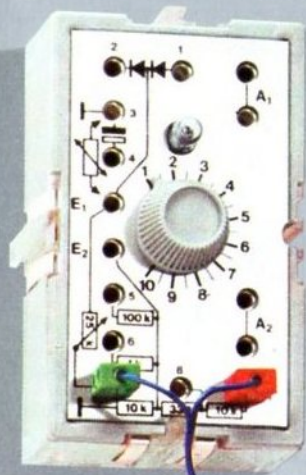


fischer **technik**[®] hobby **4**



Elektronik

Steuern und Regeln durch Licht, Wärme und Schall

electronics

controlling and regulating by light, heat and sound

electronique

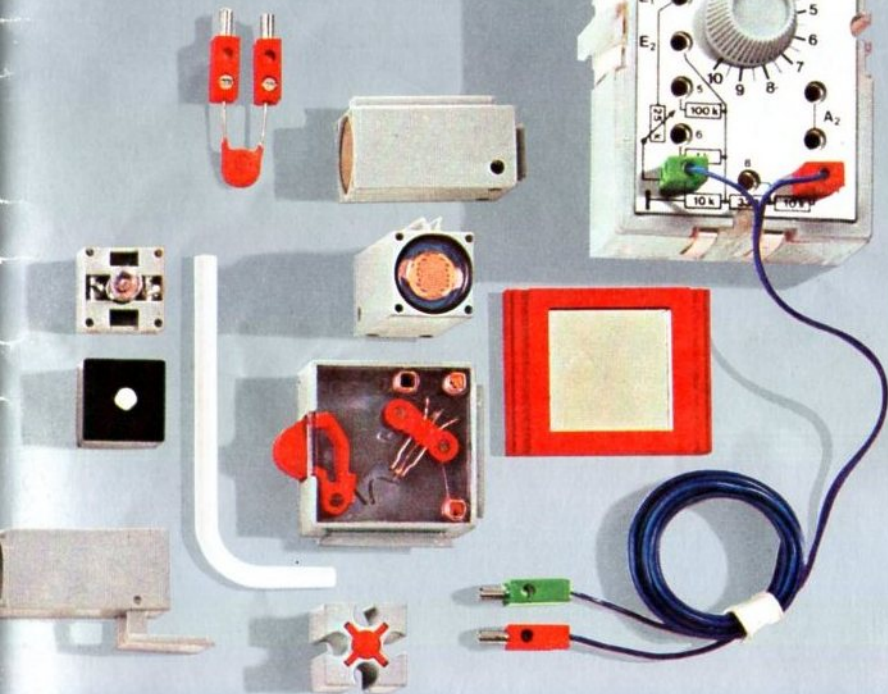
commande et réglage par la lumière, la chaleur et le son

elettronica

comandare e regolare con luce, calore ed onde sonore

elektronika

sturen en regelen door licht, warmte en geluid



fischer[®]technik hobby

das Programm der unbegrenzten Möglichkeiten.

Anleitung
zur Handhabung der einzelnen Bauelemente
mit Konstruktionsvorschlägen.



Vorwort

fischertechnik-hobby - das Programm der unbegrenzten Möglichkeiten

Für die anspruchsvollen Wünsche und individuellen technischen Neigungen der hobby-Konstrukteure wurde dieses, dem Ingenieurbau entsprechende System geschaffen. Mit den fischertechnik-hobby-Baukästen können unzählige Modelle nach dem Vorbild der Großtechnik oder nach eigenen Entwürfen entwickelt werden: statische oder mechanische, motorgetriebene oder elektromechanische bis zur elektronisch gesteuerten Konstruktion. Auch im Bereich der experimentellen Physik bietet das fischertechnik-hobby-System unerschöpfliche Möglichkeiten. Komplizierte Vorgänge der Technik können mit Hilfe der selbstentwickelten fischertechnik-Modelle dargestellt werden.

Das auf den folgenden Seiten vorgestellte komplette fischertechnik-hobby-Programm besteht aus 5 aufeinander abgestimmten Konstruktionsbaukästen:

- hobby 1 Grundkasten: Das Fundament für alle hobby-Baukästen
- hobby 2 Motor und Getriebe
- hobby S Statik: Brücken, Kräne, Türme
- hobby 3 Elektromechanik: Schalten und Steuern
- hobby 4 Elektronik: Steuern und Regeln durch Licht, Wärme und Schall

Jeder Kasten enthält ein auf den jeweiligen Baukastentyp abgestimmtes hobby-Handbuch, in dem die Handhabung, die Funktion der Bauelemente und ihr Zusammenwirken ausführlich dargestellt werden. Außerdem wird eine Anleitung zum Bau interessanter Funktionsmodelle gegeben, z. B. zum Thema Kraftfahrzeugtechnik, Werkzeugmaschinen, Automation, Hebezeuge, Steuer- und Regeltechnik oder Stahlbau. Es ist vorgesehen, in Kürze ein umfassendes hobby-Buch für das gesamte fischertechnik-hobby-Programm herauszubringen, in dem wei-

tere Funktionsmodelle aus dem Bereich der Technik, ähnlich wie in den Handbüchern, beschrieben werden. Das fischertechnik-System folgt den Prinzipien der modernen Technik. Die der Praxis entsprechenden völlig neuartigen Bauelemente machen dem Ingenieurbau gerecht werdende Konstruktionen möglich. Sämtliche Teile sind Präzisionselemente und aus hochwertigem Nylon und Terluran hergestellt.

Was ebenso wichtig ist - alle Verbindungen haben einen idealen Halt und die Modelle können ohne Werkzeuge schnell auf- und abgebaut werden.

fischertechnik-hobby ist die neue faszinierende Freizeit-Idee für alle, die ihre technisch konstruktiven Ambitionen verwirklichen möchten und ein Hobby mit unbegrenzten Möglichkeiten suchen.

hobby 4 Elektronik Steuern und Regeln durch Licht, Wärme und Schall

Mit dem Baukasten hobby 4 wird die moderne Technik der Steuerung durch Licht, Wärme und Schall erklärt und durch Experimente näher erläutert.

Das Kernstück von hobby 4 ist der Elektronik-Grundbaustein. Er enthält einen transistorierten Verstärker mit mehreren Ein- und Ausgängen. Er kann auch als transistorierter Schalter, Taktgeber oder Verzögerungsglied eingesetzt werden.

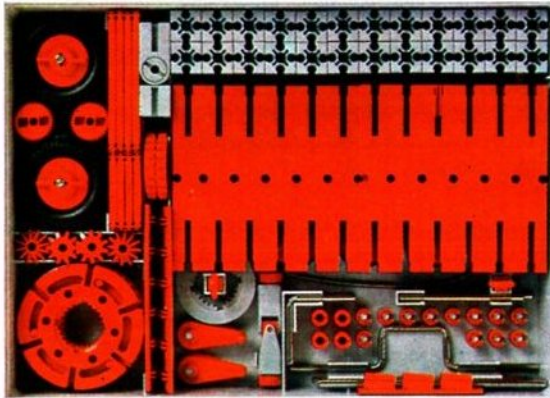
Als „Steuerfühler“ dienen zwei Lichtschranken – auch mit Sammellinsen und Spiegeln – ein Mikrofon-Lautsprecher-Baustein und ein NTC-Widerstand (= Wärmefühler). Die Stromversorgung erfolgt über einen Gleichrichter-Baustein aus dem gesondert zu beziehenden fischertechnik-Trafo.

Das hobby 4-Handbuch macht mit den wesentlichen der zahllosen Anwendungsmöglichkeiten der Schaltelektronik vertraut. Damit können Modelle berührungslos gesteuert und viele Aufgaben der Regeltechnik gelöst werden. Außerdem enthält das Handbuch zwei spezielle Experimente aus der Elektronik.

Das System ist unbegrenzt ausbaufähig. Weitere Elektronik-Bausteine (z. B. Logikgatter und flip-flops) stehen zur Verfügung. Damit kann das Gebiet der Digital-Elektronik, auf der die Computertechnik aufbaut, erschlossen und erklärt werden.

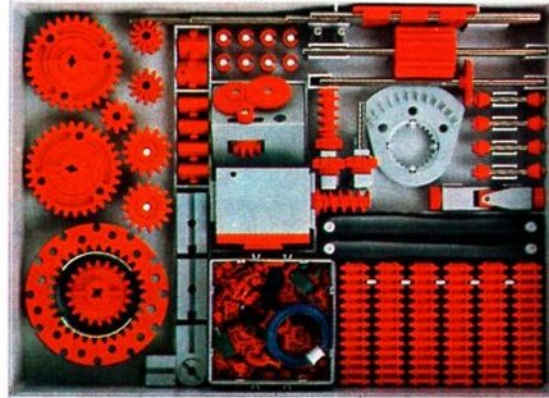
Empfehlenswert für das Arbeiten mit diesem hobby-Kasten sind Grundkenntnisse in der elektrischen Schaltungstechnik, die durch eine Beschäftigung mit dem Elektromechanik-Kasten hobby 3 erworben werden können.

Weitere interessante Themen und entsprechende Modellversuche, abgestimmt u. a. auf den hobby 4-Kasten, werden in dem getrennt herauskommenden hobby-Buch beschrieben.



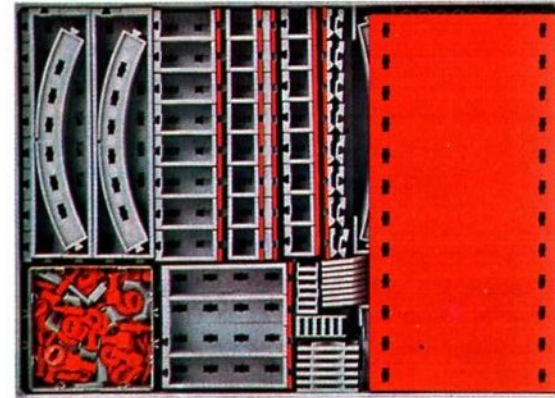
hobby 1 Grundkasten
Das Fundament für alle hobby-Baukästen

Große und kleine Grundplatte als Basis zum Aufbau von Konstruktionen. Die Nuten der Bausteine nehmen die Verbindungszapfen auf und dienen gleichzeitig als Lager für Achsen und Wellen einschließlich Kurbelwelle. Radnaben, große und kleine Reifen, Drehscheiben, verschiedene Zahnräder einschließlich Zahnstangen sowie Seiltrommeln, Haken, Handkurbeln, Exzentrerscheiben und Gelenke ermöglichen den Bau von Getrieben, Hebezeugen, Fahrzeugen und Maschinen.



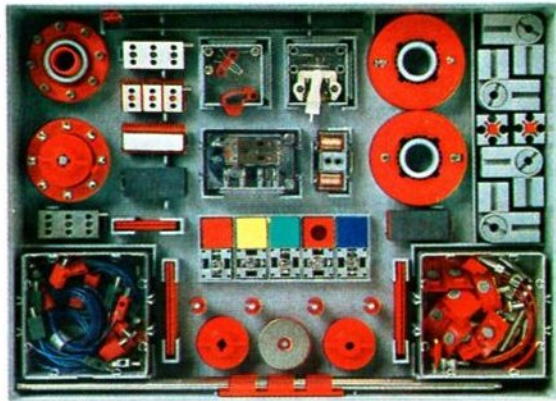
hobby 2 Motor und Getriebe

Motor mit aufsteckbarem Getriebewinkel mit Stufengetriebe, zahlreiche Zahnräder u. a. für ein Planetengetriebe, eine Getriebeschnecke, lange Achsen, Federfüße, Zahnstangen, Druckfedern und ein Kardangelenke. 4 Spurkranzräder, 2 Raupenbänder, eine in ihrer Länge beliebig regulierbare Gliederkette und ein komplettes Differentialgetriebe für den Bau von Fahrzeugen, Kränen und Maschinen. Der Motor ist für Gleichspannung 4,5 bis 8 Volt ausgelegt (Batteriestab fischertechnik mot.5 oder Trafo fischertechnik mot.4).



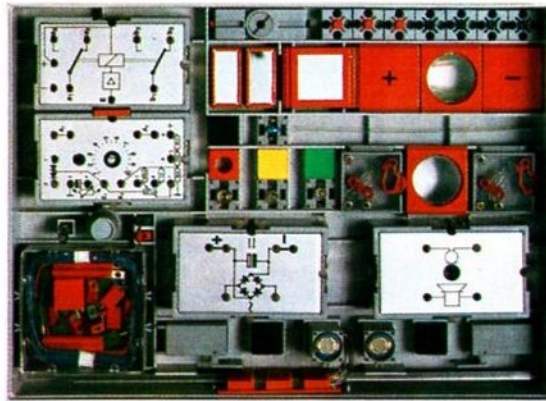
hobby S Statik
Brücken, Kräne, Türme

Seine Winkel- und Flachträger, Bogenstücke und Streben können mit den Bausteinen der anderen Baukästen beliebig kombiniert werden. Damit und in Verbindung mit den verschiedenen Knotenblechen, Laschen und den 3 großen Flachbauplatten lassen sich alle Konstruktionen des Stahlbaus verwirklichen. Die Montage aller Versteifungselemente erfolgt einfach durch den Schnellspannriegel. Die neuen Elemente eignen sich ebenso als Hebel, Stützen oder Verbindungselemente beim Bau von Maschinen und für die Steuerungstechnik.



hobby 3 Elektromechanik
Schalten und Steuern

Als Schaltelemente stehen Taster und Schalter mit Springkontakten sowie ein Drehschalter zur Verfügung, ebenso aus Einzelteilen zu bauende einfache Schalter. Ein Bimetallstreifen, eine Blattfeder und ein Relais ermöglichen thermische, mechanische und elektrische Steuerungen von Stromkreisen. Die Schleifringe dienen als Kontaktgeber für drehbare Teile und mit Hilfe von Unterbrechern als Programmgeber. Leuchtsteine in verschiedenen Farben für Beleuchtungszwecke, Dauer- und Elektromagnete für zahlreiche Modelle. Empfohlene Energiequelle: Trafo fischertechnik mot.4.











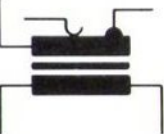



















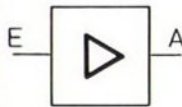




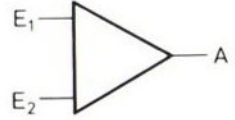


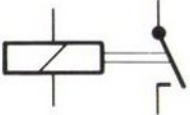

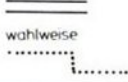
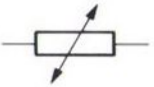

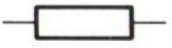
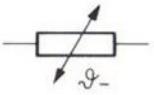


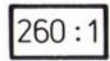
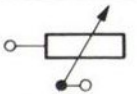


hobby 4 Elektronik
Steuern und Regeln durch Licht, Wärme und Schall

Das Kernstück, der komplett verdrahtete Grundbaustein, arbeitet als Steuerverstärker, elektronischer Schalter, Taktgeber oder Verzögerungsglied. Der Gleichrichterbaustein liefert Strom aus dem Trafo fischertechnik mot.4. Als berührungslose Fühler für Steuer- und Regelaufgaben stehen Lichtschranken mit Lampen, Linsen, Spiegeln und Blenden zur Verfügung, dazu ein Wärmefühler und ein Mikrofon/Lautsprecher. Mit dem Relaisbaustein und mechanischen Tastern lassen sich selbst komplizierte Modellanlagen betreiben.

hobby- PROGRAMM

Zur Freizeitgestaltung für Techniker, Tüftler und Bastler entwickelt für die Bereiche Statik, Mechanik, Elektromechanik und Elektronik.

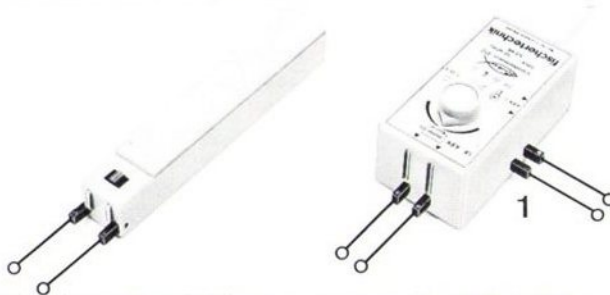
	Leitung, einfach		Einschaltglied		Batterie (galvanisches Element) mit Polaritätsangabe
	Leitung, beweglich		Umschaltglied		Batterie mit mehreren Zellen
	Leitung, bei wahlweiser Anwendung		Umschaltglied mit 3 Stellungen		
	Leitungskreuzung, ohne Verbindung am Kreuzungspunkt		Ein-Aus-Schalter, handbetätigt		Transformator mit Eisenkern, mit 1 Fest- und 1 stufig verstellbarer Anzapfung (z. B. fischer-technik-Trafo)
	Leitungsabzweigung		Umschalter, handbetätigt		
	Leistungsverbindung, nicht lösbar		Einschalt-Taster, handbetätigt (Ein-Taster, Schließer)		Meßinstrument, allgemein
	Leistungsverbindung, lösbar		Ausschalt-Taster, handbetätigt (Aus-Taster, Öffner)		Voltmeter
	Buchse mit Stecker		Umschalt-Taster, handbetätigt (Wechsler)		Amperemeter
	Stecker, beweglich		Wechselstrom		
ELEKTRISCHE SCHALTZEICHEN			Gleichstrom		
			Gleich- oder Wechselstrom (Allstrom)		
		6V~	Spannung in Volt, mit Stromartangabe		

	Glühlampe		Kondensator, allgemein		Verstärker, allgemein
	Linsenlampe		Elektrolyt-Kondensator (Polung beachten)		
	Gleichstrom-Motor		Spule mit Eisenkern und Luftspalt		Operationsverstärker
	Elektro-Magnet		Fotowiderstand		
	Relais mit 1 Wicklung und 1 Arbeitskontakt		Fotowiderstand mit vor- gesetzter Störlichtkappe		mechanische Wirkverbindung
			Widerstand, stetig selbstverstellend in-Ab- hängigkeit von physikalischer Größe		Trennlinie zwischen 2 Geräten
	Widerstand, allgemein		desgleichen, mit Kenn- zeichnung des negativen Temperaturkoeffizienten (NTC-Widerstand)		Geräteumrandung
	Verstellbarkeit, allgemein				mech. Getriebe mit Angabe des Über- setzungsverhältnisses
	Widerstand, veränderlich		Halbleiterdiode, Spitze weist in Durchlaßrichtung (techn. Stromrichtung)	Falls nichts anderes angegeben, zeigen alle Schaltbilder den stromlosen Zustand.	
	Potentiometer				

Grundlagen der elektrischen Schaltungstechnik

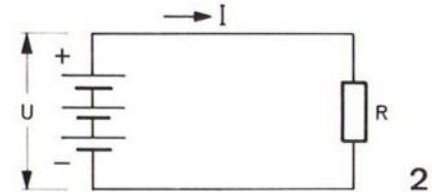
Weil das selbständige Arbeiten mit den neuen Bauelementen Ihres hobby-Baukastens h 4 und das Verständnis für die beschriebenen Schaltungen doch einige Grundkenntnisse der Elektrotechnik und der elektrischen Schaltungstechnik voraussetzt, ist an dieser Stelle das Wichtigste zusammengefaßt. Sie haben durch Versuche und Modellsteuerungen mit Ihrem hobby-Baukasten h 3 sicher schon selbst entsprechende Erfahrungen gesammelt.

Energiequelle Die Ausführung elektrischer und elektronischer Steuerungen setzt den Besitz einer Energiequelle voraus. Für Ihre Versuche sollten Sie einen fischertechnik-Trafo (Bild 1) benutzen. Er transformiert die Spannung von 220 V Ihres Lichtnetzes in gefahrlose Wechselspannung von 6,8 V herab und liefert zusätzlich eine zwischen 1,8 und 6,8 V einstellbare Gleichspannung.



Energiequellen mit Gleichspannungen über 10 V dürfen nicht benutzt werden, weil die elektronischen Bauelemente nur für Spannungen bis maximal 10 V ausgelegt sind.

Elektrische
Grundsaltungen:
der geschlossene
Stromkreis



Das Schaltbild (Bild 2) zeigt das Prinzip eines geschlossenen Stromkreises. Der elektrische Widerstand und die Batterie mit drei Zellen sind durch Symbole (= Schaltzeichen) dargestellt.

