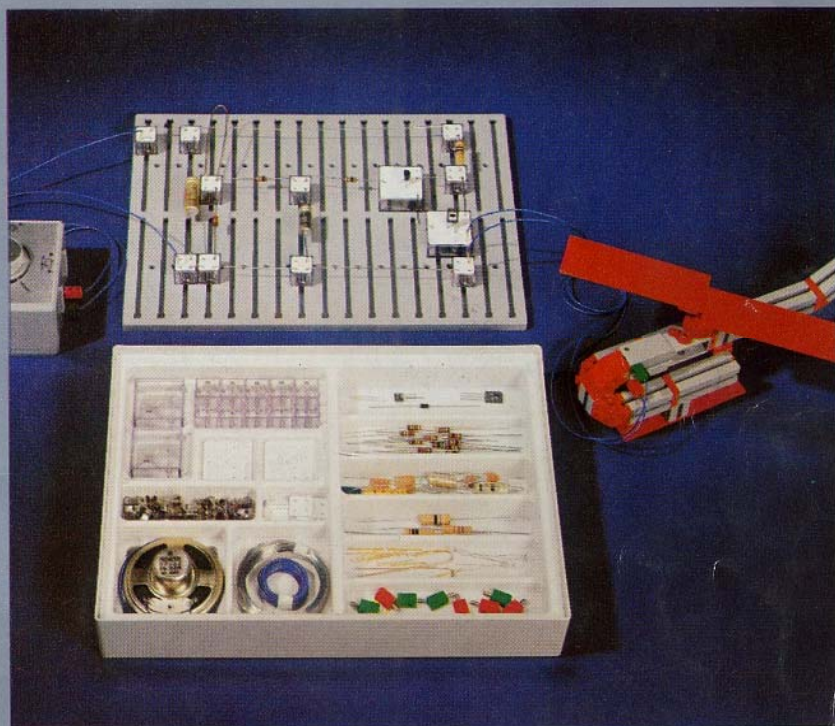


fischer[®]technik

Elektronik-Praktikum



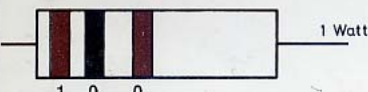
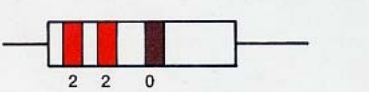
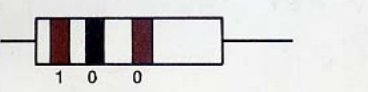

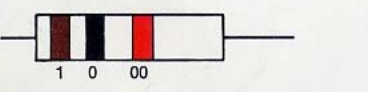
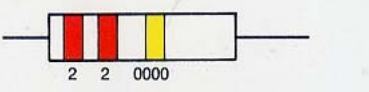
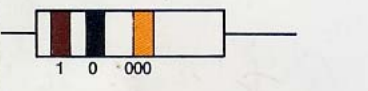

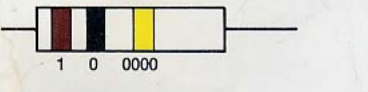
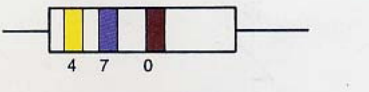
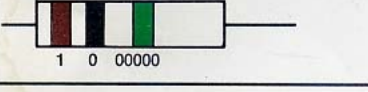
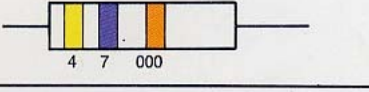


Art. Nr. 6 39410 7

**Ein Spiel mit Transistoren und
anderen elektronischen Bauelementen
für fischer-Techniker**

Schichtwiderstände des Elektronik-Praktikums

4. Ring nicht gezeichnet

Farbcode	Widerstandswert	Farbcode	Widerstandswert
	10 Ω		22 Ω
	100 Ω		220 Ω
	100 Ω		22 000 Ω = 22 kΩ
	1000 Ω = 1 kΩ		220 000 Ω = 220 kΩ
	10 000 Ω = 10 kΩ		47 Ω
	100 000 Ω = 100 kΩ		470 Ω
	1 000 000 Ω = 1000 kΩ = 1 MΩ		47 000 Ω = 47 kΩ

0 = sw (schwarz)

1 = br (braun)

2 = rt (rot)

3 = or (orange)

4 = ge (gelb)

5 = gn (grün)

6 = bl (blau)

7 = vi (violett)

8 = gr (grau)

9 = ws (weiß)

± 10% = si (silber)

± 5% = go (gold)

± 2% = rt (rot)

Die Farben der Ringe sind ein Code (= Schlüssel) für den Ohm-Wert von Schichtwiderständen. Die Ringe haben den Vorteil, daß sie von allen Seiten – auch nach mehrfachem Gebrauch – gleich gut »gelesen« werden können. Den Code hast Du schnell begriffen.

Beginne mit dem Ring, der den kleinsten Abstand von außen hat. Der 1. und der 2. Ring nennt die erste und die zweite Ziffer. Der 3. Ring gibt an, wieviele Nullen hinter diesen Ziffern stehen. (Ein schwarzer Ring bedeutet somit 0 Nullen, also keine Null hinter den beiden ersten Ziffern.)

Diese 3 Ringe geben den Ohm-Wert an, den der Schichtwiderstand haben soll (= Sollwert). Da dieser Wert vom Hersteller nicht ganz genau garantiert werden kann, sind Abweichungen (= Toleranzen) zugelassen. Der 4. Ring gibt Auskunft über ihre Größe. Beispiel: Ein Schichtwiderstand mit den Ringen br - sw - rt - go hat einen Wert von 1000 Ω ± 5%; sein echter Wert muß also zwischen 950 und 1050 Ω liegen.

Elektronik-Praktikum

Ein Spiel mit Transistoren und anderen
elektronischen Bauelementen
für
fischer-Techniker

Scanned by Sulu007

Zum Bau der Modelle werden benötigt:

Grundkasten 200
Motor- und Getriebekasten mot. 1

ab Seite 65:

Motor- und Getriebekasten	mot. 2
Statikkasten	200 S
Minitaster	em 9
Taster	em 5
Schaltscheiben	06
Relaisbaustein RB II	em 10
Fotowiderstand	Servicebox
Netzschaltgerät	em 11

Die älteren Grundkästen 200 enthalten keine Bausteine 5 und Verbindungsstücke 15. Diese können mit den Zusatzpackungen 017 und 019 beschafft werden. Der Batteriestab des Motor- und Getriebekastens mot. 1 kann auch einzeln als mot. 5 bezogen werden.

Stromversorgung:

4 Babyzellen
und Netzgerät mot. 4

Geleit

Sicher haben auch Dir schon einmal die Tricks eines Zauberkünstlers imponiert, und Du wärst gern hinter seine Schliche und Kniffe gekommen – aber die Burschen verraten ja nichts. Die Kunststücke der Elektroniker sind aber nicht weniger aufregend – denke nur an Radio, Fernsehen, Licht- und Hammondorgel, Raumfahrt usw. usw.! Die Tricks der Elektroniker haben aber dazu noch den Vorteil, daß Du praktisch etwas damit anfangen kannst!

Dein neuer Experimentierkasten ist eine richtiggehende elektronische Trickkiste! Was Du mit den 12 neuartigen Kontakt-Bausteinen zusammen mit Deinen anderen fischertechnik-Baukästen alles anfangen kannst, das wirst Du gleich merken: »Selber-Probieren macht fett« sagt der Praktiker!

Und damit Du weißt, warum der Name »Elektronik-Praktikum« gewählt wurde: Es ist eine praxisnahe Einführung in die Elektronik für »fischer-Techniker« – also genau für jemand wie Dich! Wie Du nun mit Dioden, Transistoren und den anderen Bauelementen Deines Experimentierkastens umgehen muß, damit eine funktionierende Schaltung daraus wird, mit der Du auch etwas anfangen kannst – das verrät Dir dieses Anleitungsbuch. Im Gegensatz zu Zauberkünstlern verraten nämlich Elektroniker gern ihre Geheimnisse!

Am besten fängst Du gleich mit den Seiten ohne farbige Markierung an. Halte Dich dabei an die Reihenfolge der vielen interessanten Versuche. Dann wirst Du Erfolg und Spaß an den Experimenten haben – und es kann nichts schiefgehen! Wo notwendig, geben Steckpläne an, wie die Kontaktbausteine und die Bauelemente am besten auf der Experimentierplatte angeordnet werden. Da solche Steckpläne jedoch leicht dazu verleiten, die Schaltungen ohne Verständnis der Zusammenhänge sozusagen als Puzzlespiele mit elektronischen Bauelementen aufzubauen, ist ihre Anzahl auf das notwendige Maße beschränkt. Damit ist – Deine Eltern werden es gerne hören – gewährleistet, daß Du schon nach kurzer Zeit elektronische Schaltungen tatsächlich selber

»lesen« kannst. Das gilt dann auch für die Schaltungen am Ende der weißen Seiten, mit denen Du herrliche Blinkerschaltungen selbst ausknobeln und dem Lautsprecher wunderbare Töne entlocken wirst.

Beginne also von vorne! Nur dann wirst Du jeweils das Schaltungsprinzip wirklich verstehen. Und das willst Du doch, oder etwa nicht?

Danach erforsche erst die Seiten mit der gelben Markierung. Du brauchst nämlich die anhand der »weißen Seiten« gesammelten Erkenntnisse und Erfahrungen zum Verständnis der neuen Versuche und Schaltungen! Besonders aufregend sind die elektronischen Motorsteuerungen. Damit Du nicht auch noch mit Bauproblemen belastet wirst, sind alle Schaltungen zunächst für sich allein behandelt. Einfach aufzubauende Modelle ermöglichen die erste Anwendung für den Modellbau. Wenn Du Lust hast und noch mehr fischertechnik-Material besitzt, kannst Du die Modelle nach eigenem Geschmack entsprechend großzügiger bauen und neue Schaltungsvarianten für ähnliche Schaltungen selbst ausdenken.

Zum Schluß wirst Du dann die blau markierten Seiten sicher mit Vergnügen »zu Dir nehmen« – sozusagen als Nachspeise! Dieser Teil des Buches ist vor allem interessant, wenn Du Taster, Relais oder Fotowiderstand bereits besitzt oder anschaffen möchtest und nun mit der Elektronik kombinieren willst.

Und nun viel Spaß und Freude am Elektronik-Praktikum mit fischertechnik – und viel Erfolg!

Lorenz Fischer

Inhalt

Kapitel	Sachinhalt	Seite
fischertechnik-Elemente für elektrische und elektronische Schaltungen		6
Gute Verbindungen und Kontakte		7
Batteriestab – Lämpchen – Leitungen		8
Elektrische Quellen	Quellenspannung · Maßeinheit · Reihenschaltung von Zellen	9
Schaltzeichen und Schaltplan		11
Zuerst die Spannung – dann der Strom	Zusammenhang zwischen Spannung und Strom	11
Deine 6-V-Quelle liefert zugleich auch 3,0 V und 4,5 V	Batterie mit Spannungsabgriff	12
Geben mehr Lampen auch immer mehr Licht?	Reihen- und Parallelschaltung · Spannungsteiler	13
Eine optische Täuschung	Lichtkreis-Modell	14
Der Trick mit dem Vorwiderstand	Spannungsteiler-Anwendung	15
Wir bauen 2 verschiedene Taster	Schließer und Öffner	16
Widerstand ist eine Eigenschaft	Widerstandswert und Maßeinheit	17
Eine elektrische Zweigang-Schaltung	Motor mit überbrückbarem Vorwiderstand	18
Die Polarität ist wichtig	Polarität und Motordrehrichtung · Polwender	18
Dem Lautsprecher zugeschaut	Nachweis reiner Gleichspannung	19
Zwischen Knick und Knack	Nachweis pulsierender Gleichspannung	19
Die dritte Quelle	Nachweis einer Wechselfspannung	20
Die Diode	Schaltzeichenbedeutung · Prüfschaltung	21
Prüfgerät zur Polbestimmung		22
Wie eine Dreh Sperre im Supermarkt	Ventilwirkung und Anwendung	22
Zwei Motore und ein Netzgerät	Diode als Gleichrichter	23
Die Leuchtdiode	Prüfschaltung · Strombedarf	24
Eine Überlaufanzeige	Anwendungsbeispiel für eine LED	25
Der Transistor		26
Hallo – der Tank ist voll!	Erste Erprobung der Verstärkereigenschaft	26
Sicherung gegen Falschpolung	Emitterpfeil und Stromrichtung · Sicherungsdiode	27
Ein Transistor – zwei Stromkreise	Basis- und Kollektorkreis · Transistoreffekt	27
Überlaufanzeige mit Vorwarnung	2 getrennte Transistorstufen	28
Sehen und hören	Lautsprecher bzw. Motor im Lastkreis	29
Ein Supertransistor	Darlington-Schaltung	29
Achtung – der Tank ist leer!	Signalumkehr durch 2. Transistorstufe	30
Der große C wird untersucht	Laden – Entladen über ein Lämpchen	31
Ein Tank für elektrischen Strom	Kapazität und Maßeinheit	31
Mit einem Wechsler geht's besser		32
Wie man einen pulsierenden Gleichstrom glätten kann	Wechsel-Ausgang als Quelle für die Versorgungsspannung	33
Eine Sorge weniger!	Lautsprecherschutz durch Elko	33
Am Eingang der Transistorstufe vorbei	Legen der Basis auf Emitterpotential	34
Sie stupsen sich gegenseitig	Flip-Flop durch Rückkopplung · Signalspeicherung	34
Was ist ein Kippgenerator?	Kapazitive Kopplung und Rückkopplung	36
Blinker für jeden Zweck	Optische Anwendungen	37
Der Motor macht nur kleine Schritte	Taktgenerator für Transportband	37
Langsamlauf – elektronisch	Prinzip der Impulssteuerung	38
Elektronisch erzeugte Geräusche	Tröpfelfrequenz-Generator	38
Flöten-, Tröten- und andere Töne	Tongenerator mit Scheibenkondensatoren	39
Immer neue Tricks	Frequenzänderung mit Hilfe einer Wasserstrecke	40
Die gelben Seiten		
Spannung – Widerstand – Stromstärke	Wiederholung · Maßeinheit der Stromstärke	42
Die hilfreiche Formel des Simon Ohm		42

Kapitel	Sachinhalt	Seite
Die Stromstärke bei Reihen- und Parallelschaltung		43
Die Dicken und die Dünnen	Elektrische Leistung · Maßeinheit · Leistungsaufnahme einiger fischertechnik-Geräte	43
Jede Menge Widerstandswerte	Reihen- und Parallelkombinationen · Strombedarf von Lämpchen und LED	44
Eine elektrische Viergangschaltung	Reihen- und Parallelschaltung von Vorwiderständen	45
Polwendetaster	Schaltprinzip · Motor-Schnellbremsung	46
Wenn der Motor selber klettern muß	Polabhängige Überbrückung des Vorwiderstandes durch eine Diode	47
Einmal »hin und her«	Periode und Frequenz · Maßeinheit	48
Die Stromlücke	Einweg-Gleichrichtung	48
Ein Kondensator füllt die Lücke	Lastabhängiger Glättungsgrad	49
Der Netzbrumm	100-Hz- und 50-Hz-Netzbrumm	50
Steuerstrom und Steuerwiderstand	Verbotener Steuerwiderstandsbereich für Schalterbetrieb	50
Vorsicht – Transistor wird heiß!	Gefährlich hohe Leistungsaufnahme im Proportionalitätsbereich · Spielregeln für Motorbetrieb	51
Der Transistor »verstärkt« sozusagen	Stromverstärkungsfaktor für Transistor und Darlington	52
Eine eigene Quelle im Steuerkreis	Nochmals: Steuer- und Lastkreis	52
Ein Spannungsteiler als Quelle	Erzeugung niedriger Steuerspannungen	53
Sperrspannung und kritischer Bereich	Sperrspannung als Materialeigenschaft · Kritischer Bereich und Belastung	53
Hallo – der Tank ist leck!	Signalumkehr durch Steuerfühler »unten«	54
Ein Kondensator braucht Zeit	Lade- und Entladezeit eines RC-Gliedes · Reihen- und Parallelschaltung von C	55
Der Kondensator als Steuerquelle	Unkritisches Durchfahren des Proportionalbereichs	56
Ein sanfter Motorauslauf	Nutzung des »kritischen« Bereichs	57
Weicher Start mit Verzögerung	Karussellsteuerung	57
Die Steuerspannung	Basisspannungsteiler · RC-Spannungsteiler	59
Ein Druck – ein Ruck	Schrittsteuerung des Motors von Hand	60
Ein Treppenhausautomat	2-stufige Verzögerungsschaltung	61
Die große Wirkung eines kleinen Widerstandes	Triggerschaltung mit gemeinsamem Emitterwiderstand als Monoflop	61
Start auf Befehl – Stop von allein	RC-Steuerung der Triggerschaltung	63
Stop auf Befehl – Start von allein		64
Die blauen Seiten		
Drehzahlüberwachung eines Handrührers	Nachtriggerbares Monoflop	66
Die Steuerung eines Riesenrades	Halbautomatische elektronisch-elektromechanische Motorsteuerung	68
Das Lämpchen mal woanders	Kollektorschaltung mit Transistor und Darlington	71
Start und Stop – besonders weich!	RC-Steuerung einer Darlington-Kollektorschaltung	72
Überlaufanzeige mit Relais	Verstärkerrelais	73
Kurze Blitze – lange Pausen	Verstärkerrelais mit Darlington und Rückkopplungsweig	73
Ein elektronisches Auge	Fotowiderstand im Basisspannungsteiler	74
Schalten mit Licht	1-stufiger Dämmerungsschalter mit Relais	74
Ohmsi, das Wundertier	Lichtgesteuerter Tongenerator	75
Mit Musik geht alles besser	Lichtgesteuertes Verstärkerrelais mit Netzschaltgerät	76
Eine universelle Schaltuhr	Monoflop und mechanisches Getriebe für Zeit-Weg-Steuerung	76
»Licht aus« – wie durch Zauberei	2-stufige Feuchtigkeitssensor-Schaltung mit Selbsthaltung durch Diode im Rückkopplungsweig	78
Prüfschaltungen		79

fischertechnik-Elemente für elektrische und elektronische Schaltungen

Dein neuer Experimentierkasten enthält neben den elektrischen und elektronischen Bauelementen die für den Aufbau von Versuchen und Schaltungen erforderlichen Teile.

Die Experimentierplatte

Bestimmt hast Du Dich schon beim Auspacken über den Deckel des Experimentierkastens gefreut! Als echtem »fischer-Techniker« brauchen wir Dir die Vorzüge dieser »Experimentierplatte« für den Modell- und Schaltungsbau nicht weiter erklärt zu werden! Das findest Du schon bald selber heraus.

Der Kontaktbaustein

Um Deinen fischertechnik-Motor zu betreiben, genügt ein Kabel mit Steckern. Für den Aufbau von Versuchen und Schaltungen mit elektronischen Bauelementen brauchst Du besondere Verbindungselemente. fischertechnik hat dazu spezielle »Kontaktbausteine« entwickelt. Du hast 10 Stück davon in Deinem Experimentierkasten.

■ Jeder Kontaktbaustein (Bild 1) besteht aus Gehäuse, Kontaktfeder und Deckel. Die Bedeutung des die 4 Löcher verbindenden Kreises wird gleich erklärt. Suche Dir diese Teile für die 10 Kontaktbausteine heraus. Bild 2 zeigt, wie sie zu fertigen Kontaktbausteinen zusammengesetzt werden müssen.

■ Die Kontaktfeder paßt mit ihren 4 Klemmstellen genau auf die quadratische Säule im Gehäuse; sie muß zuerst eingesetzt werden. Die Führungsleisten verhindern ein Verdrehen der Feder im Gehäuse.

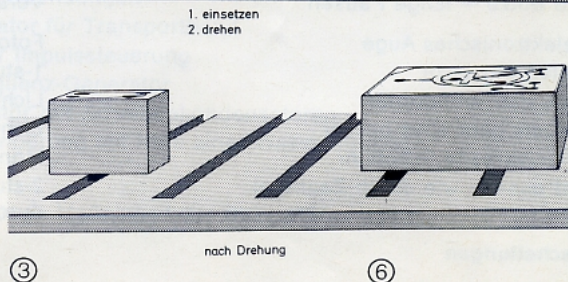
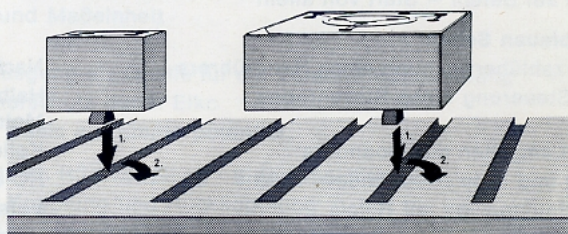
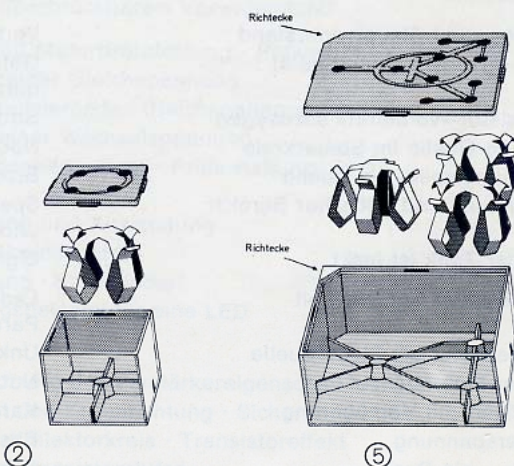
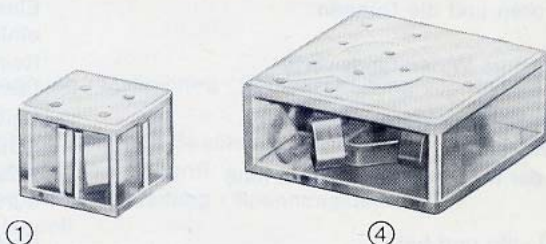
■ Danach drückst Du den Deckel – mit dem aufgeprägten Kreis nach oben – auf das Gehäuse, bis er fest einrastet. Fertig ist der Kontaktbaustein! Wir wollen ihn künftig einfach »K-Baustein« nennen.

■ Damit Du einen K-Baustein auch innerhalb eines Schaltungsaufbaus beliebig herausnehmen oder versetzen kannst, ist der Zapfen an der Unterseite nicht quadratisch, sondern rechteckig ausgeführt (Bild 3). Probiere gleich einmal aus, wie sich ein K-Baustein von oben mitten in eine Nut der Experimentierplatte einführen und durch eine Vierteldrehung festsetzen läßt. Praktisch, nicht wahr?

Der Transistorbaustein

■ Weil wir gerade dabei sind, kannst Du gleich auch noch die beiden großen »Transistorbausteine« nach Bild 4 zusammensetzen. Du gehst dabei genau so vor wie bei den K-Bausteinen.

■ Achte beim Aufsetzen des Deckels unbedingt darauf, daß die Deckellöcher über die entsprechenden Federkammern zu liegen kommen. Die Bedeutung der aufgeprägten Zeichen auf dem Deckel wird später erklärt.

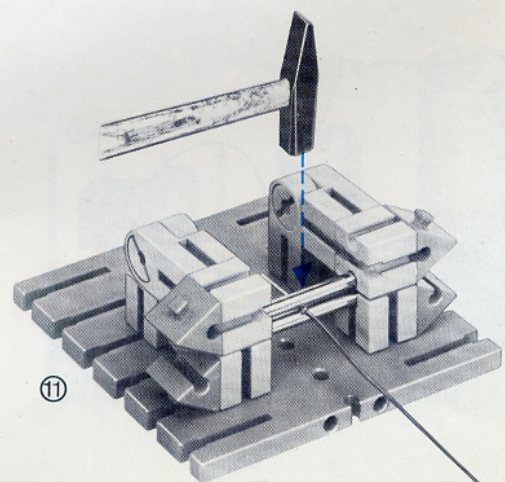
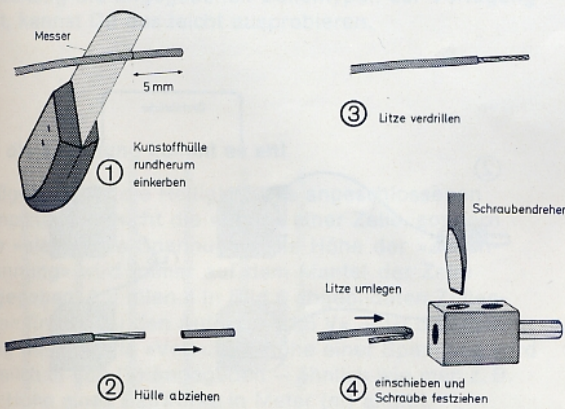
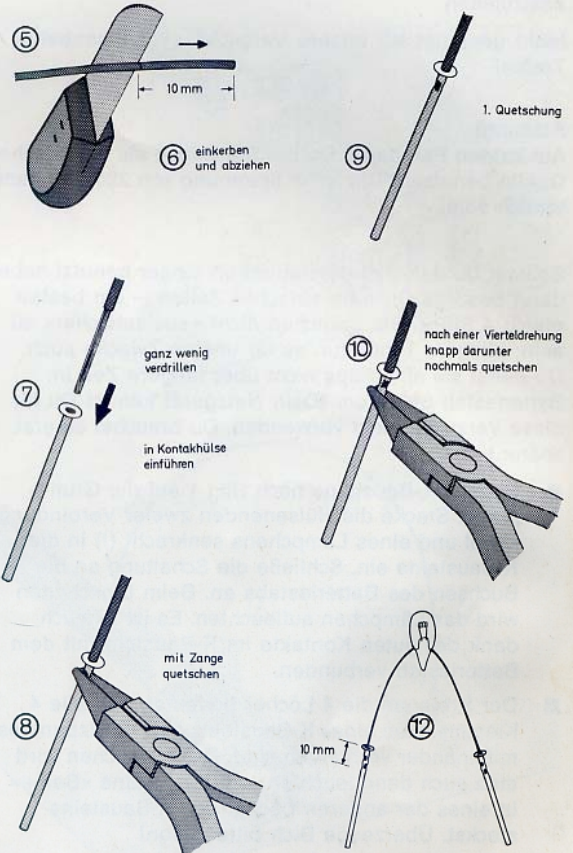


Gute Verbindungen und Kontakte

... sind auch für elektrische Bauteile, z. B. Lämpchen, und elektronische Bauelemente, z. B. Dioden und Transistoren, wichtig! Normalerweise benutzt Du den blanken Scheldraht von der Rolle, die dem Kasten beiliegt. Zu weiche und dünne Drähte werden mit »Kontakthülsen« verstärkt. Das geht so:

- Zunächst brauchst Du 4 Verbindungskabel, mit denen Du später die Verbindungen zwischen Deiner Schaltung und dem Batteriestab (oder Netzgerät) bzw. dem Motor herstellst. Schneide dazu vom einadrigen Kabel 4 etwa 50 cm lange Stücke ab. Entferne an allen Enden auf eine Länge von etwa 5 mm die Isolierung. Mit etwas Gefühl kannst Du statt des in Bild 1 gezeigten Rundherum-Einschneidens auch mit einem nicht ganz geschlossenen »Seitenschneider« arbeiten.
- Ein Ende jedes Kabels wird nach Bild 4 mit einem roten bzw. grünen fischertechnik-Stecker versehen.
- Die beiden anderen Kabelenden müssen durch je eine Kontakthülse verstärkt werden. Nach geringfügigem Verdrillen der Kabellitze diese in Hülse einführen (Bild 7) und – am besten mit einer »Rundzange« – Hülse nach Bild 8 verquetschen. (Wenn Du die Hülse mit Deiner Kneifzange festquetschen willst, darfst Du natürlich nicht zu fest zudrücken!) Dann quetschst Du entsprechend Bild 10 nach einer Vierteldrehung der Hülse nochmals. Diese 2. Quetschung soll möglichst dicht unter der ersten erfolgen.
- Du kannst Dir nach Bild 11 eine elegante Quetschvorrichtung bauen. Das zu quetschende Ende der Kontakthülse legst Du zwischen die zwei fischertechnik-Achsen und schlägst mit einem Hammer auf die obere Achse. Die 2. Quetschung wird nach Drehung der Hülse um 90° knapp darunter vorgenommen.
- Verstärke auch gleich noch die Enden des Lautsprecherkabels mit Kontakthülsen.

- Nun hast Du ein Gefühl dafür bekommen, wie stark Du mit der Zange zudrücken darfst, und kannst es wagen, die dünnen Anschlußdrähte der 3 Lämpchen ebenfalls durch Aufquetschen von Kontakthülsen für den Versuchsbetrieb vorzubereiten (Bild 12).



Batteriestab – Lämpchen – Leitungen

Jetzt soll gleich eines Deiner Lämpchen mit Hilfe Deines Batteriestabes zum Leuchten gebracht werden.

Natürlich weißt Du längst, daß ohne eine elektrische Quelle kein Lämpchen leuchten und auch kein Motor laufen kann. Du mußt sie an Deinen Batteriestab, Dein Netzgerät oder eine andere geeignete Quelle anschließen.

Nicht geeignet für unsere Versuche sind Eisenbahn-Trafos!

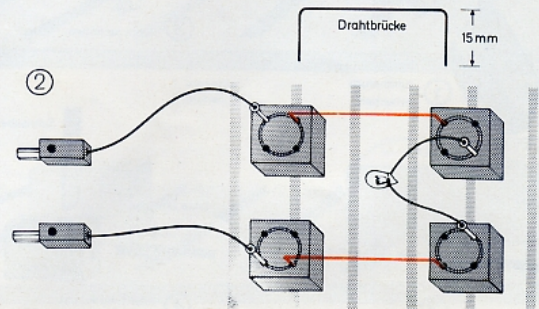
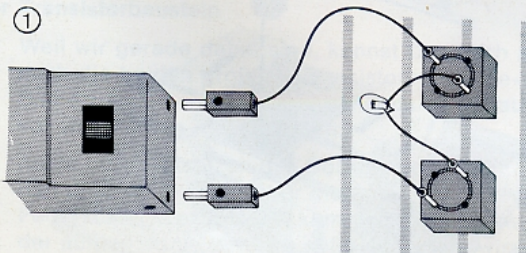
Achtung!

Auf keinen Fall darfst Du die Steckdose als elektrische Quelle benutzen! Die hohe Spannung von 220 Volt kann tödlich sein!

Solltest Du den Batteriestab schon länger benutzt haben, dann besorge Dir bitte »frische« Zellen – am besten gleich 4 Stück. Sie brauchen nicht »auslaufsicher« zu sein; billigere Typen tun es für unsere Zwecke auch. Du darfst sie allerdings nicht über längere Zeit im Batteriestab belassen. (Dein Netzgerät kannst Du für diese Versuche nicht verwenden. Du brauchst es erst später.)

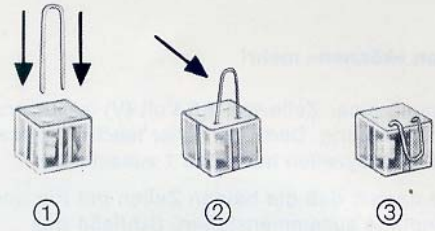
- Setze 2 K-Bausteine nach Bild 1 auf die Grundplatte. Stecke die Hülsenenden zweier Verbindungskabel und eines Lämpchens senkrecht (!) in die K-Bausteine ein. Schließe die Schaltung an die Buchsen des Batteriestabs an. Beim Einschalten wird das Lämpchen aufleuchten. Es ist nämlich dank der guten Kontakte im K-Baustein mit dem Batteriestab verbunden.
- Der Kreis um die 4 Löcher bedeutet, daß alle 4 Klemmstellen eines K-Bausteins bzw. Stützpunktes miteinander verbunden sind. Das Lämpchen wird also auch dann leuchten, wenn Du seine »Beine« in eines der anderen Löcher des K-Bausteins steckst. Überzeuge Dich bitte davon!

- Bild 2 zeigt, wie Du 2 K-Bausteine durch »Brücken« aus Schaltdraht miteinander verbinden kannst. Schneide den Draht stets so ab, daß die abgeboigten Drahtenden mindestens 15 mm lang sind und senkrecht (!) in die Löcher gesteckt werden können – nur dann ist ein guter Kontakt gewährleistet! Die Brückenverbindungen sind sozusagen Verlängerungen der beiden Kabel.
- Bewege die Kabelverbindungen hin und her; rüttle etwas an den Kontakthülsen! Flackert das Lämpchen dabei? Dann ist irgendwo ein »Wackelkontakt«, der beseitigt werden muß. Sitzt ein Stecker zu locker in der Buchse, dann spreize den Stift mit einem Messer etwas auseinander. Prüfe durch Zupfen an den Kabelenden bzw. »Lampenbeinen«, ob Du eine Kontakthülse noch etwas nachquetschen mußt. Diese »Fehlersuche« mußt Du immer durchführen, wenn eine Schaltung nicht einwandfrei funktioniert.



Elektrische Quellen

und worauf es dabei vor allem ankommt!



Um nun herauszufinden, worauf es bei einer »Quelle« (so werden wir von jetzt ab einfach sagen) vor allem ankommt, wollen wir gleich eine kleine Versuchsreihe starten – und zwar mit den Babyzellen aus Deinem fischertechnik-Batteriestab.

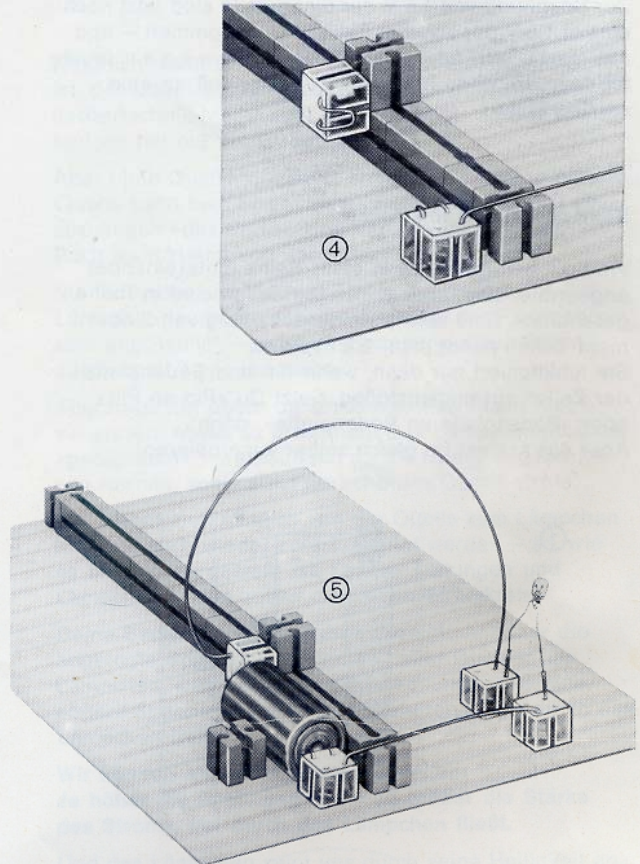
Das Lämpchen und die Babyzelle

Damit Dir die Babyzelle beim Versuch nicht durch die Landschaft rollt, baust Du zunächst eine »Halterung« mit Deinen fischertechnik-Bausteinen zusammen. Die Bilder 1–5 zeigen eine Möglichkeit. Selbstverständlich kannst Du es auch anders machen – Du hast ja schon viel Erfahrung mit fischertechnik-Baukästen! Hauptsache, Pin und Bodenplatte haben guten Kontakt mit den aus ca. 5 cm langen Drahtstücken gebogenen »Kontaktbügeln«, die Du in die Kontaktbausteine (KB) einsetzen mußt. Mit 2 Drähten stellst Du dann nach Bild 5 die Verbindung zwischen Lämpchen und Babyzelle her.

Das Ergebnis ist mager: Das Lämpchen leuchtet nur schwach – viel schwächer als nach dem Anschließen an den Batteriestab!

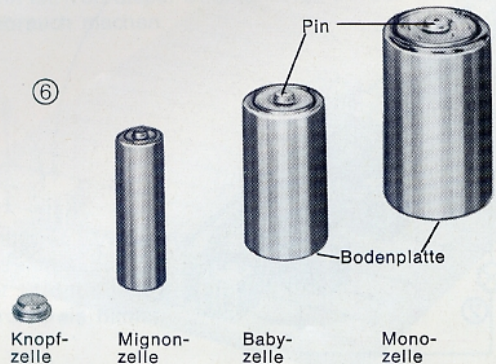
»Kunststück!« – wirst Du sagen – »Im Batteriestab sind ja auch 3 Zellen drin! Das Ganze ist doch viel größer!!«

Wenn es auf die »Größe« einer Zelle ankäme, dann müßte Dein Lämpchen verschieden hell leuchten, wenn Du es an die verschiedenen, im Bild 6 gezeigten Zellen anschließt. Das ist aber keineswegs der Fall. Wenn Du zufällig die angegebenen Zellentypen zur Verfügung hast, kannst Du das leicht ausprobieren.



Auf die Spannung kommt es an!

Maßgebend für die Helligkeit des angeschlossenen Lämpchens ist nicht die »Form« einer Zelle, sondern ihre »elektrische Spannung«. Die Höhe der »Zellenspannung« wird immer auf dem Mantel der Zelle angegeben. Auf allen 4 in Bild 6 abgebildeten Zellentypen findest Du den Aufdruck »1,5 V«. V ist die Abkürzung des Begriffs »Volt«. Die Höhe einer Spannung wird nämlich in Volt (V) angegeben – ähnlich wie man z. B. die Höhe eines Bauwerks in Meter (m) angibt.



Zwei Zellen »können« mehr!

Die Spannung einer Zelle von 1,5 Volt (V) ist für unser Lämpchen zu niedrig. Damit es heller leuchtet, setzen wir einfach 2 Babyzellen nach Bild 1 zusammen.

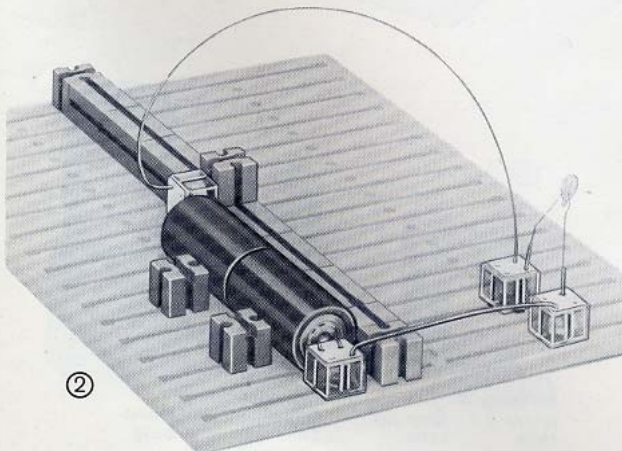
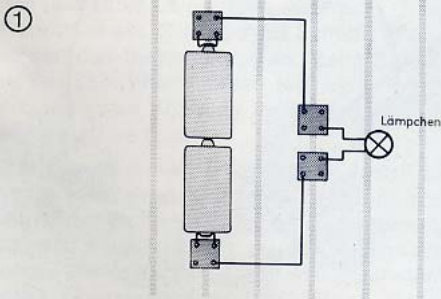
- Achte darauf, daß die beiden Zellen mit Pin und Bodenplatte zusammenstoßen. Schließe das Lämpchen noch nicht an! Was meinst Du? Wird das Lämpchen jetzt heller leuchten als vorher?

Zur Spannung von 1,5 V der einen Zelle sind jetzt noch einmal 1,5 V der zweiten Zelle hinzugekommen – und das macht nach Adam Riese 3,0 V! Deswegen leuchtet das Lämpchen heller als bei Anschluß an eine einzige Zelle.

Reihenschaltung von Zellen

Weil die beiden Zellen in einer Reihe hintereinander angeordnet sind, sagt man: »Die Zellen sind in Reihe geschaltet«. Eine solche Reihenschaltung von 2 oder mehr Zellen nennt man **Batterie**.

Sie funktioniert nur dann, wenn Pin und Bodenplatte der Zellen zusammenstoßen. Setz Du »Pin an Pin« oder »Bodenplatte an Bodenplatte«, dann ... Aber das solltest Du gleich selber ausprobieren!



Batterien mit 4,5 V und 6,0 V

Nach den ersten Versuchen ist Dir jetzt sicher klar, wie Du eine Quelle bauen mußt, die eine Spannung von 4,5 V »zur Verfügung stellt«, wie sich der Fachmann ausdrückt.

- Erweitere die Batteriehaltung so, daß sie ... Zellen (setze die entsprechende Zahl ein!) aufnehmen kann. Eine solche Anordnung entspricht genau der Reihenschaltung von Zellen in Deinem fischertechnik-Batteriestab.
- Schließe nun ein Lämpchen an diese 4,5-V-Batterie an. Es wird jetzt natürlich wiederum heller leuchten, als wenn es nur mit einer Spannung von 3,0 V »versorgt« wird.
- Zum Schluß solltest Du Deine Batterie noch um eine 4. Babyzelle erweitern. Die Quellenspannung muß jetzt eine Höhe von ... V haben.

Präge Dir bitte die »Helligkeit des Lämpchens bei 6 V« gut ein! Diese Spannung ist nämlich für die Lämpchen aus Deinem Experimentierkasten »gerade richtig«.

»Zu hell« verkürzt die Lebensdauer

- Schließe jetzt bitte zum Vergleich das Lämpchen an die »stirnseitigen« Buchsen Deines fischertechnik-Netzgerätes an und »drehe voll auf«!

Das Lämpchen leuchtet heller als beim vorigen Versuch. Daraus kannst Du schließen, daß das voll aufgedrehte Netzgerät eine ... Spannung als 6 V zur Verfügung stellt (fülle die Lücke bitte aus: kleiner – größer).

- Probiere aus, wie hell das Lämpchen leuchtet, wenn Du es an die »seitlichen« Buchsen des Netzgerätes anschließt. Du wirst feststellen, daß auch diese Spannung höher als 6 V sein muß.

Weil die Lämpchen eine höhere Spannung als 6 V auf die Dauer nicht vertragen, solltest Du Dein Netzgerät nur etwa 3/4 aufdrehen, wenn eine Schaltung mit Lämpchen angeschlossen ist – sie leben dann länger.

Ein wichtiges Ergebnis

Mit Deinen Versuchen hast Du herausgefunden: Die Helligkeit eines Lämpchens hängt von der Höhe der angelegten Spannung ab. Es gilt also:


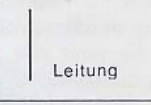
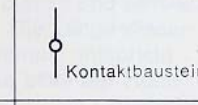

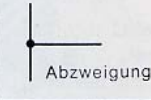
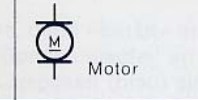
»Je höher die Spannung – um so heller leuchtet das Lämpchen!«

Schaltzeichen und Schaltplan

Es würde zuviel Zeit und Platz kosten, wenn man für jeden Versuch einen »Aufbauplan« mit den Fotos oder naturgetreuen Zeichnungen der verwendeten Bauelemente anfertigen wollte. Die Techniker in aller Welt machen das viel einfacher: Sie verwenden für jedes Bauelement ein bestimmtes »Symbol«, das sogenannte »Schaltzeichen«. Ähnlich wie die Verkehrszeichen sind die Schaltzeichen allen Beteiligten ohne weitere Erklärung verständlich.

Auch wir werden von jetzt ab solche Schaltzeichen verwenden.

Schaltzeichen der bisher verwendeten Bauelemente

 Zelle ¹	 Leitung	 Kontaktbaustein
 Lämpchen	 Abzweigung	 Motor

¹ Der längere Strich kennzeichnet den Pluspol (= Pin-Anschluß) der Zelle.

Der Schaltplan

Aus dem »Schaltplan« geht hervor, wie Du die (durch Schaltzeichen dargestellten) Bauelemente mit Hilfe der Kontaktbausteine (KB) miteinander verbinden mußt. Das untenstehende Bild zeigt z. B. den Schaltplan für den Versuch »Lämpchen an 6-V-Batterie«.

Dieser wie auch die meisten Schaltpläne in diesem Buch sind darüber hinaus so gezeichnet, daß Du sie gleichzeitig als »Aufbaupläne« für die räumliche Anordnung der Bauelemente auf der Experimentierplatte benutzen kannst. Welche Nuten der Experimentierplatte Du benutzt und welche Abstände die Kontaktbausteine in diesen Nuten haben, bleibt Dir überlassen. Schließlich bist Du ja schon ein gestandener »fischer-Techniker«, der auf diesem Gebiet keine Anleitungen mehr benötigt!

Zuerst die Spannung – dann der Strom!

Natürlich weißt Du längst, daß es der elektrische Strom ist, der Dein Lämpchen zum Leuchten oder Deinen fischertechnik-Motor zum Laufen bringt. Solche Wirkungen hat nur der Strom!

Aber ohne Quelle, genauer: ohne die Spannung einer Quelle kann kein Strom fließen! Die Spannung ist also sozusagen »das Erste«. Und darum wurde in diesem Buch auch zuerst von der Spannung gesprochen.

Nun soll vom elektrischen Strom die Rede sein! Ein Lämpchen leuchtet deshalb – so sagt der Fachmann sehr anschaulich –, weil die Spannung einen Strom durch das Lämpchen treibt.

Allerdings hat unser oft erwähnter Fachmann hier vergessen, etwas zu erwähnen: Das Lämpchen muß mit »geeigneten« Verbindungen an die Quelle angeschlossen werden, sonst nützt die schönste Quelle nichts.

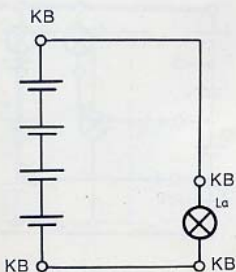
Der Strom muß nämlich von der Quelle zum Lämpchen hin- und auch wieder zurückgeleitet werden – so, wie es im Bild dargestellt ist. Quelle, Leitungen und Lämpchen bilden zusammen einen **Stromkreis!**

Deine Batterieversuche haben gezeigt: Je höher die angelegte Spannung ist, um so heller leuchtet das Lämpchen. Das kann nur daher kommen, daß eine höhere Spannung auch einen stärkeren Strom durch das Lämpchen treibt.

Wir können also jetzt schon feststellen:

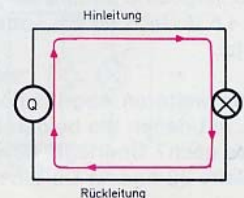
Je höher die Spannung – um so größer die Stärke des Stroms, der durch das Lämpchen fließt.

Und das Lämpchen zeigt uns durch seine Helligkeit an, ob die Stärke des durchfließenden Stroms groß oder klein ist. Von dieser Stromanzeige werden wir noch oft Gebrauch machen.



Schaltplan

Die roten Strompfeile markieren den Weg, den der Strom durch den Stromkreis nimmt.



Deine 6-V-Quelle liefert zugleich auch 3 und 4,5 Volt!

Gesetzt den Fall, Du brauchst für ein Modell 2 Lämpchen und 1 Motor; die Lämpchen sollen dabei verschieden hell, aber nicht sehr stark leuchten – der Motor dagegen soll schnell laufen. Für diese Aufgabe benötigst Du nun nicht 2 oder gar 3 Batterien mit unterschiedlich hoher Spannung – Deine selbstgebaute 6-V-Quelle schafft das ganz allein!

Bild 1 zeigt, wie Du Lämpchen und Motor an die Quelle anschließen kannst. Das Lämpchen A ist an die Zellen 1+2, das Lämpchen B an die Zellen 1+2+3 und der Motor an die Zellen 1+2+3+4 angeschlossen. Du »greifst« die Spannungen für die Lämpchen A und B sozusagen an der Quelle »ab«. Einen Vorschlag für den Abgriff zeigt Bild 2. Bild 3 zeigt den Anschluß des Lämpchens B.

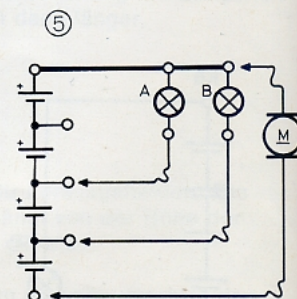
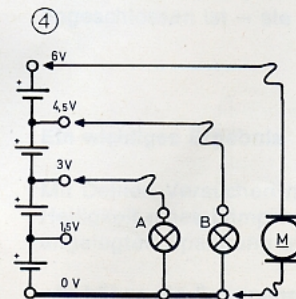
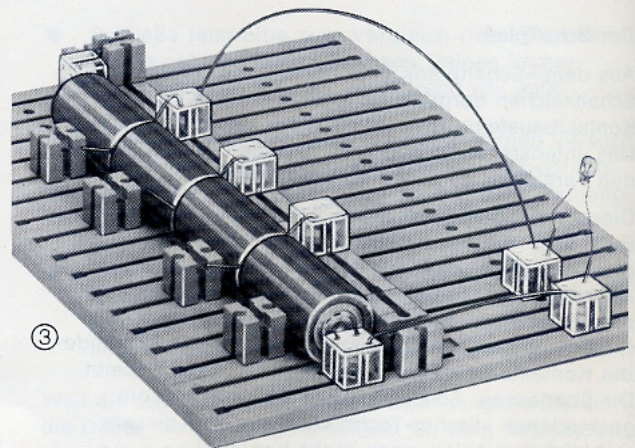
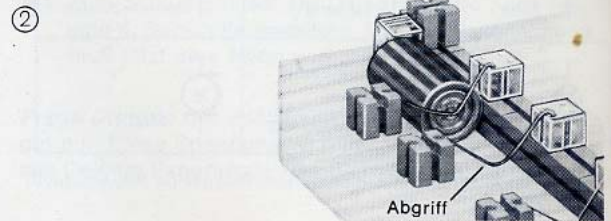
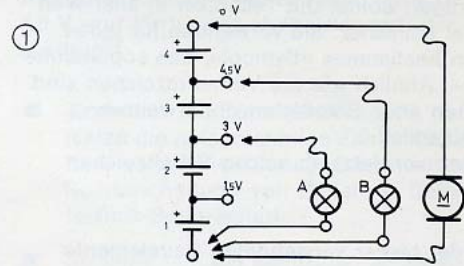
- Achte beim Herstellen der »Abgriffe« darauf, daß die Drähte fest zwischen den Zellen eingeklemmt sind! Gute Kontakte sind das halbe Leben (... nicht nur für Elektroniker!).
- Bei bildgetreuer Verwirklichung der Schaltung (1) könntest Du Schwierigkeiten bekommen; denn 5 Drähte gehen nicht in 4 Bohrungen! (Vermeide bitte stets, 2 Drähte in eine Bohrung zu stecken; es kann Kontaktschwierigkeiten geben.) Du mußt einen 2-K-Baustein verwenden.
- Vielleicht bist Du schon selber draufgekommen – sonst zeigt Dir der Schaltplan Bild 4, wie Du 2 der »unteren« Zuleitungen einsparen kannst, wenn Du eine sogenannte »Schiene« legst, wie der Praktiker sagt.
- Überzeuge Dich davon, daß die Schaltung tatsächlich funktioniert!

