

## Elektronik für Nebenfächler

### Vorbereitung:

Halbleiter und deren charakteristische Eigenschaften, einfache Halbleiterbauelemente: Heißeiter NTC, Kaltleiter PTC, Photowiderstand LDR, Eigenleitung, Störstellenleitung, pn-Übergang, Aufbau und Wirkungsweise der Diode, Varistor VDR, Aufbau und Wirkungsweise des Transistors, Grundlagen für den Transistor als Verstärker und Schalter.

### Literatur:

Müseler-Schneider: Elektronik: Bauelemente und Schaltungen (Hanser 1981)  
 Leybold-Heraeus: Grundlagen der Elektronik  
 Tietze-Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik

### Versuchsbeschreibung:

Grundlage für das gesamte Gebiet der Elektronik sind die Halbleiter, die durch folgende charakteristische Eigenschaften gekennzeichnet sind:

1. Ihre Leitfähigkeit liegt zwischen der von Leitern und Nichtleitern.
2. Ihr elektrischer Widerstand nimmt bei Zufuhr von Wärme- bzw. Lichtenergie ab. Halbleiterbauelemente, die diese Eigenschaften demonstrieren, sind die Heißeiter NTC (negative temperature coefficient) bzw. die Photowiderstände LDR (light dependent resistor).

Von weitaus größerer Bedeutung sind Halbleiterbauelemente, die einen oder mehrere pn-Übergänge besitzen. Ein pn-Übergang entsteht immer dann, wenn ein p-dotiertes und ein n-dotiertes Halbleitermaterial direkt in Berührung kommen. Die grundlegenden Eigenschaften des einfachen pn-Übergangs werden durch die Diode demonstriert.

Transistoren enthalten drei Schichten unterschiedlichen Leitungstyps, also zwei pn-Übergänge. Je nach Reihenfolge unterscheidet man pnp- und npn-Transistoren. Von großer Bedeutung für die Wirkungsweise des Transistors ist, daß die mittlere Schicht (Basis) sehr schmal und schwach dotiert ist. Die äußeren Schichten werden Emitter und Kollektor genannt.

Transistoren werden in drei Grundschaltungen verwendet (Emitter-, Basis- und Kollektorschaltung), die sich hauptsächlich in der Spannungs-, Strom- und Leistungsverstärkung unterscheiden. Für die im Versuch zu untersuchenden Verstärker- und Schalteigenschaften des Transistors wird generell die Emitterschaltung verwendet.

	Kollektorschaltung	Basisschaltung	Emitterschaltung			
	Vorteil	Nachteil	Vorteil	Nachteil	Vorteil	Nachteil
$Z_1$	sehr groß $\approx \beta R_E$		kein $\approx \beta^{-1} \gamma_{BE}$		mittel $\approx \gamma_{BE}$	
$Z_2$	sehr klein		$\approx R_c$		$\approx R_c$	
$r_{a \text{ trans}}$			sehr groß		groß $\approx \gamma_{CE}$	
$V_u$		klein $\approx 1$	groß		groß $\approx \beta R_c \gamma_{CE}^{-1}$	
$V_i$		groß $\approx \beta + 1$	klein $\approx \beta (1+\beta)^{-1}$		groß $\approx \beta$	
$f_{GR}$		hoch	sehr hoch $\approx f_r$		niedrig $\approx \beta^{-1} f_r$	
Stabilität		groß	groß		gering	

- R: Generator-Innenwiderstand  
 $Z_1$ : Kleinsignal-Eingangswiderstand mit Last  
 $Z_2$ : Kleinsignal-Ausgangswiderstand mit Last  
 $r_{a,trans}$ : Kleinsignal-Ausgangswiderstand ohne Berücksichtigung des Lastwiderstandes  
 $V_u$ : Kleinsignal-Spannungsverstärkung ohne Last  
 $V_i$ : interne Kleinsignal-Stromverstärkung  
 $\beta$ : differentielle Stromverstärkung  
 $f_{GR}$ : obere Grenzfrequenz  
 $f_r$ : Transitfrequenz

Aufgaben:

Sämtliche Schaltskizzen sind in das Protokollheft zu übertragen.