In den weiteren Schaltbildern wird die Energiequelle nicht mehr exakt dargestellt. Es erfolgt nur die Angabe der Spannungsart (Gleich- oder Wechselspannung) und die Höhe der Spannung z. B. $6\text{ V}\approx$. Das Zeichen \approx bedeutet, daß Sie wahlweise an die Gleich- oder Wechselspannungsbuchsen Ihres Trafos anschließen dürfen. Nur wenn bei Gleichspannung die „Polarität“ der Anschlüsse vorgeschrieben ist, wird dies durch + und - gekennzeichnet.

Schließt man an eine elektrische Energiequelle mit zwei Leitungen einen „Verbraucher“ z. B. eine Lampe oder einen Motor, ganz allgemein einen elektrischen Widerstand an, so fließt der Strom von der Stromquelle über eine Leitung zum Widerstand und von dort über eine zweite Leitung durch die Stromquelle zum Ausgangspunkt zurück.

Die Stärke des Stromes I hängt von der Höhe der elektrischen Spannung U der Energiequelle und von der Größe des elektrischen Widerstandes R ab.

Ohmsches Gesetz

Sind zwei dieser drei elektrischen Größen bekannt, so kann man die dritte leicht ausrechnen nach dem Ohmschen Gesetz:

$$U = I \cdot R$$

Mit Kenntnis dieser Formel lässt sich eine noch nicht genau abgestimmte elektrische Schaltung leicht in die gewünschte Richtung verändern.

Die Spannung U wird in Volt (V), der Strom I in Ampere (A) oder Milliampere (mA) und der Widerstand in Ohm (Ω) oder Kiloohm ($K\Omega$) oder in Megohm ($M\Omega$) angegeben.

Elektrische Leistung

Die elektrische Leistung, die im Widerstand, in Wärme oder in anderen Verbrauchern in andere Energieformen umgewandelt wird, errechnet man nach der Formel:

Leistung P (Watt) = Spannung U (Volt) · Strom I (Ampere)

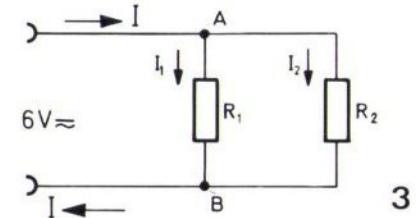
Dafür kann man auch schreiben:

$$P = I^2 \cdot R$$

$$= \frac{U^2}{R}$$

Die Einheit der Leistung ist das Watt (W) oder das Kilowatt (KW)

Parallelschaltung Sollen mehrere Verbraucher, z. B. Lampen voneinander unabhängig an ein und dieselbe Energiequelle angeschlossen werden, so schaltet man sie in „Parallelschaltung“ an die Energiequelle (Bild 3).



Der aus der Energiequelle kommende Strom I teilt sich im Punkt A in die Zweigströme I_1 und I_2 . Im Punkt B vereinigen sich die beiden Teilströme wieder zum Strom I .

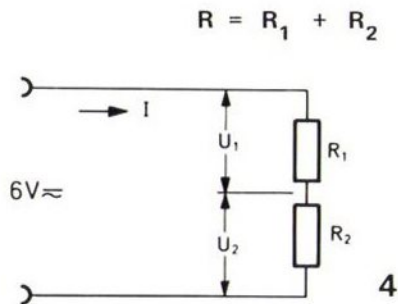
$$I = I_1 + I_2$$

Die beiden Widerstände R_1 und R_2 könnte man rechnerisch ersetzen durch einen einzigen Widerstand R .

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Ist R_1 gleich R_2 , so ist R gleich $R_1 / 2$, also halb so groß wie jeder Widerstand für sich. Ist R_2 dagegen sehr groß gegen R_1 , z. B. $R_2 = 10 \cdot R_1$, so kann man R in erster Näherung etwas kleiner als R_1 annehmen.

Reihenschaltung Schaltet man zwei Widerstände R_1 und R_2 „in Reihe“, so ist der Gesamtwiderstand



Der Strom, der durch R_1 fließt, muß auch durch R_2 fließen. An jedem der beiden Widerstände kann man eine Teilspannung U_1 bzw. U_2 messen. Die Gesamtspannung:

$$U = U_1 + U_2$$

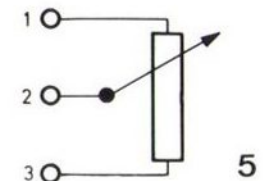
Die Teilspannungen verhalten sich wie die Widerstände:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Schalten Sie bitte zwei verschiedene Glühlampen (eine Linsen- und eine Kugellampe) in Reihe an Ihren Trafo.

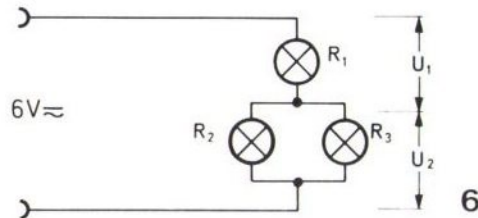
Sie beobachten (bei seitlicher Ansicht, also ohne die Wirkung der Linse), daß eine der Glühlampen heller leuchtet. Der Wert des elektrischen Widerstandes dieser Lampe ist größer als der der anderen Lampe. Warum?

Spannungsteiler Die Reihenschaltung eines oder mehrerer Widerstände ermöglicht es, von einer vorhandenen Spannung U nur einen Teil, z. B. die Spannung U_1 auszunutzen. Aus den genannten Formeln können Sie nach entsprechender Umformung die benötigten Werte der Widerstände errechnen.



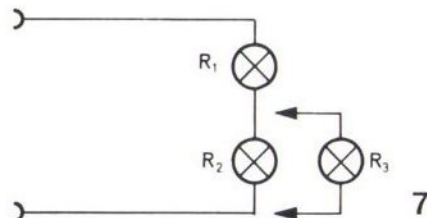
In der Technik benötigt man häufig kontinuierlich veränderliche Widerstände. Oder einen Widerstand, bei dem jeder beliebige Zwischenwert abgegriffen werden kann, ein sog. Potentiometer. Bild 5 zeigt das Schaltbild eines Potentiometers. Legt man an die Buchsen 1 und 3 eine Spannung U , so kann durch Drehen des Potentiometerdrehknopfes zwischen den Punkten 3 und 2 oder 1 und 2 jede beliebige Teilspannung abgegriffen werden.

Reihen-Parallel-Schaltung Bild 6 zeigt eine Reihen-Parallel-Schaltung von drei Glühlampen.



Überlegen Sie, welche der drei Lampen relativ hell und welche relativ dunkel brennt (vorausgesetzt, daß $R_1 = R_2 = R_3$).

Obige Schaltung mit drei Lampen kann man sich auch als Spannungsteiler mit angeschalteter Last R_3 vorstellen. In diesem Fall zeichnet man das Schaltbild besser wie in Bild 7 gezeigt.



Probieren Sie diese Schaltung aus. Sie werden beim Anschalten des Widerstandes R_3 feststellen, daß die Span-

nung U_2 „zusammenbricht“. Sie sehen es an der stark abnehmenden Helligkeit der Lampe 2.

Bei einem Spannungsteiler soll dieser Effekt im allgemeinen nicht auftreten. Deshalb muß man darauf achten, daß der Spannungsteiler $R_1 + R_2$ „niederohmig“ gegen R_3 ist.

Taster und Schalter

Sie erinnern sich:

Ein Taster schließt oder unterbricht eine Leitung nur solange die Handhabe des Tasters, z. B. der Druckknopf betätigt wird.

Schalter sind dagegen sog. „Speicher“. Der durch die Betätigung des Schalters bewirkte Schaltzustand bleibt aufrechterhalten, unabhängig davon, wann die Handhabe wieder freigegeben wird.

Für Steuer- und Regelaufgaben interessieren im allgemeinen nur Druck- und Zugtaster, bzw. Zug- und Druckschalter. In den Bildern 8 und 9 sind die genannten Schaltzeichen dargestellt.

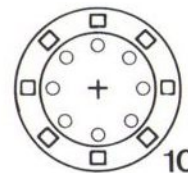
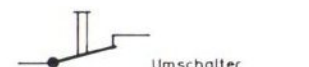
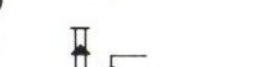


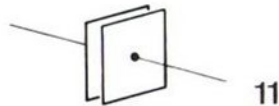
Bild 10 zeigt einen 8 stufigen Drehschalter



Der Kondensator

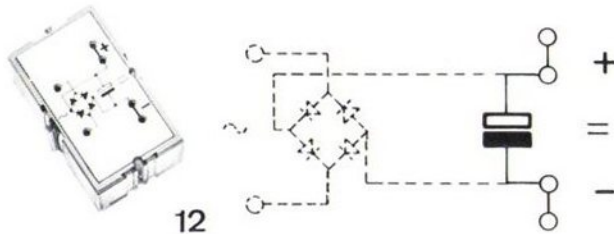
Schaltzeichen
eines
Kondensators

Der Kondensator besteht im einfachsten Falle aus zwei großen Metallplatten, die möglichst dicht beieinander stehen, ohne sich zu berühren.



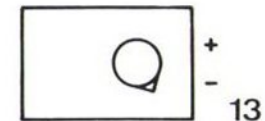
Schaltzeichen
eines gepolten
Elektrolyt-
kondensators

Für unsere Versuche verwenden wir den im Gleichrichterbaustein eingebauten Kondensator, der eingebaute Gleichrichter tritt dabei nicht in Funktion.

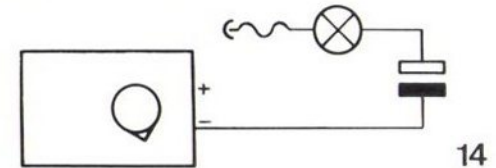


fischertechnik-
Transformator

Als Spannungsquelle wird ein fischertechnik-Transformator benutzt. Der Zusammenhang zwischen der Polarität an den Gleichstrombuchsen und der Drehknopfstellung ist in Bild 13 dargestellt.



Bauen Sie jetzt die in Bild 14 gezeigte Schaltung auf, die Verbindung von Lampe zu Trafo lassen Sie noch offen.



Ladestrom Die Lampe wird nun mit der Plusbuchse des Trafos verbunden, dabei leuchtet die Lampe kurz auf, um danach wieder zu erlöschen. (Leuchtet die Lampe dauernd, so stimmt die Polung nicht, die Anschlüsse am Trafo sind zu vertauschen.) Über die Lampe floß ein Ladestrom, der den Kondensator auf die Spannung des Trafos auflud. Ist der Kondensator aufgeladen, fließt kein Strom mehr.

Der Kondensator sperrt Gleichstrom.

Beim Laden saugt die Spannungsquelle (Trafo) von einer Platte (+ Platte) Elektronen ab und pumpt sie auf die andere Platte (- Platte). Es entsteht auf der einen Platte Elektronenmangel (+ Platte) und auf der anderen Platte Elektronenüberschuß (- Platte). Durch den Kondensator selber kann nie ein Strom fließen, weil die beiden Platten durch

Die elektronischen Bausteine des hobby 4

Halbleitermaterial

In der modernen Elektronik spielen die sogenannten Halbleiterbauelemente eine entscheidende Rolle. Halbleitermaterialien sind z. B. Germanium, Silizium, Selen, Galliumarsenid, Cadmiumsulfid usw. Durch entsprechende Wahl und Dotierung (gezielte Verunreinigung mit bestimmten Fremdstoffen) und sehr häufig durch Zusammenbringen verschieden dotierter Halbleitermaterialien werden eine Vielzahl von verschiedenen physikalischen Wirkungen erzielt. Überall wo solche Bauelemente eingesetzt werden, spricht man von Elektronik, dies ist auch die Abgrenzung zur allgemeinen Elektrotechnik.

Elektronenröhre

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß auch die Elektronenröhre zu den elektronischen Bauelementen zählt. Die Elektronenröhre wird aber in neueren Geräten meist nur noch für Spezialaufgaben (z. B. Fernseh-Bildröhre) eingesetzt.

Wir wollen nun nicht die Technologie und die doch etwas komplizierte Halbleiterphysik, sondern die für die Anwendung wesentlichen Eigenschaften verschiedener Halbleiterbauelemente kennenlernen. Zuerst betrachten wir den Fotowiderstand und seine Funktion.

Der Fotowiderstand

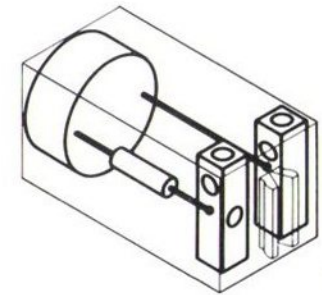
Der Fotowiderstand dient in entsprechend aufgebauten Schaltungen als Steuerelement.

Eigenschaft des Fotowiderstandes

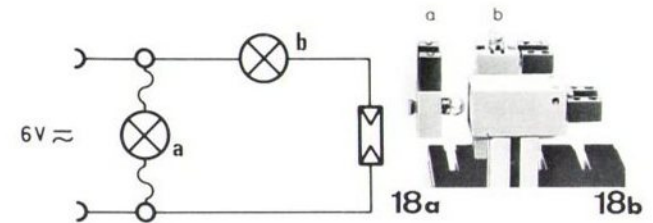
Je stärker die lichtempfindliche Schicht des Fotowiderstandes beleuchtet wird, um so kleiner wird der Wert seines elektrischen Widerstandes.

Diese Eigenschaft können Sie leicht mit folgendem Versuch nachprüfen.

Anschlußmöglichkeiten beim fischertechnik-Fotowiderstand



17

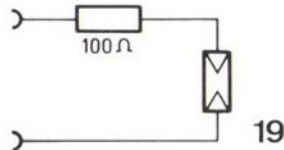


Mit Lampe a wird der Fotowiderstand durch Verkleinerung des Abstandes zunehmend stärker beleuchtet, bei kleinem Abstand beginnt Lampe b zu glimmen.



Durch die Widerstandsabnahme des Fotowiderstandes nimmt der Strom zu und bringt Lampe b zum Glimmen.

Überlastungsschutz Um den Fotowiderstand vor Überlastung zu schützen, ist ihm ein Schutzwiderstand von 100Ω in Reihe geschaltet.

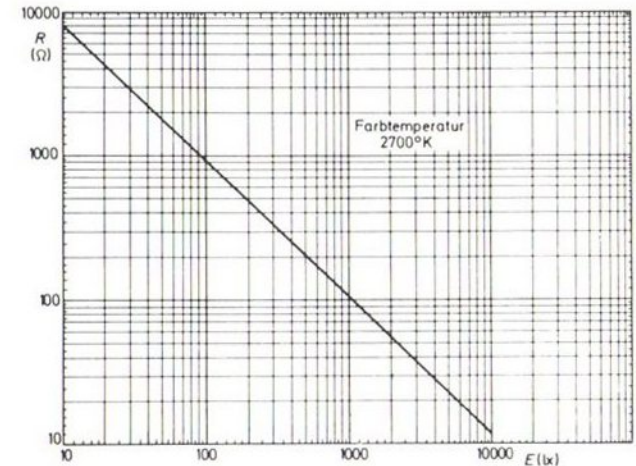


Minimaler Widerstandswert bei sehr heller Beleuchtung Der Widerstandswert des Fotowiderstandes sinkt bei sehr heller Beleuchtung auf ca. 30Ω . Durch die Reihenschaltung mit dem Schutzwiderstand ergibt sich ein minimaler Widerstand zwischen den äußeren Anschlüssen von ca. 130Ω .

Durch diesen Restwiderstand kann der normale Lampenstrom von 100 mA natürlich nicht erreicht werden. Es ergibt sich ein max. Strom von ca. 30 mA . Dadurch kann die Lampe nie die volle Helligkeit erreichen.

Dunkelwiderstand Der sogenannte Dunkelwiderstand des Fotowiderstandes (Widerstandswert nach 30 min. absoluter Dunkelheit) liegt bei ca. $10\,000\,000 \Omega = 10 \text{ M}\Omega$.

In Bild 20 ist die Abhängigkeit des Widerstandes von der Helligkeit grafisch dargestellt, der Schutzwiderstand von 100Ω ist dabei nicht berücksichtigt, er muß zu den jeweils abgelesenen Werten noch dazuaddiert werden.



20



Eigenschaft des NTC-Widerstandes

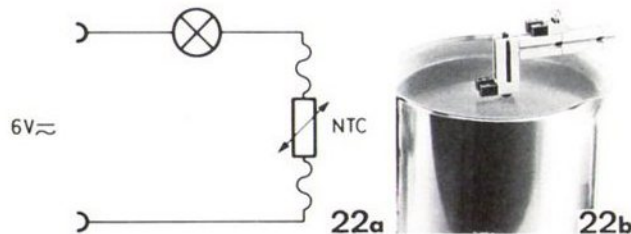
Der NTC-Widerstand

Der NTC-Widerstand dient in entsprechend aufgebauten Schaltungen als Steuerelement.

NTC ist die Abkürzung für Negativer-Temperatur-Coeffizient (auch „Heißeleiter“ genannt).

Je stärker der NTC-Widerstand erwärmt wird, um so kleiner wird der Wert seines elektrischen Widerstandes.

Diese Eigenschaft können Sie mit folgendem Versuch nachprüfen.

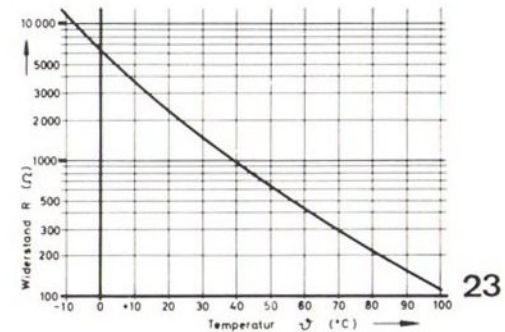


Tauchen Sie den NTC-Widerstand in ca. 100° C heißes Wasser, die Lampe beginnt zu glimmen.

Nehmen Sie den NTC-Widerstand aus dem Wasser und lassen Sie ihn abkühlen, die Lampe wird dunkler und erlischt.

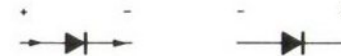
Durch die Widerstandsabnahme des NTC-Widerstandes nimmt der Strom zu und bringt die Lampe zum Glimmen.

Widerstandswert bei 100° C Bei der Temperatur von 100° C beträgt der Widerstandswert von unserer verwendeten Type des NTC-Widerstandes ca. 100 Ω . Die Widerstandswerte bei anderen Temperaturen können der grafischen Darstellung Bild 23 entnommen werden.



Die Halbleiterdiode

Die Diode ist ein elektrisches Ventil, das den elektrischen Strom in einer Richtung fließen läßt, in entgegengesetzter Richtung aber sperrt.



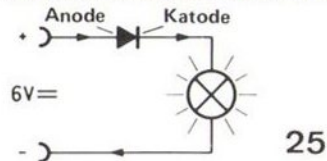
Durchlaßrichtung Sperrrichtung
Stromrichtungspfeile = techn. Stromrichtung

24

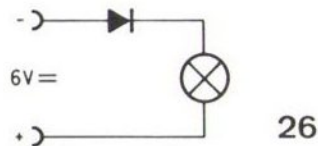
Technische Stromrichtung Elektronenflußrichtung Die Pfeilrichtung des Diodensymbolzeichens wurde nach der technischen Stromrichtung festgelegt. Da die tatsächliche Elektronenbewegung aber genau entgegengesetzt zu der festgelegten technischen Stromrichtung erfolgt, ergibt sich der scheinbare Widerspruch, daß die Elektronen entgegengesetzt zu der Pfeilrichtung des Diodensymbolzeichens fließen.

Einweg-Gleichrichtung mit Halbleiterdiode

Wir benutzen dazu den Gleichrichterbaustein. Von ihm verwenden wir aber nur eine der 4 eingebauten Dioden. Der eingebaute Kondensator ist dabei außer Funktion.



Liegt an der Anode der Diode + und an dem Anschluß zur Lampe -, so ist die Diode in Durchlaßrichtung gepolt, es fließt Strom, die Lampe leuchtet.

