Versuchsbeschreibung Nr. 4

Verwendete Geräte: 1 Oszilloskop
1 Multimeter
1 Frequenzgenerator

Literatur:
1. Tietze,Schenk: Halbleiterschaltungstechnik (Kap. 8.1, 9)
2. Beuth: Bauelemente

Inhalt: Aufbau von Analogschaltungen, mit denen man digital arbeitet.

Aufgaben:

1. Bauen Sie untenstehende Schaltung eines 'Transistors als Schalters auf'.

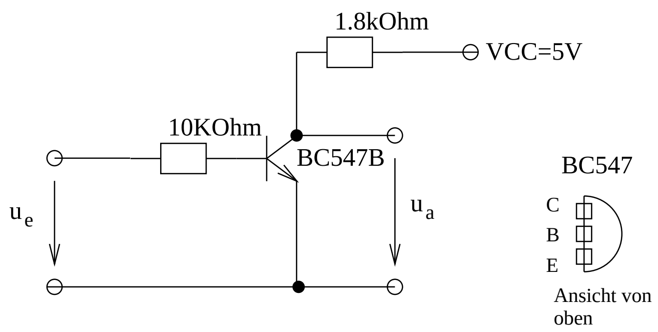


Abb.9: Transistor als Schalter

Eingangsspannung:

- Kurvenform: Dreieck
- Amplitude: $V_{ss} = 10V$ ohne Offset (d.h. von -5V bis +5V)
- Frequenz: 1kHz

- Nehmen Sie $U_a(t)$ mit dem Oszilloskop auf, speichern Sie die Meßaufnahme mit der Oszisoftware "Oszi" unter Windows in dem Directory **c:\labor\vers4\a1_bild1.bmp** als BMP-Bild ab und drucken Sie es aus.
- Nehmen Sie $U_a(t)$ über $U_e(t)$ auf, speichern Sie die Übertragungskennlinie mit der Oszisoftware "Oszi" unter Windows in dem Directory **c:\labor\vers4\a1_bild2.bmp** als BMP-Bild ab und drucken Sie sie aus.
- Welcher logischen Verknüpfung entspricht die Schaltung ?
- Beschreiben Sie das Verhalten des Transistors in dieser Schaltung !

2. Bauen Sie untenstehende Schaltung in Dioden-Transistor-Logik auf

- Nehmen Sie das logische Verhalten der Schaltung auf, indem Sie über das Schalterfeld die Eingangsvariablen U_1 und U_2 anlegen, und den Ausgang U_a messen. Welcher logischen Funktion entspricht das Verhalten der Schaltung ?
- Wozu dient D_3, und was ändert sich, wenn man D_3 durch einen Widerstand ersetzt ?
- Messen Sie die Gatterlaufzeit der Schaltung mit dem Oszilloskop, indem Sie an den einen Eingang eine Rechteckspannung (1 kHz, 0..5 V oder TTL-Signal) anlegen, und den anderen Eingang auf +5V legen !
- Welchen Einfluß hat R_2 auf die Schaltgeschwindigkeit ? Verkleinern Sie dazu R2 geringfügig.

