgang 0 und auf den Anschluß C des Anzeige-Moduls. Der Zähler ist für die Dauer der Tor-Zeit freigegeben.

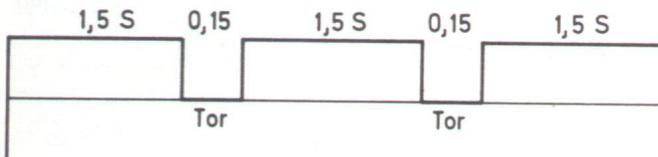
Der Tor-Impuls steuert gleichzeitig über R_6 den Transistor T_1 . An seinem Kollektor steigt die Spannung schlagartig an, und über C_3 wird ein positiv gerichteter Spannungstoß auf den Eingang R des Anzeige-Moduls gegeben. Dadurch wird der Zähler zurückgesetzt. Er beginnt also mit jedem Tor-Impuls von vorn zu zählen.



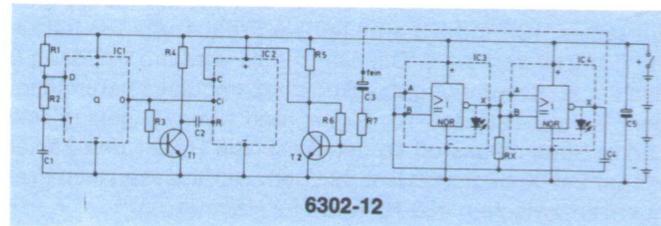
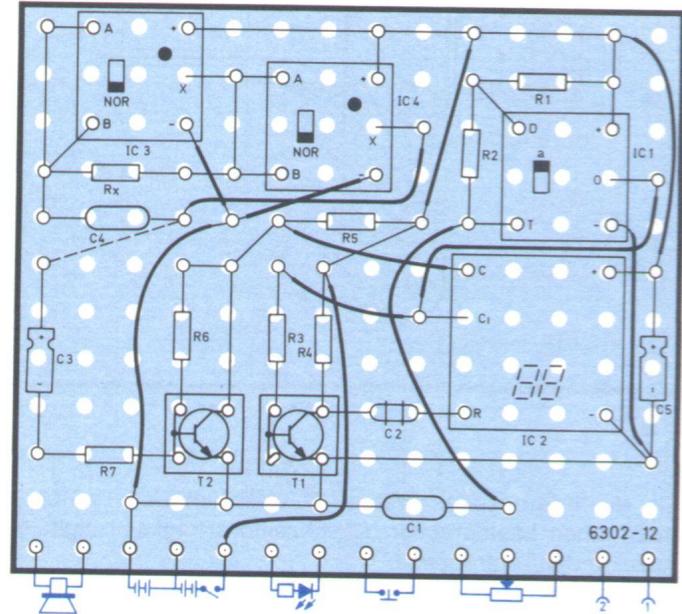
12. Frequenzmesser für höhere Frequenzen

Das Messen von Frequenzen und ihre Darstellung in einer Ziffernanzeige birgt in sich eine Reihe von Problemen. Eines davon ist das Festlegen der Zeitdauer, in der die Anzahl der Impulse bestimmt werden soll. Wählt man z. B. 1 Sekunde, so erhält man eine direkte Angabe in Hertz. Bei einer zweistelligen Anzeige werden dann aber nur Frequenzen bis 99 Hertz angezeigt. Nimmt man als Zählzeit 0,1 Sekunden, so werden die Impulse, die während 1/10 Sekunde auftreten, gezählt. Die angezeigte Anzahl muß dann mit 10 multipliziert werden.

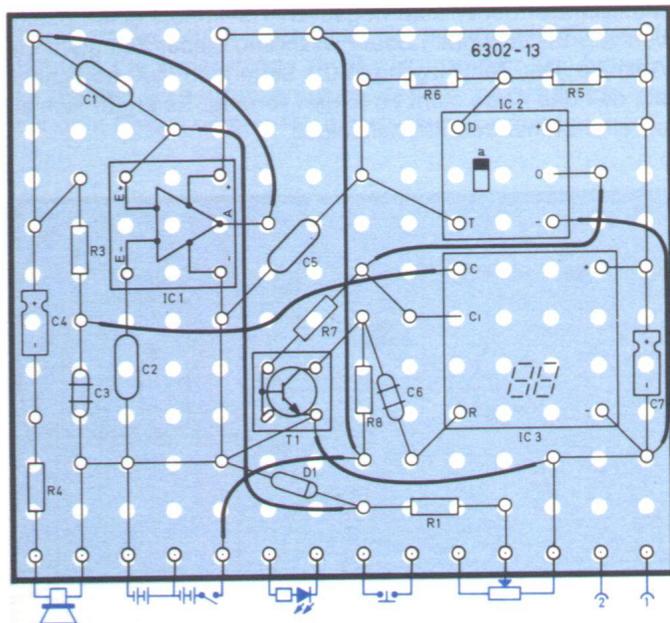
Im Experiment 12 ist als Zeiteinheit 0,1 S festgelegt. Sie wird durch den Astabilen Multivibrator IC₁ erzeugt. Dabei ist die Pause, das O-Signal, wichtig für die Steuerung des Zählers.



Mit dem O-Signal wird der Zähler an C aktiviert. Er zählt also nur während 0,1 S. Diese Zeitdauer nennt man gemäß ihrer Funktion auch Tor-Zeit, weil das Signal nur während dieser Zeit „hindurchgelassen“ wird. Wie die graphische Darstellung zeigt, erzeugt der Astabile Multivibrator außer dem negativen Tor-Impuls einen positiven von 1,5 Sekunden Dauer. Während dieser Zeit steht die Anzeige. Der Zählvorgang in 0,1 Sekunden läuft so schnell ab, daß das Auge nicht zu folgen vermag. Es ergibt sich also eine stehende Ziffernanzeige.

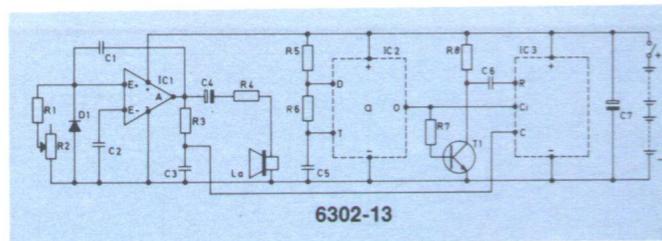


13. Tongenerator mit digitaler Frequenzanzeige



Ein Niederfrequenzgenerator mit veränderbarer Tonhöhe treibt einen Lautsprecher. Gleichzeitig erfolgt die digitale Anzeige der Tonfrequenz.

IC₁ wird als Tonoszillator betrieben. Über C₁ erfolgt die Rückkopplung, und das Potentiometer R₂ bestimmt die Schwingfrequenz. R₁ hat eine begrenzende Funktion, damit der Oszillator nicht aussetzt, wenn das Potentiometer auf 0 steht und sich dann kein Widerstand zwischen E+ und dem Minuspol der Batterie befinden würde. D₁ verhindert, daß die Spannung an E+ abfällt und die Schwingungen aussetzen. IC₂ und IC₃ arbeiten als Frequenzzähler mit einer Tor-Zeit von 0,1 s. Der Tor-Impuls wird am Ausgang 0 des IC₂ zur Gewinnung des Rücksetz-Impulses herangezogen. T₁ invertiert das Tor-Signal, und über C₆ gelangt ein kurzer Spannungsstoß an den Anschluß R, der den Zähler wieder bei 00 beginnen läßt. Mit dem Gerät lassen sich Frequenzen zwischen 400 Hz und 950 Hz messen.

