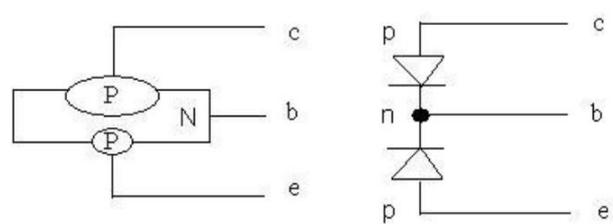
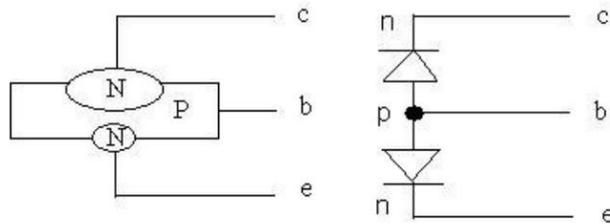


Le transistor bipolaire

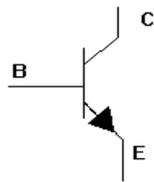


1 Présentation

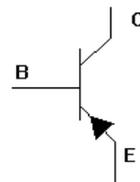
Le transistor est l'association de deux jonctions PN, on peut donc avoir deux types de transistors : le transistor de type "NPN" et le transistor de type "PNP"



symboles:



Transistor de type NPN



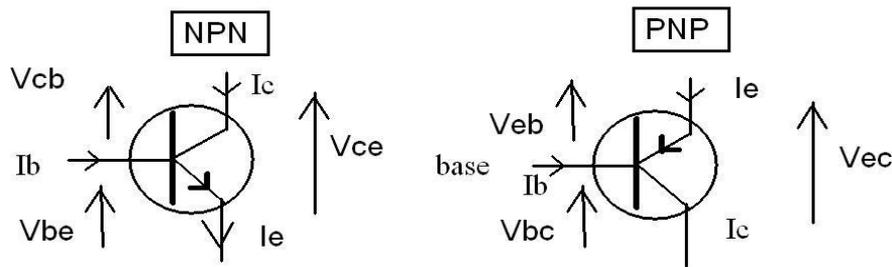
Transistor de type PNP

Les trois pattes d'un transistor sont respectivement nommées:

- B: base
- E: émetteur
- C: collecteur

remarque : La flèche sur l'émetteur indique le sens conventionnel du courant électrique.

2 Fléchage des tensions et des courants



Le Fléchage des tensions et des courants sur les transistors respectent la relation de Chasles, la loi des noeuds et la loi des mailles.

3 L'effet transistor

L'effet transistor est caractérisé par la formule:

$$I_C = \beta \times I_B$$

Le transistor est donc avant tout un amplificateur de courant (source de courant I_C commandée par le courant I_B .)

- I_B courant de la base: c'est le courant de commande (entrée). Il s'exprime en ampère. (en réalité c'est le plus souvent quelques μA).
- « β » est le paramètre multiplicateur. Il dépend uniquement des caractéristiques du transistor. Il représente l'effet transistor. C'est un nombre, il n'a pas d'unité. (valeur courante de « 40 à 400 »). On l'appelle aussi dans les documentations constructeur : « h_{FE} ; h_{21} ; h_{21e} ; etc ».
- I_C est le courant de sortie. Il dépend directement du courant I_B . Sa valeur peut varier de quelques mA à quelque ampères.

4 Le transistor en régime linéaire

Dans les montages en régime linéaire, la formule « $I_C = \beta \times I_B$ » est toujours respectée. Ce régime est utilisé pour réaliser des amplificateurs (audio, vidéo, etc.), des alimentations.

5 Le transistor en régime de commutation

Dans les montages en régime de commutation, le transistor fonctionne comme un interrupteur statique. Le transistor se comporte soit comme un interrupteur fermé (entre le collecteur et l'émetteur), soit comme un interrupteur ouvert (toujours entre le collecteur et l'émetteur).