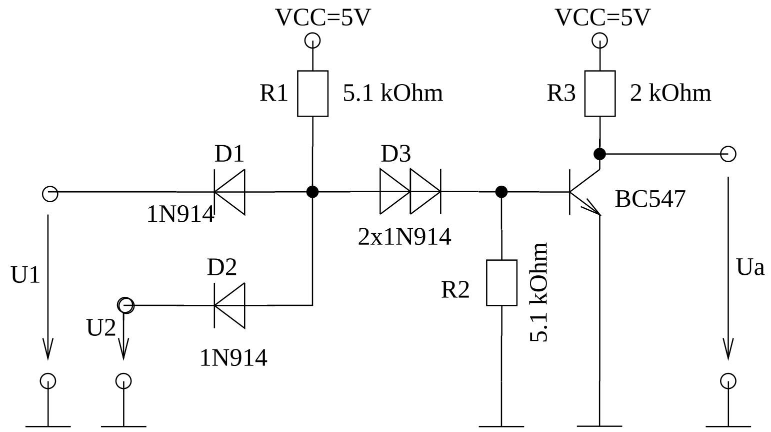


Abb.10: Dioden-Transistoren-Logik

3. Transistor-Transistor-Logik

3.1 Stecken Sie das rot gekennzeichnete IC in einen IC-Sockel auf dem IC-Steckkasten.

$V_{CC} = 5V$
$GND = 0$V

Es befinden sich 4 Gatter in dem IC. Durch Aufnahme des logischen Verhaltens von einem der 4 Gatter soll herausgefunden werden, um welches der unten abgebildeten IC's es sich handelt.
Unbenützte Eingänge legen Sie bitte auf V_{CC}.

Was passiert, wenn Sie einen Eingang offen lassen ?

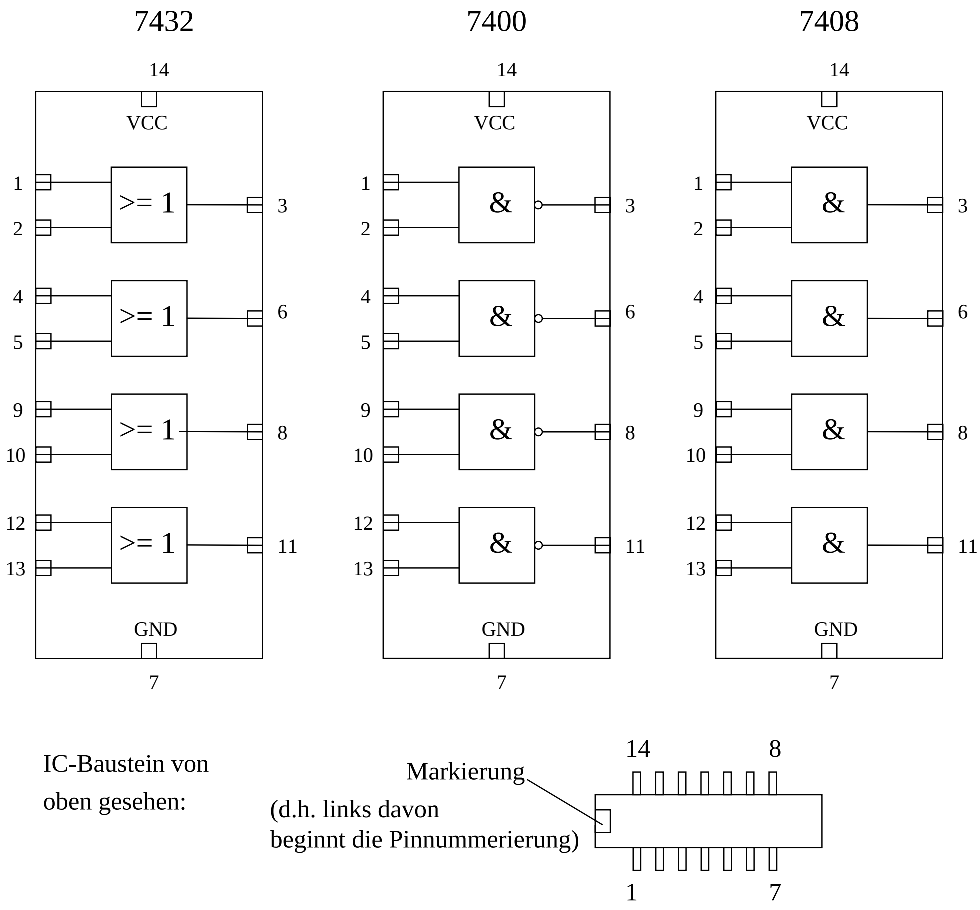


Abb.11: IC's in Transistoren-Transistoren-Logik (TTL)

3.2 Messen Sie die Laufzeit des rot gekennzeichneten IC-Gatters, in dem Sie 4 Gatter in Reihe schalten und von der Gatterlaufzeit der 4 Gatter auf der eines Gatters rückschliessen. Die Messung wird an 4 Gattern vorgenommen, da die Messung an nur einem Gatter nicht die genauen Zeiten liefert !

