

Name: Jahrgang: Gruppe:

Namen der Mitarbeiter:

HN4 - LABOR

Abteilung Elektronik

an der Höheren technischen Bundeslehranstalt 1
Innsbruck, Anichstraße 26 – 28

Übungsnummer:	HF-Verhalten von Transistoren	Ausgeführt am
Betreuer:		Abgegeben am

Lehrziele

Kennenlernen der typischen Transistorkapazitäten und die Auswirkung der Millerkapazität auf das Grenzfrequenzverhalten einer Emittergrundschialtung

Theorievoraussetzung

Kenntnis des Transistor-HF-Ersatzschaltbildes und der inneren Transistorkapazitäten, Millertheorem, Grundkenntnisse zum Tiefpassverhalten von Schaltungen.

Literatur: Böhmer/Bauelemente der Elektronik, Kapitel „Hochfrequenzverhalten der EGS“ und „Kaskode“

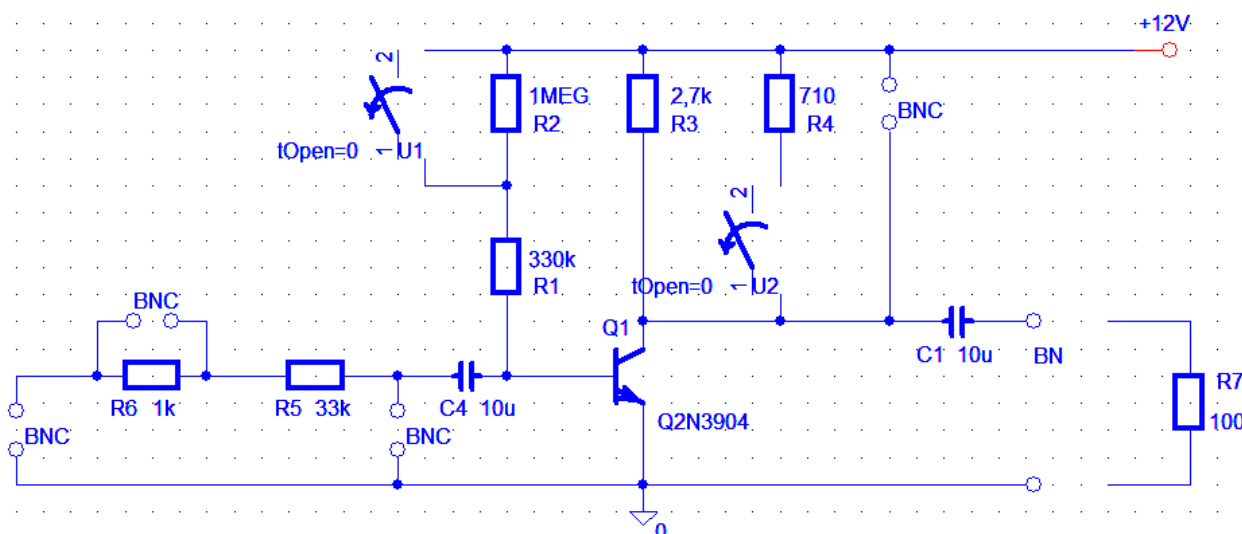
Aufgabenstellungen

- Arbeitspunktermittlung am vorliegenden Messobjekt
- Berechnung der Kenngrößen r_{BE} und S
- Aufnahme des Frequenzganges der Kurzschlussstromverstärkung β
- Messung von f_{β} und Ermittlung von C_{BE}
- Messung der Leerlaufverstärkung und Ermittlung von C_{BC}
- Messung des Basis-Bahnwiderstandes $r_{BB'}$
- Messung der Grenzfrequenz einer Kaskode-Schaltung

Gerätebedarf

1 Netzgerät, 1 DMM, 2 AC-mVM, 1 R-Dekade, 1 Oszilloskop, 1 Funktionsgenerator,
1 Frequenzzähler

Übungsdurchführung



Angaben bezüglich Betriebsbedingungen erhalten Sie vom Betreuer!

