

Práctica 3: El Transistor Bipolar.

Objetivos:

- Aprender a distinguir los terminales del transistor bipolar NPN por medio de un multímetro.
- Aplicar los conocimientos adquiridos en teoría respecto a la polarización del transistor.
- Comprobar el funcionamiento del transistor cuando está trabajando en conmutación.

Materiales:

Componentes	Instrumentación
1 resistencia de 1 k Ω 1 resistencia de 220k Ω 1 transistor NPN (BC547C)	Placa de montaje Multímetro digital Fuente de alimentación Generador de funciones Osciloscopio

Desarrollo práctico:

1. Identificación de los terminales del transistor.

El procedimiento que se utiliza para la comprobación de los terminales del transistor es un método orientativo, cuando no se dispone del manual de referencia del dispositivo. Este método se basa en que las uniones B-E y B-C se comportan individualmente como diodos, por lo que desde el punto de vista de conducción de corriente en un sentido ó en otro, el transistor NPN funcionará como la siguiente agrupación de diodos:

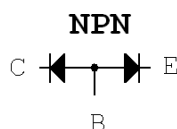


Figura 1

- 1.1. Realizar la prueba de diodos, con un multímetro en posición de medida de resistencias, entre cada terminal del transistor y los otros dos. La base del transistor será aquel terminal que marque una resistencia directa entre dicho terminal y los otros dos. La punta del multímetro que está en la base debe ser la **roja**, indicando que el transistor es de tipo **NPN**, ya que la base es de tipo P y por tanto corresponderá a los ánodos de los diodos B-E y B-C (esto es así en la mayoría de multímetros, aunque puede ser que en algunos sea al revés).
- 1.2. Para identificar los terminales correspondientes al emisor y al colector, deje fija la punta del multímetro en la base (la roja) y observe la resistencia directa de los diodos B-E y B-C. El terminal que presente **menor resistencia** directa indicará el **colector**, ya que la zona del colector está construida con una sección más grande para poder admitir valores de corriente más elevados. El otro terminal será el emisor. Observe que la diferencia es aparentemente pequeña, pero en realidad es del orden de decenas de Kohmios, dado que el resultado aparece en el rango de Mohmios.

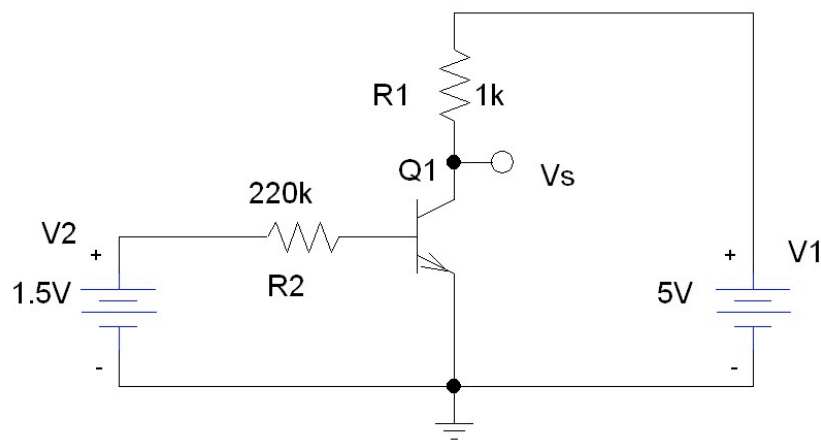
Una vez localizados los tres terminales del transistor, compruebe que los datos obtenidos son correctos consultando la hoja de especificaciones (*datasheet*) del fabricante que se encuentra en un anexo al final del documento.

2. Polarización del transistor.

En este apartado se pretende que el alumno analice la polarización del transistor en el circuito de la figura 2, para las distintas zonas de funcionamiento del mismo.