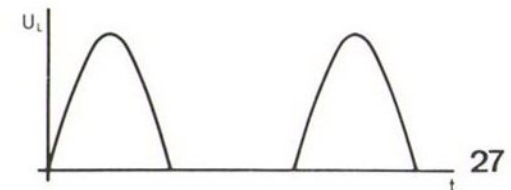


Liegt an der Anode der Diode - und an dem Anschluß der Lampe +, so ist die Diode in Sperrichtung gepolt, es fließt kein Strom, die Lampe bleibt dunkel.

Nun schließen wir unsere Versuchsschaltung an den Wechselspannungsbuchsen des Trafos an.

Die Lampe leuchtet nur etwa mit halber Helligkeit. Nur während der positiven Halbwellen der Wechselspannung

liegt Spannung an der Lampe (U_L), die negativen Halbwellen werden von der Diode gesperrt.



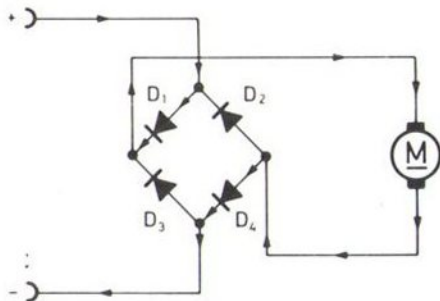
Wenn wir die Lampe durch den fischertechnik-Motor ersetzen, so stellen wir fest, daß er, wie die Lampe, nur mit halber Leistung arbeitet.

Nachteil der Einweg-Gleichrichtung

Diese Einweg-Gleichrichtung stellt die einfachste Form einer Gleichrichterschaltung dar. Sie hat den Nachteil, daß die angebotene elektrische Energie nur zur Hälfte genutzt wird, da die negativen Halbwellen lediglich unterdrückt bzw. gesperrt werden.

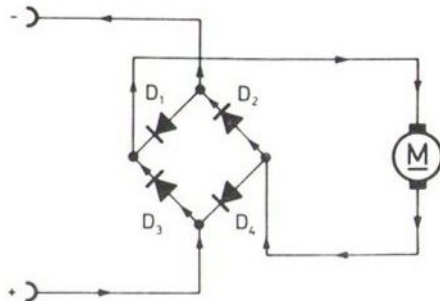
Zweiweg-Brücken-Gleichrichtung mit 4 Halbleiterdioden

Um beide Halbwellen ausnutzen zu können, benötigt man einen Brückengleichrichter, der aus 4 Einzeldioden besteht. Im Gleichrichterbaustein steht er zur Verfügung.



28

Bei der positiven Halbwelle übernehmen die Dioden D_1 und D_4 die Stromleitung, da diese in Flußrichtung, die Dioden D_2 und D_3 dagegen in Sperrichtung gepolt sind.



29

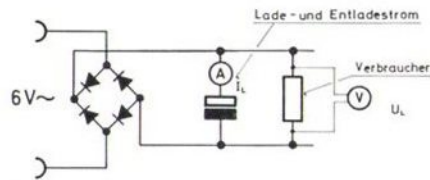
Bei der negativen Halbwelle übernehmen die Dioden D_2 und D_3 die Stromleitung, da diese jetzt in Flußrichtung, die Dioden D_1 und D_4 dagegen in Sperrichtung gepolt sind. Über den Verbraucher (Motor) fließt also Strom,

während der positiven und der negativen Halbwelle der Trafospannung, aber immer in gleicher Richtung, d. h. nur in positiven Halbwellen. Der Motor dreht sich deshalb immer in gleicher Richtung, im Gegensatz zu der Einweg-Gleichrichtung aber mit voller Leistung.

Zweck des Ladekondensators

- Gleichstrom Gleichstrom ist definiert als ein Strom, der immer in gleicher Richtung und gleicher Stärke fließt. Mit der Gleichrichtung wurde das Fließen des Stromes in gleicher Richtung erreicht, seine Stärke wechselt aber noch zwischen einem maximalen Wert und dem Wert 0. Nach der Definition ist dies also kein Gleichstrom, aber auch kein Wechselstrom, da dieser als ein Strom definiert ist, der laufend seine Richtung und seine Stärke ändert.
- Wechselstrom
- Mischstrom Der Strom nach der Gleichrichtung wird deshalb als eine Mischung bzw. Überlagerung von einem Gleich- und Wechselstrom betrachtet und deshalb als Mischstrom bezeichnet.

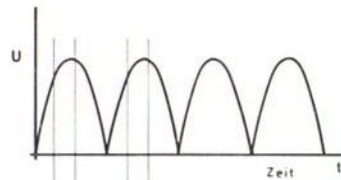
Ein Mischstrom bzw. eine Mischspannung kann mit Hilfe eines Kondensators großer Kapazität zu einer Gleichspannung geglättet werden.



30a

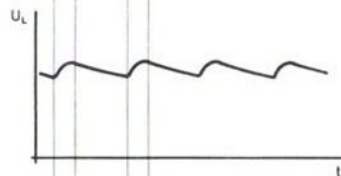
Spannungsverlauf
nach der Zweiweg-
Gleichrichtung

ohne Lade-
kondensator



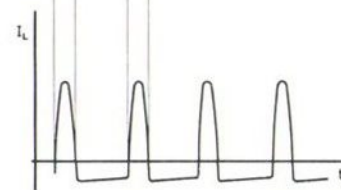
30b

mit Lade-
kondensator



30c

Lade- und
Entladestrom des
Kondensators

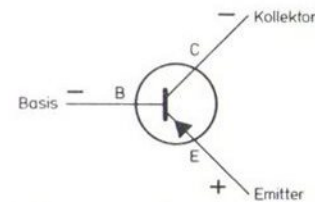


30d

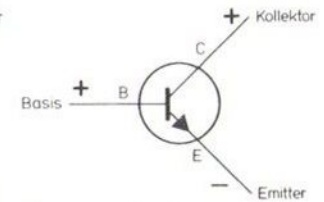
Überschreitet die Spannung nach dem Gleichrichter die Spannung des Ladekondensators, so fließt ein relativ großer Ladestrom. Zwischen den Halbwellen unterschreitet die Spannung nach dem Gleichrichter die Kondensatorspannung, dadurch kann kein Ladestrom mehr fließen. Je nach angeschlossenem Verbraucher entlädt sich der Kondensator zwischen den Halbwellen um einen geringen Betrag. Diese geringfügigen Schwankungen der Kondensatorspannung nennt man Restwelligkeit oder Restbrumm. Je größer der Strom ist, den der angeschlossene Verbraucher fließen läßt, um so größer wird der Restbrumm.

Der Transistor

Der Transistor ist ebenfalls ein modernes Halbleiterbauelement, das aus 3 verschiedenen dotierten Schichten besteht, die durch je einen Anschluß nach außen herausgeführt sind. Die Techniker nennen diese „Basis“, „Kollektor“ und „Emitter“. Nach der Reihenfolge der Schichten unterscheidet man 2 verschiedene Transistortypen. Die Schaltbilder dafür sind sehr ähnlich; sie sollten nicht verwechselt werden.



31a pnp-Typ

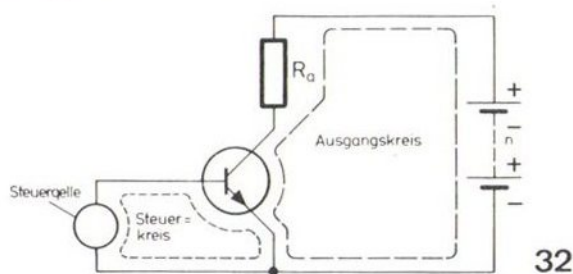


31b npn-Typ

In den Schaltbildern zeigt der Pfeil, das Sinnbild für den Emitter, einmal zur Basis und einmal von der Basis weg. Einmal legt man den Kollektor, das andere Mal den Emitter an „Minuspotential“.

Verstärkung Der Transistor soll die zur Verfügung stehende „Steuerleistung“ verstärken. Zur Lösung dieser Aufgabe schaltet man 2 Elektroden des Transistors in den sogenannten „Steuerkreis“, der auch „Eingangskreis“ genannt wird und 2 Elektroden an den „Schaltkreis“ des Verstärkers, der auch „Ausgangskreis“ genannt wird. Eine der drei Elektroden wird also gemeinsam benutzt. Bei der Emitter-schaltung ist dies der Emitter, bei der Basisschaltung die Basis und bei der Kollektorschaltung der Kollektor.

Die am meisten verwendete Schaltung ist die Emitter-schaltung (Bild 32).



Bei einer Steuerspannung kleiner als 0,5 V zwischen Basis und Emitter fließt bei einem Siliziumtransistor prak-

tisch noch kein Basis- und kein Kollektorstrom. Wird die Steuerspannung auf 0,6 bis 0,7 V vergrößert, beginnt ein kleiner Basisstrom (Steuerstrom) zu fließen. Dieser wird durch eine charakteristische Eigenschaft des Transistors, der Stromverstärkung, auf den vielfachen Wert verstärkt (20 - 600 fach je nach Transistortype) und steht als Kollektorstrom am Kollektor des Transistors zur Verfügung.



Der Gleichrichterbaustein

Elektronische Schaltungen benötigen in der Regel eine Gleichspannung als Betriebsspannung, um funktionieren zu können. Der Gleichrichterbaustein mit Ladekondensator dient dazu, die Trafo-Wechselspannung in eine Gleichspannung umzusetzen, die als Betriebsspannung für die Elektronikschaltungen geeignet ist. Seinem Eingang wird die Trafo-Wechselspannung zugeführt.

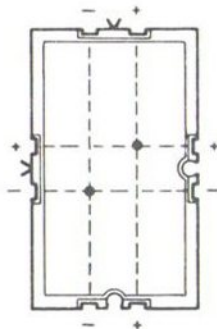
**Grenzwerte
Bedienungsricht-
linien**

Damit der Baustein nicht beschädigt wird, darf die zugeführte Wechselspannung max. 8 V effektiv betragen. Auf keinen Fall darf die Wechselspannung den Ausgangsbuchsen zugeführt werden. Eine Gleichspannung von max. 10 V darf den Ausgangsbuchsen in Ausnahmefällen zugeführt werden, wenn mit Sicherheit auf polrichtigen Anschluß geachtet wird.

An seinen Ausgangsbuchsen, die mit - und + bezeichnet sind, steht dann automatisch eine Gleichspannung je nach Belastung von 7 - 10 V zur Verfügung.

Stromverteilungsschienen

Damit den einzelnen Elektronik-Schaltungen nicht mit Strippen die Betriebsspannung zugeführt werden muß, sind in jedem Baustein Kontaktstreifen als Stromverteilungsschienen untergebracht. Wenn Sie den Gleichrichterbaustein und die übrigen 3 Bausteine von unten und von der Seite betrachten, können Sie diese leicht erkennen. Der Ausgang des Gleichrichterbausteins ist mit diesen Kontaktstreifen verbunden, die Polarität ist in Bild 34 dargestellt.



34



35

Zwischenstecker

Sie können Elektronik-Bausteine an allen 4 Seiten anbringen und durch Einschieben der Zwischenstecker (Bild 35) die polrichtige Verbindung zur Betriebsspannungsversorgung herstellen.



36

Schaltverstärker

Der Relais-Baustein

Die Arbeitsweise und der Zweck eines Relais wurde im Begleitheft von „hobby 3“ beschrieben. Wir wollen hier noch einmal die wichtigsten Dinge wiederholen:

Das Relais ist ein elektromagnetisch betätigter Schalter.

Die el. Schaltleistung kann größer sein als die aufzuwendende el. Steuerleistung, das Relais kann deshalb als Schaltverstärker eingesetzt werden.

Entkopplung

Der Steuerstromkreis kann elektrisch getrennt vom Schaltstromkreis aufgebaut werden. Das Relais kann deshalb zur Entkopplung zwischen zwei Stromkreisen dienen.

Ein Relais kann mit mehreren Schaltkontakten bestückt sein, die mechanisch gekoppelt, aber elektrisch voneinander unabhängig sind.

Das Relais von „hobby 3“ ist mit 2 Umschaltkontakten ausgestattet, die elektrisch getrennt, mechanisch aber gekoppelt sind. Die Kontaktbestückung ist beim Relais-Baustein von „hobby 4“ in gleicher Weise ausgeführt. Dies geht auch sofort aus dem Schaltbild hervor, das auf der Oberseite des Relais-Bausteines aufgebracht ist.

Transistor-Schaltverstärker

Im Gegensatz zum Relais von „hobby 3“ ist im Relais-Baustein von „hobby 4“ der Relaispule ein Transistor-Schaltverstärker vorgeschaltet. Dieser benötigt, um arbeiten zu können, eine Gleichspannung von min. 7 V und max. 10 V als Betriebsspannung. Warum dieser Schaltverstärker eingebaut ist, wird zu einem späteren Zeitpunkt erläutert.

Um die Arbeitsweise des Relais-Bausteines zu erproben bauen Sie, die in Bild 37 dargestellte Schaltung auf. Vergessen Sie dabei den Verbindungsstecker für die Stromversorgung nicht.

Wird der Taster nicht gedrückt, so leuchtet Leuchtstein grün, Leuchtstein rot bleibt dunkel.

Beim Drücken des Tasters leuchtet Leuchtstein rot, Leuchtstein grün erlischt.

Wird Buchse E mit Buchse - verbunden, zieht das Relais an.

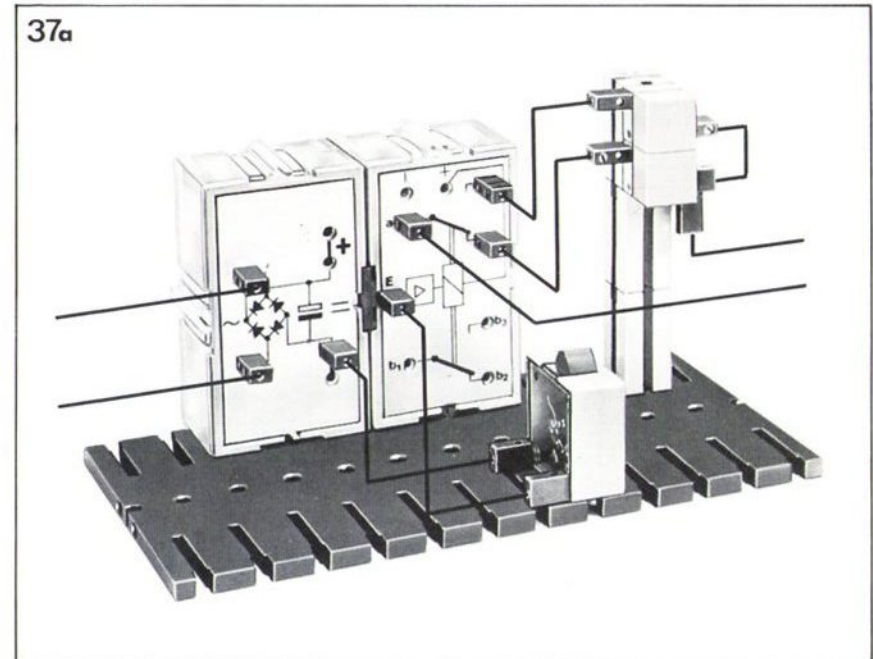
Aufgabe:

Wiederholung dieses Versuchs statt mit Umschalter a mit Umschalter b.

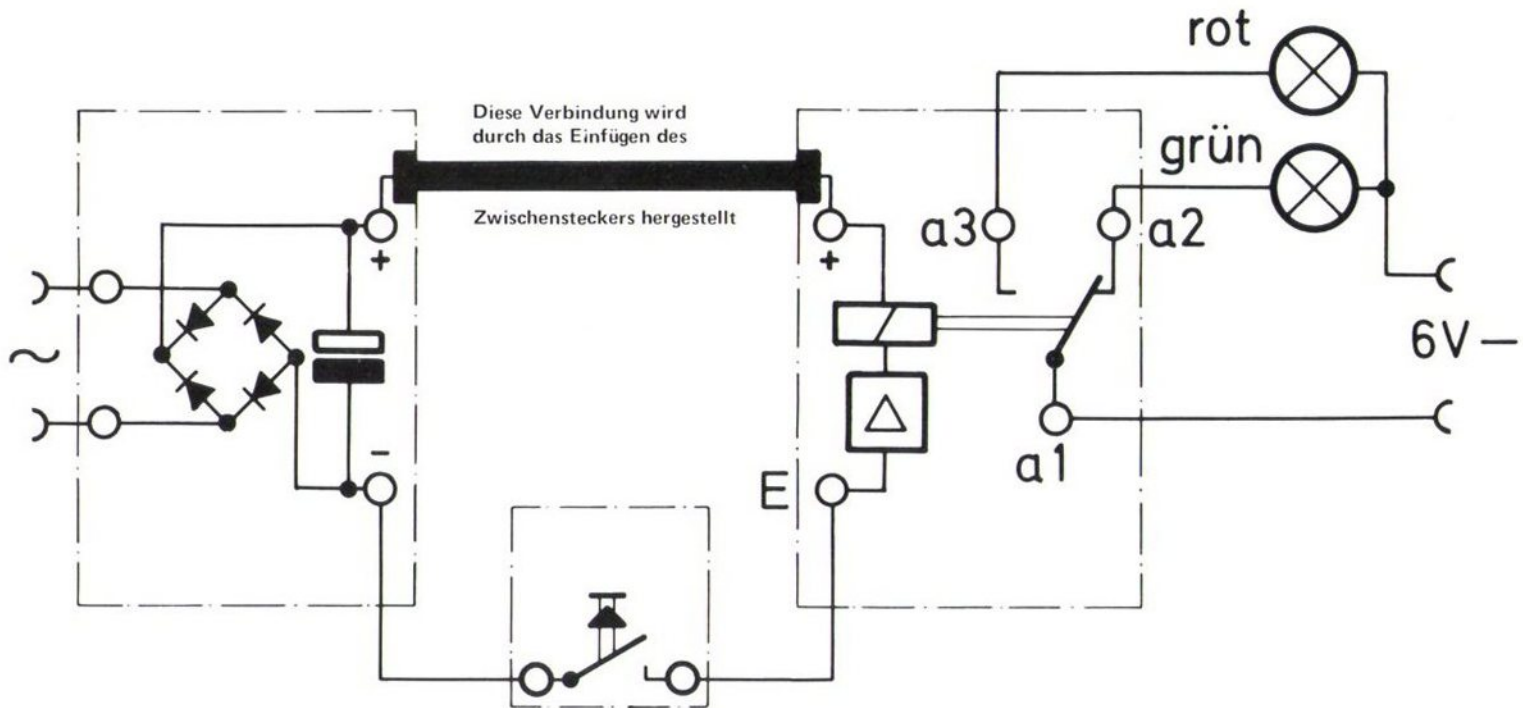
Aus dem Prinzipschaltbild, das auf dem Deckschild dargestellt ist, läßt sich ersehen, daß eine Seite der Relaispule intern mit der + Buchse und damit automatisch mit dem Pluspol der Betriebsspannungsquelle verbunden ist. Durch

Interne Verbindung zur Relaispule

die über den Taster extern hergestellte Verbindung von E mit der - Buchse besteht eine Verbindung von der zweiten Seite der Relaispule über den Verstärker zum Minuspol der Betriebsspannungsquelle. Damit ist für die Relaispule bei gedrücktem Taster der Stromkreis geschlossen, das Relais zieht an.



37b



Relais-Baustein gesteuert mit Fotowiderstand

Die in Bild 38 gezeigte Schaltung ist praktisch gleich wie in Bild 37, lediglich der Taster wurde durch einen Fotowiderstand ersetzt.

Dieser Versuch sollte in einem Raum durchgeführt werden, der nicht sehr hell erleuchtet ist.

