



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in, 2. Ausbildungsjahr

Beispielkonzept für das Lernfeld 6

Ausbildungsberuf	Informationselektroniker/-in
Fach	System- und Gerätetechnik
Lernfeld	LF6: Elektronische Bauelemente und Baugruppen analysieren und prüfen
Lernsituation	Lernsituation 2: Eine einfache Verstärkerstufe entwickeln
Zeitrahmen	26 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Arbeitsblätter, Zugang zu Simulationssoftware, Endgeräte mit Internet-zugang und Office, Tafel / Stifteingabegeräte



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in 2. Ausbildungsjahr

Konzeptionsmatrix für die Lernsituation 2

Konzeptionsmatrix für Lernsituation 2		Ausgehend vom Transistor als Schalter entwickeln die Schüler eine einfache Verstärkerstufe in Emitterschaltung. Dabei erkennen sie woher die Verstärkung resultiert und wie man die Verstärkung verändert. Darauf folgend realisieren sie grundlegende Verstärkerschaltungen in der Operationsverstärkertechnik. Sie erfassen die Verstärkungsfaktoren messtechnisch und berechnen das Verstärkungsmaß der Verstärkerstufen..						
Zeit	Thema/ Beschreibung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexions- wissen	Aufgabe			
					Aktivitäten	Lernprodukte	Medien/ Materialien	Kontroll- und Reflexionselemente
45	Einstieg in das Thema – Reihenschaltung – Widerstand Schalter	Gesetzmäßigkeiten der Reihenschaltung	Analyse der Schaltung – des Schaltplans der Reihenschaltung mit Widerstand mit Schalter	Reihenschaltung – Widerstand mit Schalter in Reihe – Spannungsverhältnisse erkennen	Erkennen den Zusammenhang mit der Reihenschaltung von Widerständen			
					verstehen der Problem- und Funktionsbeschreibung Erkennen der Zusammenhänge mit den Grundsaltungen	Eintrag in ein Arbeitsblatt (Skript)	Einstieg – Schaltung – Widerstand mit Schalter	Lehrer Schülergespräch - vorgegebene Schaltung analysieren – Spannungsverhältnisse benennen können



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in 2. Ausbildungsjahr

180	Abwandlung der Reihenschaltung – Widerstand mit Schalter – in Lampe (Widerstand) mit Transistor	<u>Wiederholung Grundlagen der Reihenschaltung</u> Schaltzeichen Transistor – Bezeichnungen von Bauelementen Verhalten des Transistors in der Schaltung Gehäuseformen von Transistoren Transistordatenblatt	Analyse der einzelnen Komponenten sowie deren Verschaltung	Erkennen und Erklären des Zusammenhangs bzw. der Zusammenspiels der Bauelemente	Zusammenhänge von Transistor und Widerstand bei der Reihenschaltung			
					Beschriften der Schaltung	Berechnen von Strom / Spannung	Bauteile und Kennzeichnung	Berechnung der einzelnen Ströme in der Schaltung



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in 2. Ausbildungsjahr

180	Transistor als Verstärker	Transistor Verhalten eines Transistors	Verhalten der Schaltung analysieren können	Zeichnen d. Ausgangsspannung für die Transistorschaltungen	Transistor als Verstärker			
					Zeichnen von Ausgangsspannungen Messen der Ausgangsspannungen	Transistor und Widerstand in Reihe – auf Papier oder Realität	Transistorteilschaltung Internet / Tabellenbuch Simulationssoftware f. Elektronik	Schüler überprüfen die erworbenen Erkenntnisse und wenden diese an
180	Berechnung des Arbeitspunktes	Arbeitspunkt Ub/2	Verstärkung einer sauberen Sinus Schwingung	Kein Arbeitspunkt kein sauberes Signal	Arbeitspunkt berechnen			
					Schaltung aufbauen und abgleichen	Transistorschaltung mit Basisspannungsteiler	Taschenrechner, Tabellenbuch, Formelsammlung Transistor, Widerstände	Kontrolle des Sinusschwingung mit dem Oszilloskop



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in 2. Ausbildungsjahr

135	Arbeitspunkteinstellung mit Hilfe der Transistorkennlinie	Kennlinienfeld eines Transistors Eingangskennlinie Stromverstärkungskennlinie Ausgangskennlinie	Vorgehen bei der Bestimmung des Arbeitspunktes mit Kennlinie	Aussehen eines klirrarmer Sinusschwingung	Arbeitspunktbestimmung mit der Transistorkennlinie			
					Einzeichnen der Widerstandsgeraden-	Transistorschaltung in Emitterschaltung	Transistorkennlinie Lineal, Bleistift	Aufbau der Schaltung im Simulationprogramm und Kontrolle
180	Verhalten der Transistorschaltung mit Arbeitspunktstabilisierung	Einwirkung von Wärme auf die Transistorschaltung	Stabilisierung des Arbeitspunktes und Beeinflussung für die Versträrkung der Transistorschaltung	Einflussnahme der Stabilisierungsmaßnahme auf die Verstärkung der Schaltung	Transistorschaltung mit Arbeitspunktstabilisierung			
					Aufbauen der Transistorschaltung mit Arbeitspunktstabilisierung	Transistorschaltung mit Arbeitspunktstabilisierung und CE	Taschenrechner, Tabellenbuch, Formelsammlung Simulationssoftware,	Transistorschaltung ohne Arbeitspunktstabilisierung und mit Arbeitspunktstabilisierung
135	Verstärker mit Koppelkondensatoren	Aufgabe von Koppelkondensatoren beim Verstärker	Wo und Wie werden die Kondensatoren eingebaut – Art der Kondensatoren die verbaut werden	Beeinflussung von Kondensatoren auf die Verstärkerstufe	Verstärker mit Koppelkondensatoren			
					Transistorschaltung mit Kondensatoren erweitern	Skript und Transistorschaltung	Transistorschaltung Steckbauteile Simulationssoftware	