1. Arbeitspunktermittlung

Hinweis: Messen Sie den DC-Spannungsabfall an R_C und erzeugen Sie den gewünschten Arbeitspunkt, indem Sie die Versorgungsspannung U_B auf einen Wert zwischen 6 und 12 Volt entsprechend einstellen.

$$I_C = \frac{U_{RC}}{R_C}$$

$$I_B = \frac{U_B - 0,5}{1,33M}$$

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

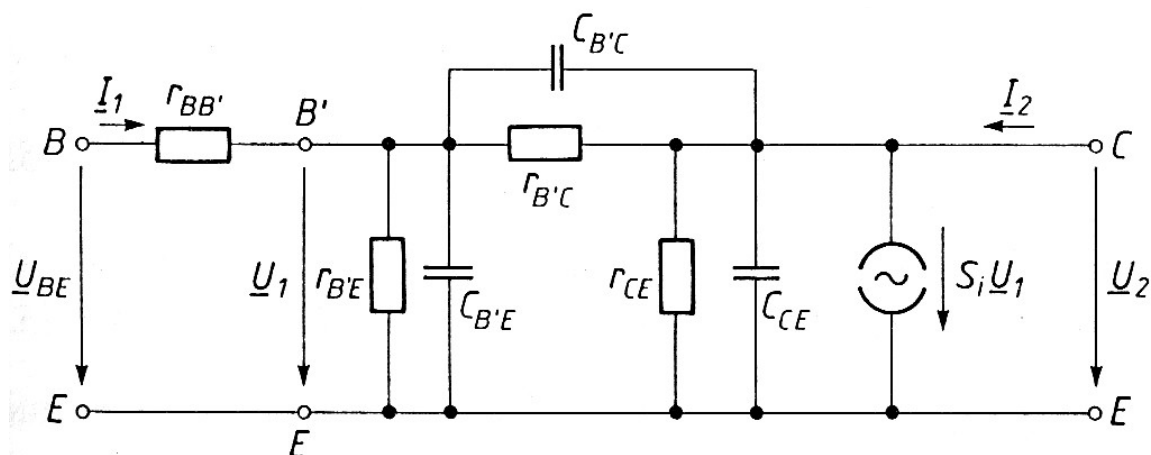
2. Berechnung von r_{BE} und S

$$3. \quad r_{BE} \approx \frac{U_T}{I_B}$$

$$S \approx \frac{I_C}{U_T}$$

$$\beta \approx B$$

HF-Ersatzschaltbild nach Giacoletto (für nicht allzu hohe Frequenzen)



4. Messung des Frequenzganges von β

Hinweis: Erzeugen Sie eine „Stromsteuerung“ des Transistors, in dem Sie über den eingebauten Vorwiderstand (34 kOhm) eine Signalwechselspannung an die Basis legen. Belasten Sie den Ausgang mit einem $R_L = 100 \text{ Ohm}$ sodass annähernd eine Kurzschlussbelastung vorliegt.

$$i_B = \frac{u_{FG}}{34K + r_{BE}}$$

$$i_C = \frac{u_a}{100\Omega}$$

$$\beta = \frac{i_C}{i_B}$$

f/MHz	$u_a/\text{mV}_{\text{eff}}$	i_C/mA	$\beta = i_C/i_B$
0,01			
0,02			
0,05			
0,1			
0,2			
0,5			
1			
2			
5			
10			
f_β			

- Graphische Darstellung von β in Abhängigkeit der Frequenz (doppelt log, Darstellung) und Ermittlung von f_β
- Berechnung der Transitfrequenz $f_T = \beta \cdot f_\beta$
- Tragen Sie den Wert von f_T im Diagramm ein und diskutieren Sie das Messergebnis
- Die Grenzfrequenz ist (falls möglich) immer ein eigener Messpunkt!

5. Ermittlung von C_{BE}

Durch Berechnung: $C_{BE} \approx \frac{I_C}{2\pi f_T U_T}$

Aus der Messung: $C_{BE} \approx \frac{1}{2\pi r_{BE} f_\beta}$

6. Messung von C_{BC}

Hinweis: Verstärke ist unbelastet. Die Grenzfrequenz f_g der Spannungsverstärkung $v_u = u_a/u_e$ ist dann wegen der Millerkapazität $(1 - v_u) \cdot C_{BC}$ kleiner als f_β . Die Eingangsspannung u_e wird an Basis gemessen und so klein, dass Ausgangsspannung u_a unverzerrt! (Kleinsignalverhalten!)

f/MHz	$u_a/\text{mV}_{\text{eff}}$	$u_e/\text{mV}_{\text{eff}}$	$v_u = u_a/u_e$
1			
2			
5			
10			
20			
40			
60			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
220			
240			
f_{gvu}			

Darstellung

und Ermittlung von f_g .