Wechseln Sie nun das rot gekennzeichnete IC durch das gelb gekennzeichnete aus, und messen Sie von diesem die Gatterlaufzeit. Es handelt sich hierbei um die gleiche IC-Art, nur daß der rote Typ ein 74LS... und der gelbe Typ ein 74F... ist.

- Zeigen Sie an Hand der Messungen den Unterschied zwischen diesen Typen.
- Vergleichen Sie die Messwerte mit den unten stehenden Tabellenwerten.

Welche unterschiedlichen TTL-Arten gibt es noch, und was haben Sie zu bedeuten ?

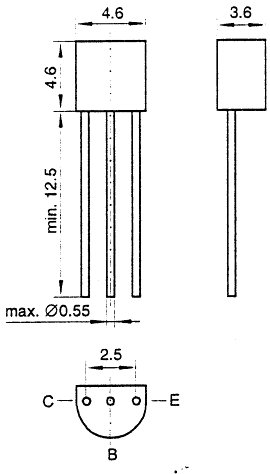
IC-Art	t_{pdHL}	t_{pdLH}
74F00	6ns	5.3ns
74LS00	15ns	15ns
74F08	6.6ns	6.5ns
74LS08	20ns	15ns
74F32	6.6ns	6.3ns
74LS32	22ns	22ns

Anhang zu Versuchsbeschreibung Nr. 4 (Datenblatt BC547)

NPN Silicon Epitaxial Planar Transistors

These transistors are subdivided into three groups A, B and C according to their current gain. The type BC546 is available in groups A and B, however, the types BC547 and BC548 can be supplied in all three groups. The BC549 is a low-noise type and available in groups B and C. As complementary types, the PNP transistors BC556 ... BC559 are recommended.

On special request, these transistors are also manufactured in the pin configuration TO-18.



TO-92 Plastic Package
Weight approx. 0.18 g
Dimensions in mm

Absolute Maximum Ratings

		Symbol	Value	Unit
Collector-Base Voltage	**BC546**	V_{CBO}	80	V
	BC547	V_{CBO}	50	V
	BC548, BC549	V_{CBO}	30	V
Collector-Emitter Voltage	**BC546**	V_{CES}	80	V
	BC547	V_{CES}	50	V
	BC548, BC549	V_{CES}	30	V
Collector-Emitter Voltage	**BC546**	V_{CEO}	65	V
	BC547	V_{CEO}	45	V
	BC548, BC549	V_{CEO}	30	V
Emitter-Base Voltage	**BC546, BC547**	V_{EBO}	6	V
	BC548, BC549	V_{EBO}	5	V
Collector Current		I_C	100	mA
Peak Collector Current		I_{CM}	200	mA
Peak Base Current		I_{BM}	200	mA
Peak Emitter Current		$-I_{EM}$	200	mA
Power Dissipation at T_{amb} = 25 °C		P_{tot}	500[1]	mW
Junction Temperature		T_j	150	°C
Storage Temperature Range		T_S	−65...+150	°C