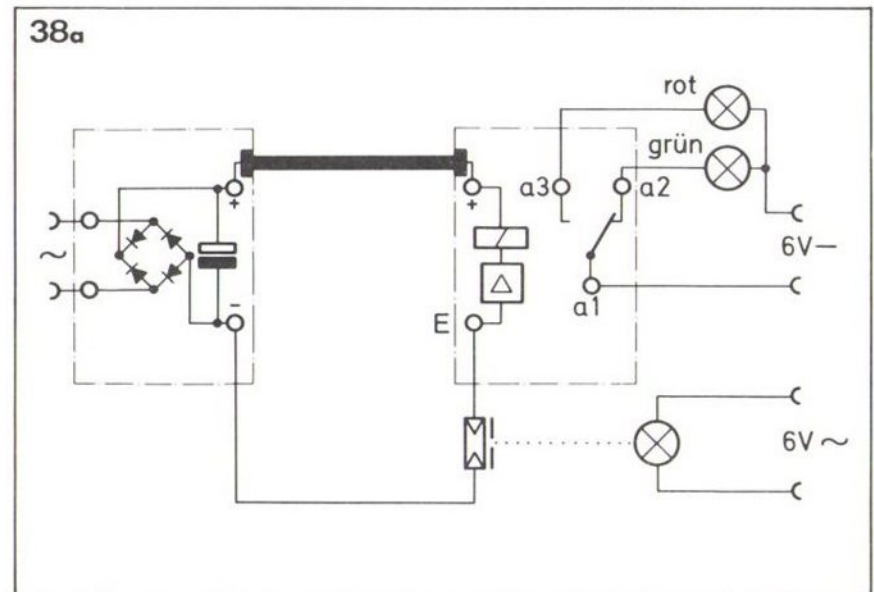
Beleuchten Sie den Fotowiderstand aus ca. 5 cm Entfernung, Leuchtstein rot leuchtet, Leuchtstein grün ist dunkel. Bringen Sie einen Gegenstand zwischen Lampe und Lichtaufnehmer, Leuchtstein rot erlischt, Leuchtstein grün leuchtet auf.

Wird der Fotowiderstand beleuchtet, zieht das Relais an. Wird der Fotowiderstand nicht beleuchtet, fällt das Relais ab.

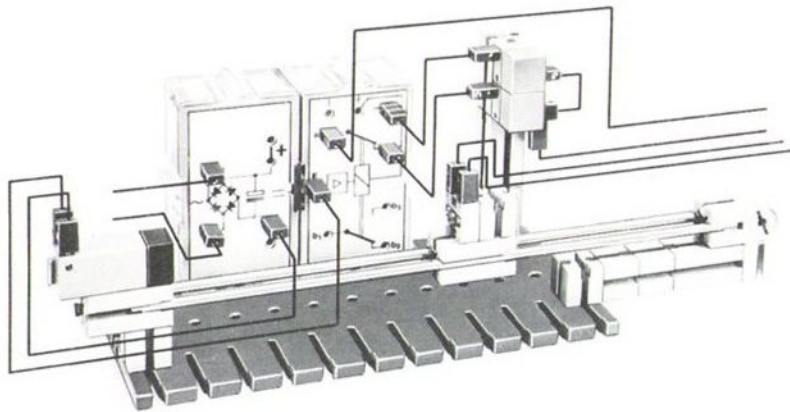
Wir stellen fest, daß der Fotowiderstand die Funktion des Tasters im vorhergehenden Versuch übernommen hat. Wir wissen, daß der Fotowiderstand auch bei sehr heller Beleuchtung nur einen maximalen Strom von ca. 30 mA steuern kann. Dieser Strom ist bei normaler Beleuchtung noch erheblich kleiner. Die Relaispule benötigt aber mindestens einen Strom von 35 mA um den Relaisanker anzuziehen.

Durch den eingebauten Verstärker wird der Relaispule ein Strom von mindestens 35 mA zugeführt, wenn dem

Eingang des Verstärkers (Buchse E) ein Strom von mindestens 1 mA zur Verfügung steht. Die elektronischen Schaltungen oder Bauteile (z. B. Fotowiderstand), die in der Regel das Relais steuern sollen, können keinen sehr großen Steuerstrom liefern. Deshalb ist dieser Verstärker eingebaut um diesen kleinen Steuerstrom so zu verstärken, daß er als Anzugsstrom für das Relais ausreicht.



38b



Der Mikrofon-Lautsprecher-Baustein

Dieser Baustein kann entweder als Mikrofon oder als Lautsprecher verwendet werden, beide Funktionen gleichzeitig sind allerdings nicht möglich.

Betriebsspannung benötigt dieser Baustein nicht. Die Kontaktstreifen sind trotzdem eingebaut, um bei Einbau in einem größeren Schaltungsverband die Stromversorgung nicht zu unterbrechen. Die Anwendung dieses Bausteines ist bei der Beschreibung der Schaltungsmöglichkeiten des Grundbausteines gezeigt.



39



40

Meßwertum-
wandlung

Der Elektronik-Grundbaustein

Der Elektronik-Grundbaustein dient der Verstärkung, Formung, Speicherung und Erzeugung von elektrischen Signalen. Diese Funktionen werden meist in Verbindung mit entsprechenden Fühlern realisiert, die eine physikalische Größe, z. B. Licht, Wärme, Schall, Feuchtigkeit, Magnetfeldveränderung usw. in eine elektrische Größe umwandeln. Die so entstehenden elektrischen Größen werden vom Elektronik-Grundbaustein zu eindeutigen elektrischen Signalen weiterverarbeitet.

Im Abschnitt „Relais-Baustein gesteuert mit Fotowiderstand“ wurde eine solche Arbeitsweise mit dem Relaisbaustein in Verbindung mit einem Fotowiderstand gezeigt.

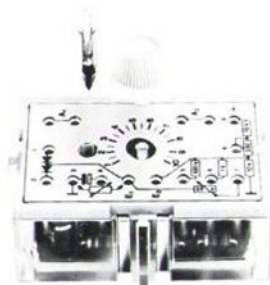
Ansprechempfindlichkeit

Diese Anordnung hatte aber den Nachteil, daß die Ansprechempfindlichkeit nicht variiert werden konnte. Aus diesem Grund kann der NTC-Widerstand in dieser Schaltungsart mit dem Relaisbaustein nicht eingesetzt werden, da sich dessen Widerstandswert nicht so stark ändert wie der des Fotowiderstandes.

Mit Hilfe des Elektronik-Grundbausteines läßt sich die Ansprechempfindlichkeit in sehr weiten Grenzen stufenlos einstellen, dadurch können Fühler mit sehr kleinen und großen Widerstandswerten verwendet werden.

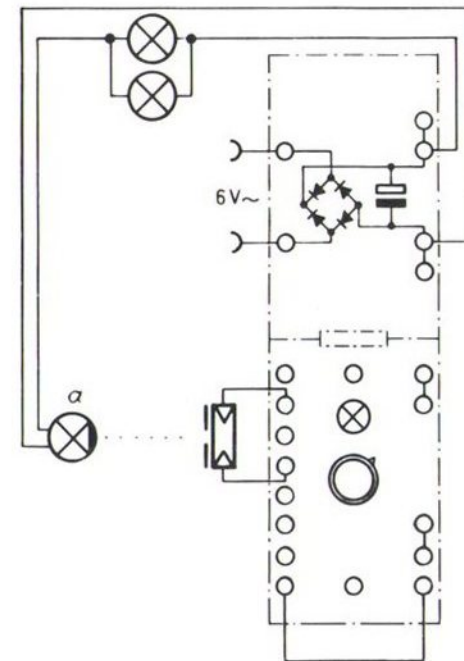
Damit der Elektronik-Grundbaustein arbeiten kann, muß ihm eine Gleichspannung von mindestens 6 V und maximal 10 V als Betriebsspannung zugeführt werden.

Vor Inbetriebnahme des Bausteines sind die Kontrolllampe und der Drehknopf entsprechend einzusetzen. Beim Einsetzen des Drehknopfes auf Achsfräsung achten.



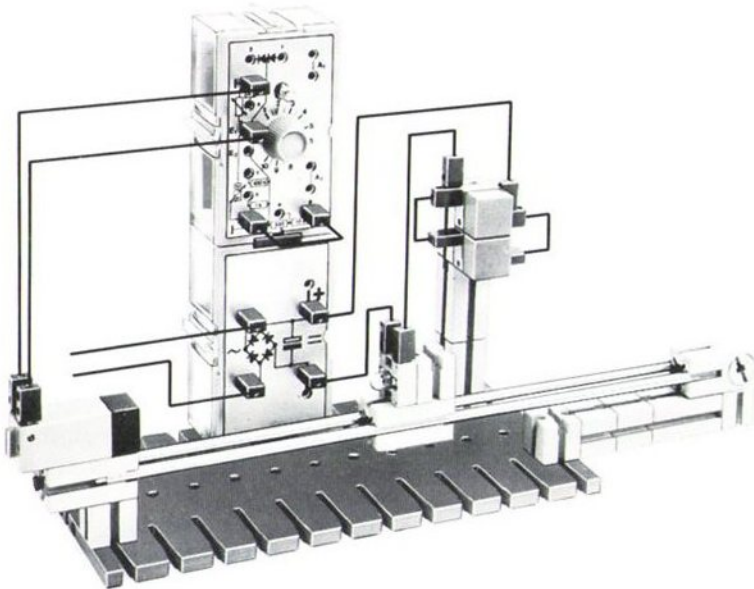
41

Bauen Sie die in Bild 42 gezeigte Schaltung auf, Sie können damit das Arbeiten des Elektronik-Grundbausteines als Schwellenwertschalter ausprobieren.



42a

42b



Der Lampe a sind 2 parallelgeschaltete Lampen in Reihe geschaltet, um die Lampe nicht zu überlasten, da die Gleichspannung an den Ausgangsbuchsen des Gleichrichterbausteines ca. 10 V beträgt.

Versuch 1

Drehknopf auf Stellung 4

Fotowiderstand mit Lampe beleuchten. Entfernung ca. 5 cm, die Kontrolllampe leuchtet auf.

Bringen Sie einen Gegenstand zwischen Lampe und Lichtaufnehmer, die Kontrolllampe erlischt.

Wird der Fotowiderstand beleuchtet, so leuchtet die Kontrolllampe auf.

Versuch 2 (bei gleichem Aufbau)

Drehen Sie den Drehknopf langsam von Stellung 3 auf Stellung 1, beobachten Sie gleichzeitig die Kontrolllampe. Sie erlischt zwischen Stellung 2 und 1.

Bei Stellung 1 des Drehknopfes reicht das Licht der Lampe aus 5 cm Entfernung nicht aus, um den Schwellenwertschalter und damit die Kontrolllampe einzuschalten.

Versuch 3

Drehknopf Stellung 1

Verkleinern Sie den Abstand zwischen Lampe und Fotowiderstand, beobachten Sie gleichzeitig die Kontrolllampe, bei ca. 4 cm Entfernung leuchtet diese wieder.

Bei Stellung 1 des Drehknopfes muß die Beleuchtung des Fotowiderstandes relativ stark sein, damit die Kontrolllampe leuchtet.

Führen Sie weitere Versuche bei Stellung 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 durch. Messen Sie die Abstände bei den jeweiligen Stellungen des Drehknopfes zwischen Fotowiderstand und Lampe, bei der die Kontrolllampe gerade aufleuchtet bzw. erlischt. Sie stellen fest: Je größer die eingestellte Zahl ist, um so größer wird der gemessene Abstand.

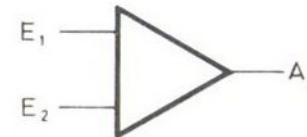
Bei den Stellungen 6 bis 10 kann, je nach Raumhelligkeit, die Kontrolllampe unter Umständen leuchten, auch wenn der Fotowiderstand vom Licht der Lampe gar nicht mehr getroffen wird.

Bei Stellung des Drehknopfes in den höheren Zahlen wird die Kontrolllampe schon bei kleinen Lichtintensitäten eingeschaltet, die Schaltung ist empfindlicher. Auch bei langsamer Änderung der Beleuchtung des Fotowiderstandes wird die Kontrolllampe schlagartig ein- bzw. ausgeschaltet, die Schaltung hat ein sogenanntes „Kippverhalten“.

Wir verstehen jetzt sicher den Begriff Schwellenwertschalter. Die Kontrolllampe bleibt völlig dunkel, bis der eingestellte Schwellenwert erreicht ist und wird dann eingeschaltet.

Der Operationsverstärker im Elektronik-Grundbaustein

Der wesentliche Bestandteil des Elektronik-Grundbausteines ist ein sogenannter Operationsverstärker. Das Schaltzeichen dieses Operationsverstärkers ist nachfolgend dargestellt.



43

Merkmale eines Operationsverstärkers

Charakteristisch für einen Operationsverstärker sind 2 Eingänge, 1 Ausgang und eine sehr hohe Verstärkung der Spannungsdifferenz zwischen den beiden Eingängen.

Idealer Operationsverstärker
Diff. E_1 zu E_2

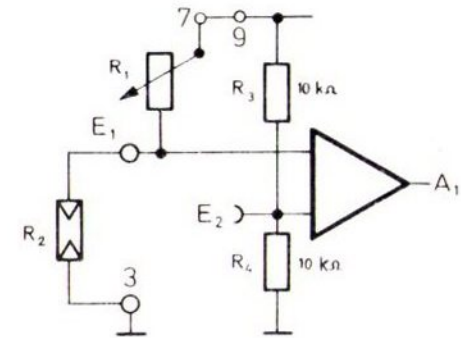
Ein idealer Operationsverstärker, der aber nicht realisierbar ist, besitzt die Verstärkung unendlich. Dies würde bedeuten: liegt E_1 an einer Spannung die nur geringfügig positiver ist als die Spannung an E_2 , so erscheint am Ausgang durch die Verstärkung unendlich eine unendlich große positive Spannung.

Liegt E_1 an einer Spannung, die nur geringfügig negativer ist als die Spannung an E_2 , so erscheint am Ausgang eine unendlich große negative Spannung.

Man kann die Betrachtungsweise auch umkehren und die Spannung von E_2 zu E_1 betrachten: Liegt E_2 an einer

- Diff. E_2 zu E_1** Spannung die negativer ist als die Spannung an E_1 , so erscheint am Ausgang eine unendlich große positive Spannung. Liegt E_2 an einer Spannung die positiver ist als die Spannung an E_1 , so erscheint am Ausgang eine unendlich große negative Spannung.
Die betrachteten 2 Vorgänge sind völlig identisch mit denen in der vorhergehenden Betrachtungsweise.
- Pluseingang** Wir können zusammenfassen:
Die Spannungsabweichung von E_1 zu E_2 hat das gleiche Vorzeichen wie die entstehende Ausgangsspannung, z. B. E_1 zu E_2 positiv = Ausgangsspannung positiv. E_1 wird deshalb vielfach auch als Pluseingang bezeichnet.
- Minuseingang** Die Spannungsabweichung von E_2 zu E_1 hat das umgekehrte Vorzeichen wie die entstehende Ausgangsspannung, z. B. E_2 zu E_1 positiv = Ausgangsspannung negativ. E_2 wird deshalb auch als Minuseingang bezeichnet.
- Auftretende Ausgangsspannung** Nun kann natürlich in der Praxis am Ausgang kein unendlicher Spannungswert erreicht werden. Der Spannungswert kann nur zwischen dem negativsten und positivsten Wert der Betriebsspannung liegen.
Statt der unendlich großen positiven Spannung am Ausgang tritt deshalb eine positive Spannung auf, die praktisch den gleichen Wert wie der Pluspol der Spannungsquelle hat.
Statt der unendlich großen negativen Spannung am Ausgang tritt eine negative Spannung auf, die praktisch den gleichen Wert wie der Minuspol der Spannungsquelle hat.

Der Operationsverstärker als Schwellenwertschalter



44

- Spannungsteiler** Die Reihenschaltung von Widerständen wird vielfach auch als Spannungsteiler bezeichnet, weil die Gesamtspannung in Teilspannungen aufgeteilt wird. Das Schaltbild läßt erkennen, daß die Eingangsschaltung für den Operationsverstärker aus zwei solchen Spannungsteilern besteht. Intern eingebaut ist der Spannungsteiler mit den zwei Festwiderständen R_3 und R_4 mit je $10\text{ k}\Omega$, der 330Ω Widerstand kann für diesen Fall vernachlässigt werden. Dieser teilt die Betriebsspannung von 9 V entsprechend der Beziehung $\frac{U_3}{U_4} = \frac{R_3}{R_4}$ in zwei gleiche Teilspannungen von je $4,5\text{ V}$. E_2 ist intern mit dem Abgriff dieses Spannungsteilers verbunden und liegt damit, bezogen auf Masse, an einer Spannung von $4,5\text{ V}$.

Der zweite Spannungsteiler wird gebildet durch den extern zugeschalteten Potowiderstand und den einge-

bauten veränderlichen Widerstand, dessen Widerstandswert mit Hilfe des Drehknopfes zwischen 220Ω (Stellung 1) und $25 \text{ k} \Omega$ (Stellung 10) eingestellt werden kann.

Nehmen wir an, der Drehwiderstand R_1 ist auf ca. $6 \text{ k} \Omega$ eingestellt und der Fotowiderstand R_2 so beleuchtet, daß er einen Widerstandswert von $3 \text{ k} \Omega$ aufweist.

$$R = R_1 + R_2 = 6 \text{ k} \Omega + 3 \text{ k} \Omega = 9 \text{ k} \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9 \text{ V}}{9 \text{ k} \Omega} = 1 \text{ mA}$$

$$U_2 = I \cdot R_2 = 1 \text{ mA} \cdot 3 \text{ k} \Omega = 3 \text{ V}$$

U_2 (Spannung an E_1) von 3 V ist also um $1,5 \text{ V}$ negativer als U_4 von $4,5 \text{ V}$ (Spannung an E_2).

Damit liegt A_1 natürlich auf dem negativsten Wert der Betriebsspannung, nämlich auf Massepotential.

Da ein Anschluß der Kontrolllampe mit A_1 , der zweite mit dem Pluspol der Batterie verbunden ist, leuchtet diese bei diesem Schaltzustand.

Wird der Fotowiderstand weniger beleuchtet, so steigt sein Widerstandswert an. Nehmen wir an, sein Wider-

standswert steigt auf $12 \text{ k} \Omega$, der eingestellte Wert des Drehwiderstandes von $6 \text{ k} \Omega$ bleibt bestehen.

$$R = R_1 + R_2 = 6 \text{ k} \Omega + 12 \text{ k} \Omega = 18 \text{ k} \Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9 \text{ V}}{18 \text{ k} \Omega} = 0,5 \text{ mA}$$

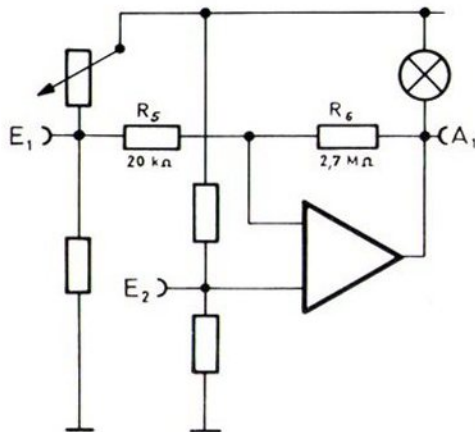
$$U_2 = I \cdot R_2 = 0,5 \text{ mA} \cdot 12 \text{ k} \Omega = 6 \text{ V}$$

U_2 (Spannung an E_1) von 6 V ist damit um $1,5 \text{ V}$ positiver als U_4 von $4,5 \text{ V}$ (Spannung an E_2).

Damit liegt A_1 auf dem positiven Wert der Betriebsspannung. Die Kontrolllampe kann nicht leuchten, weil ihre beiden Anschlüsse an gleicher Spannung liegen.

Die Rückkopplung des Operationsverstärkers

Da die Verstärkung des Operationsverstärkers nicht unendlich ist, würde normalerweise bei Spannungsdiff. zwischen E_1 und E_2 von 0 V am Ausgang die gleiche Spannung wie an den Eingängen, nämlich $4,5 \text{ V}$, bezogen auf Masse, auftreten.



45

Durch R_6 wird nun ein kleiner Teil der Ausgangsspannung auf E_1 zurückgekoppelt. R_6 bildet zusammen mit R_5 einen Spannungsteiler. Entsprechend dem Teilverhältnis wird auf E_1 ca. $\frac{1}{135}$ der Ausgangsspannung zurückgeführt.

Rückkopplung Einen solchen Vorgang bezeichnet man allgemein als Rückkopplung. Eine Rückkopplung kann nun als Mitkopplung oder als Gegenkopplung ausgeführt sein.

Mitkopplung Wirkt das zurückgeführte Ausgangssignal unterstützend auf das anliegende Eingangssignal, so spricht man von einer Mitkopplung.