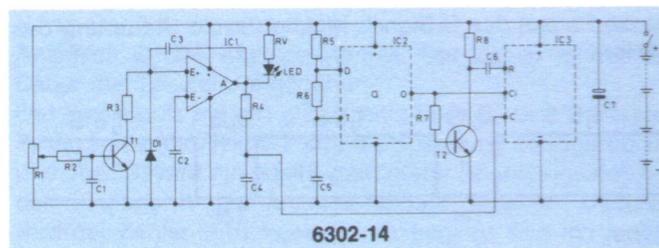


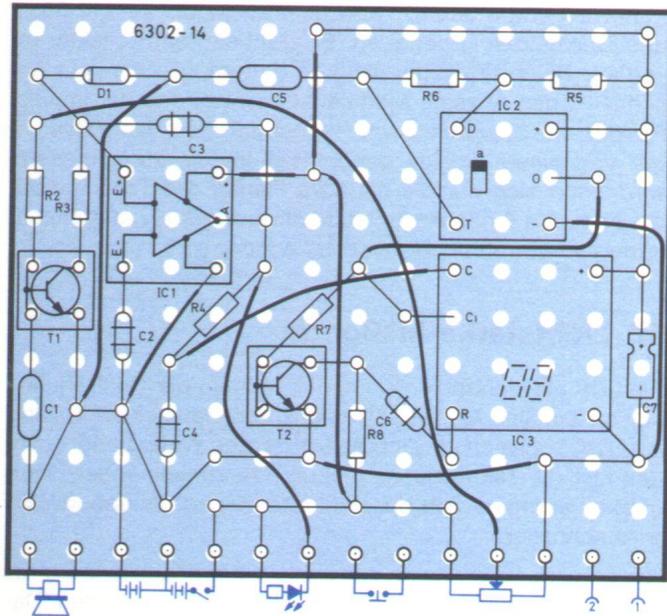
14. Dimmer mit Digitalanzeige

Die Dimmer-Schaltung entspricht in ihren Funktionen dem Digital-Voltmeter **15**. IC₁ bildet mit T₁ als regelbarem Widerstand einen spannungsgesteuerten Oszillator, den man auch VCO nennt (engl. **v**oltage **c**ontrolled **o**scillator). Die Frequenz der Impulsfolge bestimmt man mit dem Potentiometer R₁.

Schnelle Impulsfolgen lassen die Leuchtdiode am Ausgang des IC₁ hell leuchten, langsame nur dunkel. Die Impulse vom Ausgang des IC₁ werden auch auf den Zählereingang C gegeben und gezählt.

Die Tor-Zeit liefert der Astabile Multivibrator IC₂ mit den zeitbestimmenden Elementen R₅ / R₆ und C₅. Nur während der Tor-Zeit ist der Zähler am Anschluß C₁ freigegeben. Die negative Flanke zu Beginn der Tor-Zeit wird durch den Transistor T₁ invertiert und als Rücksetzimpuls über C₆ an den Anschluß R gegeben.





15. Digital-Voltmeter

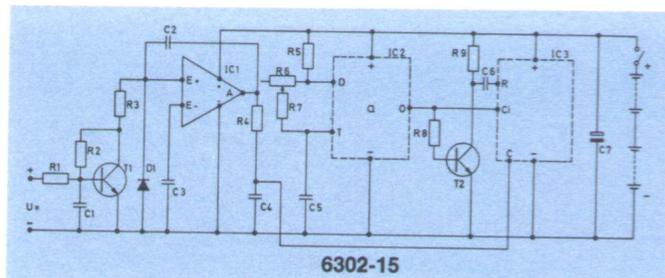
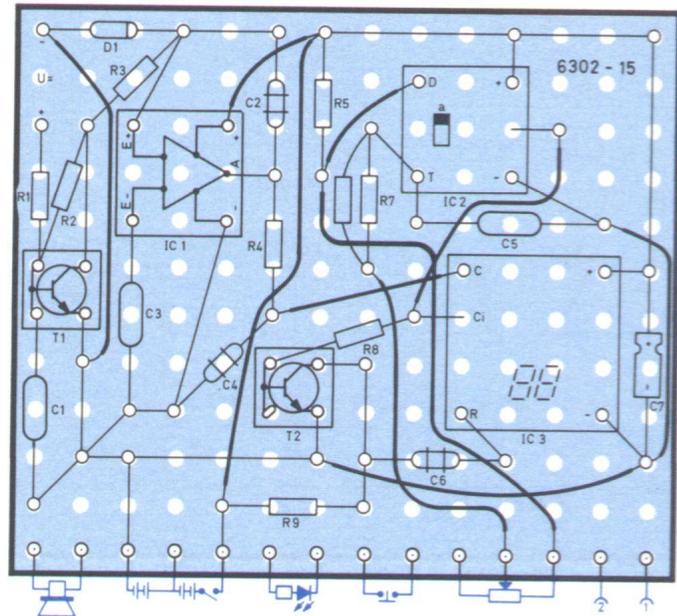
Das Digital-Voltmeter besteht aus zwei Baugruppen mit verschiedenen Aufgaben: Der Transistor T_1 bildet zusammen mit IC_1 einen spannungsabhängigen Oszillator, und IC_2 bestimmt die Tor-Zeiten, in denen der Zähler zählen soll.

Der Verstärker IC_1 ist über C_2 rückgekoppelt und schwingt. Der Kondensator und der als spannungsabhängiger Widerstand geschaltete Transistor bestimmen die Frequenz.

Befindet sich an den Anschlüssen $U =$ eine hohe Spannung (bis 10 Volt), so ist der Transistor voll durchgeschal-

tet. Sein Innenwiderstand ist gering und die Schwingfrequenz hoch. Bei niedriger Spannung am Eingang $U =$ besitzt der Transistor einen relativ hohen Widerstand, und die Schwingfrequenz ist niedrig. Die Diode D_1 richtet gleich, so daß nur der positive Halbwechsel wirksam ist.

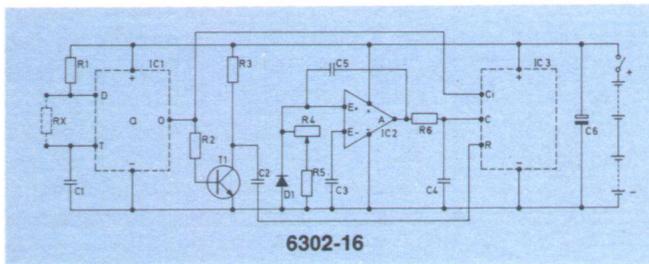
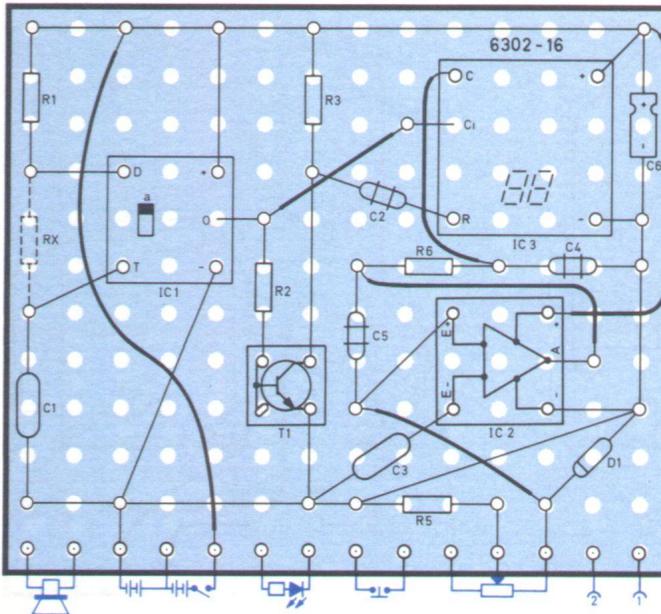
Zu Beginn einer jeden Tor-Zeit muß der Zähler auf 00 zurückgesetzt werden. Er würde ja sonst immer weiter zählen. Zur Auslösung des Rücksetzimpulses wird die negativ gerichtete Flanke zu Beginn der Tor-Zeit herangezogen. Sie wird durch den Transistor T_2 invertiert und über C_6 an den Anschluß R des Anzeige-Moduls gegeben.



16. Digitales Widerstands-Meßgerät

In der Schaltung des digitalen Widerstands-Meßgerätes arbeiten zwei Astabile Multivibratoren. IC₂ erzeugt Impulse mit einer Frequenz von etwa 3 kHz und steuert damit den Zähler am Anschluß C.

Der Astabile Multivibrator IC₁ verwendet den zu prüfenden Widerstand R_x als ein zeitbestimmendes Element der Impulsfolge-Frequenz. Der Ausgang 0 ist mit C₁ des Anzeige-Moduls verbunden. Während also IC₂ Zählimpulse abgibt, liefert IC₁ die Tor-Zeiten für den Zähler: Je länger die Tor-Zeit, desto mehr Impulse werden gezählt und angezeigt.



Vom Ausgang 0 des IC₁ wird der Tor-Impuls auf die Basis des Transistors T₁ gegeben. Er erscheint am Kollektor invertiert. R₃ und C₂ differenzieren den Impuls, d. h. am Anschluß R des Anzeige-Moduls ist nur während der Impulsflanken ein Spannungsstoß vorhanden. Da das Zähler-IC nur von einem positiv gerichteten Impuls zurückgesetzt wird, wirkt sich nur die negative Flanke des Tor-Impulses am Ausgang 0 des Astabilen Multivibrators IC₁ aus. Dieser Impuls war ja durch T₁ invertiert worden.