1. Eigenschaften verschiedener elektronischer Bauelemente

- a) Man untersuche die Widerstandsabhängigkeit eines Photowiderstands (LDR) von der Beleuchtung (Abb.1). Dazu ändere man die Helligkeit der Glühlampe (Lampenfassung seitlich) durch etwa 10 Einstellungen des Potentiometers und bestimme den jeweiligen Widerstandswert des LDR (Diskussion).

Wie groß ist der Dunkelwiderstand des LDR (Graphische Darstellung)?

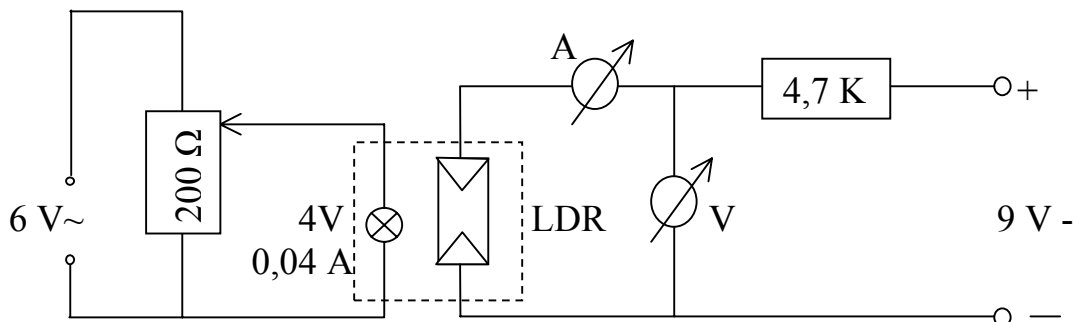


Abb. 1

Hinweis: Um das Auftreffen des Lichts von außerhalb zu vermeiden, stülpe man den beigelegten Karton über Glühlampe und LDR (gestrichelte Linie in Abb.1).

Als Anwendung baue man eine Lichtschranke (Abb.2) und erkläre deren Funktionsweise.

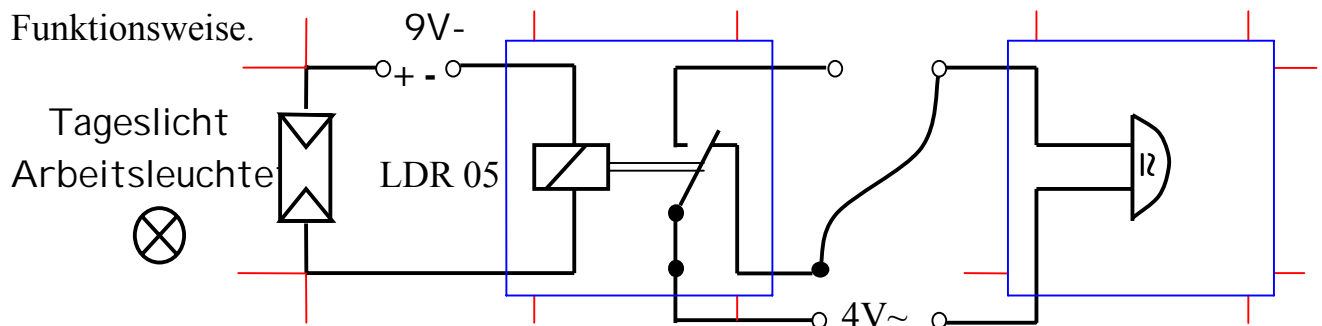


Abb. 2

- b) Die Eigenschaften eines Heißleiterwiderstandes (NTC) sollen bestimmt werden. Dazu verwende man Schaltung Abb. 3 und stelle am Netzgerät maximal 25 V ein.

Man lese alle 30 Sekunden Strom und Spannung an den Meßgeräten ab. Man trage  $R = f(t)$  und  $P = U I = f(t)$  graphisch auf und diskutiere die Ergebnisse.