Gegenkopplung Wirkt das zurückgeführte Ausgangssignal dem anliegenden Eingangssignal entgegen, so spricht man von einer Gegenkopplung.

Die Rückkopplung durch R_6 wirkt als Mitkopplung, da sich die Signale an E_1 und A_1 gleichsinnig ändern. Wird U_{E_1} positiver wird auch U_{A_1} positiver. R_6 führt von A_1 einen Teil dieses positiven Ausgangssignals als zusätzliches positives Eingangssignal auf E_1 zurück, dadurch wird A_1 noch positiver, dies wird wieder auf E_1 zurückgeführt, dadurch wird A_1 wiederum positiver usw. Diese Änderung ins Positive wird dann durch die Größe der Betriebsspannung begrenzt. (Für die Änderung ins Negative gilt Entsprechendes.)

Dieser Vorgang wurde schrittweise betrachtet, weil man nicht alle Vorgänge gleichzeitig betrachten kann. In Wirklichkeit erfolgt dieser Vorgang stetig und mit sehr hoher Geschwindigkeit. Die Zeit, die A_1 benötigt, um zwischen dem positiven und dem negativen Wert der Betriebsspannung zu wechseln, liegt etwa bei $0,000\ 001\ \text{sec.} = \frac{1}{1\ 000\ 000}\ \text{sec.} = 1\ \mu\text{sec.}$

Stabile Zustände Wir stellen fest: A_1 kann durch die eingebaute Rückkopplung mittels R_6 keinen Zwischenstand, sondern nur 2 stabile Zustände einnehmen, nämlich positiver oder negativer Wert der Betriebsspannung. Dadurch ist das sogenannte Kippverhalten gegeben.

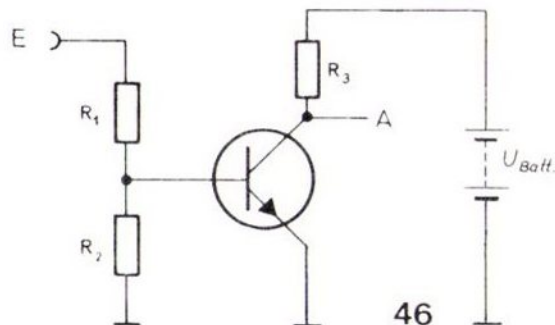
Der Inverter

Umkehrglied Ein Inverter ist ein Umkehrglied. Dies ist in der Regel ein Transistorschaltverstärker. Wird dem Inverter an seinem Eingang bezogen auf Masse eine positiv gerichtete Spannung zugeführt, erscheint an seinem Ausgang eine Spannung von 0 V.

Wird seinem Eingang eine Spannung von 0 V zugeführt, erscheint am Ausgang eine positiv gerichtete Spannung.

Signalumkehrung Der Inverter zeigt am Ausgang gegenüber dem anliegenden Eingangssignal immer das entgegengesetzte Signal, er nimmt eine Signalumkehrung vor.

Die Schaltung eines Inverters entspricht praktisch der eines einstufigen Schaltverstärkers.



46

Stromverstärkung Liegt an E positives Potential, erhält der Transistor Basisstrom, dadurch fließt entsprechend der Stromverstärkung des Transistors ein größerer Kollektorstrom. Dieser Kollektorstrom fließt über R_3 und verursacht über ihm einen Spannungsabfall, der fast die Größe von U_{Batt} annimmt. Zwischen Kollektor und Emitter des Transistors tritt lediglich noch eine Restspannung von ca. 0,2 V auf, das heißt A liegt fast auf 0 V.

Liegt an E 0 V, erhält der Transistor keinen Basisstrom, es fließt kein Kollektorstrom. Dadurch tritt an R_3 kein Spannungsabfall auf, über dem gesperrten Transistor liegt die volle U_{Batt} . A liegt damit auf positivem Potential.

Für den Inverter wird auch ein vereinfachtes Schaltzeichen verwendet, das die Funktion symbolisiert (Bild 47).

Schaltzeichen
eines Inverters



47

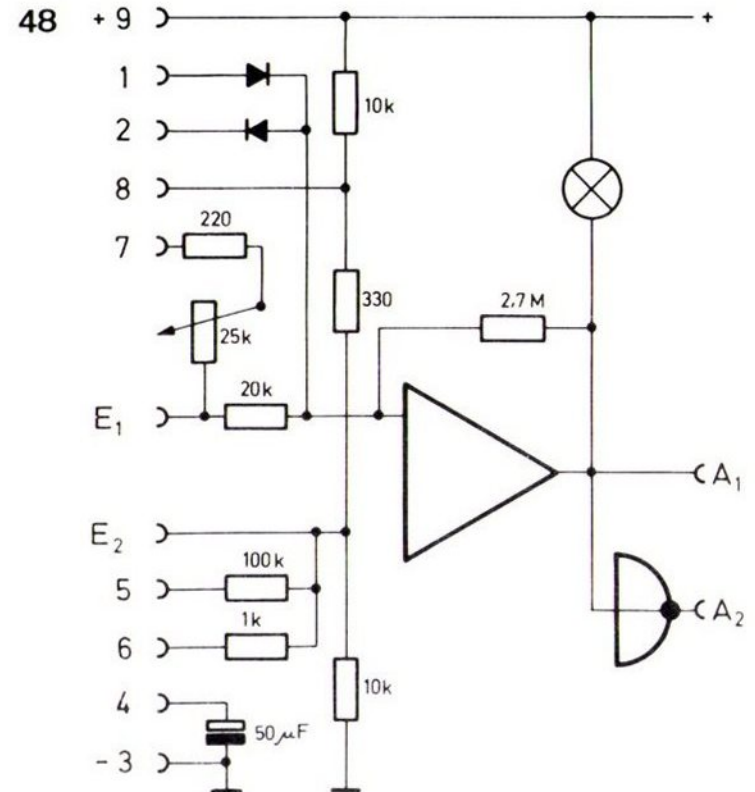
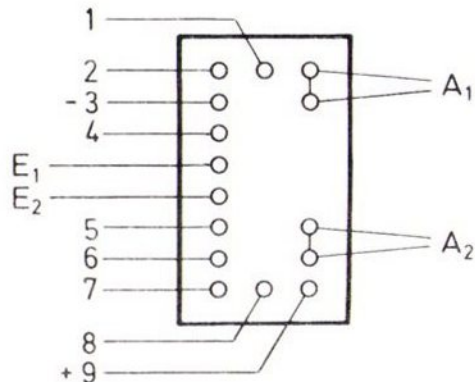
Im Elektronikgrundbaustein ist ein Inverter eingebaut, dessen Eingang intern mit A_1 , also dem Ausgang des Operationsverstärkers verbunden ist. Sein Ausgang ist am Buchsenpaar A_2 herausgeführt. An A_2 erscheint demzufolge immer das entgegengesetzte Signal von A_1 .

Verschiedene Schaltungsmöglichkeiten mit dem Elektronik-Grundbaustein

Der Elektronik-Grundbaustein kann natürlich Funktionen ausüben, die weit über die des einfachen Schwellenwertschalters hinausgehen. Die wichtigsten davon sollen in diesem Kapitel erläutert werden.

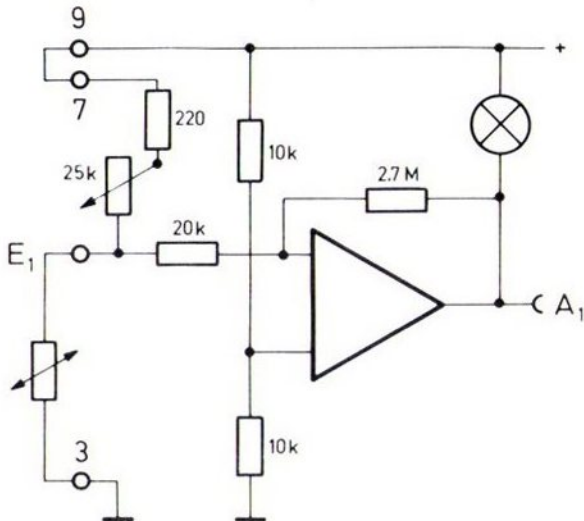
In Bild 48 ist das vollständige Prinzipschaltbild des Elektronik-Grundbausteines dargestellt.

Um ein hohes Maß an Übersichtlichkeit zu erreichen, werden bei der Besprechung der einzelnen Schaltungsmöglichkeiten nur jeweils die Bauteile im Schaltplan dargestellt, die für das Verständnis der Funktion von Wichtigkeit sind. Bei den Angaben der Widerstandswerte wurde das Ω -Zeichen jeweils weggelassen.



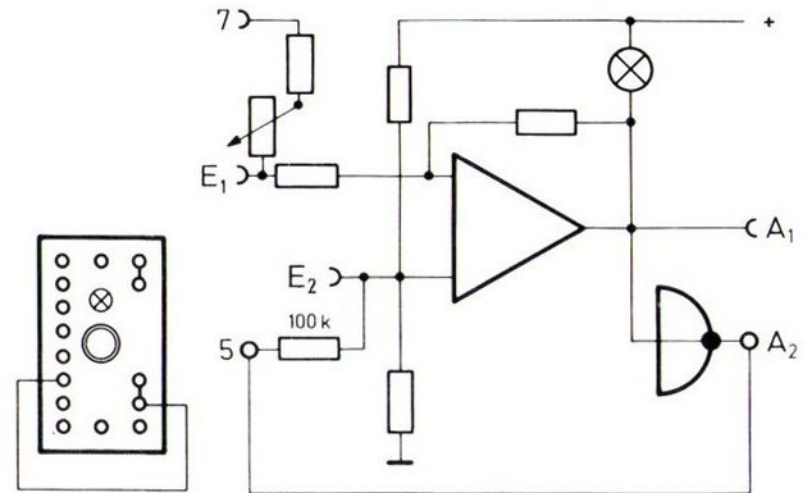
**Schwellenwert-
schalter** 1 a Schwellenwertschalter mit Fotowiderstand oder NTC-
Widerstand gesteuert.

Diese Schaltung wurde bei der Inbetriebnahme des Elektronik-Grundbausteines bereits erprobt, sie ist für Fühler mit Widerstandswerten zwischen $220\ \Omega$ bis $25\ \text{k}\ \Omega$ geeignet.



1 b Schwellenwertschalter mit vergrößertem Schaltabstand,
verwendbar bei 1 a und 1 e.

**Vergrößerter
Schaltabstand** Durch eine Mitkopplung von A_2 auf E_2 über den $100\ \text{k}\ \Omega$ Widerstand wird ein Schaltabstand zwischen Einschalt- und Ausschalt-
punkt von $0,5\ \text{V}$ erreicht. Diese Schaltungs-
maßnahme wird z. B. dann benötigt, wenn Lichtschranken
aufgebaut werden, deren Lampen mit Wechselspannung
betrieben werden.

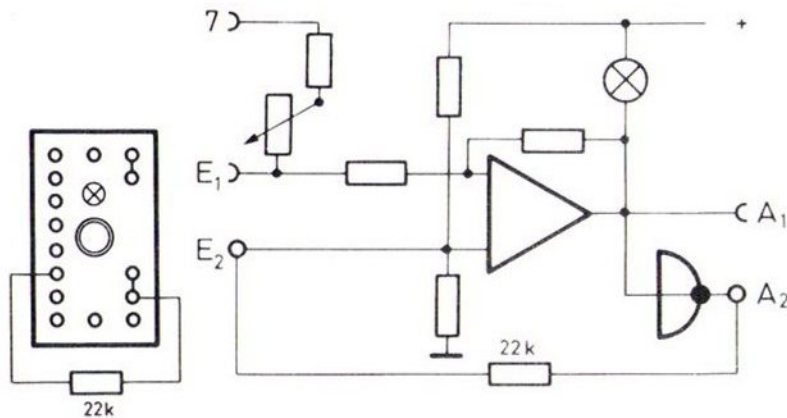


1 c Schwellenwertschalter mit großem Schaltabstand, verwendbar bei 1 a und 1 e.

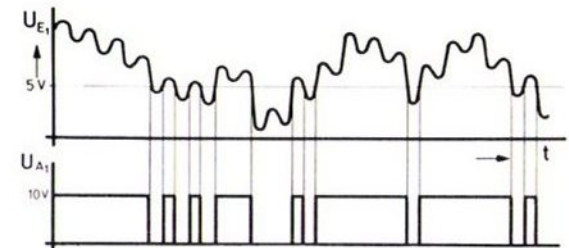
Wird bei einer Lichtschranke die Lampe mit dem gleichen Trafo gespeist wie der zu steuernde Motor, so treten beim Einschalten und Umpolen des Motors starke Spannungsschwankungen und damit Helligkeitsschwankungen der Lampe auf, die sich als sehr störende Rückkopplung bemerkbar machen.

Störende Rückkopplung durch Motor

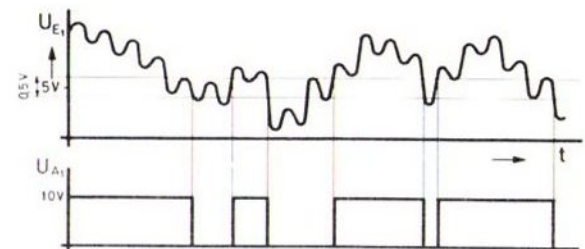
Großer Schaltabstand Durch die stärkere Mitkopplung von A_2 über den $22\text{ k}\Omega$ Widerstand auf E_2 wird der Schaltabstand zwischen Einschalt- und Ausschalt- und damit die Störung unterdrückt. Den $22\text{ k}\Omega$ Widerstand finden Sie in der Kassette des hobby 4.



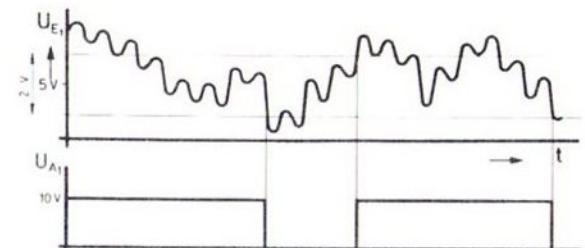
Kleiner Schaltabstand
Schaltung 1 a



Vergrößerter
Schaltabstand
Schaltung 1 b



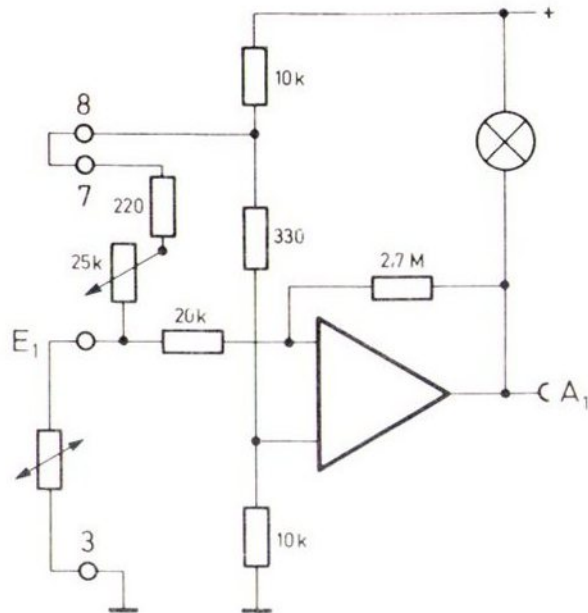
Großer Schaltabstand
Schaltung 1 c



1 d Schwellenwertschalter hoher Empfindlichkeit mit Fotowiderstand oder Feuchtigkeitsfühler gesteuert.

Diese Schaltung wird dann verwendet, wenn der Widerstandswert des Fühlers zwischen 7 und $500\text{ k}\Omega$ liegt, z. B. Fotowiderstand wenig beleuchtet oder Feuchtigkeitsfühler.

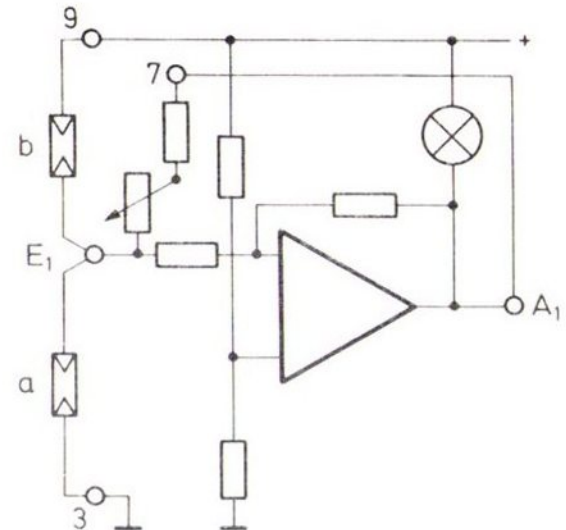
Hochohmige Fühler



1 e Schwellenwertschalter mit einstellbarem Speicherverhalten. Fotowiderstand a zum Einschalten. Fotowiderstand b zum Ausschalten.

Beleuchtungs-differenz

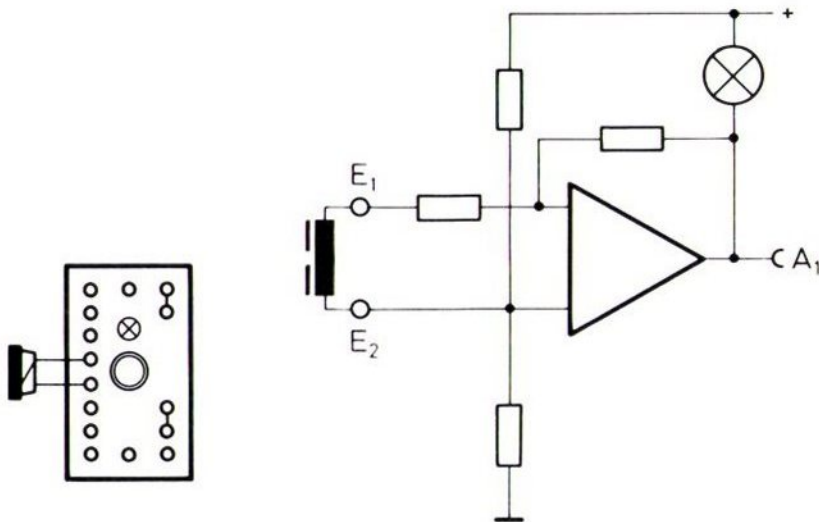
In dieser Schaltung wird der Spannungsteiler durch 2 Fotowiderstände gebildet. Welcher Ausgangszustand sich einstellt, hängt von der Beleuchtungsdifferenz der beiden Fotowiderstände ab. Durch die Rückkopplung von A_1 über das Poti auf E_1 stellt sich Speicherverhalten ein, das durch Betätigung des Drehknopfes variiert werden kann.



2 a Schwellenwertschalter für kleine Spannungsquellen, hier mit Elektromagnet als Spule.

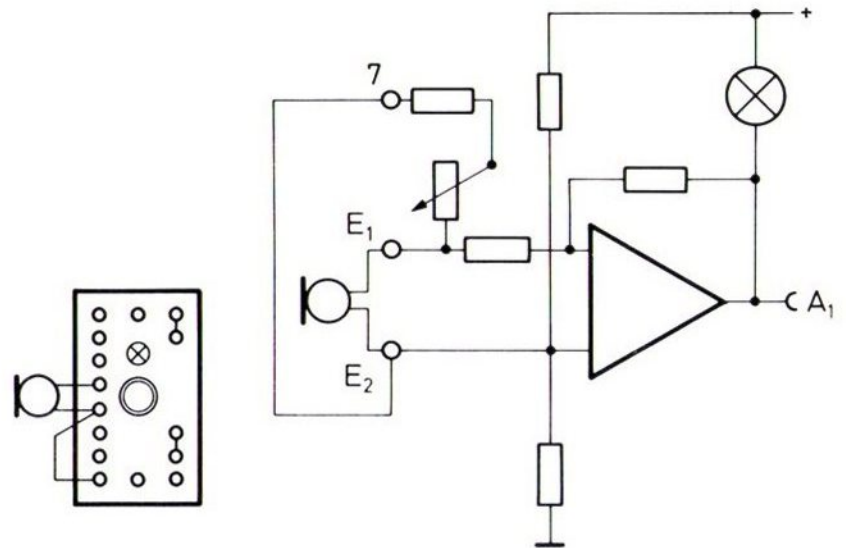
Hier werden die Differenzeingänge des Operationsverstärkers benutzt, um kleine Spannungen zu verstärken.

