

Tutorium 2 - Bipolartransistoren

Sven Flerlage

Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme



Übersicht

- Vorstellung der letzten Abgabe
- Wiederholung
- Einleitung
- Rechnen der Aufgaben
- Zusammenfassung

Aufgabe 1

Gegeben sei eine Schaltung nach Bild 1.1.

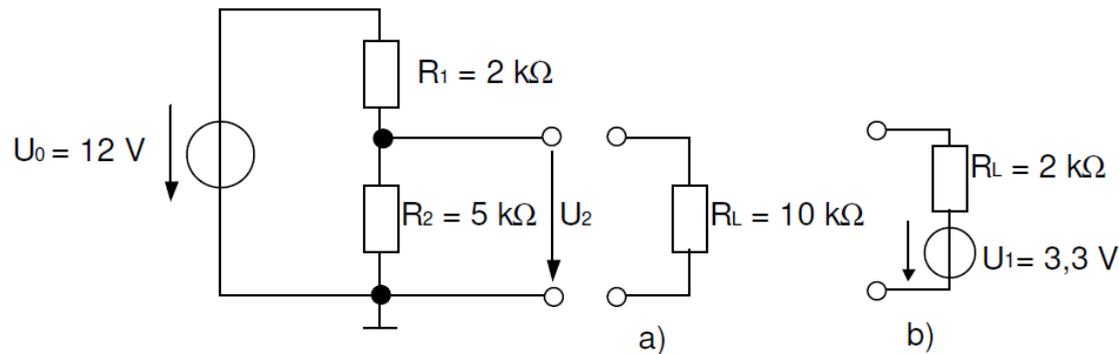


Bild 1.1

- 1.1 Die Schaltung wird im Leerlauf betrieben.
Welche Spannung U_2 stellt sich ein?
- 1.2 Parallel zu R_2 wird der Widerstand $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (Fall a) angeschlossen.
Welche Spannung U_2 stellt sich jetzt ein?
- 1.3 Parallel zu R_2 wird die Serienschaltung aus dem Widerstand $R_L = 2\text{ k}\Omega$ und einer Spannungsquelle mit $U_1 = 3,3\text{ V}$ (Fall b) angeschlossen.
Welche Spannung U_2 stellt sich jetzt ein?

Aufgabe 6

Ihre Aufgabe in einem Unternehmen ist es, eine Lichtschranke mit Hilfe eines infraroten Laserstrahls zu realisieren. Zu diesem Zweck soll eine infrarot Laserdiode mit einer bestimmten Signalfolge an und ausgeschaltet werden. Als Laserquelle wird eine sogenannte VCSEL Laserdiode verwendet, die die unten angegebenen Parameter besitzt.

Laserdioden benötigen einen Schwellstrom. Das bedeutet, dass unterhalb dieses Stroms die Diode kein Laserlicht abgibt. Die optische Leistung ist ab dem Schwellstrom linear proportional zum Diodenstrom.

- 6.1 Entwerfen Sie einen einfachen Schaltplan, der folgenden Betrieb ermöglicht:
Die Diode soll an einer 10V Quelle betrieben werden und konstant eine optische Leistung von 3 mW abgeben. Orientieren Sie sich zur Arbeitspunktbestimmung an den unten abgebildeten Grafen.
- 6.2 Sie prägen der Diode eine zusätzliche, symmetrische Rechteckspannung auf (direkt über die Diode). Wie groß muss die Spannungsamplitude sein, damit die Diode, die sich im DC-Arbeitspunkt aus a befindet optisch zwischen „An“ und „Aus“ variiert. Die Diode soll nicht unterhalb des Schwellstromes betrieben werden. Wie groß ist die optische Leistung dann im Maximum?