17. Lichtstärke-Meßgerät

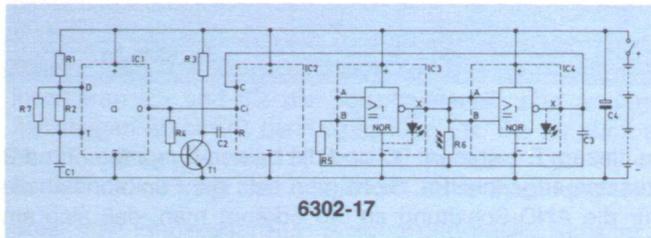
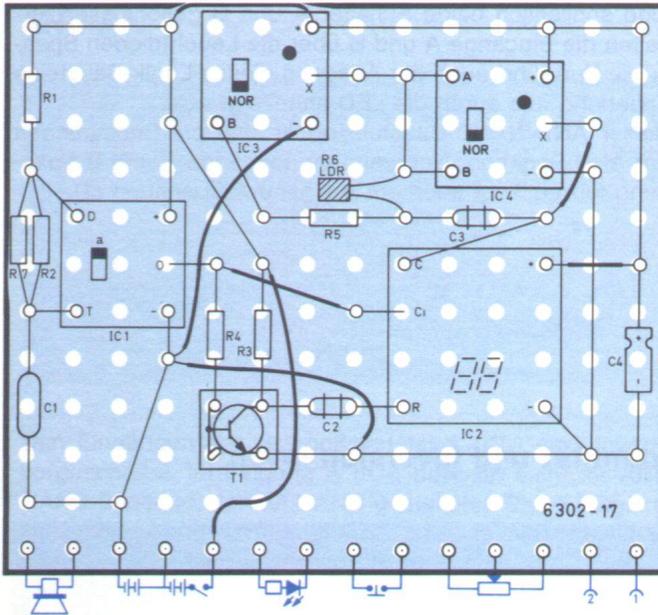
Ein LDR als Lichtfühler-Element bestimmt die Taktfrequenz eines Astabilen Multivibrators aus den Bausteinen IC₃ und IC₄. Bei schwachem Lichteinfall ist der Widerstand hoch, dann ist die Taktfrequenz niedrig. Mit zunehmender Lichtstärke verringert sich der Widerstand, und die Impulsfolge wird schneller.

Die Impulse werden von Ausgang X des Multivibrators IC₄ auf den Zählengang C des Anzeige-Moduls gegeben. Damit der Zähler nicht fortwährend weiterzählt, wird vom Multivibrator-Baustein IC₁ eine Tor-Zeit erzeugt wie in Experiment 12 beschrieben. Während dieser Zeit schaltet sie an C den Zähler ein. Sie ist durch R₁, R₂, R₇ und C₁ so bemessen, daß die Ziffern-Anzeige direkt in Lux mißt (0 bis 99 Lux). Da zu Beginn jedes Tor-Impulses der Zähler zurückgesetzt werden muß, wird die negativ gerichtete Flanke des Tor-Impulses über T₁ verstärkt und invertiert. Der nun positive Impuls am Kollektor von T₁ setzt über C₂ den Zähler über den Anschluß R zurück.

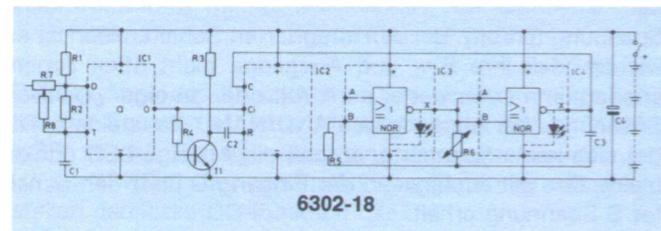
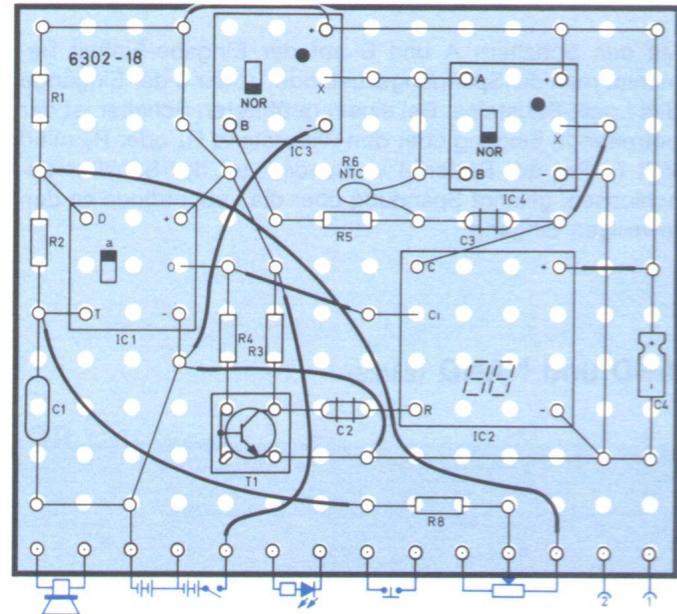
Die Impulsfolge, deren Frequenz gemessen werden soll, erzeugt der Astabile Multivibrator aus den Bausteinen IC₃ und IC₄.

Vom Ausgang X werden die Impulse auf den Eingang des eigentlichen Frequenzzählers gegeben und durch den Transistor T₂ verstärkt. Das verstärkte Signal wird dem Anzeige-Modul am Anschluß C zugeführt.

Damit der Zähler nicht bei jeder Tor-Zeit weiterzählt, sondern von vorn beginnt, wird die negativ gerichtete Flanke des Tor-Impulses über T₁ verstärkt und invertiert an den Anschluß R des Anzeige-Moduls gegeben. Das kurzzeitige 1-Signal an R setzt den Zähler bei Beginn jeder Tor-Zeit zurück.



Um das digitale Thermometer eichen zu können, ist die Tor-Zeit mit dem Potentiometer R_8 veränderbar. Man wählt für die Eichung eine Temperatur von z. B. 25°C , die man mit einem Thermometer bestimmen muß. Dann verändert man langsam so lange die Potentiometer-Einstellung, bis die Anzeige bei 25 stehenbleibt. Der Meßbereich ist zwischen 0° und 45° recht genau. Höhere Temperaturen werden nicht exakt genug angegeben, weil die Widerstandsveränderungen des NTC ungleichförmig, d. h. nicht mehr linear erfolgen.



18. Digitales Thermometer

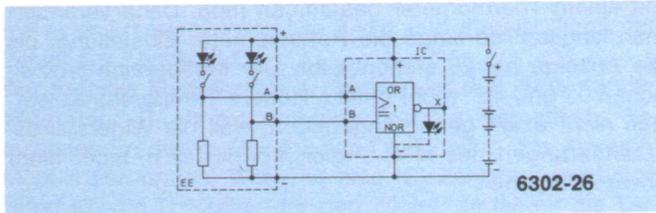
Der NTC-Widerstand R_6 befindet sich im Astabilen Multivibrator IC_3/IC_4 als eines der zeitbestimmenden Bauteile für die Impulsfolge. Kleine Widerstandswerte bewirken eine schnellere Folge, große Werte eine langsame.

Der Astabile Multivibrator gibt seine Impulse an den Zähl-eingang C des Anzeige-Moduls.

Mit dem Multivibrator-Baustein IC_1 wird die Tor-Zeit für den Zähler und mit T_1 der Rückstellungsimpuls erzeugt.

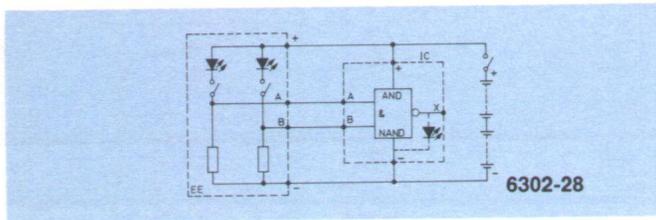
Von Experten für Experten

OR und NOR (26/27)



Mit den Schaltern A und B auf der Eingabe-Einheit bestimmt man die Spannungszustände 1 oder 0 der Eingänge des Logik-Bausteins. Bei einem geöffneten Schalter ist der betreffende Eingang über den Widerstand R_A oder R_B mit 0 Volt ($-$ Pol der Batterie) verbunden. Ist der Schalter geschlossen, gelangt Spannung über die Leuchtdiode an den jeweiligen Eingang.