Pasos a seguir:

- 2.1. Limite la corriente de cortocircuito de la fuente variable a 100 mA. La fuente de 5V es fija y puede entregar hasta 1 A.
- 2.2. Monte el circuito que se muestra en la figura siguiente:



(sugerencia de montaje)

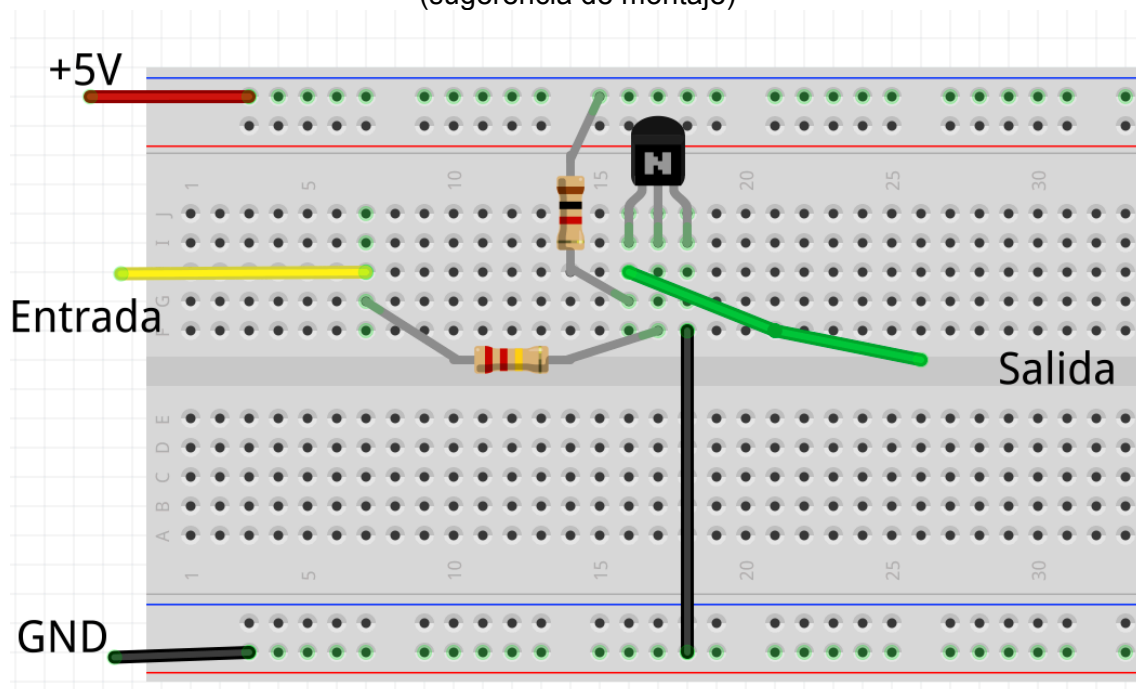


Figura 2

- 2.3. **Zona activa.** Ayudado del multímetro, obtenga el punto de trabajo del transistor, es decir, I_{BQ} , I_{CQ} y V_{CEQ} . Para obtener con mayor precisión el valor de las corrientes, se recomienda realizar *medidas indirectas*. Para ello, se mide el valor de las diferencias de potencial en las resistencias y se divide por el valor medido en las mismas, según la ley de Ohm. Así se tiene:

$$I_{BQ} = \Delta V_{R2} / R2 = \Delta V_{R2} / 220k$$

$$I_{CQ} = \Delta V_{R1} / R1 = \Delta V_{R1} / 1k$$

Nota: se recomienda medir también las resistencias dado que el valor real difiere del nominal, según la tolerancia de los componentes.

¿Está realmente el transistor BJT en zona activa? ¿Por qué?

Calcule el valor de la ganancia β del transistor y compruebe consultando la hoja de especificaciones que el valor se encuentra entre los límites mínimo y máximo que indica el fabricante (hFE).

$$hFE \approx \beta = I_{CQ} / I_{BQ}$$

- 2.4. **Saturación del transistor.** Aumente la tensión de entrada (V_2) hasta conseguir que el transistor se sature ($V_{CE}=V_{CESAT}=0.2$ V).

Anote cuál es la tensión **de entrada** que hace que el transistor llegue a los 0.2V (límite entre saturación y activa).

$V_{2SAT} =$	(V)	$V_{CESAT}=0.2$ V
--------------	-----	-------------------

Aumente ahora la tensión de entrada hasta 5V para asegurarnos que estamos en la zona de saturación.

Vuelva a medir I_B e I_C y compruebe que al estar saturado $I_C < \beta \times I_B$.