Mit Hilfe des »Spannungsabgriffs« hast Du also die Quellenspannung in Stufen von 1,5 V zur Verfügung. Ähnlich, aber feinstufiger, arbeitet das Netzgerät, wenn Du mit dem Einstellknopf eine unterschiedliche Spannungshöhe einstellst.

Überlege, welche Spannung ein Lämpchen bekommt, bei dem beide Anschlüsse mit der Sammelschiene verbunden sind. Sicher bist Du auch der Meinung, daß die Lampenspannung in diesem Fall nicht 6 - 4,5 - 3 - 1,5, sondern 0 Volt ist. Deshalb bezeichnet man diese Sammelschiene auch als »Nullschiene«. Im Schaltbild schreibt man dann einfach 0 an diese Schiene. Das solltest Du Dir für später merken.

Bild 5 zeigt eine andere Möglichkeit des Abgriffs für 3 bzw. 4,5 V. Jetzt ist die »obere« Schiene gemeinsam benutzt.

Welche weiteren Abgriffsmöglichkeiten für die 3 bzw. 4,5 V, mit denen die beiden Lämpchen betrieben werden, gibt es noch? Überlege, bevor Du zu probieren anfängst! Auf Seite 32 findest Du eine Antwort.



Geben mehr Lampen auch immer mehr Licht?

»Dumme Frage!« wirst Du jetzt sagen. »Natürlich wird's heller im Zimmer, wenn mehr Lampen eingeschaltet werden.« Sicher – das stimmt. Aber für die Lämpchen beim folgenden Versuch stimmt's nicht. Wetten?

- Schließe nach Bild 1 bis 3 zunächst 1, danach 2 und dann 3 Lämpchen an Deinen Batteriestab an.

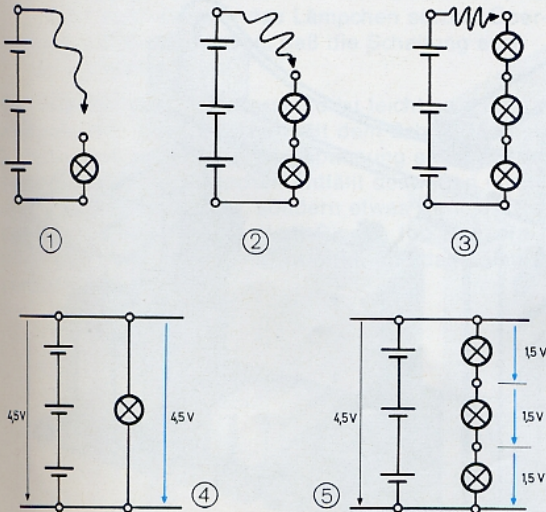
Offensichtlich ist es hier umgekehrt wie in Deinem Zimmer: Je mehr Lämpchen Du verwendest, um so dunkler wird es!

Der Grund für diesen »merkwürdigen« Effekt wird verständlich, wenn Du Dir die Bilder 4 und 5 genauer anschaust. Dort sind die Schaltpläne 1 und 3 noch einmal vergrößert und etwas vereinfacht herausgezeichnet. Es kommt dabei nicht auf die Lage der Kontaktbausteine, sondern auf die blauen und schwarzen Pfeile neben den Schaltplänen an. Die Länge dieser »Spannungspfeile«, wie man sie nennt, entspricht nämlich in diesen Zeichnungen etwa der Höhe der entsprechenden Spannung.

Liegt nur 1 Lämpchen an der Quelle, dann »erhält« es die volle Spannung von 4,5 V. Der Spannungspfeil an der Quelle (schwarz) und der am Lämpchen (blau) sind deswegen gleichlang (Bild 4).

Im Bild 5 dagegen liegt die **Reihenschaltung** von 3 Lämpchen an der Quellenspannung von 4,5 V. Da bekommt jedes Lämpchen nur noch 1/3 dieser Spannung ab, nämlich 1,5 V. Das zeigen auch die kurzen, blauen »1,5-V-Pfeile«. Deswegen leuchten die Lämpchen jetzt nur noch so schwach.

Eine Reihenschaltung nennt der Fachmann auch »Spannungsteiler«, weil die Quellenspannung sozusagen aufgeteilt wird. Später mehr davon.



Mehr Lampen geben nur dann auch mehr Licht ...

... wenn Du sie nicht wie beim vorigen Versuch in Form einer Reihenschaltung an die Quelle anschließt, sondern so, wie es im Bild 6 bzw. im Bild 7 dargestellt ist.

- Beim Aufbau der Schaltung spielt es keine Rolle, ob Du nach Bild 6 je 1 Kontaktbaustein für die Anschlüsse beider Lämpchen verwendest, oder ob Du lieber 2 Schienen legen willst, wie es im Bild 7 gezeigt wird. Beide Schaltungen sind »elektrisch gleichwertig«.
- Schließe die »Lampenschaltung« an den Batteriestab an! Beim Einschalten leuchten die Lämpchen auf – und wie!

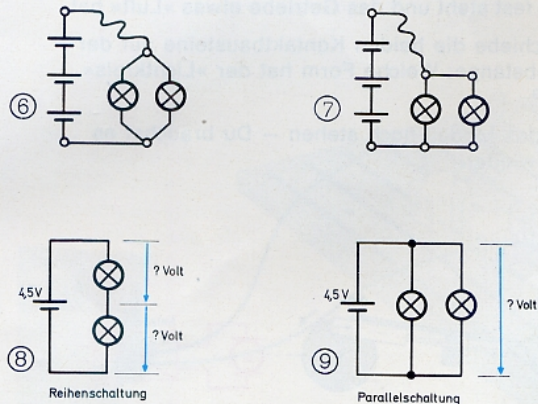
Bei dieser Schaltungsart geben also 2 Lämpchen tatsächlich »mehr Licht«! Dir wird jetzt klar sein, daß die Lampen in einer Wohnung (und auch die Steckdosen) in der gleichen Form an die Quelle »Elt-Werk« angeschlossen sein müssen wie die Lämpchen an den Batteriestab bei diesem Versuch.

In den Bildern 8 und 9 sind die Reihenschaltung und die gerade erprobte neue »Schaltungsform« zweier Lämpchen einander gegenübergestellt. Übersichtshalber ist für die 3zellige Batterie nur 1 Schaltzeichen mit Spannungsangabe eingetragen.

Der Unterschied zwischen diesen beiden »Grundschaltungen« ist deutlich zu erkennen:

Bei der Reihenschaltung (Bild 8) sind die Lämpchen »hintereinander« angeordnet – bei der Schaltung im Bild 9 dagegen »nebeneinander«. Auf diese Weise sind die Anschlüsse beider Lämpchen direkt mit den beiden Anschlüssen der Quelle verbunden. **Klar, daß bei einer solchen Parallelschaltung – so lautet der Fachausdruck – beide Lämpchen die volle Spannung von 4,5 V erhalten; das zeigen auch die Spannungspfeile. Deswegen leuchten beide Lämpchen voll!**

Was meinst Du? Wie hoch ist die Spannung, die auf jedes der beiden Lämpchen im Bild 8 entfällt? (Zur Kontrolle: Du findest die Antwort auf Seite 32.)



Eine optische Täuschung

Das nebenstehend abgebildete Modell wird in ähnlicher Form für Werbezwecke verwendet. Ein Lämpchen macht eine Kreisbewegung, ohne daß Du einen »Schleifring« zur Stromübertragung benötigst! Das Lämpchen ist mit Hilfe von 2 KB auf der Schubstange eines sogenannten Schubkurbelgetriebes befestigt. Die Kurbel des Getriebes besteht aus einer mit einem Zahnrad Z 30 verbundenen Drehscheibe; auf diese ist eine T-förmige Bausteinanordnung montiert.

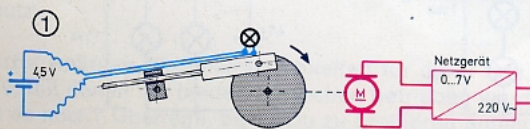
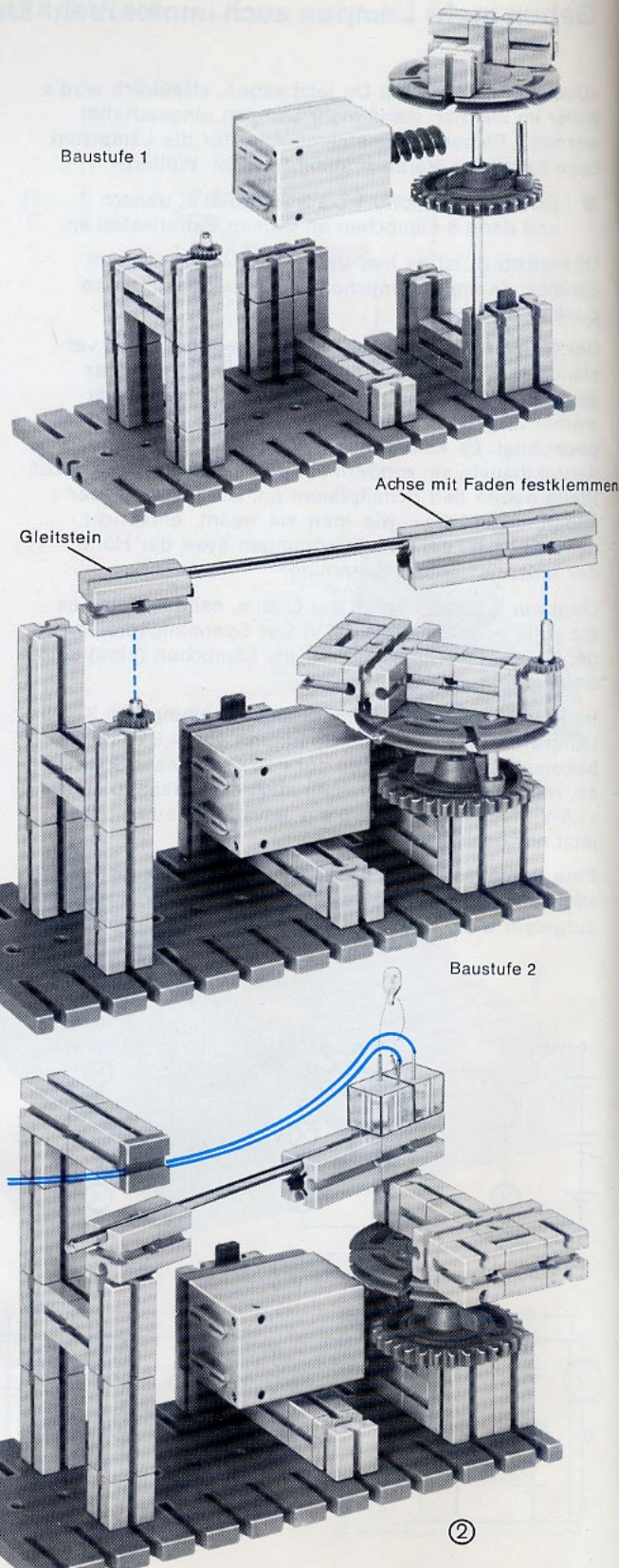
Am einen Ende steckt eine Achse 30 als Kurbelzapfen. Das T-förmige Ende wirkt als Gegengewicht. Achte darauf, daß sich der Gleitstein leicht um den Lagerzapfen drehen kann. Die sich um den Gleitstein hin und her bewegende Achse schmierst Du ein wenig mit Seife. Das ist hier besser als Ölschmierung.

Nun kommt der »elektrische Teil«. Der ist deswegen interessant, weil Du 2 Quellen verwendest: die 6-V-Batterie (oder den Batteriestab) für das Lämpchen und die »stirnseitigen« Buchsen des Netzgerätes für den Motor. Lämpchen und Motor gemeinsam an das Netzgerät anzuschließen, wäre wenig sinnvoll, wie Du gleich selber merken wirst.

Wie man den Schaltplan für das Modell zeichnet, zeigt Bild 1. Das Symbol für das Netzgerät (NG) ist Deinem fischertechnik-Netzgerät angepaßt. Statt der in Reihe liegenden einzelnen Zellschaltzeichen für die Batterie zeichnet der Praktiker nur ein einziges und schreibt die Höhe der Spannung daneben.

Die gestrichelte Linie zwischen Motor und Scheibe bedeutet, daß diese (zusammen mit dem Lämpchen) vom Motor »geführt« wird, also »mechanisch« gekoppelt ist.

- Laß den Motor langsam anlaufen: Das leuchtende Lämpchen erscheint Dir – von oben gesehen – als kreisender Lichtpunkt.
- Drehe jetzt das NG weiter auf. Dreht sich die Scheibe schnell genug, dann kann das Auge dem Lichtpunkt nicht mehr folgen, und es »sieht« einen Lichtkreis. Die Täuschung ist perfekt! Der »Lichtkreis« schaut allerdings ein wenig verbeult aus, weil das Lämpchen auf seinen dünnen »Beinen« nicht fest steht und das Getriebe etwas »Luft« hat.
- Verschiebe die beiden Kontaktbausteine auf der Schubstange: Welche Form hat der »Lichtkreis« jetzt?
- Laß das Modell noch stehen – Du brauchst es bald wieder.



Der Trick mit dem Vorwiderstand



R ist die Abkürzung des englischen Wortes »resistor« = Widerstandsbauelement

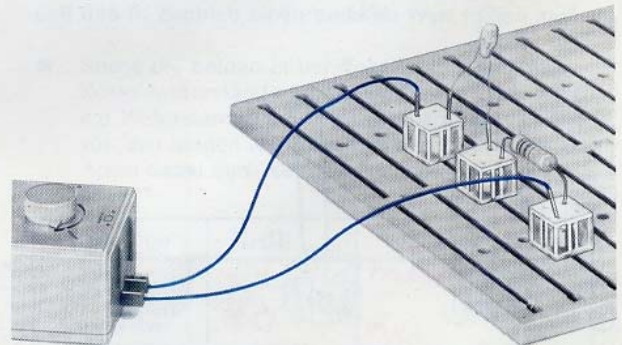
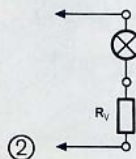
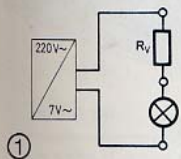
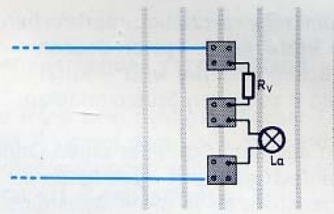
Die Versorgung des Lichtkreismodells auf der vorigen Seite mit 2 Quellen ist zwar interessant, aber unpraktisch. Einfacher ist es, wenn Du das Lämpchen an die seitlichen Buchsen des Netzgerätes anschließt.

Moment mal – wirst Du jetzt sagen –, auf Seite 10 stand zu lesen, daß diese Spannung zu hoch ist für unsere Lämpchen! Genau! Und deswegen wenden wir jetzt den »Trick mit dem Vorwiderstand« an.

In Deinem Experimentierkasten ist eine ganze Anzahl von »Schichtwiderständen« enthalten. Das sind die walzenförmigen Bauelemente mit 4 farbigen Ringen auf dem Körper.

- Suche Dir bitte den »dicken« Schichtwiderstand heraus mit den Farbringen: gelb (ge) – violett (vi) – schwarz (sw) – (und **zuletzt**) gold (go) bzw. silber (si). In dieser Reihenfolge werden nämlich die Farbringe gelesen.
- Biege nun die Anschlußdrähte etwa 10 mm vom Körper so ab, daß Du sie bequem in 2 Kontaktbausteine einstecken kannst.
- Schließe jetzt das Lämpchen in Reihe mit dem herausgesuchten Schichtwiderstand an das Netzgerät an. Das ist alles! Du wirst feststellen, daß das Lämpchen weniger hell leuchtet als ohne Verwendung des Vorwiderstandes.
- Der Begriff »Vorwiderstand« ist nicht räumlich aufzufassen! Du kannst den Vorwiderstand R_v nach Bild 2 auch »hinter« das Lämpchen setzen. Überzeuge Dich bitte davon, daß die Schaltung auch so funktioniert!

Der Trick mit dem Vorwiderstand ist leicht zu durchschauen: Weil das Lämpchen mit dem Schichtwiderstand in Reihe liegt, wird die Quellenspannung entsprechend aufgeteilt; auf das Lämpchen entfällt deswegen nicht mehr die volle Spannung, sondern etwas weniger. Der Schichtwiderstand mit ge-vi-sw-Ringen (go bzw. si ist für uns ohne Bedeutung) bewirkt, daß das Lämpchen gerade richtig leuchtet.



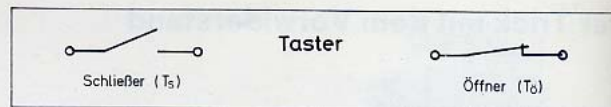
Wir bauen 2 verschiedene Taster

Batteriestab und Netzgerät enthalten praktischerweise einen Schalter, mit dem Du einen Stromkreis beliebig schließen bzw. öffnen kannst. Was Du noch brauchst, ist ein Taster (ähnlich wie ein Klingelknopf), bei dem sich der frühere Zustand des Stromkreises nach dem Loslassen des Knopfes oder Hebels von selbst wiederherstellt. Dazu benötigst Du federnde Kontaktzungen und »Gegenstücke«.

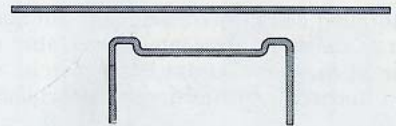
- Bild 1 zeigt, wie Du die haarnadelförmig gebogenen Kontaktzungen, die Deinem Baukasten beiliegen, einsetzen und biegen mußt.
- Die Bilder 2 und 3 zeigen, welche Form (in Originalgröße) Du den geraden und gekrümmten Gegenstücken geben mußt. Schneide sie in einer Länge von 48 bzw. 45 mm von der Schaltdrahtrolle ab.
- Dann setzt Du nach Bild 4 einen Taster aus Kontaktzunge und gekrümmtem Gegenstück zusammen.
- Baue die Schaltung 5 anhand des Stützpunktplans 6 auf. Schalte den Batteriestab ein. Das Lämpchen wird aber erst dann aufleuchten, wenn Du den Taster niederdrückst und damit den Stromkreis schließt. Deswegen nennt man einen solchen Taster auch **Schließer** (T_s) (sprich: te-es).

Willst Du aber den Stromkreis kurzzeitig unterbrechen, dann brauchst Du nach Bild 7 einen Taster, dessen Kontakt beim Niederdrücken geöffnet wird – kurz: einen **Öffner** (T_o). Bild 8 zeigt den Stützpunktplan.

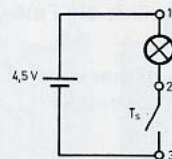
- Bild 9 zeigt, wie Du aus dem Schließer einen Öffner machst: Du setzt einfach statt des »gekrümmten« ein »gerades« Gegenstück (3) in die K-Bausteine ein. Achte darauf, daß die Kontaktzunge im Ruhezustand gegen das Gegenstück drückt – sonst mußt Du sie etwas nachbiegen. Bei diesem Taster wird das Lämpchen verlöschen, wenn Du den Taster betätigst, d. h. die Kontaktzunge niederdrückt.



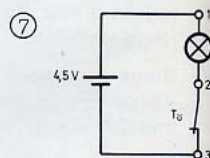
② gekrümmtes Gegenstück



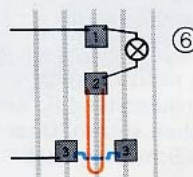
③ gerades Gegenstück



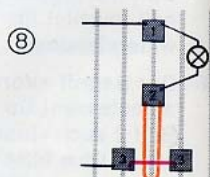
Schließer



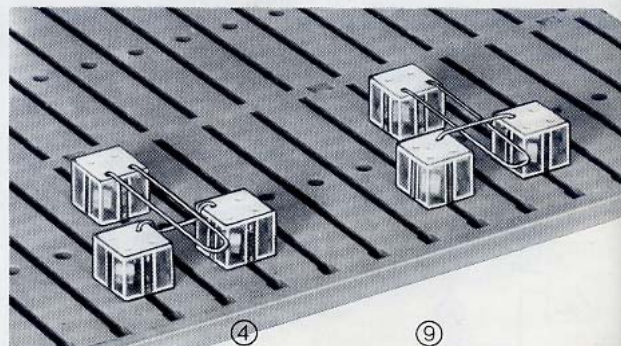
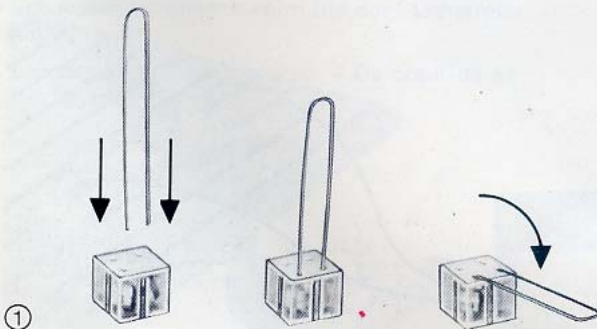
Öffner



⑥



⑧



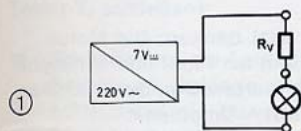
Widerstand ist eine Eigenschaft

Vielleicht fragst Du Dich, warum die Kontaktzungen Deines Tasters und die Drähte bzw. Kabel aus dem teuren Messing bzw. Kupfer gefertigt sind? Der Grund ist, daß diese Metalle den Strom praktisch ohne Behinderung weiterleiten. Anders ausgedrückt: Sie setzen dem Strom keinen nennenswerten Widerstand entgegen – auch dann nicht, wenn sie sich, wie bei Deinem Taster, nur berühren!

Ein völlig anderes Widerstandsverhalten zeigt dagegen der Kunststoff, aus dem Deine fischertechnik-Bausteine gemacht sind. Der läßt keinen Strom durch! Auch die Luft setzt dem Strom einen (fast) unüberwindlichen Widerstand entgegen. Sonst würde ja ein geöffneter Taster den Stromkreis nicht unterbrechen.

Nun braucht man aber für fast alle Schaltungen auch solche Bauelemente, die dem Strom einen Widerstand zwischen »Alles oder Nichts« entgegensetzen. Ein Beispiel dafür hast Du schon bei dem »Trick mit dem Vorwiderstand« kennengelernt.

Jetzt wollen wir untersuchen, wie sich ein Lämpchen verhält, wenn Du andere Schichtwiderstände aus Deinem Experimentierkasten als Vorwiderstand benutzt und daraus Rückschlüsse auf die Stromstärke ziehst. Im Schaltplan wird der Vorwiderstand kurz mit R_v bezeichnet.



Damit Du Deine Widerstände stets bequem zur Hand hast, steckst Du sie in ein Kissen aus Schaumstoff (Mindesthöhe 30 mm).

- Suche die 3 Schichtwiderstände mit den in der Tabelle aufgeführten Farbringen heraus. Der (letzte) Gold- bzw. Silberring ist dort weggelassen, weil er (ebenso wie die Dicke) noch keine Rolle für die Versuche spielt.
- Baue die Versuchsschaltung mit dem »voll aufgedrehten« Netzgerät als Quelle auf (Bild 1). Setze nacheinander die Schichtwiderstände als Vorwiderstand R_v in die Schaltung ein – und zwar in der Reihenfolge der Tabelle! Zuerst also den Schichtwiderstand »rt – rt – br«.
- Trage für jeden Versuch in die Tabelle ein, ob viel (= La leuchtet hell) – wenig – sehr wenig (= La leuchtet kaum noch) Strom durch das Lämpchen fließt.

Farbringe (R_v)	Lämpchen leuchtet	Ω -Wert
rt-rt-br		
br-sw-br		
ge-vi-sw		

ge = gelb; rt = rot; br = braun; vi = violett; sw = schwarz

Der Widerstandswert

Wenn Du die Schichtwiderstände in der genannten Reihenfolge eingesetzt hast, dann hat das Lämpchen jedesmal heller geleuchtet. Das liegt natürlich daran, daß der Widerstand, den die Schichtwiderstände dem Strom entgegensetzen, von Mal zu Mal kleiner ist.

Mit der Angabe »groß« oder »klein« kann man nicht viel anfangen; Zahlen sind besser! Auf der 2. Seite des Umschlags sind die Schichtwiderstände Deines Experimentierkastens mit ihren Farbringen aufgeführt. In der Spalte »R (Ω)« findest Du zu jeder Farbkombination den sogenannten »Widerstandswert« des Schichtwiderstandes. Er wird in »Ohm« angegeben. Als Kurzzeichen benutzt man den griechischen Buchstaben Ω (Omega), weil ein O zu leicht mit einer Null verwechselt werden kann.

Ermittle nun die zu den Schichtwiderständen gehörenden Widerstandswerte (Ω -Werte) und trage sie in die Tabelle auf der vorigen Spalte ein. Vergleiche damit die vom Lämpchen »angezeigte« Stromstärke! Dann ergibt sich ohne Zweifel der Sachverhalt: Je kleiner der Ω -Wert – um so heller leuchtet das Lämpchen. Ein helleres Lämpchen signalisiert aber »mehr Strom«. Und so folgerst Du messerscharf:

»Je kleiner der Ohmwert – um so größer die Stromstärke.«

Der »passende« Vorwiderstand

Du wärst kein richtiger »fischer-Techniker«, wenn Du den Trick mit dem Vorwiderstand nicht auch bei Deinem Motor anwenden würdest. Du kannst damit nämlich eine Art »Langsamgang« konstruieren.

- Setze den 47- Ω -Schichtwiderstand in Reihe zum Motor und prüfe, wie er sich verhält. Du brauchst den Motor dazu aus dem letzten Modell nicht herauszunehmen.

Das Ergebnis ist enttäuschend: Der 47- Ω -Vorwiderstand paßt nicht für den Motor – er läuft nicht von selbst an. Dir wird klar sein, daß vermutlich zu wenig Strom fließt und daß R_v deshalb einen anderen Wert haben muß.

- Suche die beiden in der Tabelle angegebenen Schichtwiderstände heraus und trage auch gleich die Widerstandswerte ein! Probiere aus, welcher von den beiden als Vorwiderstand geeigneter ist. Achte dabei auch auf das Anlaufen des Motors!

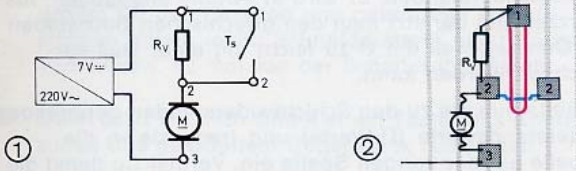
Farbringe	R_v (Ω)	Der Motor läuft . . .
rt-rt-sw		
br-sw-sw		

Eine elektrische Zweigang-Schaltung

Mit dem eben ausgesuchten passenden Vorwiderstand kannst Du ganz einfach eine »elektrische Zweigang-Tipp-Schaltung« für Deinen fischertechnik-Motor bauen. Du kannst damit seine Drehzahl ändern, ohne das Netzgerät bedienen zu müssen. Zu diesem Zweck kannst Du den Schließer in die Schaltung (1) einsetzen.

Was meinst Du: Wird der Motor schnell oder langsam laufen, wenn Du den Taster nicht betätigst?

- Am einfachsten kannst Du die Schaltung (1) nach dem Stützpunktplan (2) verwirklichen. Vielleicht baust Du Dir auch ein Fahrzeug für die Zweigang-Schaltung!

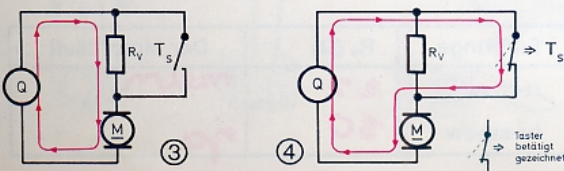


Das Ergebnis wird Deine Überlegung bestätigt haben: »Langsamgang« bei nicht betätigtem – »Schnellgang« bei betätigtem Taster. Das ist auch gar nicht anders möglich, wie ein Blick auf die Schaltpläne (3) und (4) zeigt, in denen die Stromwege mit roten Pfeilen angedeutet sind.

Bei geöffnetem Kontakt (Bild 3) kann natürlich kein Strom über den Taster fließen. Der Vorwiderstand ist wirksam, wie es in der Fachsprache heißt; der Motor läuft langsam.

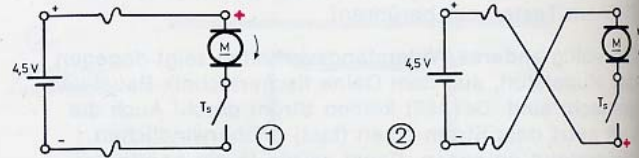
Wenn Du dagegen den Taster betätigst (Bild 4), dann fließt der Strom über T_s , also am Vorwiderstand vorbei. Der Strom sucht sich nämlich – ähnlich wie das Wasser – den Weg des geringeren Widerstandes; und der Widerstandswert des geschlossenen Tasterkontaktes ist praktisch gleich Null Ohm, wie du weißt. Der Fachmann sagt: Der Vorwiderstand wird durch den geschlossenen Taster überbrückt und dadurch unwirksam gemacht. Wegen dieser Überbrückung von R_v liegt der Motor an der vollen Quellenspannung und läuft deswegen schnell!

- Sollte Dein Motor beim Einschalten nicht richtig anlaufen, so verwendest Du einen kleineren Widerstandswert.
- Soll der Motor jedoch in der Ruhestellung des Tasters schnell laufen, so benutzt Du statt des Schließers einen Öffner. Dann kannst Du einen Vorwiderstand mit größerem Ω -Wert verwenden und den Motor besonders langsam laufen lassen.



Die Polarität ist wichtig!

Bei einer Zelle oder Batterie ist der Pin immer der Plus- und die Bodenplatte immer der Minuspol – auch wenn Du sie auf den Kopf stellst! Die »Polarität« der Zelle ändert sich nicht. Die Zelle liefert eine sogenannte »Gleichspannung«. Welche Bedeutung die Polarität einer Gleichspannung hat, zeigt der folgende Versuch.



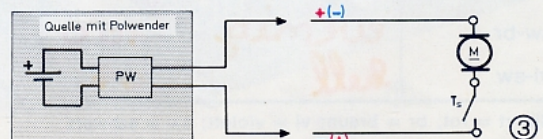
- Als Quelle benutzen wir jetzt wegen der erkennbaren Polarität die »3zellige Batterie, mit Bausteinen montiert«. Du brauchst sie auch für die dann folgenden Versuche.
- Schließe nun Deinen Motor nach Bild 1 über den Schließer T_s an die Batterie an. Die »obere Schiene« ist mit dem Pluspol verbunden. Wenn Du den Taster drückst, dreht sich die Motorwelle. Stelle die Richtung fest.
- Vertausche nun die Leitungen zu den Schienen nach Bild 2; jetzt ist die »obere Schiene« mit dem (-)Pol verbunden. Die Folge: Die Motorwelle dreht sich in der entgegengesetzten Richtung, wenn Du den Taster betätigst.

So ist das also – wirst Du jetzt denken: Die Motorwelle läuft anders herum, wenn ich Plus- und Minuspol an den Schienen miteinander vertausche. Der Praktiker nennt das schlicht und einfach: »Umpolen«.

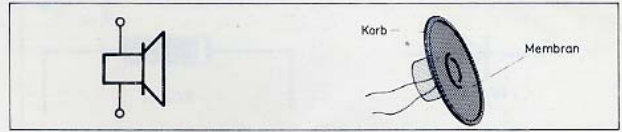
Polwender

Damit Du nicht jedesmal die Strippen vertauschen mußt, ist im Batteriestab ein Schiebeschalter eingebaut, mit dem Du das Umpolen schnell und sicher besorgen kannst. Man nennt ihn deswegen Polwendeschalter. Auch der Einstellknopf am Netzgerät ist ein sogenannter Polwender.

Im Bild 3 ist in den Schaltplan eine Gleichspannungsquelle mit Polwender (PW) eingezeichnet. Das Plus- und das eingeklammerte Minuszeichen an den beiden Versorgungsschienen bedeuten, daß diese mit Hilfe des Polwenders nach Belieben mit dem Plus- oder dem Minuspol der Quelle verbunden und damit die Polarität der Versorgungsspannung beliebig umgekehrt werden kann.

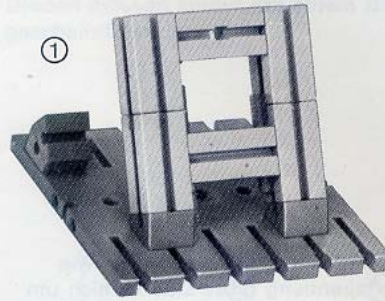


Dem Lautsprecher zugeschaut

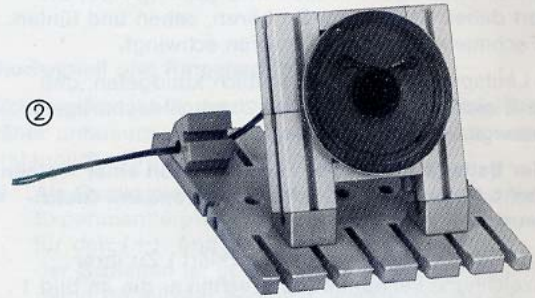
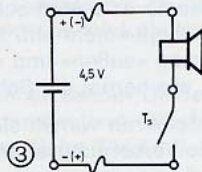


Nicht nur Dein Motor reagiert auf das Umpolen der angelegten Versorgungsspannung – der Lautsprecher aus Deinem Experimentierkasten tut's auch. Wir wollen uns das gleich einmal anhören und – anschauen!

- Kontakthülsen hast Du ja schon montiert. Den Lautsprecher kannst Du nach Bild 1 in eine Halterung aus Bausteinen einsetzen. Das Anschlußkabel führst Du durch das Loch im Baustein 30 und sicherst es durch 2 Winkelsteine (Bild 2).
- Bild 3 zeigt den Schaltplan für den Versuch. Als Quelle dient wieder die 3zellige Batterie. Die zweifache Polungsangabe bedeutet, daß die Polarität der Versorgungsspannung bei diesem Versuch auch umgekehrt werden soll.



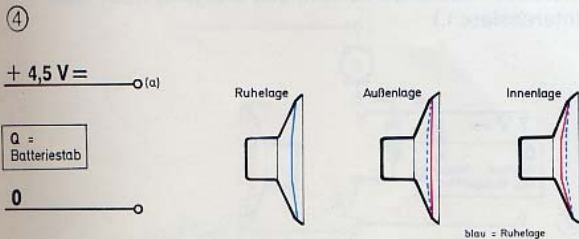
Achtung!
Dein Lautsprecher kann bei diesen Versuchen sehr warm werden! Weil ihm das auf die Dauer nicht gut bekommt, darst Du den Stromkreis immer nur für einige Sekunden mit dem Taster T₁ schließen!



- Schließe nun die Lautsprecherschaltung an die Batterie an. Betätige mehrmals den Taster. Beobachte dabei die Bewegung der Membran! Was hörst Du dabei?
- Pole danach die Spannung an den Schienen um und wiederhole den Versuch! Was hat sich durch das Umpolen geändert?

Sicher hast Du festgestellt, daß die Richtung, in der die Membran beim Schließen des Tasters aus der Ruhelage herauspringt, von der Polarität der Spannung abhängt: Je nach Polung nimmt sie – wie es im Bild 4 überdeutlich dargestellt ist – eine »Außen-« oder eine »Innenlage« ein (vom Korb her gesehen). Dieses Verhalten der Membran ist typisch für eine Versorgung des Lautsprechers mit Gleichspannung.

Das deutliche »Knick« und »Knack« beim Schließen und Öffnen des Tasters klingt dagegen bei jeder Polung gleich.



Zwischen Knick und Knack

Wenn Du die Lautsprecherschaltung an Deine andere Gleichspannungsquelle anschließt, nämlich an die stirnseitigen Buchsen des Netzgerätes, dann wirst Du eine Überraschung erleben: Zwischen dem »Knick« und »Knack« der Membran beim Schließen und Öffnen des Tasters . . .

Aber das solltest Du gleich selber ausprobieren!

- Drehe das Netzgerät nur 1/2 auf! Verfahre genau wie beim vorigen Versuch. Beobachte wieder die Membran und berühre sie vorsichtig mit der Fingerspitze!

Die dritte Quelle

Du hast noch eine dritte Quelle, nämlich die seitlichen Buchsen an Deinem Netzgerät. Wir nennen sie künftig einfach »Wechsel-Ausgang«, weil an ihnen eine Wechselspannung zur Verfügung steht.

Du fragst, warum man diese Spannung »Wechselspannung« nennt? Die Frage kann Dein Lautsprecher gleich beantworten.

- Schließe den Lautsprecher mit dem in Reihe liegenden Schließer (Bild 3, Seite 19) an den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes an. Betätige den Taster nur kurz und beobachte dabei wieder die Bewegung der Membran; berühre sie auch vorsichtig mit der Fingerspitze.
- Vertausche die Verbindungsleitungen an den Schienen. Wiederhole den Versuch. Hat sich durch das Umpolen etwas geändert?

Du wirst sicher folgendes beobachtet haben: Die Membran »schwingt« viel stärker als beim vorigen Versuch. Das ist deutlich zu sehen und zu fühlen. Die Membran nimmt auch keine klare »Außen-« oder »Innenlage« mehr ein. Sie wechselt vielmehr ständig zwischen »außen« und »innen« hin und her (Bild 2) – egal, wie herum die Schienen angeschlossen werden.

Die Membran verhält sich bei diesem Versuch so, als ob die Versorgungsspannung dauernd umgepolt würde – und zwar mit sehr großer Geschwindigkeit! Wenn Du es genau wissen willst: 100mal in jeder Sekunde wechselt diese Spannung die Polarität (ebenso wie die Spannung des Lichtnetzes an der Steckdose, an die Du Dein Netzgerät anschließt)! Wegen dieses ständigen schnellen Polaritätswechsels spricht man von einer »Wechselspannung«.

Natürlich ist es witzlos, eine Spannung, die von Natur aus ständig die Polarität wechselt, wie eine Gleichspannung mit einem Polwender umpolen zu wollen. Deswegen steht an der »oberen« Schiene des Schaltplans auch kein Plus- oder Minuszeichen, sondern nur die Spannungsangabe mit dem Symbol für Wechselspannung, das auch auf der Deckplatte des Netzgerätes über den seitlichen Buchsen zu sehen ist.

- Ersetze nun spaßeshalber den Lautsprecher durch Deinen fischertechnik-Motor. Wird er laufen?

Natürlich nicht! Er ist ja viel zu träge, um 100mal in der Sekunde die Drehrichtung umzukehren. Er bleibt deswegen einfach stehen und gibt nur ein ähnliches Brummen von sich wie der Lautsprecher. (Wie dieses Geräusch zustande kommt, soll uns jetzt noch nicht interessieren.)

Ehrlich – hättest Du geglaubt, daß es so etwas wie eine »tönende« Gleichspannung gibt? Daß es sich um eine Gleichspannung handelt, beweist wieder das Verhalten der Membran: Sie nimmt – je nach Polung – entweder eine »Außen-« oder eine »Innenlage« ein, wenn der Taster geschlossen wird (Bild 1). Aber sie vibriert dabei; das kannst Du hören, sehen und fühlen. Der Fachmann sagt: Die Membran schwingt.

Dein Lautsprecher hat also deutlich kundgetan, daß Deine Gleichspannungsquellen 2 verschiedenartige Spannungen zur Verfügung stellen.

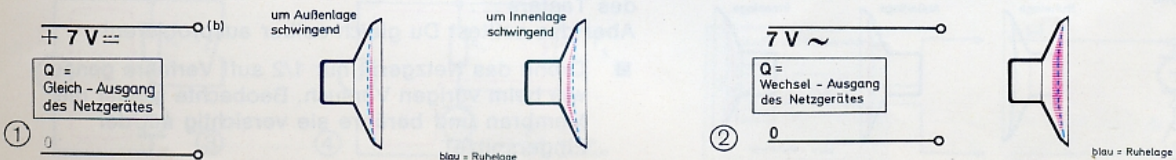
Bei der Batterie spricht der Fachmann von einer »reinen« und beim Netzgerät von einer »pulsierenden« Gleichspannung.

(Dieser Begriff wird erst später erklärt.) Zu ihrer Kennzeichnung verwendet der Techniker die im Bild 1 dieser Seite oder die im Bild 4 der Seite 19 auf der »oberen« Schiene angeschriebenen Symbole. An die untere Schiene schreibt man einfach Null.

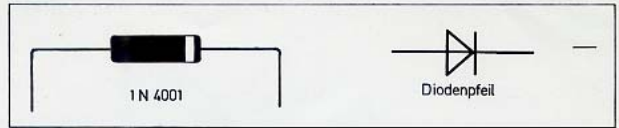
Durch die Angabe der Spannungsart ist die Darstellung der Quelle durch Schaltzeichen (oder andere Symbole) überflüssig geworden. So kann z. B. die an der Schiene (b) des Bildes 1 angeschriebene »pulsierende Gleichspannung von 7 V« nur von den stirnseitigen Buchsen Deines voll aufgedrehten Netzgerätes geliefert werden.

Übrigens: Weil diese Spannung aus den Buchsen sozusagen herauskommt, nennen wir diese künftig einfach »Gleich-Ausgang« des Netzgerätes.

Klar, daß als Quelle für die reine Gleichspannung von 4,5 V (Schiene a Bild 4, Seite 19) nur die 3zellige Batterie in Frage kommt.



Die Diode



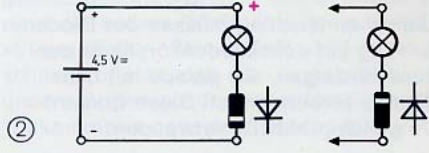
Achtung!
Eine Diode darf niemals allein an eine Quelle angeschlossen werden! Sie würde mit Sicherheit zerstört!
Dioden müssen immer mit einem Bauelement in Reihe geschaltet werden!

Als erstes elektronisches Bauelement lernst Du jetzt eine Diode kennen. Du hast 2 Stück davon in Deinem Experimentierkasten: Es sind die im Titelbild gezeigten, schwarzen, zylinderförmigen Bauelemente mit einem weißen Ring, der in der Nähe eines der beiden Drahtanschlüsse auf dem Körper angebracht ist. Du findest dort auch die Bezeichnung dieses Diodentyps: 1N 4001. Über die Bedeutung des Schaltzeichens wird gleich ausführlich gesprochen.

- Biege die Anschlußdrähte Deiner beiden Dioden rechtwinklig ab. Dabei muß der Abstand zwischen Diodenkörper und Biegestelle (siehe Titelbild) mindestens 10 mm betragen.

Die Diode macht's z. B. möglich, daß Du Deinen Motor (z. B. im Lichtkreismodell) an den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes anschließen und trotzdem zum Laufen bringen kannst.

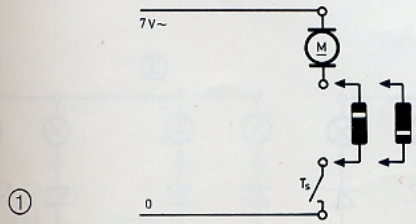
- Der ganze Trick besteht darin, daß Du den Motor mit der Diode nach Bild 1 in Reihe schaltest und das Ganze an den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes anschließt. Betätige den Taster T_5 – der Motor läuft!
- Das ist aber noch nicht alles! Ziehe die Diode aus den K-Bausteinen heraus und setze sie umgekehrt (im Bild getrennt gezeichnet) wieder ein. Jetzt kehrt auch der Motor die Drehrichtung um!
- Wiederhole bitte diesen Versuch mit Deinem Lautsprecher anstelle des Motors. Auch er wird durch sein Verhalten anzeigen, daß die Diode aus Wechselstrom einen pulsierenden Gleichstrom gemacht hat.



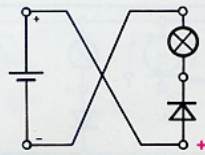
Diodenfeil und Ringanschluß

Sicher möchtest Du jetzt die Eigenschaften einer Diode näher untersuchen. Die folgenden Experimente werden erstaunliche Ergebnisse zutage fördern.

- Als Quelle dient wieder die 3zellige Batterie, auf der Experimentierplatte aufgebaut. Die Schaltzeichen für den (+)- und den (-)Pol der Quelle bzw. der Schienen ist in die Schaltpläne eingetragen, damit Du leichter erkennst, worauf es jetzt ankommt.
- Baue die Schaltung nach Bild 2 auf. Der Ringanschluß der Diode (auch »Kathodenanschluß« genannt) wird mit dem (-)Pol der Quelle verbunden. Dem Ring auf dem Diodenkörper entspricht der Querstrich in dem daneben eingezeichneten Schaltzeichen; der Diodenfeil zeigt also in Richtung (-)Pol. Schließe die Batterie an. Das Lämpchen muß aufleuchten.
- Nimm jetzt die Diode heraus und setze sie umgekehrt nach Bild 3 wieder in die K-Bausteine ein. Der Diodenfeil und der Ringanschluß zeigen bei dieser Lage der Diode zum (+)Pol der Quelle hin. Hierbei stört es nicht, daß zwischen Diode und (+)Pol das Lämpchen liegt; wir wollen ja nur die Richtung wissen.
- Vertausche nun die Anschlüsse nach Bild 4. Was tut das Lämpchen jetzt? Zu welchem Pol der Quelle zeigen Pfeilspitze und weißer Ring?



①



③

Wie eine Drehsperre im Supermarkt

Prüfschaltung

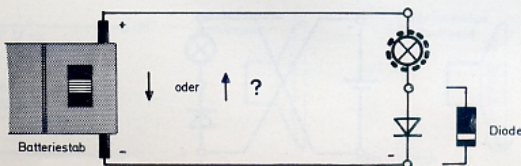
Sicher hast du gut beobachtet, und es wird Dir leichtfallen, die Klammern im folgenden Text auszufüllen:

- Das Lämpchen leuchtet nur, wenn der Ringanschluß bzw. der Diodenpfeil in Richtung () Pol der Quelle zeigen. Nur dann ist Deine Diode o.k. Du kannst also Deine Diode stets auf Funktionstüchtigkeit selbst prüfen.
- Wenn das Lämpchen leuchtet, müssen der Diodenpfeil bzw. der Ring auf dem Diodenkörper zu derjenigen Schiene hinzeigen, die gerade mit dem () Pol der Quelle verbunden ist! Diese Erkenntnis kannst Du gleich praktisch verwenden.

Ein Prüfgerät zur Polbestimmung

Für selbst aufgebaute Elektronik-Schaltungen ist es stets nötig zu wissen, welche Anschlußbuchsen des Netzgerätes oder des Batteriestabes zum (+) Pol und welche zum (-) Pol der Quelle führen. Deshalb solltest Du nun unbedingt deren Polarität feststellen und durch Markierungen ein für allemal festhalten. Zuerst kommt der Batteriestab dran.

- Setze die 3 Zellen entsprechend den Bildern im Inneren des Kästchens in den Batteriestab ein. Schließe die Lämpchen-Dioden-Schaltung an.
- Prüfe, bei welcher Schalterstellung das Lämpchen aufleuchtet. Dann ist die Schiene, auf die der Ringanschluß hinweist, mit dem (-) Pol verbunden. Kennzeichne eine Schalterstellung und die zugehörige Lage des (+) Pols, z. B. mit kleinen Selbstklebeetiketten.
- Verfahre ebenso mit dem Gleich-Ausgang des Netzgerätes. Das solltest Du unbedingt tun, weil es bald darauf ankommt, die Lage der Pole zu kennen!



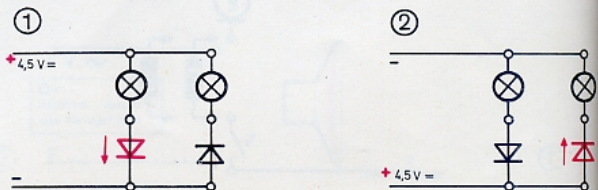
In den meisten Supermärkten sind am Eingang Drehsperren angebracht, durch die man nur in einer Richtung gehen kann. Der »Käuferstrom« wird also nur in einer bestimmten Richtung durchgelassen. Ähnlich verfährt eine Diode mit dem elektrischen Strom, wie Du gesehen hast, und wie auch der folgende Versuch nochmals beweist.

- Schließe parallel zur »Polprüfschaltung« einen weiteren »Lämpchen-Dioden-Zweig« nach Bild 1 an den Batteriestab an. Achte darauf, daß die mit dem Ring gekennzeichneten Anschlußdrähte in die entgegengesetzte Richtung zeigen – so wie die Diodenpfeile im Schaltplan! Man sagt: »Die Dioden sind entgegengesetzt gepolt.«
- Stelle den Polwendeschalter anhand der eben angebrachten Polmarkierungen so ein, daß die obere Schiene mit dem (+) Pol der Batterie verbunden ist. Das im Schaltplan links liegende Lämpchen muß aufleuchten.
- Pole nun die Versorgungsspannung um (Bild 2). Jetzt wird das rechte Lämpchen aufleuchten.