[1] Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case

Characteristics at T_{amb} = 25 °C

	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
h-Parameters at V_{CE} = 5 V, I_C = 2 mA, f = 1 kHz, Small Signal Current Gain					
Current Gain Group A	h_{fe}	–	220	–	–
B	h_{fe}	–	330	–	–
C	h_{fe}	–	600	–	–
Input Impedance **Current Gain Group A**	h_{ie}	1.6	2.7	4.5	kΩ
B	h_{ie}	3.2	4.5	8.5	kΩ
C	h_{ie}	6	8.7	15	kΩ
Output Admittance **Current Gain Group A**	h_{oe}	–	18	30	µS
B	h_{oe}	–	30	60	µS
C	h_{oe}	–	60	110	µS
Reverse Voltage Transfer Ratio **Current Gain Group A**	h_{re}	–	$1.5 \cdot 10^{-4}$	–	–
B	h_{re}	–	$2 \cdot 10^{-4}$	–	–
C	h_{re}	–	$3 \cdot 10^{-4}$	–	–
DC Current Gain at V_{CE} = 5 V, I_C = 10µA					
Current Gain Group A	h_{FE}	–	90	–	–
B	h_{FE}	–	150	–	–
C	h_{FE}	–	270	–	–
at V_{CE} = 5 V, I_C = 2 mA					
Current Gain Group A	h_{FE}	110	180	220	–
B	h_{FE}	200	290	450	–
C	h_{FE}	420	500	800	–
at V_{CE} = 5 V, I_C = 100 mA					
Current Gain Group A	h_{FE}	–	120	–	–
B	h_{FE}	–	200	–	–
C	h_{FE}	–	400	–	–
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	R_{thA}	–	–	250[1)]	K/W
Collector Saturation Voltage					
at I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA	V_{CEsat}	–	80	200	mV
at I_C = 100 mA, I_B = 5 mA	V_{CEsat}	–	200	600	mV
Base Saturation Voltage					
at I_C = 10 mA, I_B = 0.5 mA	V_{BEsat}	–	700	–	mV
at I_C = 100 mA, I_B = 5 mA	V_{BEsat}	–	900	–	mV
Base-Emitter Voltage					
at V_{CE} = 5 V, I_C = 2 mA	V_{BE}	580	660	700	mV
at V_{CE} = 5 V, I_C = 10 mA	V_{BE}	–	–	720	mV
Collector-Emitter Cutoff Current					
at V_{CE} = 80 V **BC546**	I_{CES}	–	0.2	15	nA
at V_{CE} = 50 V **BC547**	I_{CES}	–	0.2	15	nA
at V_{CE} = 30 V **BC548, BC549**	I_{CES}	–	0.2	15	nA
at V_{CE} = 80 V, T_j = 125 °C **BC546**	I_{CES}	–	–	4	µA
at V_{CE} = 50 V, T_j = 125 °C **BC547**	I_{CES}	–	–	4	µA

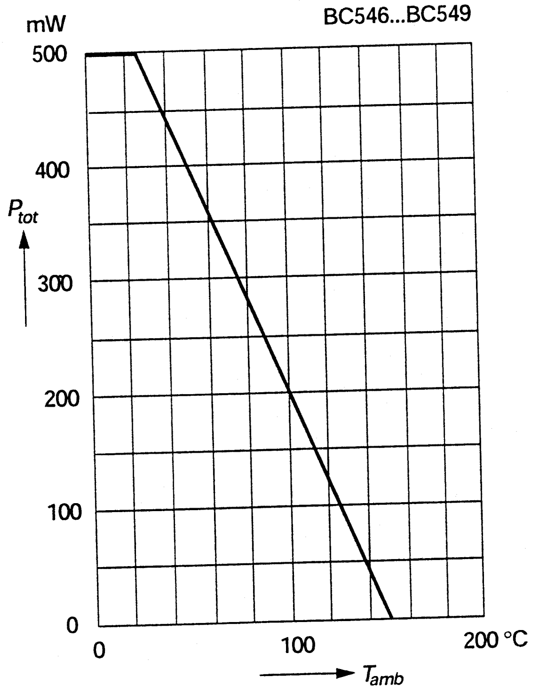
1) Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case

Characteristics, continuation

	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
at V_{CE} = 30 V, T_j = 125 °C **BC548, BC549**	I_{CES}	–	–	4 4	µA µA
Gain-Bandwidth Product at V_{CE} = 5 V, I_C = 10 mA, f = 100 MHz	f_T	–	300	–	MHz
Collector-Base Capacitance at V_{CB} = 10 V, f = 1 MHz	C_{CBO}	–	3.5	6	pF
Emitter-Base Capacitance at V_{EB} = 0.5 V, f = 1 MHz	C_{EBO}	–	9	–	pF
Noise Figure at V_{CE} = 5 V, I_C = 200 µA, R_G = 2 kΩ, f = 1 kHz, Δf = 200 Hz **BC546, BC547**	F	–	2	10	dB
BC548 **BC549**	F	–	1.2	4	dB
at V_{CE} = 5 V, I_C = 200 µA, R_G = 2 kΩ, f = 30…15000 Hz **BC549**	F	–	1.4	4	dB