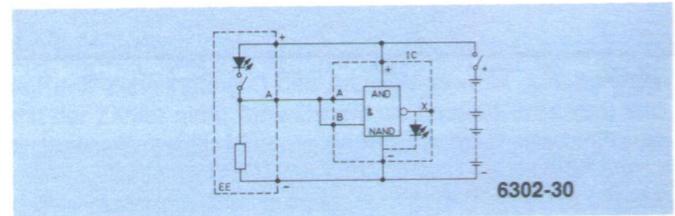
AND und NAND (28/29)



Ist Schalter A auf 1 gesetzt, führt der Eingang A des Logik-Bausteins Spannung. Eingang B ist über R_B mit dem Minusanschluß der Batterie verbunden und führt keine Spannung (0 Volt). Bei den integrierten Schaltkreisen ist es wichtig, daß ihre Ein- und Ausgänge nicht offen liegen, sondern immer entweder an 0 Volt oder an einer positiven Spannung. Am Ausgang des AND/NAND-Bausteins befindet sich keine Spannung, so daß die Anzeige-LED dunkel bleibt. Das gilt auch, wenn der Eingang B über den Schalter B Spannung erhält.

Sind schließlich beide Schalter A und B geschlossen, erhalten die Eingänge A und B über die Leuchtdioden Spannung. Nun führt auch der Ausgang dieses Logik-Bausteins Spannung, die durch die LED angezeigt wird. Dieser AND/NAND-Baustein erfüllt also die Bedingungen der AND-Funktion: Nur wenn die Eingänge A **und** B Spannung führen, liegt auch am Ausgang X Spannung (1).

Identität und Inversion (30/31)

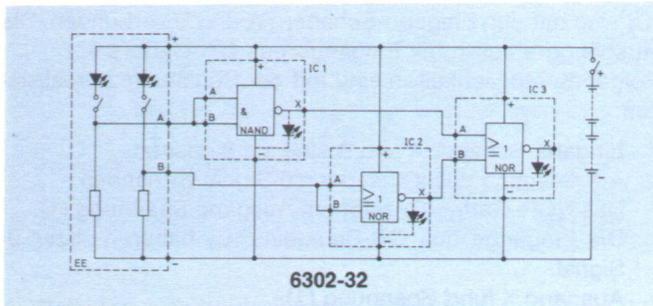


In diesem Experiment 30 sind die beiden Eingänge A und B zusammengeschaltet. Sieht man sich die Funktionstabelle für die AND-Schaltung an, so erkennt man, daß sich am Ausgang $X=0$ einstellt, wenn beide Eingänge 0 zeigen. Sind beide Eingänge A und B gleich 1, ist auch der Ausgang 1. Eingang und Ausgang zeigen gleiche Spannungszustände.

Eine solche Schaltung wird oft als Verstärker betrieben, um höhere Ausgangsströme zu erhalten. Eine weitere Anwendung ergibt sich als sog. Puffer- oder Trennstufe, die alle elektrischen Vorgänge vor und nach der Stufe voneinander trennt.

Auch im Experiment 31 sind beide Eingänge A und B parallelgeschaltet. Dadurch sind die Funktionen wirksam, die für gleiche Schaltzustände bei beiden Eingängen gelten, also beide 0 oder beide 1. Nach der Funktionstabelle ergibt sich dann eine Umkehrung des Ausgangssignals. Eine solche Schaltung entspricht also der Inversion.

AND (32)



Den Eingängen des 3. Logikbausteins (IC₃) sind Inverter vorgeschaltet. Im Eingang A (IC₃) befindet sich der AND-NAND-Baustein, der auf NAND gestellt ist. Seine Eingänge sind miteinander verbunden, so daß sich ein Inverter ergibt.

Vor dem Eingang B des IC₃ liegt ein OR-NOR-Baustein, der als NOR geschaltet ist. Seine beiden Eingänge sind wieder miteinander verbunden, und er erfüllt ebenfalls die Bedingungen der Inverter-Funktion.

Befinden sich die Eingabeschalter A und B in Stellung 0, so invertieren IC₁ und IC₂ die Schaltzustände, und an ihren Ausgängen erscheint dann Spannung (1). Sie ist auch an den Eingängen A und B des IC₃ wirksam. Gemäß der NOR-Funktion zeigt der Ausgang X keine Spannung (0).

Stellt man Eingabeschalter A auf 1 und beläßt Schalter B auf 0, so invertiert IC₁ das Signal. Am Eingang A des IC₃ ist nun keine Spannung (0), am Eingang B bleibt der Schaltzustand 1. Weil der Logik-Baustein IC₃ die NOR-Funktion ausführt, erscheint am Ausgang X der Schaltung keine Spannung (0).

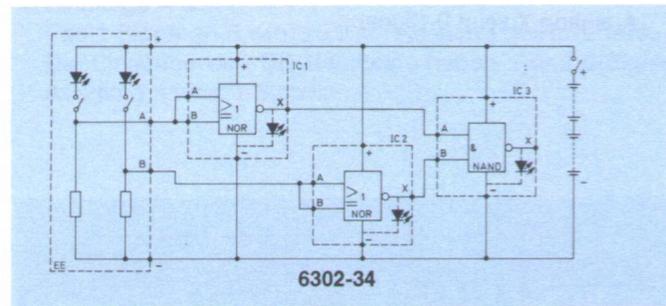
Stellt man Schalter A wieder auf 0 und Schalter B auf 1, so erscheint am Eingang B des IC₃ der Schaltzustand 0, da IC₂ das 1-Signal invertiert. Ausgang X bleibt ohne Spannung (0).

Befinden sich beide Eingabeschalter in Stellung 1, so erscheint an den Ausgängen der beiden Inverter IC₁ und IC₂ der Schaltzustand 0. Er wirkt auch an beiden Eingängen des IC₃. Gemäß der NOR-Funktion führt der Ausgang X das 1-Signal, und die Anzeige-LED leuchtet.

NAND (33)

Wie beim AND im Experiment 32 invertieren IC₁ und IC₂ das mit den Schaltern A und B eingestellte Signal. IC₃ verarbeitet die an seinen Eingängen befindlichen Schaltzustände 1 und 0 gemäß der OR-Funktion, so daß das Ergebnis am Ausgang X der NAND-Funktion entspricht.

OR (34)



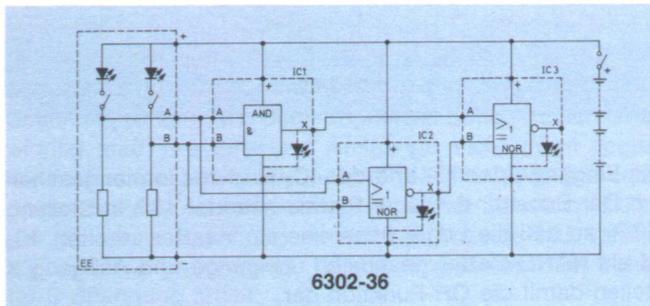
Die Eingänge des IC₁ und des IC₂ sind zusammengeschaltet. Der Schalter auf jeder Platine befindet sich in Stellung NOR, so daß die Logik-Bausteine als Inverter arbeiten. IC₃ ist als NAND-Gatter geschaltet. Eingänge und Ausgang X stellen damit die OR-Funktion dar.

Von Experten für Experten

Exklusiv-OR (36)

Die Eingänge des AND-Gatters IC_1 und NOR-Gatters IC_2 sind an die Eingabe-Schalter A und B angeschlossen. Die Ausgänge der beiden Gatter steuern das NOR-Gatter IC_3 . Es ergeben sich folgende Schaltzustände:

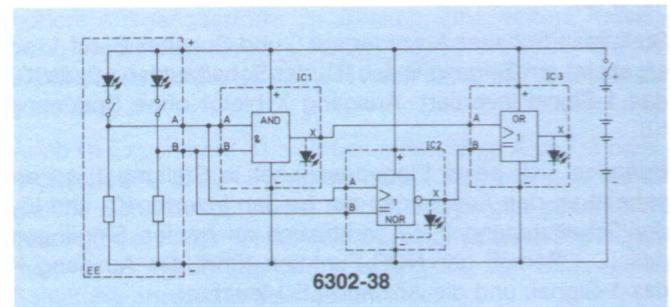
1. Eingabe-Schalter A und B in Stellung 0.
Das AND-Gatter IC_1 führt dann an seinem Ausgang 0, am Ausgang des NOR-Gatters IC_2 erscheint 1.
An den Eingängen A und B des NOR-Gatters IC_3 befinden sich die Schaltzustände 0 und 1.
Das NOR-Gatter IC_3 hat an seinem Ausgang X keine Spannung (0).
2. Eingabe-Schalter A in Stellung 0, B in 1.
Gemäß der AND-Funktion erscheint 0 am Ausgang des IC_1 .
Der Ausgang des NOR-Gatters IC_2 führt keine Spannung (0).
Die Eingänge des IC_3 haben die Schaltzustände 0, Ausgang X des NOR-Gatters IC_3 hat 1.
3. Eingabe-Schalter A in Stellung 1, B in 0.
Es herrschen die gleichen Bedingungen wie unter 2.
4. Eingabe-Schalter A und B in Stellung 1.
Das AND-Gatter IC_1 zeigt 1-Signal an seinem Ausgang. IC_2 führt an seinem Ausgang 0.
Die Eingänge des NOR-Gatters IC_3 haben die Schaltzustände 0 und 1.
Ausgang X zeigt 0-Signal.