Aufgabe 6

Fig. 1 Typical Power Output vs Forward Current

FIBER301.GRA

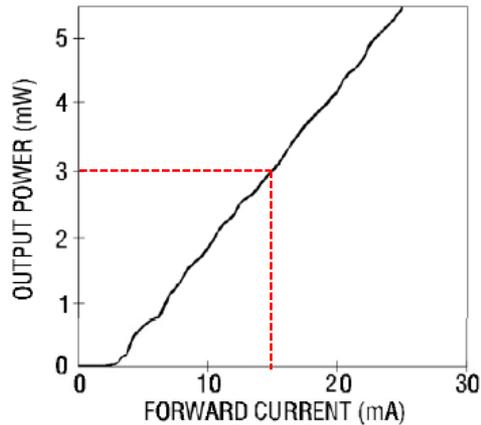


Fig. 2 Typical Threshold Current vs Temperature

FIBER302.GRA

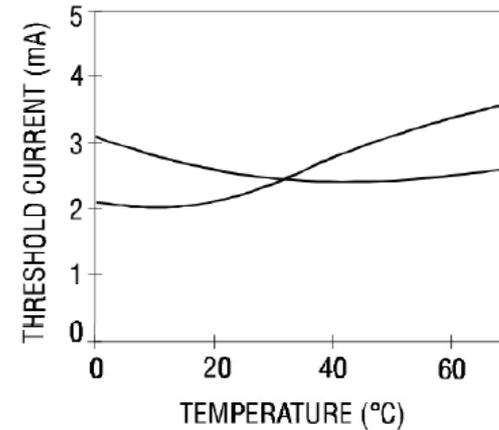


Fig. 3 Typical Spectral Output vs Wavelength

FIBER303.GRA

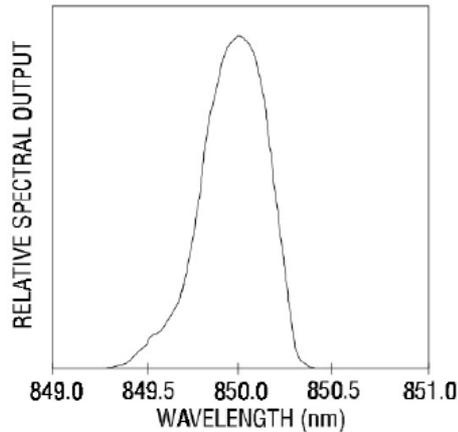
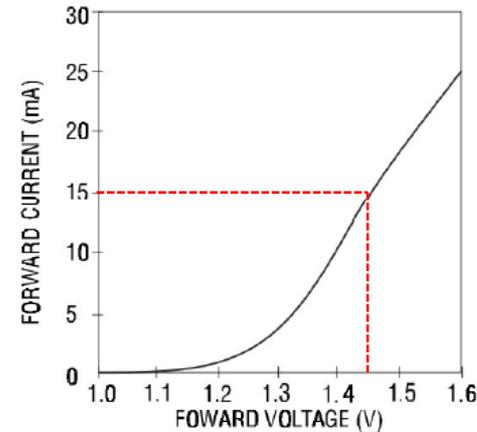


Fig. 4 Typical Current vs Forward Voltage

FIBER304.GRA



Aufgabe 6

High Speed Fiber Optic VCSEL

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (0°C<T<70°C unless otherwise specified)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	TEST CONDITIONS
Output power HFE4080-321/XBA	P _o	400	1800	2000	μW	I _f = 10 mA
		-4.0	+2.6	+3.0	dBm	
HFE4080-322/XBA	P _o	800	1900	2200	μW	I _f = 10 mA
		-1.0	+2.8	+3.4	dBm	
Threshold current	I _{th}		3.5	6	mA	
Slope Efficiency	η		0.3		mW/mA	I _f = 10 mA
Forward Voltage	V _F		1.40	1.60	V	I _f = 10 mA
Reverse Breakdown Voltage	BVR	5.0	10.0		V	I _R = 10 μA
Peak Wavelength	λ _p	820	850	860	nm	I _f = 10 mA DC
Spectral Bandwidth	Δλ		0.5		nm	I _f = 10 mA DC
Rise and fall time	t _r , t _f		100	400	ps	Prebias above threshold, T = 25°C, 10-90%
Analog bandwidth						I _f = 10 mA DC
Analog bandwidth	BW		6		GHz	Small signal sinusoidal modulation
Relative Intensity Noise	RIN		-125	-116	dB/Hz	Measured into 1 GHz noise bandwidth
I _{th} Temperature Coefficient	ΔI _{th} /ΔT	-0.042	0	.042	mA/°C	I _f = 10 mA
η Temperature Coefficient	Δη/ΔT		-0.001		mW/mA/°C	I _f = 10 mA
P _o Temperature Coefficient	ΔP _o /ΔT		0		dB/°C	I _f = 10 mA
λ _p Temperature Coefficient	Δλ _p /ΔT		0.06		nm/°C	I _f = 10 mA
V _F Temperature Coefficient	ΔV _F /ΔT		-0.2		mV/°C	I _f = 10 mA
Series Resistance	r _s		30.0		Ω	DC
Thermal Resistance	θ _a		900		°C/W	