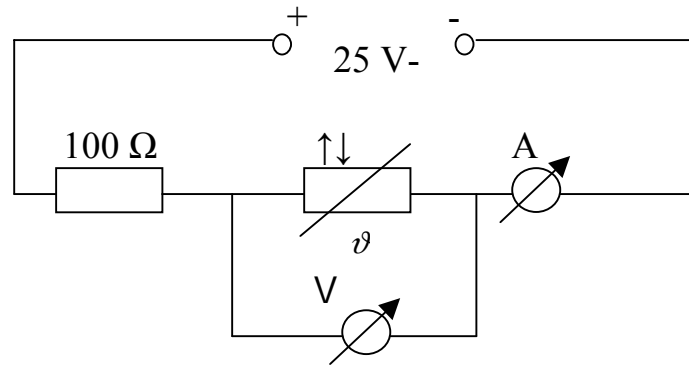


Abb. 3

In der Anordnung Abb. 4 verwende man den NTC dazu, den Anzug eines Relais zu verzögern.

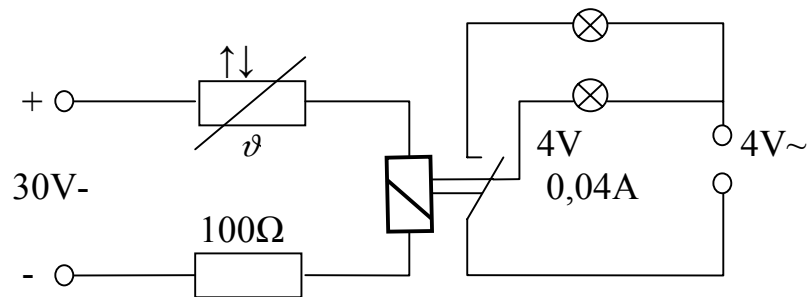


Abb. 4

Man messe die Spannung, die über dem Relais abfällt.

Man beschreibe die Vorgänge in der Schaltung. Wo findet der NTC Verwendung in der Technik?

c) Man schalte einen spannungsabhängigen Widerstand VDR (Varistor) in einen Gleichstromkreis, bestimme die U-I Kennlinie (Abb. 5) und trage  $R = f(U)$  auf.

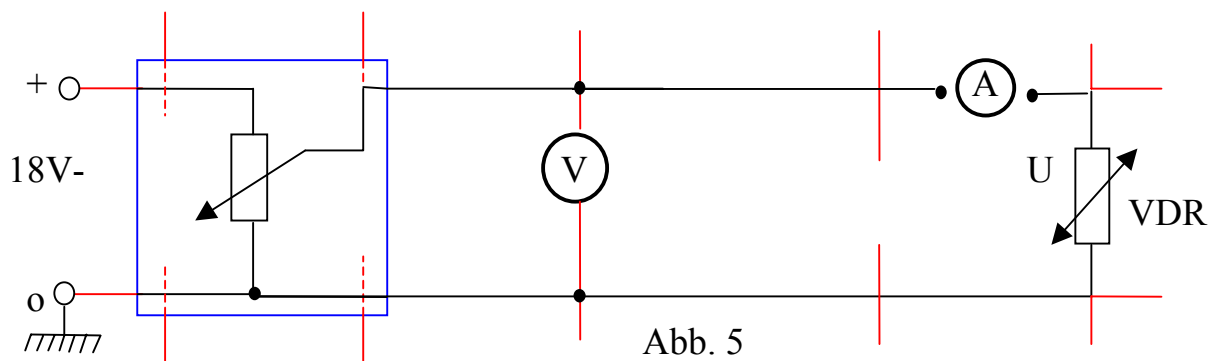


Abb. 5

Wie kann man das Verhalten des Transistors erklären? (Hinweis: Kette von pn-Übergängen).

Welche Hauptanwendungsgebiete hat der Varistor?