Nota: Puede observarse que al aumentar la tensión de entrada, la tensión de salida V_S baja por debajo de los 0.2V hasta llegar a 0.1V aproximadamente. Esto es normal en la mayoría de transistores al sobresaturarlos, aunque siempre tomaremos 0.2V como el límite de saturación.

- 2.5. **Corte del transistor.** Para que el transistor entre en corte se tiene que disminuir la tensión de entrada hasta conseguir que la unión B-E deje de estar polarizada directamente, entonces $I_B=0$ (en nuestro caso, esto suele ocurrir para un valor ligeramente inferior a 0.6V). Como consecuencia de que el transistor está cortado, la $I_C=0$. Por tanto, la diferencia de potencial en la resistencia de colector ($R1$) también será 0, pues $V_C = V1 = 5$ V (ley de Ohm, $I_C = (V1 - V_C)/R$). Así pues, para determinar para qué valor de V_2 el transistor está cortado, basta medir la diferencia de potencial en los bornes de la resistencia ($R1$) y cuando esta tensión sea cero, el transistor habrá dejado de conducir.

Anote cuál es la tensión de entrada que hace que el transistor entre en corte. Anote también la correspondiente tensión de salida (V_S) en este caso. (Lógicamente, debería coincidir con la tensión de alimentación).

$V_{2OFF} =$	(V)	$V_{sOFF} =$	(V)
--------------	-----	--------------	-----

3. El transistor en conmutación.

Este modo de funcionamiento del transistor se utiliza para circuitos digitales, en los que la entrada es una señal digital y la salida también (por ejemplo: '1' = 5V, '0' = 0V).

En este caso, sólo se tiene que cambiar la señal del generador para que sea una señal cuadrada TTL (Figura 3). Tenga en cuenta que en este caso, la salida del generador de señales a emplear **NO es** la marcada como **50Ω**, sino la salida que indica **TTL**. Conectando el cable a la salida TTL ya tendremos una señal cuadrada entre 0 y 5 V. Compruébelo con el osciloscopio y utilice el botón del generador de funciones **TTL SYM**, para conseguir una señal cuadrada asimétrica (de modo que el tiempo en '0' sea aproximadamente el doble que a '1').

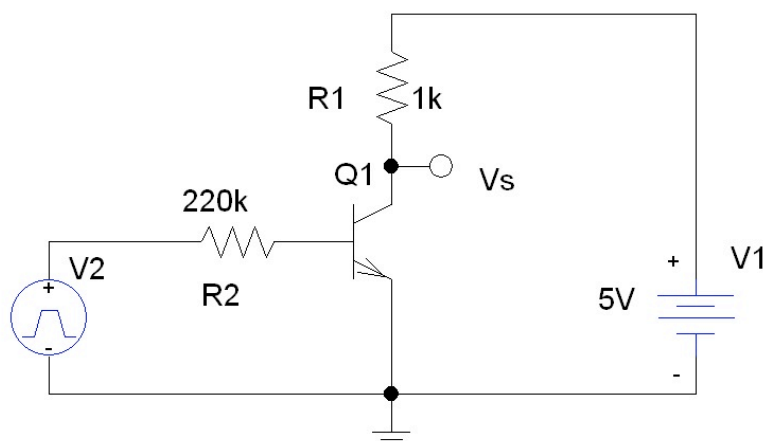


Figura 3

- 3.1. ¿Cómo es en este caso la señal de salida?
¿Es digital o analógica?

Con la ayuda del osciloscopio, ¿cuáles son los valores de la tensión de salida V_s correspondientes al nivel bajo ($V_{s(Low)}$) y al alto ($V_{s(High)}$)?

BAJO : $V_{s(Low)} =$

ALTO : $V_{s(High)} =$

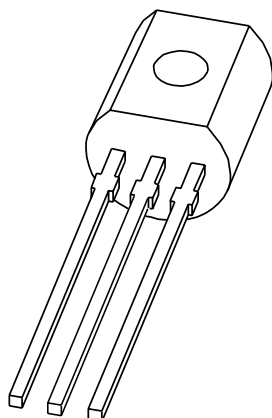
Indique en qué regiones de funcionamiento se encuentra el transistor cuando la salida está a nivel bajo y a nivel alto.

BAJO :

ALTO :

- 3.2. ¿Qué función lógica realiza este circuito?