Aufgabe 6

Fig. 1 Typical Power Output vs Forward Current

FIBER301.GRA

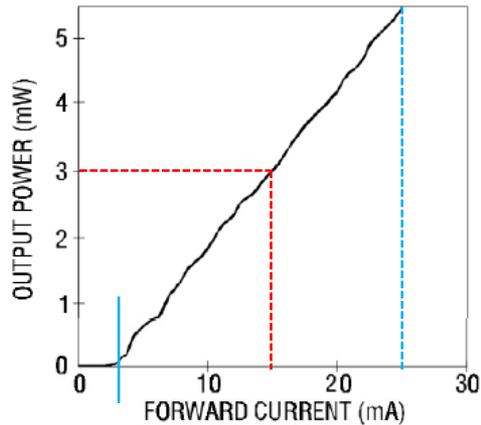


Fig. 2 Typical Threshold Current vs Temperature

FIBER302.GRA

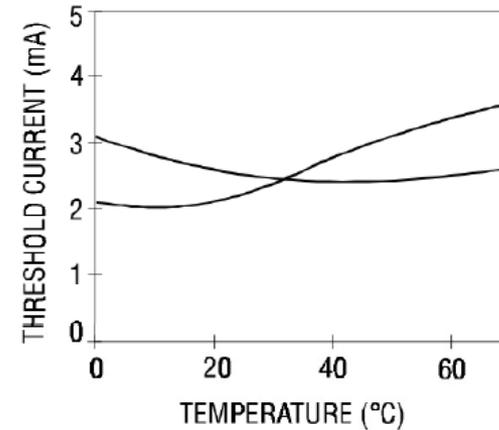


Fig. 3 Typical Spectral Output vs Wavelength

FIBER303.GRA

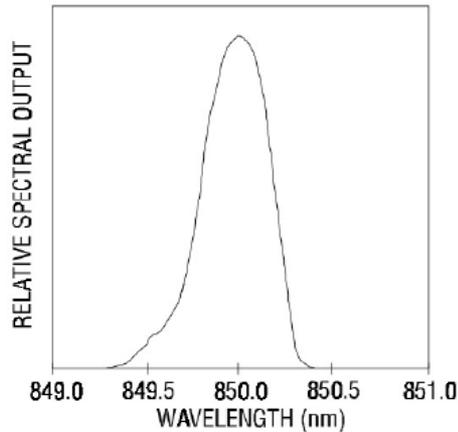
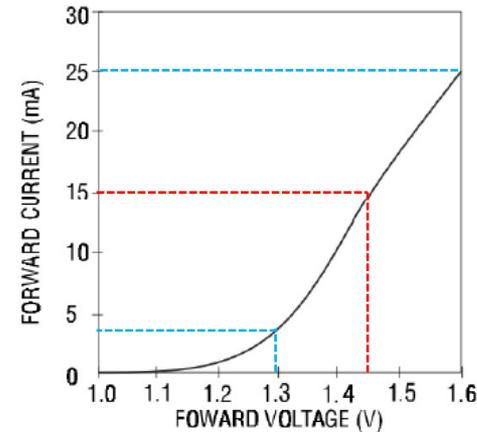


Fig. 4 Typical Current vs Forward Voltage

FIBER304.GRA



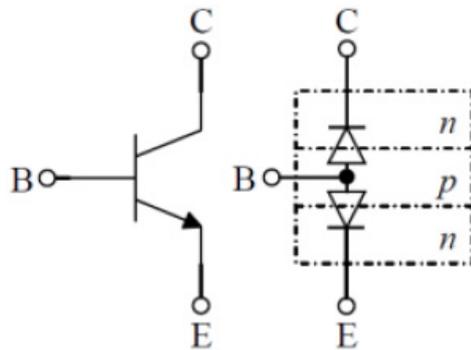
Noch Fragen ?