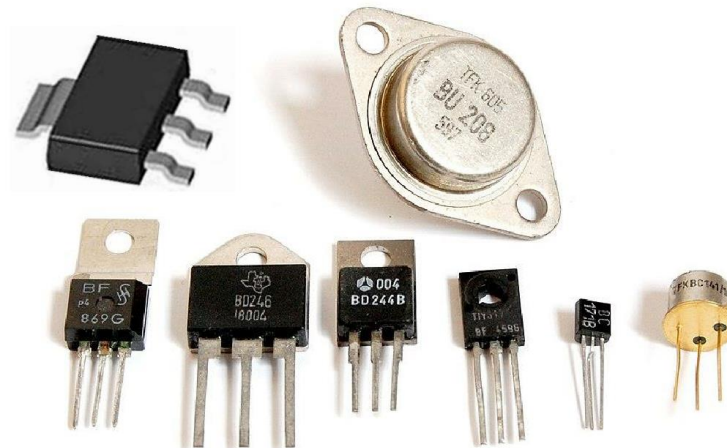


Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in 2. Ausbildungsjahr

135	Operationsverstärkerschaltungen	Aufbau eines Operationverstärkers	Anwendung und von Beschaltung OPVs	Anwendung von OPV gegenüber normalen Transistorschaltungen	Operationsverstärkerschaltungen			
		Invertierende OPV Nicht invertierender OPV Impedanzwandler			Aufbau der Schaltungen – Ermittlung der Verstärkung der einzelnen OPV-Schaltungen	OPV Schaltungen Skriptum	Simulationssoftware OPV – und Beschaltung	Rechenaufgaben zur Berechnung von Beschaltung und Verstärkung

Transistor als Schalter

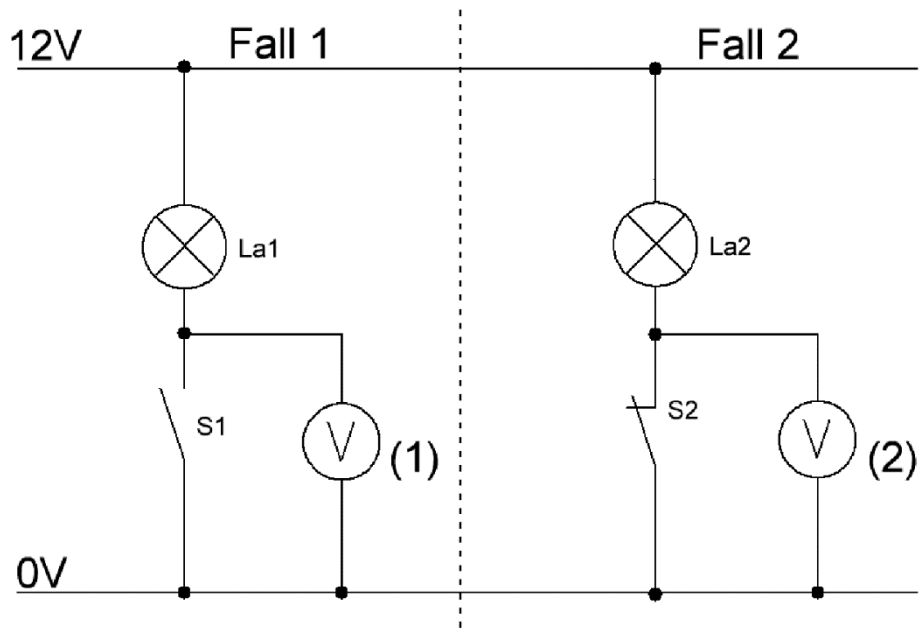


Inhalt

1	TRANSISTOR ALS SCHALTER.....	2
2	TRANSISTOR ALS VERSTÄRKER.....	8
3	OPERATIONSVERSTÄRKER	16

Gegeben ist folgende Schaltung:

Im Fall 1 ist der Schalter S1 geöffnet und im Fall 2 ist der Schalter geschlossen.



Welche Spannung lässt sich in den beiden Fällen messen.

Gib die Spannungen an.

Fall (1): $U_1 = \dots\dots\dots$ Fall (2): $U_2 = \dots\dots\dots$

Begründe die Messergebnisse aus den beiden Fällen (1) und (2).

.....

.....

.....

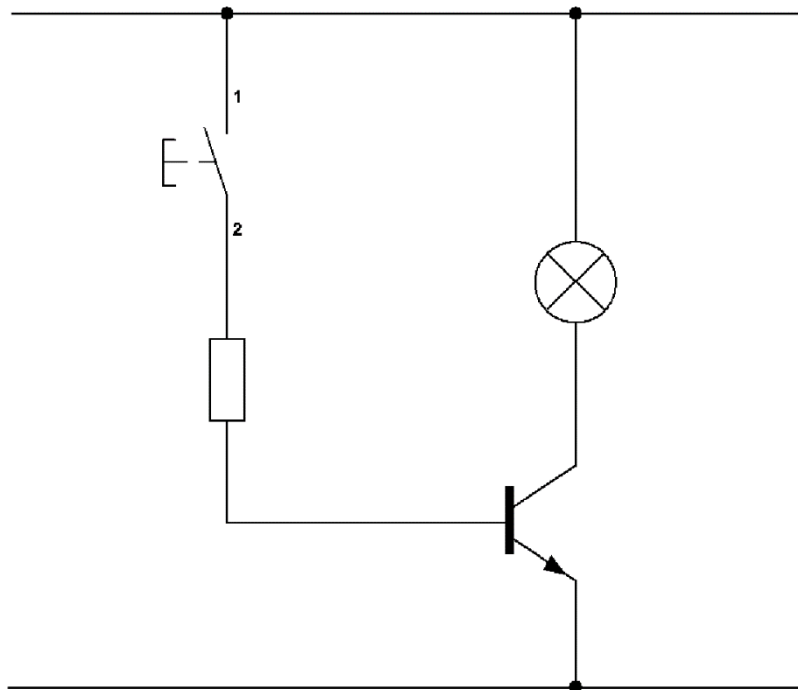
.....