Wie Du weißt, zeigt ein leuchtendes Lämpchen an, daß es vom Strom durchflossen wird. Bei unserer Schaltung ist das offensichtlich nur dann der Fall, wenn der Diodenpfeil zum (-) Pol der Quelle hinweist. Du kannst aber auch sagen: ... wenn der Diodenpfeil vom (+) Pol der Quelle wegweist.

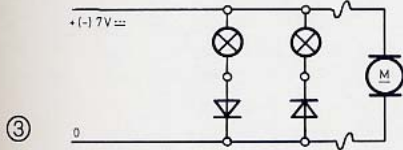
Und genau das ist auch die Richtung, in welcher der Strom durch den Stromkreis fließt, nämlich »von (+) nach (-)«!

Jetzt verstehst Du, was der Fachmann meint, wenn er sagt: Wenn der Diodenpfeil in die Stromrichtung weist, dann leitet die Diode (läßt Strom durch); andernfalls sperrt die Diode (den Strom).



Eine optische Drehrichtungsanzeige

Die Versuchsanordnung kannst Du auch sehr gut für Modellzwecke verwenden – z. B. zur optischen Anzeige der Auf- und Abwärtsfahrt eines Fahrstuhls. Du brauchst nur Deinen Motor und die gerade erprobte Schaltung nach Bild 3 an die Quelle, z. B. den Gleich-Ausgang des Netzgerätes, anzuschließen. Das + (–) an der oberen Versorgungsschiene bedeutet, daß die Polarität (mit dem Drehknopf des Netzgerätes) geändert werden darf.



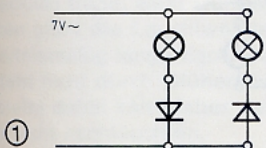
Anmerkung:

Vielleicht weißt Du vom Physikunterricht oder aus Büchern, daß die »Elektronen« (nicht der Strom!) sich von – nach + bewegen. In diesem Fall ist die »physikalische Stromrichtung« gemeint. Techniker bevorzugen die schon lange, bevor man Elektronen kannte, festgelegte »technische« Stromrichtung. Bei ihr wird angenommen, daß der Strom (nicht die Elektronen!) von + nach – fließt. In diesem Buche ist stets von der technischen Stromrichtung die Rede.

Zwei Motore und ein Netzgerät

Aus Wechselstrom wird Gleichstrom, wenn Du eine Diode in den Stromkreis am Wechsel-Ausgang des Netzgerätes legst. Das hattest Du schon beim ersten Diodenversuch festgestellt. Was wird nun wohl geschehen, wenn Du die beiden »Lampen-Dioden-Zweige« nach Bild 1 an den Wechsel-Ausgang anschließest? Kreuze bitte die Deiner Ansicht nach richtigen Aussagen an:

- Es wird nur 1 Lämpchen leuchten . . .
- Beide Lämpchen leuchten . . .
- Die Lämpchen leuchten abwechselnd . . .



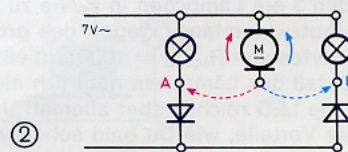
- Schließe nun die Lampen-Dioden-Kombination an den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes an. Hast Du richtig »getippt«?

Ganz augenscheinlich stimmt die zweite Aussage! Aber der Augenschein trügt – das hattest Du ja schon ganz bewußt bei Deinem Lichtkreismodell ausgenutzt. In Wirklichkeit werden die Lämpchen tatsächlich immer nur abwechselnd vom Strom durchflossen. Die Wechselfspannung ändert ja ständig ihre Polarität, wie der Lautsprecherversuch auf Seite 20 gezeigt hat. Deswegen kann auch immer nur eine der entgegengesetzt gepolten Dioden den Strom durchlassen, während die andere Diode den Strom sperrt. Der Vorgang »Strom fließt – Strom fließt nicht« usw. geht aber derart schnell vor sich, daß die Lämpchen nur mühsam und unsere Augen schon gar nicht folgen können. Eine vollkommene optische Täuschung!

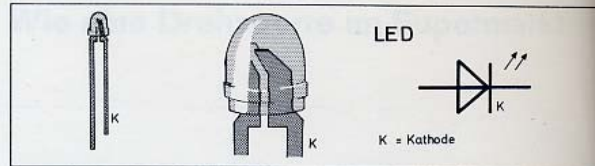
Nur Dein Lautsprecher merkt, daß der Stromfluß durch die Lampenzweige in Wirklichkeit pulsiert, d. h. ständig sehr schnell unterbrochen wird – wie Du wieder hören und fühlen kannst, wenn Du ihn in einen Stromzweig zwischen Diode und Lämpchen einsetzt.

Für Modellzwecke ist das eben untersuchte Prinzip sehr gut zu gebrauchen. Auf diese Weise ist es nämlich möglich, am Wechsel-Ausgang des Netzgerätes einen zweiten Motor zu betreiben, wenn schon ein anderer Motor an den Gleich-Ausgang angeschlossen ist.

- Verbinde eine Buchse des Motors nach Bild 2 fest mit der oberen Schiene. Die andere Buchse verbindest Du abwechselnd mit den K-Bausteinen A und B. Der Motor wird jedesmal die Drehrichtung wechseln.
- Statt immer von Hand umzustecken, kannst Du einen fischertechnik-Taster oder einen damit selbstgebauten Umschalter in die Schaltung einbauen. Natürlich funktioniert die Schaltung auch ohne Lämpchen.



Die Leuchtdiode



Achtung!

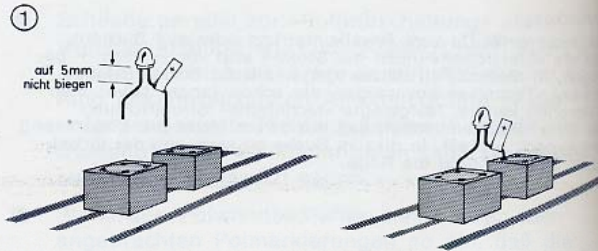
Die LED ist sehr empfindlich! Sie muß in jedem Fall mit einem Schutzwiderstand in Reihe liegen (mindestens 220 Ω)!

Die im Titelbild gezeigte Diode aus Deinem Experimentierkasten hat die besondere Eigenschaft zu leuchten, wenn sie vom Strom durchflossen wird. Das deuten die 2 Strahlungspfeile im Schaltzeichen an. Die Bezeichnung LED ist die Abkürzung des englischen »Light Emitting Diode« = lichtaussendende Diode. Der kürzere Anschlußdraht führt zur Kathode der LED (= Strich im Schaltzeichen), der längere zur Anode (= Pfeil im Schaltzeichen = Plusanschluß).

- Wie die beiden Anschlußdrähte gebogen werden müssen, damit Du die LED bequem in 2 benachbarte K-Bausteine einsetzen kannst, ist im Bild 1 dargestellt. Zweckmäßigerweise kennzeichnest Du den längeren Anschlußdraht mit einem Selbstklebetikett und »+«.
- Nun kannst Du gleich einmal feststellen, wie und wann Deine LED leuchtet. Bild 2 zeigt die Versuchsschaltung. Aus den Spannungsbezeichnungen geht hervor, daß Du sowohl den Batteriestab als auch den Gleich-Ausgang des voll aufgedrehten Netzgerätes als Quelle benutzen kannst.
- Überzeuge Dich durch Umpolen der Versorgungsspannung davon, daß die Diode nur dann mit rotem Licht aufleuchtet, wenn der Diodenpfeil »in die Stromrichtung«, d. h. nach (-) zeigt. (Du kannst ja anhand der an der Quelle selbst aufgebraachten Polmarkierungen leicht feststellen, mit welchem Pol die obere Schiene gerade verbunden ist.)

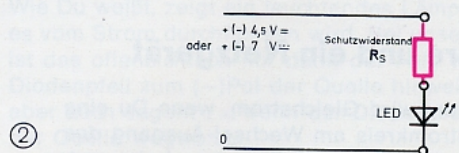
Eine Leuchtdiode leuchtet auch dann noch, wenn sie von einem sehr kleinen Strom durchflossen wird. Sie kommt mit einer viel geringeren Stromstärke aus als Deine Lämpchen. Das wollen wir gleich einmal nachprüfen.

- Setze nach Bild 3 ein Lämpchen in Reihe zu Leuchtdiode und Schutzwiderstand. Wegen des großen Widerstandswertes von $R_{\text{schutz}} = 1000 \Omega$ fließt so wenig Strom, daß das Lämpchen natürlich nicht leuchtet. Für die LED reicht's aber allemal! Und das hat ungeahnte Vorteile, wie Du bald sehen wirst.

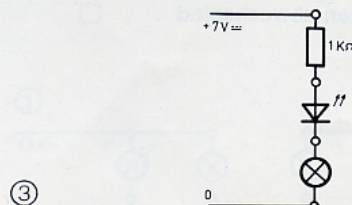


Prüfschaltung

Leuchtet die Diode in beiden Richtungen nicht, Jann ist sie defekt und muß ersetzt werden.

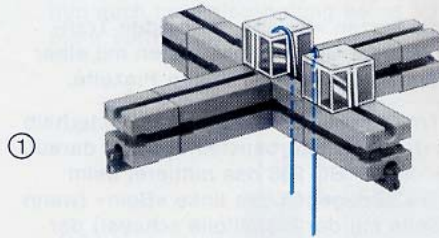


Als Schutzwiderstand R_s verwenden wir (wenn nichts anderes gesagt wird) einen 1-k Ω -Schichtwiderstand (br-sw-rt); (1 k Ω = 1000 Ω).



Eine Überlaufanzeige

Bei der Füllung von Wassertanks, z. B. auf großen Schiffen, ist es meist nicht möglich, den Füllstand direkt zu beobachten. Um ein Überlaufen zu verhindern, wird deswegen eine sogenannte Überlaufanzeige eingebaut. Den Wassertank simulieren (= nachbilden) wir durch ein Wasserglas. Zwei blanke Drahtstücke dienen nach Bild 1 als »Elektroden«. Sie fühlen sozusagen das Wasser, wenn sie gemeinsam darin eintauchen. Statt Wasser zulaufen zu lassen, tauchen wir die Elektroden einfach in das Wasser ein.



Was macht die LED bei Wechselspannung?

Gemeint ist natürlich: bei Anschluß der LED samt in Reihe liegendem Schutzwiderstand R_{Sch}^s an den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes. Die LED ist, wie Du gerade gesehen hast, eine Diode. Deshalb wird durch sie nun in schneller Folge abwechselnd Strom fließen bzw. nicht fließen.

- Da das Auge zu träge ist, um festzustellen, ob die LED dementsprechend abwechselnd leuchtet bzw. nicht leuchtet, müssen wir zur Klärung dieser Frage die LED schnell bewegen. Mit dem Lichtkreismodell von Seite 14 gelingt Dir der Nachweis in eleganter Weise. Setze deshalb die LED statt des Lämpchens auf die Schubstange des Modells. Den Schutzwiderstand kannst Du mit Hilfe eines 3. K-Bausteins mitrotieren lassen oder auf der Grundplatte fest montieren.

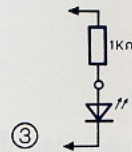
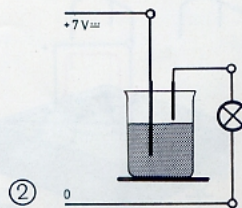
Das Ergebnis ist interessant. Der Lichtkreis zeigt ausgeprägte Dunkelpausen. Damit ist nicht nur nachgewiesen, daß die LED sich wie eine Diode verhält, also Strom nur in einer Richtung durchläßt. Das Licht der LED reagiert blitzschnell auf den Strom, wie Du an den scharfen Hell-Dunkel-Grenzen erkennst.

- Ob ein Glühlämpchen ebenso reagiert, wenn es in Reihe mit einer gewöhnlichen Diode an den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes angeschlossen wird? Prüfe es bitte nach!

Glühlämpchen verhalten sich im Vergleich zur LED schrecklich träge, wirst Du feststellen. In den Strompausen glüht die Leuchtwendel (aus dünnem Draht) verhältnismäßig lange nach. Das Licht der LED dagegen entsteht nicht durch Glühendwerden eines Drahtes; sie bleibt dabei kalt (daher der Name »Kaltlicht«). Sie kann nicht nachleuchten.

- Baue zunächst die Elektrodenhalterung nach Bild 1 zusammen: Sie verhindert, daß sich die Drähte verschieben oder gar berühren können.
- Beim Eintauchen der Elektroden in das Wasser wird der Lampenstromkreis geschlossen. Das Lämpchen wird aber kaum, vielleicht auch gar nicht aufleuchten (Bild 2).
- Ersetze das Lämpchen der Schaltung (2) durch die im Bild 3 gezeichnete Reihenschaltung R_{Sch}^s -LED. Wenn Du vorher den Gleich-Ausgang des Netzgerätes mit + und die dazugehörige Drehrichtung markiert hast, weißt Du ja, wie Du polen mußt, damit die LED leuchtet, wenn das Wasser den Strom leiten kann.

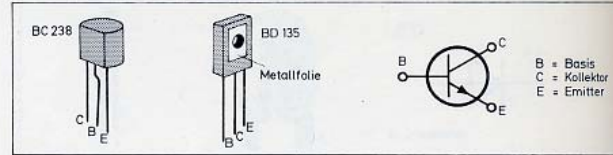
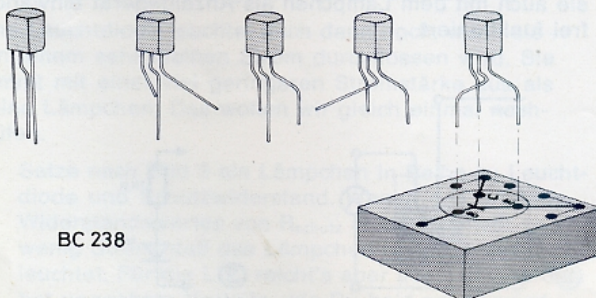
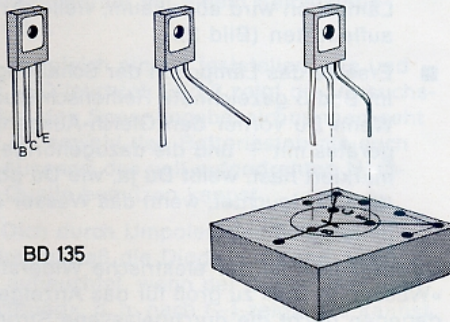
Offensichtlich ist der elektrische Widerstand dieser »Wasserstrecke« zu groß für das Anzeigelämpchen; dagegen reicht die durchgelassene Stromstärke für die genügsame Leuchtdiode völlig aus. Wir werden aber die Überlaufanzeige gleich noch so verbessern, daß sie auch mit dem Lämpchen als Anzeigergerät einwandfrei funktioniert.



Der Transistor

Das Titelbild zeigt die beiden Transistoren Deines Experimentierkastens. Die stets verwendeten Anschlußbezeichnungen »Basis (B) – Kollektor (C) – Emitter (E)« solltest Du Dir jetzt schon merken; die Bedeutung braucht hier nicht weiter erklärt zu werden. Die Pfeilspitze im Schaltzeichen nennen wir »Emitterpfeil«. Er ist im Schaltzeichen auf dem Deckel des Transistorbausteins weggelassen, was Dich nicht weiter zu stören braucht.

- Biege nun die kurzen »Beine« der beiden Transistoren anhand der Bilder – am besten mit einer schmalen Zange oder einer kräftigen Pinzette.
- Stecke die Transistorbeine in die Löcher innerhalb des Kreises der Transistorbausteine; achte darauf, daß beim »kleinen« BC 238 das mittlere, beim »großen« BD 135 dagegen das linke »Bein« (wenn Du auf die Seite mit der Metallfolie schaust) der Basisanschluß ist; er gehört in das Loch beim Querbalken! Dann ist oben der Kollektor- und unten der Emitter-Stützpunkt mit je 3 Anschlußmöglichkeiten. Am besten ist es, Du läßt die beiden Transistoren stets in ihrem Transistorbaustein stecken. Dann kann kein Bein abbrechen oder eine Berührung zweier Beine entstehen.



Achtung!

Weder die Basis (B) noch der Kollektor (C) dürfen direkt mit der (+)Schiene verbunden werden – der Transistor würde augenblicklich zerstört! Als Schutzwiderstand R_B vor der Basis verwenden wir in der Regel

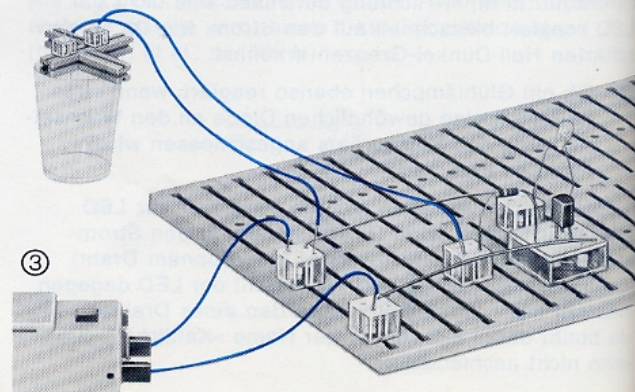
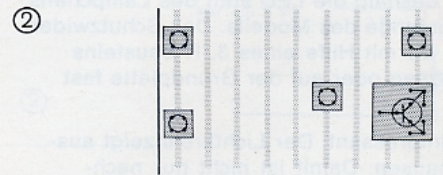
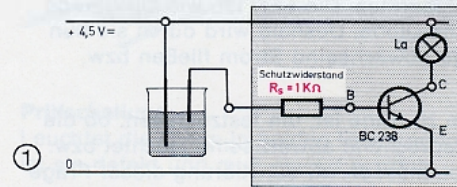
für den kleinen BC 238: $1\text{ k}\Omega$ (br-sw-rt)

für den großen BD 135: $100\ \Omega$ (br-sw-br; dünn)

Hallo – der Tank ist voll

Du wirst staunen, was der »kleine Schwarze« aus der mickrigen Überlaufanzeige von Seite 25 macht!

- Baue die Schaltung (1) anhand des Stützpunktplans (2) auf. Die Elektroden für das Wasser nimmst Du vom letzten Versuch. Bild 3 zeigt den Aufbau auf der Experimentierplatte.



- Als Quelle dient zunächst der Batteriestab. Betätige den Polwendeschalter so, daß die obere Schiene mit dem (+)Pol der Batterie verbunden wird; der Emitterpfeil zeigt dann zum (-)Pol der Quelle hin. Das ist wichtig!

- Wenn Du alles richtig gemacht hast, wird das Anzeigelämpchen hell aufleuchten, sobald die Elektroden »Wasser fühlen«.

Wenn das keine Verbesserung der Überlaufanzeige ist! Das Lämpchen leuchtet praktisch ebenso hell, als sei es direkt an den Batteriestab angeschlossen.

Es sieht fast so aus, als würde der mit dem Lämpchen in Reihe liegende Transistor dem Lampenstrom keinerlei Widerstand entgegensetzen, wenn die Elektroden ins Wasser eintauchen. Wir werden das später noch genauer untersuchen.

Frage für Tüftler: Wie hoch sind die Spannungen am Lämpchen La (Bild 1 auf der vorigen Seite) und zwischen den Transistoranschlüssen C und E, wenn die Elektroden ins Wasser tauchen? (Die Antwort findest Du auf Seite 32.)

Jetzt wollen wir mit derselben Schaltung erst noch einen anderen, ganz wichtigen Versuch machen.

Sicherung gegen Falschpolung

Transistorschaltungen funktionieren nicht, wenn die Versorgungsspannung mit falscher Polung angelegt wird. Das zeigen die nächsten Versuche.

- Verbinde diesmal die obere Schiene der schon erprobten Überlaufanzeige mit dem (-)Pol und die untere mit dem (+)Pol des **Batteriestabes**. Die Anzeige klappt nicht – das Lämpchen bleibt dunkel!

Achtung: Zu welchem Pol zeigt in diesem Fall der »Emitterpfeil« des Transistor-Schaltzeichens?

- Benutze nun den Gleich-Ausgang des vollaufgedrehten **Netzgerätes** als Quelle. Die Anlage funktioniert »blendend«, wenn die obere Schiene mit dem (+)Pol verbunden ist. Der Emitterpfeil zeigt ja auch wieder zum (-)Pol!

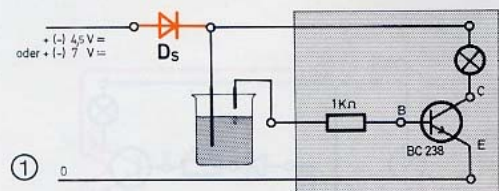
Achtung! Den folgenden Versuch darfst Du auf keinen Fall länger als 5 Sekunden einschalten. Der Transistor könnte zu heiß werden und kaputtgehen.

- Kehe nun die Polarität der Quellenspannung mit Hilfe des Einstellknopfes um. Jetzt leuchtet das Lämpchen nicht nur noch ganz schwach – es leuchtet auch dann, wenn die Elektroden gar nicht in das Wasser eintauchen! So etwas nennt der Praktiker »Schmutzeffekt«!

Die Überlaufanzeige funktioniert also nur dann, wenn die angelegte Quellenspannung so gepolt ist, daß der Emitterpfeil in die Stromrichtung, d. h. von (+) nach (-) zeigt. Das ist bei unseren Schaltungen nur dann der Fall, wenn die obere Schiene mit dem (+)Pol der Quelle verbunden ist.

Um uns gegen Falschpolung, die trotz Polmarkierung immer einmal passieren kann, zu sichern, setzen wir künftig eine Diode als elektronische Drehsperr vor die obere Schiene.

- Bild 1 zeigt, wo diese »Sicherungsdiode« D_s eingesetzt werden muß. Überzeuge Dich davon, daß nun auch bei Falschpolung keine Schmutzeffekte mehr auftreten!

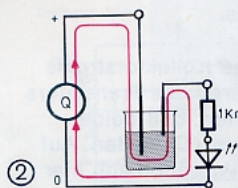


Da die »obere« Schiene von jetzt ab mit Sicherheit immer mit dem (+)Pol der Quelle verbunden ist, nennen wir sie einfach **Plusschiene**. Die untere bezeichnen wir im Gegensatz dazu als **Nullschiene**; im Schaltplan steht deshalb eine Null dabei. Auf diese Null werden sozusagen alle Voltangaben bezogen (siehe auch Seite 12).

Ein Transistor – zwei Stromkreise

Nun wollen wir uns einmal kurz anschauen, wie die Überlaufanzeige mit Transistor eigentlich funktioniert.

Die in den Schaltplänen (2) und (3) rot eingezeichneten Stromkreise mit der Wasserstrecke sehen ganz ähnlich aus. Anders ist nur, daß der Strom in der neuen Schaltung (3) auch noch durch den Transistor fließen muß: zur Basis (B) hinein – zum Emitter (E) wieder hinaus. Du kannst diesen Strom leicht nachweisen. (Die D_s ist im Bild weggelassen, weil sie für diese Betrachtung unwichtig ist.)



(3) siehe nächste Seite

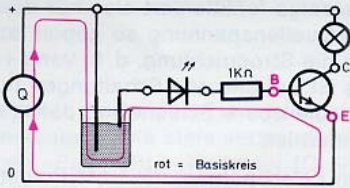
Überlaufanzeige mit Vorwarnung

Sicherheitshalber soll der Tankwart an der Füllpumpe durch eine zusätzliche Anzeige: »Achtung – Tank ist gleich voll!« vorgewarnt werden.

Nichts leichter als das: Du setzt einfach für diesen Zweck zusätzlich die gleiche Transistorschaltung ein, die Du schon auf Seite 26 erprobt hast. Du verwendest dafür den »großen« Transistor BD 135 mit dem zugehörigen Schutzwiderstand von $100\ \Omega$ (dünn). Das ist im Bild 1 dargestellt. Die grau unterlegten Schaltungseinheiten nennt der Fachmann **Transistorstufen**.

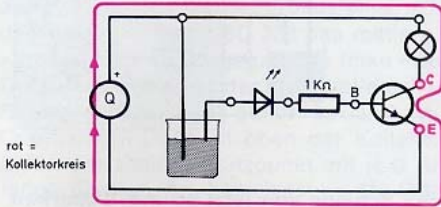
- Am besten baust Du die Schaltung (1) anhand des Stützpunktplans (2) auf.
- Das Foto zeigt, wie Du Deine Elektrodenhalterung mit der zur Stufe II gehörenden Elektrode bestücken kannst. Durch entsprechendes Ablängen der Drähte magst Du selbst bestimmen, bei welcher Füllhöhe der Tankwart vorgewarnt wird und wann er die Füllpumpe abstellen soll.
- Nimm nun die Anlage in Betrieb. Die Lämpchen werden anzeigen, wie hoch das Wasser im Tank gestiegen ist.

③



- Den Nachweis liefert eine zwischen der einen Elektrode und dem $1\text{-k}\Omega$ -Schutzwiderstand eingesezte (richtig gepolte) LED. Sie wird von dem $1\text{-k}\Omega$ -Widerstand gleich mitgeschützt, siehe Bild 3 und 4. Vergiß die in diesen Bildern nicht extra mitgezeichnete Schutzdiode D_s nicht.

④



- Die LED leuchtet beim Eintauchen der Elektroden auf und zeigt damit an, daß ein Strom durch die Basis fließt. Diesen Stromkreis nennen wir kurz »**Basiskreis**«. (Dieser Strom fließt auch dann, wenn Du das Lämpchen aus der Schaltung herausnimmst!) Bild 3 zeigt diesen Basiskreis.

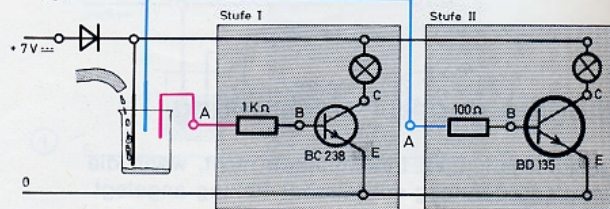
Den anderen durch den Transistor führenden Stromkreis, in dem das Lämpchen liegt (Bild 4), nennen wir entsprechend **Kollektorkreis**. Er ist dick gezeichnet, weil der Lämpchenstrom viel stärker ist als der Basisstrom durch die LED!

Und nun kommt das Merkwürdige: Im Kollektorkreis fließt **nur dann** ein Strom, wenn die Elektroden ins Wasser tauchen und folgedessen auch ein Strom durch den Basiskreis fließt. Wird dagegen die Wasserstrecke unterbrochen, dann fließt kein Basisstrom durch – und auch kein Kollektorstrom; das Lämpchen leuchtet nicht!

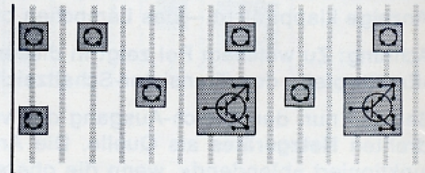
Der Fachmann drückt diesen wichtigen Sachverhalt so aus: **Der Kollektorstrom wird vom Basisstrom gesteuert. Er nennt deswegen den Basiskreis auch Steuerkreis und den Kollektorkreis Anzeigekreis.**

Diese eigenartige Beeinflussung des Kollektorstroms durch den Basisstrom findet im Inneren des Transistors statt. Sie hängt auch damit zusammen, daß beide Ströme gemeinsam durch den Emitter (E) fließen. Auf die Erklärung dieser komplizierten Vorgänge soll hier verzichtet werden.

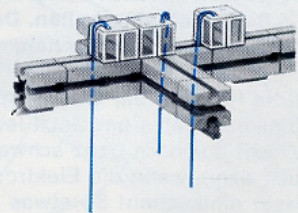
①



②



③



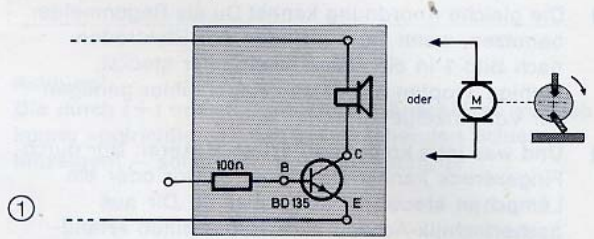
Sehen und hören

Ein Tankwart hat vermutlich noch anderes zu tun, als nur die Anzeigelämpchen zu beobachten. Es ist daher zweckmäßig, unseren Überlaufmelder auch mit einer hörbaren (= akustischen) Anzeige auszustatten.

- Ersetze dazu das Anzeigelämpchen der Stufe II durch den Lautsprecher (Bild 1). Beachte die Warnung auf der rechten Seite, wenn Du die Versuche durchführst!
- Versuche mit der im Bild 2 gezeigten und schnell aufgebauten »Motor-Klapper« ein lauterer Signal zu erzeugen! **Probiere aber nur kurz**, weil der Transistor BD 135 bei diesem Versuch arg überanstrengt wird!

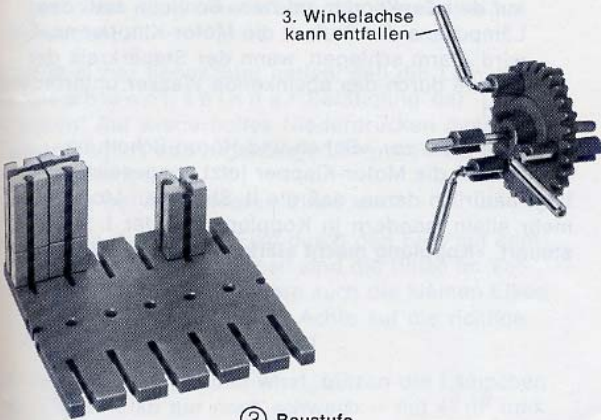
Du wirst beobachtet haben, daß der Lautsprecher bzw. der Motor nur schwach bzw. gar nicht reagieren, wenn die zur Stufe II gehörende Elektrode 2 das Wasser nur berührt. Beide Anzeigergeräte »kommen« erst, wenn die Elektrode tiefer in das Wasser eintaucht. Solche halben Sachen können wir aber nicht brauchen! Es muß sofort vollen Alarm geben, wenn das Wasser an der Elektrodenspitze angekommen ist.

Diese Aufgabe kannst Du erst mit der anschließend zu behandelnden Transistorschaltung einwandfrei lösen.

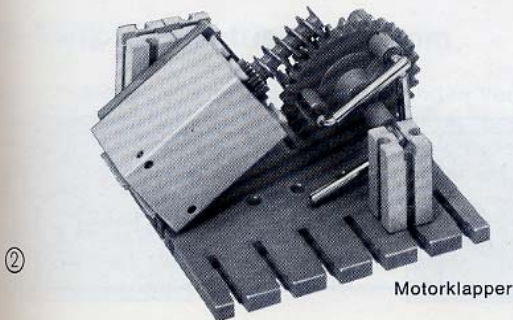


Achtung!
Lautsprecher und Motor dürfen nur mit dem großen BD 135 betrieben werden! Der kleine BC 238 würde beschädigt oder gar zerstört werden!

3. Winkelachse kann entfallen



③ Baustufe

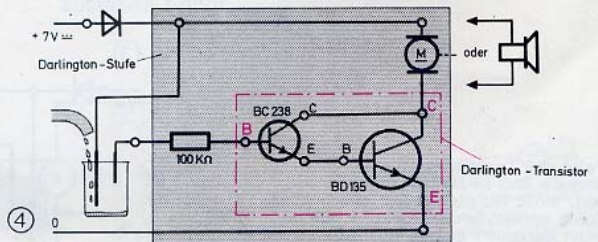


②

Ein Supertransistor

Deine beiden Transistoren kannst Du zu einem wahren »Supertransistor« zusammenfassen. Du mußt es nur so anfangen, wie es im Bild 4 dargestellt ist.

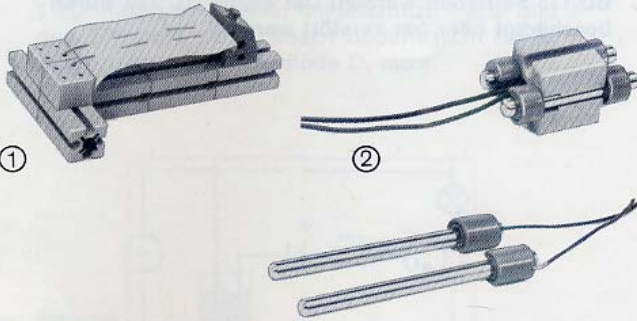
- Ändere am Versuchsaufbau nichts. Verbinde die Kollektoren der beiden Transistoren miteinander; schließe den Emitter des BC 238 direkt an die Basis des BD 135 an. Dadurch ist die nach seinem Erfinder benannte und im Bild rot umrandete **Darlington-Schaltung** entstanden.
- Setze nun noch den 100-kΩ-Widerstand (br-sw-ge) und die Motor-Klapper ein. Und jetzt ist die grau unterlegte »Darlington-Stufe« komplett! Die Motor-Klapper spricht voll an, sobald die Elektrode vom Wasser auch nur berührt wird! Und der Lautsprecher gibt sein Bestes, wenn Du ihn statt des Motors einsetzt.



④

Achtung – der Tank ist leer!

- Die gleiche Anordnung kannst Du als Regenmelder benutzen, wenn Du die Enden der Elektroden nach Bild 1 in ein Stück Fließpapier steckst. Wenige Tropfen auf diesen Regenfühler genügen zur Voll-Anzeige!
- Und was jetzt kommt, grenzt an Hexerei: Nur durch Fingerdruck kannst Du Deinen Motor oder ein Lämpchen steuern! Dazu baust Du Dir aus fischertechnik-Achsen nach Bild 2 einen »Handberührungs-Sensor«. Schließe ihn statt der Elektroden an die Schaltung an.



- Berühre nun beide Achsen zugleich mit einer Fingerspitze. Wenn Du sehr trockene Hände hast, mußt Du den Finger ein wenig anhauchen. Probiere aus, wie Du das Anzeigegerät allein durch unterschiedlichen Fingerdruck steuern kannst. Wiederhole aber dieses Spiel nicht allzu oft, weil der Transistor auch bei diesem Versuch sehr stark beansprucht werden kann. Höre auf jeden Fall auf, wenn Du beim Anfühlen merkst, daß der BD 135 heiß wird! Wir kommen noch darauf zu sprechen.

Kein Wunder, daß ein solcher Darlington-Supertransistor in der gesamten elektronischen Technik eine ganz besondere Rolle spielt!

Aus der e i n e n Darlington-Stufe mit 2 Transistoren machen wir jetzt wieder 2 einzelne Transistorstufen. Bei der Überlaufanzeige mit Vorwarnung arbeiteten beide Stufen unabhängig voneinander. Jetzt aber wollen wir sie »koppeln«, wie es in der Fachsprache heißt. Zu jeder Transistorstufe im Bild 3 gehören je eine Eingangsbuchse A und eine Ausgangsbuchse Q. Wir sagen einfach Ein- und Ausgang dazu. Koppeln bedeutet nun nichts anderes als: Verbinde den Ausgang der ersten mit dem Eingang der zweiten Stufe!

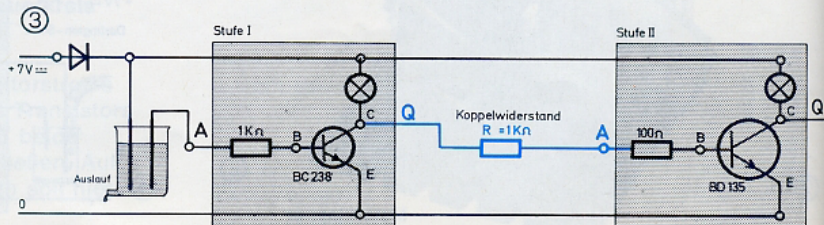
- Stelle die Stufen I und II nach Bild 3 wieder her. Kopple die Stufen zusammen, indem Du den Ausgang Q der I. Stufe mit dem Eingang A der nachfolgenden II. Stufe durch ein »Koppelglied« verbindest. Wir benutzen dafür einen 1-k Ω -Schichtwiderstand.
- Und nun kann das Spiel mit den Elektroden wieder beginnen!

Das Ergebnis ist hochinteressant: Die Transistorstufe II zeigt immer das umgekehrte Signal wie die I. Stufe! Der Techniker spricht deswegen von einer »Signalumkehr durch die zweite Stufe«. Du wirst noch viele Anwendungsmöglichkeiten für diese wichtige Art einer 2stufigen Transistorschaltung kennenlernen.

- In unserem Fall kannst Du sie als sogenannte »Trockengeh-Anzeige« benutzen: Achtung – Tank ist leer! Natürlich müssen die Elektroden jetzt fast auf den Tankboden reichen. Schließe statt des Lämpchens der Stufe II die Motor-Klapper an. Sie wird Alarm schlagen, wenn der Steuerkreis der I. Stufe durch das absinkende Wasser unterbrochen wird.

Im Gegensatz zur »Sehen-und-Hören-Schaltung« funktioniert die Motor-Klapper jetzt ausgezeichnet. Das liegt natürlich daran, daß die II. Stufe den Motor nicht mehr allein, sondern in Kopplung mit der I. Stufe steuert. »**Kopplung macht stärker**«, könnte man sagen.

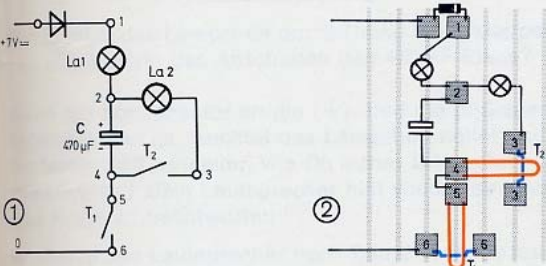
Falls die Tanküberwachung längere Zeit in Betrieb bleiben soll, mußt Du Elektroden aus Kohle verwenden. Kohlestifte aus alten Batterien eignen sich gut dazu.



Der große C wird untersucht

Der »große C« hat natürlich nichts mit Deinen Füßen zu tun! C steht nämlich für das Bauelement »Kondensator«, das wir jetzt untersuchen wollen. Das Titelbild zeigt einen Elektrolytkondensator – kurz Elko genannt – aus Deinem Experimentierkasten mit dem zugehörigen Schaltzeichen. Das offene Rechteck entspricht dem (+)Anschluß. Elkos besitzen nämlich gepolte Anschlüsse und dürfen nicht beliebig in eine Schaltung eingesetzt werden. Lies dazu die Warnung unter dem Titelbild! Zunächst untersuchen wir den größten C mit dem Aufdruck: 16 V/470 μ F. Die Bedeutung von μ F (sprich: mü-eff) erfährst Du gleich; die Spannungsangabe interessiert jetzt nicht weiter.

- Baue nun die Schaltung (1) anhand des Stützpunktplans (2) auf.



- Betätige zunächst mehrmals den Schließer T₁. Wie reagiert La₁? Drücke danach mehrfach T₂; was geschieht jetzt? Wiederhole den Versuch ein paarmal!

Du wirst sicher beobachtet haben, daß die Lämpchen nur bei a b w e c h s e l n d e r Betätigung der Taster aufblitzen! Auf wiederholtes Niederdrücken desselben Tasters reagiert das zugehörige Lämpchen ein Mal – und dann nicht mehr.

Wie sieht's bei den anderen Elkos aus?

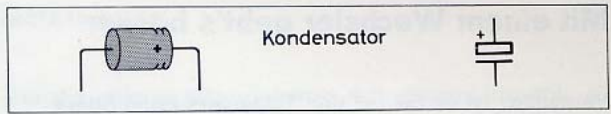
- Ersetze den 470- μ F-Elko durch den Elko mit dem Aufdruck 220 μ F. Wie hell sind die Blitze im Vergleich zu 470 μ F? Probiere auch die kleinen Elkos mit 47 μ F und 10 μ F aus. Achte auf die richtige Polung der Kondensatoren!

Wie Du festgestellt haben wirst, blitzen die Lämpchen beim 220- μ F-Elko nur noch schwach – mit 47 μ F und 10 μ F ist nichts mehr zu sehen.

Ein Tank für elektrischen Strom

Damit Du den gerade mehrfach durchgeführten Versuch leichter verstehst, ist der Schaltplan in die rechts abgebildeten Teilpläne (3) und (4) zerlegt. Die für das Verständnis unwichtige Sicherheitsdiode ist dabei weggelassen. G = Generator, also Quelle (Gleich-Ausgang).

Der Stromkreis im Bild 3 ist durch den betätigten Taster T₁ geschlossen. Der C verhält sich dabei so ähnlich wie ein »Stromtank«, der an der Quelle gefüllt wird.



Achtung!

Die durch (+) oder (-) marklierten Anschlüsse müssen immer »polrichtig« zu den entsprechenden Schienen hinzeigen! – sonst wird der Elko zerstört!

Der Fachmann sagt: Der Kondensator wird geladen. Das nur kurze Aufblitzen von La₁ zeigt, daß das sehr schnell vor sich geht. Ist der Tank voll, dann fließt kein Strom mehr durch den L a d e k r e i s – auch wenn Du T₁ noch so oft und so lange drückst!

Wenn nun T₂ statt T₁ bestätigt wird, dann entsteht der Stromkreis (4). Der Tank wird dann sozusagen »ausgekippt«, und der Strom fließt jetzt durch La₂. Der Kondensator wird über L₂ entladen, heißt es in der Fachsprache.

Die Quelle, die das Lämpchen La₂ im E n t l a d e k r e i s aufblitzen läßt, kann nur der Kondensator-Tank C sein! Von der Tatsache, daß ein geladener Kondensator wie eine Quelle wirkt, lebt die halbe Elektronik!

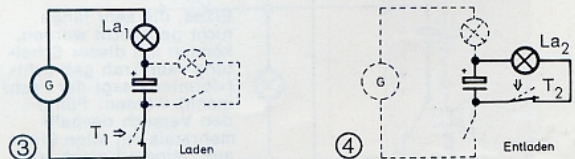
Natürlich kann ein C als Quelle nur soviel »Saft« (sagt der Praktiker!) abgeben, wie er vorher aufgenommen hat! Und das hängt vom Fassungsvermögen des Kondensators ab; der Fachmann nennt es **Kapazität**.

Als Maß dafür wird in der Praxis das Mikrofarad verwendet; Kurzzeichen: μ F. Der griechische Buchstabe μ (mü) bedeutet: Millionstel.

Nun ist Dir sicher klar, warum die Lämpchen bei dem 470- μ F-Elko heller aufblitzen als bei dem Kondensator mit nur 220 μ F: Dieser Tank ist halt kleiner! Und bei 47 μ F reicht's zum Blitzen schon nicht mehr aus.

Noch etwas: Du kannst die »Stromfüllung« eines geladenen Kondensators sozusagen als Stromkonserve aufbewahren. Allerdings ist das nicht unbegrenzt möglich, weil Elektrolytkondensatoren die Eigenschaft haben, sich langsam selbst zu entladen; Elko-Tanks sind sozusagen nicht ganz dicht.

- Du kannst ja spaßeshalber ausprobieren, nach wieviel Minuten oder gar Stunden Dein 470- μ F-Elko noch einen merklichen Blitz beim Entladen zustande bringt.

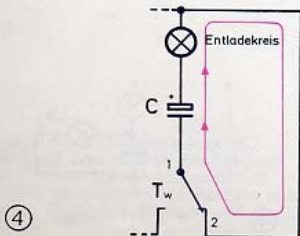
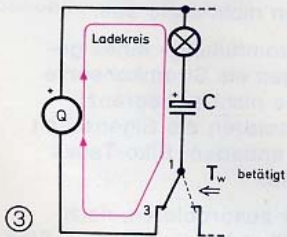
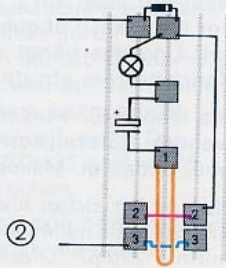
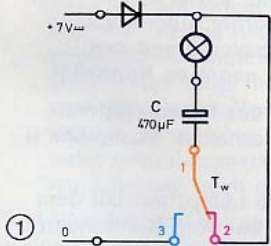


Mit einem Wechsler geht's besser

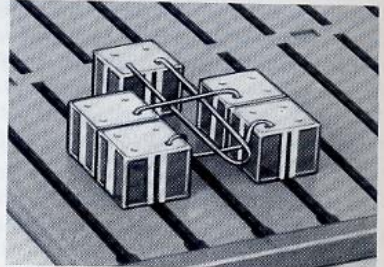
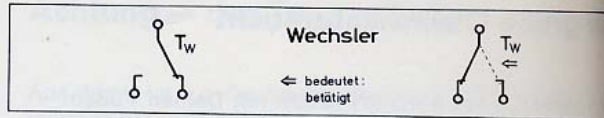
Vermutlich ist es Dir bei den Tasterversuchen öfters passiert, daß Du versehentlich beide Taster zugleich statt nacheinander gedrückt hast. Das kannst Du durch den Einsatz eines Tasters mit Wechselkontakt, kurz »Wechsler« genannt, vermeiden. (Das Schaltzeichen siehst Du im Titelbild.) Außerdem kommst Du dabei mit nur einem Lämpchen für die Anzeige des Lade- und Entladevorgangs aus.

- Den Schaltplan für den Kondensatorversuch mit Wechsler zeigt Bild 1. Wie Du den benötigten Wechsler ganz einfach durch einen kleinen Umbau der K-Steine auf der Grundplatte verwirklichen kannst, zeigt der Stützpunktplan (2). Der ganze Trick besteht darin, daß Du die beiden Gegenstücke 2 (rot) und 3 (blau) hintereinander anordnest. Im Ruhezustand muß die Kontaktzunge 1 (orange) gegen das gerade Gegenstück 2 drücken. Durch Betätigung der Kontaktzunge wird dagegen eine Verbindung mit dem gekröpften Gegenstück hergestellt.
- Mit diesem Taster kannst Du also die Verbindungen wechseln (daher auch der Name!). Überzeuge Dich nun davon, daß das Lämpchen bei jedem Kontaktwechsel aufblitzt!

Daß es natürlich auch bei dieser Schaltung einen Lade- und einen Entladekreis gibt, zeigt Dir Bild 3 und 4.



Elkos, die sehr lange nicht gebraucht wurden, können mit dieser Schaltung »auf Trab gebracht« (»formiert« sagt der Fachmann) werden. Führe den Versuch deshalb mehrmals mit allen Elkos aus Deinem Kasten aus!



Antworten auf im Text gestellte Fragen

Seite 12

Für das Lämpchen B gibt es außer den schon erwähnten keine weiteren Anschlußmöglichkeiten für 4,5 V mehr. Aber das Lämpchen A kannst Du noch zwischen den im Bild 4 mit 1,5 V und 4,5 V bezeichneten K-Bausteinen anschließen. Auch dann wird das Lämpchen mit $4,5\text{ V} - 1,5\text{ V} = 3,0\text{ V}$ betrieben.

Seite 13

Da sich die Quellenspannung von 4,5 V auf 2 gleiche Lämpchen verteilt, erhält jedes Lämpchen $4,5\text{ V} : 2 = 2,25\text{ V}$.

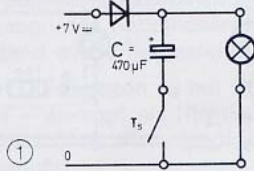
Seite 27

Wenn der Transistor dem Lampenstrom beim Eintauchen der Elektroden praktisch keinen Widerstand entgegensetzt, dann muß auch die Spannung zwischen den Anschlüssen C und E praktisch gleich Null sein. Folglich muß am Lämpchen, das ja mit dem Transistor in Reihe liegt und daher mit diesem einen Spannungsteiler bildet, praktisch die volle Versorgungsspannung stehen: 4,5 V.

Wie man einen pulsierenden Gleichstrom glätten kann

Jetzt lernst Du eine wichtige Anwendung für Elektrolytkondensatoren kennen. In der Überschrift ist das schon angedeutet; anhand der folgenden Versuche wirst Du gleich selbst herausfinden, was damit gemeint ist.

- Für C setzt Du nach Bild 1 den 470- μ F-Elko ein (... und zwar polrichtig!). Betätige mehrmals den Schließer T_s . Wie reagiert das Lämpchen auf das Anschließen des »großen C«?



- Ersetze das Lämpchen durch Deine Motorklapper. Was bewirkt das Anschalten des 470- μ F-Elkos?

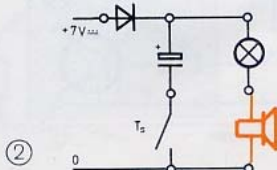
Wenn der Kondensator an die (+) und die (0)Schiene angeschlossen ist, leuchtet das Lämpchen heller und der Motor läuft schneller, wie Du sicher festgestellt hast. Wie kommt's? Dein Lautsprecher hilft wieder einmal, eine Frage zu beantworten.

- Setze den Lautsprecher nach Bild 2 in Reihe zum Lämpchen. Bei nicht betätigtem Taster zeigt ein wohlbekanntes Brummen an, daß er von einem pulsierenden Gleichstrom durchflossen wird. Beim Anschließen des Kondensators wird's aber augenblicklich still! Das ist, wie Du weißt, ein Zeichen dafür, daß jetzt ein reiner – oder wie der Fachmann hier sagt: ein »geglätteter« – Gleichstrom durch den Lautsprecher fließt.

Das also bewirkt ein zwischen der (+) und der (0)Schiene angeschlossener Elko. Wir nennen ihn deswegen künftig **Glättungskondensator**. Die Glättung wirkt sich auf Lämpchen und Motor wie eine Erhöhung der Versorgungsspannung aus. Wie das kommt, braucht hier nicht weiter erklärt zu werden.

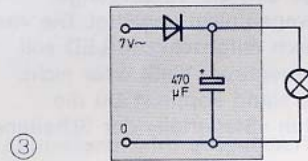
- Prüfe, ob auch die Elkos mit 220 μ F bzw. 47 μ F in den Schaltungen (1) und (2) die gleiche Glättungswirkung erzielen wie der 470- μ F-Elko.