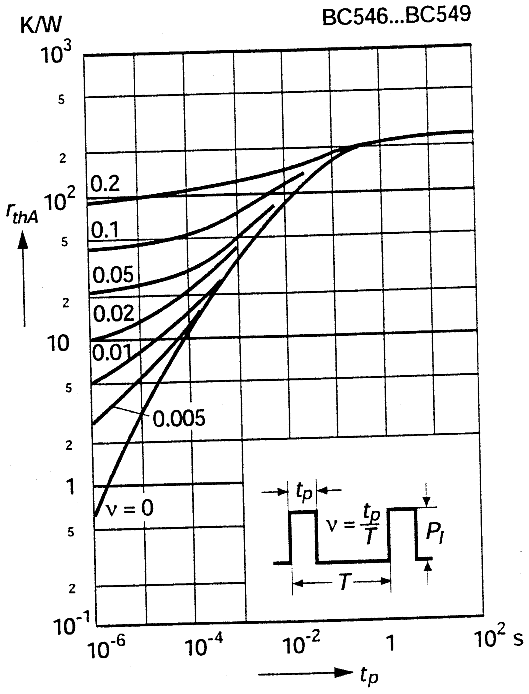
Admissible power dissipation versus temperature

Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case

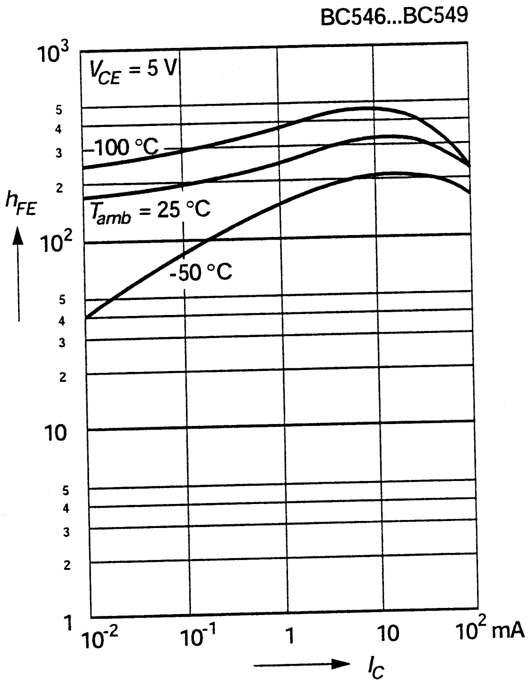


Pulse thermal resistance versus pulse duration

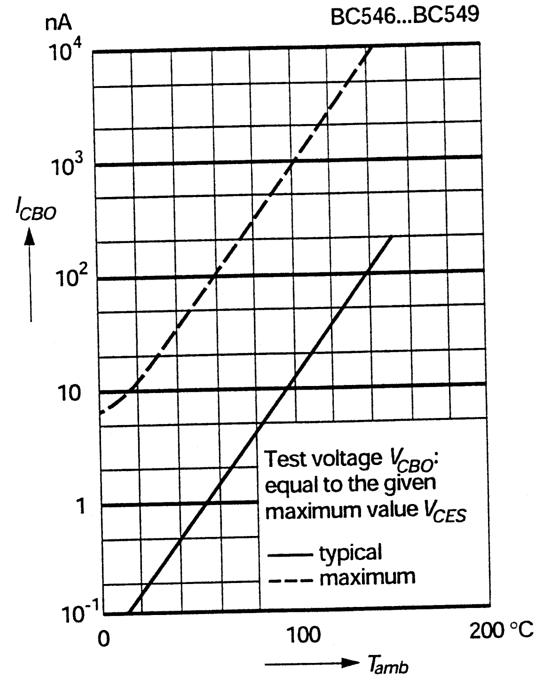
Valid provided that leads are kept at ambient temperature at a distance of 2 mm from case