.....

.....

Grundschtung:

Die folgende Transistorschaltung (Grundschtung) schaltet als Verbraucher eine Lampe.



Bezeichnen Sie alle Bauteile.

Erklären Sie, von welchem Bauteil die Betriebsspannung U_B der obigen Schaltung abhängt.

.....

Zeichnen Sie in die obige Schaltung alle Spannungen (blau) und alle Ströme (rot) ein.

Erklären Sie, welche Aufgabe der Widerstand R1 erfüllt, wenn der Schalter S1 geschlossen wird.

.....

Stellen Sie in Stichpunkten die Funktion der Schaltung für die 2 gegebenen Fälle.

Schalter S1 offen:

.....
.....
.....
.....

Schalter S1 geschlossen:

.....
.....
.....
.....

Annäherungsweise Berechnung des Vorwiderstandes

Gegeben: Lampe 12V / 2,4W

Transistor: $B = 100$

Kollektorstrom I_C :

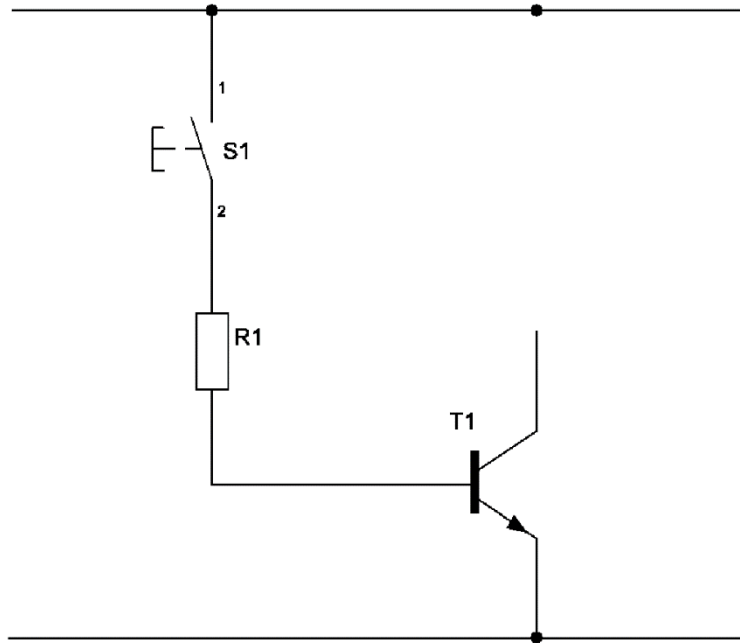
Widerstand Lampe:

Basisstrom I_B :

Vorwiderstand R_1 :

Berechnung einer Transistorschaltung:

Mit Hilfe eines NPN-Transistors soll ein Relais (12V / 220Ω) geschaltet werden.



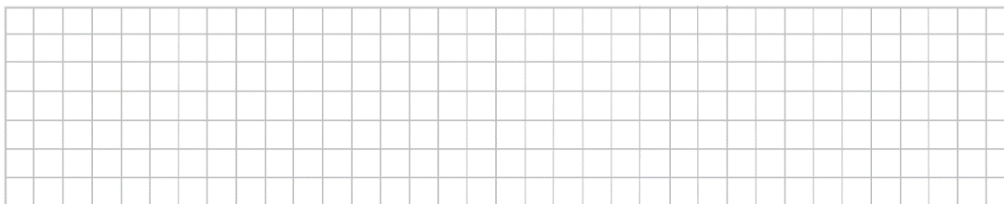
Vervollständigen Sie die Schaltung.

Berechnen Sie die Schaltung in den beschriebenen Punkten.

(Anhaltspunkt – Berechnungen zu „Transistorschaltung mit Lampe“)

Tragen Sie alle ermittelten Werte in die Schaltung ein.

- | | | |
|----|---|------------------------------|
| 1. | Werte des Verbrauchers bestimmen | $R_L = \dots\dots\dots$ |
| 2. | Betriebsspannung festlegen | $U_B = \dots\dots\dots$ |
| 3. | Kollektorstrom I_{Cmax} berechnen | $I_{Cmax} = \dots\dots\dots$ |



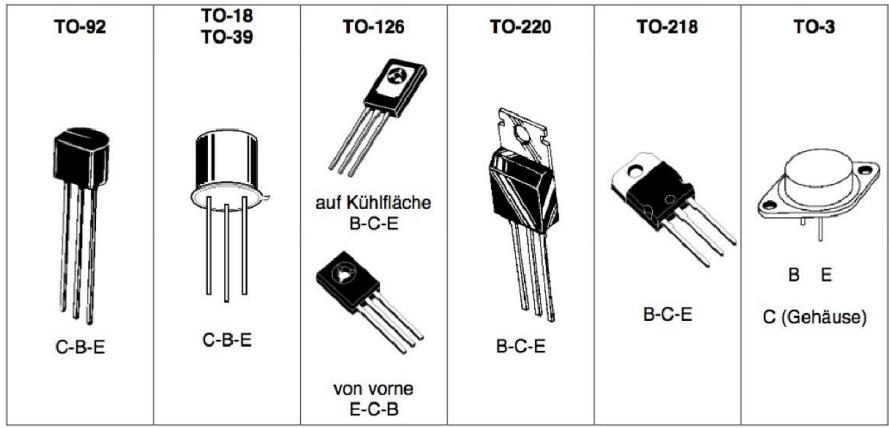
4. Transistor auswählen Transistor:.....