Du wirst feststellen, daß die »Glättung« um so schwächer wird, je kleiner der Kondensator ist. Der Lautsprecher brummt bei 47 μ F wieder. Dieser Elko reicht also in dieser Schaltung zur Glättung des pulsierenden Gleichstroms nicht aus. Wir verwenden deswegen künftig vorsichtshalber den großen Elektrolytkondensator mit 470 μ F.



Für die meisten elektronischen Schaltungen braucht man eine geglättete Gleichspannung. Benutzt Du dafür den Gleich-Ausgang des voll aufgedrehten Netzgerätes, dann ist die geglättete Spannung zu hoch für Deine Lämpchen (bei Dauerbetrieb). Sie kann sogar die Transistoren bei bestimmten Motorschaltungen, die wir später untersuchen werden, gefährden. Wo es erforderlich ist, verwenden wir deshalb den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes als Quelle für die »Spannungsversorgung«, siehe Bild 3. Dabei übernimmt die Sicherungsdiode zugleich die Aufgabe, aus der Wechselspannung eine pulsierende Gleichspannung zu machen; Du kennst das ja schon (Seite 23).

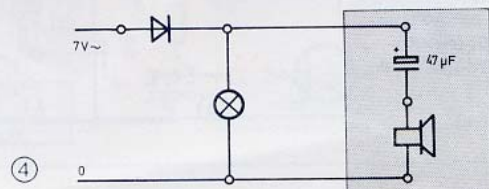
- Überzeuge Dich davon, daß ein Lämpchen schwächer leuchtet, wenn Du als Quelle den Wechsel- statt des Gleich-Ausgangs Deines voll aufgedrehten Netzgerätes benutzt.



Eine Sorge weniger!

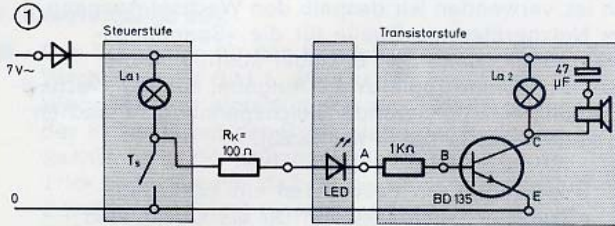
Du erinnerst Dich, daß wir bei der Untersuchung unserer Quellen den Lautsprecher aus Sorge vor »Überlastung« immer nur kurz an die Quelle anschließen durften. (Bei einem Vorwiderstand hättest Du keine Membranschwingung beobachten können.) Wenn Du aber einen Elko mit dem Lautsprecher in Reihe schaltest, brauchst Du Dir keine Sorgen mehr um ihn zu machen!

- Schließe Lautsprecher und 47- μ F-Elko nach Bild 4 an das Lämpchen an, das mit pulsierender Gleichspannung versorgt wird. (Du könntest auch den Gleich-Ausgang des Netzgerätes als Quelle benutzen.)
- Der ziemlich laute »Netzbrumm« verschwindet natürlich, wenn Du die pulsierende Gleichspannung mit dem 470- μ F-Elko glättest! Wenn Du also die Reihenschaltung »Kondensator – Lautsprecher« als akustisches Anzeigergerät verwenden willst, dann darf die Versorgungsspannung nicht geglättet sein!



Am Eingang der Transistorstufe vorbei

Das Lämpchen im Anzeigekreis eines Transistors verlischt, wie Du weißt, wenn der Steuerkreis unterbrochen wird. Der Transistor wird gesperrt, sagt der Fachmann. Es geht aber auch anders, wie der folgende wichtige Versuch zeigt.



■ Am besten baust Du gleich die Versuchsschaltung (1) auf. Spaßeshalber setzen wir eine kombinierte Seh- und Höranzeige ein; die Versorgungsspannung wird deswegen nicht geglättet. Die vom 1-k Ω -Widerstand gleich mitgeschützte LED soll anzeigen, ob ein Steuerstrom fließt oder nicht. Mit dem 100- Ω -Widerstand koppelst Du die Transistorstufe an den »Steuerteil« der Schaltung an.

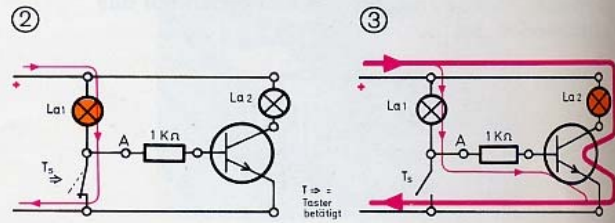
■ Bei Betätigung des Tasters leuchtet La₁ hell auf, die LED verlischt, und die Anzeige setzt aus. Du hast also den Transistor – offensichtlich und unüberhörbar – gesperrt, ohne den Steuerkreis (z. B. durch Herausnehmen von La₁) zu unterbrechen. Wie kommt's?

Ganz einfach: Durch Drücken des Tasters verbindest Du La₁ direkt mit dem (-)Pol der Spannungsversorgung; deswegen leuchtet das Lämpchen so hell auf. Und deswegen fließt der Strom, der ja immer den Weg des kleineren Widerstandes nimmt, am Eingang A der Stufe bzw. an der Basis des Transistors vorbei (Bild 2)!

Wie das Verlöschen der LED anzeigt, ist die Basis dann »stromlos« und der Transistor dadurch gesperrt.

Die Verhältnisse bei geöffnetem Taster zeigt Bild 3. La₁ leuchtet nur deswegen nicht, weil der Steuerstrom wegen des 1 k Ω -Widerstandes vor der Basis zu schwach ist; zum »Durchsteuern« (so der Fachausdruck) des Transistors reicht er aber aus, wie Du gesehen und gehört hast.

Der Koppelwiderstand von 100 Ω spielt bei dieser Betrachtung keine Rolle und ist daher weggelassen.

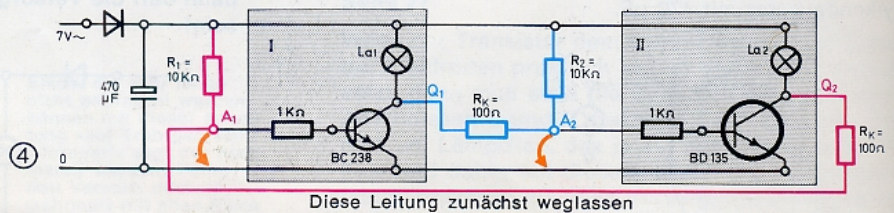


Sie stupsen sich gegenseitig

Du erfährst jetzt, wie (und wozu) man durch einen simplen Trick erreichen kann, daß sich Deine beiden Transistorstufen gegenseitig beeinflussen. Dabei kommt ein **Flip-Flop** heraus!

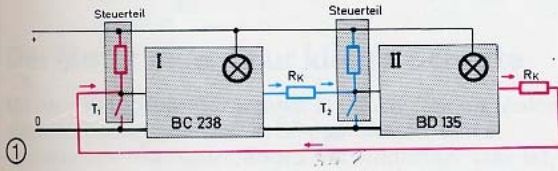
■ Zunächst baust Du die beiden gleichartigen Stufe mit je 10 k Ω als Steuerwiderstand nach Bild 4 auf. Kopple Stufe II mit dem »blauen« 100- Ω -Widerstand an Stufe I an; den »roten« Koppelwiderstand von 100 Ω schließt Du noch nicht an.

Von jetzt ab werden die Anschlußbezeichnungen eines Transistors übersichtshalber weggelassen.



Diese Leitung zunächst weglassen

- Für die orange gezeichneten Verbindungen an den Eingängen A_1 und A_2 verwendest Du kurze, beiderseits mit Kontakthülsen versehene Kabelstücke; wir nennen sie »Kabeltaster«. Verbinde den Eingang A_1 mit Hilfe eines Kabeltasters mit der (0)Schiene: Das Lämpchen La_1 wird verlöschen – La_2 dagegen aufleuchten. Die Stufe I beeinflusst also die Stufe II. Die Schaltung reagiert, genau wie die 2-stufige »Trockengeh-Anzeige« (Schaltung (3) von Seite 30), mit »Signalumkehr« in der Stufe II. Beim Abheben des Kabeltasters wird der alte Signalzustand wiederhergestellt.
- Verbindest Du dagegen A_2 mit (0), dann ändert sich nichts – weniger als Nichtleuchten kann La_2 ja nicht! Die I. Stufe wird also durch die II. Stufe nicht beeinflusst!
- Und nun kommt der Trick: Wir koppeln zusätzlich an den Ausgang der Stufe II den Eingang der Stufe I an! Setze dazu den roten 100- Ω -Widerstand ein und stelle die rot gezeichneten Verbindungen mit entsprechenden Kabeln her. Der Techniker nennt das eine »Rückkopplung«. Bild 1 zeigt das Prinzip.
- Lege jetzt abwechselnd nacheinander die Eingänge der beiden Transistorstufen durch kurzes oder längeres oder wiederholtes Antippen mit den Kabeltastern an die (0)Schiene!



Durch den Trick der gegenseitigen Kopplung der beiden Transistorstufen ist eine Schaltung mit völlig neuen Eigenschaften entstanden, wie Du sicher mit Erstaunen festgestellt hast.

Ein ganz kurzer Stups mit dem richtigen Kabeltaster löst eine – und das ist neu für uns! – **bleibende** Umkehr der Lichtsignale aus. Nur durch einen Rückstups mit dem Kabeltaster der anderen, gerade leuchtenden Stufe ist dies wieder rückgängig zu machen.

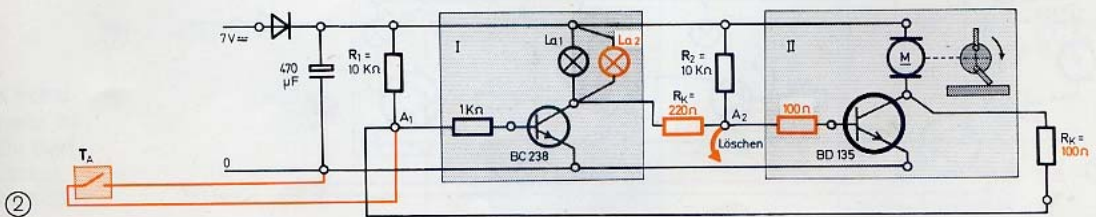
Stupsen heißt auf englisch »to flip«, und zurückstupsen heißt »to flop«. So ist diese technisch enorm wichtig gewordene elektronische Schaltung zu dem lustigen Namen »Flip-Flop« gekommen. Der Fachmann spricht von einer **Kipp-schaltung**, weil das Flip-Flop durch entsprechende Ansteuerung von einem Signalzustand in den anderen kippt.

In der Technik wird ein solches Flip-Flop z. B. dann eingesetzt, wenn ein Gerät oder eine Maschine von verschiedenen Stellen aus ein- bzw. ausgeschaltet werden soll. Ein interessantes Beispiel für eine derartige Anwendung ist die nun folgende Schaltung.

Ein Alarmsignal wird gespeichert

So nennt das der Techniker, wenn z. B. ein Dieb das ausgelöste Alarmsignal nicht selber löschen kann. Eine so funktionierende Alarmschaltung kannst Du mit dem Flip-Flop bauen.

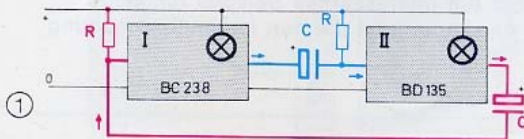
- Damit die Schaltung (2) mit der Motor-Klapper einwandfrei arbeitet, muß sie mit der geglätteten Gleichausgang-Spannung versorgt werden. Die orange gezeichneten Widerstände haben einen anderen Wert als vorher! Setze La_2 (im Bild orange) parallel zu La_1 in die I. Stufe ein.
- Als Alarmtaster T_A verwendest Du am besten einen fischertechnik-Taster oder baust ihn selber aus Achsen und Draht zusammen. Wird T_A nun z. B. durch das Öffnen einer »verbotenen« Tür betätigt, dann schlägt die Motor-Klapper in Deinem Zimmer sofort Alarm – und zwar auch dann noch, wenn der flüchtende Dieb die Tür wieder zugeschlossen hat!
- Nur Du kannst das Flip-Flop auf die eben erprobte Weise erneut zum Kippen bringen und dadurch das gespeicherte Alarmsignal löschen.



Was ist ein Kippgenerator?

»Generator« bedeutet soviel wie Erzeuger. Was nun ein Kippgenerator erzeugt, das wirst Du gleich sehen. Der Unterschied zum Flip-Flop ist nur klein – aber oho!

- Bild 1 zeigt das Prinzip des Kippgenerators. Er gleicht in seinem Aufbau dem des gerade erprobten Lämpchen-Flip-Flop, nur sind hier an die Stelle der Koppelwiderstände von $100\ \Omega$ die Kondensatoren C_1 und C_2 getreten.



- Bild 2 zeigt den Schaltplan des Kippgenerators. Setze für C_1 und C_2 je einen $220\text{-}\mu\text{F}$ -Elko ein. R_1 und R_2 sind wieder $10\text{-k}\Omega$ -Widerstände. **Achtung:** Die (+)Anschlüsse der Elkos müssen unbedingt zum Kollektor des jeweiligen Transistors hinzeigen!

- Prüfe, ob Du alles richtig gemacht hast. Schließe dann die Schaltung an den Gleichausgang des Netzgerätes an. Drehe es nicht ganz auf – die Lämpchen werden dankbar sein.

Und nun weißt Du, was ein Kippgenerator ist!

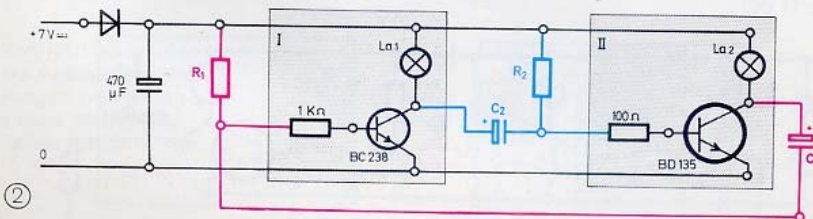
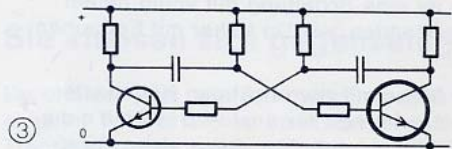
Das unentwegte automatische Hin und Her wird natürlich durch die beiden Koppelkondensatoren bewirkt, denn nur durch sie unterscheidet sich ja der Kipp-Generator vom Flip-Flop! Die elektronischen Vorgänge, die sich dabei abspielen, sind ziemlich kompliziert und nicht leicht zu verstehen; wir wollen deshalb auf eine Erklärung verzichten.

Auf den folgenden Seiten findest Du interessante Anwendungen für Deinen Kippgenerator: Jede Menge »Blinker«, Motorsteuerungen für Modelle und lustige akustische Effekte. Du kannst nach Herzenslust spielen und probieren! Viel Spaß!

In Lehrbüchern findest Du häufig die in Bild 3 gezeigte Darstellung eines Kippgenerators. Du siehst daraus, daß beide Hälften im Prinzip spiegelbildlich zueinander aufgebaut sind.

Beim **Flip-Flop** sind die beiden möglichen Signalzustände stabil, sagt der Fachmann, weil sie sich nicht von selbst ändern – und er nennt das Flip-Flop deswegen eine »**bistabile**« **Kippschaltung** (»bi« bedeutet: zweifach).

Der **Generator** dagegen kippt ganz von selbst ständig zwischen den beiden Zuständen hin und her; deswegen auch die Bezeichnung »**astabile**« **Kippschaltung** (»astabil« bedeutet: nicht stabil).



Blinker für jeden Zweck

Leuchtbojen, Warn- und Signallampen, Richtungsanzeiger bei Autos – das sind nur einige Beispiele für die Anwendung von »einäugigen« Blinkern in der täglichen Praxis.

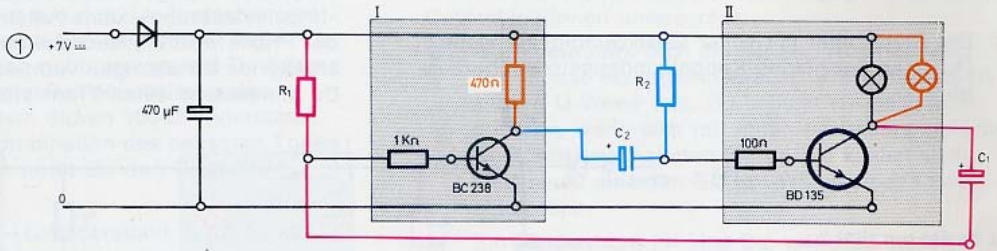
■ Im neuen Kippgenerator ist in der I. Stufe statt eines Lämpchens ein 470-Ω-Widerstand verwendet. Mit dieser Schaltung kannst Du die verschiedensten Blinkerarten durch Einsetzen unterschiedlicher Ω- und μF-Werte für R₁, R₂ bzw. C₁, C₂ verwirklichen.

■ Probiere die in der Tabelle angegebenen Werte aus. Unterstreiche Dir interessant erscheinende Angaben und trage unter »Bemerkungen« ein, zu welchem Zweck Du den Blinker verwenden würdest; z. B. »Richtungsanzeige« oder »Alarm« usw.

■ Du kannst natürlich auch andere Kombinationen ausprobieren. Achte dabei jedoch darauf, daß das Lämpchen bei jedem Versuch schlagartig voll aus- und angeht! Sollte es nicht voll leuchten oder langsam abklingen, dann brich den Versuch ab – die Transistoren könnten zu warm werden und Schaden erleiden!

R ₁ (kΩ)	C ₁ (μF)	R ₂ (kΩ)	C ₂ (μF)	Bemerkungen
10	220-47-10	10-22-47	220	
22	10	100	220	
100	220	10	220-47-10	
22	10	47	47	

Trenne die Schaltung jedesmal von der Quelle ab, bevor Du die Bauelemente auswechselst. Nur dann schwingt die Schaltung sicher an!



Der Motor macht nur kleine Schritte

Mit dem Kippgenerator kannst Du auch Deinen Motor steuern. Damit läßt sich z. B. das Modell eines »getakteten« Transportbandes verwirklichen. Das ist ein stehendes Band, das in bestimmten Zeitabständen (= Takt) ein Stück vorwärts bewegt wird.

■ Ersetze die Lämpchen der Blinker-Schaltung durch Deinen Motor. Damit die Steuerung funktioniert, muß Du Deine zweite Diode in Reihe zum Motor und parallel dazu 1 kΩ setzen. Der Wert des Steuerwiderstandes R₁ = 10 kΩ darf auf keinen Fall größer gemacht werden! Auch dadurch würde der BD 135 gefährdet!

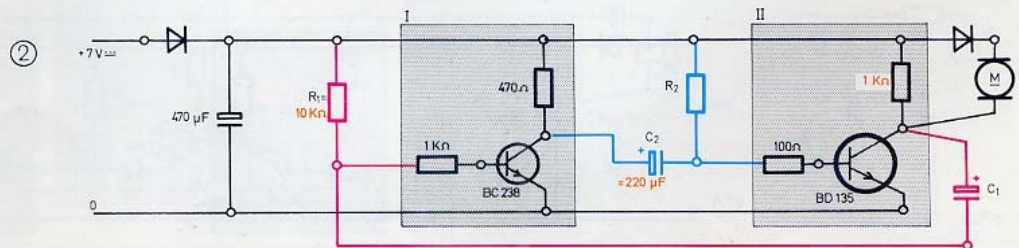
■ Mit den in der Tabelle aufgeführten Ω-Werten kannst Du die Taktzeiten (= Motor steht + Motor läuft) zwischen etwa 1 und 30 Sekunden ändern.

■ Probiere die Widerstandswerte aus und trage Dir interessant erscheinende Zeiten in die Tabelle ein.

Die Schrittzeit (= Motor läuft) läßt sich mit den angegebenen Werten für C₁ nur unwesentlich zwischen etwa 1 und 1/2 Sekunde ändern. Versuche bitte nicht, lange Schrittzeiten und kurze Pausen zu erreichen; der BD 135 könnte es übernehmen.

R ₂ (kΩ)	C ₁ (μF)	Motor steht (sek)	R ₁ = 10 kΩ und C ₂ = 220 μF bleiben unverändert
10 ... 220	220		
	47		
	10		

Vergiß nicht, die Schaltung von der Quelle zu trennen, bevor Du Bauelemente austauschst, damit sie hernach sicher anschwingt.

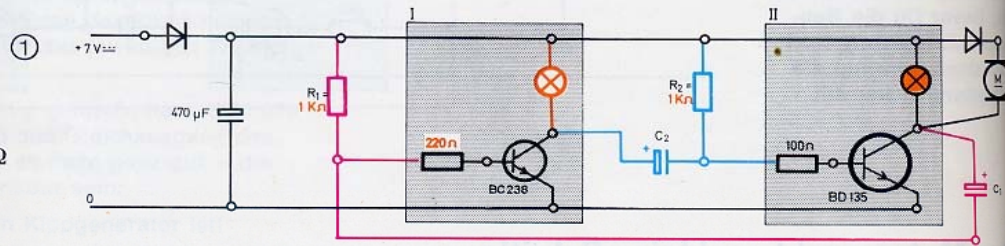


Langsamlauf – elektronisch

In der modernen Technik werden zur Steuerung von Motoren kaum noch Vorwiderstände – wie bei Deiner Zweigang-Schaltung – verwendet. Der folgende Versuch zeigt eine andere, sehr interessante Möglichkeit, um einen langsameren Gang Deines Motors zu erzielen. Dafür mußt Du die auf Seite 37 erprobte Schrittschaltung für den Motor geringfügig ändern.

- Die zu ändernden Bauelemente sind in der neuen Schaltung orange gezeichnet. Wähle zum Kennenlernen des Prinzips zunächst C_1 und $C_2 = 220 \mu\text{F}$. Der Motor muß – ebenso wie das Lämpchen – zwischendurch immer wieder ganz kurze Zeit stromlos sein. Wegen seiner Trägheit wirkt sich das auf die Geschwindigkeit nicht besonders aus.
- Der Motor läuft mit voller Geschwindigkeit, wenn Du einen der beiden Koppelkondensatoren, herausnimmst.

Du darfst parallel zu $220 \mu\text{F}$ nochmals $220 \mu\text{F}$ und in Reihe zu $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ noch 470Ω setzen. Auf keinen Fall mehr!



- Wähle nun für C_1 oder C_2 statt $220 \mu\text{F}$ den kleineren $47 \mu\text{F}$ - und dann den noch kleineren $10 \mu\text{F}$ -Kondensator. Jetzt wird der Lauf des Motors schon gleichmäßiger. Aber die Zeit, die der Motor und das Lämpchen vom Strom durchflossen werden, ist so, daß sich nur eine geringfügige Verkleinerung der Drehzahl des Motors ergibt.
- Langsamer läuft der Motor erst, wenn Du $C_1 = 10 \mu\text{F}$ und $C_2 = 47$ und dann $220 \mu\text{F}$ machst.

Das Prinzip dieser Steuerung ist deutlich zu erkennen: Im Gegensatz zum Betrieb mit einem Vorwiderstand, bei dem der Motor zwar ständig, aber nur wenig Strom »erhält«, wird er hier durch schnell aufeinander folgende und kräftige (!) Stromstöße – der Fachmann nennt sie »Impulse« – angetrieben. Deswegen gibt's bei dieser »Impulssteuerung« keine Anlaufschwierigkeiten! In der Praxis wird die Ruckelei natürlich durch schneller arbeitende Schaltungen vermieden. Doch dazu brauchst Du mindestens einen Transistor mehr.

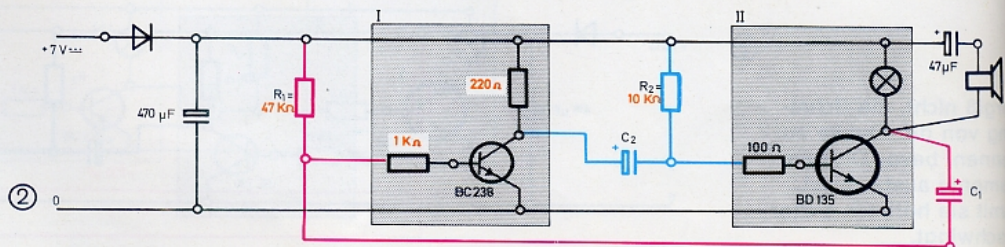
Elektronisch erzeugte Geräusche

Mit Hilfe Deines Lautsprechers anstelle des Motors kannst Du mit dem Kippgenerator sehr unterschiedliche Geräusche erzeugen. Zu diesem Zweck mußt Du den bisherigen Aufbau etwas ändern.

- Das Bild 2 zeigt Dir, daß anstelle des Motors samt Diode die Reihenschaltung eines $47 \mu\text{F}$ -Kondensators und Deines Lautsprechers tritt. Sie macht das Kippen der Schaltung hörbar. Als Steuerwiderstände R_1 und R_2 nimmst Du einen $47 \text{ k}\Omega$ - bzw. $10 \text{ k}\Omega$ -Widerstand. Beginne mit C_1 und $C_2 = 220 \mu\text{F}$. Nach dem Einschalten des Netzgerätes wird der Lautsprecher mit ziemlich langen Pausen Klick und Klack sagen und dazu ein wenig brummen.

- Verkleinere nacheinander C_1 oder C_2 auf $10 \mu\text{F}$. Jetzt knattert der Lautsprecher schon ganz schön. Wenn die Kipperschaltung nach einer Änderung nicht anspricht, so schaltest Du das Netzgerät neu ein. Noch schneller geht's, wenn Du für R_1 statt $47 \text{ k}\Omega$ nun $22 \text{ k}\Omega$ - und dann sogar $10 \text{ k}\Omega$ -Widerstände einsetzt.
- Soll das Lämpchen nicht mitleuchten, dann ersetze Du es durch den dicken 100Ω -Widerstand.

Du hast sicher erkannt, daß das Geknatter um so schneller ist, je kleiner die Kondensatoren und die Widerstände R_1 und R_2 sind. Nun sollen noch kleinere Kondensatoren Verwendung finden.



Flöten-, Tröten- und andere Töne

entstehen, wenn Du die im Titelbild gezeigten Mini-C aus Deinem Experimentierkasten statt der Mikrofonen einsetzt. Die gleichartigen Striche im Schaltzeichen bedeuten, daß Du auf die Polung nicht zu achten brauchst. Ihre Größe ist 100 bzw. 47 nF (sprich: Nano-Farad). 100 nF ist soviel wie $1/10 \mu\text{F}$. Im Vergleich zu den bisher verwendeten »Stromtanks« haben sie also ein Fassungsvermögen wie ein Fingerhut. Aber nur mit ihrer Hilfe wird aus dem Geräuscherzeuger ein Tongenerator.

Überzeuge Dich, daß die Schaltung nach Bild 1 tatsächlich einen, wenn auch schrillen Ton von sich gibt. Das Lämpchen muß mäßig hell leuchten. Wenn Du genau hinhörst, merkst Du, daß 2 Töne entstehen.

Wenn Dir der Ton der aus dem Lautsprecher und dem $47\text{-}\mu\text{F}$ -Kondensator bestehenden »Tröte« zu sehr auf die Nerven geht, verwendest Du besser die im Bild 2 gezeigte Reihenschaltung des Lautsprechers mit dem dicken $100\text{-}\Omega$ -Widerstand. Wir nennen diese Kombination des besseren Tones wegen »Flöte«. Jetzt hörst Du den Doppelton deutlicher.

Ersetze bitte den $47\text{-k}\Omega$ -Widerstand durch $22\text{ k}\Omega$. Ist der Toneindruck jetzt höher oder tiefer? Was wird bei dieser Schaltung eine Verkleinerung von R_1 auf $10\text{ k}\Omega$ bringen?

Ändere R_2 in $22\text{ k}\Omega$.

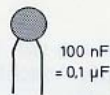
Einen wesentlich höheren Ton erzeugst Du mit je 47 nF für C_1 und C_2 . Probiere auch aus: $C_1 = 100\text{ nF}$ und $C_2 = 47\text{ nF}$ und umgekehrt.

Schaltest Du den Tongenerator durch Schließen oder Unterbrechen einer der Zuleitungen vom Netzgerät her ein und aus, so ist jedesmal ein »Schwänzchen« zu hören. Diesen lustigen Effekt verursacht der $470\text{-}\mu\text{F}$ -Elko, der nach dem Abschalten noch den zuvor aufgenommenen »Strominhalt« durch die Schaltung ausfließen läßt.

Eine exakte Tonunterbrechung, wie sie z. B. zum Morsen nötig ist, wird durch Unterbrechen einer der Leitungen zu den Kondensatoren erreicht.

Wie Du gehört hast, erzeugt der Generator mit kleineren Kapazitätswerten höhere Töne (bzw. umgekehrt).

Keramik - Scheibenkondensatoren



100 nF
= 0,1 μF



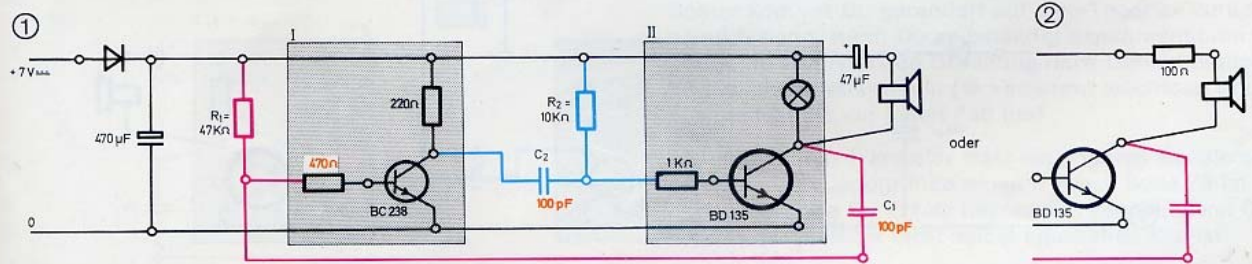
47 nF
= 0,047 μF



Höhere Töne entstehen auch, wenn Du für R_1 kleinere Widerstandswerte nimmst. Das kannst Du ganz deutlich hören, wenn Du die in der Tabelle angegebenen R- und C-Kombinationen untersuchst.

- Woran erinnern Dich die mit den Widerständen der Tabelle erzeugten Geräusche? Probiere auch andere Ω -Werte aus. Du solltest sie gesondert notieren, wenn sich mit ihnen besonders typische Geräusche nachahmen lassen. Du kannst auch statt eines einzigen Schicht-Widerstandes zwei einstecken.
- Ein Martinshorn erhältst Du, wenn Du diesen 2. Widerstand über einen Taster wahlweise parallel zum fest eingesetzten Widerstand dazuschaltest.

R_1 k Ω	C_1	R_2 k Ω	C_2	Ähnlicher Klang wie
10	47 nF	10	47 nF	
47		10		
100		10		
220		10		
1000		10		
100		220		
220	100 nF	1000	100 nF	
220		1000		100 nF
47		220		10 μF



Sicher hast Du gemerkt, daß bei Verwendung von hohen R-Werten der Ton sich ändert, wenn Du die Anschlüsse der Widerstände mit den Fingern berührst.

- Du kannst R_1 oder R_2 durch Deinen Körper ersetzen, wenn Du 2 blanke Drähte, deren Enden in die K-Steine eingesteckt sind, mit Deinen Händen berührst. Je nach Berührungsdruck und -größe ändert sich der Ton. Mit diesem Körperwiderstand als R_1 und $R_2 = 22$ bis $1000 \text{ k}\Omega$ kannst Du vom Vogelgezwitscher bis zur knarrenden Treppe herrliche Geräusche erzeugen. Was bewirkt das Anfeuchten der Finger?

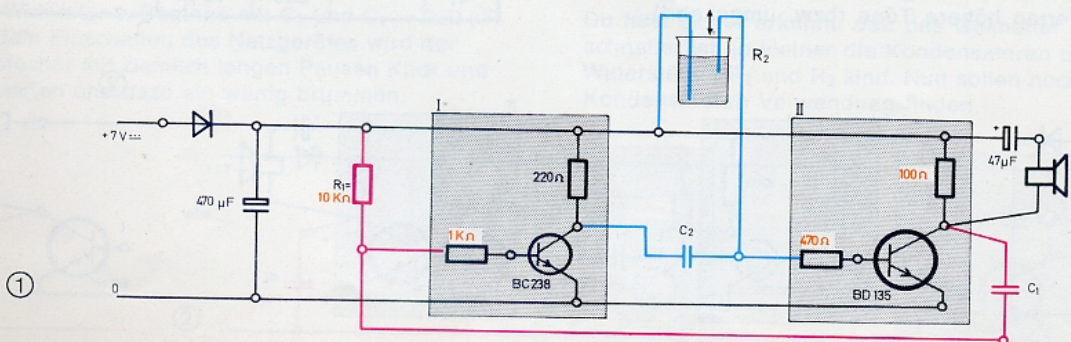
Immer neue Tricks!

Der Trick für die folgende »Musik-Schaltung« beruht darauf, daß als Steuerwiderstand R_2 des Generators die gute alte Wasserstrecke benutzt wird. Bild 1 zeigt den Aufbau. Durch unterschiedlich tiefes bzw. durch mehr oder weniger voneinander entferntes Eintauchen der blau gezeichneten Drahtelektroden gelingt es, den Ω -Wert von R_2 stufenlos (= kontinuierlich) zu verändern. Falls nur ein Schnarren zu hören ist – gib ein klein wenig Kochsalz ins Wasser.

- Damit dem BD 135 bei einer zufälligen Berührung der Elektroden nichts passiert, wählst Du als Basis-Schutzwiderstand $470 \text{ }\Omega$ statt $100 \text{ }\Omega$. Vor den BC 238 setzt Du einen $1\text{-k}\Omega$ -Widerstand. Und nun kann's losgehen.

- Verwende zunächst für R_1 einen $10\text{-k}\Omega$ -Widerstand und je 100 nF für C_1 und C_2 . Du wirst schnell dahinterkommen, wie man mit Hilfe der Elektroden richtige Melodien zustande bekommt (zittere etwas mit der Hand!). Beobachte nebenbei, wie Eintauchtiefe bzw. Entfernung der Elektroden voneinander und Tonhöhe zusammenhängen! (Die bei dem Versuch auftretende Wasserverunreinigung soll uns nicht weiter stören.)
- Willst Du zwischen 2 Tönen kurze Pausen einlegen, so unterbrichst Du einfach die im Schaltbild gezeichnete Verbindung zwischen C_1 und Eingang der Stufe I. Am besten eignet sich dazu ein richtiger fischertechnik-Taster oder -Minitaster.
- Probiere größere Ω -Werte für R_1 ; ändere auch die μF -Werte der Kondensatoren.
- Setze spaßeshalber ein Lämpchen an die Stelle des $100\text{-}\Omega$ -Widerstandes in der »Flöte«.
- Nimm statt Wasser auch andere Flüssigkeiten her – z. B. Milch, Sprudel usw.
- Ersetze auch den R_1 durch eine Wasserstrecke.
- Benutze Deine beiden Hände als Steuerwiderstand! Wenn Du einen Apfel mit den Drähten anpiekst, dann wird der Generator Schmerzensschreie von sich geben.
- Trage mit einem ganz weichen Bleistift einen möglichst dicken »Grafitstreifen« auf einen glatten Karton auf; mit den Drahtelektroden kannst Du eine Melodie darauf »abgreifen«.

Das waren nur einige Anregungen für die Verwendung des Tongenerators als Musikinstrument oder zur Nachahmung von Geräuschen, Tierstimmen oder Baby-schreien. Sicher wirst Du noch viele andere Möglichkeiten der Klangerzeugung entdecken! Auf der blau markierten Seite 75 wirst Du aber noch erfahren, wie Du aus dem Kippgenerator ein hochempfindliches, auf Licht ansprechendes Alarmgerät machen kannst.



Die »gelben Seiten«

Du hast nun den ersten Streifzug des Elektronik-Praktikums in das Gebiet der Elektronik beendet. Hat's Dir Spaß gemacht? »Die Schaltungen schon!« wirst Du vielleicht antworten; »... aber der theoretische Kram mit Spannungen und Reihen- bzw. Parallelschaltungen und so ...«

Macht nichts, wenn Du nicht alles auf Anhieb mitbekommen hast! Sicher ist das eine oder andere hängen geblieben; und das reicht schon, um Dir das Verständnis der nun folgenden Schaltungen und Modellsteuerungen zu erleichtern. Wetten, daß Du dabei ganz gern wieder zurückblättern wirst, um hier und da etwas genauer nachzulesen?

Auch die nun folgenden, etwas gedrängten theoretischen Ausführungen solltest Du nicht überspringen; wenn's Dir aber gar zu trocken wird, dann machst Du einfach mit den neuen, sehr interessanten Schaltungen weiter. Später kommst Du garantiert auf die »Theorie« zurück – nämlich dann, wenn Du selbständig experimentieren oder eine vorgegebene Schaltung nach Deinen eigenen Vorstellungen abwandeln (= variieren) möchtest. Und das solltest Du auf jeden Fall tun!

Wenn dabei ein Transistor oder ein anderes Bauelement in die ewigen Jagdgründe eingeht – auf Seite 79 ist angegeben, wie Du Ersatz bekommen kannst, wenn Du Dir das Bauelement nicht selbst beschaffen kannst.

Und nun viel Erfolg beim Studium der »gelben Seiten«!

Spannung – Widerstand – Stromstärke

Nach Beendigung der 1. Exkursion in das Gebiet der Elektronik weißt Du nun schon eine ganze Menge. Begonnen hattest Du am Ursprung alles »elektrischen Geschehens« – bei der Spannungsquelle. Erinnern wir uns schnell noch einmal an die Ergebnisse Deiner damit zusammenhängenden Versuche:

- Deine 3 Quellen – Batteriestab, Gleich- und Wechsel-Ausgang des Netzgerätes – liefern »reine« bzw. »pulsierende« Gleichspannung und Wechselspannung.
- Das Maß für die Höhe einer Spannung ist das Volt (V) – so, wie das Meter (m) ein Maß z. B. für die Höhe eines Gebäudes ist.
- Die Quellenspannung treibt den elektrischen Strom durch den angeschlossenen »Stromkreis« – vorausgesetzt, daß dieser nirgendwo absichtlich oder unabsichtlich unterbrochen bzw. geöffnet ist.
- Je höher die Quellenspannung ist, mit der eine Schaltung versorgt wird, um so größer ist die Stärke des durch den Stromkreis fließenden Stroms.
- Schichtwiderstände setzen dem Stromfluß einen bestimmten Widerstand entgegen. Der Wert dieses Widerstandes wird in Ohm (Ω) angegeben. V und Ω sind »Maßeinheiten«; Volt- und Ohmzahl sind »Maßangaben«. Die Ω -Zahl (= Widerstandswert) eines Schichtwiderstandes kann man an den Farbringen auf seinem Körper »ablesen«; die Bedeutung der Farbringe kannst Du der Tabelle auf der Rückseite dieses Buches entnehmen.
- Wird z. B. ein Lämpchen in Reihe mit einem Vorwiderstand an eine bestimmte Quelle angeschlossen, dann fließt um so weniger Strom, je größer der Wert des Vorwiderstandes ist.

Aus all dem geht hervor, daß die Stromstärke in einem Stromkreis sowohl von der angelegten Spannung als auch von den Widerständen abhängt. Bevor wir auf diesen wichtigen Zusammenhang näher eingehen, muß noch etwas nachgeholt werden, was Du sicher schon vermißt hast, nämlich **das Maß für die Stromstärke**.

Die Maßeinheit für die Stärke eines Stroms ist das »Ampere« (A); sprich: Ampär. Diese Bezeichnung ist nämlich eine Ehrung des französischen Physikers Ampère, so wie die Maßeinheit Volt und Ohm zu Ehren des Italieners Volta und des Deutschen Simon Ohm gewählt wurden. Vielleicht wird – wenn Du ein großer Forscher geworden bist – einmal eine Maßeinheit nach Dir benannt.

Der Elektroniker rechnet lieber mit der kleineren Maßeinheit »Milliampere« (mA); der Buchstabe m (= milli) steht für Tausendstel. Demnach ist 1 A = 1000 mA. In unseren Schaltungen kommen Stromstärken von 1 Ampere (A) oder mehr nicht vor. Im Gegenteil: Die entscheidende Rolle spielen oftmals Ströme, deren Wert noch unter 1 Tausendstel Ampere (= 1 mA) liegt! Das wirst Du sehr bald selber feststellen können.

Die hilfreiche Formel des Simon Ohm

Die Ω -Werte Deiner Schichtwiderstände kannst Du an den Farbringen auf ihrem Körper ablesen; die Höhe der jeweiligen Quellenspannung ist auch bekannt (davon wird gleich noch die Rede sein). Die Stromstärke dagegen ist nirgends angeschrieben – wir hatten sie bisher nach der Helligkeit eines Lämpchens abgeschätzt. Was aber, wenn es gilt, die Stärke des Stroms durch einen Schichtwiderstand, eine Diode oder einen Transistor zu ermitteln?

Sicher weißt Du, daß man die Stromstärke direkt messen kann. Wenn Du aber noch kein Meßgerät besitzt, dann kannst Du Dir mit der berühmten Formel helfen, die der Professor Simon Ohm vor 100 Jahren gefunden hat. Mit ihrer Hilfe läßt sich nämlich ganz leicht die Stromstärke durch einen Stromkreis ausrechnen, wenn die Höhe der Versorgungsspannung und die Widerstandswerte der im Stromkreis liegenden Bauelemente bekannt sind.

Die Formel lautet:

$$\text{Stromstärke (in A)} = \text{Spannung (in V)} : \text{Widerstand (in } \Omega \text{)}$$

In Worten heißt das: Du erhältst die Stromstärke, wenn Du den Wert der Spannung durch den Widerstandswert teilst (= dividierst).

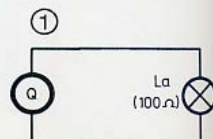
Wenden wir die Ohmsche Formel bzw. das »Ohmsche Gesetz«, wie man auch sagt, gleich einmal auf den einfachen Stromkreis mit Quelle und Lämpchen im Bild 1 an. Einfachheit halber gehen wir davon aus, daß das Lämpchen dem Strom einen Widerstand von 100 Ω entgegengesetzt (in Wirklichkeit ist der Ω -Wert etwas größer). Die Stromstärke, die das Lämpchen zum Leuchten bringt, wenn Du es an den Batteriestab oder das Netzgerät anschließt, errechnet sich dann wie folgt:

$$\begin{array}{l} \text{Spannung : Widerstand} = \text{Stromstärke} \\ 4,5 \text{ V} : 100 \Omega = 0,045 \text{ A} \quad (\text{Batteriestab}) \\ 7,0 \text{ V} : 100 \Omega = 0,070 \text{ A} \quad (\text{Netzgerät}) \end{array}$$

Um die lästigen Nullen wegzuschaffen, multiplizierst Du die Maßzahlen der Stromstärke mit 1000; dann erhältst Du 45 mA bzw. 70 mA, weil ja 1 A = 1000 mA ist.

In der Praxis enthält ein Stromkreis natürlich mehr Bauelemente als nur 1 Lämpchen. Wie Du bei der Berechnung der Stromstärke vorgehen muß, wenn eine Reihen- oder Parallelschaltung von Bauelementen an die Quelle angeschlossen ist, erfährst Du auf der nächsten Seite.

Q = Batteriestab (4,5 V=) oder Gleich-Ausgang (7 V \approx) oder Wechsel-Ausgang (7 V \sim) des Netzgerätes



Die Stromstärke bei Reihen- und Parallelschaltung

Der Strom durch eine Reihenschaltung

Wenn Du einen Widerstand und ein Lämpchen nach Bild 1 in Reihe an die Quelle anschließt, dann entsteht ein Stromkreis mit dem rot gezeichneten Stromweg. Verständlich, daß die Reihenschaltung dem Strom einen größeren Widerstand entgegensetzt als z. B. das Lämpchen allein! Den gesamten Widerstandswert erhältst Du ganz einfach durch Addition der beiden Ω -Werte: $220 \Omega (R) + 100 \Omega (L_a) = 320 \Omega (R \text{ gesamt})$. Und nun kannst Du mit Hilfe der Ohmschen Formel ausrechnen, wie groß die Stromstärke in diesem Stromkreis ist:

$$4,5 \text{ V} : 320 \Omega = 0,014 \text{ A} = 14 \text{ mA}$$

Wichtig ist, daß die Stärke des Stroms durch den Widerstand und durch das Lämpchen denselben Wert (im Beispiel 14 mA) hat. Es gilt ganz allgemein: **In einer Reihenschaltung hat der Strom an jeder Stelle des Stromkreises dieselbe Stärke. Das solltest Du Dir gut einprägen!**

Der Strom durch eine Parallelschaltung

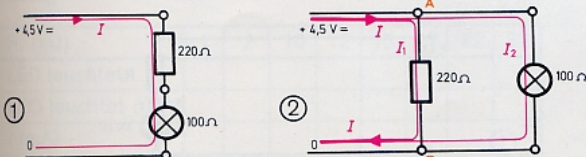
Wenn Du dagegen dieselben Bauelemente parallel an die Quelle anschließt (Bild 2), dann entsteht ein »verzweigter« Stromkreis mit den rot gezeichneten Stromwegen. Einfachheitshalber benutzt der Techniker in Schaltplänen und Formeln den »schrägen« Buchstaben I als Kurzzeichen (= Formelzeichen) für »Strom«. Auf seinem Weg vom (+) Pol zum (-) Pol teilt sich der Strom I am »Verzweigungspunkt« A: Der Teilstrom I_1 (sprich: i eins) fließt durch den Schichtwiderstand und der Teilstrom I_2 durch das Lämpchen. Am »Sammel­punkt« B vereinigen sich beide Teilströme wieder zum Gesamtstrom I . Es ist also mathematisch ausgedrückt: $I = I_1 + I_2$.

Da Widerstand und Lämpchen dieselbe Spannung erhalten, kannst Du die Stärke der Teilströme und damit die Gesamtstromstärke leicht ausrechnen (fülle die Lücken selber aus):

$$I_1 = 4,5 \text{ V} : 220 \Omega = \dots \text{ A} \quad I_2 = 4,5 \text{ V} : 100 \Omega = \dots \text{ A}$$

$$I = I_1 + I_2 = \dots \text{ A} = \dots \text{ mA} \quad (\text{Lösung S. 62})$$

Es fließt also insgesamt mehr Strom durch die Parallelschaltung als z. B. durch das Lämpchen allein. Das bedeutet, daß der Wert des »Gesamtwiderstandes« durch die Parallelschaltung kleiner geworden ist – und zwar kleiner als der Ω -Wert des kleinsten Einzelwiderstandes. Auch diesen wichtigen Sachverhalt solltest Du Dir gut merken.



Die Dicken und die Dünnen

Sicher hast Du Dich schon längst darüber gewundert, daß die Schichtwiderstände unter 100Ω so groß und dick und die mit größeren Ω -Werten kleiner und dünner sind; und vom $100\text{-}\Omega$ -Wert hast Du einen von jeder Sorte. Den Grund dafür kannst Du beim folgenden Versuch selbst »erfühlen«!

- Schließe nach Bild 3 den dicken $100\text{-}\Omega$ -Widerstand und den $47\text{-}\Omega$ -Widerstand in Parallelschaltung an den Gleich-Ausgang des voll aufgedrehten Netzgerätes an. Befühle beide Widerstände! Bei welchem hältst Du es länger aus?
- Ersetze den $47\text{-}\Omega$ - durch einen $22\text{-}\Omega$ -Widerstand. Vorsicht beim Anfühlen! Schalte spätestens nach 1 Minute aus! Wenn nämlich ein Schichtwiderstand anfängt zu duften, ist er meistens schon unbrauchbar geworden.

Je kleiner der Ω -Wert – um so heißer wird der Widerstand. Da, wie Du ja weißt, bei gleich hoher Spannung durch einen »kleineren« Widerstand ein stärkerer Strom fließt als durch einen mit größerem Ω -Wert, darfst Du aus dem Ergebnis schließen, daß die Stromstärke für die Erwärmung der Widerstände verantwortlich ist.

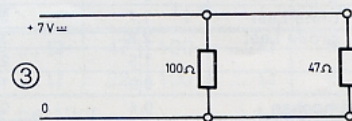
- Wiederhole den Versuch mit allen 3 Widerständen zugleich – aber mit nur halb aufgedrehtem Netzgerät. Mußt Du auch jetzt noch einen der Widerstände loslassen, weil er für Dein Gefühl zu heiß wird?

Die im Körper eines Widerstandes entstehende Wärme hängt also, wie Du gerade festgestellt hast, von der Höhe der angelegten Spannung ab.

Der Techniker spricht von einer »elektrischen Leistung«, die vom Widerstand aufgenommen wird. Du erhältst ihre Größe, wenn Du die Spannung (in V) mit der Stromstärke (in A) multiplizierst. Die Maßeinheit für die Leistung ist das »Watt« (W). Ein Beispiel: Der an einer Spannung von 7 V liegende $22\text{-}\Omega$ -Widerstand wird – nach Simon Ohm – durchflossen von $7 \text{ V} : 22 \Omega = 0,32 \text{ A}$. Dann errechnet sich die aufgenommene Wärmeleistung zu: $7 \text{ V} \cdot 0,32 \text{ A} = 2,2 \text{ Watt}$.

Die dicken Widerstände können aber auf die Dauer nur höchstens 1 Watt aufnehmen, ohne Schaden zu erleiden. Hättest Du also nicht rechtzeitig abgeschaltet, dann wäre der Versuch ziemlich »dufte« geworden!

Der dünne Widerstandstyp verträgt dagegen nur 0,25 Watt. Du kannst Dir selber ausrechnen, was passiert wäre, wenn Du bei dem Versuch den dünnen $100\text{-}\Omega$ -Widerstand benutzt hättest! Das ist wie bei Öfen: Ein Zimmerofen verträgt ein großes Feuer, die Tabakpfeife nur ein Feuerchen!



Jede Menge Widerstandswerte

Weil gerade von Leistung die Rede ist . . .