DATA SHEET



BC546; BC547 NPN general purpose transistors

Product specification
Supersedes data of 1999 Apr 15

2004 Nov 25

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 65 V).

APPLICATIONS

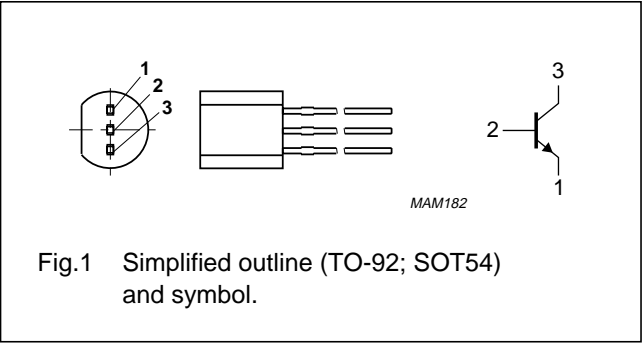
- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
PNP complements: BC556 and BC557.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector



ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
BC546A	SC-43A	plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads	SOT54
BC546B			
BC547			
BC547B			
BC547C			

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CBO}	collector-base voltage BC546A; BC546B BC547	open emitter	–	80	V
			–	50	V
V _{CEO}	collector-emitter voltage BC546A; BC546B BC547; BC547B; BC547C	open base	–	65	V
			–	45	V
V _{EBO}	emitter-base voltage BC546A; BC546B BC547; BC547B; BC547C	open collector	–	6	V
			–	6	V
I _C	collector current (DC)		–	100	mA
I _{CM}	peak collector current		–	200	mA
I _{BM}	peak base current		–	200	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C; note 1	–	500	mW
T _{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T _j	junction temperature		–	150	°C
T _{amb}	ambient temperature		–65	+150	°C

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R _{th(j-a)}	thermal resistance from junction to ambient	note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

CHARACTERISTICS

$T_{amb} = 25\text{ °C}$ unless otherwise specified.