NUR FÜR NEBENFÄCHLER; DIE DEN AP-VERSUCH 17-ELEKTRONIK NICHT GEMACHT HABEN:

d) man messe die I-U-Kennlinie einer Halbleiterdiode D1/1000 in Durchlaßrichtung zwischen 0 V und maximal 0,8 V (Abb.6) und diskutiere den Verlauf, insbesondere den anfangs flachen Anstieg der Kurve.

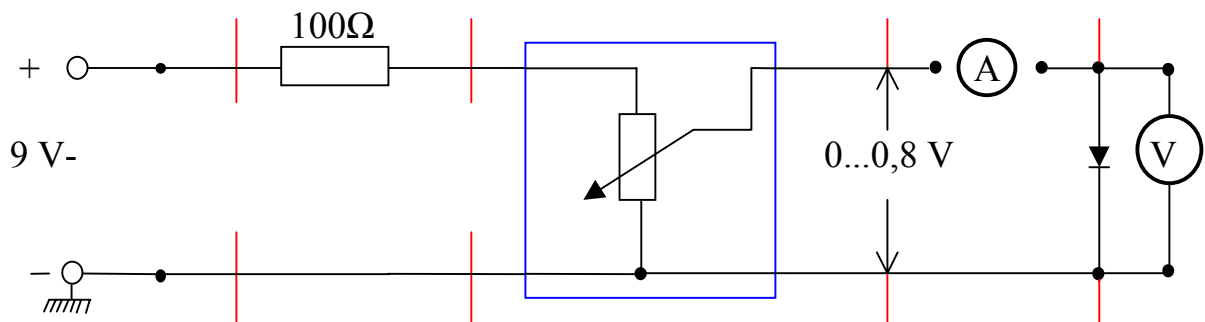


Abb. 6

Man drehe die Diode ( Sperrichtung ) und überzeuge sich, daß selbst bei 9 V (ohne Vorwiderstand ) kein meßbarer Strom fließt ( Begründung ). Als Anwendung baue man eine Spannungsverdopplerschaltung (Abb. 7) und untersuche die Spannung am Ausgang. Man messe und trage auf.

$U_a = f(R_a)$  für  $R_a = \infty, 10 \text{ k}\Omega, 1 \text{ k}\Omega, 100 \text{ k}\Omega$

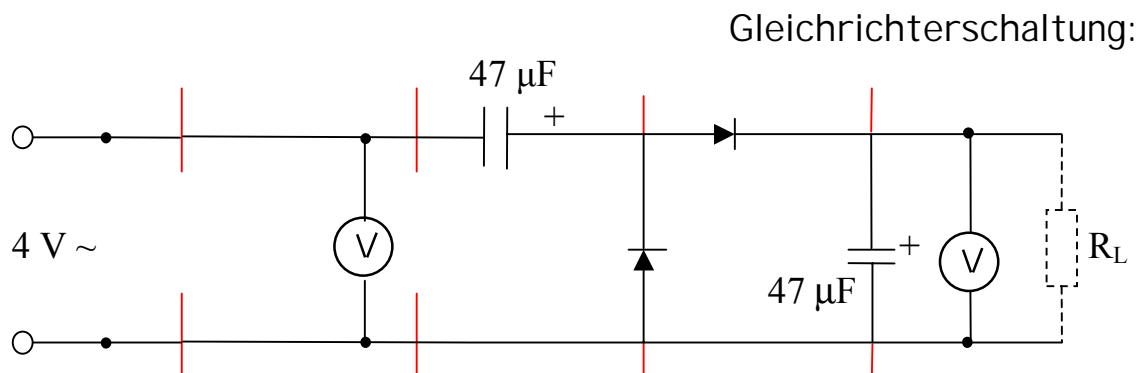


Abb. 7

Man erkläre den Spannungsverdopplungsmechanismus. Warum ist die Spannung am Ausgang so stark belastungsabhängig ? (ausprobieren!)

## 2. Der Transistor als Verstärker und Schalter

- a. Für eine feste Kollektor-Emitter-Spannung von 9 V messe die Steuerkennlinie  $I_{CE} = f(I_{BE})$  des Transistors BD 130 ( Abb. 8 ).