. . . sollen auf dieser Seite noch ein paar Angaben gemacht werden, die Dich auch als Modellbauer sicher interessieren. Die von einem Widerstand, einem Lämpchen oder auch einer ganzen Schaltung aufgenommene Leistung muß ja irgendwo herkommen. »Von Nichts kommt nichts« – das ist eine uralte Weisheit! Nun: Die jeweilige Quelle liefert diese Leistung. Beim Netzgerät ist das ELT-Werk so freundlich, denn das Netzgerät ist ja nur die notwendige Zwischenstation. Bei einer Batterie dagegen ist die zu liefernde Leistung sozusagen in den chemischen Elementen der Zellen »versteckt« – und das ist natürlich nicht allzu viel. Sie sind um so schneller erschöpft, je kleiner sie sind.

Wieviel Watt werden gebraucht?

In der Übersicht ist zusammengestellt, wieviel Watt fischertechnik-Motore und -Lämpchen ungefähr aufnehmen, wenn sie an den Gleich-Ausgang des voll aufgedrehten Netzgerätes angeschlossen werden – und zwar ohne und mit Glättungskondensator. Genaue Zahlenangaben sind nicht möglich, weil jedes Gerät bei der Herstellung etwas verschieden ausfällt. Wenn Du die Lämpchen an den Wechsel-Ausgang anschließt, kannst Du etwa die gleiche Leistungsaufnahme wie am Gleich-Ausgang (ohne Glättungskondensator) in die Rechnung einsetzen.

Das Netzgerät schaltet ab, wenn . . .

. . . es mehr Leistung liefern soll, als ihm möglich ist. Je nach Baujahr sind das 5 bzw. 7 VA (lies »Voltampär«, was praktisch für uns nichts anderes bedeutet als »Watt«). Anhand der Tabelle kannst Du leicht abschätzen, welche und wieviele Geräte Du gleichzeitig anschließen darfst, indem Du die einzelnen Wattzahlen addierst. Bei »Überlastung« tritt im Inneren des Netzgerätes eine Thermosicherung in Aktion, die es immer wieder kurzfristig abschaltet, so lange die Überlastung andauert; es kann nichts passieren.

Die Spannung des Gleich-Ausgangs

Über dem Gleich-Ausgang steht die Angabe »6,8 V«. Dieser Wert stellt sich ein, wenn das Netzgerät 5 bzw. 7 VA (siehe oben) Leistung liefern muß. Auf 7 V aufgerundet, dient dieser Wert in unseren Schaltplänen lediglich als »Quellenangabe«. Wenn nichts angeschlossen ist, beträgt die Spannung am Gleich-Ausgang in Wirklichkeit etwa 10 V. Für die Stromstärkeberechnung bei einer angeschlossenen Schaltung gehen wir künftig von 8 V – also einem mittleren Wert für eine (mittlere) Leistung – aus (ohne Glättungskondensator).

Gerät	Leistung in Watt	
	ohne C	mit C = 470 µF
ft-Motor	ohne Last	2
	große Last	2,2
minimot	ohne Last	3
	große Last	3,2
Linsenlampe	ohne Last	1,7
	große Last	2,1
Kugellampe	ohne Last	2,8
	große Last	3,2
Linsenlampe	1,5	2,7
Kugellampe	0,9	1,9
Experimentierlämpchen	0,4	0,9

Auch wenn Du ein Meßgerät besitzt, solltest Du die folgenden Versuche durchführen. Es kommt dabei nämlich nicht so sehr auf die Genauigkeit der Ergebnisse an – interessant sind vielmehr die vielen Möglichkeiten, durch Kombination vorhandener Widerstände neue Ω -Werte zu erzielen.

Welche Stromstärke zeigt das Lämpchen gerade noch an?

Um den eben untersuchten Wärmeproblemen aus dem Wege zu gehen, benutzen wir den Batteriestab als Quelle. Bei einigermaßen frischen Zellen kannst Du mit einer Spannung von 4,5 V rechnen.

Übrigens: Für die Spannung benutzt der Techniker als Formelzeichen ein »schräges« U und ein R für den Widerstandswert – entsprechend dem I für die Stromstärke. Das Ohmsche Gesetz lautet dann mit diesen Formelzeichen:

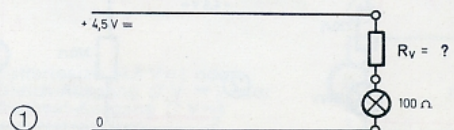
$$U \text{ (in Volt)} : R \text{ (in } \Omega) = I \text{ (in A)}$$

Einfachheitshalber wollen wir bei den folgenden Rechnungen die vorhandenen »krummen« Widerstandswerte auf- bzw. abrunden; z. B. 50 Ω statt 47 Ω ; 20 Ω statt 22 Ω usw. Mit der Versuchsschaltung (1) kannst Du nun durch Probieren ermitteln, welche Stromstärke ein Lämpchen gerade noch durch ganz schwaches Glimmen anzeigt. Der gefundene Wert kann für jedes Deiner Lämpchen verschieden sein.

- Setze für R_v nacheinander folgende Widerstandswerte ein: 100 Ω – 150 Ω – 160 Ω – 170 Ω – 180 Ω – 200 Ω – 250 Ω – 270 Ω – 320 Ω .
- Alle diese Werte kannst Du durch Reihenschaltung vorhandener Widerstände erzielen. Für einige Werte wirst Du mehrere Widerstände hintereinander schalten müssen. Der Aufbau ist für Dich sicher kein Problem!
- Probiere aus, ob alle 3 Lämpchen aus Deinem Experimentierkasten bei demselben Widerstandswert »passen«; das ist wegen der herstellungsbedingten Unterschiede nicht sicher.
- Die gesuchte Stromstärke I ergibt sich, wenn Du die Spannung $U = 4,5 \text{ V}$ teilst durch die Summe aus dem Lämpchenwiderstand von 100 Ω und dem gefundenen Wert von R_v . Mathematisch ausgedrückt heißt das so:

$$U : (R_v + 100 \Omega) = I$$

Du wirst für Deine Lämpchen eine »kritische« Stromstärke um etwa 15 mA herum gefunden haben. Das »Nicht-Leuchten« eines Lämpchens zeigt also keineswegs an, daß gar kein Strom fließt!



Eine elektrische Viergang-Schaltung

Für geringe Ströme ist die LED zuständig

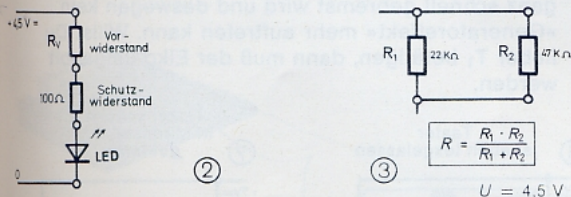
Eine Stromstärke von 15 mA ist für den Elektroniker schon »eine Menge Schnee«, wie es in Praktikerkreisen heißt. Transistorschaltungen z. B. werden mit wesentlich kleineren Stromstärken gesteuert, wie Du gleich selbst herausfinden wirst. Ein Lämpchen wäre da als »Stromanzeiger« (= Stromindikator) völlig ungeeignet!

Deine Leuchtdiode reagiert bedeutend empfindlicher. Du hast sie ja bisher schon mit einem Schutzwiderstand von 1 kΩ (= 1000 Ω!) betrieben. Bei einer Spannung von 4,5 V ergibt das (ohne Berücksichtigung des Eigenwiderstandes der LED) eine Stromstärke von $4,5\text{ V} : 1\text{ k}\Omega = 4,5\text{ mA}$. (Wenn Du V durch kΩ teilst, erhältst Du mA statt A!) Dabei leuchtet die LED ganz beachtlich! Nun soll ermittelt werden, wie gering die Stromstärke ist, die von der LED (bei Tageslicht) eben gerade noch angezeigt wird.

- Wir gehen bei der Untersuchung genau so vor wie beim Lämpchenversuch. Damit der LED bei einer Fehlschaltung nichts passieren kann, setzen wir den 100-Ω-Schutzwiderstand nach Bild 2 ein. Er kann bei der Rechnung – ebenso wie der Eigenwiderstand der Diode – vernachlässigt werden.
- Beginne mit $R_v = 1\text{ k}\Omega$. Die in der Tabelle angegebenen Werte von 2 kΩ, 12 kΩ und 32 kΩ erhältst Du durch einfache Reihenschaltung.
- Der Wert von 15 kΩ ergibt sich durch die Parallelschaltung von 22 kΩ mit 47 kΩ nach Bild 3.

Merke Dir folgende **Faustregel**: Der Wert eines Widerstandes wird halbiert, wenn Du einen gleich großen dazu parallel schaltest: z. B. $10\text{ k}\Omega \parallel 10\text{ k}\Omega = 5\text{ k}\Omega$ (|| ist das Kurzzeichen für »parallel«). Ein Widerstand wird um etwa 2/3 kleiner, wenn – wie in unserem Fall – ein etwa doppelt so großer Ω-Wert parallel dazu eingesetzt wird. (Für andere Kombinationen benutzt man die Formel im Bild 3.) Der Wert von 17 kΩ ergibt sich ... aber da kommst Du selbst drauf! Sonst schaust Du auf Seite 62 nach.

- Kreuze Deine Beobachtungen in der Tabelle an. Du wirst feststellen, daß bei einer Stromstärke von etwa 0,3 mA ($R_v = 15\text{ k}\Omega$) kein Lichtschimmer mehr zu erkennen ist.



R_v (kΩ)	1	2	10	12	15	17	22	32
LED leuchtet								
LED leuchtet nicht								
I (mA)								

Bei der Untersuchung einer elektrischen Zweigang-Schaltung im 1. Teil dieses Buches hattest Du schon den Trick kennengelernt, mit dem man einen Vorwiderstand wirksam oder unwirksam werden lassen kann (Stichwort: Überbrückung). Beim folgenden Versuch kannst Du 2 Schichtwiderstände einzeln oder hintereinandergeschaltet als Vorwiderstand verwenden. Dadurch entsteht eine Viergang-Schaltung.

- Der Schaltplan (4) zeigt, daß beide Widerstände einzeln oder gemeinsam durch Tasterbetätigung wirksam werden. Bild 5 zeigt einen Vorschlag für den Aufbau.
- Setze zunächst die Ω-Werte nach Tabelle 1 ein. Bevor Du die Gangschaltung ausprobierst, überlege bitte, bei welcher Tasterbetätigung der Motor sehr schnell – langsam – sehr langsam laufen wird. Trage Deine Meinung in die Tabelle ein und überprüfe sie dann durch einen Versuch.
- R_1 und R_2 können weiterhin durch die Parallelschaltung anderer Ω-Werte verändert werden. Mit den in der Tabelle 2 angeschriebenen Widerstandskombinationen kannst Du die Drehzahl für 3 Gänge des Motors noch feiner abstimmen, wenn Dir das für ein bestimmtes Modell lieber ist.
- Wenn Du Lust hast – rechne die Ω-Werte der Parallelschaltungen mit Hilfe der Formeln aus und trage sie in die Tabelle ein. Mache Dir noch einmal klar, wie sich der Ω-Wert durch Parallelschaltung ändert.

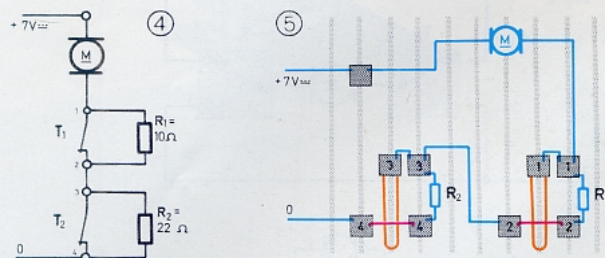


Tabelle 1 $R_v = R_1 + R_2$

	T ₁	T ₂	Motor läuft:	$R_v =$
1		–		0 Ω
2	–	▼		10 Ω
3		–		22 Ω
4	▼	▼		32 Ω

Tabelle 2 (Formel für parallele R nebenstehend)

T ₁ ▼	T ₂ ▼	T ₁ ▼ und T ₂ ▼
$10 \parallel 22 = \dots \Omega$	$47 \parallel 100 = \dots \Omega$	$R_v = \dots \Omega$
$10 \parallel 47 = \dots \Omega$	$22 \parallel 100 = \dots \Omega$	$R_v = \dots \Omega$

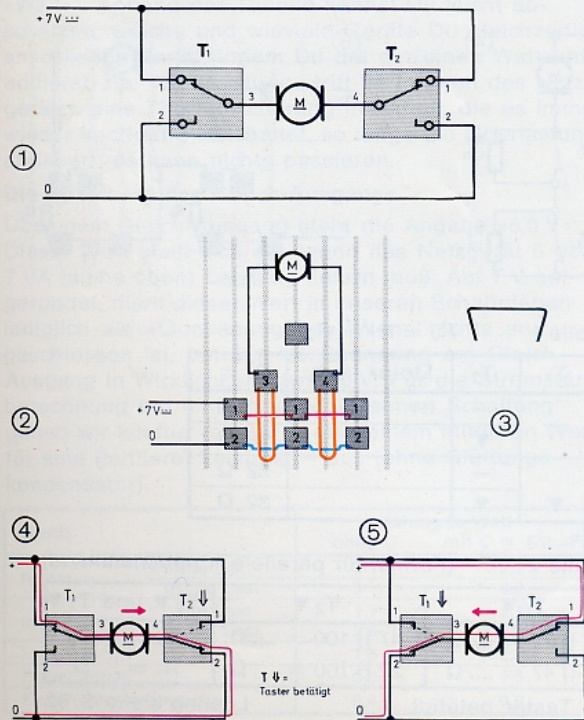
▼ = Taster betätigt

Lösung siehe S. 62

Polwendetaster

Mit Hilfe der Polwender am Batteriestab bzw. am Netzgerät kannst Du den Motor links oder rechts herum und damit ein Fahrzeug vorwärts oder rückwärts laufen lassen. Andere Modelle, wie z. B. einen Kran, steuerst Du besser mit je einem eigenen Taster für die Auf- und Abwärtsrichtung.

- Bild 1 zeigt, wie Du die Drehrichtung Deines Gleichstrommotors mit Hilfe von 2 Wechslern umkehren kannst. Einen Tip für den Aufbau zeigt Bild 2. Achte darauf, daß jede Taster-Kontaktzunge im Ruhezustand gegen das gerade Gegenstück drückt; sonst mußt Du sie etwas hochbiegen. Die geraden Gegenstücke sitzen besonders fest, wenn Du ihre Schenkel nach Bild 3 etwas nach innen biegst.
- Im Bild 1 sind beide Taster – wie üblich – im nicht betätigten Zustand gezeichnet. Beide Anschlüsse des Motors sind deshalb über die Kontaktzungen mit der (+)Schiene verbunden; da kann natürlich kein Strom fließen!
- Betätige nun den Taster T_2 . Dadurch wird der rechte Motoranschluß mit der (0)Schiene verbunden. Nun kann ein Strom auf dem in Bild 4 rot eingezeichneten Weg von links (+) nach rechts (-) durch den Motor fließen. In Bild 4 ist der Taster T_2 betätigt gezeichnet. Kennzeichen: gestrichelt gezeichnete Ruhelage der Kontaktzunge und Betätigungspfeil.

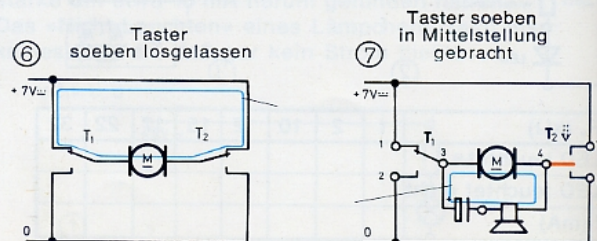


- Markiere am Motorgehäuse, welche Buchse mit T_1 bzw. mit T_2 verbunden ist; merke Dir die Drehrichtung für diesen Anschluß des Motors.
- Betätige nun T_1 anstelle von T_2 . Jetzt fließt der Strom in der umgekehrten Richtung (Bild 5) durch den Motor, nämlich von rechts (+) nach links (-). Die Folge davon ist die Umkehr der Drehrichtung der Motorwelle. Bei abwechselnder Betätigung wirken die Taster wie ein Polwender.
- Wie wird sich der Motor verhalten, wenn Du beide Taster gleichzeitig niederdrückst? Überlege bitte, bevor Du es ausprobierst!

Schnellbremsung des Motors

Vielleicht ist Dir beim Probieren der Schaltung aufgefallen, daß der Motor nach dem schnellen Loslassen der Tasterzunge schneller als gewöhnlich zum Stehen kommt! Das soll näher untersucht werden.

- Laß den Motor durch Betätigung von T_2 laufen. Hebe nun die Kontaktzunge so weit vom gekrüppften Gegenstück ab, daß sie das gerade Gegenstück noch nicht berührt. Der Motor wird gemächlich auslaufen!
- Wenn Du aber die Kontaktzunge ganz schnell die Gegenstücke wechseln läßt, dann bleibt der Motor ruckartig stehen. Der Grund für diese Schnellbremsung ist der »Kurzschluß«, welcher durch die im Bild 6 blau eingezeichnete Verbindung entsteht. Das kannst Du sogar »hören«.
- Schließe den Lautsprecher mit 47- μ F-Elko (Polung beachten!) nach Bild 7 an den Motor an. Der bei Betätigung von T_2 einsetzende Spektakel ist beträchtlich!
- Hebe die Kontaktzunge von T_2 wieder ab, ohne daß sie das gerade Gegenstück berührt. Du wirst im Lautsprecher einen abschwellenden Ton hören. Er wird vom langsam auslaufenden Motor erzeugt, der ähnlich wie der Dynamo an Deinem Fahrrad als »Generator« arbeitet und noch einen Strom durch den Lautsprecher schickt, bis er stillsteht.
- Läßt Du aber T_2 ganz schnell los, dann sagt der Lautsprecher lediglich »knack«. Das ist ein Zeichen dafür, daß der Motor durch den Kurzschluß ganz schnell gebremst wird und deswegen kein »Generatoreffekt« mehr auftreten kann. Willst Du lieber T_1 betätigen, dann muß der Elko umgepolt werden.



Wenn der Motor selber klettern muß

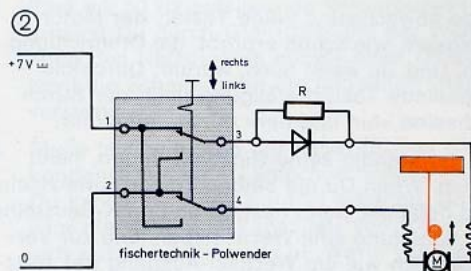
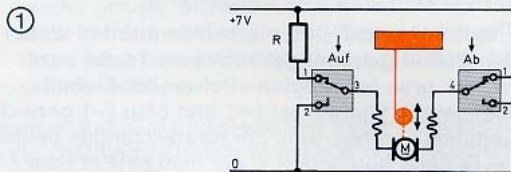
Bei Aufzügen, Kränen usw. zieht im allgemeinen ein fest eingebauter Motor den Fahrkorb oder die Last an einem Seil hoch. Es kann aber auch vorkommen, daß der Motor wie beim nebenstehenden Modell selber klettern und dabei noch eine schwere Last mittransportieren muß.

Beim Aufwärtsklettern muß der Motor also Schwerarbeit leisten. Das Netzgerät muß deswegen voll aufgedreht sein. Abwärts aber würde die Fahrt zu schnell für ein genaues Anhalten vor sich gehen – die Gewichte von Motor und Last ziehen ja zusätzlich nach unten, unterstützen also die Abwärtsfahrt.

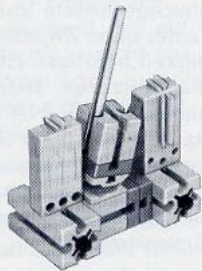
- Der Vorwiderstand R in der Schaltung (1) sorgt bei richtigem Anschluß des Motors für eine langsame Abwärtsfahrt, wie Dir nach den vorhergehenden Versuchen ohne weiteres klar sein wird. Der Vorwiderstand liegt nämlich in einer Leitung, durch die nur bei Abwärtsfahrt Strom fließt. Den Wert von R magst Du selbst bestimmen.

- Falls Du einen fischertechnik-Polwendeschalter (Bild 3) verwenden kannst, mußst Du anders vorgehen. Hier hilft die Diodenschaltung nach Bild 2. Wenn der Polwender so steht, wie im Bild dargestellt, dann liegt die Diode in Stromrichtung und Du mußt den Motor so anschließen, daß er aufwärts fährt. Schaltest Du den Polwendeschalter um, dann

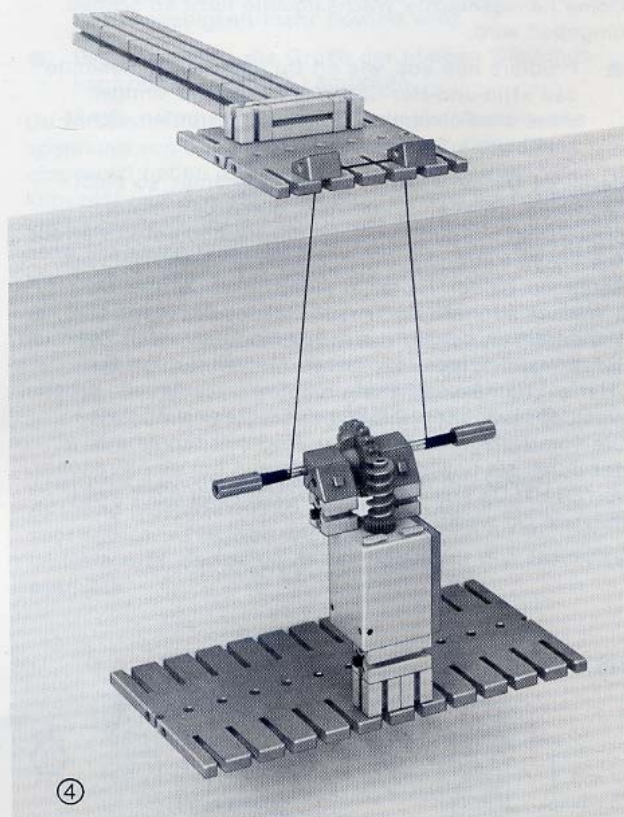
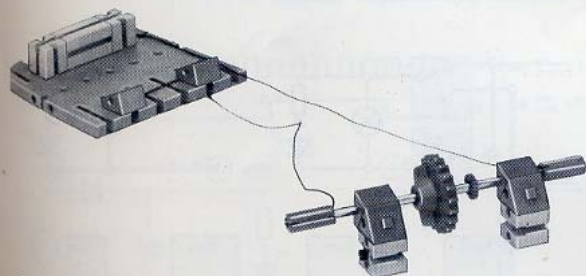
fließt der Strom in der Gegenrichtung durch den Motor. Da die Diode nun in Sperrichtung liegt, wird der Vorwiderstand wirksam, und der Motor fährt langsam abwärts.



⑥ 2 Minitaster (em 9) mit gemeinsamem Schalthebel als Auf- Aus- Ab-Taster



③ fischertechnik-Polwendeschalter (aus der Service-Box oder em 3)



Einmal »hin und her«

Mit Hilfe zweier Taster oder eines Polwendeschalters hattest Du bei den gerade durchgeführten Versuchen die Drehrichtung Deines Motors gesteuert. Für die nun folgenden Versuche wollen wir die 2 Taster im Schaltplan etwas anders darstellen. Ein Umbau auf der Experimentierplatte ist nicht nötig. Der Motor oder das, was an seiner Stelle später angeschlossen wird, bleibt an den K-Bausteinen 3 und 4 angesteckt.

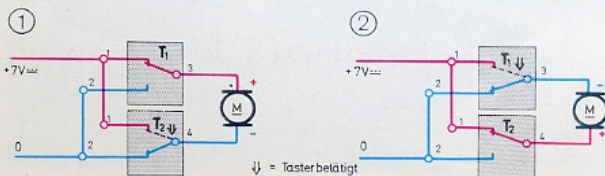
In den Bildern 1 und 2 sind die beiden auf den vorhergehenden Seiten getrennt gezeichneten Taster sozusagen zu der grau unterlegten »Polwender-Einheit« zusammengefaßt. Wie die rot (+) und blau (-) gezeichneten Leitungen zeigen, sind die Kontaktzungen beider Taster – je nach Betätigung – mit dem (-)Pol oder dem (+)Pol der Quelle verbunden. Das kennst Du ja schon.

- Betätige abwechselnd beide Taster; der Motor wird folgsam, wie schon erprobt, die Drehrichtung ändern. Und Du weißt auch, warum: Durch die abwechselnde Tasterbetätigung fließt der Strom abwechselnd »hin und her« durch den Motor.

Ein Strom, der ständig seine Richtung ändert, heißt Wechselstrom. Wenn Du die beiden Taster abwechselnd und laufend betätigst, dann hast Du an den K-Bausteinen 3 und 4 der Schaltung eine Wechselspannung zur Verfügung, so ähnlich wie am Wechsel-Ausgang des Netzgerätes. Der Unterschied besteht vor allem darin, daß Deine hausgemachte Wechselquelle nicht so schnell umgepolt wird.

- Probiere nun aus, wie oft Du innerhalb 1 Sekunde das »Hin-und-Her-Spielchen« zuwege bringst, ohne die Polwender-Einheit zu zerrufen. Schätzungsweise 3mal; stimmt's?

Betätigst Du die Taster T_1 und T_2 je 1mal, so fließt der Strom 1mal »hin und her« durch den Motor. Statt »1mal hin und her« sagt der Fachmann: »1 Periode des Wechselstroms«. Durch 3maliges abwechselndes Betätigen beider Taster in jeder Sekunde hast Du 3 Wechselstrom-Perioden pro Sekunde erzeugt. Die Anzahl der innerhalb von 1 Sekunde erzeugten Perioden nennt man »Frequenz«. Deren Maßeinheit ist das »Hertz« (Hz). Deine handbetätigte Wechselquelle arbeitet somit bei schneller Betätigung der Taster mit 3 Hz. Die vom Netzgerät gelieferte Wechselspannung bzw. der durch sie bewirkte Wechselstrom hat eine Frequenz von 50 Hz! Da spielt Dein Motor natürlich nicht mehr mit, wie Du weißt.



Die Stromlücke

Mit Hilfe unserer selbstgestrickten »langsamen« Wechselquelle kannst Du nun z. B. die Vorgänge bei der Gleichrichtung eines Wechselstroms in aller Gemütsruhe beobachten und untersuchen. Du kennst zwar schon den Trick mit der Diode – trotzdem solltest Du die folgenden Versuche unbedingt durchführen! Sie machen nicht nur Spaß – sie vertiefen auch Deine schon im 1. Teil dieses Buches erworbenen Kenntnisse.

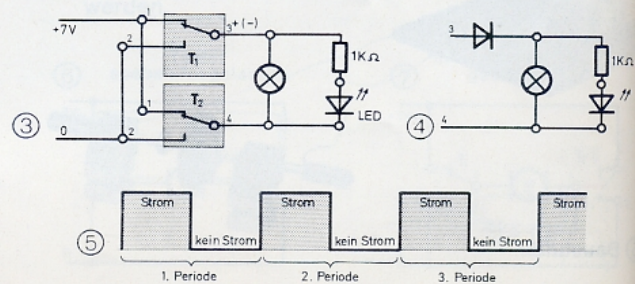
- Ersetze in der gerade erprobten Schaltung den Motor durch ein Lämpchen mit parallel geschalteter LED + Schutzwiderstand, siehe Bild 3. Setze die Wechselquelle durch Tasterbetätigung in Gang. Für das Lämpchen ist es gleichgültig, in welcher Richtung es vom Strom durchflossen wird – es leuchtet in jeder Periode 2mal. Die LED dagegen ist eine Diode! Sie leuchtet nur, wenn der Strom eine ganz bestimmte Richtung hat. Sie leuchtet deshalb in jeder Periode nur 1mal.

Durch Einbau einer Diode wollen wir nun den selbstgemachten Wechselstrom wieder gleichrichten und sehen, was dabei herauskommt.

- Dazu fügst Du nach Bild 4 eine Diode in die von »3« kommende Leitung ein. Wann leuchtet das Lämpchen? Bei Betätigung von T_1 oder von T_2 oder gar in beiden Fällen? Überlege erst – dann prüfe nach, ob Deine Überlegung richtig war.

In jeder Periode entsteht eine »Stromlücke«. Der gleichgerichtete Strom »pulsiert« also. Wenn Du die Taster ohne Zwischenpause mit gleichmäßiger Geschwindigkeit betätigst, ist die Stromlücke etwa so lang wie die Leuchtzeit. Jede Periode besteht somit aus 2 etwa gleich langen »Halperioden«. Während der einen Halperiode fließt Strom – natürlich nur in einer Richtung; in der anderen Halperiode ist Pause! Bild 5 zeigt dieses Zusammenspiel über mehrere Perioden hinweg. Dieses Verfahren nennt man »Einweg-Gleichrichtung«.

Bei der Gleichrichtung des Wechselstroms Deines Netzgerätes mit Hilfe einer Diode tritt natürlich der gleiche Effekt auf, nur eben in viel schnellerer Folge: In jeder 2. Halperiode fließt kein Strom! Deine Lämpchen und Dein Motor sind zur Anzeige der Lücke zu träge. Nur die LED ist »schnell genug«. Du kannst dieses Aussetzen des LED-Lichtes mit dem Auge aber nicht erkennen! Du mußt dazu die LED von Hand oder mit dem Lichtkreismodell von Seite 14 schnell drehen.



Ein Kondensator füllt die Lücke

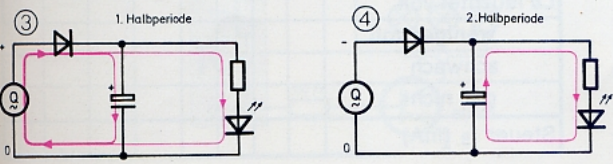
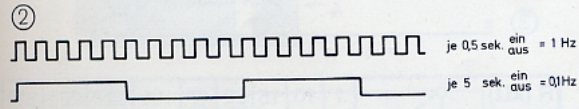
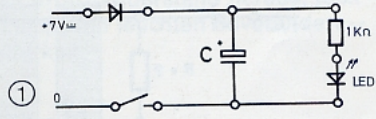
Daß man einen pulsierenden Gleichstrom mit Hilfe eines Kondensators glätten kann, hast Du schon erfahren und auch erprobt. Jetzt soll die Wirkung eines solchen Glättungskondensators näher untersucht werden. Dazu dient die Schaltung (1).

- Mit dem Schließen kannst Du einen langsam pulsierenden Gleichstrom erzeugen. Pro Sekunde 1mal etwa eine halbe Sekunde lang drücken ergibt eine Frequenz von 1 Hz (Bild 2). Je 5 Sekunden lang drücken und nicht drücken ergibt eine Frequenz von 1:10 = 0,1 Hz.
- Ohne Kondensator C leuchtet die LED natürlich nur bei gedrücktem Taster, also während der einen Halbperiode. In der anderen ist Pause.
- Setze für C den 470-µF-Elko (mit der richtigen Polung!) ein. Betätige die »Quelle« – und zwar mit 1 Hz und dann mit 0,1 Hz. Beobachte das Licht der LED während der Halbperioden, in denen der Taster nicht betätigt ist, also von der Quelle her kein Strom fließen kann.

Die Bilder 3 und 4 zeigen die Stromverhältnisse während beider Halbperioden. Bei gedrücktem Taster, also in der einen Halbperiode, fließt Strom von der Quelle durch die LED; das Licht ist »voll da«. Gleichzeitig wird der Elko aufgeladen. Bei abgehobener Kontaktzunge – der anderen Halbperiode – übernimmt der Kondensator die Rolle des Stromlieferanten: Er entlädt sich nach Bild 4 über die LED + Schutzwiderstand. Die aufgenommene »Strommenge« reicht allerdings nicht aus, um die Lücke zu füllen, wenn die Halbperioden zu lange dauern; die LED verlischt langsam, aber sicher. Fährst Du mit 1 Hz, so »reicht« der 470-µF-Elko.

- Vielleicht reicht schon ein 220-µF-Elko als Lückenfüller bei einer Frequenz von 1 Hz? Wenn nicht – versuche herauszufinden, bei welcher »von-Hand«-Frequenz die Stromlücke noch gut ausgefüllt wird.

Der Versuch zeigt deutlich: Je höher die Frequenz der pulsierenden Versorgungsspannung ist, um so kleiner kann die Kapazität des Kondensators für eine ausreichende Glättung sein.



Wie Du weißt, kommt die genügsame LED mit sehr wenig Strom aus; da braucht sich der Glättungskondensator während der Strompause nicht so sehr zu verausgaben. Bei einem Lämpchen, das erheblich mehr »Strom zieht«, ist das natürlich anders!

- Ersetze die LED + Schutzwiderstand durch ein Lämpchen. Probiere aus, ob der 470-µF-Elko ausreicht, um die Stromlücke zu füllen. Es wird Dir auch bei schnellstmöglichem Tasten nicht gelingen. Dazu wäre eine Elko-Kapazität von einigen 10 000 µF erforderlich!

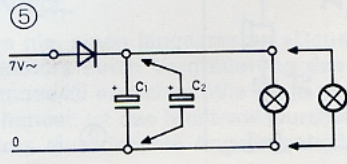
Bei einer mit 50 Hz pulsierenden Versorgungsspannung ist die Glättung natürlich weniger problematisch. Eine Periode dauert ja nur $1 \text{ s} : 50 = 0,02 \text{ s}$ bzw. 20 ms (ms = Millisekunden); die Stromlücke dauert nur 10 ms.

- Eine mit 50 Hz pulsierende Versorgungsspannung erhältst Du durch Gleichrichtung der Wechselspannung des Netzgerätes mittels einer Diode. Bild 5 zeigt die Schaltung für die folgenden Glättungsversuche.
- Stelle fest, wie groß die Kapazität des Glättungskondensators für 1 Lämpchen mindestens sein muß. Du kannst C_2 zu C_1 parallel schalten. Dadurch wird die »Glättungskapazität« vergrößert; sie ergibt sich durch Addition der µF-Werte von C_1 und C_2 . Die Kapazität ist »ausreichend«, wenn durch Zuschalten eines weiteren Elko keine Zunahme der Lampenhelligkeit mehr bewirkt wird.
- Bestimme auch die Größe der nötigen Glättungskapazität für 2 und 3 Lämpchen.

Du wirst zur Glättung der pulsierenden Versorgungsspannung von 3 Lämpchen alle drei »großen« Elkos eingesetzt haben. Der Versuch zeigt: Die Glättungskapazität muß (gleichbleibende Frequenz vorausgesetzt) um so größer sein, je mehr Strom durch die angeschlossene Schaltung fließt. Bequemlichkeitshalber benutzen wir deshalb immer den »großen« 470-µ-Elko.

- Du wirst festgestellt haben, daß bei 1 Lämpchen 470 µF für die Glättung des mit 50 Hz pulsierenden Gleichstroms erforderlich sind. Benutze jetzt einmal den Gleich-Ausgang des voll aufgedrehten Netzgerätes als Quelle. Mit wieviel µF kommst Du dabei aus?

Jetzt genügen 220 µF! Die Spannung am Gleich-Ausgang pulsiert nämlich mit 100 Hz! Dafür sorgt ein sogenannter »Zweiweg-Gleichrichter« (mit 4 Dioden) im Netzgerät, der beide Halbperioden für den Stromfluß ausnutzt.



Der Netzbrumm

Du hast den »Netzbrumm« schon mehrfach zur akustischen Anzeige eines Zustandes, z. B. »Tank ist leer«, ausgenutzt. Dazu diente der mit einem Elko in Reihe liegende Lautsprecher. Nach den eben durchgeführten Gleichrichtungs- und Glättungsversuchen wirst Du sicher schnell dahinterkommen, was es damit auf sich hat.

- Bild 1 zeigt die Versuchsschaltung. Wird der Wechsler nicht betätigt, so liegt der Glättungskondensator von 470 μF in Reihe mit dem Lautsprecher an der pulsierenden Gleichspannung des Netzgerätes. In dem Augenblick, in dem dieser Stromkreis zum erstenmal geschlossen wird, ertönt ein schnell abklingendes »Boiiiiin«: Der Elko wurde hörbar mit Gleichstrom vollgetankt, d. h. aufgeladen.
- SchlieÙe nun den Entladekreis durch Betätigen des Wechslers. »Knack« macht der Lautsprecher; danach ist wieder Funkstille. Klar: Der Elko hat den zuvor in schnellen »Raten« aufgenommenen Gleichstrom sozusagen »in einem Stück« an den Lautsprecher wieder abgegeben.

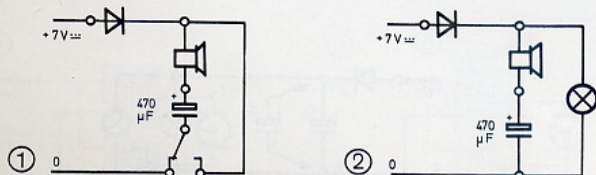
Ein anhaltender Brummtton kann natürlich nur dann entstehen, wenn sich der Elko sozusagen automatisch in jeder Pause des pulsierenden Gleichstroms wieder entladen kann. Es muß also ständig Strom fließen.

- Das ist der Fall, wenn Du an die Quelle zusätzlich ein Lämpchen anschließt. Bild 2 zeigt die neue Schaltung. (Der Wechsler wird nicht mehr benötigt.)

Die Membran des mit dem Elko in Reihe liegenden Lautsprechers macht das Hin und Her des »Lade«- bzw. »Entlade«-Stroms getreulich mit – hör- und fühlbar. So entsteht der 100-Hz-Netzbrumm!

- Die Lautstärke des Brummtons hängt unter anderem auch davon ab, »wieviel« der Elko zur Füllung der Stromlücke zu bieten hat. Beobachte den Zusammenhang zwischen Lampenhelligkeit und Lautstärke, wenn Du für C verschiedene μF -Werte einsetzt.
- Benutze eine Quelle, die statt mit 100 Hz nur mit 50 Hz pulsiert. (Dazu muß Du nur statt des Gleichausgangs den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes verwenden. Die Sicherungsdiode besorgt dabei die Gleichrichtung!) Dann vernimmst Du einen 50-Hz-Netzbrumm.

Nach diesen wichtigen und sicher auch interessanten Versuchen wollen wir uns erneut der Steuerung von Transistoren zuwenden und die gewonnenen Erkenntnisse praktisch verwerten.



Steuerstrom und Steuerwiderstand

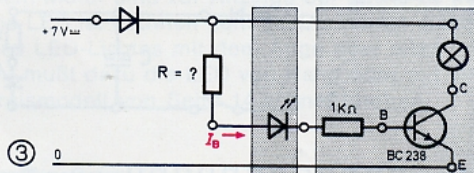
Die früher erprobte »Widerstandsmethode« kannst Du auch zur Beantwortung der für die Praxis so wichtigen Frage benutzen: Welchen Wert muß der Steuerstrom, d. h. der Basisstrom eines Transistors haben, damit ein Lämpchen im Kollektorkreis »ganz oder gar nicht« leuchtet – wie das z. B. bei einer Überlaufanzeige der Fall sein soll? Zu diesem Zweck muß Du natürlich die Wasserstrecke, deren Ω -Wert Du ja nicht kennst, in der bewährten Weise durch Schichtwiderstände mit bekannten Werten ersetzen.

- Wir führen die Bestimmung des Basisstroms – wir nennen ihn I_B – anhand der Schaltung (3) durch. Im Hinblick auf später folgende Versuche verwenden wir das voll aufgedrehte Netzgerät als Quelle. Die LED gibt erste Hinweise auf die Stärke des jeweils fließenden Basisstroms. Die Sicherungsdiode kennst Du schon.
- Setze für R die in der Tabelle aufgeführten Ω -Werte ein. Beobachte dabei die Helligkeit des Lämpchens und kreuze die entsprechenden Felder in der Tabelle an.
- Berechne nun die Basisstromstärke I_B . Du kannst dabei von einem Spannungswert $U = 8 \text{ V}$ ausgehen und den 1-k Ω -Schutzwiderstand unberücksichtigt lassen.

Das Ergebnis dieses Versuchs wird Dich sicher überrascht haben! Damit das Lämpchen »voll« leuchtet, d. h. um den Transistor voll durchzusteuern, genügt noch ein winziger Basisstrom von etwa 1/2 mA! Da erlaubt sogar die empfindliche Leuchtdiode!

Der verbotene Steuerwiderstands-Bereich

Du wirst festgestellt haben, daß das Lämpchen bei einem Wert des Steuerwiderstandes von 15 k Ω (= 22 k Ω || 47 k Ω) gerade eben noch voll da ist; bei höheren Werten leuchtet es schon schwächer. Ganz dunkel aber bleibt es erst bei $R = 220 \text{ k}\Omega$! Wenn also das Lämpchen als Anzeigegerät einwandfrei arbeiten soll, dann ist der Bereich zwischen 15 k Ω und 220 k Ω für den Steuerwiderstand sozusagen verboten. Jedenfalls bei dieser Schaltung.



R (k Ω)	1	10	15	22	47	100	147	220	320
La leuchtet voll									
weniger voll									
schwach									
gar nicht									
Steuer I_B (mA)									

Vorsicht – der Transistor wird heiß!

Durch Lämpchen, Widerstände, Motore usw., die im Kollektorkreis liegen, wird ein Transistor »belastet«, wie der anschauliche Fachausdruck lautet – und der Techniker spricht deswegen statt vom Kollektor- bzw. Anzeigekreis, wie wir es bisher taten, ganz allgemein vom »Laststromkreis« oder kurz vom »Lastkreis« eines Transistors. Die vom »Laststrom« durchflossenen Bauelemente im Lastkreis nennt er zusammenfassend »Lastwiderstände«.

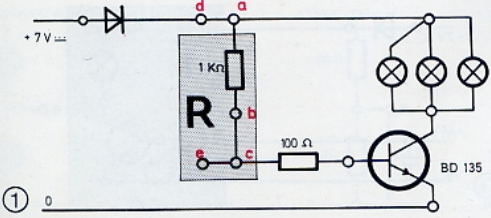
In der gerade untersuchten Schaltung genügte ein Steuerstrom von etwa 0,5 mA, damit ein Lämpchen im Lastkreis voll leuchtet. Was geschehen würde, wenn der BC 238 mit z. B. 3 parallelgeschalteten Lämpchen »belastet« wird, können wir nicht ausprobieren, weil der »kleine« Transistor im Lastkreis nur eine Stromstärke von höchstens 100 mA verträgt. 3 Lämpchen »ziehen« aber über 150 mA, wie der Praktiker sagt. Ein solcher Versuch würde dem Transistor nicht gut bekommen.

Wir verwenden deswegen für das folgende Experiment den »großen« BD 135; der verkraftet im Lastkreis über 1 A (!) und »schafft« 3 Lämpchen natürlich spielend – wenn er voll durchgesteuert ist; andernfalls ...

Was los ist, wenn der Transistor nicht voll durchgesteuert ist, wollen wir gleich einmal untersuchen.

- Baue die Schaltung (1) mit dem BD 135 und 3 parallel geschalteten Lämpchen als »Lastwiderstand«. Der Steuerwiderstand R ist grau unterlegt. Du benötigst dafür die 5 K-Bausteine a-b-c-d-e.
- Wie gewohnt, setzt Du für R verschiedene Ω -Werte ein. Damit die Änderung des Steuerwiderstandes zur besseren Beobachtung der Lampenhelligkeit »nahtlos« vorgenommen werden kann, gehst Du folgendermaßen vor:

- Setze den 470- Ω -Widerstand zwischen a – b und eine Drahtbrücke zwischen b – c ein. Der »Weihnachtsbaum« strahlt, wenn Du die Schaltung an das voll aufgedrehte Netzgerät anschließt. Den BD 135 läßt das »fühlbar« kalt.
- Setze parallel zu 470 Ω einen 1-k Ω -Widerstand und ziehe dann den 470- Ω -Widerstand heraus; jetzt ist $R = 1 \text{ k}\Omega$. Die Lämpchen leuchten unverändert – der Transistor bleibt kalt.



- Stecke den anderen 1-k Ω -Widerstand neben die Drahtbrücke; wie reagieren Lämpchen und Transistor, wenn Du die Brücke ziehst und dadurch $R = 2 \text{ k}\Omega$ wird?

- Lege parallel zu dieser Reihenschaltung 5 k Ω ($10 \parallel 10 \text{ k}\Omega$), indem Du beide 10 k Ω -Widerstände zwischen d – e einsetzt; wenn Du jetzt einen der beiden 1-k Ω -Widerstände ziehst, ist $R = 5 \text{ k}\Omega$. Der Weihnachtsbaum wird dunkler – ein Zeichen, daß der Transistor nicht mehr voll durchgesteuert ist. Fühle, wie er warm wird!

- Achtung! Schalte sofort ab, wenn das Transistorgehäuse heiß wird, nachdem Du einen der beiden 10-k Ω -Widerstände gezogen hast. Das nur noch schwache Glimmen der Lämpchen zeigt an, daß der BD 135 bei $R = 10 \text{ k}\Omega$ schon fast gesperrt ist.

Das Ergebnis dieses wichtigen Versuchs ist sehr interessant! Wenn der Transistor nicht voll durchgesteuert ist und andererseits auch nicht voll sperrt, kann er sehr heiß werden.

Der Transistor verhält sich dann nämlich wie ein Widerstand, der eine große oder gar zu große Leistung aufnehmen muß. Und tatsächlich wirkt ja der Transistor dann für die Lämpchen so wie ein Vorwiderstand – sie leuchten ja nicht mehr mit der vollen Stärke. Natürlich hängt dieses Verhalten des Transistors mit dem Ω -Wert des Steuerwiderstandes zusammen. Aber bevor wir uns mit diesem Problem befassen, noch kurz ein paar Tips für den Modellbauer.

Spielregeln für die Motorsteuerung mit dem BD 135

Sicher möchtest Du auch eigene Vorstellungen von einer »transistorierten« Motorsteuerung für das eine oder andere Modell verwirklichen. Das kannst Du ohne Schaden für den Transistor tun, wenn Du folgende »Spielregeln« einhältst:

- Nur den großen BD 135. Nie den kleinen BC 238!
- Quellen: Benutze stets zuerst die von Seite 33 her bekannte Versorgung mit Wechsel-Ausgang, Diode und 470- μ F-Elko. Erst wenn keine Erwärmung des Transistors mit dem Finger festgestellt ist, kannst Du den voll aufgedrehten Gleich-Ausgang des Netzgerätes verwenden.
- Schutz vor der Basis: 100- Ω -Widerstand (dünn).
- Steuerwiderstand: Damit der Motor sicher anläuft, darf der Ω -Wert nicht größer als 1 k Ω sein. Besser sind 470 Ω ! Wir kommen auf der nächsten Seite darauf zurück.
- Versuche nie, einen langsameren »Dauerlauf« Deines Motors durch Vergrößerung des Steuerwiderstandes zu erreichen. Wie Du ja gerade festgestellt hattest, ist das Nicht-voll-Durchsteuern des Transistors eine riskante Angelegenheit!

Der Transistor »verstärkt« sozusagen

Unter der »Stromverstärkung« eines Transistors versteht man das Verhältnis vom Kollektorstrom I_C zum Basisstrom I_B . Bei Deinen Transistortypen ist der Kollektorstrom etwa 100mal so stark wie der Basisstrom: $I_C = 100 \cdot I_B$. Die Zahl 100 nennt man auch »Verstärkungsfaktor« oder kurz »Verstärkung«. Sie besagt, daß z. B. Dein BD 135 voll durchgesteuert ist, wenn mindestens ein Basisstrom I_B von der Stärke $1/100 I_C$ fließt.

Dazu ein Beispiel: Dein Motor »zieht« beim Anlaufen einen Strom von etwa 500 mA, der danach auf etwa 200 mA zurückgeht. Damit nun der Motor sicher anläuft, muß der Basisstrom mindestens betragen: $500 \text{ mA} : 100 = 5 \text{ mA}$. Mit der umgestellten Ohmschen Formel $R = U : I$ kannst Du ausrechnen, welchen Ω -Wert R höchstens haben darf, wenn die Spannung U einen Wert von 8 V hat; dann ist $R = 8 \text{ V} : 5 \text{ mA} = 1,6 \text{ k}\Omega$. Der Praktiker rechnet sicherheitshalber mit etwas kleineren Werten. So kommt man in etwa zu den auf der vorigen Seite angegebenen Werten für den Steuerwiderstand von $1 \text{ k}\Omega$ bzw. 470Ω .

Und jetzt wird Dir auch ein Licht aufgehen, warum die Motor-Klapper bei der »Sehen-und-Hören-Überlaufanzeige« bei Deinen ersten Gehversuchen mit Transistorschaltungen nicht funktionierte: Der Ω -Wert des Steuerwiderstandes »Wasserstrecke« war viel zu groß!

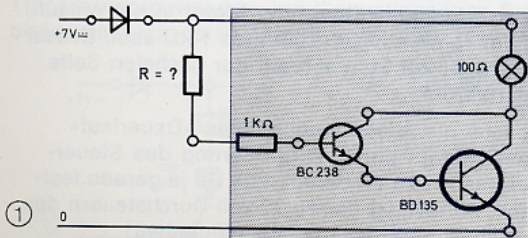
Danach hattest Du einen Darlington-Transistor zusammengesetzt – und dann klappte und klapperte es. Und wie!

Die Stromverstärkung des Darlington

Im Bild 1 wirst du den Darlington-Transistor von damals wiedererkennen. Dreimal darfst Du raten, wie groß der Ω -Wert von R werden darf, damit das Lämpchen voll leuchtet!?

- Probiere alle Deine Widerstände über $10 \text{ k}\Omega$ für R in der Schaltung (1) aus – auch den $1000\text{-k}\Omega$ -Widerstand br-sw-gr ($1000 \text{ k}\Omega = 1 \text{ M}\Omega$; lies »Megohm«)!