Wiederholung

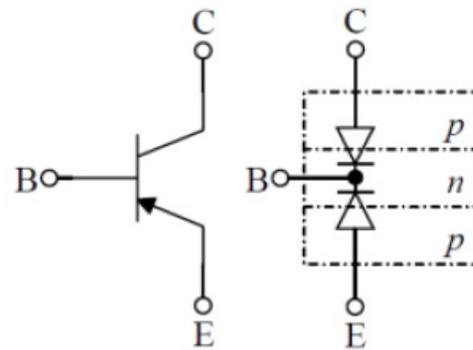
- SI-Diode
 - $U_D \approx 0,7 \text{ V}$
- Lastgeraden

Arten von Bipolartransistoren

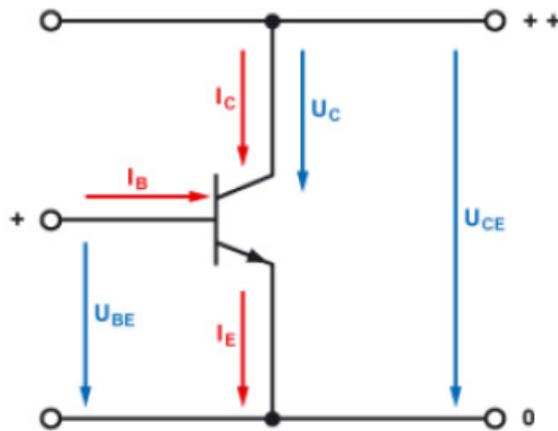
■ NPN- und PNP-Transistoren



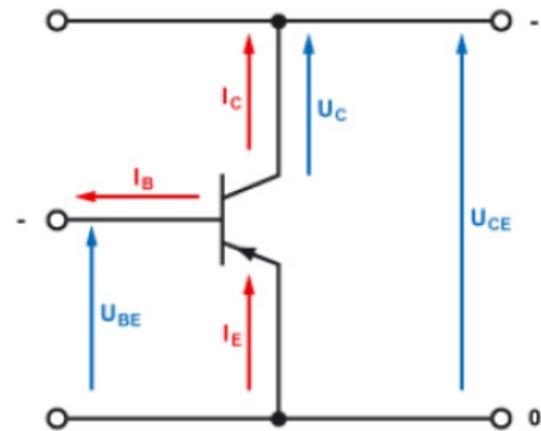
a) npn-Transistor



b) pnp-Transistor [1]



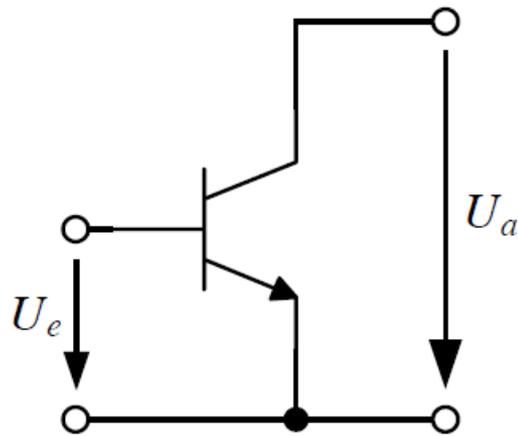
Strom und Spannung am NPN-Transistor



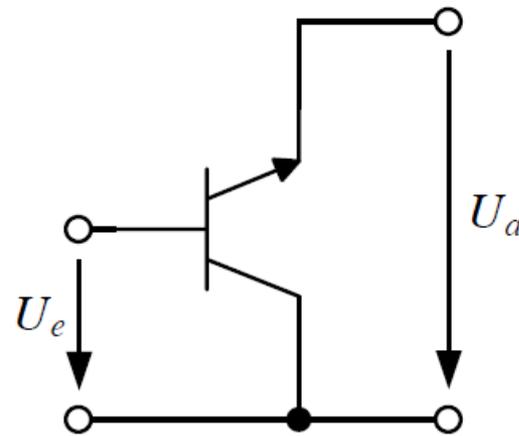
Strom und Spannung am PNP-Transistor [2]