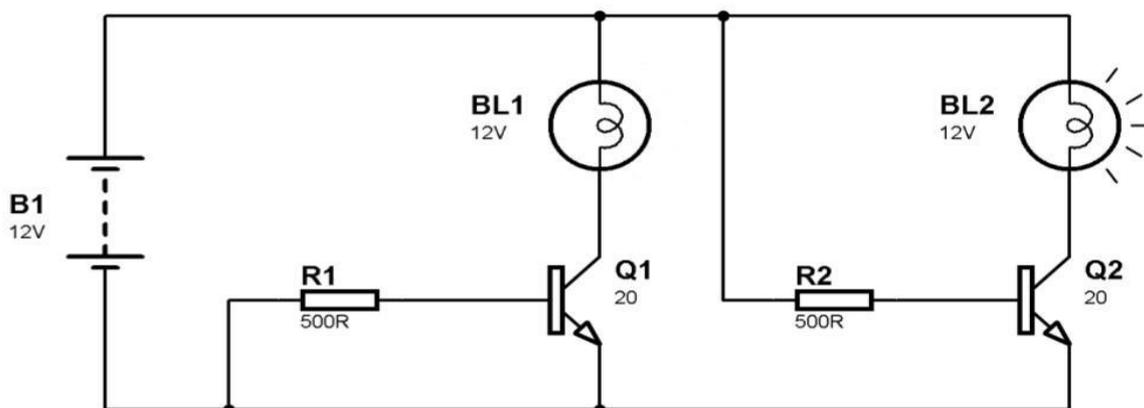
6 Polarisation du transistor

La polarisation du transistor permet d'utiliser ce dernier en mode linéaire ou en mode de commutation (le transistor est saturé ou bloqué).

- mode de commutation: le transistor est soit saturé soit bloqué

le transistor est saturé: $I_b > I_{b \text{ sat}}$ ==> $V_{ce} = V_{ce \text{ sat}} = 0V$

le transistor est bloqué: $I_b = 0A$ ==> $I_c = 0A$

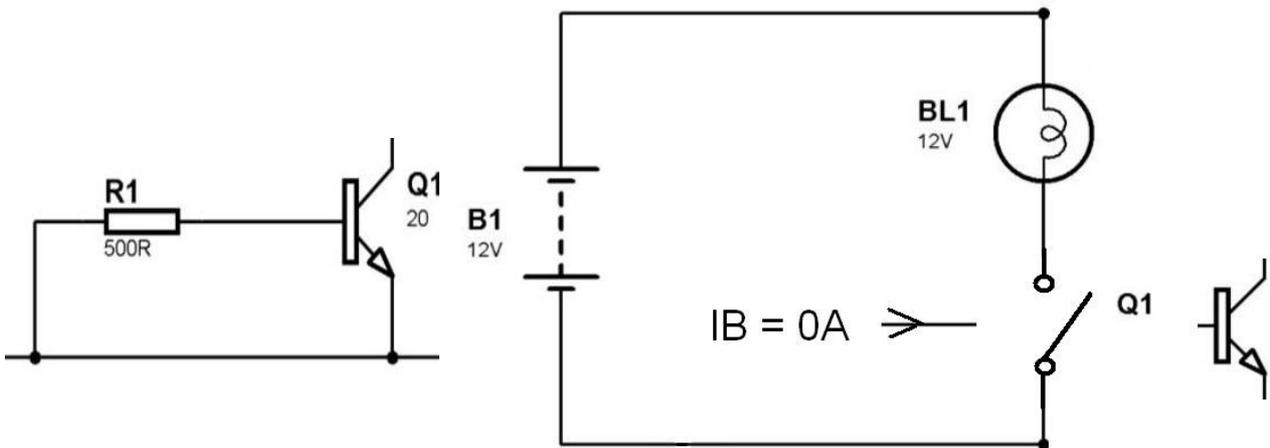


Les valeurs des résistances R1 et R2 sont calculées de façon que si un courant I_b existe, alors ce courant I_b est supérieur ou égal à $I_{b \text{ sat}}$.