5. Basisstrom berechnen $I_B = \dots\dots\dots$

6. Basiswiderstand berechnen $R_1 = \dots\dots\dots$

7. Widerstandswert aus E24-Reihe auswählen. $R_{1 \text{ Praxis}} = \dots\dots\dots$

Gehäuseformen von Transistoren



Die Anschlussbelegung (C-B-E) können je nach Gehäuseform variieren.

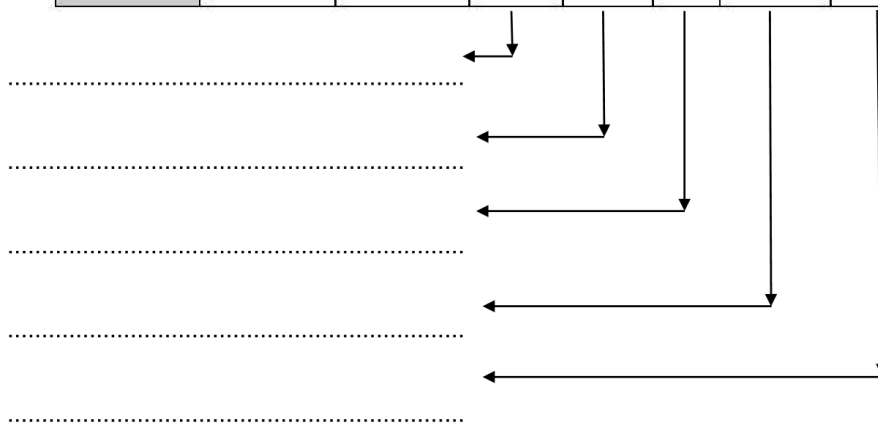
Transistor-Datenblatt

Transistoren werden nach ihren technischen Voraussetzungen ausgewählt.

Die Grenzwerte sind die maximal zulässigen Werte für bestimmte Spannungen, Ströme, Leistungen, Temperaturen, Frequenzen usw. die der Transistor sicher bewältigen kann, ohne dabei kaputt zu gehen.

Erklären Sie die Angaben der Spalten des Datenblattes

Typ	NPN/PNP	Gehäuse	P_{tot}/W	U_{CE}/V	I_C/A	B (β)	f_G/MHz
BC 107 B	NPN	TO-18	0,3	45	0,1	200-450	300
BC 140-6	NPN	TO-39	3,7	40	1	40-100	50
BC 140-10	NPN	TO-39	3,7	40	1	63-160	50
BC 140-16	NPN	TO-39	3,7	40	1	100-250	50
BC 547 A	NPN	SOT-54	0,5	45	0,1	110-220	300
BC 547 B	NPN	SOT-54	0,5	45	0,1	200-450	300
BC 547 C	NPN	SOT-54	0,5	45	0,1	420-800	300
BC 557 A	PNP	SOT-54	0,5	45	0,1	125-250	150
2 N 3055	NPN	TO-3	115	60	15	20-70	0,8