Sicher hast Du ganz schön daneben getippt, oder? Die Verstärkung des Darlington erhältst Du nämlich durch Multiplikation der beiden Transistorverstärkungen: $100 \cdot 100 = 10\,000$! Für 50 mA Lämpchenstrom müssen demnach nur ganze $0,005 \text{ mA}$ Basisstrom fließen! Wie groß darf R höchstens sein, damit Dein Motor noch sicher anläuft? (Du kannst die Lösung zur Kontrolle auf Seite 62 nachlesen.)



①

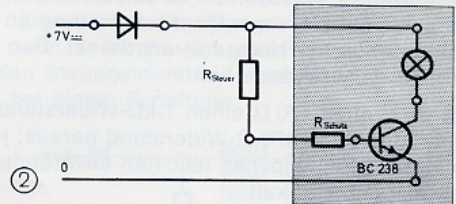
Eine eigene Quelle im Steuerkreis

Bisher hattest Du einen Transistor mit Hilfe eines Steuerwiderstandes zwischen (+)Schiene und Schutzwiderstand vor der Basis angesteuert. Bild 2 zeigt das Prinzip nochmals. Es geht aber auch anders! Man kann z. B. eine eigene Quelle für den Steuerkreis einsetzen, wie das im Bild 3 dargestellt ist.

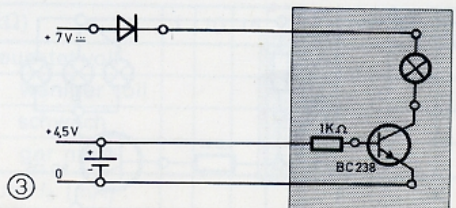
- Verwende zuerst den Batteriestab als Quelle. Muß die Basis (über den $1\text{-k}\Omega$ -Widerstand) mit dem (+)Pol oder dem (-)Pol verbunden werden, damit der Transistor durchgesteuert wird? (Schau Bild 2 an – dann weißt Du es!)

Auch bei dieser Schaltung hast Du es mit 2 Stromkreisen zu tun: dem Steuerkreis mit der Steuerquelle, die einen Basisstrom durch den Transistor treibt, wenn die Spannung so gepolt ist, daß der Emitterpfeil von (+) nach (-) weist – und den Lastkreis mit dem Lämpchen, durch den der Kollektorstrom ebenfalls in Richtung des Emitterpfeils fließt. Der Emitter liegt ja in beiden Stromkreisen zugleich.

- Probiere nun aus, ob auch eine Steuerspannung von 3 V oder gar von nur $1,5 \text{ V}$ zum Durchsteuern des Transistors ausreicht. (Du weißt ja, wie die Zellen auf der Experimentierplatte montiert werden müssen.) Und wie verhält sich der Transistor bei einer Steuerspannung von 0 V ? Du erhältst sie, wenn Du die Basis über den Schutzwiderstand mit der (0)Schiene verbindest. (Daher die Bezeichnung »0-Schiene«!) Natürlich rührt sich nichts, denn wenn zwischen Basis und Emitter keine Spannung herrscht, kann auch kein Basisstrom fließen!
- Überzeuge Dich davon, daß der BD 135 (Schutzwiderstand 100Ω !) genau so auf die unterschiedlichen Steuerspannungen reagiert.



②



③

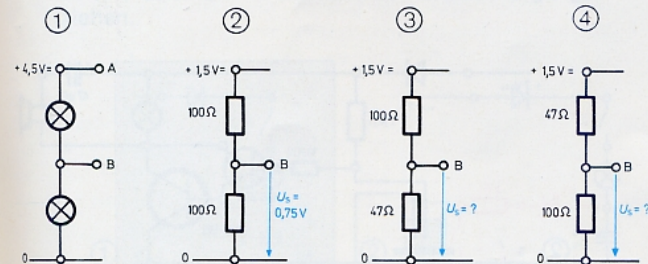
Ein Spannungsteiler als Quelle

Wie Du festgestellt hast, sind beide Transistoren bei einer Steuerspannung von 1,5 V voll durchgesteuert und bei 0 V völlig gesperrt. Jetzt wird Dich natürlich interessieren, wie sich die Transistoren bei einer Steuerspannung verhalten, deren Höhe zwischen diesen beiden Werten liegt. Wo bekommen wir nun so kleine Spannungen her?

Erinnere Dich bitte an den schon länger zurückliegenden Versuch mit den 3 in Reihe liegenden Lämpchen, die an den Batteriestab angeschlossen wurden. Dabei leuchtete jedes Lämpchen so dürrtig, als sei es nur an eine Zelle mit 1,5 V angeschlossen. Die Spannungspfeile im Schaltplan auf Seite 13 machten deutlich, daß die Quellenspannung von 4,5 V in drei kleinere Teilspannungen aufgeteilt wurde. Nach diesem Prinzip werden wir auch jetzt verfahren: Wir verwenden einfach die Teilspannung eines Spannungsteilers als Steuerquelle. Es gibt in der Praxis kaum eine Transistorschaltung, bei der von diesem »Spannungsteiler-Trick« nicht Gebrauch gemacht wird.

Bild 1 zeigt die Reihenschaltung von 2 gleichen Lämpchen an einer 4,5-V-Quelle. Dann sind die Teilspannungen je halb so hoch wie die Versorgungsspannung von 4,5 V. Genauso verhält es sich, wenn Du zwei 100-Ω-Widerstände nach Bild 2 an eine 1,5-V-Zelle anschließt. Die durch einen blauen Pfeil markierte Teilspannung zwischen dem Punkt B und der (0)Schiene nennen wir kurz: U_S . Nur auf sie kommt es uns an. Sie hat eine Höhe von $1,5 \text{ V} : 2 = 0,75 \text{ V}$. Zwischen B und (0)Schiene kannst Du also eine Spannung von 0,75 V »abgreifen«.

- Wie hoch ist U_S , wenn der »untere« Widerstand des Spannungsteilers halb so groß ist wie der »obere« (Bild 3)? Ganz einfach: Der Gesamtwiderstand hat einen Wert von rund $100 \Omega + 50 \Omega = 150 \Omega$. 50 Ω sind ein Drittel davon; dann ist auch U_S nur ein Drittel so hoch wie die den Spannungsteiler versorgende Quellenspannung, nämlich 0,5 V.
- Berechne auf die gleiche Weise die Höhe von U_S in Bild 4!
- Und wie hoch ist U_S , wenn Du im Bild 4 für den 47-Ω-Widerstand einen mit 22 Ω einsetzt (rechne einfach mit 20 Ω)? Lösung siehe S. 62.
- Wenn Du einen Spannungsmesser besitzt, solltest Du die Spannungsteiler aufbauen und die Richtigkeit der Rechnungen durch Messung nachprüfen.



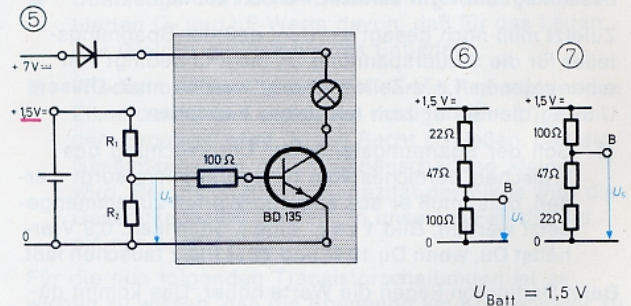
Sperrspannung und kritischer Bereich

Nun wollen wir die eben angestellten Überlegungen praktisch anwenden und die Transistorstufe nach Bild 5 mit der »unteren« Teilspannung U_S verschiedener Spannungsteiler ansteuern und sehen, was dabei herauskommt.

- Zunächst untersuchen wir die Verhältnisse beim BD 135 mit 100-Ω-Schutzwiderstand und einem Lämpchen als Last.
- Setze die in der Tabelle aufgeführten Ω-Werte für die Teilwiderstände R_1 und R_2 ein. Darunter steht der sich jeweils ergebende Wert der Steuerspannung U_S , wenn der Spannungsteiler von einer 1,5-V-Zelle versorgt wird. Kreuze bitte Deine Beobachtungen in der Tabelle an.
- Die Spannungsteiler zur Erzeugung von rund 0,6 V und 0,9 V zeigen die Bilder 6 und 7.

Sicher hast Du festgestellt, daß der BD 135 bei einer Steuerspannung von 0,6 V (und darunter) voll gesperrt ist. Oberhalb von etwa 1,0 V ist der Transistor voll durchgesteuert. Den dazwischen liegenden Bereich der Steuerspannung, in dem der Transistor nicht mehr ganz gesperrt und noch nicht ganz durchgesteuert ist, nennen wir den »kritischen Bereich«.

- Schließe den Motor statt des Lämpchens an und wiederhole die Versuchsreihe. Schalte schnell ab, wenn der Motor nicht ganz stillsteht oder nicht auf vollen Touren läuft – Du weißt ja, daß das dem Transistor nicht bekommt. Trage Deine Beobachtungen wieder in die Tabelle ein.



$U_{\text{Batt}} = 1,5 \text{ V}$

R_1 (Ω)		100	47	22	10	s. Bild
R_2 (Ω)		47	100	100	100	6 u. 7
Steuerspannung U_S (V)		0,5	1,0	1,2	1,3	0,6 0,9
BD 135 + Lämpchen	voll durchgesteuert					
	nicht voll „					
	gesperrt					
BD 135 + Motor	voll durchgesteuert					
	nicht voll „					
	gesperrt					
BC 238 + Lämpchen	voll durchgesteuert					
	nicht voll „					
	gesperrt					

Du wirst ermittelt haben, daß der kritische Bereich jetzt etwa zwischen 0,6 V und 1,2 V liegt; er ist also »nach oben hin« größer geworden. Kein Wunder: Der Motor zieht ja wesentlich mehr Strom als das Lämpchen — da muß natürlich auch mehr Basisstrom fließen, wie Du ja schon berechnet hattest. Und das bringt nur eine höhere Spannung fertig. Vielleicht wundert's Dich, daß die Spannung, unterhalb derer der Transistor sperrt, sich nicht geändert hat. Dieser (Wert 0,6 V) hängt nicht von der Schaltung ab; er ist typisch für Transistoren, die aus dem Material »Silizium« gefertigt sind — wie eben der BD 135 und auch Dein BC 238. Diese 0,6 V nennt man die »Sperrspannung« des Transistors.

- Ermittle nun noch den Umfang des kritischen Bereichs der Steuerspannung für den BC 238 — allerdings nur mit 1 Lämpchen als Last. Du weißt ja, warum! Schalte schnell ab, wenn Du fühlst, daß der Transistor warm wird. Trage Dein Ergebnis ein.

Du wirst festgestellt haben, daß die obere Grenze des kritischen Bereichs für den BC 238 bei etwa 1,3 V liegt. Das hängt mit dem großen, von uns gewählten Wert des Schutzwiderstandes von 1 k Ω zusammen.

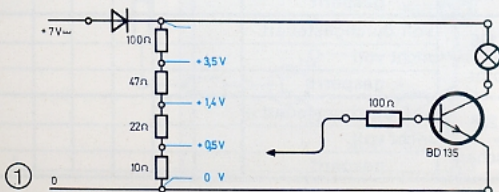
Natürlich ist Dir klar, daß der kritische Bereich der Steuerspannung bei Überlauf- bzw. Leckanzeigen oder ähnlichen Schaltungen vermieden werden muß — genau wie der von Dir zuvor schon ermittelte »verbotene« Ω -Bereich für den Steuerwiderstand.

Anders in der gesamten Radio- und Fernsehtechnik: Da wird vor allem gerade der kritische Steuerbereich genutzt — und es gibt noch viele andere Anwendungsgebiete, wo das der Fall ist. Natürlich wird immer dafür gesorgt, daß die Transistoren nicht durch Überhitzung beschädigt oder gar zerstört werden können.

Zuletzt muß noch gesagt werden, daß der Spannungsteiler für die Steuerspannung U_S nicht unbedingt von einer eigenen 1,5-V-Zelle versorgt werden muß. Dieser Umweg diente nur zum leichteren Verstehen.

- Soll der Spannungsteiler zur Untersuchung des kritischen Bereiches vom Netzgerät mitversorgt werden, dann muß er aus anderen Werten zusammengesetzt werden. Bild 1 zeigt eine Möglichkeit. 0,9 V erhältst Du, wenn Du 10 Ω und 22 Ω Platz tauschen läßt.

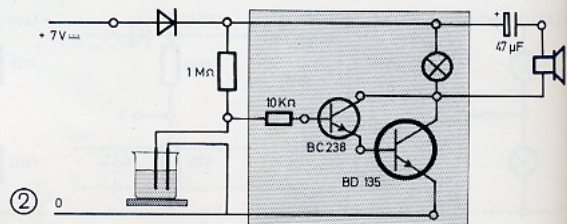
Beim Darlington liegen die Werte höher. Das kommt daher, daß der Darlington aus 2 Transistoren besteht. Der kritische Bereich liegt zwischen etwa 1,0 V und 1,4 V mit einem Lämpchen und zwischen rund 1,0 V und 2,0 V mit einem Motor als Last. (Schutzwiderstand 10 k Ω !)



Hallo — der Tank ist leak!

Weil gerade vom Spannungsteiler für die Steuerspannung die Rede war: Durch einen ganz einfachen Trick kannst Du ohne eine zweite Transistorstufe (Stichwort: Signalumkehr) aus einer »Überlaufanzeige« eine »Leckanzeige« machen. Damit die Schaltung einwandfrei arbeitet, nehmen wir gleich einen Darlington-Transistor.

- Bild 2 zeigt die bekannte Schaltung — ergänzt durch die vordem untersuchte Netzbrumm-Anzeige.
- Tauchen beide Elektroden ins Wasser, dann bilden der 1-M Ω -Widerstand und die Wasserstrecke einen Spannungsteiler. Die Spannung an der Wasserstrecke ist jetzt die Steuerspannung für den Darlington. Den Ω -Wert der Wasserstrecke kennst Du nicht; er ist im Vergleich zu dem Wert des »oberen« Teilwiderstandes von 1 M Ω jedoch bestimmt so klein, daß die Steuerspannung unter 0,6 V bleibt. Überzeuge Dich davon, daß kein Ton zu hören ist, solange die Elektroden eintauchen.
- Sollte Deine Leckanzeige längere Zeit in Betrieb bleiben, so mußst Du statt Drahtelektroden solche aus Kohle verwenden. Du kannst sie aus alten Batteriezellen entnehmen. Metall Elektroden verändern sich nämlich, wenn Strom durch Wasser fließt.
- Du solltest noch untersuchen, ob der obere Widerstand des Spannungsteilers auch einen kleineren Ω -Wert besitzen darf, ohne daß es zum Alarm kommt. Vielleicht kannst Du daraus abschätzen, wieviel k Ω Deine Wasserstrecke hat.
- Taucht keine oder nur eine Elektrode ins Wasser (= Alarmzustand), dann wirkt nur der 1-M Ω -Widerstand. Es fließt ein Basisstrom von rund $8 \text{ V} : 1000 \text{ k}\Omega = 0,008 \text{ mA}$. Das reicht völlig aus, um den Darlington voll durchzusteuern.



Ein Kondensator braucht Zeit...

... zum Laden und Entladen. Für die Untersuchung des »großen C« hastest Du seinerzeit eine ähnliche Schaltung wie die im Bild 1 benutzt (Seite 31). Bei diesem Versuch ging das Laden und Entladen »blitzartig« vor sich; noch schneller geht's beim Glätten eines pulsierenden Gleichstroms. Weil nun aber der Lade- und Entladevorgang sowie die dazu benötigte Zeit für die folgenden Transistorschaltungen von entscheidender Bedeutung sind, wollen wir uns jetzt genauer damit beschäftigen.

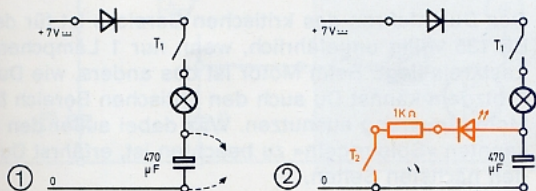
- Lade den 470- μF -Elko nach Bild 1 durch Stecken des Kabeltasters T_1 auf. Der Strom muß über das Lämpchen fließen.
- Ausnahmsweise entlädst Du den Elko durch Kurzschließen. Dazu benutzt Du die im Bild gestrichelt angedeuteten Drähte. Hat's gefunkt? Bitte nicht wiederholen – diese Art der Entladung bekommt größeren Elkos auf die Dauer nicht!
- Ergänze Schaltung (1) durch die in Bild 2 farbig gezeichneten Elemente. So entsteht ein Entladekreis. Wieviel Sekunden vergehen bis zum völligen Erlöschen der LED? Zeichne Weg und Richtung des Lade- und Entladestroms in das Bild ein.
- Ersetze den 1-k Ω -Widerstand zuerst durch 470 Ω und dann durch 10 k Ω . Beobachte in beiden Fällen die Lichtstärke der LED beim Entladen. Bei 10 k Ω muß Du schon etwas verdunkeln. Wie lange dauert jedesmal der Entladevorgang?

Der Ω -Wert des Entladewiderstandes bestimmt das Verhalten der LED: Je größer der Ω -Wert, um so schwächer leuchtet sie. Mit dem Ω -Wert steigt aber auch die Leuchtdauer an, d. h. der Entladevorgang braucht bei größeren Werten mehr Zeit.

- Natürlich hat auch der μF -Wert des Elko Einfluß auf die Entladezeit. Das kannst Du sofort nachprüfen, indem Du zuerst die Leuchtzeit bei 1 k Ω und 470 μF feststellst und dann die Kapazität durch Parallelschaltung eines 220- μF -Elko vergrößert. (470 μF || 220 μF = 690 μF .) Probiere auch kleinere Werte aus: z. B. 220 μF – 47 μF – 10 μF .

Das Ergebnis zeigt, daß die Entladezeit nicht nur von der Größe des Entladewiderstandes, sondern auch von der Kapazität des Kondensators abhängt.

- Wiederhole jetzt mehrmals den Entladeversuch mit 470 μF und 10 k Ω . Beobachte dabei genau die Lichtstärke der LED! Du kannst nämlich daraus Schlüsse auf die Stromstärke während des Entladevorgangs ziehen.



Die LED zeigt deutlich an, daß der Entladestrom nicht mit gleichbleibender Stärke fließt! Das ist eine wichtige Eigenschaft unseres »Stromlieferanten«. Beim Entladen fließt für einen Moment ein relativ starker Strom – die LED leuchtet hell auf. Dann nimmt die Stromstärke »sichtlich« immer mehr ab, bis sie so gering geworden ist, daß kein Leuchten der LED mehr erkennbar ist. Für das Verständnis von Transistorschaltungen ist die folgende Überlegung wichtig: »Immer weniger Strom aus dem Kondensator« heißt doch nach dem Ohm'schen Gesetz, daß die Spannung am Kondensator bei der Entladung laufend kleiner wird. Am Entladewiderstand R ändert sich ja nichts.

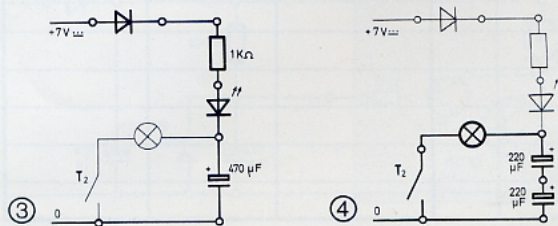
Das Entladen geht um so schneller vor sich, je kleiner die Kapazität (μF -Wert) des Kondensators und je kleiner der Widerstandswert des Entladewiderstandes ist. Bei sehr großen Ω -Werten geht die Entladung derart langweilig und zäh vor sich, daß die LED schon erlischt, obwohl der Elko noch halbvoll ist.

- Entlade über 10 k Ω . Wenn die LED nicht mehr leuchtet, nimm den 10-k Ω -Widerstand heraus und setze dafür 470 Ω ein. Da war noch allerhand im Kondensator drin, was?

Jetzt wollen wir den Versuch umkehren: Langsames Aufladen über einen Widerstand (die LED zeigt wieder Stromstärke und Ladedauer an) – schnelles Entladen über den kleinen Widerstand des Lämpchens von rund 100 Ω . Nach diesem Schaltungsprinzip arbeiten übrigens auch die Foto-Blitzgeräte.

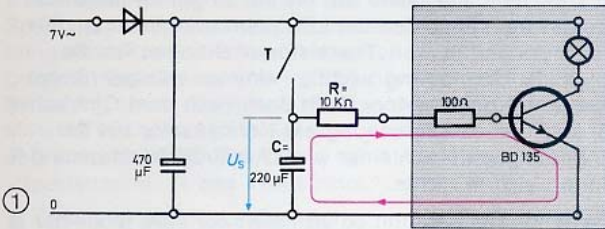
- Die neue Versuchsanordnung zeigt Bild 3. Die Aufladung des Elko erfolgt automatisch nach dem Öffnen von T_2 .
- Überzeuge Dich durch Einsetzen der eben ausprobierten Ω - und μF -Werte davon, daß für das Laden das Gleiche gilt wie für das Entladen.
- Wiederhole den Versuch mit den in Reihe liegenden Elkos nach Bild 4 (achte auf richtige Polung!). Aus dem Ergebnis wirst Du mit Recht schließen, daß die Gesamtkapazität durch Reihenschaltung kleiner wird. Bei gleich großer Kapazität der Elkos wird die Gesamtkapazität halbiert; in unserem Fall beträgt sie nur noch 110 μF .

Für die nun folgenden Transistorschaltungen ist es wichtig zu wissen, daß die Spannung am Kondensator zu Beginn des Aufladevorganges 0 V ist und langsam auf den Wert der vollen Versorgungsspannung ansteigt. Beim Entladen des Kondensators geht sie allmählich wieder auf 0 zurück.



Der Kondensator als Steuerquelle

Von dem, was Du jetzt ausprobieren wirst, lebt die halbe Elektronik: Du benutzt einen Elko als Quelle im Steuerkreis einer Transistorstufe! Die überraschenden Folgen dieser Maßnahme kannst Du sehr gut anhand der Schaltung (1) studieren.

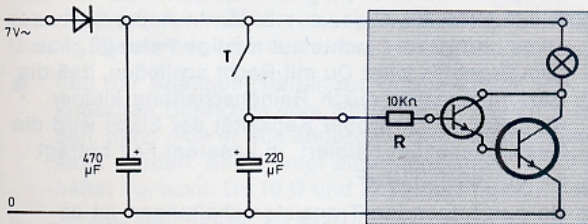


■ Da bei den später folgenden Motorsteuerungen auch der kritische Bereich genutzt wird, wollen wir uns jetzt schon an die »Spielregeln« halten und den Wechsel-Ausgang als Quelle für die Spannungsversorgung benutzen; sie wird mit dem 470-µF-Elko gelädert.

■ Drücke den Taster T; dadurch wird die Basis des Transistors über den 10-kΩ-Widerstand und den Schutzwiderstand mit der (+)Schiene verbunden; es fließt ein Basisstrom, und das Lämpchen leuchtet.

■ Laß den Taster los – und warte ab! Das Lämpchen leuchtet weiter! Bis es schließlich erloschen ist, sind rund 6 Sekunden vergangen!

■ Während der Leuchtdauer kannst Du deutlich 2 Phasen unterscheiden: die »Nachleuchtzeit«, in der das Lämpchen nach Abheben des Tasters unvermindert hell weiterleuchtet, und die anschließende »Verlöschzeit«, in der die Lichtstärke bis zum endgültigen Verlöschen des Lämpchens abnimmt.



R in kΩ	C in µF	Nachleuchten in sek	Erlöschen in sek	Gesamtzeit in sek

Natürlich bewirkt der Elko als Steuerquelle den »Nachleuchteffekt«: Schon bei kurzem Antippen des Tasters wird der Elko schlagartig aufgeladen – er wird ja direkt mit der Versorgungsquelle verbunden. Nach dem Öffnen von T ist der Elko so freundlich: Er entlädt sich auf dem rot eingezeichneten Stromweg und versorgt die Basis mit Strom – solange der Vorrat reicht! Und das tut er um so länger, je größer die Ω- und µF-Werte des »RC-Gliedes« sind. So nennt man kurz die Reihenschaltung von Widerstand und Kondensator.

■ Noch interessanter wird's mit der Darlington-Schaltung (2). Jetzt kommst Du auf Sekunden! (Übrigens: der Schutzwiderstand dient hierbei als Entladewiderstand!) Jetzt kannst Du auch andere R und C-Werte untersuchen. Trage die untersuchten Werte und die Zeiten in die Tabelle ein. Und weil der Darlington mit so lächerlich wenig Basisstrom zum Durchsteuern auskommt, kannst Du Leuchtzeiten von mehreren Minuten – nach Loslassen des Tasters T – erzielen.

Der kritische Bereich wird durchfahren!

Wenn der Taster geöffnet ist, liegt der aufgeladene Elko, so wie vorher die 1,5-V-Zelle, als separate Quelle im Steuerkreis der Transistorstufe. Der große Unterschied ist natürlich der, daß der Elko nur für eine bestimmte Zeit eine Spannung liefern kann und diese Spannung keine gleichbleibende Höhe hat. Sie nimmt in gleichem Maße zu bzw. ab, in dem der Elko auf- bzw. entladen wird. Mit der Kenntnis dieses Sachverhalts wollen wir uns zufrieden geben.

In unserem Fall wird der Elko bei Betätigung des Tasters schlagartig aufgeladen. Zwischen seinen Anschlüssen steht dann eine Spannung in Höhe der Versorgungsspannung – also rund 8 V. In dem Maße, in dem sich der Elko nach Loslassen des Tasters entlädt, nimmt auch seine Spannung, mit welcher die Transistorstufe gesteuert wird, ab. Du merkst so lange nichts davon (Nachleuchtzeit), bis der kritische Bereich erreicht wird – also etwa 1,4 V beim Darlington. Dann ist der Darlington nicht mehr voll durchgesteuert, und es beginnt die Verlöschzeit; sie endet mit Erreichen der Sperrspannung von rund 1 V. Danach sperrt der Darlington, und »es läuft nichts mehr«. Das gleiche, aber bei etwas kleineren Werten der Kondensatorspannung, gilt auch für den Einzeltransistor anstelle des Darlington.

Das Durchfahren des kritischen Bereichs ist für den BD 135 völlig ungefährlich, wenn nur 1 Lämpchen im Lastkreis liegt. Beim Motor ist das anders, wie Du weißt. Trotzdem kannst Du auch den kritischen Bereich für die Motorsteuerung ausnutzen. Was dabei außer den bekannten »Spielregeln« zu beachten ist, erfährst Du auf den nächsten Seiten.

Ein sanfter Motorauslauf

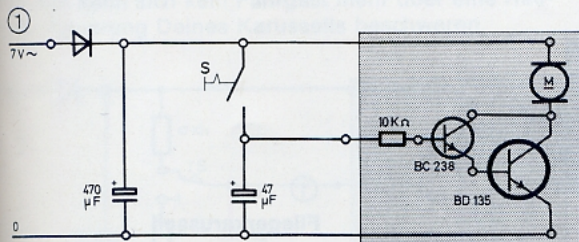
Bei einem Karussell hätten es die Fahrgäste bestimmt nicht gern, wenn sie durch ruckartiges Anhalten unsanft aus den Gondeln geschleudert würden. Das kannst Du auch bei dem auf der nächsten Seite abgebildeten Modell vermeiden, wenn Du zur Motorsteuerung den kritischen Bereich der eben erprobten »Verzögerungsschaltung« ausnutzt.

- Mit der Schaltung (1) wird das Karussell-Modell gesteuert. Der Steuer-Elko hat jetzt aber nur eine Kapazität von $47\ \mu\text{F}$! Das ist sehr wichtig! Den Schalter S schließt Du durch Stecken einer Drahtbrücke. Der Motor läuft jetzt.
- Öffne den Schalter S durch Herausziehen der Drahtbrücke. Fühle die Wärme des BD 135! Auch beim Motorlauf kannst Du deutlich zwischen »Nachlauf« und »Auslauf« unterscheiden; diese Phasen entsprechen dem Nachleuchten und Verlöschen des Lämpchens.
- Verwende jetzt ausnahmsweise (!) einen $220\text{-}\mu\text{F}$ -Elko als Steuerkondensator. Wiederhole den Versuch und kontrolliere dabei unbedingt die Temperatur des BD 135! Der kritische Bereich wird jetzt derart langsam durchfahren, daß der Elko noch »nachschiebt«, wenn der Motor schon steht (wie beim Versuch mit der LED!); dabei wird der Transistor grauslich aufgeheizt!
- Eine erträgliche Auslaufzeit erhältst Du mit dem $47\text{-}\mu\text{F}$ -Elko – aber mit $22\ \text{k}\Omega$ oder $47\ \text{k}\Omega$ für den Entladewiderstand (= Schutzwiderstand). Auch dann steigt die Temperatur des BD 135 nach dem Stillstand des Motors noch etwas an – sie bleibt aber in zulässigen Grenzen.

Einen größeren Ω -Wert darfst Du allerdings nicht mehr verwenden; dann wird der kritische Bereich wieder zu langsam durchfahren und der Transistor unzulässig hoch aufgeheizt. Der Versuch hat also gezeigt, daß der kritische Bereich ungefährlich ist, wenn er nur schnell genug durchfahren wird!

- Schließe jetzt den Schalterkontakt schon während der Auslaufphase des Motors. Was geschieht?

Durch diese Maßnahme wird der Elko sofort wieder voll aufgeladen – der Entladungsvorgang beginnt wieder von vorn. Der Fachausdruck für »Auslösen« (z. B. des Entladungsvorgangs) heißt »Triggern«; durch vorzeitige Schalterbetätigung wird die Schaltung »nachgetriggert«, wie der Fachmann sagt.



Weicher Start mit Verzögerung

»Alles schön und gut« wirst Du jetzt sagen – »aber der Hau-Ruck-Anlauf beim Starten ...« Auch das werden wir gleich haben!

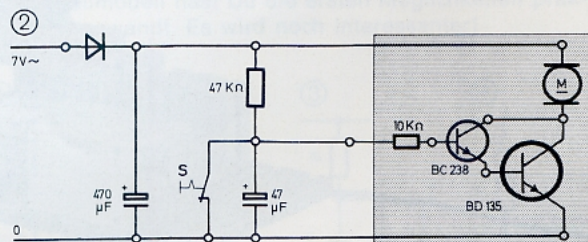
- Bild 2 zeigt die Schaltung, mit der ein verzögertes Anfahren erreicht wird. Beachte, daß jetzt der Motor bei geschlossenem Schalter steht.
- Probiere die Steuerung aus. Überwache die Erwärmung des BD 135. Wieviel Sekunden dauert die »Anfahrverzögerung«? Das ist die Zeit, die nach dem Öffnen des Schalters vergeht, bis der Motor anläuft. Wie lange dauert es, bis von da ab die volle Drehzahl erreicht ist (= Hochlaufzeit)?
- Wenn Dir der Motor noch nicht weich genug anläuft, dann setze $220\ \mu\text{F}$ statt $47\ \mu\text{F}$ ein. Überzeuge Dich davon, daß der BD 135 kaum warm wird. Du erfährst gleich, warum nicht.
- Die Verzögerungszeit kannst Du auch durch Vergrößerung des Ladewiderstandes (Du hast richtig gelesen!) bis auf $220\ \text{k}\Omega$ (!) verlängern.
- Mit $47\ \text{k}\Omega$ und $220\ \mu\text{F}$ || $220\ \mu\text{F}$ kannst Du den Motor mit geringer Verzögerung, aber schön weich anlaufen lassen.

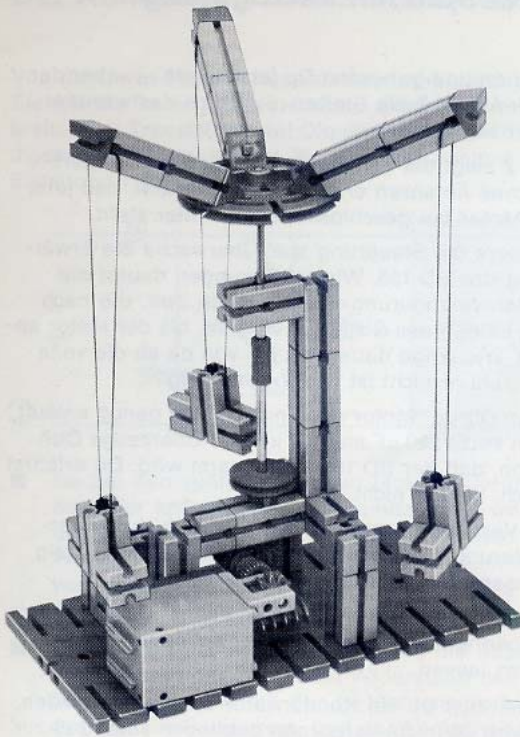
Inzwischen bist Du ein Kondensator-Experte geworden, und es wird Dir nicht verborgen geblieben sein, daß zur Steuerung der Darlingtonstufe diesmal nicht der Entlade-, sondern der Ladevorgang ausgenutzt wird!

Zunächst ist der Steuerkondensator kurzgeschlossen; er ist völlig entladen, und die Steuerspannung ist $0\ \text{V}$; da läuft natürlich nichts.

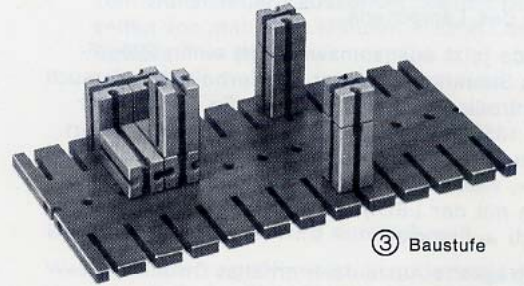
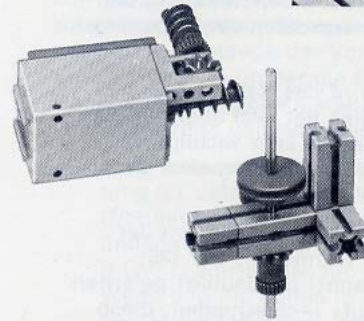
Nach Öffnung des Schalters wird der Elko über $47\ \text{k}\Omega$ aufgeladen; wie schon erwähnt, steigt die Steuerspannung entsprechend an. Davon merkst Du erst etwas, wenn die Sperrspannung von etwa $1\ \text{V}$ überschritten wird. Danach beginnt die Hochlaufzeit; sie ist beendet, wenn die obere Grenze des kritischen Bereichs der Steuerspannung von etwa $1,4\ \text{V}$ erreicht ist. Der kritische Bereich wird also schon zu Beginn des Ladevorgangs durchfahren. Das geht, wie Du festgestellt hast, relativ schnell und ist deswegen ungefährlich; Du darfst zur Steuerung auch »große« Elkos verwenden.

Anders bei Ausnutzung des Entladevorgangs: Dabei wird der kritische Bereich erst gegen Ende des Vorgangs durchfahren. Am Ende gehen aber Lade- und Entladevorgang langsamer vor sich als am Anfang. Deshalb wird es beim langsamen Auslauf gefährlicher als beim Hochlauf – das hast Du ja schon ausprobiert.



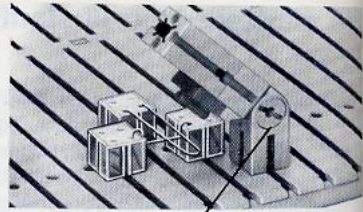


② in Ruhe



③ Baustufe

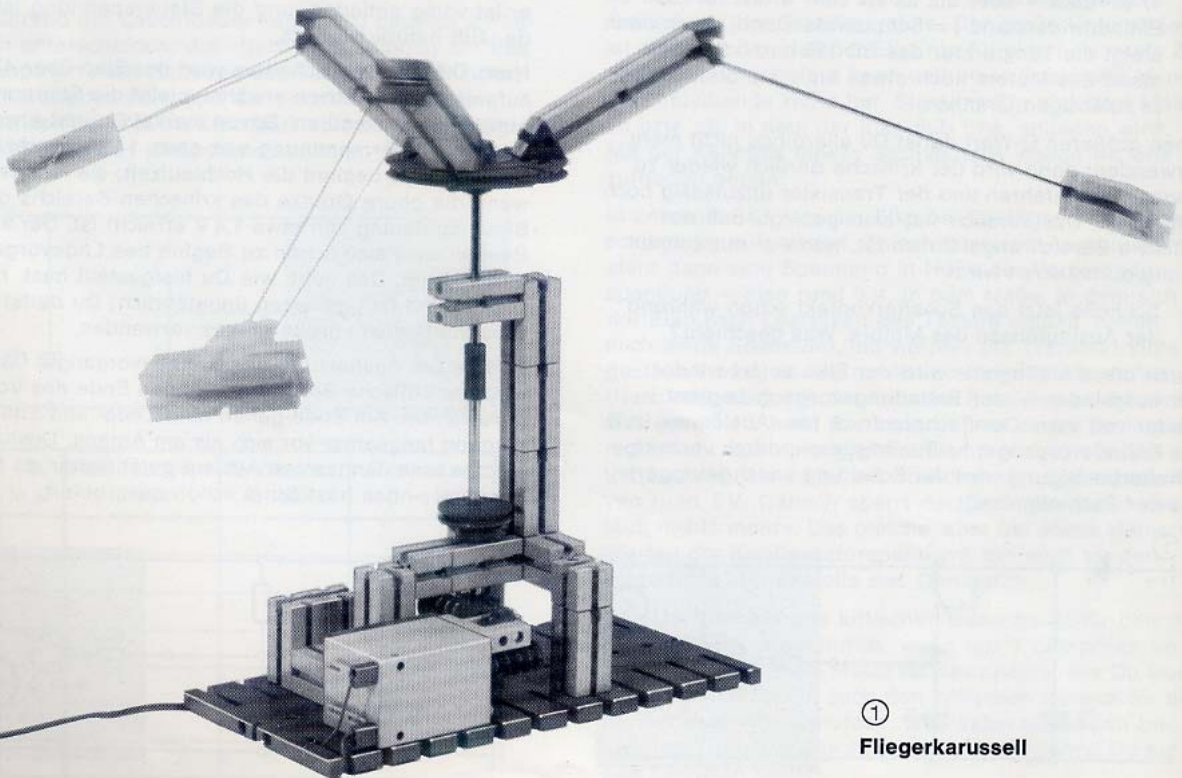
⑤ Schalter



schwergängig machen



④ Sitz



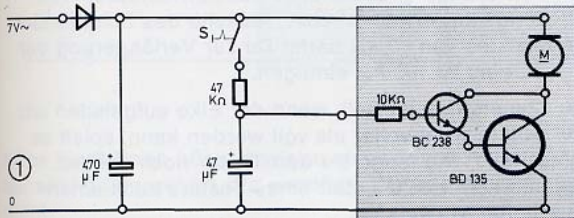
① Fliegerkarussell

Die Steuerspannung

Und das ist die Kombination!

Um ein weiches An- und Auslaufen des Karussells zu erreichen, mußt Du sowohl den Lade- als auch den Entladevorgang des Steuerkondensators ausnutzen. Die Schaltung (1) zeigt, wie Du das machen kannst.

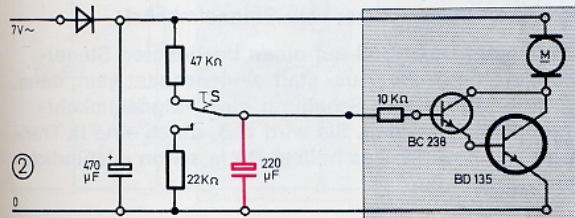
- Beim Schließen des Schalters wird der Steuer-Elko aufgeladen. Wegen der kleinen Ω - und μF -Werte sind Verzögerungs- und Anlaufzeit ziemlich kurz.
- Bei geöffnetem Kontakt wird der Darlington von der »Entladespannung« gesteuert; deswegen dauert das Auslaufen länger und ist nur wegen des kleinen Elko ungefährlich!
- Wenn Du den Kontakt nach Auslaufen des Motors gleich wieder schließt, dann läuft dieser ohne Verzögerung und mit vollen Touren wieder an. Das kommt daher, daß der Elko in dieser Schaltung etliche Minuten für die vollständige Entladung braucht.



Perfekt wird die Steuerung erst mit der Schaltung (2)

- Bei der gezeichneten Stellung des (jetzt nötigen) Umschalters wird der Elko aufgeladen. Seine große Kapazität sorgt zusammen mit dem großen Ladewiderstand von 47 k Ω für ein verzögert-weiches Anlaufen. Du kannst für den Ladewiderstand auch 100 k Ω statt 47 k Ω verwenden.
- Nach Umlegen des Schalters kommt der Entladevorgang zum Tragen. Und nun der Trick: Jetzt wird der 22-k Ω -Widerstand zum Elko parallel geschaltet; es entsteht ein zweiter Entladekreis, über den ein Teil des Entladestroms zur (0)Schiene abfließt. Der kritische Bereich wird deswegen schneller durchfahren, die Auslaufzeit wird ungefährlich kurz.

Und nun kann sich kein Fahrgast mehr über eine Haut-Ruck-Steuerung Deines Karussells beschweren.



In diesem Abschnitt werden noch einmal die bisher erprobten Möglichkeiten zur Steuerung einer Transistorstufe zusammengefaßt und dann das RC-Glied als Spannungsteiler untersucht. Die Möglichkeit, eine Transistorstufe lediglich mit Hilfe eines einzigen Widerstandes zu steuern, wurde bereits auf Seite 50 behandelt.

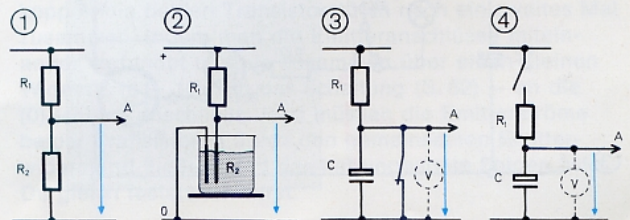
In der Praxis wird der Eingang einer Transistorstufe fast immer mit Hilfe einer Kombination von Bauelementen »angesteuert«. Die einfachste besteht aus zwei Widerständen in Reihe nach Bild 1. Sie wirkt, wie Du weißt, als Spannungsteiler. In Verbindung mit Transistorschaltungen spricht der Praktiker vom »Basis-Spannungsteiler«, weil daran die Basis angeschlossen wird. Du hattest diesen Teiler zur Bestimmung der Grenzen des kritischen Bereichs der Steuerspannung benutzt. Die Steuerspannung haben wir U_S genannt und in den Bildern durch einen blauen Pfeil angedeutet. Natürlich kann man keine Steuerspannung abgreifen, wenn nicht der Spannungsteiler selbst mit einer Spannung versorgt wird. Du kannst eine eigene Quelle benutzen oder die allgemeine Versorgung mitverwenden. Auch das hast Du schon erprobt.

Für bestimmte Zwecke haben wir einen der zwei Schichtwiderstände durch einen Wasserfühler ersetzt, z. B. nach Bild 2. Die ebenfalls schon erprobten Möglichkeiten, ein RC-Glied zur Steuerung einer Transistorstufe heranzuziehen, zeigen die Bilder 3 und 4.

Der RC-Spannungsteiler

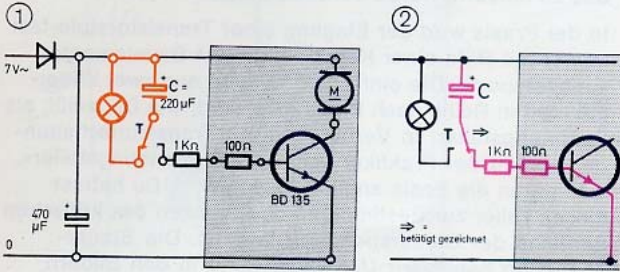
Der Unterschied zum Spannungsteiler mit zwei Widerständen besteht darin, daß sich während des Lade- und Entladevorganges die Teilspannungen nach genau bekannten Regeln verändern. Bei beiden Teilerarten kommt das »Spannungsteiler-Gesetz« zum Tragen. Es lautet: **Die Werte der Teilspannungen an den Gliedern eines Spannungsteilers ergeben zusammen immer den Wert der Versorgungsspannung.**

Die Höhe der am Kondensator auftretenden Teilspannung entspricht dem jeweiligen »Füllstand« des Stromtanks: Ist er leer (= entladen), dann ist die Spannung zwischen seinen Anschlüssen gleich Null; ist er voll (= geladen), dann ist die Spannung genauso hoch wie die am Spannungsteiler anliegende Versorgungsspannung. Beim Laden steigt die Kondensatorspannung an und sinkt beim Entladen wieder ab – zu Beginn des jeweiligen Vorgangs relativ schnell, dann immer langsamer. Dieses Verhalten wird für Zeitschaltungen ausgenutzt. Am Karussellmodell hast Du die ersten Möglichkeiten praktisch angewandt. Es wird noch interessanter!



Ein Druck – ein Ruck

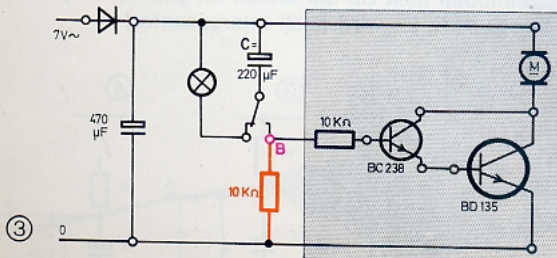
»Öfter mal was Neues!«, sagte der Elektroniker und setzte das RC-Glied in Reihe zur Basis-Emitterstrecke des Transistors, siehe Bild 1. Der 100-Ω-Schutzwiderstand ist nur vorsichtshalber dabei. Was dieses RC-Glied bewirkt, wirst Du beim Ausprobieren der Schaltung sofort merken.



- Solange der Taster nicht betätigt wird, ist der Kondensator entladen und die Basis des Transistors nicht angeschlossen. Der Transistor ist gesperrt.
- Ein Druck auf den Taster: Der Motor macht einen »Ruck mit Schwänzchen« und steht – auch wenn Du noch so lange den Taster drückst. Bei Kontaktwechsel wird der Elko über das Lämpchen wieder entladen.

Sicher hat der Ruck des Motors mit dem Elko zu tun. Aber wie? Bei Betätigung des Tasters wird die im Bild 2 rot gezeichnete Verbindung zur (0)Schiene hergestellt; dadurch wird der Elko aufgeladen. Dabei fließt Strom; aber nur so lange, bis der »Stromtank« voll ist. Der Motor läuft also nur während des Ladevorgangs! Zeitbestimmend ist die Größe des Kondensators und der Wert des Ladewiderstandes (1 kΩ).

- Längere Ladezeiten könntest Du theoretisch mit 10 kΩ statt 1 kΩ erhalten. Stop! Das geht aber nicht! Der Motor läuft nicht an, wie Du Dich erinnerst. Eine Verdoppelung der Kapazität bringt auch nicht viel.
- Weiter hilft wieder eine Darlington-Schaltung, siehe Bild 3. Jetzt muß zusätzlich ein 10-kΩ-Widerstand (orange gezeichnet) in die Schaltung eingeführt werden. Dieser Zusatzwiderstand liegt parallel zum Zweig mit dem 10-kΩ-Schutzwiderstand und der



Basis-Emitterstrecke. Er verkürzt somit die Aufladezeit des Kondensators und damit die Laufzeit des Motors. Er ist nötig, damit der Transistor am Ende des Aufladevorganges nicht zu warm wird. Am Ende des Aufladens fließt nämlich immer weniger Strom; der Kondensator ist ja schon fast voll. Das wirkt auf den Transistor wie ein zu großer Steuerwiderstand! Bei der Spannungs Betrachtung haben wir das den »kritischen Bereich« genannt. Der Zusatzwiderstand sorgt dafür, daß dieser Zustand nicht lange dauert. Er wirkt als weiter intakte Parallelstrecke zur jetzt für den Strom fast ganz gesperrten Basis-Emitterstrecke.

- Je kleiner die Elko-Kapazität, um so schneller läuft der ganze Vorgang ab, um so kürzer ist der »Stromimpuls« und damit der Ruck des Motors. Überzeuge Dich davon.
- Du erreichst etwa das gleiche Ergebnis wie zuerst, wenn Du statt 220 µF nur 47 µF einsetzt und zum Ausgleich der dadurch entstehenden Zeitverkürzung den orange gezeichneten Zusatzwiderstand von 10 kΩ auf 47 kΩ erhöhst. Anstelle des Schutzwiderstandes von 10 kΩ darfst Du zur Verlängerung der Zeit bis zu 100 kΩ einfügen.

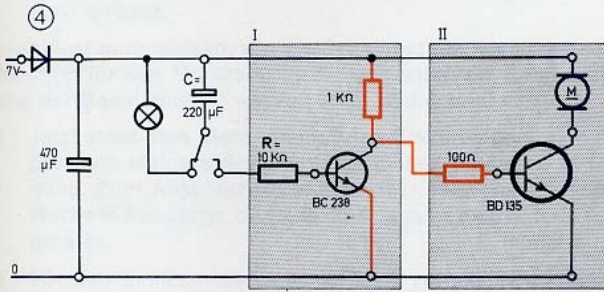
Der Steuerstrom ist Null, wenn der Elko aufgeladen ist; und weil er nicht voller als voll werden kann, spielt es keine Rolle, wie lange Du den Taster noch drückst. Deshalb könntest Du statt eines Tasters auch einen Umschalter verwenden.

Ein Druck – eine Pause; also Signalumkehr!

Du erinnerst Dich: Soll auf einen bestimmten Steuerbefehl hin der Motor aus- statt eingeschaltet sein, dann muß irgendwo in der Schaltung eine »Signalumkehr« vorgenommen werden. Sie wird z. B. durch eine II. Transistorstufe bewirkt. Das hattest Du ja schon ausführlich erprobt (Seite 30).

■ Verwandle also die Darlington-Schaltung von Bild 3 in den zweistufigen Verstärker nach Bild 4. Jetzt läuft der Motor bei nichtbetätigtem Taster ständig. Auf Tastendruck (bzw. Umschalten des dafür verwendeten Umschalters) bleibt der Motor eine bestimmte Zeit stehen.