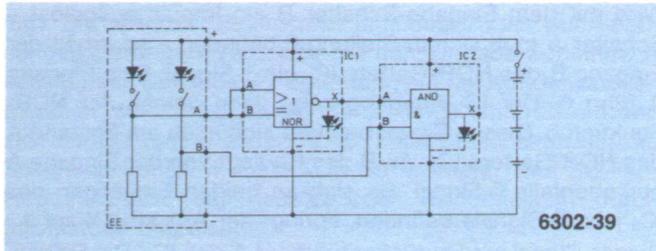
Äquivalenz (38)

Die Eingänge des AND-Gatters IC_1 und des NOR-Gatters IC_2 sind mit den Eingabe-Schaltern A und B verbunden. Die Ausgänge steuern die Eingänge des OR-Gatters IC_3 . Folgende Möglichkeiten sind mit der Schaltung zu realisieren:

1. Eingabe-Schalter A und B sind auf 0 gesetzt.
Am Ausgang des IC_1 ist dann 0-Signal vorhanden.
Das NOR-Gatter IC_2 zeigt am Ausgang Spannung (1).
Die Eingänge des OR-Bausteins IC_3 haben 1- bzw. 0-Signal.
Ausgang X führt Spannung (1).
2. Eingabe-Schalter A befindet sich in Stellung 0, Schalter B in 1.
Am Ausgang des AND-Bausteins liegt 0.
Das NOR-Gatter IC_2 springt am Ausgang auf 0.
 IC_3 erhält an den Eingängen 0.
Ausgang X des OR-Bausteins zeigt 0.
3. Eingabe-Schalter A ist in Stellung 1, Schalter B in Stellung 0.
Es liegen die gleichen Schaltzustände vor wie unter 2. beschrieben.
4. Beide Eingabe-Schalter sind auf 1 gesetzt.
Der AND-Baustein zeigt am Ausgang 1.
Das NOR-Gatter IC_2 führt 0.
Die Eingänge des OR-Bausteins IC_3 haben 0- und 1-Signal.
Ausgang X des OR-Bausteins liegt auf 1.



AND mit negierten Eingängen (39/40)



1. Befinden sich beide Eingabe-Schalter A und B in Stellung 0, so erhält der Eingang B des AND-Gatters ebenfalls 0 Volt. Das 0-Signal an der Eingabe A wird durch den Inverter IC₁ invertiert, so daß 1 am Eingang A des IC₃ erscheint: Das AND-Gatter zeigt 0-Signal am Ausgang.
2. Schiebt man den Schalter B in Stellung 1, und Schalter A auf 0, so erscheint dieses Signal auch am Eingang B des IC₂. Eingang A führt ebenfalls 1, da das 0-Signal der Eingabe A durch den Inverter zu 1 wird: Am Ausgang erscheint Spannung, angezeigt durch die Leuchtdiode.
3. Gibt man mit dem Eingabe-Schalter A ein 1-Signal und Schalter B ein 0-Signal auf die Eingänge der Bausteine, so befindet sich an den Eingängen des IC₃ ein 0-Signal: Die LED am Ausgang X bleibt dunkel.
4. Gibt man mit beiden Eingabe-Schaltern Spannung auf die Eingänge, so erhält das IC₃ wieder 0 und 1, – das 1-Signal des Schalters A wird ja invertiert: Der Ausgang zeigt 0.

Entsprechendes ergibt sich, wenn der Eingang B invertiert wird.

OR mit negierten Eingängen (43/44)

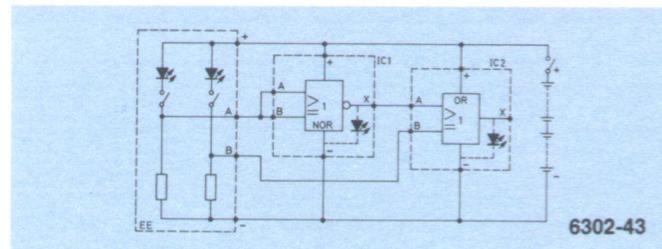
Eingang A negiert:

1. Eingabe A und B = 0.
Der Inverter setzt das 0-Signal an seinem Eingang zum 1-Signal an seinem Ausgang um.
Die Eingänge A und B des OR-Bausteins haben 1- und 0-Signal.
Ausgang X zeigt 1, die LED leuchtet.

2. Eingabe A = 0, B = 1.
Am Ausgang des Inverters IC₁ ist 1-Signal vorhanden.
Die Eingänge A und B des OR-Bausteins führen Spannung (1), Ausgang X führt 1.
3. Eingabe A = 1, B = 0.
Der Ausgang des Inverters hat keine Spannung (0).
An beiden Eingängen des OR Gatters liegt 0, Ausgang X zeigt 0.
4. Eingabe A und B = 1.
Das 1-Signal wird durch den Inverter 0-Signal.
Die Eingänge des OR führen 0- und 1-Signal, am Ausgang X liegt 1-Signal.

Eingang B negiert:

1. Eingabe A und B = 0.
Der Inverter führt dann an seinem Ausgang 1-Signal.
Die Eingänge A und B des OR-Bausteins zeigen 0 und 1.
Am Ausgang X leuchtet die Anzeige (1-Signal).
2. Eingabe A = 0, B = 1.
Der Inverter-Ausgang führt 0-Signal.
An beiden Eingängen des OR-Gatters befindet sich 0, Ausgang X = 0.
3. Eingabe A = 1, B = 0.
Das 0-Signal an B wird invertiert zu 1
Die Eingänge des OR-Bausteins führen 1 und 0.
Ausgang X = 1-Signal
4. Eingänge A und B = 1.
Das 1-Signal an B wird zu 0 am Ausgang des Inverters.
Die Eingänge des OR-Bausteins haben 1-und 0-Signal,
Ausgang X führt 1-Signal.



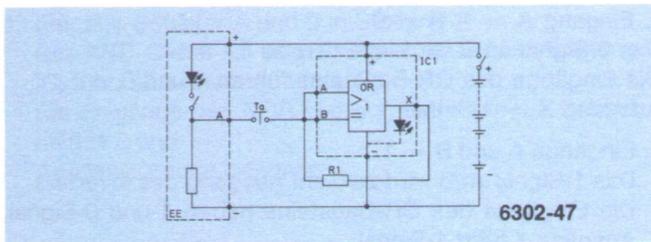
Von Experten für Experten

Puffer (47)

In der Schaltung ist der Puffer „rückgekoppelt“ über den Widerstand R_1 . Über ihn gelangt die Ausgangsspannung auf die verbundenen Eingänge A und B zurück. Sie hält den Puffer in dem Zustand, in den er durch das Eingangssignal gebracht wurde.:

1. Mit dem Tastschalter wird 0 an den Eingang des Puffers gegeben. Sein Ausgang springt auf 0. Nach dem Öffnen des Tastschalters ist die Ausgangsspannung über R_1 am Eingang wirksam und hält den Ausgang auf 0.
2. 1-Signal wird kurzzeitig auf den Puffer gegeben. Sein Ausgang springt auf 1. Dieser Schaltzustand wirkt über R_1 auf die Eingänge zurück, so daß am Ausgang 1 erhalten bleibt.

Das mit dem Tastschalter eingegebene Signal bleibt also dauernd erhalten.