Durch Verbindung des veränderlichen Widerstandes mit Plus kann die Symmetrie der Eingänge beeinflusst und damit die Ansprechschwelle verändert werden.



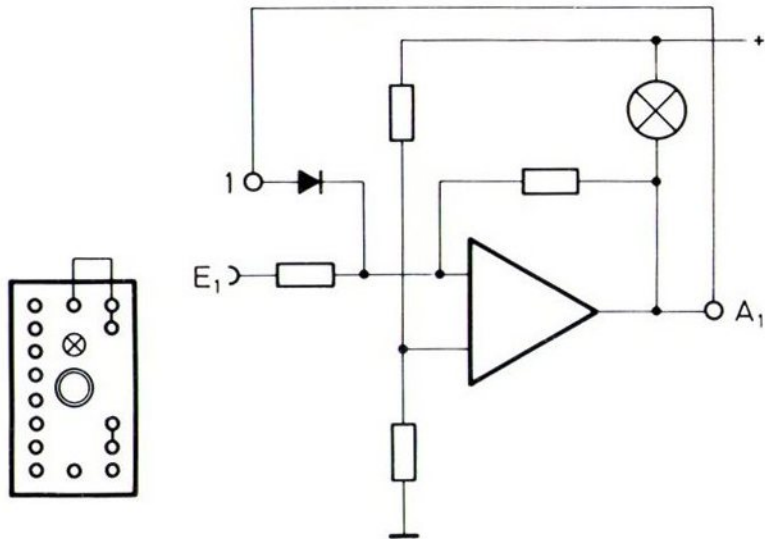
2 b Wie bei 2 a, Spannungsquelle jedoch Mikrofon. Schwellenwert einstellbar.

Dieses Mikrofon ist sehr hochohmig. E₁ benötigt aber einen Eingangsstrom, dieser wird ihm über den veränderlichen Widerstand zugeführt, er liegt parallel zu dem Mikrofon.



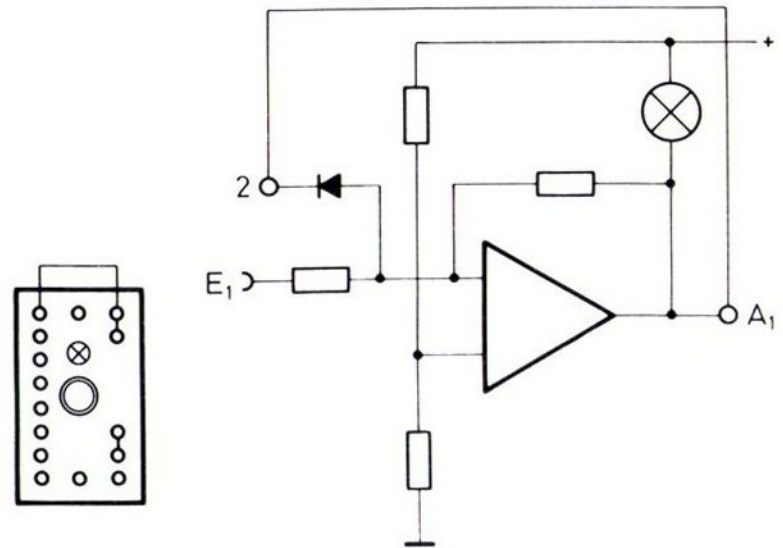
Selbstsperrung 3. Selbstsperrung, verwendbar bei 1 a, 1 d, 1 e, 1 b, 1 c, 2 a, 2 b, 5 a, 5 b, 5 c, 5 d.

Erscheint am Ausgang ein positiver Spannungswert, wird die Diode leitend, dadurch liegt E_1 ebenfalls auf einem positiven Spannungswert. Solange diese Verbindung besteht, kann der Ausgangszustand nicht mehr verändert werden.



Selbsthaltung 4. Selbsthaltung, verwendbar bei 1 a, 1 d, 1 e, 1 b, 1 c, 5 a, 5 b, 5 c, 5 d.

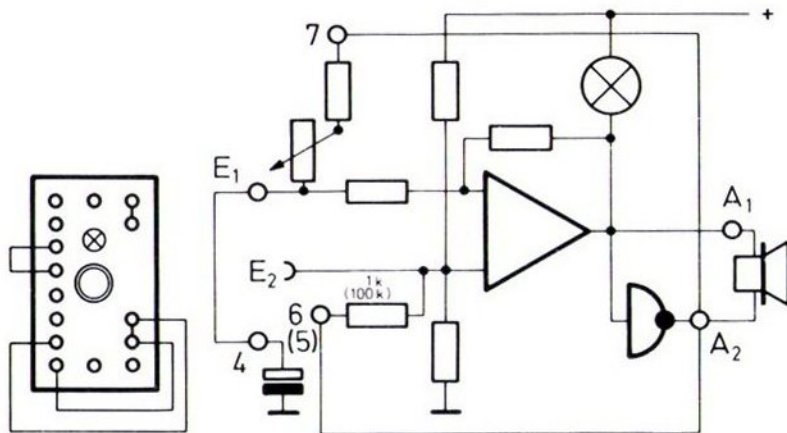
Funktion im Prinzip wie bei 3., jedoch bei negativem Spannungswert am Ausgang.



Taktgeber 5 a Taktgeber niedriger Frequenz, einstellbar.

Durch eine Mitkopplung von A_2 auf E_2 über den $1\text{ k}\Omega$ Widerstand und eine durch den Kondensator verzögerte Gegenkopplung von A_2 auf E_1 wird der Elektronik-Grundbaustein zum Taktgenerator. Je schwächer die Gegenkopplung wird, um so niedriger wird die Frequenz. Je schwächer die Mitkopplung wird, um so höher wird die Frequenz.

Durch die Wahl des höheren Widerstandswertes von $100\text{ k}\Omega$ statt $1\text{ k}\Omega$ wurde die Mitkopplung schwächer und damit die Frequenz höher.

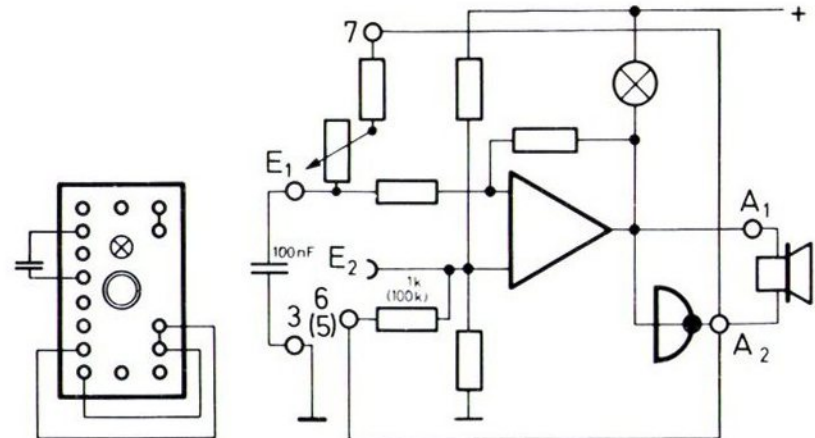


5 b Taktgeber hoher Frequenz, einstellbar.

Durch die Verwendung des Kondensators von 100 nF statt $50\text{ }\mu\text{F}$ wird die Frequenz ca. 500 mal höher.

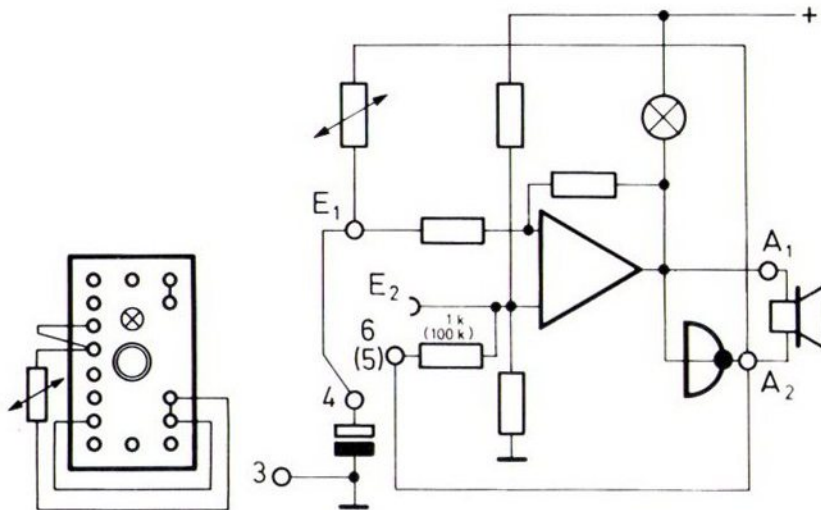
Wird die Rückkopplung statt über den $1\text{ k}\Omega$ Widerstand über den $100\text{ k}\Omega$ Widerstand vorgenommen, kann die Frequenz bis in den Ultraschallbereich (über 20 kHz) eingestellt werden.

Der Lautsprecher im Mikrofon-Lautsprecher-Baustein kann an den beiden Ausgängen des Elektronik-Grundbausteines angeschlossen werden, dadurch wird die entstehende Frequenz des Taktgebers hörbar.



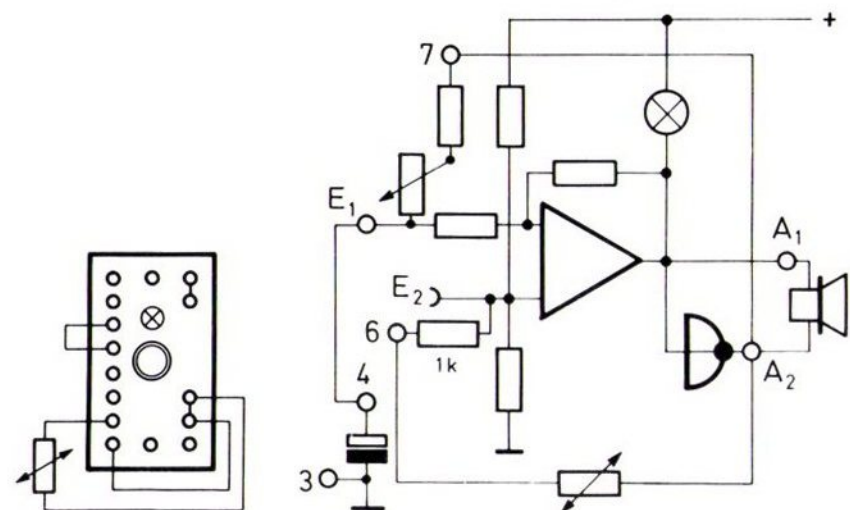
5 c Taktgeber niedriger, mittlerer oder hoher Frequenz mit Fotowiderstand oder NTC-Widerstand gesteuert, bei Beleuchtung bzw. Erwärmung Frequenz ansteigend.

Diese Schaltung kann z. B. zur Umsetzung einer physikalischen Größe in eine entsprechende Frequenz verwendet werden, die Frequenzbereiche werden gewählt wie bei 5 a, 5 b.



5 d Taktgeber niedriger, mittlerer und hoher Frequenz kontinuierlich einstellbar. Mit Fotowiderstand oder NTC-Widerstand gesteuert, bei Beleuchtung bzw. Erwärmung Frequenz abfallend.

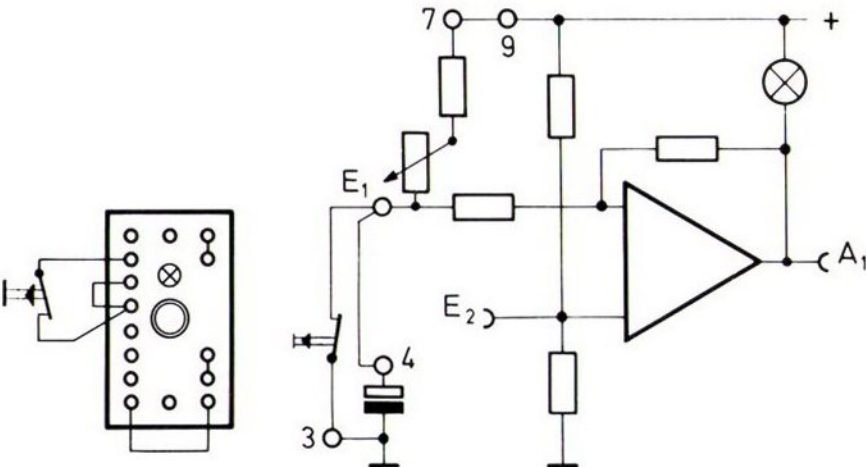
Die Frequenzbereiche werden bestimmt durch die Drehknopfstellung und die Wahl des Kondensators.



Verzögerung 6 a Einstellbare Verzögerung beim Öffnen des Tasters, das Schließen wird nicht verzögert.

Die Verzögerung wird erreicht durch Ladung des eingebauten Kondensators von $50\mu\text{F}$ über den veränderlichen Widerstand, je kleiner dieser eingestellt wird, um so kürzer wird die Ladezeit.

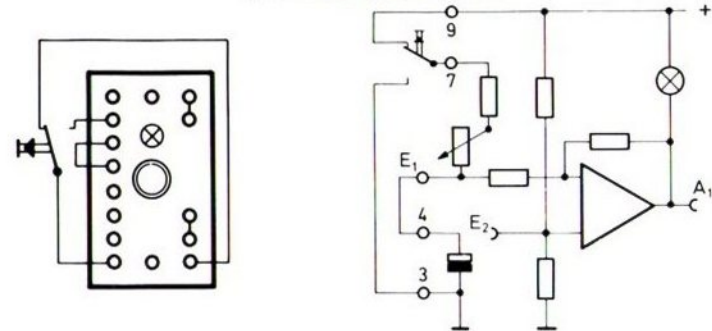
Soll eine längere Verzögerungszeit erzielt werden, wird eine Mitkopplung von A_2 über den Widerstand von $1\text{ k}\Omega$ zu E_2 eingebaut, der Umschaltzeitpunkt wird dadurch von normal 50% auf 90% des Betriebsspannungswertes verlegt. Dadurch wird die Verzögerung länger.



6 b Umschaltung des Tasters wird in beiden Richtungen verzögert.

Hier erfolgt die Ladung und Entladung über den veränderlichen Widerstand, darum ist die Verzögerung nach beiden Richtungen wirksam.

Die Verzögerungszeit kann hier wie bei Schaltung 6 a durch die Mitkopplung von A_2 über den $1\text{ k}\Omega$ Widerstand verlängert werden.



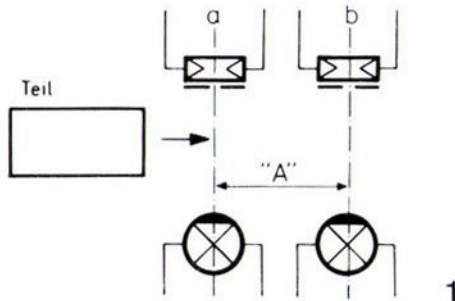
Der Elektronik-Grundbaustein ist in der Lage, mit A_1 oder A_2 den Relais-Baustein zu steuern. Wird der Eingang des Relais-Bausteines mit A_1 verbunden, zieht das Relais an, wenn die Kontrolllampe des Elektronik-Grundbausteines leuchtet.

Wird der Eingang des Relais-Bausteines mit A_2 verbunden, zieht das Relais an, wenn die Kontrolllampe erlischt.

Automatische Sortieranlage

- Sortierung** Eine Sortierung von Teilen kann nach verschiedenen Kriterien vorgenommen werden, z. B. nach Länge, Breite, Höhe, Gewicht, Farbe, Glanz usw. Um eine solche Aufgabe lösen zu können, ist es zunächst notwendig, die interessierende Größe zu messen, z. B. die einzelnen Teile zu wiegen, wenn nach Gewicht sortiert werden soll. Soll nach Länge der Teile sortiert werden, könnte jedes einzelne Teil mit einer entsprechenden Lehre verglichen werden, paßt das Teil in die Lehre, gehört es zu den kurzen Teilen, paßt es nicht in die Lehre, kommt es zu den langen Teilen.

Automatisierung Wenn große Stückzahlen sortiert werden sollen, ist diese Methode allerdings zeitraubend und unwirtschaftlich, man wird deshalb eine Automatisierung des Sortiervorganges anstreben.



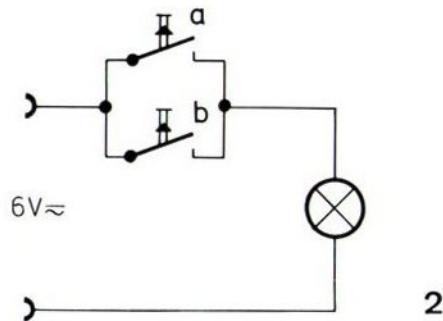
Automatische Längenmessung Zur automatischen Längenmessung eines Teiles eignen sich gut zwei Lichtschranken, mit denen die Teile berührungslos abgetastet werden können (Bild 1).

Messen des kurzen Teiles Wird das zu messende Teil zwischen den 2 Lichtschranken hindurchgeführt, werden beide Lichtschranken nacheinander unterbrochen. Ist das Teil kürzer als der Abstand „A“, wird Lichtschranke a freigegeben bevor Lichtschranke b unterbrochen wird, es sind also nie beide Lichtschranken gleichzeitig unterbrochen.

Messen des langen Teiles Ist das Teil länger als der Abstand „A“, wird Lichtschranke a erst freigegeben, nachdem Lichtschranke b bereits unterbrochen ist, es sind also zumindest kurzzeitig beide Lichtschranken gleichzeitig unterbrochen.

Logische Schaltung Um das lange Teil zu erkennen, ist eine Schaltung zu entwickeln, bei der nur die gleichzeitige Unterbrechung beider Lichtschranken einen Schaltvorgang auslöst. Dazu ist eine Schaltung notwendig, die eine logische „Entscheidung“ treffen kann. Eine einfache Logikschaltung kann durch die Parallelschaltung von 2 Tastern (Bild 2) erreicht werden.

„oder“ Funktion Die Lampe leuchtet, wenn Taster a oder Taster b oder beide gedrückt werden; die beiden Taster sind zu einer „oder“ Funktion verknüpft. Dem Drücken eines Tasters ordnen wir „1“ Signal zu, der Freigabe „0“ Signal. Die Lampe zeigt das Ausgangssignal an, Lampe leuchtet = „1“

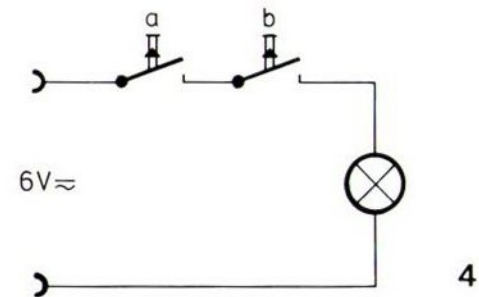


Signal, Lampe dunkel = „0“ Signal. Wir probieren die verschiedenen Eingabekombinationen durch und notieren uns das jeweils erscheinende Ausgangssignal. Wir kommen damit zu folgender Funktionstabelle: (Bild 3)

a	b	Lampe
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

3

Nach Bild 4 schalten wir die zwei Taster in Reihe.



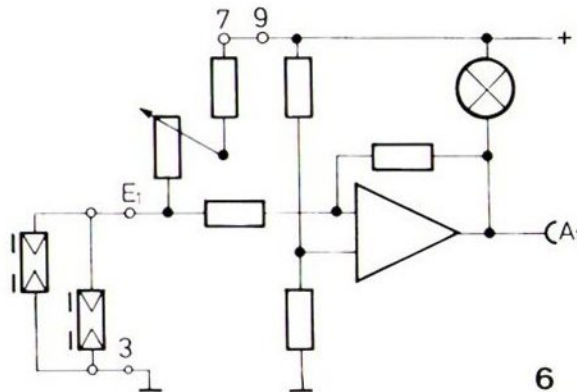
„und“ Funktion Es kann jetzt nur Strom über die Lampe fließen, wenn Taster a und Taster b gedrückt werden; die beiden Taster sind zu einer „und“ Funktion verknüpft. Wie bei der „oder“ Funktion probieren wir die verschiedenen Eingabekombinationen durch und kommen zu folgender Funktionstabelle: (Bild 5)

a	b	Lampe
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

5

Computer-Funktionen Solche „oder“ und „und“ Verknüpfungen gehören zu den elementaren Grundfunktionen eines Computers.