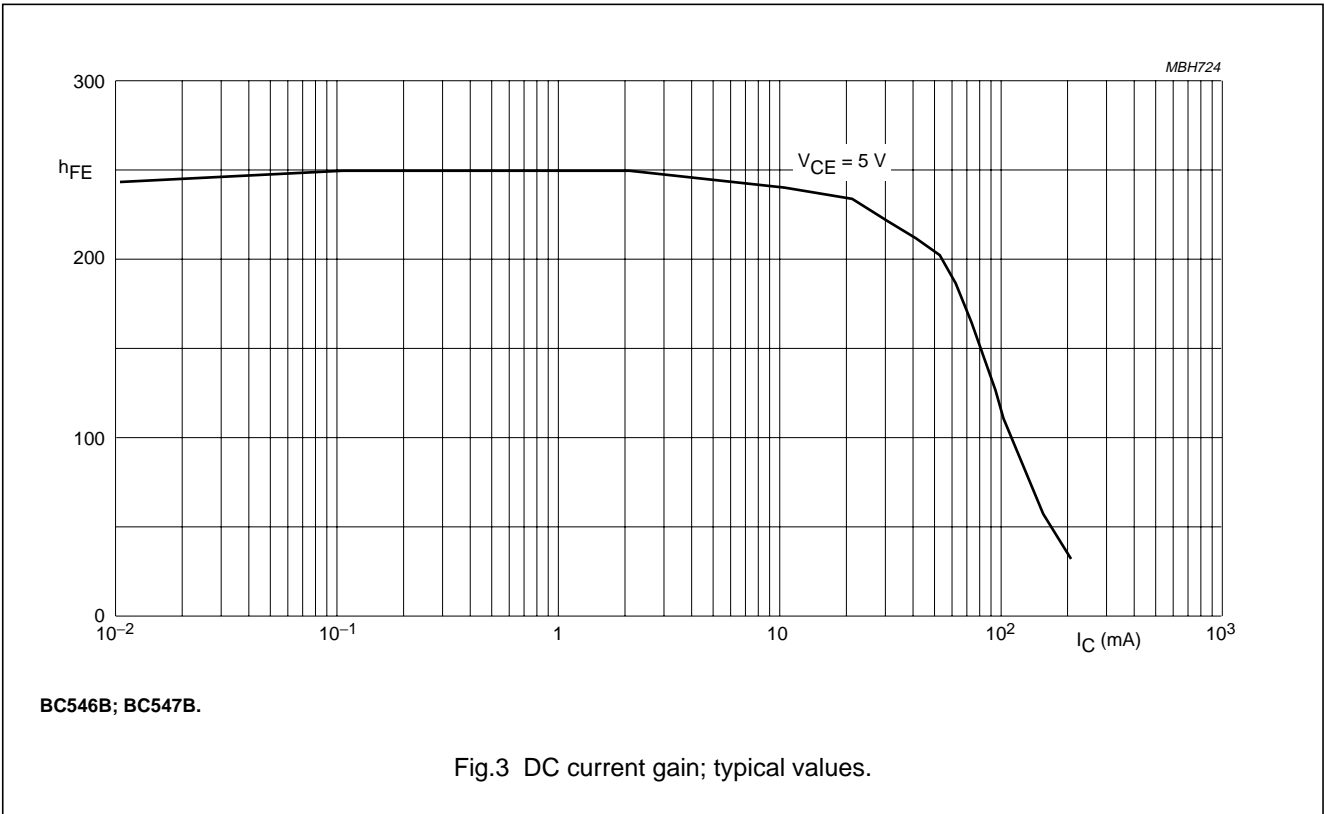
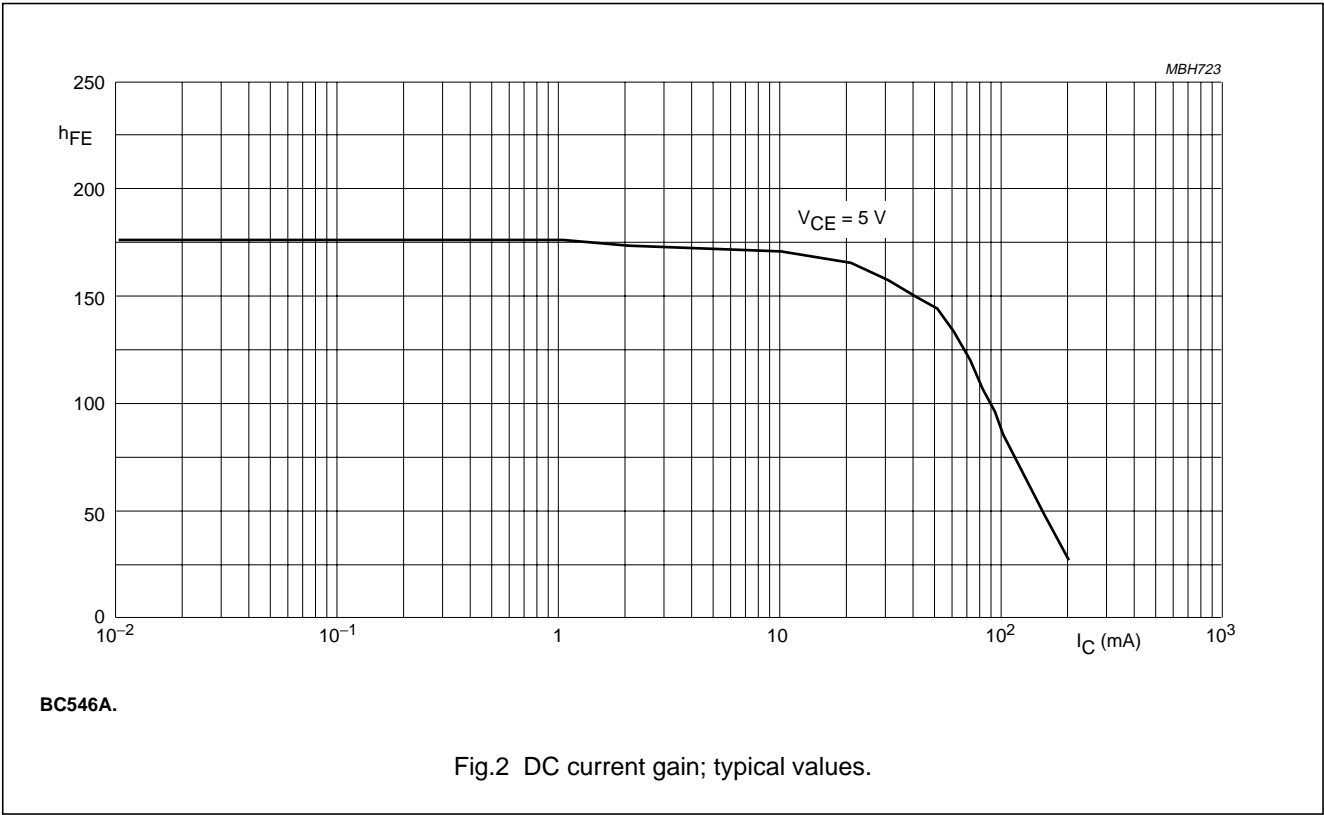
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector-base cut-off current	$V_{CB} = 30\text{ V}; I_E = 0\text{ A}$	–	–	15	nA
		$V_{CB} = 30\text{ V}; I_E = 0\text{ A}; T_J = 150\text{ °C}$	–	–	5	μA
I_{EBO}	emitter-base cut-off current	$V_{EB} = 5\text{ V}; I_C = 0\text{ A}$	–	–	100	nA
h_{FE}	DC current gain	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 10\text{ }\mu\text{A};$ see Figs 2, 3 and 4	–	–	–	–
	BC546A		–	90	–	–
	BC546B; BC547B		–	150	–	–
	BC547C		–	270	–	–
	DC current gain	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 2\text{ mA};$ see Figs 2, 3 and 4	110	180	220	–
	BC546A		200	290	450	–
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0.5\text{ mA}$	–	90	250	mV
		$I_C = 100\text{ mA}; I_B = 5\text{ mA}$	–	200	600	mV
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0.5\text{ mA};$ note 1	–	700	–	mV
		$I_C = 100\text{ mA}; I_B = 5\text{ mA};$ note 1	–	900	–	mV
V_{BE}	base-emitter voltage	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 2\text{ mA};$ note 2	580	660	700	mV
		$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 10\text{ mA}$	–	–	770	mV
C_c	collector capacitance	$V_{CB} = 10\text{ V}; I_E = i_e = 0\text{ A}; f = 1\text{ MHz}$	–	1.5	–	pF
C_e	emitter capacitance	$V_{EB} = 0.5\text{ V}; I_C = i_c = 0\text{ A};$ $f = 1\text{ MHz}$	–	11	–	pF
f_T	transition frequency	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 10\text{ mA}; f = 100\text{ MHz}$	100	–	–	MHz
F	noise figure	$V_{CE} = 5\text{ V}; I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; R_S = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	–	2	10	dB