RS-Flip-Flop (48)

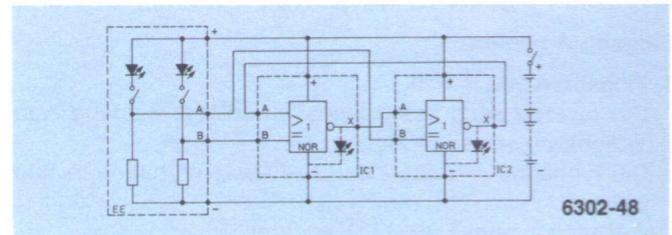
Das RS-Flip-Flop ist mit 2 NOR-Bausteinen aufgebaut. Wird mit dem Eingabe-Schalter B ein Impuls ausgelöst – Schalter A muß sich in Stellung 0 befinden – so erhält der Eingang B des NOR-Gatters IC_1 ein 1-Signal. Sein Eingang A führt 0. Der IC_1 -Ausgang zeigt dann gemäß der NOR-Funktion 0. Dieses Signal befindet sich auch am Eingang A des NOR-Gatters IC_2 . An B des IC_2 liegt von der Eingabe A her ebenfalls 0-Signal. Da sich an beiden Eingängen des IC_2 jetzt 0-Signale befinden, springt der Ausgang X auf 1. Dieses Signal wird zurückgeführt auf A des IC_1 . Die Eingänge führen jetzt 1, und sein Ausgang bleibt auf 0. IC_2 hat also an seinen Eingängen 0-Signal.

Der gesetzte Schaltzustand 1 am Ausgang X der Schaltung ist gespeichert.

Es ist nicht zulässig, beide Eingabe-Schalter gleichzeitig auf 1 zu setzen. Man kann nicht zugleich setzen und zurücksetzen!

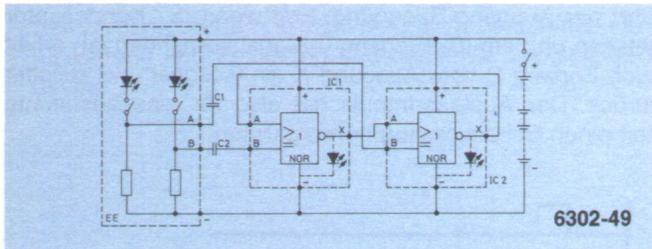
Mit dem Eingabe-Schalter A gibt man nun einen positiven Spannungs-Impuls auf den Eingang B des IC_2 . Eingang A des NOR-Gatters IC_2 erhält vom Ausgang X des IC_1 keine Spannung (0).

Weil die Eingänge des NOR-Gatters IC_2 nun 0 und 1 führen, springt der Ausgang gemäß der NOR Funktion auf 0. Dieses Signal ist auf den Eingang A des IC_1 zurückgeführt. Eingang B des IC_1 erhält von der Eingabe 0-Signal. NOR-Gatter IC_1 muß dann gemäß der NOR-Funktion (0 an beiden Eingängen) ein 1-Signal an seinem Ausgang führen. Es liegt gleichzeitig auch am Eingang A des NOR-Gatters IC_2 . Mit Eingang A = 1 und Eingang B = 1 (Reset-Impuls vom Eingabe-Schalter B) bleibt der Ausgang X auf 0.



Flankengesteuertes RS-Flip-Flop (49)

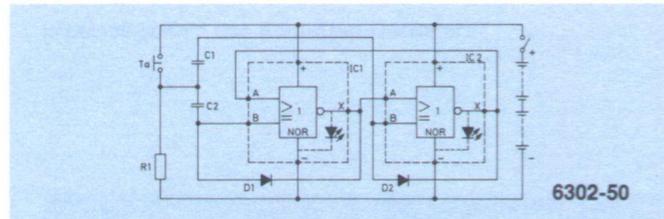
In die Schaltung sind die Kondensatoren C_1 und C_2 eingefügt. Sie sperren Gleichstrom und übertragen nur Spannungsänderungen. Wird also mit den Eingabe-Schaltern A oder B beim Setzen auf 1 Spannung auf die Kondensatoren gegeben, so übertragen sie nur so lange einen Strom, wie sich die Spannung ändert, z. B. beim Einschalten. Ist die Spannung konstant, fließt kein Strom mehr. Das RS-Flip-Flop wird also nur gesetzt oder zurückgestellt durch Stromstöße (Impulse).



Zwischenspeicher Flip-Flop (50)

Bei diesem Flip-Flop sind folgende Schaltzustände zu untersuchen:

1. Angenommen, die LED am Ausgang X des IC_2 leuchtet (1), dann müssen beide Eingänge 0-Signale führen. Ausgang X des IC_2 ist aber mit Eingang A des IC_1 verbunden. Dieser Eingang führt also 1-Signal. Der Ausgang des IC_1 ist mit Eingang A des IC_2 verbunden. Hier befindet sich 0-Signal. Es wirkt über D_1 auf Eingang B des IC_1 .
2. Ein Impuls über C_1 und C_2 wirkt nicht an IC_1 , da ein 1-Signal keine Änderung des Schaltzustandes am Ausgang des NOR-Gatters IC_1 bewirken würde. Am Eingang B des IC_2 hat positive Spannung über C_1 zur Folge, daß der Ausgangszustand umspringt. Die Eingänge A und B führen in diesem Moment 0 und 1. Der Ausgang X springt auf 0-Signal um. Das Ausgangssignal wirkt auf den Eingang A des IC_1 zurück. Damit sind seine beiden Eingänge 0, und am Ausgang erscheint 1. Die LED auf dem NOR-Baustein IC_1 leuchtet.
3. Ein erneuter Impuls wirkt nun so an IC_1 wie der vorangegangene an IC_2 . Die Schaltung kippt wieder um.



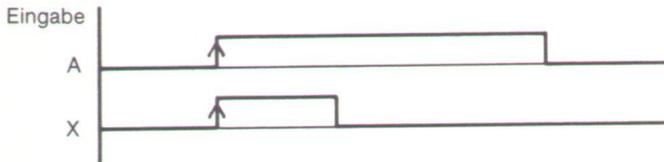
Von Experten für Experten

Monostabiler Multivibrator (51)

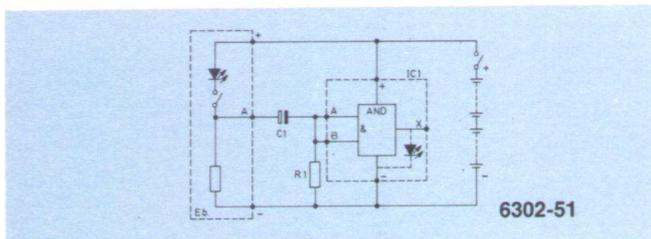
Der AND-NAND-Baustein wird als Schaltverstärker betrieben. Dazu befindet sich der Schalter auf dem Baustein in Stellung AND, und beide Eingänge sind miteinander verbunden.

Das zeitbestimmende Bauteil ist der Kondensator. Mit $100\ \mu\text{F}$ besitzt er eine beachtliche Kapazität, so daß der Lade- und Entladevorgang relativ lange – in diesem Fall einige Sekunden – dauert.

Beim Stellen des Schalters A auf 1 lädt sich der Kondensator C_1 über R_1 auf. Der Ausgang X ist dann 1. Je mehr sich der Kondensator auflädt, desto mehr nimmt die positive Spannung am Eingang des Schaltverstärkers ab. Schließlich wird sie so gering, daß der Baustein in die 0-Lage zurückfällt.



Impulsdiagramm des Monostabilen Multivibrators (Halbstufe)

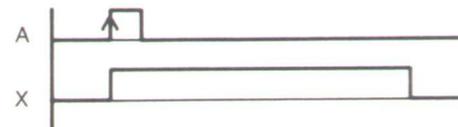


6302-51

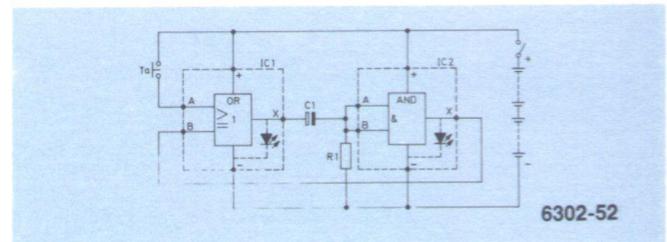
Monostabiler Multivibrator (52)

Ein OR-NOR-Logik Baustein (auf OR geschaltet) und ein AND-NAND-Gatter (Stellung AND) sind über einen Kondensator miteinander gekoppelt. Der Ausgang X des AND-Bausteins IC_2 ist auf den Eingang B des OR-Gatters IC_1 zurückgeführt.