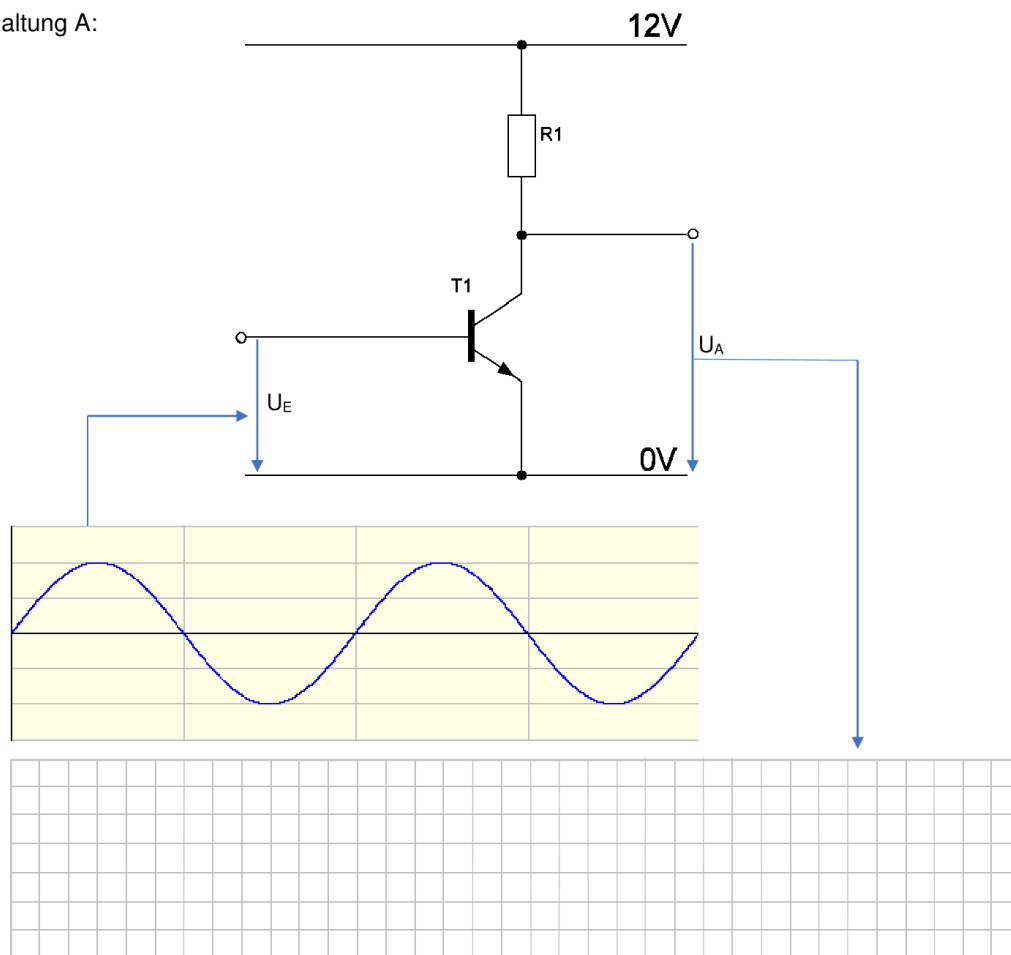


Transistor als Verstärker

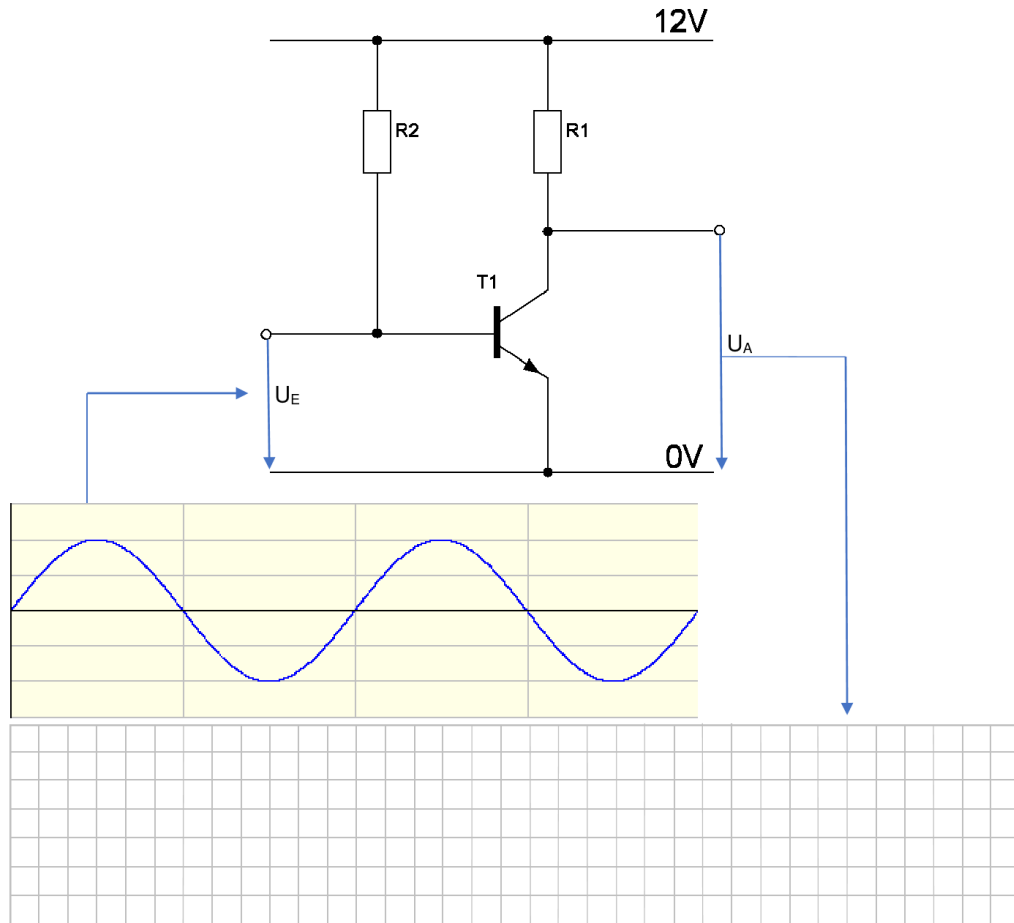
Gegeben ist ein sinusförmiges Eingangssignal mit einer Spannung von $U_E = 1V_{ss}$ und einer Frequenz von 1 kHz. Der Transistor hat einen Verstärkungsfaktor von $B = 150$.

Zeichnen Sie für die zwei Transistorstufen Schaltung A und B das Ausgangssignal U_A ein, das bei diesem Eingangssignal zu erwarten ist.

Schaltung A:



Schaltung B:



Erklären Sie, warum die Ausgangssignale diese Form bzw. dieses Aussehen haben.

Schaltung A:

.....

.....

.....

.....

Schaltung B:

.....

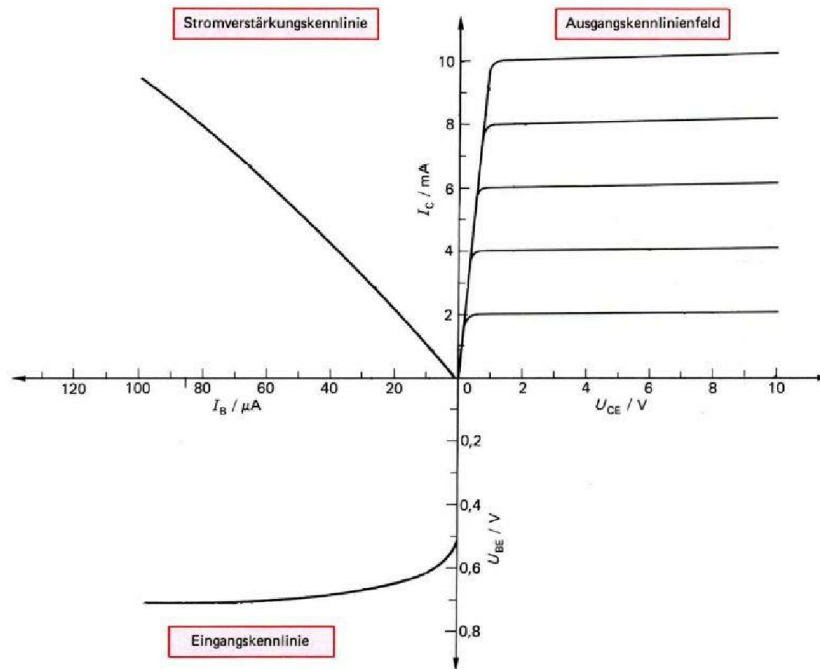
.....