Grundsaltungen

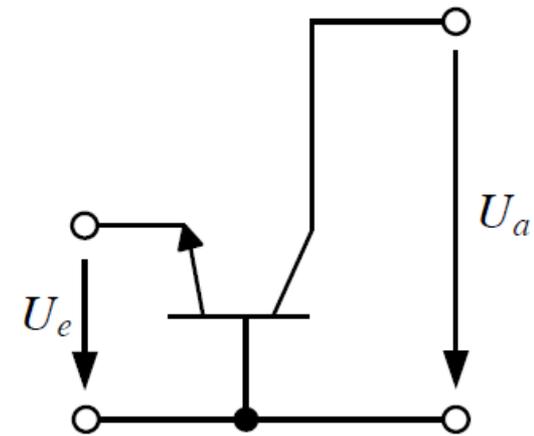
- Namensgebend ist der Eingang an dem **weder die Eingangsspannung noch die Ausgangsspannung** angeschlossen ist.



Emitterschaltung



Kollektorschaltung

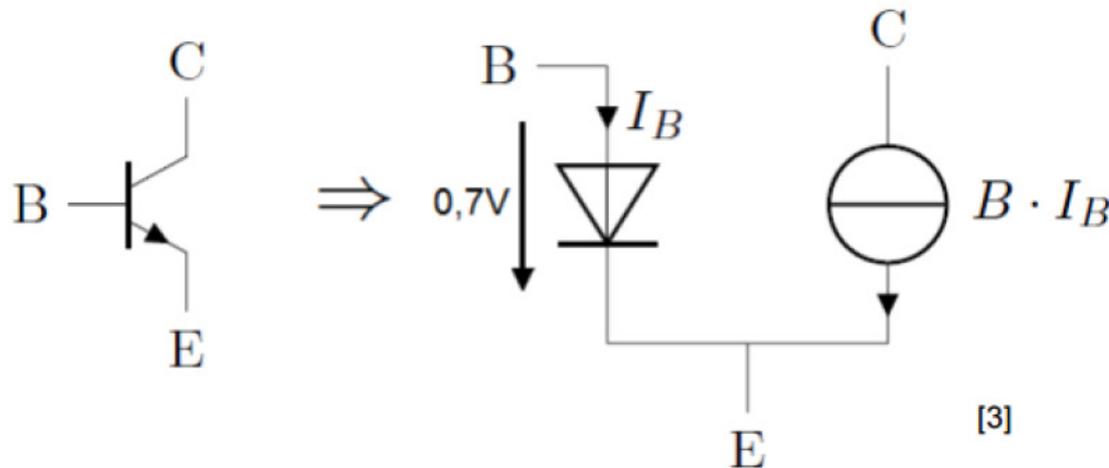


Basisschaltung

Großsignalersatzschaltbild

■ Funktionen

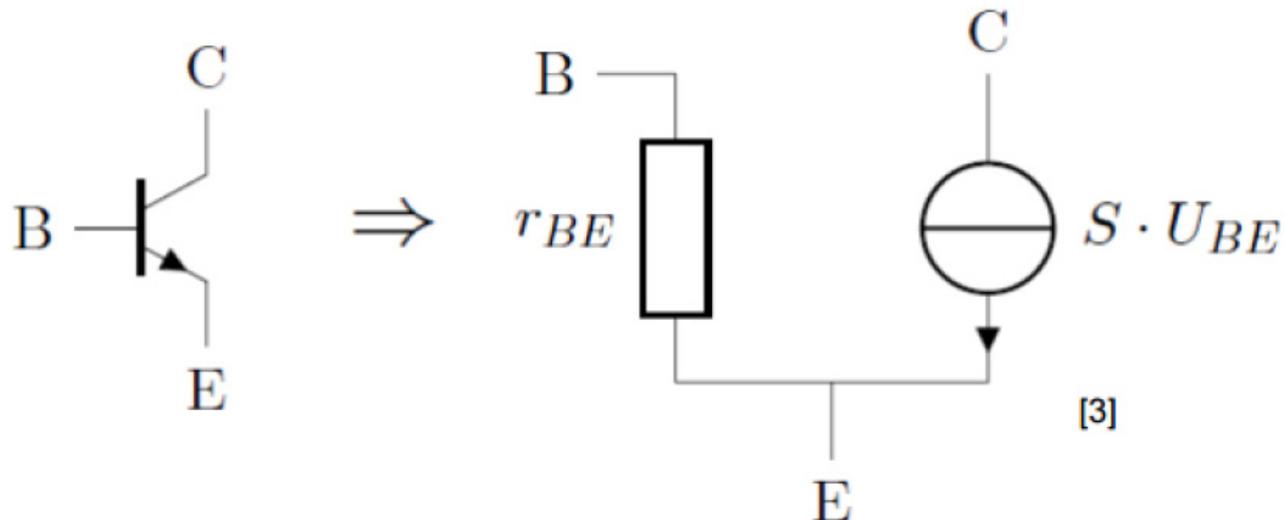
- Bestimmung des Arbeitspunktes (gegeben durch I_B , I_C , U_{BE} , U_{CE})
- Berechnung der Stromverstärkung B
- Betrachtung bei Gleichspannung
 - => Kondensatoren werden als Leerlauf betrachtet



Kleinsignalersatzschaltbild

■ Funktion

- Ermitteln von Ein- und Ausgangswiderständen
- Betrachtung bei kleinen Wechselfspannungen
 - => Kondensatoren werden als Kurzschluss betrachtet
 - Ebenso die Versorgungsspannungsquelle U_B



Noch Fragen ?

Aufgabe 7