Gibt man mit dem Tastschalter einen positiven Spannungsimpuls auf den Eingang A des IC_1 , so stellt sich gemäß der ODER-Funktion am Ausgang 1-Signal ein. Der Kondensator C_1 wird geladen. Während des Ladevorgangs befindet sich eine abwärtsleitende Spannung am Eingang des IC_2 , die schließlich den Pegel des 1-Signals unterschreitet und dann zum 0-Signal wird. Solange 1-Signal am Eingang liegt, ist Ausgang X ebenfalls 1. Die LED leuchtet. Diese Spannung wird zurückgeführt auf den Eingang B des OR-Bausteins IC_1 . Mit den Signalen 0 und 1 an den Eingängen führt der Ausgang Spannung. Erst wenn der Kondensator geladen und am IC_2 -Eingang 0-Signal vorhanden ist, erhält auch Eingang B vom Ausgang X ein 0-Signal und schaltet zurück. Der Auslöse-Impuls hat also für eine bestimmte Zeit einen Schaltvorgang hervorgerufen.



Impulsdiagramm des Monostabilen Multivibrators



6302-52

Astabiler Multivibrator (53)

Zum besseren Verständnis der Schaltung nimmt man am besten einen Schaltzustand an, z. B. 0 am Eingang des IC₁. Das 0-Signal erscheint dann invertiert als 1 am Ausgang. Er ist mit dem Eingang des Inverters IC₂ verbunden. An dessen Ausgang muß also 0-Signal sein.

Nun lädt aber der Kondensator C₁ über R₁ auf, denn am Ausgang des IC₁ liegt Spannung (1).

Ist die Spannung am Kondensator so weit angestiegen, daß ein 1-Signal gegeben ist, kippt Inverter IC₁ am Ausgang auf 0, weil sein Eingang nun 1-Signal führt. Gleichzeitig schaltet auch IC₂ am Ausgang auf 1-Signal, sein Eingang liegt ja jetzt auf 0.

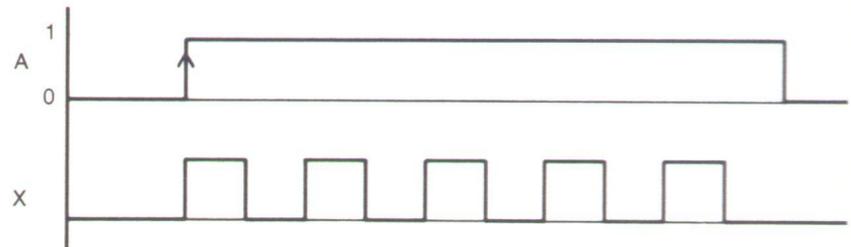
Der Kondensator entlädt sich nun über R₁. Ist die Spannung so weit abgesunken, daß 0-Signal vorliegt, springt Inverter IC₁ wieder auf 1, weil sein Eingang nun 0 führt.

Der Vorgang wiederholt sich. R₁ und C₁ bestimmen die Zeit für Ladung und Entladung und damit die Impulsfolge-Frequenz.

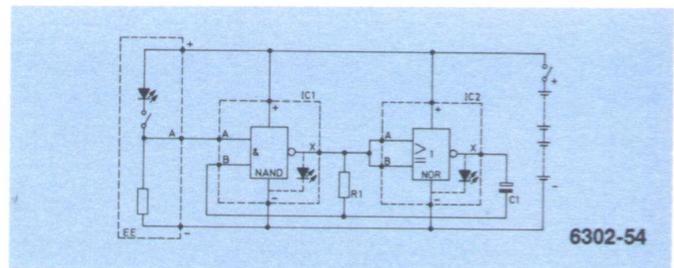
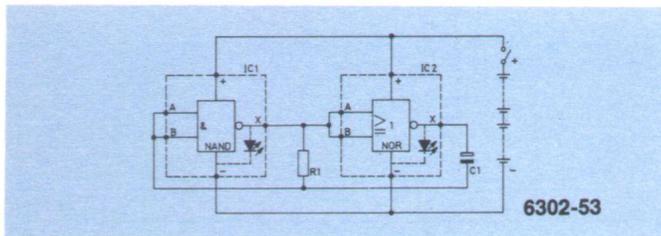
Start-Stop-Oszillator (54)

Die Vorgänge laufen ab wie im Experiment **53** beschrieben. Solange der Eingang A Spannung führt (1), steuern sich beide Gatter gegenseitig. Dabei ist es bei der NAND-Funktion ohne Bedeutung, daß der Eingang A nicht das Signal wechselt, sondern 1-Signal behält. Die Schaltzustände 1 und 0 am Ausgang des IC₁ stellen sich auch ein, wenn nur Eingang B sich ändert (s. Funktionstabelle NAND).

Gegenüber dem Ein- und Ausschalten des Oszillators mit dem Hauptschalter hat der Start-Stop Oszillator den Vorteil, daß er durch andere logische Bausteine gesteuert werden kann.



Impulsdiagramm des Start-Stop-Oszillators



Von Experten für Experten

Astabiler Multivibrator mit Festfrequenzen (55)

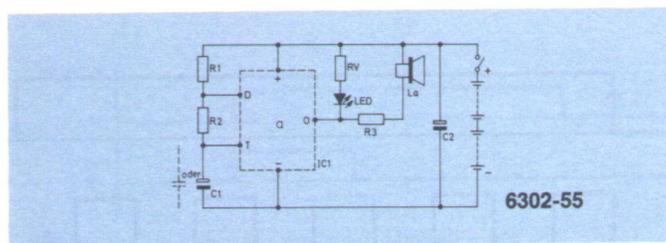
Mit verschiedenen Kondensatorwerten erhält man unterschiedliche Taktfrequenzen.

Üblich ist auch, die Dauer eines Taktes zu messen. Dabei gilt:

| | |
|-----------------------------|---------|
| 1 Impuls von 1 s Dauer | ≅ 1 Hz |
| 10 Impulse von 1/10 s Dauer | ≅ 10 Hz |

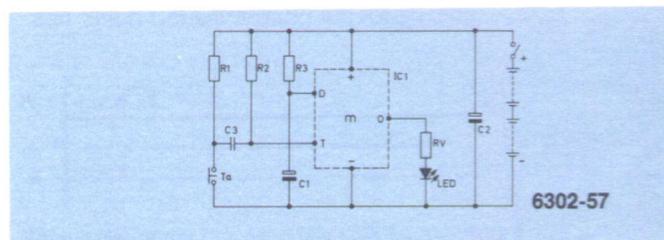
Man vermeidet Sekundenbruchteile und gibt statt dessen ms (Milli-Sekunden = 1/1 000) oder μ s (Mikro-Sekunden = 1/1 000 000 s) an:

| | |
|--------------|-------------|
| 10 Hz | ≅ 100 ms |
| 100 Hz | ≅ 10 ms |
| 1.000.000 Hz | ≅ 1 μ s |



Integrierter Monostabiler Multivibrator (57)

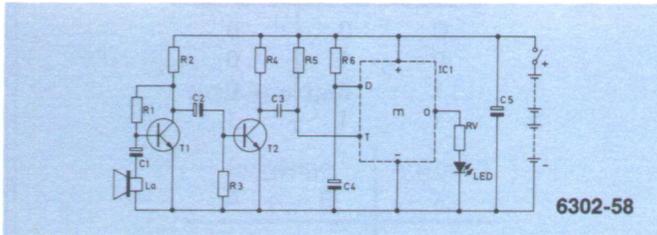
Über R_3 erhält der Trigger-Eingang (T) des Monostabilen Multivibrators, auch Monoflop genannt, positive Spannung. Wird nun der Tastschalter geschlossen, gelangt ein negativer Spannungsstoß über C_3 an den Anschluß T. Dieser Impuls schaltet das Monoflop ein. Wie lange es eingeschaltet bleibt, bestimmen R_3 und C_1 .



Sprachgesteuerter Monostabiler Multivibrator (58)

Über C_1 gelangt der Sprechwechselstrom auf die Basis von T_1 , wird verstärkt und über C_2 geleitet. T_2 verstärkt nochmals und erzeugt bei jedem Durchschalten einen negativ gerichteten Impuls an C_3 . Er steuert am Anschluß T den Multivibrator-Baustein.

In der angegebenen Dimensionierung leuchtet die Anzeige-LED etwa 15 S nach.