.....

.....

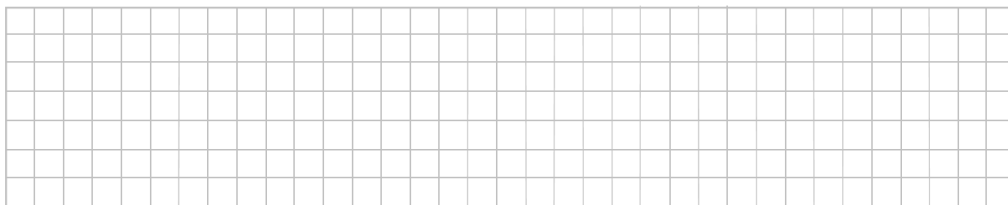
Arbeitspunktbestimmung mit Kennlinie

Für die Schaltung sollen nun die Widerstandswerte des Spannungsteilers R1 und R2 mit Hilfe der Kennlinie bestimmt werden.



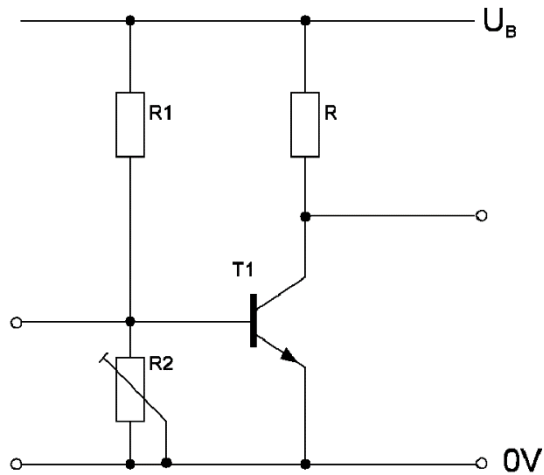
Aufgabe:

- Berechnen Sie den maximalen Kollektorstrom I_{Cmax} .
- Markieren Sie U_B und I_{Cmax} in der Kennlinie und zeichnen Sie zwischen den beiden Punkten die Arbeitsgerade ein
- Markieren Sie auf der Arbeitsgeraden den Arbeitspunkt AP und übertragen Sie diesen auf die anderen Kennlinienfelder.
- Berechnen Sie mit den Strom- und Spannungswerten aus der Kennlinie die Widerstandswerte R1 und R2.



- Bauen Sie die Schaltung mit einem Simulationsprogramm auf und überprüfen Sie ob der Arbeitspunkt mit den errechneten Werten einstellen lässt

Verhalten ohne Arbeitspunktstabilisierung



Die nebenstehende Transistorschaltung hat keine Arbeitspunktstabilisierung

Aufgaben:

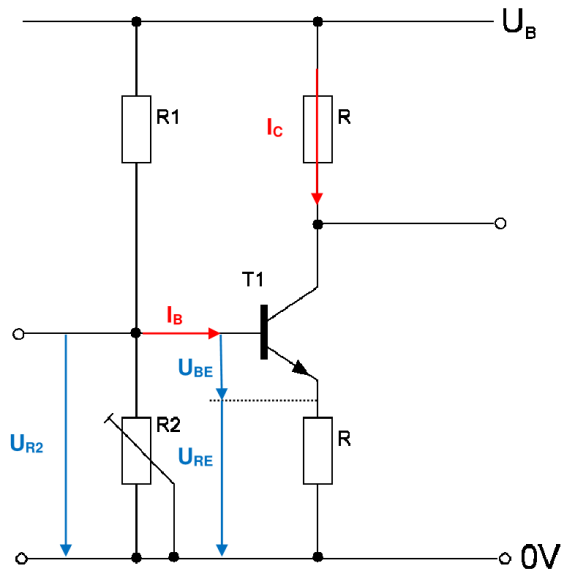
- Zeichnen Sie ein Voltmeter ein, mit dessen Hilfe die Spannung U_{CE} gemessen werden kann.

- Beschreiben Sie was nach einiger Zeit mit der Spannung U_{CE} geschieht.
.....
.....

- Erklären Sie, welche Größen (Strom, Spannung) in der Schaltung sich wie ändern.
.....
.....

- Zeichnen Sie diese Größen in die obige Schaltung ein.

Verhalten mit Arbeitspunktstabilisierung



Die nebenstehende Transistor-schaltung besitzt eine Arbeitspunktstabilisierung durch Stromgegenkopplung

Aufgaben:

- Beschreiben Sie die Funktionsweise dieser Stromgegenkopplung in einer Wirkungskette. Ausgangspunkt ist die Temperaturerhöhung. U_{R2} ist konstant.

.....

.....

- Beschreiben Sie die Auswirkung bei einer Erhöhung des Widerstandswertes von R_E

.....