Gegeben ist das Kennlinienfeld (Bild 7.1) eines npn-Transistors. Der Transistor wird in einer Schaltung nach Bild 7.2 betrieben. Der Arbeitspunkt liegt bei $U_{CE} = 10 \text{ V}$, $I_C = 37,5 \text{ mA}$.

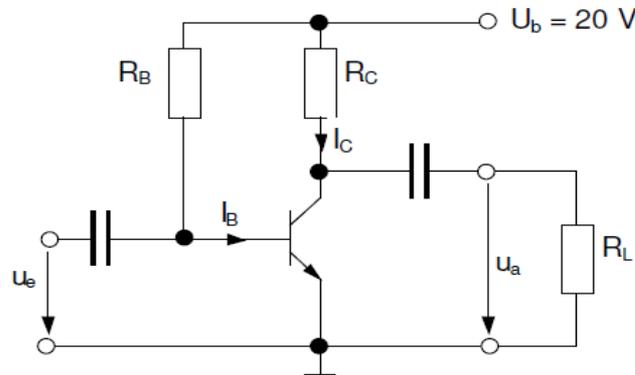


Bild 7.2

- 7.1 Bestimmen Sie aus dem Kennlinienfeld die Stromverstärkung B des Transistors im angegebenen Arbeitspunkt !
- 7.2 Welchen Wert muss der Widerstand R_C haben, damit der Arbeitspunkt eingestellt werden kann ? Tragen Sie die Lastgerade für R_C in das Kennlinienfeld ein !
- 7.3 Berechnen Sie den Widerstandswert von R_B für den angegebenen Arbeitspunkt !
- 7.4 Wie ändert sich die Lastgerade bei Wechselstrombetrieb, wenn der Lastwiderstand $R_L = R_C$ ist ?
- 7.5 Berechnen Sie die Verstärkung $A = u_a / u_e$ der Schaltung !

Aufgabe 8

Gegeben sei eine Schaltung nach Bild 8.1. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $\beta = B = 150$.