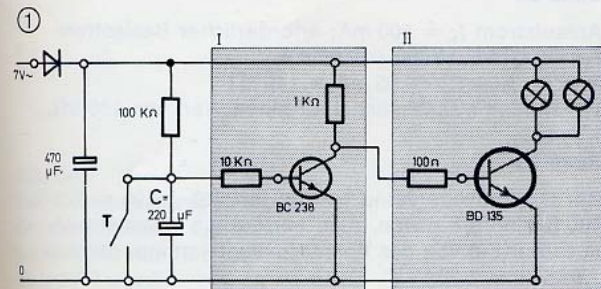
■ Ermittle die Stillstandszeiten für die angegebenen R- und C-Werte. Für R kannst Du bis 100 kΩ gehen. Der kritische Bereich wird bei dieser Schaltung verhältnismäßig schnell durchfahren, so daß die Erwärmung der Transistoren vertretbar ist. Bei R größer als 100 kΩ wird es aber höchst »brenzlig«.



Alles klar? Dann können wir zu einer neuen Art von Schaltung übergehen, die ebenfalls der Impulserzeugung dient.

Ein Treppenhausautomat

Damit ist die Schaltung gemeint, mit der Du von jedem Stockwerk eines Wohngebäudes aus die Treppenhausbeleuchtung für einige Minuten einschalten kannst. Vielleicht schafft diese Aufgabe die Schaltung nach Bild 1? Weitere Taster müßtest Du einfach parallel zum schon eingezeichneten anschließen.



Falls Du Dein elektronisches Wissen selbst testen willst, füllst Du vor dem Aufbau und Ausprobieren der Schaltung die Lücken im nachfolgenden Text aus und streichst die Deiner Meinung nach falschen Aussagen durch! Viel Spaß!

- Bei der gezeichneten Stellung des Tasters T ist der Kondensator C aufgeladen / entladen. Der BC 238 ist gesperrt / durchgesteuert. Deswegen ist der BD 135 und die 2 Lämpchen leuchten / leuchten nicht.
- Wird T nun gedrückt, so wird der Kondensator aufgeladen / entladen. In diesem Augenblick wird die Steuerspannung (= Spannung am Kondensator) Volt. Deshalb wird der BC 238 und der BD 135 Die Lämpchen werden nun
- Solange Du den Taster gedrückt hältst, wird sich nichts ändern. Läßt Du ihn jedoch wieder los, so wird C über kΩ geladen / entladen. Die Lämpchen leuchten voll weiter / ändern ihre Helligkeit sofort / erlöschen sofort.
- Die Steuerspannung beginnt nun zu fallen / zu steigen. Damit sich an den Lämpchen etwas ändert, muß die Steuerspannung auf etwa V steigen. Diesen Wert nennt man
- Nun wird der kritische Bereich durchfahren. Die Lämpchen beginnen zu
- Wenn der kritische Bereich ganz durchfahren ist, werden die Lämpchen voll leuchten / ganz erlöschen. In diesem Augenblick wird die Steuerspannung ungefähr V sein.
- Die Treppenhausbeleuchtung ist nachtriggerbar / nicht nachtriggerbar.

Baue nun die Schaltung auf. Merke Dir die Leuchtzeit der Lämpchen. Das langsame Erlöschen des Lichtes stört doch stark. Längere Leuchtzeiten sind auch nicht drin. Versuche es erst gar nicht. Dein BD 135 könnte es übel nehmen.

Die große Wirkung eines kleinen Widerstandes

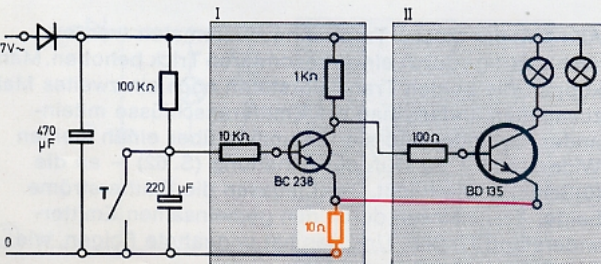
Alle Mängel dieses Treppenhausautomaten werden »schlagartig« durch einen besonderen Trick behoben. Man koppelt die beiden Transistorstufen noch ein zweites Mal zusammen, indem man die Emitteranschlüsse miteinander verbindet und sie zusammen über einen kleinen Widerstand – 10 Ω in der Schaltung (S. 62) – an die (0)Schiene anschließt. Jetzt müssen die Emitterströme beider Transistoren durch den gemeinsamen Emitterwiderstand fließen. Und das hat ungeahnte Folgen, wie Du gleich feststellen wirst.

- Ergänze die Schaltung mit dem gemeinsamen Emitterwiderstand. Sonst ändert sich nichts! Ist das nicht toll, was dieser kleine Schaltungskniff bewirkt: fast doppelte Leuchtdauer und schlagartiges Verlöschen der Lämpchen!

Und so erklärt sich die enorme Zeitverlängerung: Wenn die Lämpchen leuchten, liegt der 10-Ω-Widerstand in Reihe mit der Kollektor-Emitterstrecke des BD 135 und den Lämpchen. Da der BC 238 gesperrt ist, fließt über seine Kollektor-Emitterstrecke kein Strom, und wir brauchen bei der weiteren Betrachtung keine Rücksicht auf diesen Kreis zu nehmen. Der 10-Ω-Widerstand wirkt wie ein Vorwiderstand der Lämpchen. (Sie leuchten deshalb auch nicht ganz so hell, wie Du es gewohnt bist.) Zwischen den Enden dieses Vorwiderstandes könntest Du eine Spannung von etwa 1,5 V messen. Das gilt, solange der Taster betätigt wird und auch während des Ladens von C nach dem Loslassen.

Der 10-Ω-Widerstand liegt aber auch im Steuerkreis des BC 238! Wäre am 10-Ω-Widerstand keine Spannung vorhanden, dann würde der BC 238 nicht mehr voll gesperrt sein, sobald die Spannung am Kondensator über 0,6 V ansteigt. Da am 10-Ω-Widerstand aber eine Spannung von 1,5 V »steht«, ist der BC 238 noch so lange gesperrt, bis die Steuerspannung auf $0,6 + 1,5 = 2,1$ V angestiegen ist. Die Aufladung des »großen C« bis zu diesem Wert dauert, wie Du weißt, sehr viel länger! Durch den Einbau des für beide Transistoren gemeinsamen Emitterwiderstandes wird die Basis »hochgelegt«, sagt der Praktiker.

Die tollste Wirkung des kleinen Emitterwiderstandes ist aber, daß der sich anschließende kritische Bereich wie ein Blitz durchfahren wird: Die Schaltung »kippt« in den Zustand, der vor dem Triggern herrschte, zurück. Und weil sie das sozusagen jeweils nur 1mal tut, wird diese Kippschaltung auch als »Monoflop« (Mono = eins) bezeichnet – sie hat ja nur 1 stabilen Zustand!



Antworten auf im Text gestellte Fragen

Seite 43

$$I_1 = 4,5 \text{ V} : 220 \Omega = 0,02 \text{ A} = 20 \text{ mA}$$

$$I_2 = 4,5 \text{ V} : 100 \Omega = 0,045 \text{ A} = 45 \text{ mA}$$

$$I = I_1 + I_2 = 0,065 \text{ A} = 65 \text{ mA}$$

Seite 45

$$10 \text{ k}\Omega + 10 \parallel 22 \text{ k}\Omega = 17 \text{ k}\Omega$$

$$10 \parallel 22 = 220 : 32 = 6,88 \Omega \approx 7 \Omega$$

$$10 \parallel 47 = 470 : 57 = 8,25 \Omega \approx 8 \Omega$$

$$47 \parallel 100 = 4700 : 147 = 31,97 \Omega \approx 14 \Omega$$

$$22 \parallel 100 = 2200 : 122 = 18,03 \Omega \approx 18 \Omega$$

$$R_v = 7 + 14 = 21 \Omega \text{ bzw. } 8 + 18 = 26 \Omega$$

Seite 52

Anlaufstrom $I_C = 500 \text{ mA}$; erforderlicher Basisstrom $I_B = 500 \text{ mA} : 10\,000 = 0,05 \text{ mA}$.
 $R = U : I_B = 7 \text{ V} : 0,05 \text{ mA} = 140 \text{ k}\Omega$
 Wir wählen sicherheitshalber einen Wert von 100 kΩ.

Seite 53

Der Gesamtwiderstand beträgt jetzt $20 + 100 = 120 \Omega$; 100 Ω sind 5/6 davon. Also beträgt die Höhe von U_S auch nur 5/6 von der Versorgungsspannung, nämlich: $1,5 \cdot 5 : 6 = 1,25 \text{ V}$.

Start auf Befehl – Stop von allein

Bevor Du statt der Lämpchen den Motor anschließt, wird es Dich vielleicht reizen, die Einschaltdauer des Treppenhäusautomaten noch etwas zu verlängern.

- Der erste Trick, der Dir aber im Grunde ja bekannt sein wird, ist die Verwendung von $22\ \Omega$ statt $10\ \Omega$ als gemeinsamer Emitterwiderstand. Das gibt längere Leuchtzeiten, aber leider auch weniger helles Licht. Jetzt ist der Vorwiderstand der Lampen ja auch größer geworden.
- Du kannst auch $147\ k\Omega$ als Ladewiderstand und vielleicht auch $220\ k\Omega$ versuchen. Auf jeden Fall bringt das Verdoppeln des Kondensators auf $440\ \mu F$ noch einiges.

Du solltest auch wissen, wie die Schaltung eines solchen Monoflop für den Motorbetrieb dimensioniert (= Bemessung der Bauelemente) werden muß. Bild 1 zeigt sie.

- Jetzt steht dem Motor wegen des Emitterwiderstandes eine kleinere Spannung als bisher zur Verfügung. Zum Ausgleich verwenden wir statt des Wechsel-Ausgangs den Gleich-Ausgang des Netzgerätes.
- Für den Emitterwiderstand ist $22\ \Omega$ zu hoch. Du verwendest bei Motorschaltungen ausschließlich $10\ \Omega$. Bei schon länger in Betrieb befindlichen Motoren, die manchmal nicht von selbst anlaufen, ist es sogar nötig, $10\ \Omega$ und $22\ \Omega$ parallel zu verwenden. Das ergibt dann etwa $7\ \Omega$.
- Bestücke den RC-Spannungsteiler zunächst mit $22\ k\Omega$ und $220\ \mu F$. Wieviel Sekunden dauert die Kippzeit? Untersuche auch die in der Tabelle angegebenen Kombinationen. Wenn Du höhere $k\Omega$ -Werte für R verwendest als in der Tabelle angegeben, könnten die Transistoren zu heiß werden. Also Vorsicht!

Eine weitere Möglichkeit zur Zeitverlängerung bietet der im Bild gestrichelt eingezeichnete Widerstand R_2 . Setze nacheinander ein: $220\ k\Omega$ – $47\ k\Omega$ – $22\ k\Omega$. Untersuche, wie sich die Größe des zum Steuer-Elko parallel liegenden Widerstandes R_2 auf die Kippzeit auswirkt.

Je kleiner der $k\Omega$ -Wert von R_2 , um so länger wird die Kippzeit des Monoflop, also die Laufzeit des Motors. Das muß so sein, weil ja ein Teil des Ladestroms durch den Wider-

C (μF)	R ($k\Omega$)	R_2 ($k\Omega$)	Kippzeit (sek)
220	22	—	
	47	—	
	69	—	
	100	—	
	147	—	
47	100	—	
440	22	—	
	47	—	
	100	—	
	147	—	
	100	220	
	100	47	
	100	22	

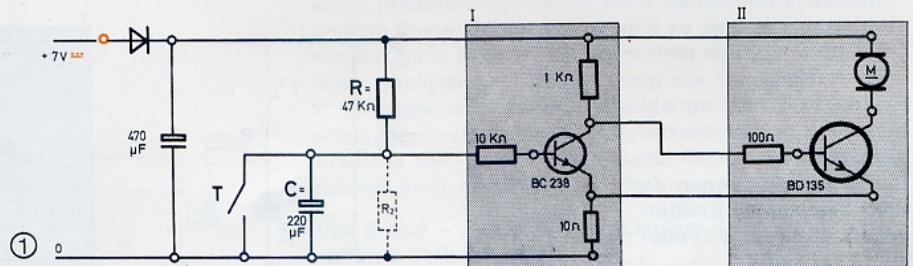
stand am Steuer-Elko vorbeigeleitet wird; deswegen dauert die Aufladung länger, die Sperrspannung am Elko wird später als vorher erreicht und überschritten. Die Verwendung eines solchen Parallelwiderstandes ist ein echter Praktikertrick – Du hast ihn übrigens schon bei einer früheren Eingangsschaltung angewendet (Seite 60); da bewirkte er allerdings das Gegenteil – erinnerst Du Dich?

Noch kleiner als $22\ k\Omega$ darf R_2 jedoch nicht sein. Dann kommt das Monoflop nicht mehr zum Kippen; der Motor läuft immer weiter. Das hängt mit den Spannungsverhältnissen an der Reihenschaltung R – R_2 zusammen, auf die wir aber nicht weiter eingehen wollen.

- Überzeuge Dich davon, daß die Kippzeit des Monoflop erst dann beginnt, wenn der Taster geöffnet wird. Die Laufzeit des Motors hängt also auch davon ab, wie lange der Taster betätigt wird. Benutzt Du einen Öffner statt des gezeichneten Schließers, so läuft der Motor, solange der Taster nicht betätigt ist. Das Öffnen des Kontaktes wirkt sich nicht sofort aus. Du erreichst also eine Ausschaltverzögerung bis zu einigen Sekunden.

Natürlich ist auch dieses Monoflop aus den schon besprochenen Gründen nachtrIGGERBAR. Nicht-nachtrIGGERBARE Monoflops und auch solche, deren Kippzeit schon beim Schließen des Tasters beginnt, kannst Du nur mit größerem Aufwand verwirklichen.

Achtung!
Bei Motorschaltungen darf der gemeinsame Emitterwiderstand nur $10\ \Omega$ oder $10\ ||\ 22\ \Omega$ sein!



Stop auf Befehl – Start von allein

Bei der eben erprobten Monoflop-Schaltung war der Motor während der Kippzeit eingeschaltet. Der Fachmann spricht in diesem Zusammenhang von einem »Ein-Impuls«, der durch das Triggern (in unserem Fall Loslassen des Tasters) ausgelöst wird. Die Länge der Motorlaufzeit spielt dabei nicht die entscheidende Rolle – Hauptsache: keine An- und Auslaufzeiten!

Jetzt wollen wir eine Schaltung untersuchen, die bei Triggerung einen »Aus-Impuls« bewirkt: Der laufende Motor wird gestoppt und läuft am Ende der Kippzeit von allein mit Schnellstart wieder an.

- Bild 1 zeigt die Schaltung. Für die Untersuchung ist es allerdings besser, wenn Du statt des Motors zunächst 2 parallel angeschlossene Lämpchen als Lastwiderstand im Kollektorkreis des BD 135 einsetzt.

- Bestücke das RC-Glied mit 10 kΩ und 220 μF. Laß zunächst den orange gezeichneten 10-kΩ-Widerstand R₂ weg. Betätige kurz den Taster: Die Lämpchen müssen augenblicklich verlöschen und nach etwa 10 Sekunden schlagartig wieder aufleuchten.

- Überzeuge Dich davon, daß bei Nachtriggern die Kippzeit wieder von vorne beginnt.

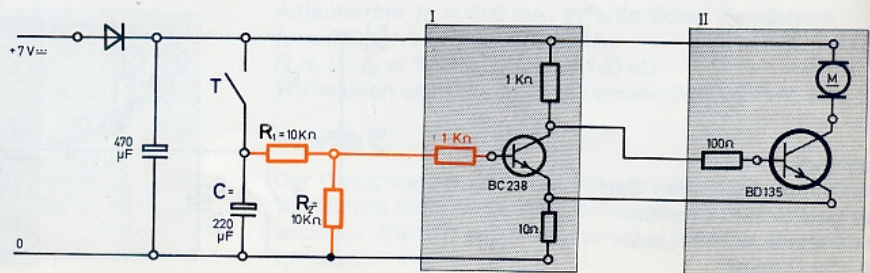
- Überlege bitte, bevor Du es ausprobierst, welchen Einfluß eine Vergrößerung oder Verkleinerung der Kapazität des Kondensators – bei gleichbleibender Größe des Entladewiderstandes R₁ (10 kΩ) auf die Länge der Kippzeit haben wird.

Setze für C ein: 220 || 220 = 440 μF, dann 47 μF, zum Schluß 10 μF. Das Ergebnis wird sicher Deine Vermutung bestätigen.

- Jetzt umgekehrt: Du läßt den μF-Wert des Elko unverändert (z. B. 220 μF) und vergrößerst den Wert des Entladewiderstandes; setze ein für R₁: 22 kΩ – 32 kΩ – 47 kΩ – 57 kΩ – 69 kΩ – 100 kΩ. (Die nicht direkt vorhandenen Werte stellst Du durch Reihenschaltung her.)

Natürlich wird die Kippzeit erwartungsgemäß länger. Aber Du konntest natürlich nicht ahnen, daß die scharfe »Impulsflanke« – wie man die Übergänge von hell nach dunkel und umgekehrt nennt – am Ende des Aus-Impulses bei hohen R-Werten verschwindet. Die Wirkung des Emittierwiderstandes ist dann praktisch aufgehoben!

Achtung!
Bei Motorschaltungen darf der gemeinsame Emittierwiderstand nur 10 Ω oder 10 || 22 Ω sein!



C (μF)	R ₁ (kΩ)	R ₂ (kΩ)	Kippzeit (sek)
220	10	22	
	22	10	
	10	10	
	47	10	
440	47	10	
	47	10	
47	22	10	
	10	10	
	22 10 = 7	10	
	0,470	10	
	10	47	10

- Noch schlimmer wird es, wenn Du die 2 Lämpchen durch den Motor ersetzt. Der Motor stottert beim Wiederanlauf! Möglicherweise läuft er sogar überhaupt nicht an! Möglicherweise läuft er sogar überhaupt nicht an! Möglicherweise läuft er sogar überhaupt nicht an! Vorsicht, Wärmeentwicklung am BD 135 prüfen.

- Jetzt hilft nur noch der schon bei »Ein Druck – Ein Ruck« (Seite 60) angewandte Dreh mit einem zusätzlichen Entladewiderstand. Es ist der im Schaltbild orange eingezeichnete Widerstand R₂. Er liegt parallel zur Emittierstrecke des Transistors. Über ihn entlädt sich der Kondensator vollends, wenn der BC 238 zu sperren beginnt. Diese Zusatzmaßnahme ist nötig, weil die Versorgungsspannung in dem Augenblick »in die Knie« geht, d. h. kleiner wird, wenn durch den Motor Strom fließt. Die Erklärung dieser Erscheinung ist schwierig, wir wollen sie uns ersparen. Es genügt zu wissen, wie man Abhilfe schafft.

In der Tabelle findest Du wieder Vorschläge für die Dimensionierung von C–R₁–R₂, die zur Steuerung des Motors geeignet sind.

- Probiere bitte alle RC-Kombinationen aus und trage die sich jeweils ergebenden Kippzeiten, in denen der Motor stillsteht, in die Tabelle ein. Du hast dann schon einige Werte beisammen und brauchst bei dem nachfolgenden »Handrührer-Modell« nicht mehr lange herumzuprobieren.

Die »blauen Seiten«

bilden den vorläufigen Abschluß des Elektronik-Praktikums mit fischertechnik. Dieser Teil des Anleitungsbuches enthält umfangreichere Modellsteuerungen. Außerdem wird gezeigt, wie Du den Anwendungsbereich schon bekannter und eingehend erprobter Schaltungen mit Hilfe von »Lichtfühlern« (= Fotowiderständen) oder eines fischertechnik-Relais RB II bedeutend erweitern kannst. Diese Möglichkeiten sind so zahlreich, daß hier nur ein ganz kleiner Teil vorgestellt werden kann. Nach erfolgreicher Durchführung der folgenden Schaltungs- und Steuerungsaufgaben hast Du Dich sozusagen »elektronisch freigeschwommen« und brauchst die »Leine« eines ausführlichen Anleitungsbuches nicht mehr.

Viel Erfolg – und natürlich auch viel Spaß – mit den »blauen Seiten«!

Drehzahlüberwachung eines Handrührers

Große Elektromotore würden in kurzer Zeit anfangen zu schmoren und können sogar Brände verursachen, wenn sie durch die zu treibende Maschine zu stark belastet oder gar blockiert werden. Deshalb baut man z. B. in Rühr-, Knet- oder Mahlwerke eine optisch und akustisch warnende »Überlastanzeige« ein; meist wird gleichzeitig auch der Motor automatisch ausgeschaltet. Zur Erprobung des Steuerprinzips begnügen wir uns bei dem nebenstehenden Modell eines Handrührers zunächst mit einer Warnlampe.

- Wichtig ist, daß Du die Naben beim Bau des Modells fest anziehst, damit die Welle nicht durchrutschen kann. Als Rührgut verwendest Du am besten Reis aus der Küche. Je tiefer die Rührschaufeln eintauchen, um so langsamer läuft der Motor. Eine Überlastung ist dann gegeben, wenn die Zeit für 1 Umdrehung des Rührwerks zu lang wird. Wenn der Rührer geblockt wird, wird's kritisch!
- Zunächst einmal muß die Elektronik »merken«, wann 1 Umdrehung erfolgt ist. Zu diesem Zweck setzt Du einen Winkelstein auf einen der Bausteine 15, welche die beiden Drehscheiben miteinander verbinden. Dieser betätigt als Schaltknocken bei jeder Umdrehung den fischertechnik-mini-Taster (Bild 1). Auf diese Weise wird dem das Warnlicht steuernden Monoflop jedesmal präzise »mitgeteilt«, daß der Rührer gerade wieder 1 Umdrehung vollendet hat.
- Als Quelle für die Versorgungsspannung der Elektronik benutzt Du jetzt den Wechsel-Ausgang des Netzgerätes, weil an den Gleich-Ausgang der Motor angeschlossen wird.
- Als Warnanlage verwendest Du 2 parallel geschaltete Lämpchen. (Du kannst aber auch eine fischertechnik-Lampe nehmen und sie am Gestell des Handrührers montieren, wie es in der Praxis ja auch gemacht wird.)
- Das Arbeitsprinzip der Schaltung ist leichter ohne Verwendung von Reis zu durchschauen. Du läßt den Motor einfach durch Zurückdrehen des Netzgerätes langsamer laufen.
- Lege die Elektronik an die Versorgungsspannung, ohne gleich den Motor einzuschalten. Die Warnlampe wird ständig leuchten (sofern der Schaltknocken nicht zufällig gerade den mini-Taster betätigt). Dieses »Signal« entspricht bei tatsächlichem Rührbetrieb: »Schnell abstellen – Motor ist blockiert!«

Bei geöffnetem Taster ist der Elko leer, weil er nicht angeschlossen ist. Der BC 238 ist somit gesperrt, und der BD 135 ist daher voll durchgesteuert – die Lämpchen leuchten.

- Laß nun den Motor »mit voller Pulle« laufen. Beobachte die Tasterbetätigungen durch den Schaltknocken. Jetzt dürfen die Lämpchen nicht zum Leuchten kommen. Sollten sie kurz aufleuchten, dann vergrößere R auf 22 k Ω .
- Vermindere die Drehzahl des Motors durch Zurückdrehen des Netzgerät-Drehknopfes. Jetzt müssen die Lämpchen bei jeder Umdrehung des Rührers mehr oder weniger lang aufleuchten. Wenn nicht, dann verkleinere R auf 7 k Ω durch Parallelschalten des 22-k Ω -Widerstandes zu 10 k Ω .

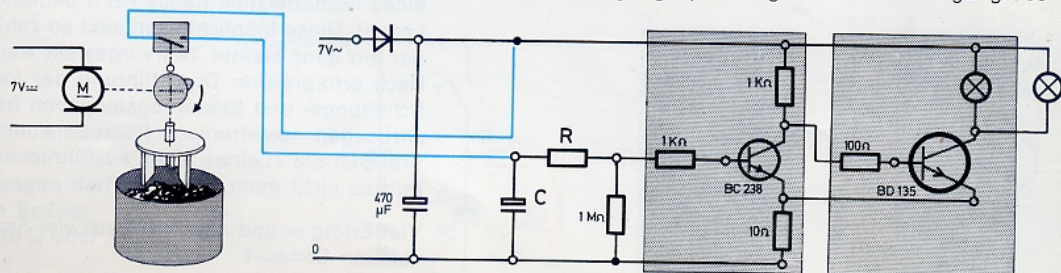
Das Warnlicht wird also von einem nachtriggerbaren Monoflop gesteuert. Das Monoflop gibt Aus-Impulse. Läuft der Motor schnell genug, dann wird das Monoflop immer wieder nachgetriggert, bevor die Kippzeit zu Ende gegangen ist. Das Licht bleibt aus. Läuft der Motor aber zu langsam (= Überlastung), dann wird das Monoflop nicht früh genug nachgetriggert; das Licht leuchtet immer wieder kurz auf! Raffiniert, was?

- Wenn Du jetzt gern Deinen Reis rühren möchtest, solltest Du die Werte für den Entladewiderstand R und den Elko C so wählen, daß das Warnlicht bei jeder Umdrehung kurz aufblinkt, wenn der Rührer tief in den Reis eintaucht. Durch Parallelschaltung von Elkos sowie durch Parallel- bzw. Reihenschaltung von Schichtwiderständen kannst Du die Kippzeit sehr fein einstellen. Sollten die Naben auf der Antriebsachse durchrutschen, dann gibt es Dauerlicht.

Der Motor wird automatisch abgeschaltet

Sicherer als jede Warnung ist es natürlich, wenn der Motor des Rührwerks im Falle der Gefahr automatisch ausgeschaltet wird. Zu diesem Zweck muß die Schaltung so geändert werden, daß daraus ein nachtriggerbares Monoflop mit Ein-Impuls wird, das den Motor direkt steuert. Am Modell lockerst Du die beiden Naben der Drehscheiben so weit, daß sie bei starker Belastung des Rührers (= zu tiefes Eintauchen in den Reis) auf der Welle durchrutschen. Dieser »Schlupf« soll zur automatischen Abschaltung des Motors führen.

- Die neue Schaltung zeigt Bild 2. Weil der Motor nun im Kollektorkreis des BD 135 liegt, muß Du die Versorgungsspannung vom Gleich-Ausgang des

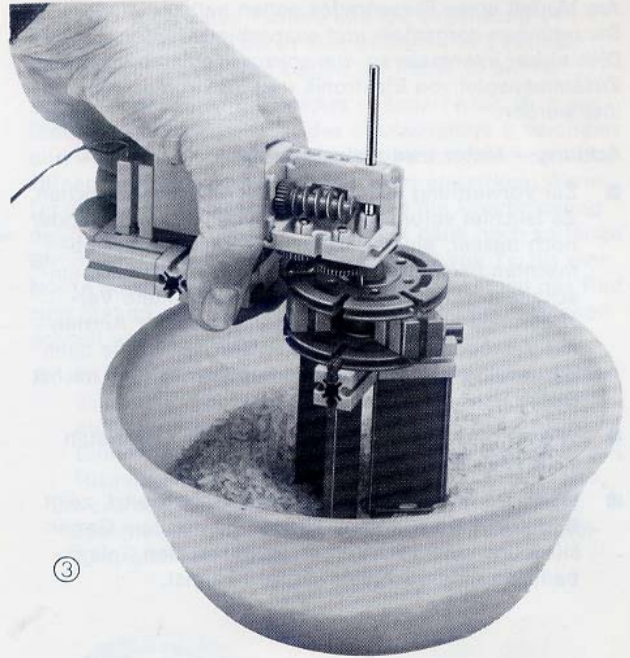


①

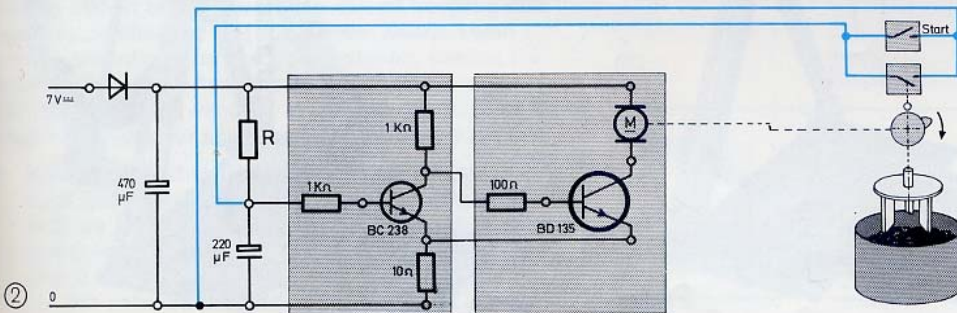
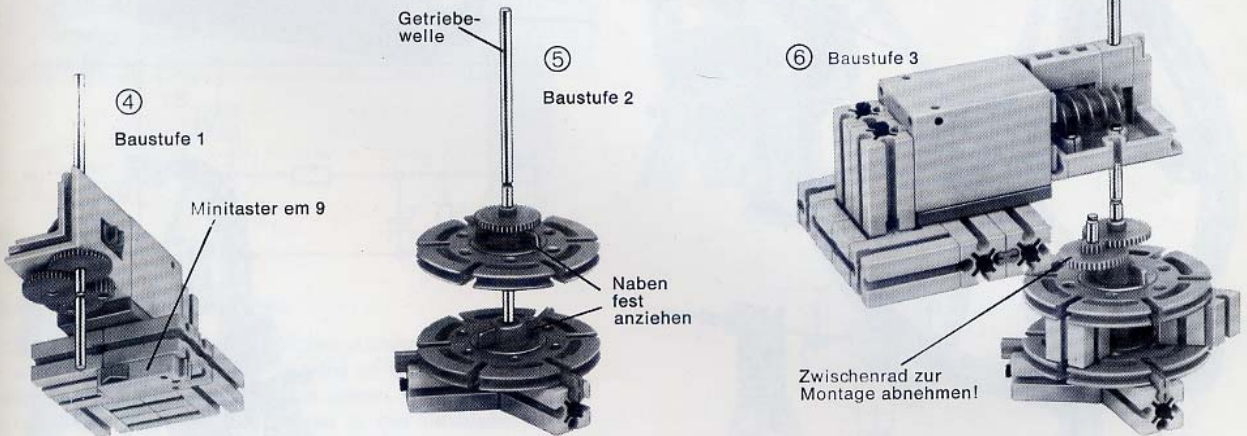
Netzgerätes abnehmen. Der Widerstand R wird jetzt als Ladewiderstand für den Elko verwendet; beide zusammen bestimmen die Dauer der Kippzeit, während der der Motor eingeschaltet ist. Den ersten Trigger-Impuls gibst Du mit dem Start-Taster. Automatisch nachgetriggert wird wieder mit dem fischertechnik-mini-Taster, der vom Schaltknocken betätigt wird.

Den parallel zum Nachtrigger-Taster liegenden Start-taster kannst Du entweder am Modell selbst anbringen oder auf der Experimentierplatte montieren.

- Die Kippzeit muß Du so wählen, daß das Monoflop bei Überlast, d. h. bei Schlupf der Rührerschaukel gegenüber der Antriebswelle, nicht früh genug nachgetriggert wird. Dann stoppt der Motor sofort. Das Ausprobieren der richtigen Werte für den Ladewiderstand R ist hierbei schwieriger als bei der zuletzt erprobten Schaltung, weil sich eine von der unterschiedlichen Belastung des Motors verursachte Änderung der Versorgungsspannung jetzt auch auf die Kippzeit auswirkt. Deshalb reagiert das Modell nur sicher auf Schlupf zwischen Scheiben und Welle. Bei bombenfest angezogenen Naben könnte es sein, daß die Kippzeit bei Überlastung so lang wird, daß der gewünschte Erfolg nicht eintritt. Am besten beginnst Du mit $R = 10 \text{ k}\Omega$ und $C = 220 \mu\text{F}$.



③



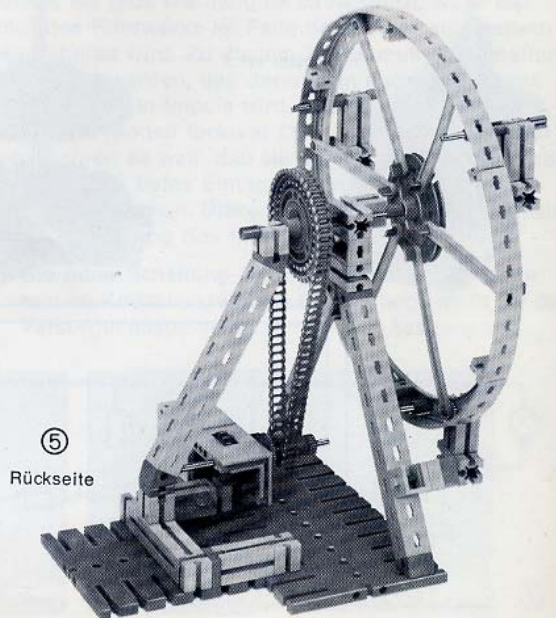
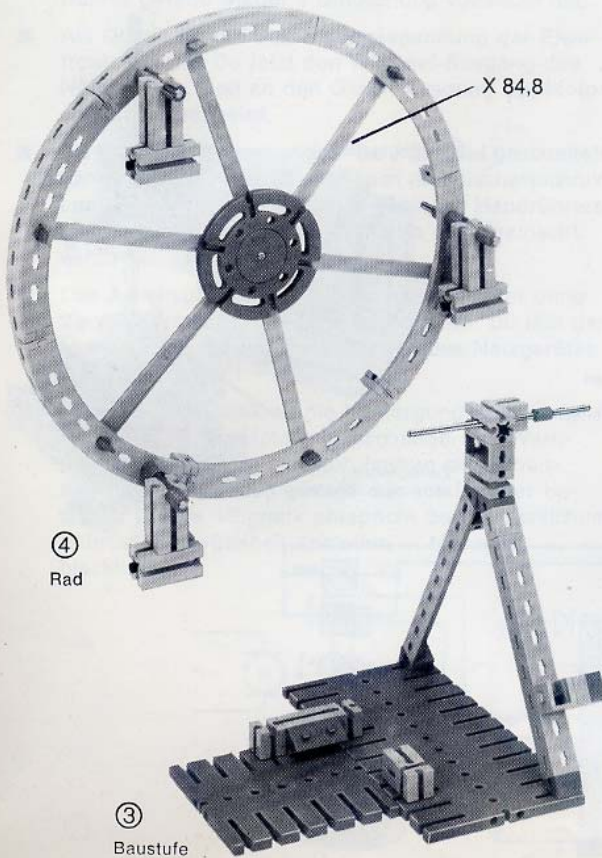
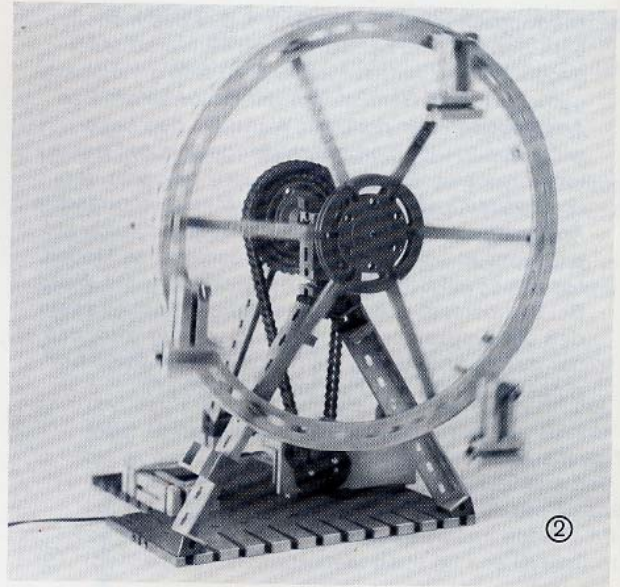
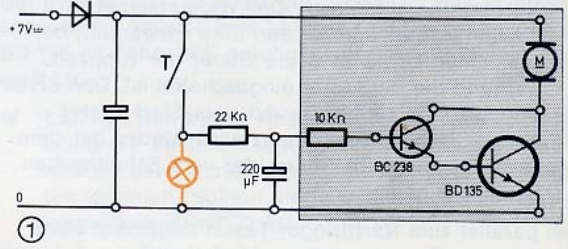
②

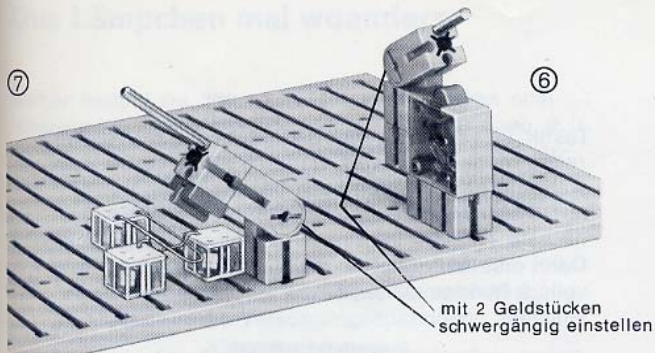
Die Steuerung eines Riesenrades

Am Modell eines Riesenrades sollen halbautomatische Steuerungen dargestellt und ausprobiert werden. Es wird Dich sicher interessieren, wie solche Probleme durch das Zusammenspiel von Elektronik und Elektromechanik gelöst werden.

Achtung – Motor wird gleich anlaufen!

- Zur Vorwarnung dient am Modell ein Kugellämpchen. Es leuchtet sofort auf, wenn Du den Taster T – oder noch besser, einen nach Bild 6 zum Schalter gemachten fischertechnik-Taster – betätigt bzw. einschaltest. Die gleichzeitig miteingeschaltete Verzögerungs-Elektronik sorgt dafür, daß der Antrieb mit Verzögerung und weich anfährt. Es ist die beim Karussell schon erprobte Darlingtonschaltung nach Bild 1.
- Wie wird es sich auswirken, wenn Du 47 kΩ statt 22 kΩ für den Ladewiderstand einsetzt?
- Wenn Du keinen fischertechnik-Taster besitzt, zeigt Bild 7, wie Du aus Kontaktfeder, gekrümmtem Gegenstück und einem schwergängig gemachten Gelenkbaustein einen Schalter machen kannst.



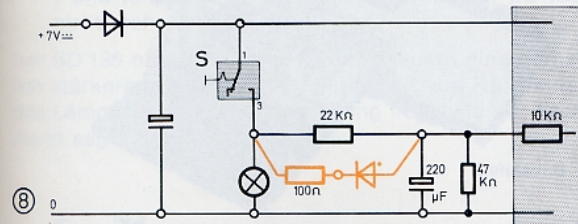


Nur der Start soll verzögert werden

Das bei dieser Schaltung automatisch auftretende, verzögerte und allmähliche Auslaufen des Riesenrades ist nun keineswegs erwünscht: Die Gondeln müssen ja stets zum Ein- und Aussteigen exakt an einer bestimmten Stelle anhalten! Hier hilft der Einsatz einer Diode!

- Du setzt sie nach Bild 8 parallel zum Ladewiderstand von 22 kΩ ein. Die Kathode muß zum Lämpchen hinzeigen! Beim Laden des Steuer-Elko bleibt die Diode wirkungslos. Nach dem Öffnen des Schalters wirkt der Elko als Quelle. Da der (+)Anschluß der Diode jetzt zum (+)Pol dieser Quelle zeigt, kann der Entladestrom durch die Diode abfließen. Deswegen entlädt sich der Elko – statt langsam über den Darlington – sehr schnell über Diode, 100-Ω-Schutzwiderstand und Lämpchen.

- Den Trick mit dem 47-kΩ-Parallelwiderstand kennst Du ja. Was ändert sich, wenn Du den 47-kΩ- und den 22-kΩ-Widerstand miteinander vertauschst?



Stellungsrichtiges Abschalten

Anfahrwarnung, verzögert-weiches Anfahren, Schnellstop – alles klappt jetzt. Trotzdem wird es Dir nur selten gelingen, das Riesenrad so anzuhalten, daß eine Gondel für den Ein- und Ausstieg genau in der untersten Stellung stehen bleibt. Wir wollen diesen Vorgang deswegen automatisieren. Da für diesen Zweck keine weiteren Monoflops zur Verfügung stehen, nimmst Du Taster, Schalter und fischertechnik-Schaltscheiben zu Hilfe. Das dabei verwendete Prinzip entspricht dem für Autoscheibenwischer angewendeten Verfahren.

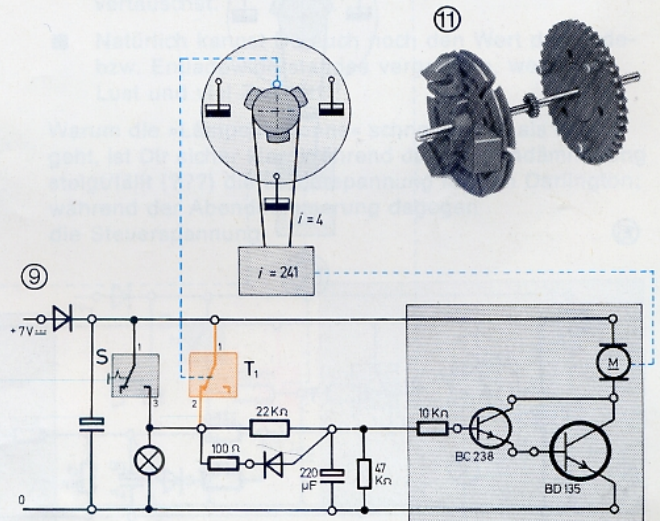
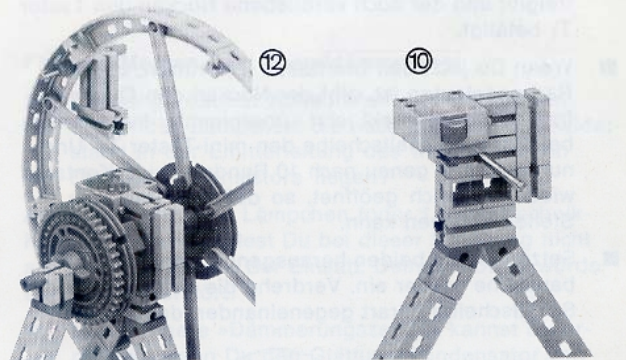
- Schließe zunächst einen fischertechnik-Taster T_1 nach Bild 9 parallel zum Schalter S an. Dieser Taster muß als Öffner arbeiten (Buchsen 1 und 2). Die gestrichelte Linie rechts im Bild 9 besagt, daß der Motor das Riesenrad über das Stufengetriebe mit $i = 241$ antreibt. Die andere gestrichelte Linie auf

der linken Seite bedeutet, daß der Taster T_1 von 3 Nocken auf der Antriebswelle des Rades beim Vorbeilauf kurz betätigt wird.

- Den Einbau des Tasters und die Ergänzung des Zahnrades Z 40 durch eine Scheibe mit 3 Winkelsteinen als Nocken zeigen die Fotos 10 bis 12.

Da Du an der Elektronik nichts geändert hast, läuft das Riesenrad nach Schließen des Startschalters S verzögert und weich an. So lange S geschlossen ist, kann sich das Öffnen von T_1 durch die Nocken nicht auswirken. Wenn Du den Schalter jedoch öffnest, wird die Überbrückung des Tasters T_1 aufgehoben. Es fließt dann noch so lange Strom über den geschlossenen Kontakt von T_1 , bis eine Nocke auch diesen Kontakt öffnet. Sofort kommt das Rad zum Stehen, weil ja der Elko über Diode und Lämpchen schnell entladen wird.

- Wichtig ist, daß die Winkelstein-Nocken den Taster T_1 so lange betätigen, bis der Motor tatsächlich stillsteht. Achte also auf ihre richtige Lage beim Einbau! Notfalls vermindere die Geschwindigkeit des Riesenrades durch Zurückdrehen des Netzgerätes. Verdrehe die Nockenscheibe derart gegen das Riesenrad, daß die Gondeln in der untersten Stellung stehen bleiben.

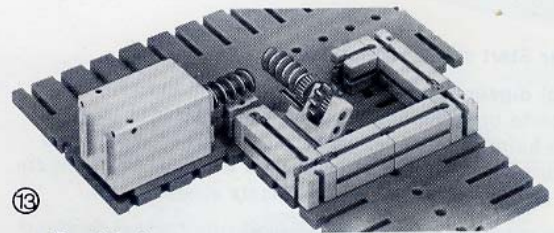


Abschalten nach 10 Runden

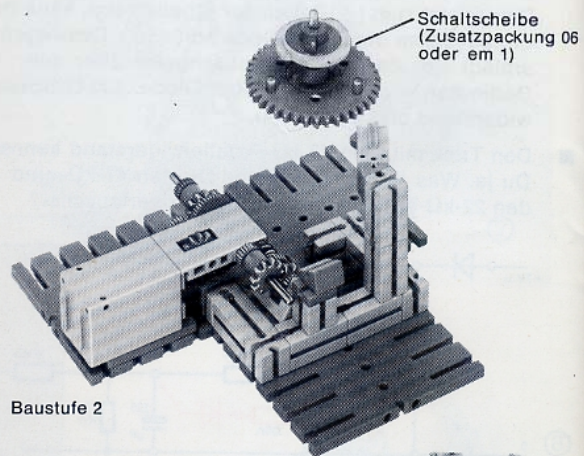
Die Automation kann aber noch weiter verbessert werden: Nach einer Runde zum Ein- und Aussteigen soll das Rad anschließend noch 9 Runden ohne Pause durchlaufen und dann von selbst zum Stehen kommen. Ein vollständiger »Durchgang« umfaßt also 10 Runden.

- Ergänze das Modell durch ein Zusatzgetriebe mit $i = 40$ (Bilder 13 bis 16). Es besteht aus dem Getriebehalter mit Schnecke und Zahnrad Z 10 sowie einer Achse 60, auf der ein Zahnrad Z 40 sitzt.
- Auf dieser Achse ist außerdem eine fischertechnik-Schaltscheibe befestigt. Setze sie so zusammen, daß der von ihr betätigte mini-Taster T_2 nur ganz kurz freigegeben wird. Statt des Schalters verwendest Du jetzt einen Starttaster T_3 , mit dem die Elektronik getriggert wird. T_2 und T_3 werden parallel zu T_1 angeschlossen.
- Nimm zur ersten Erprobung 2 Winkelsteine aus der Nockenscheibe heraus. Stelle die Schaltscheibe so ein, daß sie T_2 eben niederdrückt. Nach dem Einschalten des Netzgerätes wird der Motor so lange laufen, bis die Schaltscheibe den mini-Taster T_2 freigibt und der noch verbliebene Nocken den Taster T_1 betätigt.
- Wenn Du jetzt den Starttaster T_3 drückst, bis das Rad angelaufen ist, gibt der Nocken den Öffner T_1 frei, dessen Kontakt jetzt »übernimmt«; kurz danach betätigt die Schaltscheibe den mini-Taster T_2 . Und nun sind erst genau nach 10 Runden beide Kontakte wieder zugleich geöffnet, so daß das Rad zum Stehen kommen kann.
- Setze nun die beiden herausgenommenen Winkelbausteine wieder ein. Verdrehe die beiden Teile der Schaltscheibe derart gegeneinander, daß der mini-

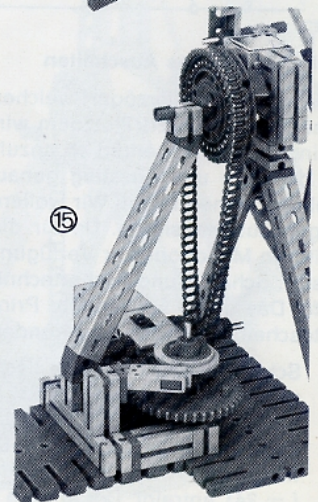
Taster T_2 während genau 1 Umdrehung des Riesenrades freigegeben wird. Dadurch erreichst Du, daß während der 1. Runde nach dem Triggern mit T_3 nur eine Drittelumdrehung ausgeführt wird. Auf das nächste Triggern folgt nochmals eine Drittelumdrehung. Dann erst läuft das Rad nach erneutem Triggern volle 9 Runden weiter, bevor es von allein wieder stillsteht.



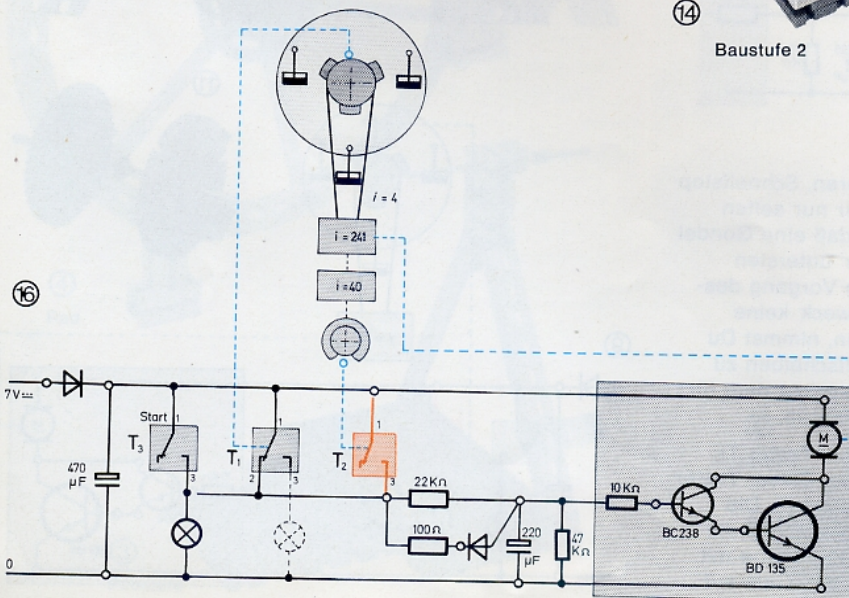
13
Baustufe 1
Zum Einbau der Schnecke
Stufengetriebe abnehmen



14
Baustufe 2



15



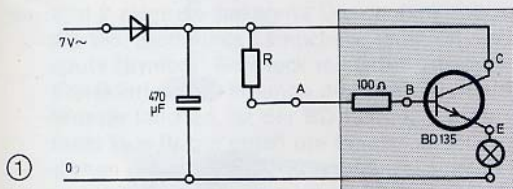
16

Das Lämpchen mal woanders

Bisher hattest Du den Lastwiderstand – eines oder mehrere Lämpchen bzw. den Motor – immer oben, d. h. zwischen (+)Schiene und Kollektor des BD 135 angeschlossen. Wo steht geschrieben, daß es unten, d. h. zwischen Emitter und (-)Schiene, nicht angeschlossen werden darf?