Übersicht der Funktionstabellen

Identität

| Eingang A | Ausgang X |
|--------------|--------------|
| 0 | 0 |
| 1 | 1 |

Negation

| Eingang A | Ausgang B |
|--------------|--------------|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

Äquivalenz-Funktion

| Eingänge | | Ausgang |
|----------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

AND-Funktion

| Eingänge | | Ausgang |
|----------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

NAND-Funktion

| Eingänge | | Ausgang |
|----------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

OR-Funktion

| Eingänge | | Ausgang |
|----------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

NOR-Funktion

| Eingänge | | Ausgang |
|----------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

Exklusiv-OR-Funktion

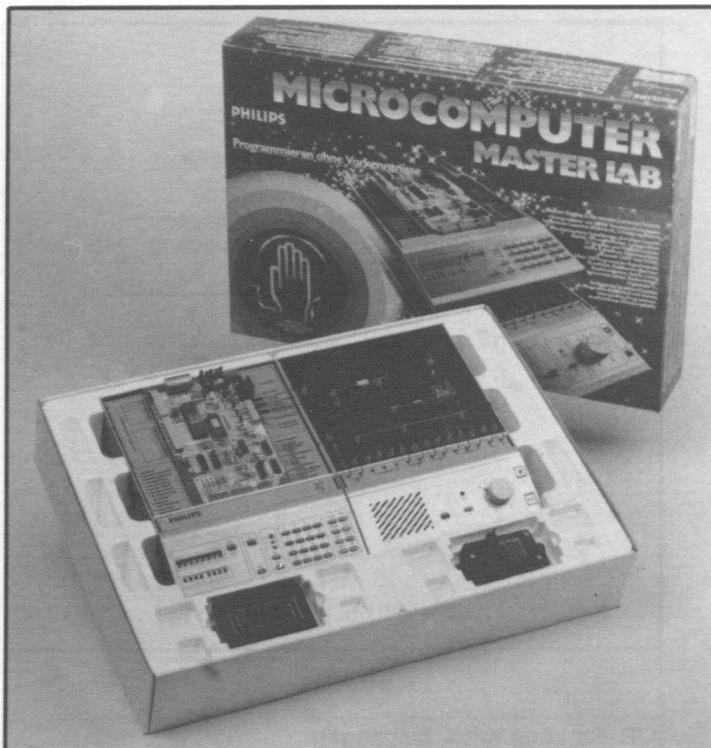
| Eingänge | | Ausgang |
|----------|---|---------|
| A | B | X |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

AND-Funktion mit 3 Eingängen

| Eingänge | | | Ausgang |
|----------|---|---|---------|
| A | B | C | X |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

OR-Funktion mit 4 Eingängen

| Eingänge | | | | Ausgang |
|----------|---|---|---|---------|
| A | B | C | D | X |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |



Aus dem Vorwort von Prof. Dipl.-Ing. Georg Guertler,
Vizepräsident der Fachhochschule Nürnberg:

Klein in den Abmessungen – aber groß in der Leistung.
Dank seiner vielseitigen Programme respektive Programmiermöglichkeiten ist dieser Microcomputer für nahezu jede Aufgabe geeignet. Er macht dem Anfänger den Einstieg leicht und bietet auch für den Fortgeschrittenen viele technische Möglichkeiten.

Aus dem umfangreichen Inhalt

Integrierte Cassetten-Elektronik
Zweites Schaltpult zum Aufbau der Außen-Peripherie
Microprozessor mit 38 000 Transistor-Funktionen
12 Festprogramme sind bereits eingespeichert (und erleichtern die Vorführung des Gerätes)
9 hochintegrierte Schaltkreise
8stelliges Leuchtdisplay
13 Leuchtdioden
Lautsprecher
27 Eingabe- und Funktionstasten
1024 x 8 Bits freie Speicherplätze
Speichercassette liegt bei und ist bereits mit weiteren Programmen versehen
Sehr umfangreiches Anleitungsbuch als kompletter Programmierlehrgang

Aus der Vielzahl der Experimente

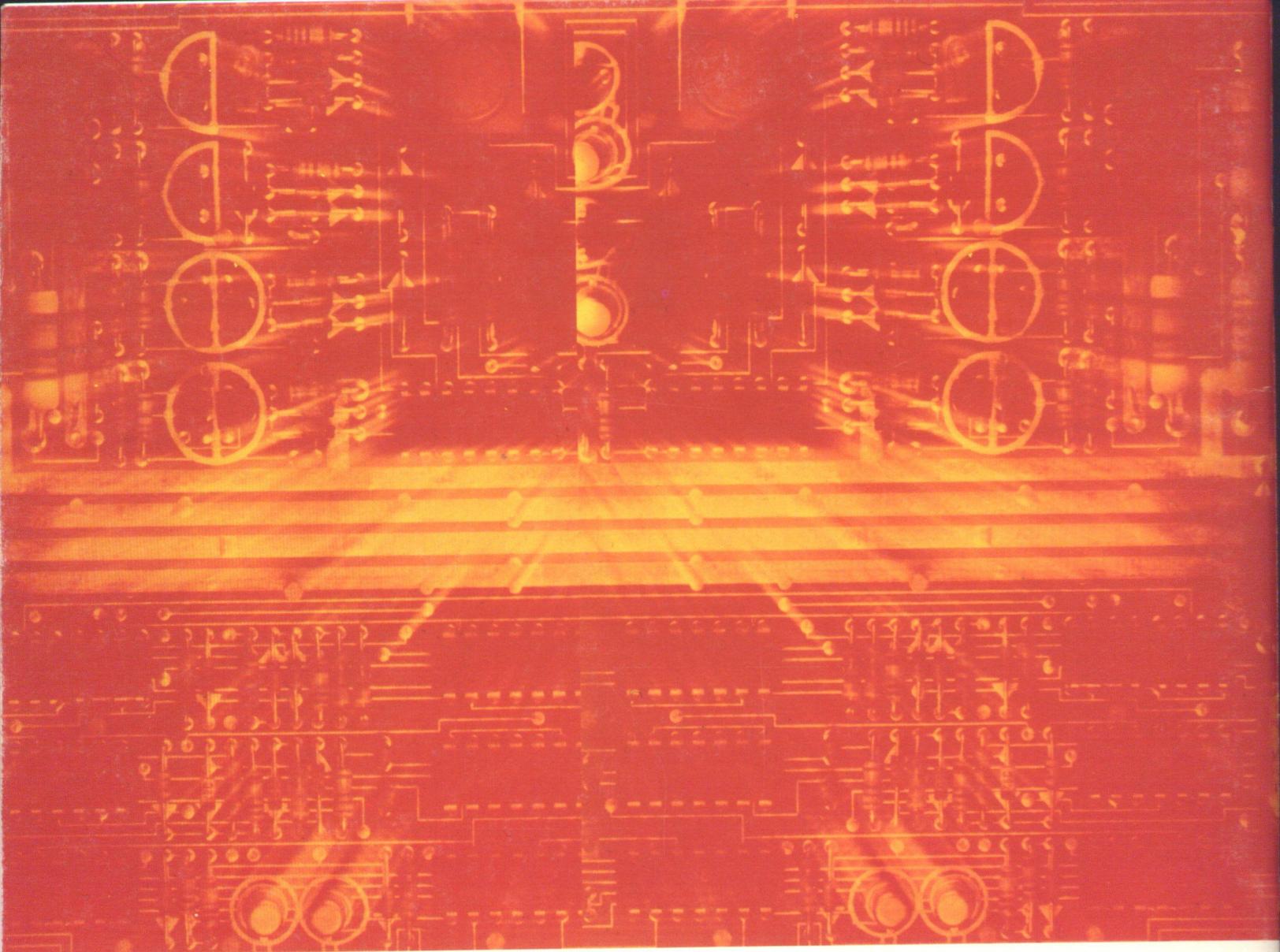
- Über 150 Programmier-Experimente:
- Lauflicht
- Elektronen-Rechner
- Reaktionstester
- Lichtschranken-zähler
- Radiowecker
- Digitaluhr, usw.
- Beiliegende Speicher-Cassette als Programm-Bibliothek mit bereits überspielten Programmen
- Musik-Programme
- Experimente mit der Außen-Peripherie
- Logische Verknüpfungen
- Mathematische Programme
- Komplexe Eisenbahnsteuerung (mit Zusätzen in Vorbereitung)

Unsere Anschrift lautet:

in Deutschland Georg Adam Mangold GmbH & Co. KG
Lange Straße 69-75
8510 Fürth/Bayern

in Österreich Spiel-Sport-Stadlbauer Ges.m.b.H.
Postfach 83
5027 Salzburg

in der Schweiz Witeco-Spielwaren AG
Birsstraße 58
4052 Basel



Aus der Vielzahl der Experimente: Digital-Stoppuhr
Elektronische Spiele
Funktionstabellen
Reaktionstester
Von bits und bytes

D