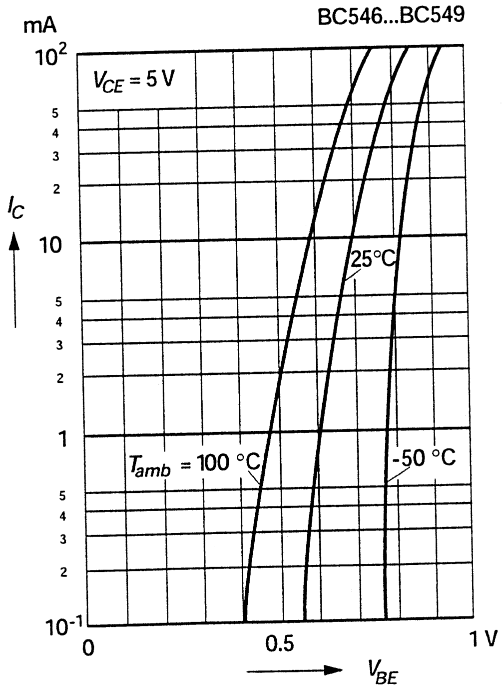
DC current gain versus collector current



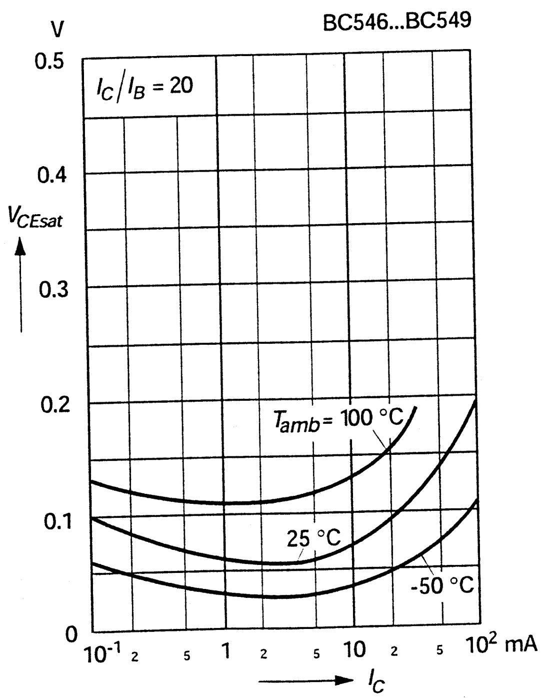
Collector-base cutoff current versus ambient temperature



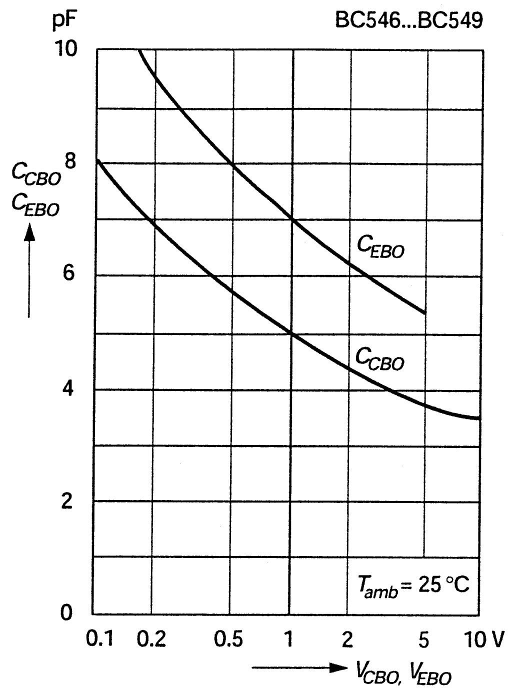
Collector current versus base-emitter voltage