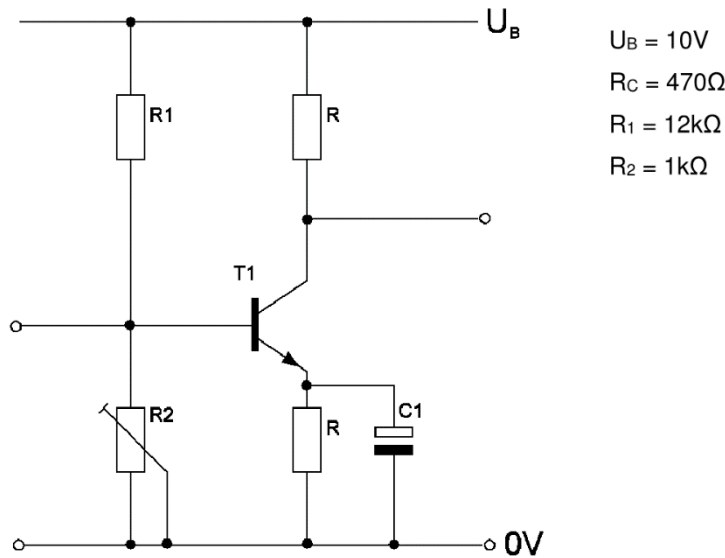
.....

- Beschreiben Sie die Auswirkung bei der Ansteuerung der Transistorstufe

.....

.....

Verhalten mit Arbeitspunktstabilisierung und C_E



- Erklären Sie die Funktion des Kondensators C_E (parallel zu R_E) in obiger Schaltung

.....

.....

.....

.....

- Am Ausgang der Transistorstufe wird ein Lautsprecher von 16Ω angeschlossen. Nehmen Sie zu folgender Aussage Stellung:
 „Die Membran des Lautsprechers geht in Endstellung und die Spule des Lautsprechers brennt durch.“

.....

.....

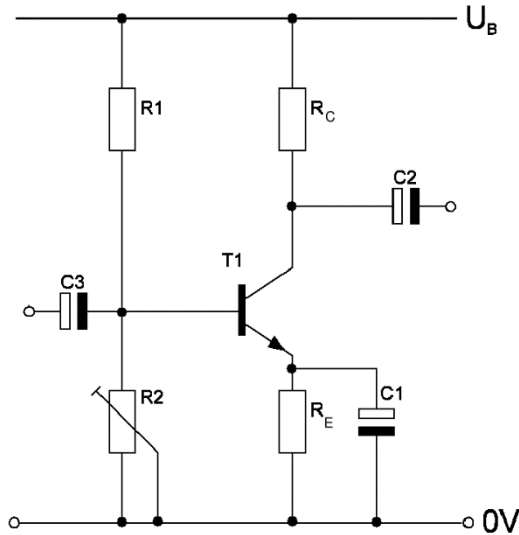
.....

- Beschreiben Sie wie sich der Arbeitspunkt ändert, wenn am Eingang ein NF-Generator mit einem Innenwiderstand von 50Ω angeschlossen wird.

.....

.....

Verstärker mit Koppelkondensatoren



Gegeben ist eine Transistorschaltung mit Koppelkondensatoren.

Der Arbeitspunkt kann mit dem Potentiometer R_2 eingestellt werden.

$$U_B = 10V$$

$$R_C = 470\Omega$$

$$R_1 = 12k\Omega$$

$$R_2 = 1,5 k\Omega$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 10\mu F$$

$$T_1 = BC 107$$

$$R_{Last} = 470\Omega$$

Aufgaben:

- Bauen Sie die Schaltung in einem Simulationsprogramm auf und stellen Sie den Arbeitspunkt ein.
- Erklären Sie was sich verändert, wenn am Ausgang ein Lastwiderstand $R_{Last} = 470\Omega$ angeschlossen wird.

.....

Die kapazitive Kopplung

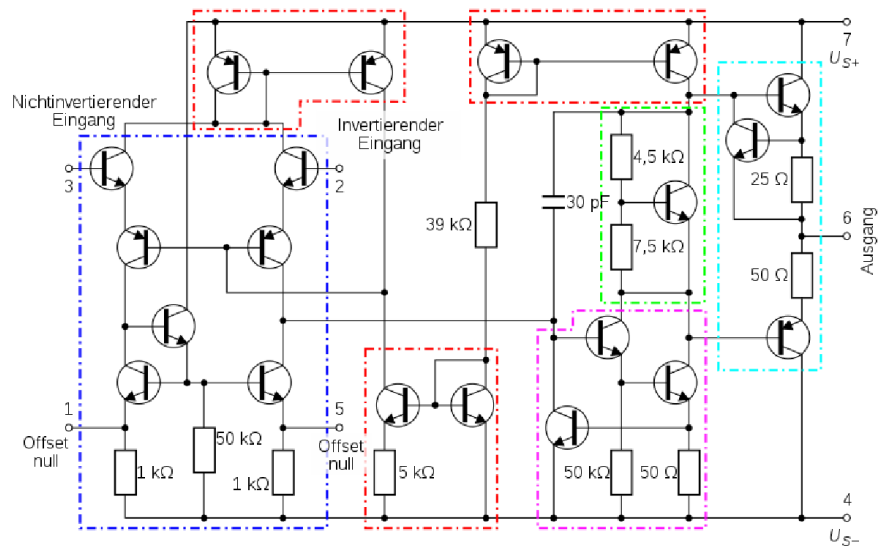
Die kapazitive Kopplung wird im NF-Bereich und teilweise auch im HF-Bereich angewendet. Zu den Vorteilen zählt, dass der Arbeitspunkt jeder einzelnen Stufe unabhängig voneinander berechnet und eingestellt werden kann und durch die Ankopplung nicht beeinflusst wird. Die Stufen sind auf einer Leitung galvanisch getrennt. Der Aufbau ist einfach.

Von Nachteil ist die Frequenzabhängigkeit, da der Hochpass zur Folgestufe mitbestimmend für die untere Grenzfrequenz ist. Zur Verstärkung tiefer Frequenzen muss der Koppelkondensator einen großen Kapazitätswert haben. Der Gleichspannungsanteil einer Mischspannung kann nicht verstärkt werden.