Notes

- V_{BEsat} decreases by about 1.7 mV/K with increasing temperature.
- V_{BE} decreases by about 2 mV/K with increasing temperature.

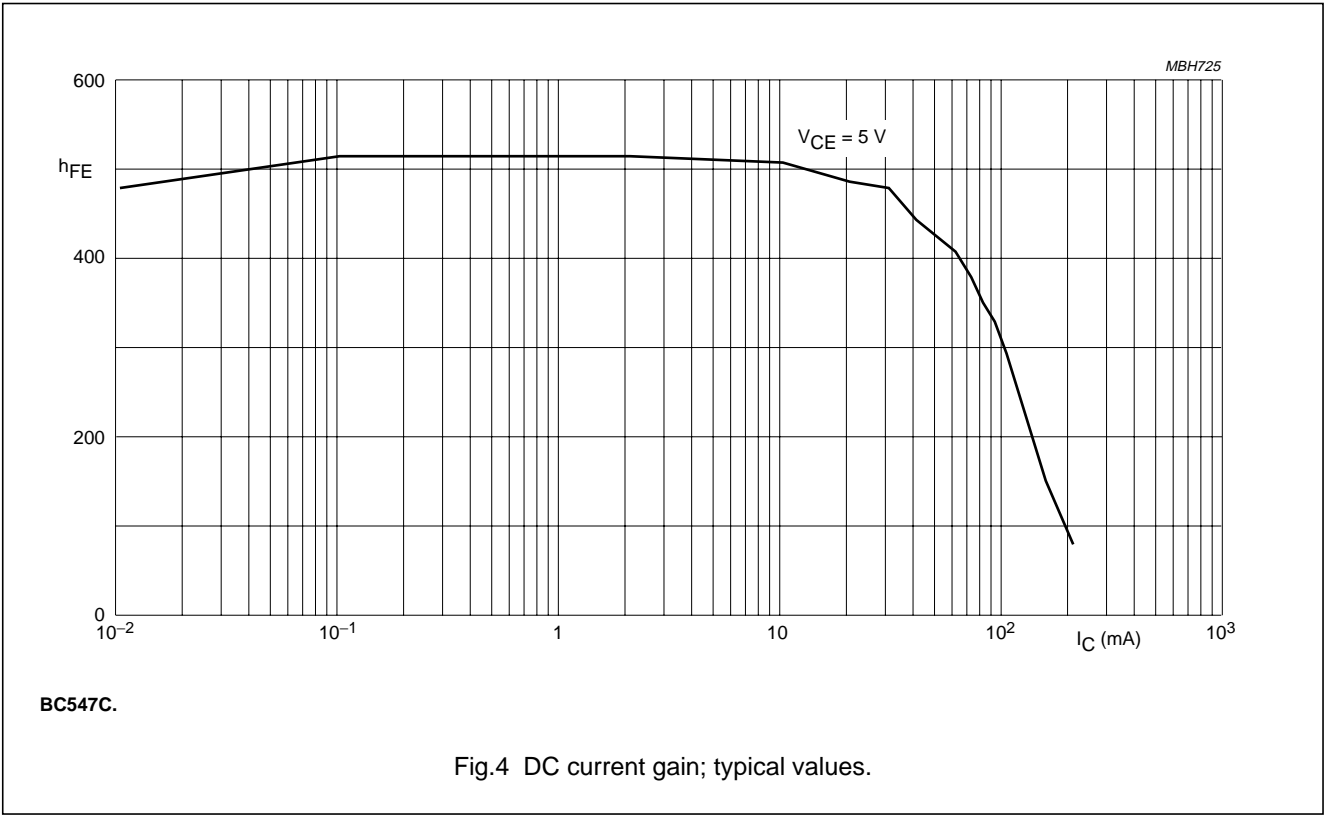
NPN general purpose transistors

BC546; BC547



NPN general purpose transistors

BC546; BC547



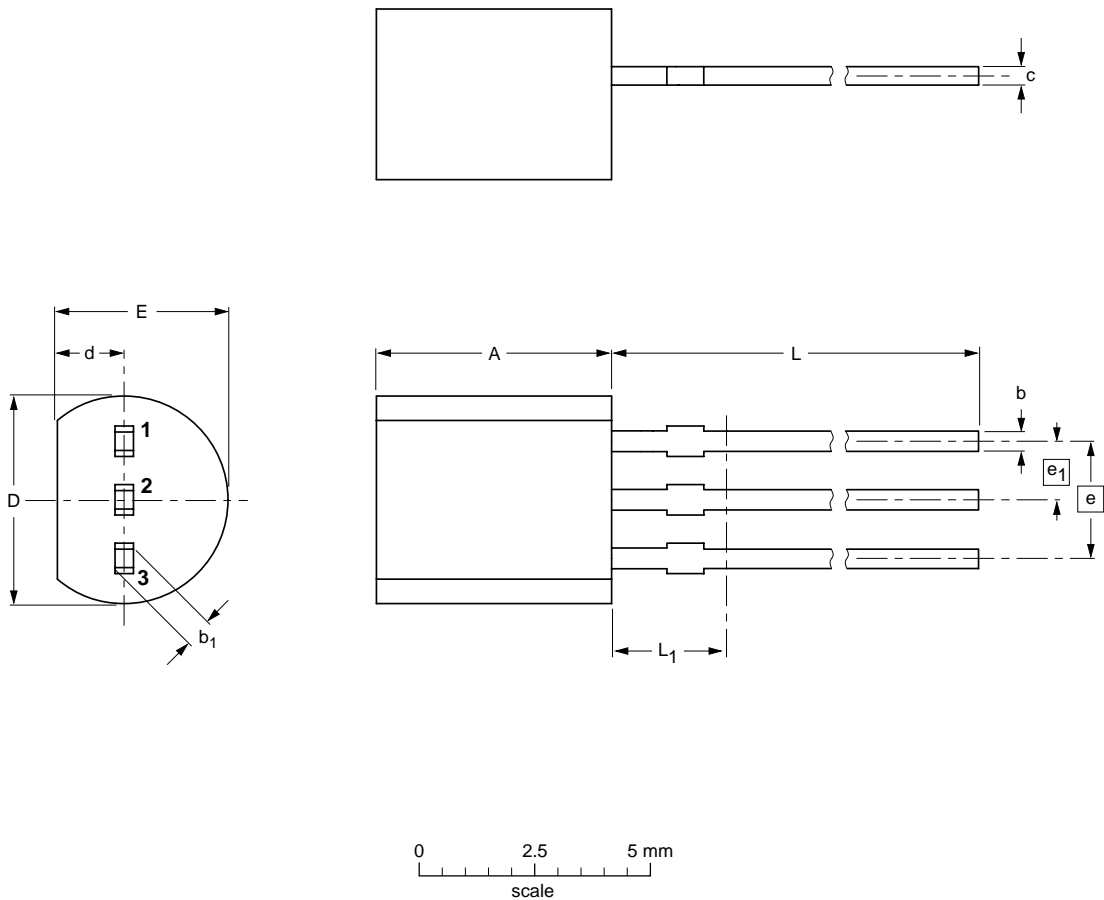
NPN general purpose transistors

BC546; BC547

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54




DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	b	b ₁	c	D	d	E	e	e ₁	L	L ₁ ⁽¹⁾ max.
mm	5.2 5.0	0.48 0.40	0.66 0.55	0.45 0.38	4.8 4.4	1.7 1.4	4.2 3.6	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	JEITA			
SOT54		TO-92	SC-43A			04-06-28 04-11-16

NPN general purpose transistors

BC546; BC547

DATA SHEET STATUS

LEVEL	DATA SHEET STATUS ⁽¹⁾	PRODUCT STATUS ⁽²⁾⁽³⁾	DEFINITION
I	Objective data	Development	This data sheet contains data from the objective specification for product development. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification in any manner without notice.
II	Preliminary data	Qualification	This data sheet contains data from the preliminary specification. Supplementary data will be published at a later date. Philips Semiconductors reserves the right to change the specification without notice, in order to improve the design and supply the best possible product.
III	Product data	Production	This data sheet contains data from the product specification. Philips Semiconductors reserves the right to make changes at any time in order to improve the design, manufacturing and supply. Relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN).

Notes

1. Please consult the most recently issued data sheet before initiating or completing a design.
2. The product status of the device(s) described in this data sheet may have changed since this data sheet was published. The latest information is available on the Internet at URL <http://www.semiconductors.philips.com>.
3. For data sheets describing multiple type numbers, the highest-level product status determines the data sheet status.