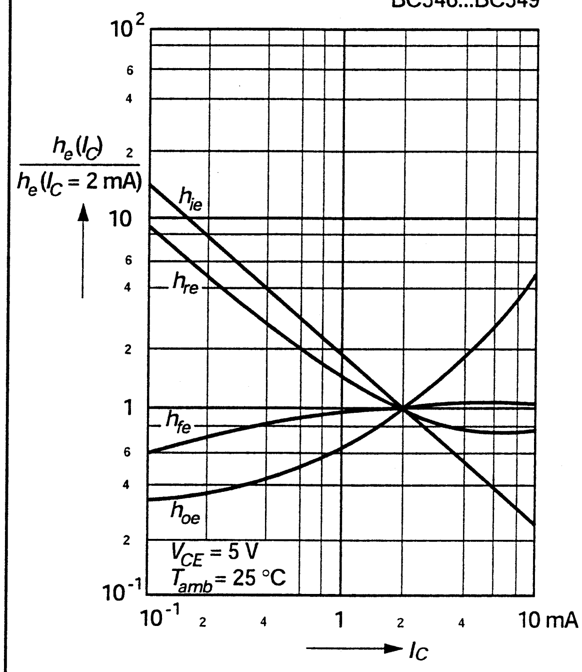
Collector saturation voltage versus collector current



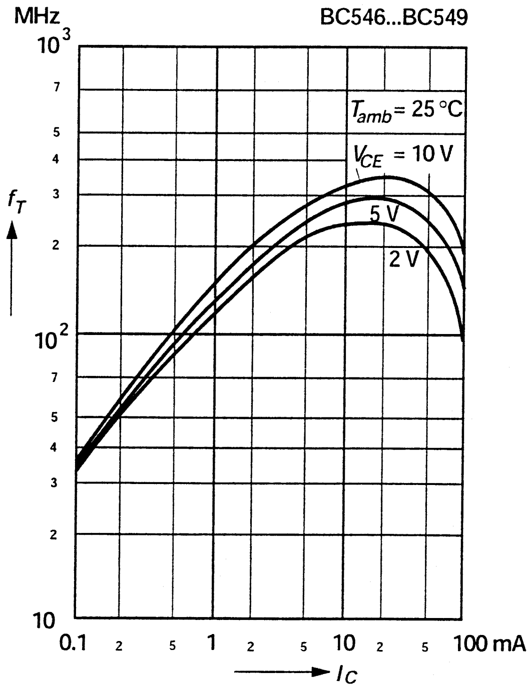
Collector-base capacitance, Emitter-base capacitance versus reverse bias voltage



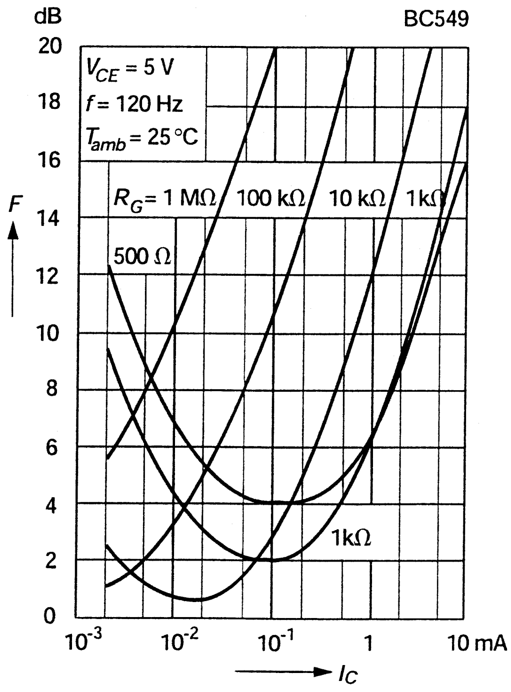
Relative h-parameters versus collector current