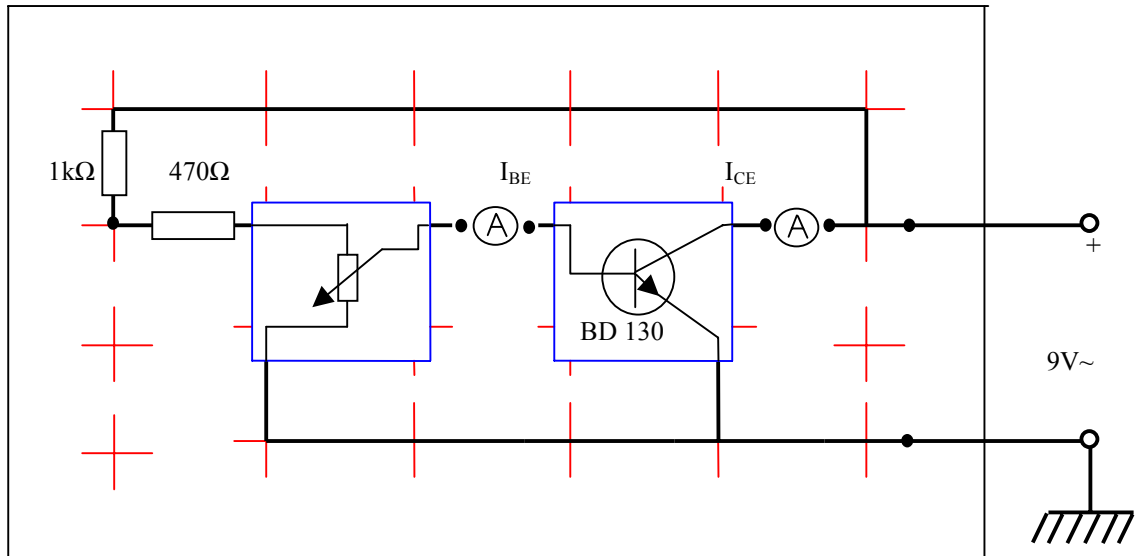
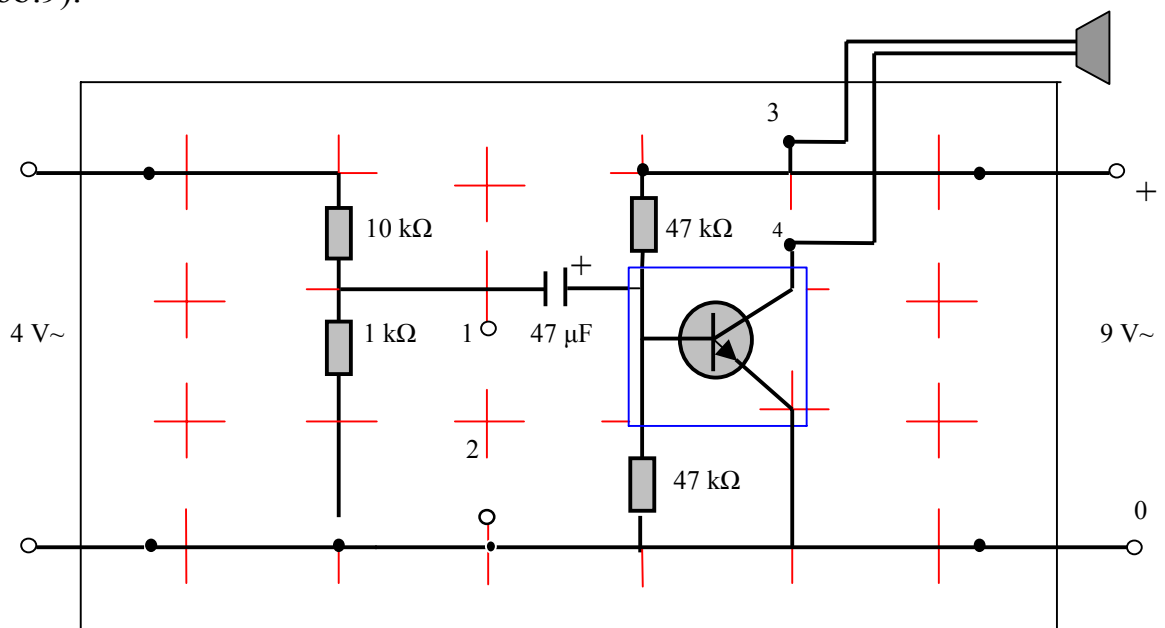