Operationsverstärker



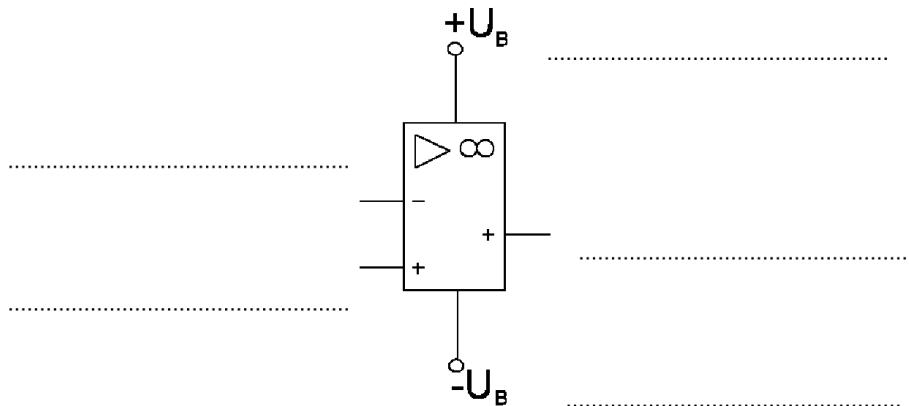
Operationsverstärker LM358 (SMD Gehäuse)



Innenbeschaltung eines Operationsverstärkers

Schaltzeichen eines Operationsverstärkers

Beschriften Sie die Anschlüsse am Operationsverstärker.

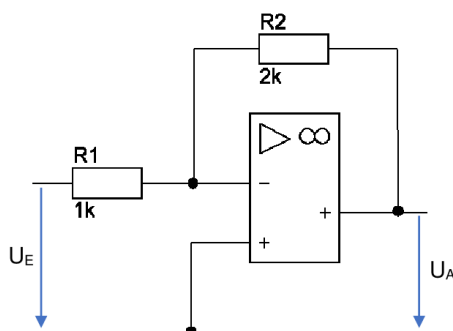


Zur besseren Übersicht werden die Betriebsspannungsanschlüsse nicht gezeichnet.

Gegeben sind verschiedene Schaltungen mit Operationsverstärkern.

1. Bauen Sie die verschiedenen Schaltungen in einem Elektronik-Simulationsprogramm auf.
2. Geben Sie die Spannungsverstärkung v_u der Schaltung mit einer Formel an (Beachten Sie dabei das Verhältnis der Widerstände)
3. Erklären Sie die Funktion der Schaltung.

Invertierender Operationsverstärker:



Gegeben:

$$+U_B = 10V$$

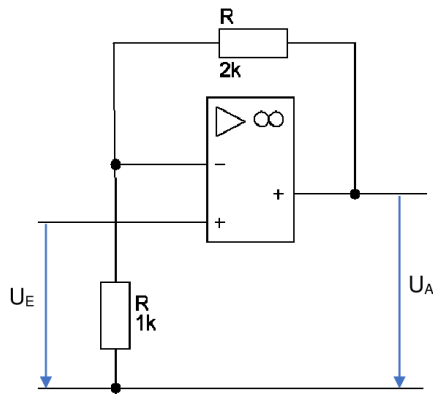
$$R_2 = 2k\Omega$$

$$-U_B = -10V$$

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$U_E = 1V_{SS}$$

Nicht invertierender Operationsverstärker:



Gegeben:

$$+U_B = 10V$$

$$R_2 = 2k\Omega$$

$$-U_B = -10V$$

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$U_E = 1V_{SS}$$

Messen Sie die Eingangs- und Ausgangsspannung und setzen Sie die Spannungen ins Verhältnis.

$$V_u = \frac{U_A}{U_E} = \dots\dots\dots$$

Die Verstärkung lässt mit den Widerständen berechnen.

$$V_u = \underline{\hspace{2cm}}$$

Erklärung der Schaltung:

.....

.....

.....

.....



Die Widerstände werden verändert:

$$R_2 = 2,16\text{k}\Omega; R_1 = 1\text{k}\Omega$$

Berechnen Sie die Verstärkung. Geben Sie die Verstärkung in dB an.

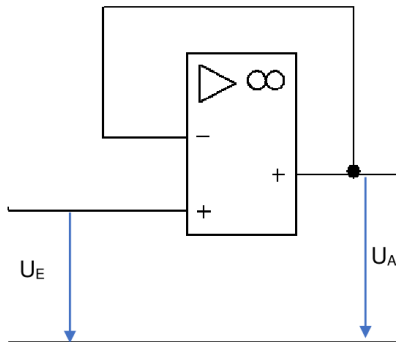
Vorüberlegung bzw. Abschätzung:

Wie ändert sich die Verstärkung der Schaltung wenn $R_2 = 0 \Omega$ und $R_1 \rightarrow \infty$

.....

Zeichnen Sie die Schaltung wenn $R_2 = 0 \Omega$ und $R_1 \rightarrow \infty$ ist.

Impedanzwandler (eine Sonderform des invertierenden OPVs)



Gegeben:

$$+U_B = 10V$$

$$-U_B = -10V$$

$$U_E = 1V_{SS}$$

Messen Sie die Eingangs- und Ausgangsspannung und setzen Sie die Spannungen ins Verhältnis.

$$V_u = \frac{U_A}{U_E} = \dots\dots\dots$$

Die Verstärkung lässt angeben.

$$V_u =$$

Erklärung der Schaltung:

.....

.....

.....

.....



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in, 2. Ausbildungsjahr

Hinweise zum Unterricht

Quellen- und Literaturangaben

Bilder:

Operationsverstärker: <https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker>

Fachliteratur

- Fachkundebuch, Europa-Verlag
- Elektronik Tabellen Informations- und Medientechnik, Westermann-Verlag