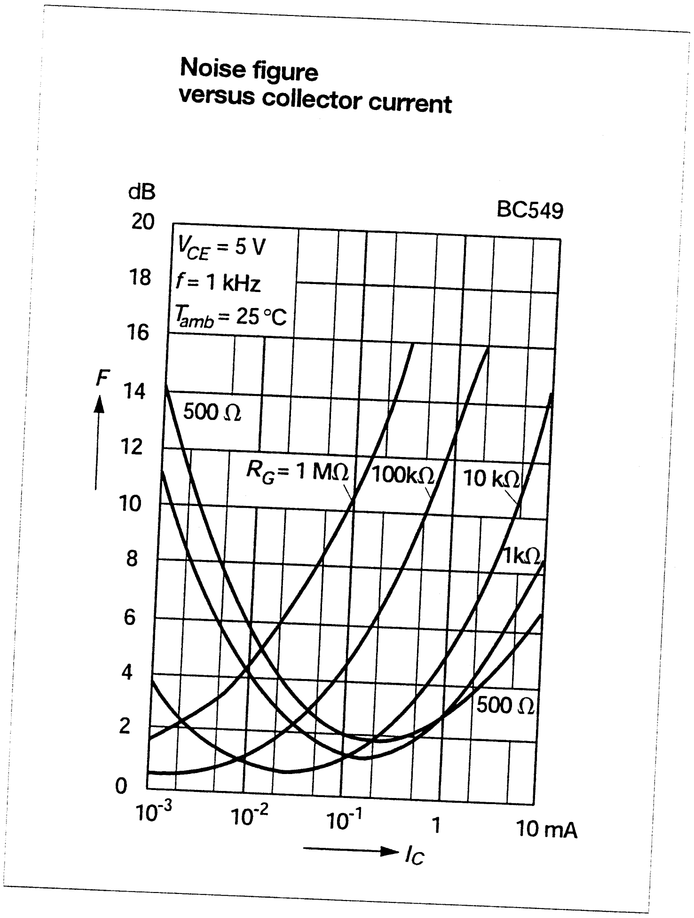


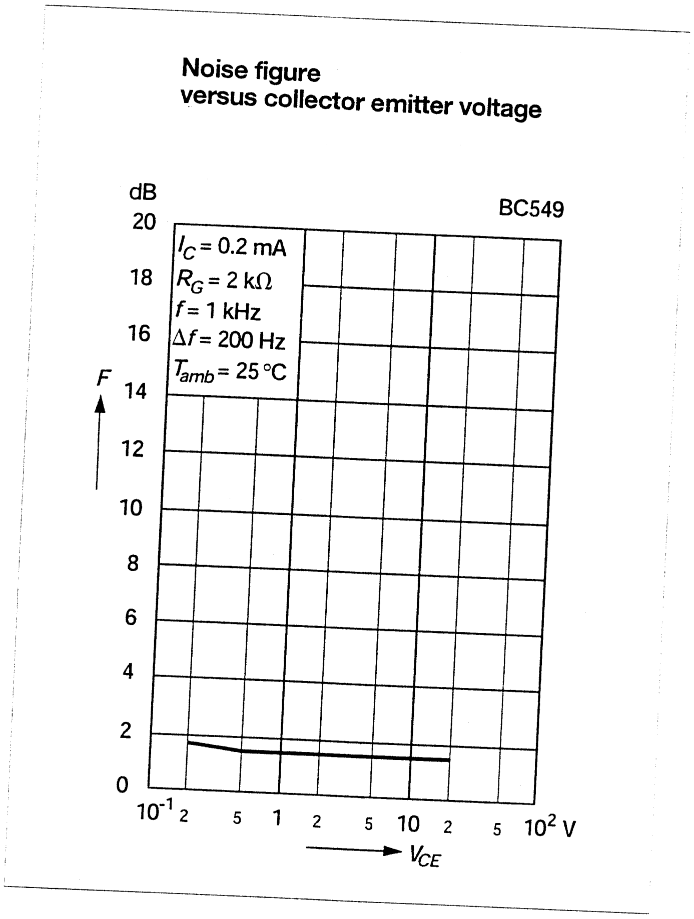
Gain-bandwidth product versus collector current



Noise figure versus collector current




Noise figure
versus collector current
dB
BC549
V_{CE} = 5 V
f = 1 kHz
T_{amb} = 25 °C
500 Ω
R_G = 1 MΩ
100kΩ
10 kΩ
1kΩ
500 Ω
F
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
10^{-3}
10^{-2}
10^{-1}
1
10 mA
I_C


Noise figure
versus collector emitter voltage
dB
BC549
I_C = 0.2 mA
R_G = 2 kΩ
f = 1 kHz
Δf = 200 Hz
T_{amb} = 25 °C
F
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
10^{-1} 2 5 1 2 5 10 2 5 10^2 V
V_{CE}