Abb.8

Man trage  $I_{CE} = f(I_{BE})$  graphisch auf, bestimme aus den gemessenen Werten den jeweiligen Gleichstromverstärkungsfaktor und erkläre die Verstärkerwirkung des Transistors.

Zur Demonstration der Verstärkerwirkung dient die nachstehende Anordnung (Abb.9).



Ein Kopfhörer ist zunächst zwischen die Buchsen 1 und 2 und anschließend zwischen die Buchsen 3 und 4 zu schalten. Der Kondensator  $C = 47 \mu\text{F}$  trennt die Transistorschaltung gleichstrommäßig von der Steuerstromquelle ( C-Kopplung ).

( Wer diesen Versuch schon im AP 17-Elektronik gemacht und Lust hat, baue stattdessen einen Sprechstromverstärker; Schaltplan am Praktikumsort ).

- b. Um den Transistor als Schalter verstehen zu können, schalte man zunächst eine Glühlampe in den Kollektor-Emitter-Kreis (abb. 10a ). Anschließend schalte man vor die Basis des Transistors einen Widerstand von  $10 \text{ k}\Omega$  und verbinde diesen zunächst mit dem Minuspol (0) und dann mit dem Pluspol (+) der Spannungsquelle (Abb. 10b).

Das jeweils beobachtete Ergebnis ist zu beschreiben und zu deuten.

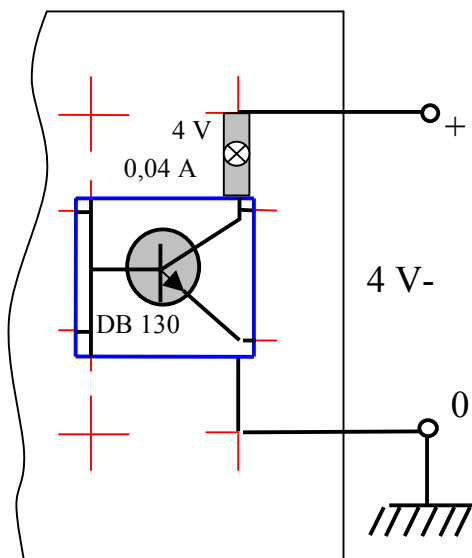


Abb. 10a

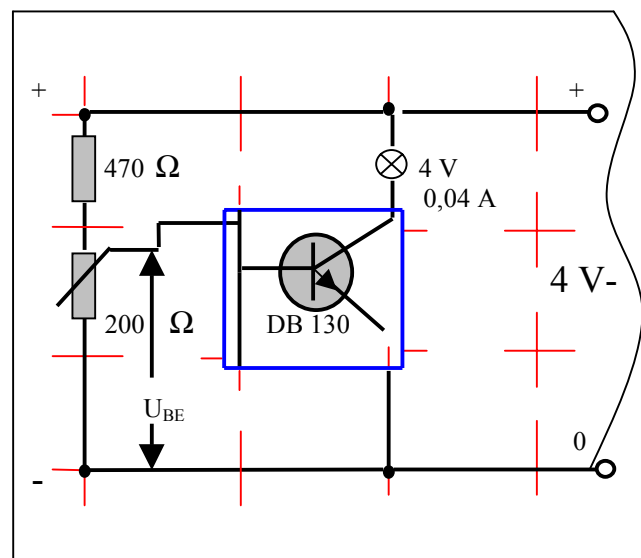


Abb. 10b

Die Schalteigenschaft des Transistors findet in der Elektrotechnik, z.B. bei der bistabilen Kippstufe ( Flip-Flop ) Anwendung. Dabei wird der Kollektor eines Transistors jeweils über einen Widerstand mit der Basis des anderen Transistors verbunden (Gleichstromkopplung oder galvanische Kopplung genannt ). Man verbinde mit einem Brückenstecker abwechselnd die Kontakte A bzw. B und beschreibe die Schaltmechanismen (Abb. 11a ).