Diese Verknüpfungen können wir auch mit 2 Fotowiderständen realisieren. Da diese aber kein solch eindeutiges Schaltverhalten wie unsere Taster haben, verwenden wir zur Auswertung unseren Schwellenwertschalter (Bild 6).



Parallelschaltung von 2 Fotowiderständen Wir schalten die Fotowiderstände parallel und beleuchten zunächst nur einen mit einer Linsenlampe. Die Empfindlichkeitseinstellung erfolgt so, daß die Kontrolllampe dabei leuchtet, bei Nichtbeleuchtung beider Fotowiderstände aber erlischt. Die Einstellung ist einfacher, wenn der Raum nicht sehr hell beleuchtet ist. Das Ausgangssignal wird jetzt durch die Kontrolllampe angezeigt, Kontrolllampe

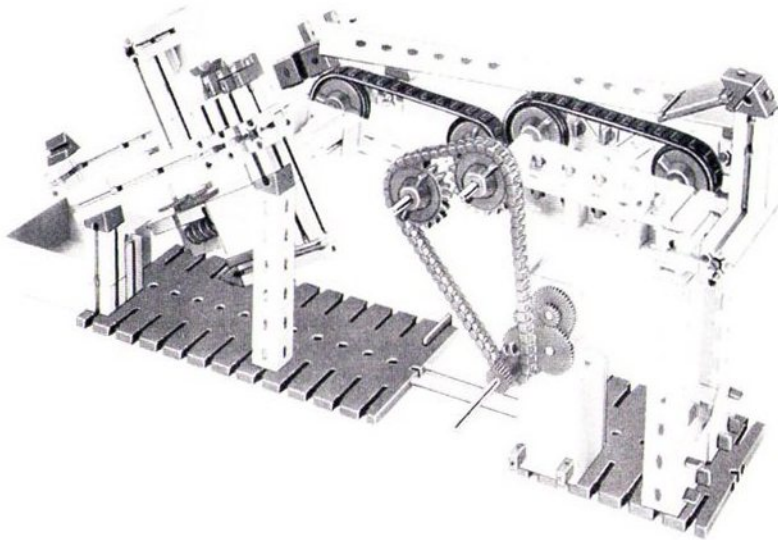
Eingangssignale leuchtet = „1“ Signal an A_1 (neg. Spannungswert), Kontrolllampe dunkel = „0“ Signal an A_1 (pos. Spannungswert). Die Eingangssignale „1“ werden durch die Beleuchtung des jeweiligen Fotowiderstandes eingegeben. Wir haben damit die gleiche „oder“ Funktion wie mit den Tastern realisiert.

Unterbrechung beider Lichtschranken Wir haben festgestellt, daß bei der „oder“ Funktion nur die Unterbrechung beider Lichtschranken eine Änderung des Ausgangssignals von „1“ auf „0“ bewirkt. Eine solche Schaltung ist also für eine Sortieranlage geeignet, um lange Teile von kurzen Teilen unterscheiden zu können.

Sortieranlage In Bild 8 ist eine Sortieranlage abgebildet, die lange und kurze fischertechnik-Bausteine sortiert. Bild 7 zeigt den Schaltplan. Zum Bau dieser Anlage werden 2 Motoren benötigt. Den zweiten Motor erhalten Sie in der Zusatzpackung mot. 3.

Förderbandzuführung Um die Längenmessung der Bausteine mit 2 Lichtschranken vornehmen zu können, müssen diese nacheinander mit einem gewissen Abstand durch die 2 Lichtschranken geführt werden. Dies wird durch eine Förderbandzuführung erreicht, die die Bausteine auf eine schräge Rutsche transportiert, auf der eine Beschleunigung der Bausteine und damit eine Vergrößerung des Abstandes zwischen diesen eintritt. Die Längenmessung mit 2 Lichtschranken wird deshalb auf der Rutsche vorgenommen. Der Abstand zwischen den Lichtschranken muß natürlich so eingestellt

8a



Kurzer Baustein

Langer Baustein

werden, daß nur ein langer Baustein die zweite Lichtschranke unterbricht, bevor die erst wieder freigegeben wird. Die beiden Fotowiderstände sind parallel geschaltet und stellen dadurch eine „oder“ Verknüpfung dar. A_1 des Schwellenwertschalters bleibt auf „1“ Signal, solange mindestens ein Lichtaufnehmer beleuchtet wird. Ein kürzer Baustein bringt deshalb keine Änderung des Schaltzustandes am Schwellenwertschalter, er fällt am Ende der Rutsche in einen Behälter. Der lange Baustein dagegen bewirkt einen Wechsel an A_1 des Schwellenwertschalters von „1“ auf „0“ Signal. Die Signalumkehrung durch den Inverter bewirkt, daß A_2 gleichzeitig von „0“ auf „1“ Signal wechselt und das Relais anziehen läßt. Das Relais schaltet dadurch den Motor des Auswerfers ein.

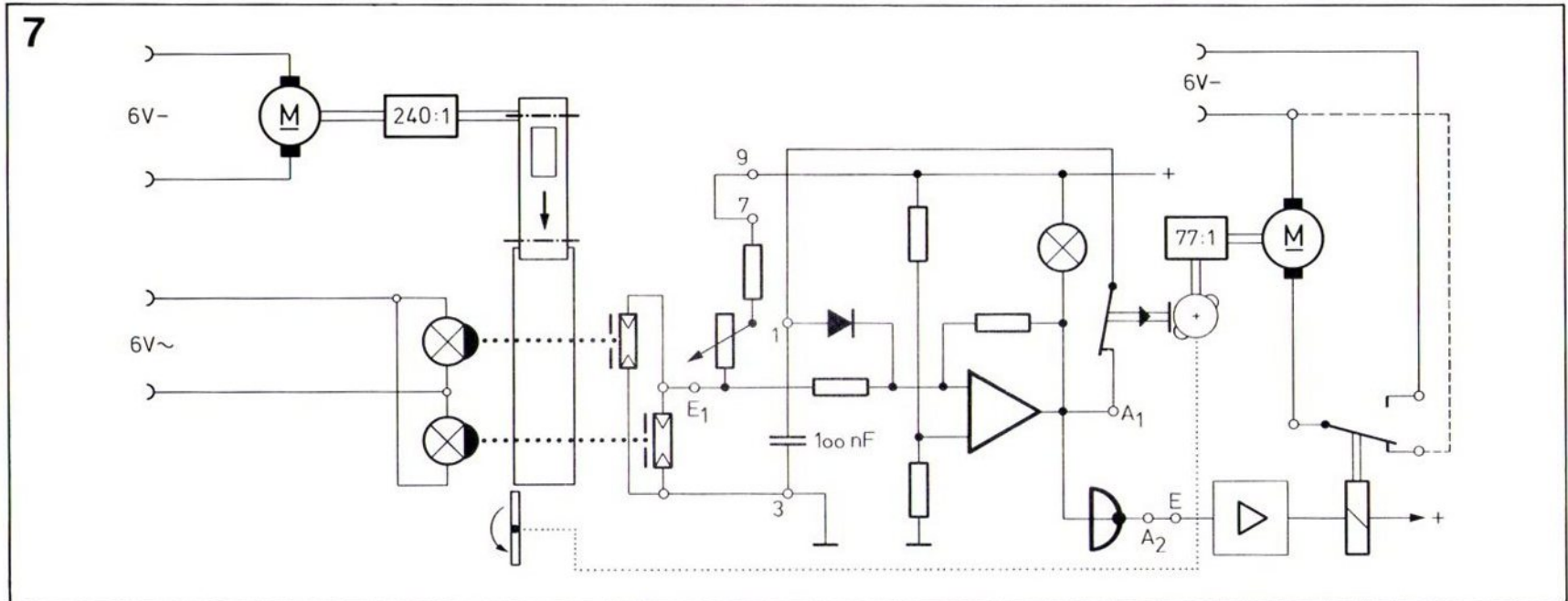
Speicherung des Schaltzustandes

Da die Zeitdauer der Unterbrechung beider Lichtschranken sehr kurz ist, die Bewegung des Auswerfers aber immer vollständig ausgeführt werden muß, ist noch eine zusätzliche Schaltungsmaßnahme notwendig. Über den Ruhekontakt des Tasters ist A_1 mit Buchse 1 des Elektronik-Grundbausteines verbunden. A_1 des Schwellenwertschalters bleibt dadurch so lange auf „0“ Signal, bis der Auswerfer die vollständig ausgeführte Bewegung durch Betätigung des Tasters „quittiert“ und damit die Verbindung von A_1 zu Buchse 1 kurzzeitig unterbricht. Der Schwellenwertschalter wechselt sein Signal, das Relais fällt ab, der Motor bleibt stehen. Die Anlage ist zur erneuten Sortierung bereit.

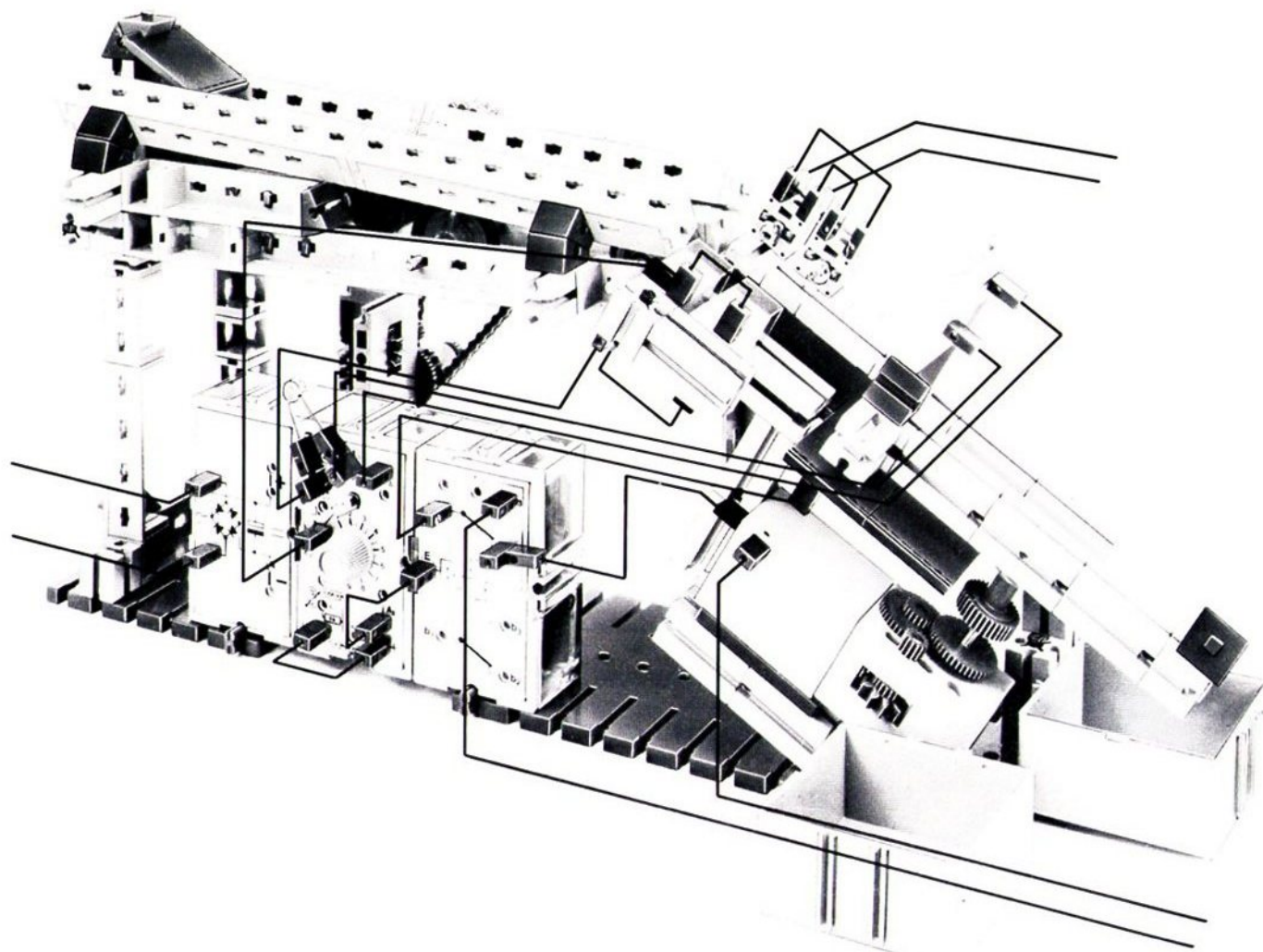
Quittierung der Bewegung

Unterdrückung von Störimpulsen Eingekoppelte Störimpulse auf die Leitung zwischen A₁ und Buchse 1 können zu Funktionsstörungen führen. Um diese Störungen zu unterdrücken ist der Kondensator von 100nF zwischen Buchse 1 und Buchse 3 (Masse) zu schalten.

Kurzschließen des Motors Damit der Motor nicht langsam „ausläuft“, wird er durch Kurzschließen gebremst. Die im Schaltplan gestrichelt eingezeichnete Verbindung und der Ruhekontakt des Relais bewirken dieses Kurzschließen. Den Unterschied können Sie leicht feststellen, wenn Sie das Modell einmal mit und einmal ohne diese Verbindung in Tätigkeit setzen.

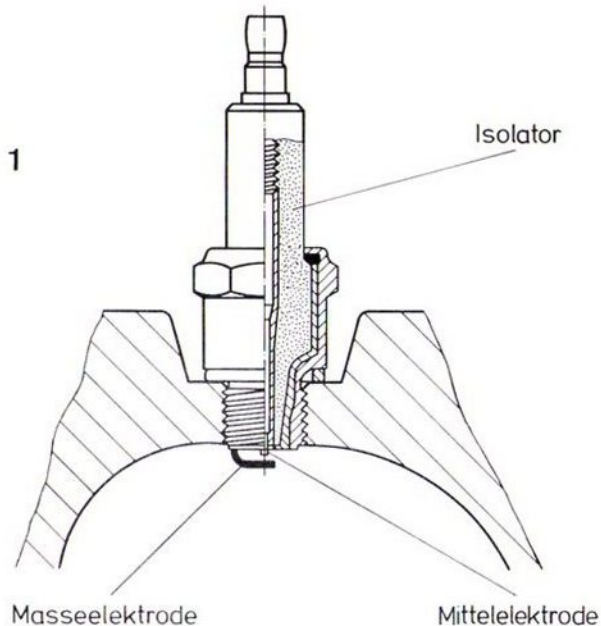


8b



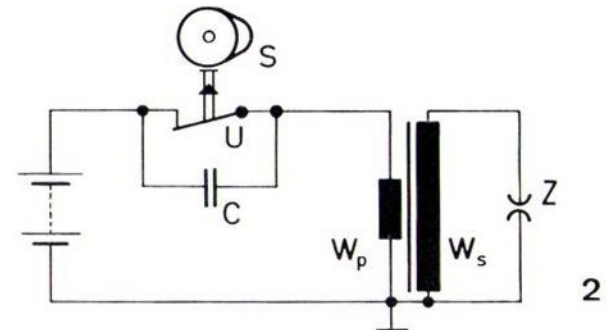
Die Zündung im Kraftfahrzeug

Zur Zündung des Kraftstoff-Luftgemisches im Benzin-Verbrennungsmotor (Ottomotor) wird ein zwischen 2 Elektroden überspringender elektrischer Funke verwendet. Zu diesem Zweck müssen die 2 Elektroden in den



Verbrennungsraum hineinragen. Die Zuleitungen zu den 2 Elektroden müssen dabei sehr gut gegeneinander isoliert sein, damit der Funkenübergang zwischen den Elektroden und nicht zwischen den Zuleitungen erfolgt. Zudem müssen die Elektroden sowie die Isolation die hohen Drücke und Temperaturen aushalten, die im Verbrennungsraum entstehen. Diese Forderungen erfüllt die sogenannte Zündkerze.

Konventionelle Art der Zündung Um mit Sicherheit einen Funkenübergang zwischen den 2 Elektroden zu erreichen, ist eine hohe Spannungsspitze von ca. 10 000 V erforderlich. Man benutzt dazu jahrzehntelang im Kraftfahrzeugmotorbau sogenannte „induktive“ Zündsysteme. Bild 2 zeigt das Prinzipschaltbild der bei PKW-Motoren meist verwendeten induktiven „Batterie-Zündung“.



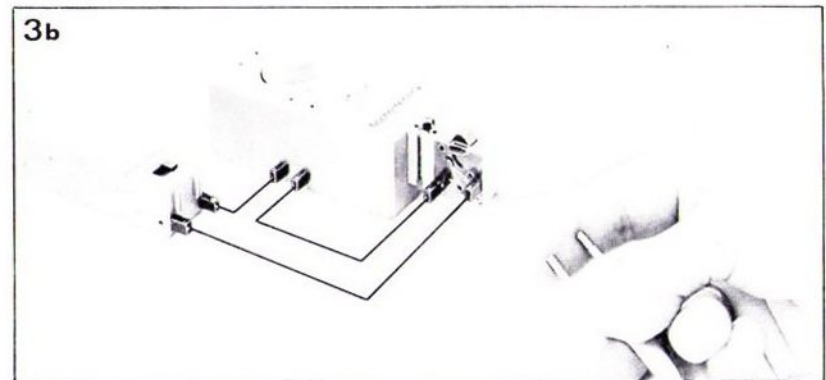
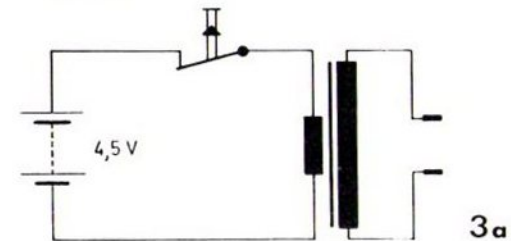
Unterbrecher Über den Taster U (dieser wird in der Kraftfahrzeugtechnik „Unterbrecher“ genannt) und die wenigen dicken Drahtwindungen der Primärwicklung des Transformators, (dieser wird in der Kraftfahrzeugtechnik als Zündspule bezeichnet) fließt ein Gleichstrom, den die Batterie liefert. Um die Primärwicklung bildet sich deshalb ein gleichbleibendes Magnetfeld. Die Sekundärwicklung mit vielen dünnen Drahtwindungen ist dabei ohne Spannung, da nur eine Magnetfeldänderung in diese eine Spannung induziert.

Primärwicklung Kurz vor Stellung O. T. des Kolbens, bei der die Zündung des komprimierten Benzin-Luftgemisches erfolgen soll, wird durch den Steuernocken S der Unterbrecher U geöffnet, dadurch wird der Strom über die Primärwicklung zu 0. Das aufgebaute Magnetfeld bricht dadurch zusammen, dies ist praktisch eine sehr schnelle Magnetfeldänderung, die in die Primär- und vor allem in die Sekundärwicklung des Trafos eine relativ hohe Spannung induziert. Da die Sekundärwicklung sehr viel mehr Windungen als die Primärwicklung besitzt, ist auch die in ihr entstehende Spannungsspitze entsprechend dem Windungsverhältnis sehr viel höher, nämlich normalerweise ca. 10 000 V. Diese hohe Spannung führt dann zum Funkenübergang an den Elektroden der Zündkerze.

Sekundärwicklung

Der Kondensator C, der parallel zum Unterbrecher geschaltet ist, verhindert übermäßige Funkenbildung beim Öffnen des Unterbrechers.

Wer einen Batteriestab (mot. 5) oder eine 4,5 V Flachbatterie besitzt, kann den in Bild 3 gezeigten Versuch aufbauen.



Aufwärtstransformation Der fischertechnik-Trafo wird dabei als Zündspule benutzt. Um eine Aufwärtstransformation zu erzielen, wird die

Sekundärwicklung als Primärwicklung und die Primärwicklung als Sekundärwicklung verwendet.