DEFINITIONS

Short-form specification — The data in a short-form specification is extracted from a full data sheet with the same type number and title. For detailed information see the relevant data sheet or data handbook.

Limiting values definition — Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.

Application information — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Philips Semiconductors make no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

DISCLAIMERS

Life support applications — These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips Semiconductors customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips Semiconductors for any damages resulting from such application.

Right to make changes — Philips Semiconductors reserves the right to make changes in the products - including circuits, standard cells, and/or software - described or contained herein in order to improve design and/or performance. When the product is in full production (status 'Production'), relevant changes will be communicated via a Customer Product/Process Change Notification (CPCN). Philips Semiconductors assumes no responsibility or liability for the use of any of these products, conveys no license or title under any patent, copyright, or mask work right to these products, and makes no representations or warranties that these products are free from patent, copyright, or mask work right infringement, unless otherwise specified.

Philips Semiconductors – a worldwide company

Contact information

For additional information please visit <http://www.semiconductors.philips.com>. Fax: **+31 40 27 24825**

For sales offices addresses send e-mail to: sales.addresses@www.semiconductors.philips.com.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004

SCA76

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

R75/04/pp9

Date of release: 2004 Nov 25

Document order number: 9397 750 13568

Let's make things better.

**Philips
Semiconductors**



PHILIPS