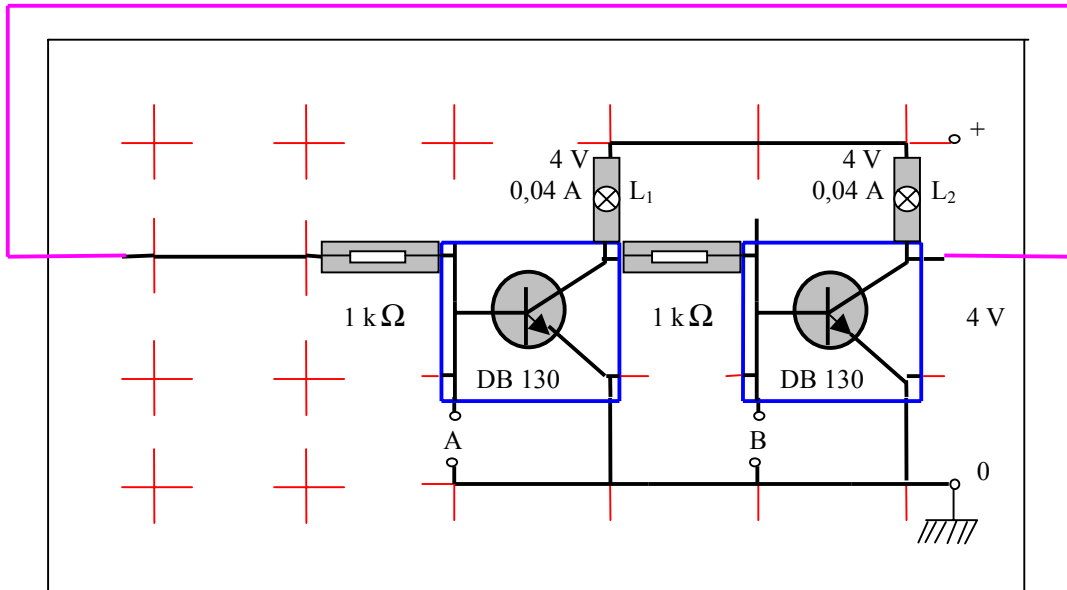


Abb. 11a

Warum kann diese Schaltung als elektronischer Speicher bezeichnet werden ? ( Hinweis: Mit einigen wenigen Änderungen läßt sich die Schaltung in einen astabilen Multivibrator verwandeln, Abb.11b ).