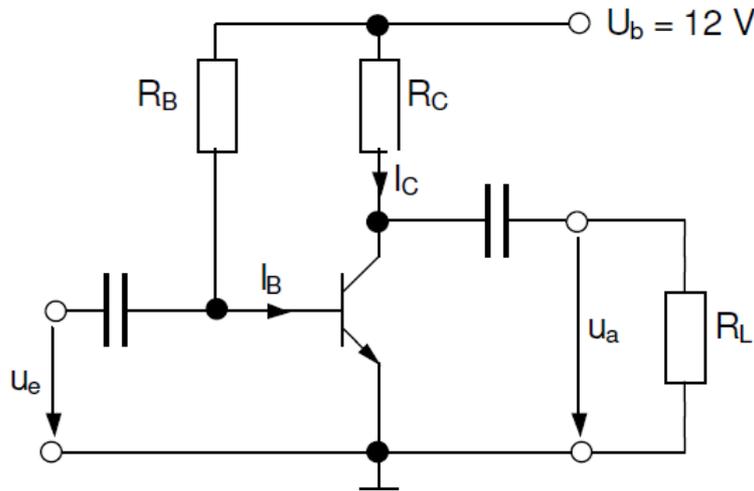


Bild 8.1

- 8.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben?
- 8.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 8.1 !
- 8.3 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 8.1 !
- 8.4 Zur Einstellung des Arbeitspunktes der Schaltung soll ein Basisstrom von $9\mu\text{A} \leq I_B \leq 10\mu\text{A}$ zugelassen werden. Bestimmen Sie den dazu notwendigen Wert des Basisvorwiderstands R_B aus der E24 Widerstandsreihe !

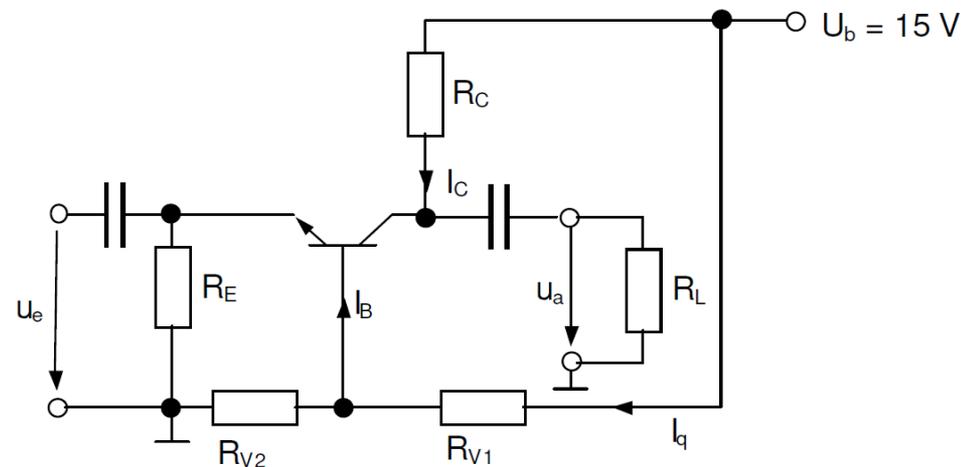
Aufgabe 8

- 8.5 Der Arbeitspunkt der Schaltung soll bei einer Kollektor-Emitter-Spannung $U_{CE} \approx 6,0 \text{ V}$ liegen. Berechnen Sie den Wert des Widerstands R_C (E24 - Reihe) der dieser Forderung am nächsten kommt !
- 8.6 Berechnen Sie die Steilheit S für die Schaltung mit den in 8.4 und 8.5 ermittelten Widerstandswerten !
- 8.7 An den Eingang wird eine Wechselfspannung u_1 angelegt. Bestimmen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 8.8 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung der Schaltung $A = u_a / u_e$ für folgende zwei Fälle:
a) Leerlauf am Ausgang ($R_L = \infty$) und b) $R_L = R_C$!