- Vergleich mit dem berechneten Wert für $v_u = -S \cdot R_C$

- Ermittlung von C_{BC} aus:

$$f_g = \frac{1}{2\pi r_{BE} (C_{BE} + C_{BC} (1 - v_u))}$$

$$C_{BC} = \frac{\frac{1}{2\pi r_{BE} f_g} - C_{BE}}{1 - v_u}$$

Beachte: Bei dieser Messung auch die Kapazitäten des Messkabels und der Messgeräte am Transistoreingang berücksichtigen ($C_{BE} + \text{ca. } 120 \text{ pF}$)!

6. Ermittlung des Basis-Bahnwiderstandes $r_{BB'}$

Hinweis: Durch Nachregeln der Spannung am Funktionsgenerator wird bei Frequenzgangmessung die u_e an der Basis konstant gehalten (Spannungssteuerung!) Dadurch wird bei EGS am Transistoreingang der Basis-Bahnwiderstand $r_{BB'}$ parallel zum r_{BE} für die Grenzfrequenz wirksam.

f/kHz	u_a/mV_{eff}	u_e/mV_{eff}	$v_u = u_a/u_e$
Graphische			
2			
5			
10			
Ermittlung von $r_{BB'}$ aus:			
40			
60			
50			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
220			
240			
f_{gvu}			

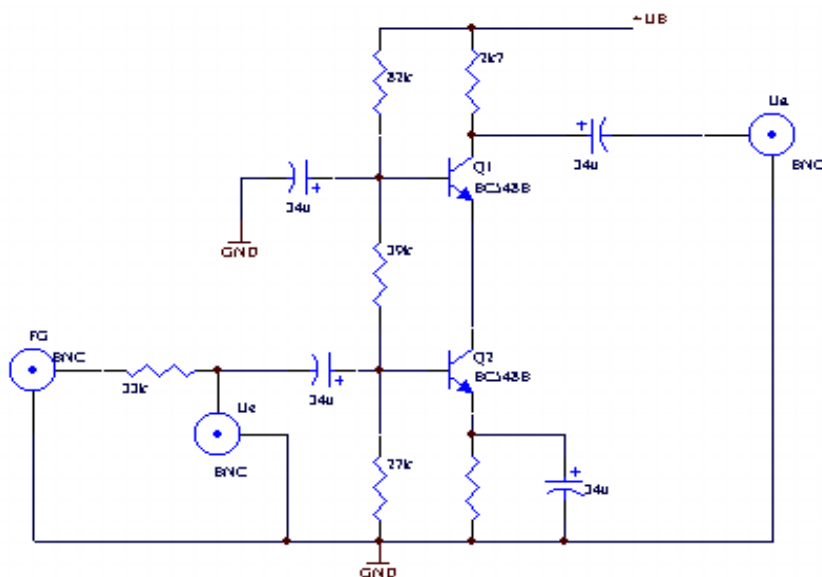
Darstellung
und Ermittlung von f_g .

$$f_g = \frac{1}{2\pi(r_{BE} // r_{BB'})(C_{BE} + C_{BC}(1 - v_u))}$$

7. Wiederholung der Messungen 1 bis 6 für einen anderen Arbeitspunkt

Hinweis: Stellen Sie einen anderen Arbeitspunkt ein (Schalterstellung 2) und ermitteln Sie für diesen wiederum die charakteristischen Messwerte.

7. Messung der Grenzfrequenz einer Kaskode-Schaltung



Messen Sie die Verstärkung und Grenzfrequenz der gegebenen Kaskodeschaltung.

Diskutieren und vergleichen Sie das Messergebnis mit den bei der EGS gefundenen Werten.

f/kHz	u_a /mVeff	u_e /mVeff	$v_u = u_a/u_e$
1			
2			
5			
10			
20			
40			
60			
50			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
220			
240			

- Graphische Darstellung von v_u in Abhängigkeit der Frequenz (doppelt log, Darstellung) und Ermittlung von f_g .

9. Auswertung der gemessenen Diagramme

Die in den Diagrammen dargestellten Ergebnisse aller Messungen sind in der Diskussion zu vergleichen, zu bewerten und es ist die Übereinstimmung mit den theoretischen Überlegungen zu überprüfen.

	EGS: $I_C =$	EGS: $I_C =$	Kaskode
B_0			
S / mS			
r_{BE} / kOhm			
$rR_{BB'} / \text{kOhm}$			
C_{BE} / pF			
C_{BC} / pF			
β_0			
f_β / kHz			
f_T / kHz			
v_u			
f_g / kHz			