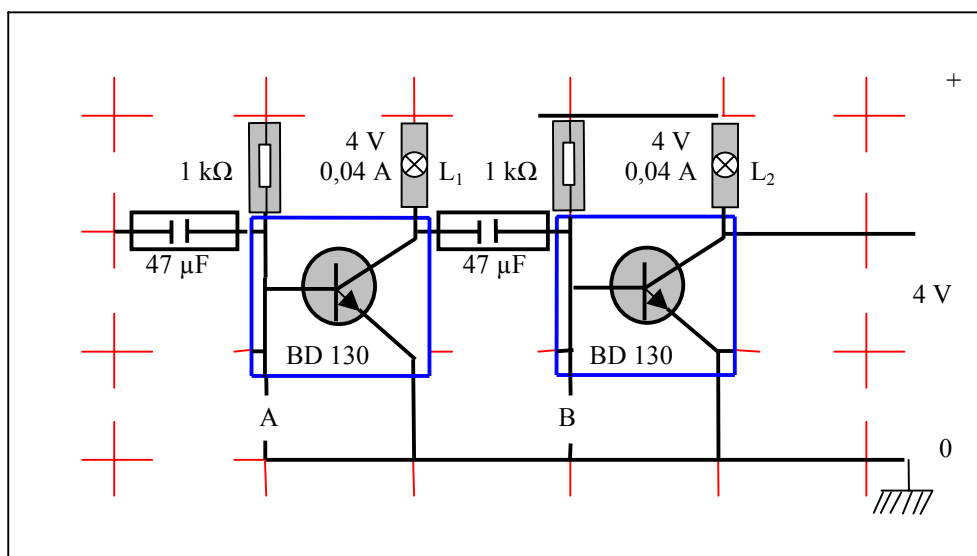
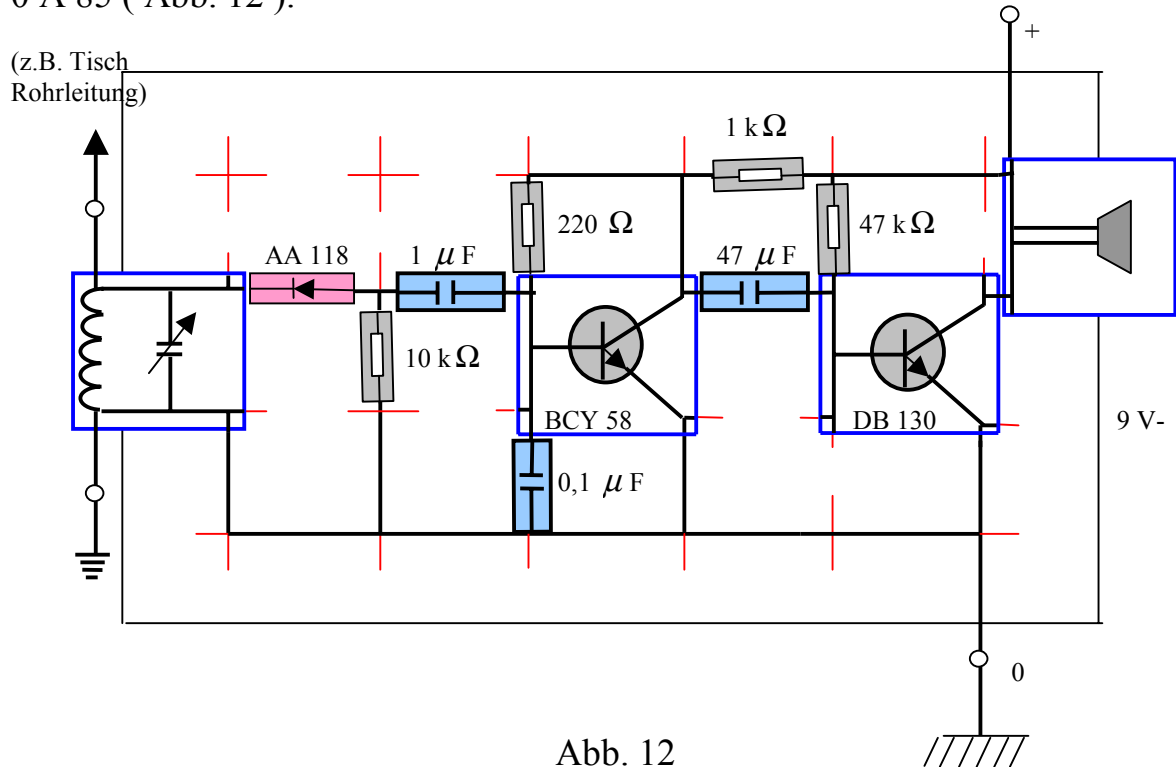


Abb.11b

3. Man baue einen zweistufigen Transistorenempfänger ( Mittelwelle ). Zur Demodulation der im Schwingkreis empfangenen Signale dient eine HF-Diode 0 A 85 ( Abb. 12 ).



Der Empfänger eignet sich auch als einstufiger Verstärker mit Kopfhörerempfang. Dazu entferne man den Kondensator  $C = 47 \mu\text{F}$  und ersetze den Widerstand  $1 \text{ k}\Omega$  durch den Kopfhörer.

Man erkläre die wesentlichen Vorgänge in dem Empfänger.

Guten Empfang !