Aufgabe 9

Gegeben ist eine Transistorschaltung nach Bild 9.1. Der Transistor habe eine Stromverstärkung von $\beta = B = 400$. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_{V1} = 9,1 \text{ k}\Omega$, $R_{V2} = 3,9 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1,2 \text{ k}\Omega$, $R_E = 1 \text{ k}\Omega$, $R_L = 6 \text{ k}\Omega$ (Annahme: $I_B \ll I_q$)

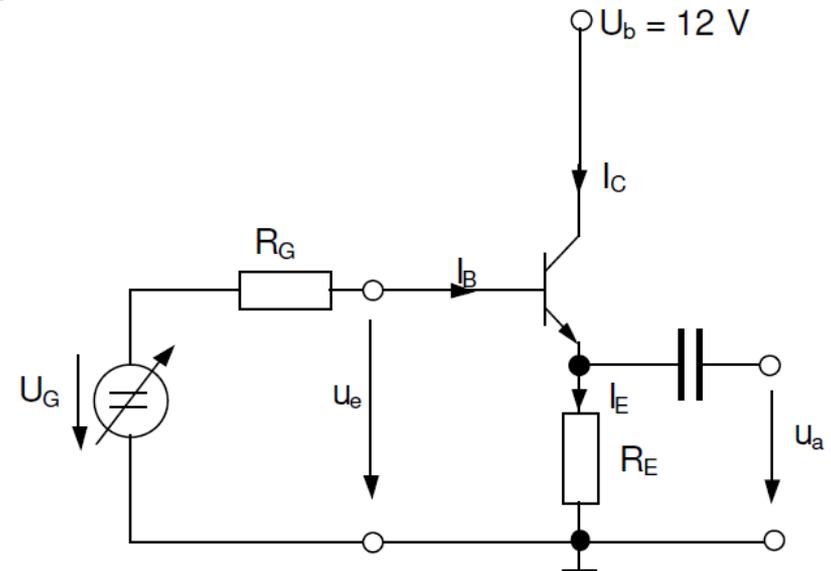
- 9.4 In welchem Arbeitspunkt wird der Transistor betrieben ?
- 9.5 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung A der Schaltung !
- 9.6 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e der Schaltung !
- 9.7 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand r_a der Schaltung !



Aufgabe 10

Die Eingangsstufe eines Mikrofonverstärkers soll durch eine Transistorschaltung nach Bild 10.1 realisiert werden. Der Transistor hat eine Stromverstärkung von $\beta = B = 200$. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden. Die Widerstände haben folgende Werte: $R_G = 100 \text{ k}\Omega$, $R_E = 2 \text{ k}\Omega$. Der Basisstrom beträgt $I_B = 10 \text{ }\mu\text{A}$.

- 10.1 In welcher Grundschaltung wird der Transistor betrieben ?
- 10.2 Skizzieren Sie das Kleinsignal-Ersatzschaltbild für die Schaltung in Bild 10.1 !
- 10.3 Berechnen Sie den Eingangswiderstand r_e und den Ausgangswiderstand r_a der Schaltung !
- 10.4 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung A der Schaltung !



Verständnisaufgabe (optional)

Sie haben in der Vorlesung Bipolar- und Feldeffekttransistoren kennengelernt.

Welchen Transistortyp, bzw. welche Grundschaltung würden Sie für die folgenden Anwendungen verwenden? Diskutieren Sie in kleinen Gruppen! Nehmen Sie zu Recherchezwecken Ihr Skript und vergleichen Sie Parameter, wie Geschwindigkeit, Stromverbrauch, Steilheit, Flächenverbrauch,...

- Verstärker für ein Hochfrequenzsignal bei mehreren GHz.
- Ausgangstreiberstufe eines IC, belastbar mit mehreren mA.
- Digitales IC für Taktraten im MHz Bereich.
- Antennenverstärker mit hoher Verstärkung.

Zusammenfassung

- NPN- und PNP-Transistoren
- Verschiedene Grundsaltungen
- Großsignal- und Kleinsignalersatzschaltbild
 - Und deren Anwendung

Ausblick

- Nächstes Tutorium: 12.06.18
 - Feldeffekttransistoren