■ Bild 1 zeigt die Schaltung. Vergiß nicht den 100-Ω-Schutzwiderstand! Benutze den Wechsel-Ausgang als Quelle für die Versorgungsspannung.

■ Verbinde den Eingang A der Transistorstufe zuerst mit der (+)-, danach mit der (-)Schiene: Kein Unterschied zu »Lämpchen oben«, wirst Du feststellen.

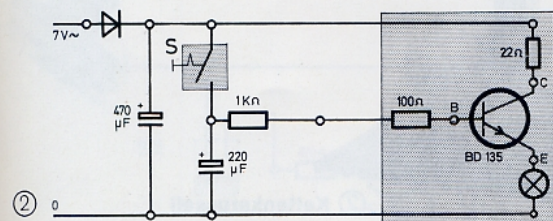


- Erinnerst Du Dich an den Versuch »Steuerstrom und Steuerwiderstand«? Diesen Versuch wollen wir in ähnlicher Form auch für »Lämpchen unten« durchführen.
- Setze für R der Reihe nach 1 kΩ – 10 kΩ – 22 kΩ – 47 kΩ ein. Probiere auch Werte zwischen 1 und 10 kΩ aus. Bei welchem Wert ist der BD 135 nicht mehr voll durchgesteuert?

Der BD 135 braucht also zum Durchsteuern einen erheblich stärkeren Basisstrom (kleiner Wert von R!), wenn das Lämpchen in der Emitterleitung liegt, wie der Fachmann sagt.

Interessant ist auch folgender Versuch:

- Steuere die Stufe nach Bild 2 in der bekannten Weise mit der Entladespannung eines Elko an. Statt eines Tasters kannst Du wieder einen Schalter benutzen. Der 22-Ω-Widerstand in der Kollektorleitung sorgt lediglich dafür, daß der BD 135 beim Schließen von S voll durchgesteuert wird.



- Wie lange dauert es, bis das Lämpchen nach Öffnung des Schalters völlig erloschen ist? »Das sind schon Darlington-ähnliche Zeiten«, könnte man sagen! Wie ist es mit Nachleucht- und Verlöschzeit?
- Damit der Unterschied zu »Lämpchen unten« ganz deutlich wird, solltest Du das Lämpchen noch einmal in die Kollektorleitung einsetzen, den Emitter mit der (0)Schiene verbinden und den Versuch wiederholen. (Der 22-Ω-Widerstand ist dabei nicht nötig.)

Beim Nachleuchten (= Transistor voll durchgesteuert) und beim Verlöschen (= Durchfahren des kritischen Bereichs) ist es ein enormer Unterschied, ob der Lastwiderstand in der Kollektor- oder in der Emitterleitung liegt. In letzterem Fall dauert es erheblich länger, bis der kritische Bereich durchfahren ist. Du kannst Dir denken, daß dieser Sachverhalt große Bedeutung für viele elektronische Schaltungen hat!

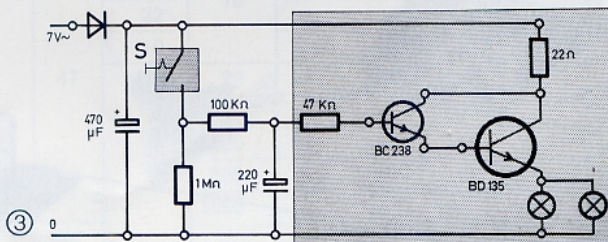
Fast wie Morgen- und Abenddämmerung!

- Wie lange dauern Aufleuchten und Verlöschen der beiden Lämpchen, die nach Bild 3 als Lastwiderstand in der Emitterleitung des wohlbekannten Darlington-Transistors liegen?

Achtung! Mehr als 2 Lämpchen (oder 1 fischertechnik-Kugellämpchen) solltest Du bei dieser Schaltung nicht als Last verwenden. Bei Einsatz Deines Motors würde der BD 135 zerstört!

- Noch längere »Dämmerungszeiten« kannst Du erreichen, wenn Du den Glättungskondensator von 470 µF und den Steuer-Elko von 220 µF miteinander vertauschst.
- Natürlich kannst Du auch noch den Wert des Lade- bzw. Entladewiderstandes vergrößern, wenn Du Lust und viel Zeit hast!

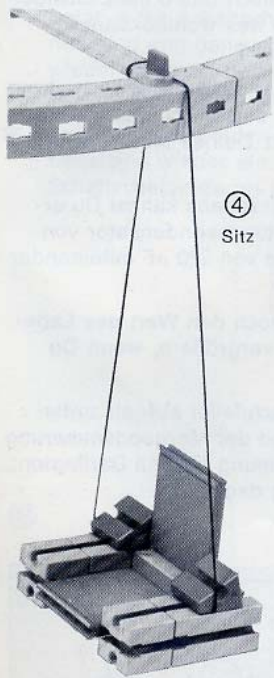
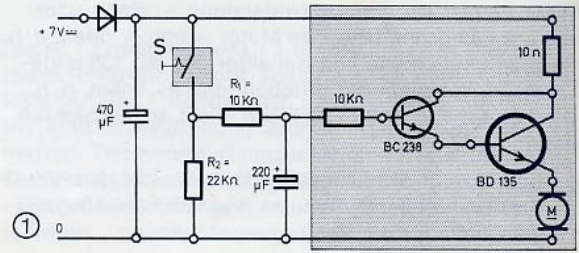
Warum die »Lämpchensonne« schneller auf- als untergeht, ist Dir sicher klar: Während der Morgendämmerung steigt/fällt (???) die Steuerspannung für den Darlington; während der Abenddämmerung dagegen die Steuerspannung.



Start und Stop – besonders weich!

Mit der eben erprobten Darlington-Schaltung kannst Du auch den Motor steuern. Dazu muß allerdings dafür gesorgt werden, daß der kritische Bereich wesentlich schneller durchfahren wird – sonst wird's gefährlich für den BD 135! Außerdem braucht man derart langsam an- und auslaufende Motore praktisch nie.

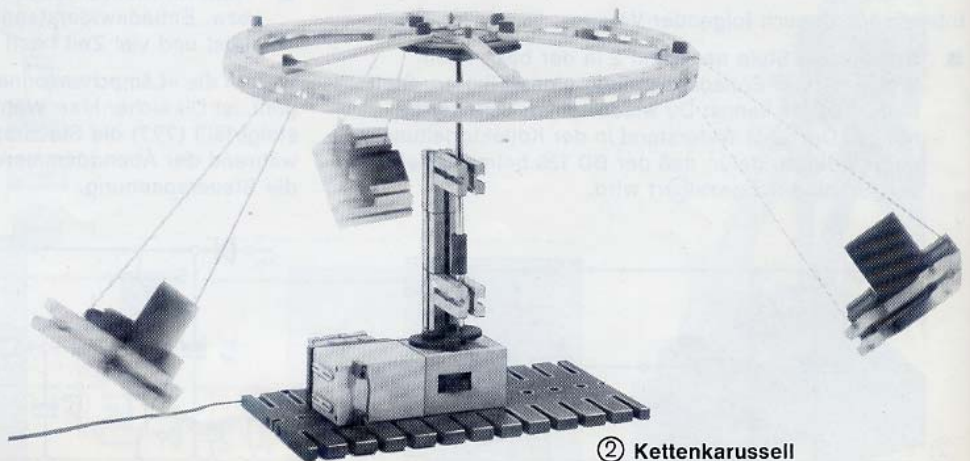
- Die für den Transistor BD 135 gerade noch zulässigen An- und Auslaufzeiten des Motors erhältst Du mit den im Bild 1 angeschriebenen Werten für R_1 und R_2 .
- Das nebenstehend abgebildete komfortablere Modell eines Kettenkarussells eignet sich ideal zum Ausprobieren der Schaltung. Wenn Du genügend Bausteine hast, wirst Du es sicher noch größer machen.
- Für den Betrieb eignet sich ein Schalter natürlich besser als ein Taster.
- **Achtung!** Da Du den Gleich-Ausgang als Quelle benutzt, muß Du nach jedem »Durchgang« eine Pause von 1 Minute einlegen, damit der Transistor Zeit hat, um sich wieder abzukühlen! Mit dem Wechsel-Ausgang als Quelle könnte der Motor unter Umständen nicht von selbst anlaufen. Prüfe auf alle Fälle mit dem Finger die Temperatur des BD 135.
- Vertausche R_1 mit R_2 . Warum wird der Transistor bei dieser Kombination weniger warm?



④
Sitz

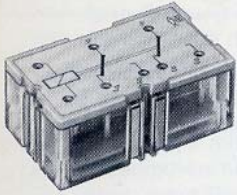


Baustufe ③

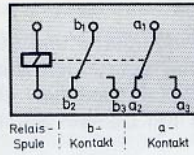


② Kettenkarussell

Überlaufanzeige mit Relais



①



Falls Du noch kein fischertechnik-Relais (Bild 1) besitzt, solltest Du Dir dieses (Zusatzpackung em 10) unbedingt anschaffen! Ein Relais eröffnet ungeahnte Möglichkeiten zur Steuerung von Modellen. In der Packung findest Du eine ausführliche Betriebsanleitung und alle wichtigen technischen Angaben (Daten).

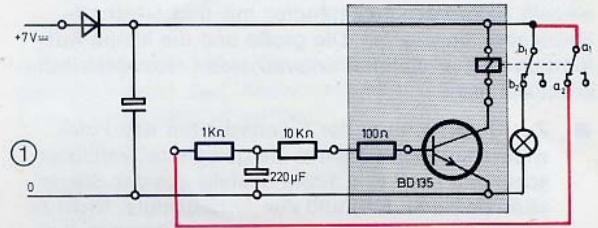
- Bild 2 zeigt die bekannte Überlaufanzeige mit dem BD 135. Statt eines Lämpchens legst Du die Relaispule (Symbol: Rechteck mit Schrägstrich) in die Kollektorleitung. Solange die Elektroden nicht ins Wasser tauchen, ist der BD 135 gesperrt, und es fließt kein Strom durch die Relaispule. Dann bestehen die auf der Deckplatte gezeichneten Kontaktverbindungen. Das schwache Leuchten des Lämpchens zeigt an, daß die Überlaufanzeige eingeschaltet ist.
- Im gleichen Moment, in dem der Transistor beim Eintauchen der Elektroden durchgesteuert wird und Strom durch die Relaispule fließt, werden die beiden voneinander unabhängigen Wechselkontakte des Relais betätigt: Das Lämpchen erlischt, und die Motorklapper schlägt Alarm.

Die Vorteile der Steuerung der Anzeigergeräte durch ein Relais liegen auf der Hand:

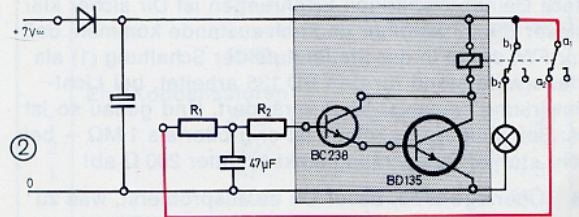
- Du kannst für die Versorgung der Elektronik und der »Last« verschiedene Quellen benutzen. In unserem Fall »hängen« der Motor am Gleich- und die Elektronik am Wechselausgang des Netzgerätes.
- Das bei dieser Anwendung störende Durchfahren des kritischen Bereichs wird in den von Kontakten des Relais gesteuerten Stromkreisen vermieden. Das Relais arbeitet wie eine Triggerschaltung!
- Durch Umstecken der Verbindungsleitungen an den Wechselkontakten kannst Du aus der Überlauf- eine Trockengeh-Anzeige machen – ohne Änderung der Elektrodenanschlüsse! Wie das möglich ist, wirst Du bestimmt selber herausfinden.

Kurze Blitze – lange Pausen

Die folgende Schaltung (1) mit Elektronik und Relais arbeitet als Kippgenerator mit ganz kurzzeitigem Anziehen des Relais. Die Pausenzeit bestimmt die Elektronik.

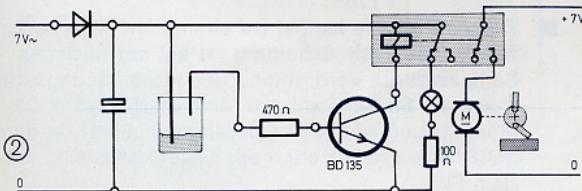


Gleichzeitig mit dem Anschalten des Lämpchens wird der Elko über a_1-a_2 , die rote Leitung und $1\text{ k}\Omega$ aufgeladen und der Transistor durchgesteuert; das Relais zieht, und das Lämpchen erlischt. Gleichzeitig wird die (rote) Verbindung zum Elko unterbrochen. Der Elko entlädt sich jetzt so lange über den BD 135, wie »der Vorrat reicht«. Kurz vor dem Sperren des Transistors ist der Strom durch das Relais so gering geworden, daß es »abfällt«. (Das kannst Du sehr schön beobachten, wenn Du ein Lämpchen parallel zur Relaispule schaltest!) Und nun beginnt der »Kippvorgang« wieder von vorn. Richtig interessant aber wird es erst mit dem Darlington-Transistor nach Bild 2!



- Probiere der Reihe nach die in der Tabelle angegebenen Werte für R_1 und R_2 bzw. C aus. Notiere die sich ergebenden Zeiten – vor allem der Pausen.

C (µF)	R ₁ (kΩ)	R ₂ (kΩ)	Leuchtzeit (sek)	Pause (sek)
100	10	100		
		47		
		22		
		10		
47	10	22		
		47		
		100		
		220		
		1000		
220		1000		



Ein elektronisches Auge



Ein Fotowiderstand (FW) ist ein »elektronisches Auge«, das empfindlich auf einfallendes Licht reagiert; das deutet die beiden auf den FW zuweisenden Pfeile im Schaltzeichen an. Vielleicht besitzt Du bereits einen fischertechnik-Fotowiderstand samt den unbedingt dazu nötigen schwarzen Störlichtkappen. Du kannst sie einzeln beim nächsten Händler mit fischertechnik-Servicebox beschaffen. Die große und die kleine Ausführung (siehe Titelbild) unterscheiden sich elektrisch praktisch nicht.

Fotowiderstand und Störlichtkappen mit verschiedenen großen Bohrungen sind im Baukasten ec 1 und im IC-Digital-Praktikum enthalten; einzeln erhältst Du alles bei Deinem Service-Händler.

- Zur Untersuchung der Eigenschaften des Fotowiderstandes (FW) dient die gewohnte Transistor-schaltung nach Bild 1. Sie besteht aus der Steuerstufe (mit dem FW) und der Anzeigestufe. Nicht zu vergessen ist die Stromversorgung (Netzgerät + Diode + Elko). Die folgenden Versuche machst Du am besten im verdunkelten Zimmer mit einer Tischleuchte als Lichtquelle.
- Montiere auf einer Grundplatte den FW mit vorgesetzter 4-mm-Störlichtkappe mit Hilfe eines Gelenkbausteins – falls vorhanden, mit rotem Zapfen. Richte das Ganze auf die Tischleuchte aus. Beim Einschalten der Tischlampe wird auch das Lämpchen aufleuchten. Decke den FW schnell mit der Hand ab – das Lämpchen wird augenblicklich verlöschen.
- Decke jetzt den FW ganz allmählich mit der Hand ab und gib ihn ebenso langsam wieder frei. Auch das Lämpchen wird entsprechend allmählich verlöschen und aufleuchten.

- Überzeuge Dich nun, daß Deine Überlegung richtig ist.

Sicher hattest Du die »Signalumkehr« erwartet und warst nicht weiter erstaunt, daß das Lämpchen jetzt bei abgedecktem Fotowiderstand aufleuchtet und erlischt, wenn er freigegeben wird. Jetzt kannst Du Lichtschranken für alle Zwecke bauen. Bei Benutzung einer fischertechnik-Linsenlampe (Anschluß an Wechsel-Ausgang) anstelle der Tischleuchte und Vorsetzen einer Störlichtkappe mit 1,0–2,5–4 mm Bohrung erhältst Du Lichtschranken für den Modellbau, die sich durch den möglichen Abstand zwischen Linsenlampe und FW unterscheiden.

- Wie weit entfernt von der Linsenlampe kann der Fotowiderstand mit den drei verschiedenen Kappen jeweils aufgestellt werden?

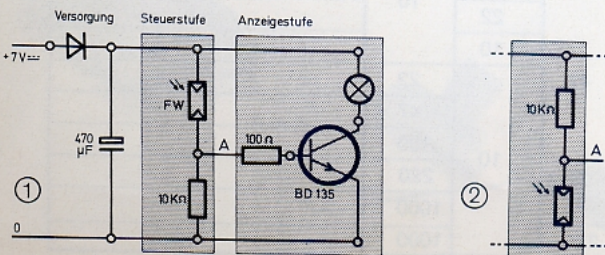
Nach Deinen bisherigen Erfahrungen ist Dir sicher klar: Dieser Effekt kann nur dadurch zustande kommen, daß der FW, der ja in der Steuerstufe der Schaltung (1) als Steuerwiderstand für den BD 135 arbeitet, bei Licht-einwirkung seinen Ω -Wert verändert. Und genau so ist es: Bei völliger Dunkelheit ist er größer als $1\text{ M}\Omega$ – bei sehr starker Beleuchtung sinkt er unter $200\ \Omega$ ab!

- Überlege bitte, bevor Du es ausprobierst, was zu erwarten ist, wenn Du FW und $10\text{-k}\Omega$ -Widerstand miteinander vertauschst. Dann ist der FW der untere Widerstand der Steuerstufe, siehe Bild 2. (Denke an die Versuche mit der Wasserstrecke. Je nachdem ob die Wasserstrecke als »oberer« oder »unterer« Widerstand der Steuerstufe benutzt wurde, gab es eine Überlauf- oder eine Leckanzeigeschaltung.)

Schalten mit Licht

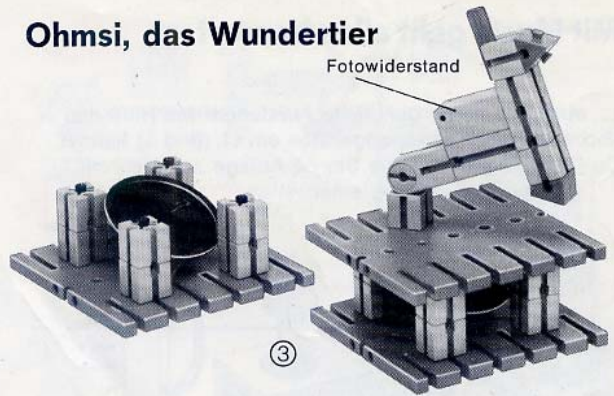
Bei vielen technischen Anwendungen darf sich ein langsames Durchfahren des kritischen Bereichs nicht auf den Lastkreis der Transistorstufe auswirken. Der Transistor muß entweder voll durchgesteuert oder ganz gesperrt sein. Das ist z. B. auch bei der automatischen Steuerung der Straßenbeleuchtung nötig: Sie muß ausgehen, wenn es hell wird, und eingeschaltet werden, wenn's dunkel wird.

- Dieses Problem kannst Du einmal mit Hilfe eines Relais lösen. Die Schaltung (1) auf der nächsten Seite zeigt die Verdrahtung des »Dämmerungsschal-trus«. Als Sonne dient z. B. eine Tischleuchte. Die Morgen- und Abenddämmerung simulierst Du durch ganz langsames Drehen des Gelenkbausteins mit dem FW.



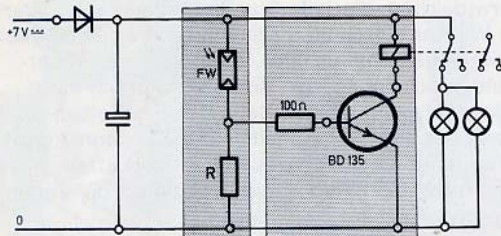
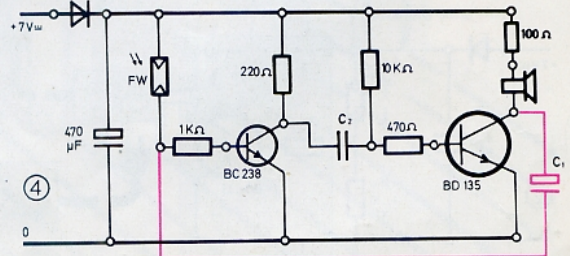
Ohmsi, das Wundertier

Fotowiderstand



- »Ohmsi« ist das hundeähnliche Gebilde (Bild 3) aus fischertechnik-Bausteinen und einem Fotowiderstand, auf den durch das Loch eines Bausteins 30 Licht fallen kann. Im Kasten darunter ist der Lautsprecher. Das Unikum wirkt lebendiger, wenn Du es in einiger Entfernung von der Elektronik aufstellst.
- Die Schaltung (4) ist der Kippgenerator von Seite 39, bei dem jetzt der FW als Steuerwiderstand für den BC 238 arbeitet. Du wirst Dir sicher schon denken können, daß die folgenden Versuche nur Spaß machen und keinen technischen »Nährwert« haben.
- Setze für C_1 und C_2 je einen 100-nF-Kondensator ein. Verdunkle das Zimmer – und nun kann die Dressur bzw. die Vorführung beginnen.
- Beleuchte Ohmsi von vorn, von der Seite, von oben; nimm dazu eine Taschenleuchte, eine Kerze, ein Streichholz. Bewege die Lichtquelle auf Ohmsi zu und von ihm weg. Schalte zusätzlich eine Tischleuchte ein. Streichle Ohmsi, wenn er von oben beleuchtet wird; er wird sich erkenntlich zeigen. (Der Kunststoff des FW-Bausteins ist nämlich etwas lichtdurchlässig.)
- Mit $C_1 = 10 \mu\text{F}$ wird Ohmsi knurriger – mit 47 nF dagegen musikalischer; Du kannst ihn mit geschickten Handbewegungen auch zum Singen bringen.
- Als Wachhund eingesetzt, meldet Ohmsi jeden Eindringling mit Knurren oder Jaulen – je nachdem, wie stark er beleuchtet wird.
- Auf dem Wohnungsflur aufgestellt, wird Ohmsi jeden Besucher entsprechend begrüßen – und die werden das sicher »reizend« finden.

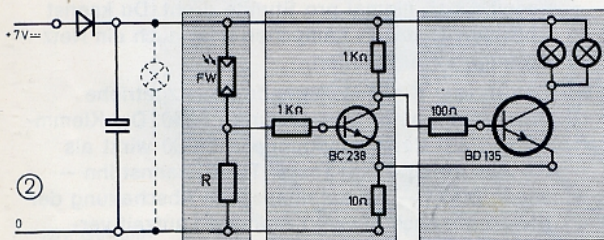
»Ohmsi« ist nach Simon Ohm benannt – wegen seines auffallenden Widerstandsverhaltens.



①

Das Relais wird die durch 2 Lämpchen dargestellte Straßenbeleuchtung schlagartig aus- und einschalten. Das kennst Du ja schon.

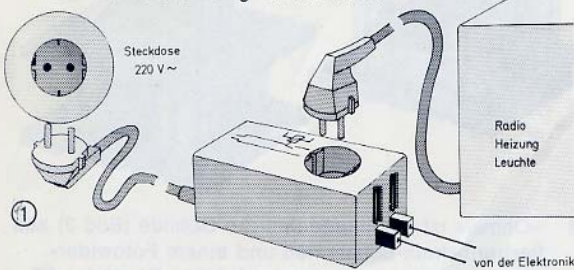
- Benutze wieder die 4-mm-Störlichtkappe; für R setze zunächst 10 kΩ ein. Nun laß es morgen- und abenddämmern.
- Setze für R nacheinander 15 kΩ (22 || 47 kΩ) – 22 kΩ – 47 kΩ ein. Du wirst feststellen, daß die »Ansprechschwelle« Deines Dämmerungsschalters sich mit steigendem kΩ-Wert von R ändert. Die Beleuchtung wird immer »früher« aus- und entsprechend »später« eingeschaltet.
- Überzeuge Dich davon, daß die Ansprechschwelle durch Vorsatz anderer Kappen ebenfalls verändert wird.
- Wenn Du kein Relais benutzen willst, verwendest Du die schon erprobte Triggerschaltung nach Bild 2. Probiere aus, wie groß R höchstens werden darf, damit der »Kippeffekt« nicht verloren geht. Beginne mit $R = 10 \text{ k}\Omega$.
- Statt der Lämpchen kannst Du auch Deinen Motor mit Hilfe von Licht ein- und ausschalten. So könntest Du z. B. die Motorklapper als Alarmgerät benutzen. Die Schaltung (2) mit Motorklapper würde sich z. B. als Alarmanlage für einen Raum eignen, in dem das Licht nicht ausgehen darf.
- Überlege Dir bitte, wie Du die Schaltung ändern muß, damit Alarm geschlagen wird, wenn in einem Raum verbotenerweise Licht gemacht wird!



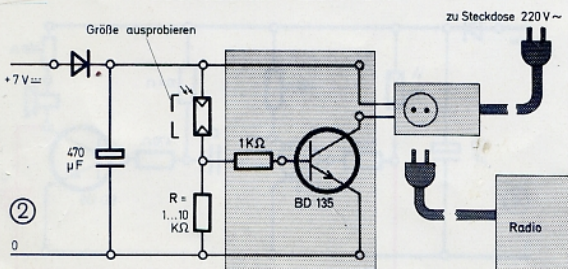
②

Mit Musik geht alles besser!

... auch das allmorgendliche Aufstehen! Mit Hilfe des fischertechnik-Netzschaltgerätes am 11 (Bild 1) kannst Du Dein Radio oder die Stereo-Anlage zugleich mit Zimmerbeleuchtung einschalten.



- Der Kern des Netzschaltgerätes ist ein Relais, das Starkstromgeräte, z. B. Tischlampen oder Radios, schalten kann. Der Netzstecker des Netzschaltgerätes wird einfach in eine 220-V-Steckdose gesteckt. Der Stecker des Radios kommt in die mit einer »Kindersicherung« ausgestattete Steckdose des Netzschaltgerätes. Das eingebaute Relais steuerst Du anstelle eines Lämpchens oder eines Motors mit dem BD 135. Bild 2 zeigt, daß Du dazu nur die stirnseitigen (oder wahlweise seitlichen) Buchsen des Netzgerätes mit 2 gewöhnlichen Kabeln an die (+)Schiene und den Kollektor des BD 135 anschließen mußst.
- Schalte das Radio ein. Es wird nur dann spielen, wenn der FW so stark beleuchtet wird, daß das Relais im Netzgerät »zieht« und dadurch das Radio an die Netzspannung gelegt wird. Du mußt allerdings die passende Kappe vor den FW setzen.
- Wenn Du abends noch ein wenig Musik hören willst, dann brauchst Du nicht extra aufzustehen, um die Stereo-Anlage auszuschalten – sie wird automatisch abgestellt, wenn Du das Licht ausmachst.
- Mit einer Darlington-Schaltung wird eine hochempfindliche und wirksame Alarmanlage daraus. Den Einbau des BC 238 kannst Du ja sicher leicht ohne Anleitung selbst vornehmen.
- Stelle den FW in dem Raum auf, der überwacht werden soll. Das Radio wird auf eine Station eingestellt, die auch nachtsüber Musik sendet. Je nach der gewählten Lautstärke wirst nur Du oder das ganze Haus geweckt, wenn auch nur ein schwacher Lichtschimmer auf den – vielleicht sogar »nackten« – FW im überwachten Raum fällt.



Eine universelle Schaltuhr

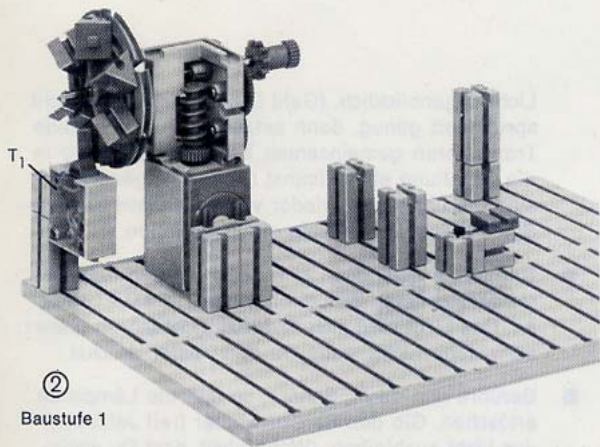
Sicher hast Du schon einmal versucht, mit einem Motor, einem Getriebe und einer Nockenscheibe eine Schaltuhr zu verwirklichen, die jede Stunde kurz ein Licht oder einen Wecker einschaltet. Der Aufwand an Zahnrädern war sicher ganz beträchtlich. Einfacher, weil räder-sparend, erscheint es, den Antriebsmotor mit der Langsamlaufschaltung von Seite 37 zu betreiben. Diese Methode hat einen Schönheitsfehler: Du kannst nicht ohne weiteres die Größe des Rucks abschätzen. Außerdem ist nicht jeder Ruck gleich. (Lediglich die Zeiten für Ein und Aus sind stets gleich.)

Nebenstehendes Modell arbeitet deshalb mit einer »Zeit-Weg«-Steuerung. Dieses doch recht genau arbeitende elektronisch-elektrische Prinzip studierst Du am besten zunächst ohne das Modell.

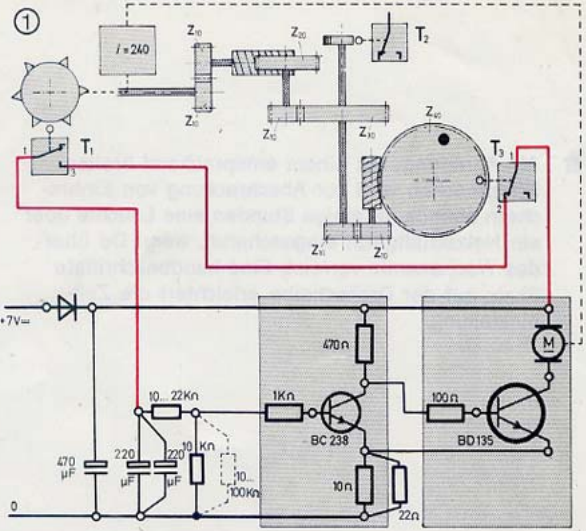
- Baue die Schaltung (1) auf. Laß dabei den Taster T_3 weg. Du mußt also eine Buchse von T_1 direkt mit der (+)Schiene verbinden. Nach dem Einschalten des Netzgerätes muß der Motor laufen. Achte darauf, daß der Ermitterwiderstand aus der Parallelschaltung von 10 und 22 Ω besteht. (Der Motor läuft mit größerer Sicherheit an.) Durch kurzes Betätigen von T_1 muß der Motor für etwa 10 Sekunden zum Stillstand kommen. Ist dies der Fall, ist die Elektronik in Ordnung.

Du hast sicher gemerkt, daß es ein »Monoflop« ist, das während seiner Kippzeit von knapp 10 Sekunden den Motor ausschaltet. Nach Ablauf der Kippzeit beginnt der Motor wieder zu laufen. Ein selbständiges Antriebssystem entsteht erst, wenn der Motor selbst das Monoflop immer wieder triggert und damit sich selbst jeweils für mehrere Sekunden zum Stillstand bringt.

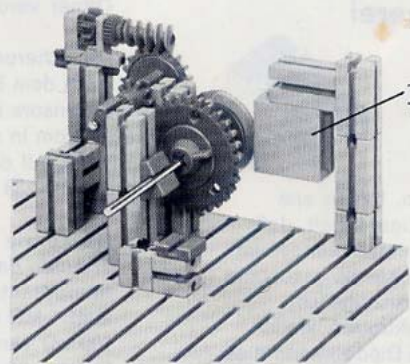
- Das erreichst Du, indem Du nach Bild 2-3-4 eine mit 6 Nocken bestückte Drehscheibe den Taster T_1 drücken läßt. Diesen Taster mußt Du so justieren, daß die Scheibe tatsächlich jeweils nur eine Sechstel-Drehung ausführt und die Scheibe jeweils dann zum Stehen kommt, wenn der rote Tasthebel des Tasters zwischen 2 Nocken steht. (Bleibe ein Nocken auf dem Tasthebel stehen, kann der Motor nicht wieder anlaufen.) Die Zeit kannst Du mit etwas Geduld durch Zuschalten von Widerständen in Reihen- oder Parallelschaltung ziemlich genau auf 10 Sek. bringen.
- Nun baust Du nach Bild 5 ein Getriebe und eine Schaltscheibe dazu, die den Taster T_2 steuert. Die Übersetzung ist so gewählt, daß bei einer Kippzeit des Monoflop von knapp 10 Sekunden die Schaltscheibe sich einmal pro Stunde dreht. Du kannst über den Taster T_2 Lämpchen oder auch ein Netzschaltgerät einschalten.
- Das in Bild 6 rechts liegende Zusatzgetriebe arbeitet mit einer Übersetzung $i = 40$. Die Klemmbuchse auf der Verbindungsachse 30 wirkt als Nocken für den mini-Taster T_3 . Du kannst ihn – wie in Bild 1 – zur automatischen Abschaltung der Elektronik nach etwa 40 Stunden Laufzeit verwenden.



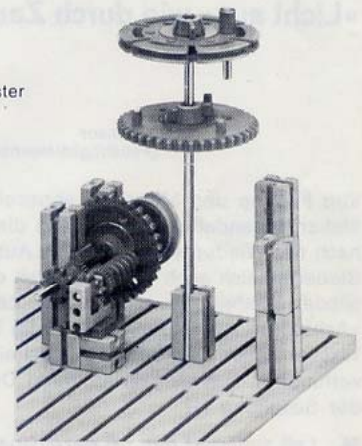
② Baustufe 1



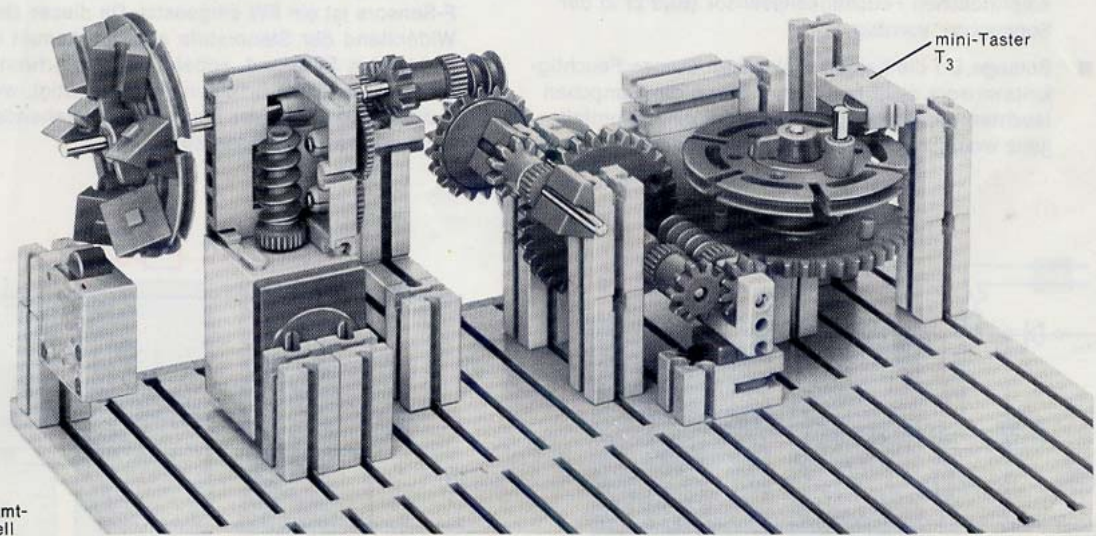
③ Teile des Getriebes



④ Getriebe für Stundentaster



⑤ Zusatzgetriebe

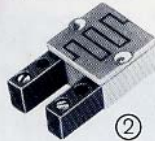


⑥ Gesamtmodell

- Als Anregung: Mit einem entsprechend breiten Schaltknocken wird zur Abschreckung von Einbrechern abends für einige Stunden eine Leuchte über ein Netzschaltgerät eingeschaltet, wenn Du über das Wochenende verreist. Eine handbeschriftete Skala auf der Drehscheibe erleichtert die Zeiteinstellung.

»Licht aus« wie durch Zauberei

F-Sensor
(Feuchtigkeitssensor)



Von Flipflop und Monoflop abgesehen, haben alle bisher behandelten Schaltungen die Eigenschaft, daß nach der Wiederherstellung des Ausgangszustandes im Steuerteil sich auch im Anzeigeteil der Ausgangszustand wieder einstellt. So erlischt z. B. das Anzeigelicht »Achtung, Tank ist leer«, wenn die Elektroden wieder Wasser fühlen. Nur ein Trick (und eine Diode!) kann dies verhindern. Das Prinzip studierst Du am besten mit der Schaltung (1).

- Laß zunächst den rot gezeichneten Zweig ganz weg. Die 2 blauen Leitungen führen zu einem Feuchtigkeitfühler. Du kennst ihn bereits von Seite 30 her. Dein Service-Händler hat übrigens einen besonders empfindlichen Feuchtigkeitssensor (Bild 2) in der Servicebox vorrätig.
- Solange Du die beiden Elektroden Deines Feuchtigkeitssensors nicht berührst, müssen die Lämpchen leuchten. Berührst Du ihn aber mit einem, notfalls ganz wenig angefeuchteten Finger, dann erlischt das

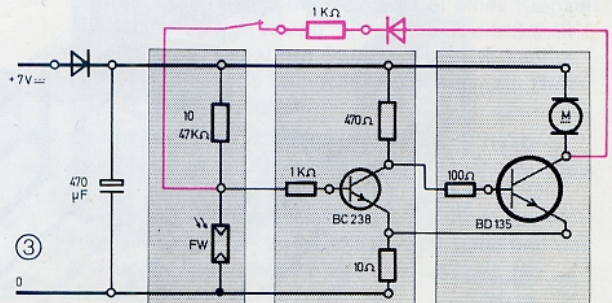
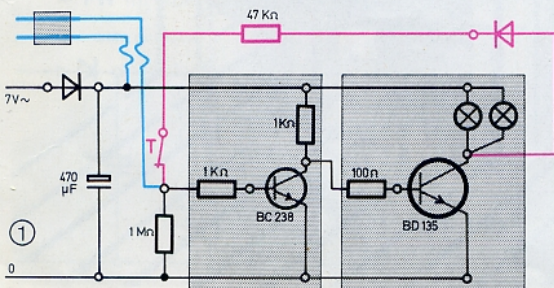
Licht augenblicklich. (Geht Dir das Erlöschen nicht sprunghaft genug, dann setzt Du einen für beide Transistoren gemeinsamen Emitter-Widerstand in die Schaltung ein.) Nimmst Du den Finger weg, sind die Lämpchen wieder voll da. Dieses Ein-Aus-Spiel kannst Du beliebig oft wiederholen.

- Bringe die Lämpchen zum Leuchten und füge den rot gezeichneten Zweig mit Diode - 47 k Ω - Öffner an. Das Licht wird sich dadurch nicht stören lassen; auch dann nicht, wenn Du den Taster drückst.
- Berühre nun den F-Sensor, so daß die Lämpchen erlöschen. Gib den Sensor wieder frei! Jetzt muß das Licht ausbleiben. (Wenn nicht, hast Du wahrscheinlich den Taster als Schließer und nicht als Öffner verdrahtet.)

Die »Speicherung« des Signals »Licht aus« gelingt, weil nach dem Erlöschen des Lichtes und der Freigabe des F-Sensors über den rot gezeichneten Zweig ein Steuerstrom in ausreichender Stärke fließen kann. Erst ein Druck auf den Taster unterbricht den Steuerstrom für den BC 238 und die Lämpchen leuchten wieder.

- Genau wie Du, kann natürlich auch jeder Deiner Freunde das Licht mit dem F-Sensor auslöschen. Interessant wird es erst, wenn Du in der Steuerstufe statt 1 M Ω einen kleineren Wert, z. B. 220 oder gar 100 k Ω verwendest. Dann reicht ein trockener Finger nicht aus! Sein Widerstandswert ist zu hoch. Dann muß Du den Ω -Wert Deiner Haut durch Anfeuchten verkleinern. Solange nur Du das Geheimnis des feuchten Fingers kennst, kannst nur Du allein das Licht auszaubern!

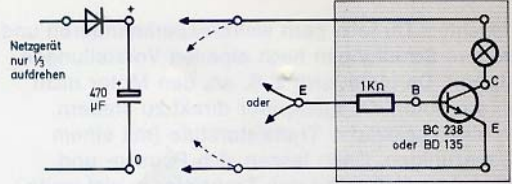
Bild 3 zeigt die Schaltung für Motorbetrieb. Statt eines F-Sensors ist ein FW eingesetzt. Da dieser als unterer Widerstand der Steuerstufe arbeitet, kommt der Motor zum Stillstand, sobald die Lichtschranke unterbrochen ist. Diese Schaltung wird benötigt, wenn eine Lichtschranke den vor einer Presse stehenden Bedienungsman schützen soll.



Prüfschaltungen

Solltest Du einmal Zweifel haben, ob Deine Bauelemente in Ordnung sind, prüfst Du sie mit einer der in der letzten Spalte der Stückliste angegebenen Schaltungen. Für die Transistoren benutzt Du nebenstehende Schaltung. Nach polrichtigem Anschluß (voll ausgezogene Pfeile) muß das Lämpchen leuchten. Wird nun E anschließend nicht mit »+«, sondern mit »0« verbunden, darf das Lämpchen nicht leuchten, Ebenso wenig darf es leuchten, wenn Du die Transistorschaltung verkehrt gepolt an den 470- μ F-Kondensator anschließt. Dazu mußst Du die durch gestrichelte Linien angedeuteten Verbindungen herstellen.

Transistor-Prüfschaltung



Achte darauf, daß das Netzgerät nur ganz wenig aufgedreht werden darf. Andernfalls könnte Dein Transistor beim Prüfen zerstört werden.

Stückliste

Alle verwendeten elektronischen Bauelemente stammen aus normaler Industrieproduktion. Deshalb können sie für den Ausbau des Elektronik-Praktikums und bei Verlust oder Beschädigung vom einschlägigen Bauelemente-Fach- oder -Versandhandel bezogen werden. Auf Wunsch weisen die Fischer-Werke in 7244 Tumlingen-Waldachtal gerne Bezugsquellen nach.

Stück	Benennung	Artikel Nr.	erhältlich	
			in Zusatzpackung	Stck.
1	Experimentierplatte 259 × 187 mm	3 38069 1		
	Kontaktbaustein			
10	Unterteil	4 38227 1	em 12	3
10	Deckel	4 38228 1		
	Transistorbaustein			
2	Unterteil	4 38229 1	em 12	1
2	Deckel	4 38230 1		
16	Feder für K- und Tr-Bausteine	4 37918 2	em 12	6
4	Stecker rot *	3 31337 1	em 7	10
4	Stecker grün *	3 31336 1	em 7	10
1	Litze blau, einadrig, 2000 mm lang *	4 36383 5		
1	Schalt draht 0,8 mm	4 38619 5		
20	Hülsen B 1 × 0,2 × 20	1 49500 3	em 12	10
2	Kontaktzunge 0,8 × 70	4 38609 7		
1	Lautsprecher 8 Ω /60 mm mit Kabel	4 38611 7		
3	Lämpchen 6 V/50 mA ungesockelt 70 mm	4 38608 7	em 12	3
1	Anleitungsbuch	6 39410 6		

Stück	Benennung	Artikel Nr.	Prüfschaltung s. Seite
Halbleiter			
1	Transistor BC 238	4 35651 7	s. oben
1	Transistor BD 135 ✓	4 36929 7	s. oben
2	Diode 1 N 4001 ✓	4 36926 6	21
1	Leuchtdiode 5082-4487	4 37492 7	24 + 45
Elyt-Kondensatoren			
1	470 μ F/16 V ✓	4 36948 6	31 + 50
2	220 ✓	4 35654 7	31 + 50
1	47 ✓	4 38488 6	31 + 33
1	10	4 38489 6	39
Scheiben-Kondensatoren			
2	100 nF	4 36418 6	39
2	47	4 36470 6	39
Schichtwiderstände			
1	1 Watt		
1	10 Ω ✓	4 38057 6	17
1	22 Ω ✓	4 38355 6	17
1	47 Ω ✓	4 38607 6	17
1	100 Ω ✓	4 38047 6	17
1	0,25 Watt		
1	100 Ω ✓	4 35657 6	17
1	220 Ω ✓	4 36951 6	17
1	470 Ω ✓	4 37076 6	45
2	1 k Ω ✓	4 36953 6	45
2	10 k Ω ✓	4 36958 6	45
1	22 k Ω ✓	4 36959 6	45
1	47 k Ω	4 37208 6	52
1	100 k Ω	4 36430 6	52
1	220 k Ω	4 36862 6	52
1	1 M Ω	4 36863 6	52

Die mit * gekennzeichneten Artikel sind bei jedem fishertechnik-Service-Händler mit Servicebox erhältlich.

Weiter mit fischertechnik!

Sicher möchtest Du jetzt gern weiterexperimentieren und auch größere Schaltungen nach eigenen Vorstellungen verwirklichen. Da bietet sich z. B. an, den Motor nicht mit dem erprobten Kippgenerator direkt zu steuern, sondern eine zusätzliche Transistorstufe (mit einem BD 135) einzufügen. Dann lassen sich Pausen- und Laufzeiten ohne Gefahr für den Transistor in viel weiteren Grenzen ändern. Noch besser, wenn Du den Motor durch eine an den Generator angekoppelte Triggerstufe steuerst.

Was man mit einem Darlington alles »zaubern« kann, hast Du ja gründlich ausprobiert. Noch toller wird's mit einem »3fach-Darlington« aus $2 \times BC 238$ und einem BD 135 als Endtransistor und der Lautsprecherschaltung aus »Eine Sorge weniger« von Seite 33! Wenn Du den Schutzwiderstand vor der Basis ($100 \text{ k}\Omega$) auch nur ganz wenig mit dem Finger berührst, ertönt sofort ein kräftiger Netzbrumm von 50 Hz! Du hast ihn sozusagen »wie eine Antenne« aus dem Wechselstromnetz empfangen und an den 1 000 000mal verstärkenden Darlington weitergeleitet. Den Effekt kannst Du für einen »Berührungsschalter« oder auch für wirkungsvolle Zaubertricks ausnutzen.

Solche und ähnliche Schaltungen – vielleicht auch aus Bastelbüchern – kannst Du mit Hilfe der **Zusatzpackungen em 12** verwirklichen. Sie enthalten jeweils 1 Transistor- und 3 Kontaktbausteine. Transistoren, Dioden und andere elektronische Bauelemente erhältst Du für wenig Geld beim Elektronik-Fachhandel. Solltest Du Dir diese Bauelemente nicht beschaffen können, dann schreibst Du einfach eine Postkarte an die

Fischer-Werke, Abtlg. Elektronik
7244 Tumlingen-Waldachtal 3

und bittest um einen entsprechenden Bezugsquellen-Nachweis. Du erhältst dann Firmenadressen, über die Du schriftlich die gewünschten Bauelemente beziehen kannst. Die Elektronik-Abteilung der Fischer-Werke hilft Dir auch gern mit Rat und Tat, wenn Du mit Deinen Schaltungsideen wider Erwarten nicht zurechtkommen solltest.

Und nun ein ganz heißer Tip!

Sicher hast Du schon von IC's gehört. Das sind jene elektronischen Bauelemente, die in jüngster Zeit im Zusammenhang mit Computern und Taschenrechnern so viel von sich reden machen. Es gibt sie aber schon seit etlichen Jahren. Durch sie sind die Raumfahrt, die Satellitentechnik, aber auch die weitgehende Automatisierung vieler Fabrikationsvorgänge in Industrie und Handwerk sowie auch die unglaublichen Fortschritte bei Büroautomaten und in der Computertechnik möglich geworden.

Du wirst es kaum glauben – aber alle diese hochkomplizierten Techniken beruhen auf dem ganz simplen elektrischen Prinzip, daß ein Schalter nur 2 Zustände einnehmen kann: entweder EIN oder AUS. Bei Anwendung dieses Prinzips ergibt sich eine Schaltung ganz »logisch« aus der anderen. Verwirklicht werden solche logischen Schaltungen – der Fachmann spricht von »Digitaltechnik« – mit Hilfe von »integrierten Schaltkreisen«; abgekürzt: den »IC's«.

Wie man nun mit diesen Bauelementen umgeht und wie Du sie auch zur Steuerung von fischertechnik-Modellen einsetzen kannst – das erfährst Du in dem brandneuen »IC-Digital-Praktikum für Fischer-Techniker«. Du kannst Dir nicht vorstellen, was Du praktisch alles mit IC-Bauelementen anfangen kannst – ganz abgesehen davon, daß Du nebenbei – sozusagen spielend – logisch zu denken lernst. Keine schlechte Sache für Dein späteres Berufsleben! Und das Gute ist auch bei diesem Praktikum wieder, daß Du Dein gesamtes fischertechnik-Material einsetzen und verwenden kannst. »Logisch«, daß Du auch dieses hochaktuelle und interessante Praktikum »durchspielen« wirst – oder?

Ref. Nr. 163 · 4/1/8/8

Printed in Germany · © by Fischer-Werke, Artur Fischer, 7244 Tumlingen-Waldachtal 3 · Änderungen vorbehalten