Wird durch Drücken des Tasters der Stromfluß für die Primärwicklung unterbrochen, so entsteht am Ausgang der Sekundärwicklung (Netzstecker) eine Spannungsspitze von ca. 1000 V. Da Sie wahrscheinlich keine geeignete Meßeinrichtung besitzen, kann der Nachweis durch Überbrücken der beiden Steckerstifte mit einem Finger erbracht werden, während dem Sie den Unterbrecher betätigen. Achtung, die Spannungsspitze ist sehr deutlich spürbar, deshalb nur einen trockenen Finger verwenden. Dieser Versuch ist völlig ungefährlich.

Nachweis der Spannungsspitze

Nachteile der konventionellen Zündanlage

Eine solche Zündanlage wird heute noch in den weitaus meisten PKW-Motoren eingebaut. Sie hat verschiedene Nachteile:

Veränderung des Zündzeitpunktes durch Verschleiß der Kontakte und des mechanischen Betätigungsgliedes, deshalb muß der Unterbrecher häufig kontrolliert, nachgestellt und bei Bedarf ausgewechselt werden.

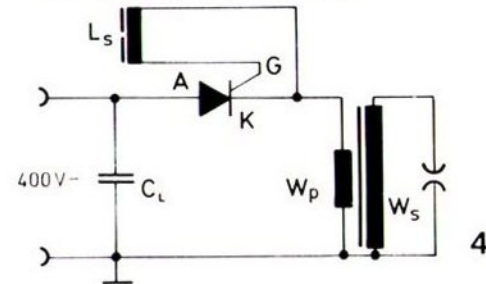
Unzuverlässige Einhaltung des genauen Zündzeitpunktes durch mechanische Trägheit des Unterbrechers bei hohen Drehzahlen.

HKZ Hochspannungs-Kondensator-Zündung

Diese Nachteile werden vermieden, wenn eine sogenannte Hochspannungs-Kondensator-Zündung (HKZ) mit Thyristorsteuerung Verwendung findet, bei der die Steuerung

Induktiver Geber

des Zündzeitpunktes berührungs- und kontaktlos, mittels induktivem Geber erfolgt. Bild 4 zeigt das Prinzipschaltbild einer solchen Zündanlage.



Thyristor

Katode

Gate

Anode

Bei dieser Zündanlage ist ein elektronischer Leistungsschalter, ein sogenannter Thyristor eingebaut. Dieser besitzt, ähnlich wie der Transistor, drei Anschluß-Elektroden, von denen eine, nämlich die Kathode K für Steuerkreis und Schaltkreis gemeinsam verwendet wird. Die Steuerelektrode G wird als Gate (Gitter) und die Elektrode im Schaltstromkreis als Anode A bezeichnet.

Steuerspule

Der Ladekondensator C_L wird von einer geeigneten Gleichspannungsquelle auf 400 V aufgeladen, der Thyristor ist dabei gesperrt, d. h. nicht leitend. Wird an der Steuerspule L_s (induktiver Geber) in kleinem Abstand ein Permanentmagnet vorbeigeführt, so wird in diese eine Spannung induziert, die als Steuerspannung dem Thyristor zugeführt wird. Dadurch wird der Thyristor schlagartig leitend, der Ladekondensator C_L entlädt sich deshalb sehr schnell

durch einen großen Entladestrom über die Primärwicklung W_p des Trafos (Zündspule). Danach sperrt der Thyristor wieder und das Spiel beginnt von neuem.

Der plötzliche Stromanstieg in der Primärwicklung W_p hatte eine schnelle Magnetfeldänderung zur Folge, die in der Windungsreichen Sekundärwicklung W_s eine hohe Spannungsspitze und damit den Funkenübergang an der Zündkerze bewirkte.

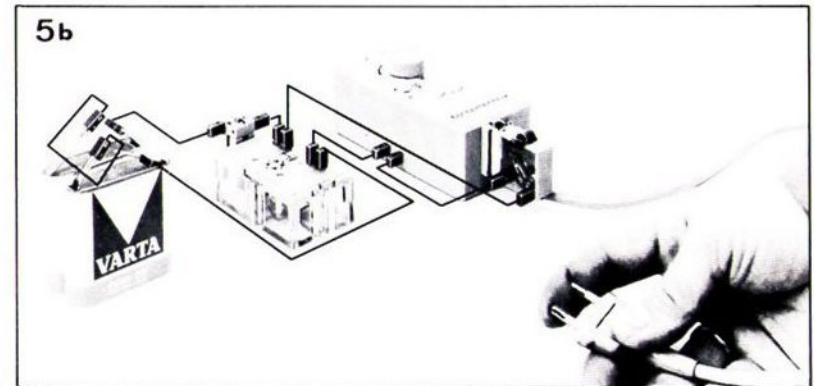
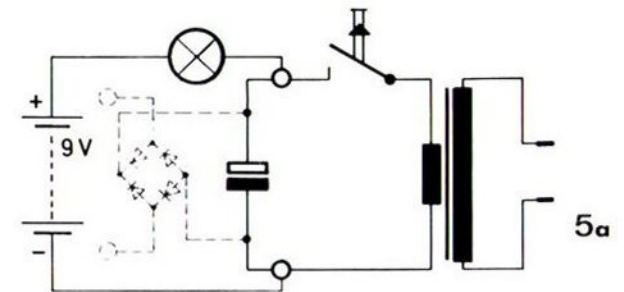
Vorteile der HKZ

Der Vorteil einer solchen Anlage liegt einmal in einem, gegenüber herkömmlichen Anlagen erheblich zündkräftigeren Funken und damit sicheres Arbeiten vor allem bei verölter oder verschmutzter Zündkerze.

Vorteile durch Wegfall des Unterbrechers

Durch den Wegfall des Unterbrechers kommen dazu im wesentlichen noch folgende Vorteile: Kein Kontaktverschleiß, also keine Wartungs- und Ersatznotwendigkeit, kein Nachstellen des Zündzeitpunktes, keine nachteilige Beeinflussung des Induktionsvorganges durch schlechten Kontaktzustand, und vor allem exaktes Steuern des Zündzeitpunktes bei hohen Drehzahlen, die u. U. erst dadurch möglich werden.

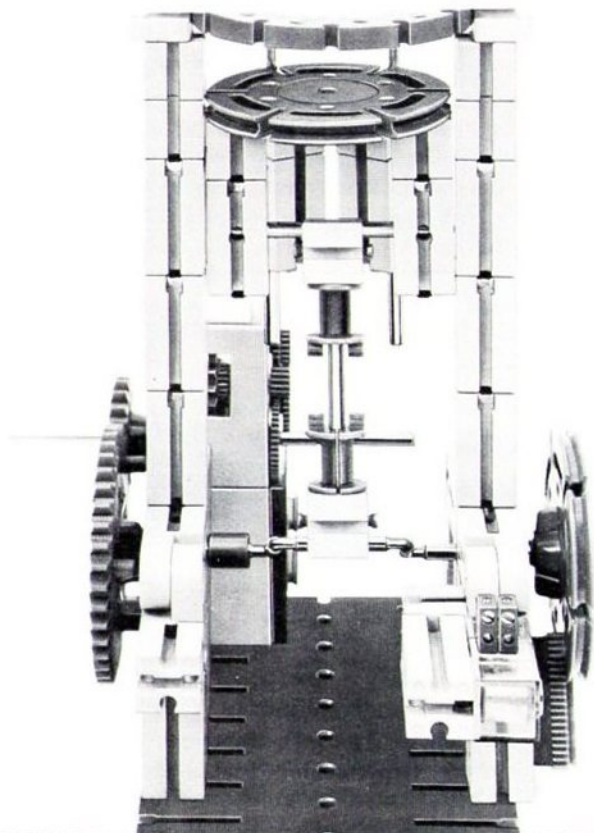
Das Arbeitsprinzip der HKZ können wir nachbauen (Bild 5), wenn wir statt des elektronischen Schalters (Thyristor) einen mechanischen (Taster) verwenden. Als Spannungsquelle können 3 hintereinander geschaltete Flachbatterien verwendet werden.



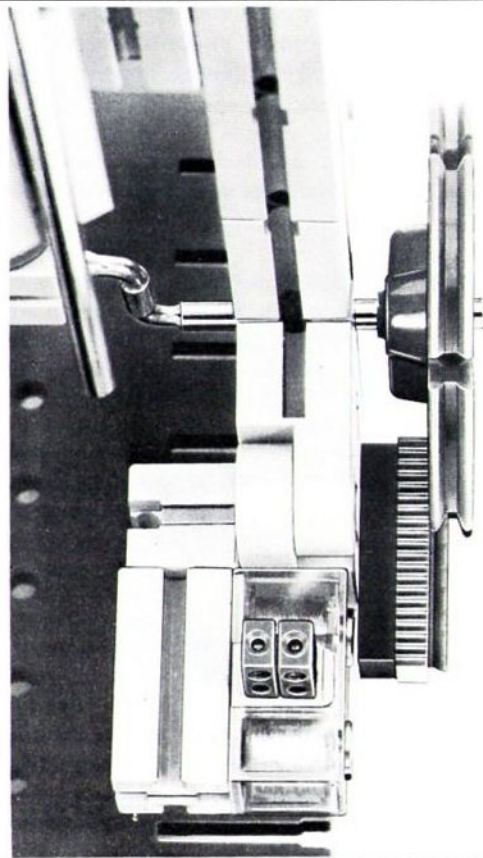
Nachweis der Spannungsspitze

Wie bei dem vorhergehenden Versuch kann der Nachweis der entstehenden Spannungsspitze durch Überbrücken der 2 Steckerstifte mit einem Finger, bei gleichzeitigem Drücken des Tasters, erbracht werden.

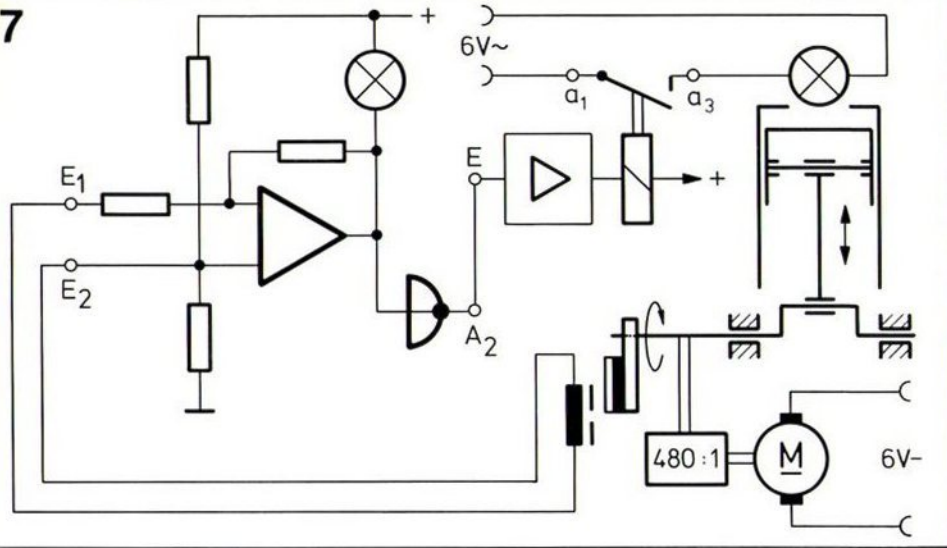
6a



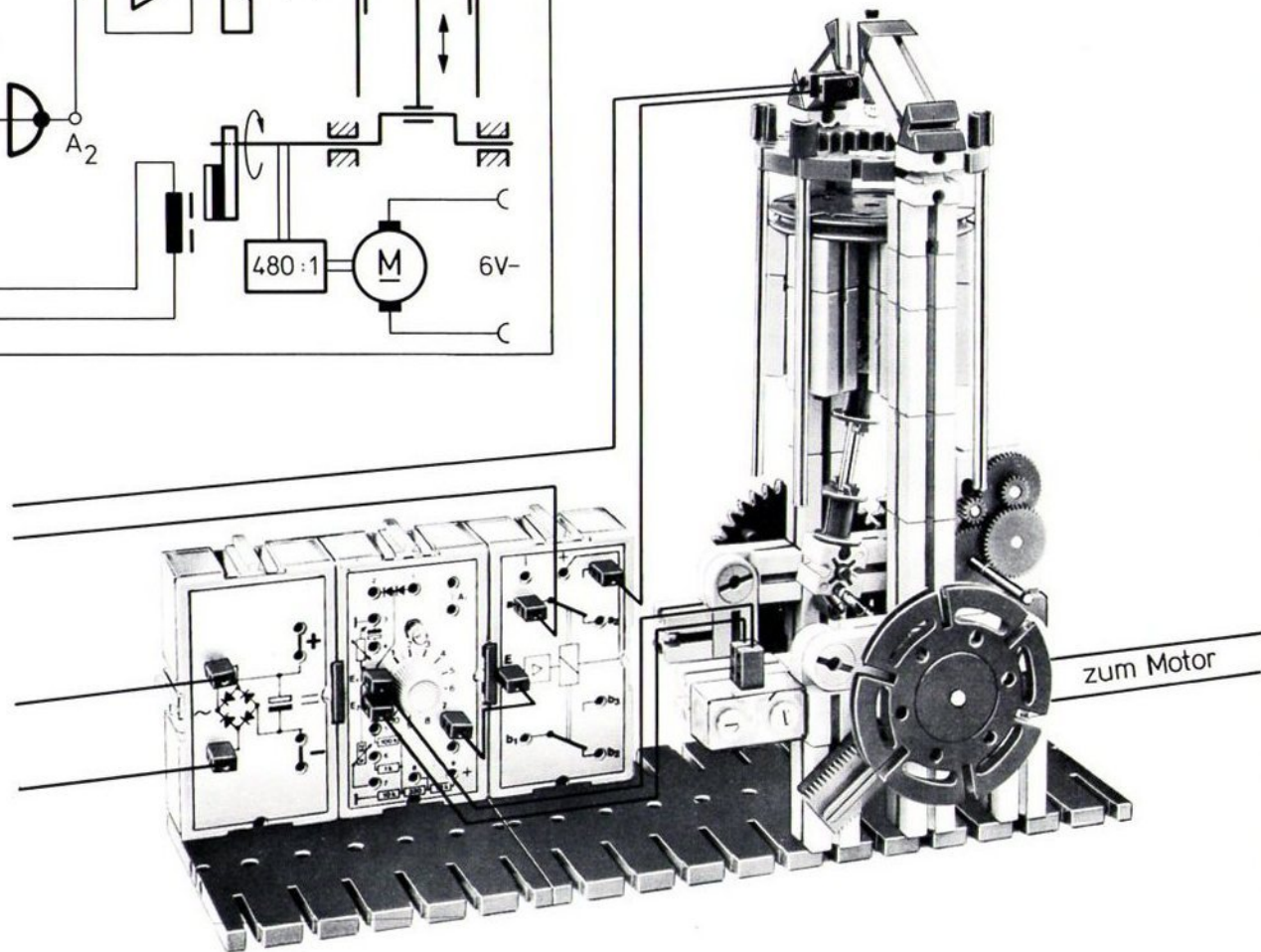
6b



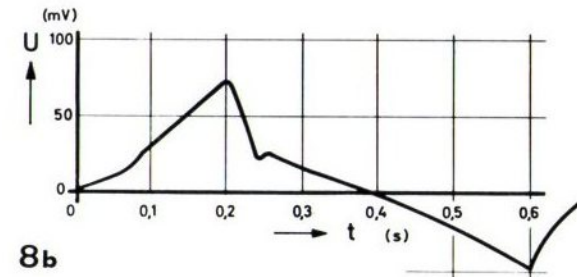
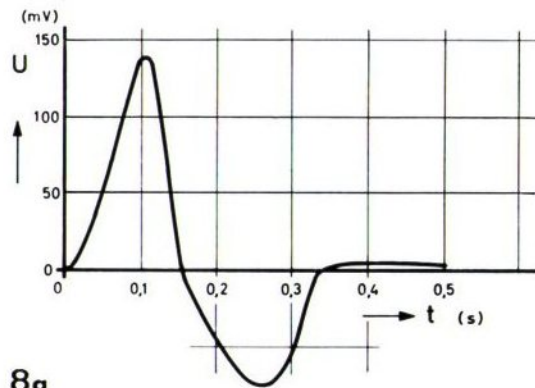
7



6c



Das in Bild 6a - c gezeigte Modell stellt einen Kolbenmotor dar, bei dem der Zündzeitpunkt berührungslos mittels induktivem Geber (fischertechnik-Elektromagnet als Steuerspule) gesteuert wird. Auf der Kurbelwelle sitzt ein Permanentmagnet, der bei jeder Umdrehung kurz vor O. T. dicht vor der Spule vorbeibewegt wird, und dadurch in dieser eine Wechselspannungsperiode erzeugt. Bild 7 zeigt den entsprechenden Schaltplan. In Bild 8 ist die entstehende Wechselspannungsperiode bei niedrigster und bei höchster Motordrehzahl in einem Diagramm dargestellt, der Spalt zwischen Spulenkern und Permanent-Magnet betrug dabei 0,5 mm.



Bedingt durch die niedrige Drehzahl unseres Modellmotors ist die entstehende Steuerspannung relativ klein. Die Steuerspannung für einen Thyristor muß z. B. mindestens 1,5 V betragen, um diesen durchzuschalten. Für unseren Operationsverstärker genügt dagegen eine Steuerspannung zwischen den 2 Eingängen von ca. 100 mV um das Relais umzuschalten. Um die Zündung sichtbar zu machen schaltet das Relais statt einem Trafo eine Lampe, die die Zündkerze darstellt.

Wird die Drehzahl des Modellmotors von der Höchstdrehzahl ausgehend immer weiter reduziert, so können wir feststellen, daß die Zündung bei niedrigen Drehzahlen aussetzt, weil die abgegebene Steuerspannung zu klein wird.

Die Drehzahl, bei der dies geschieht, ist abhängig von der Größe des Spaltes zwischen Spulenkern und vorbeigeführtem Permanentmagnet. Durch Variation dieses Spaltes können Sie dieses leicht nachprüfen.

Permanentmagnet
Wechselspannungs-
periode

Durch Vertauschen der Anschlüsse an der Spule kann wahlweise die erste oder zweite Halbwelle der Wechselspannungsperiode zur Zündauslösung verwendet werden. Wird die erste Halbwelle verwendet, so erfolgt die Zündung etwas früher, bei der zweiten Halbwelle etwas später.

Zündanlage für Zweitaktmotor
Viertaktprinzip Diese Zündanlage ist gebaut für einen Zweitaktmotor, da bei jeder Umdrehung eine Zündung erfolgt. Versuchen Sie die Zündanlage auf das Viertaktprinzip umzubauen, bei der die Zündung nur bei jeder zweiten Umdrehung ausgelöst wird.

Veränderung der Ansprechschwelle Wird Buchse 7 mit + verbunden, kann die Ansprechschwelle des Operationsverstärkers mit dem Drehknopf bis auf ein Minimum von ca. 40mV eingestellt werden, dadurch wird die Zündung auch noch bei sehr niedrigen Drehzahlen ausgelöst.

Im Vorwort wurde bereits auf die jedem Kasten beiliegenden hobby-Handbücher hingewiesen. Die Themen sind sorgfältig auf die jeweiligen Kästen abgestimmt.

hobby 1: Anleitung zur Handhabung der Bauelemente
Der Kurbeltrieb beim Verbrennungsmotor
Die Hobelmaschine (Shaping)

hobby 2: Anleitung zur Handhabung der Bauelemente
Die Ventilsteuerung beim Kraftfahrzeug
(untenliegende Nockenwelle)
Der Teilkopf

hobby S: Anleitung zur Handhabung der Bauelemente
Kran mit Zweiseilgreifer
Bedruckungsautomat
Die Stahlbrücke

hobby 3: Anleitung zur Handhabung der Bauelemente
Elektrische Grundsaltungen
Zyklus-Steuerung eines Schrägaufzuges
Stockwerk-Warenverteiler

hobby 4: Grundlagen der elektrischen Schaltungstechnik
Elektronische Grundsaltungen
Schaltungsmöglichkeiten mit dem
Elektronik-Grundbaustein
Automatische Sortieranlage
Die Zündung im Kraftfahrzeug

Ein umfassendes hobby-Buch für das gesamte fischertechnik-hobby-Programm mit weiteren Themen aus dem Bereich der Technik wird in Kürze erscheinen.