Si le transistor est saturée, alors la tension V_{ce} est égale à $V_{ce \text{ sat}} \approx 0V$

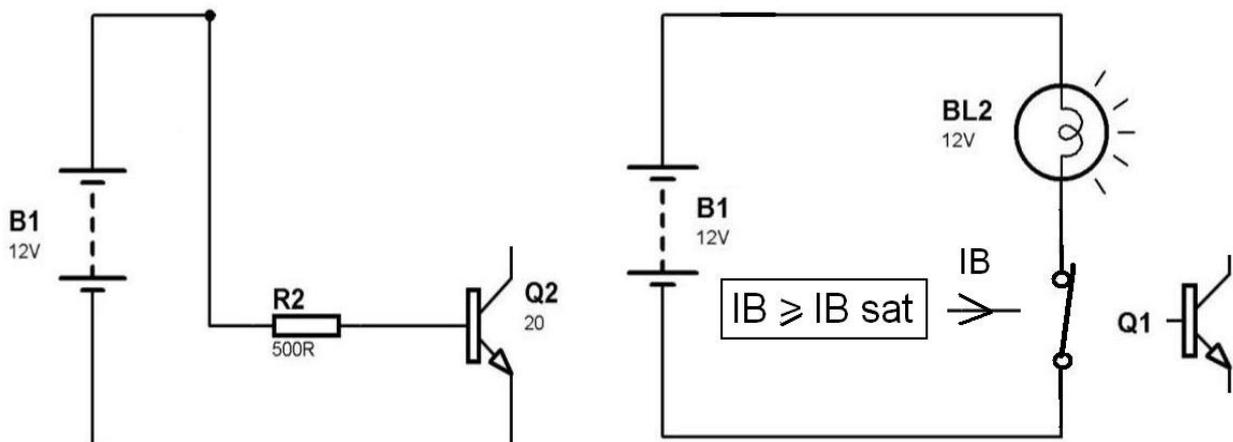
Si le transistor est bloquée, alors la tension V_{ce} est égale à la tension d'alimentation: ici $V_{ce} = +V_{cc} = V_{B1} = +12V$.

CAS DE Q1: TRANSISTOR BLOQUE



Le transistor Q1 est bloqué car son courant I_b est nul. La maille formée par R1 et la jonction "base-emetteur" du transistor n'a pas de générateur. Le transistor Q1 se comporte comme un interrupteur ouvert. La maille formée par le générateur B1, la lampe BL1 et la jonction "collecteur-émetteur" est donc ouverte. Le courant traversant la lampe "BL1" est donc nul. La lampe BL1 est donc éteinte.

CAS DE Q2: TRANSISTOR SATURE



La maille formée par R2, la jonction "base-emetteur" de Q2 et la pile B1 est un circuit électrique fermé qui possède un générateur. Le transistor Q2 est saturée car il y a un courant I_b . Le transistor Q2 se comporte donc comme un interrupteur fermé. La maille formée par le générateur B1, la lampe BL2 et la jonction "collecteur-émetteur" est donc fermée. Il existe un courant traversant la lampe "BL2". La lampe BL2 est donc allumée.

- mode linéaire: il faut que la relation « $I_C = \beta \times I_B$ » soit toujours vrai.

En régime les valeurs des résistors sont calculées pour que l'effet transistor soit toujours vrai.

$$\rightarrow I_C = \beta \times I_B$$

Dans ces conditions:

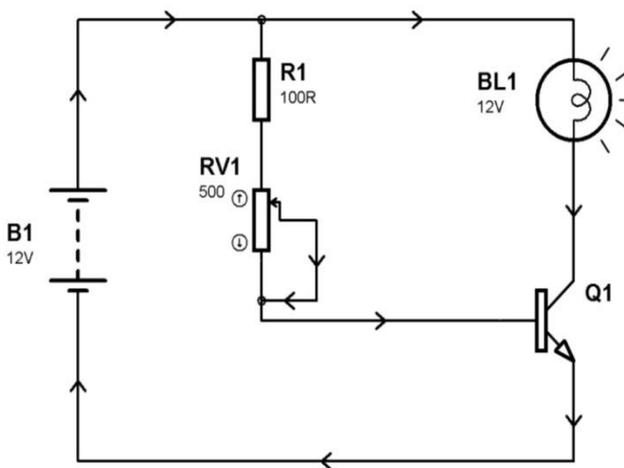
$$I_C \neq 0 \text{ A}$$

$$I_B \neq 0 \text{ A}$$

$$+V_{CC} \geq V_{CE} \geq 0 \text{ V}$$

avec $+V_{CC}$: tension d'alimentation du transistor

Exemple de montage:



La maille formée par la pile B1, le résistor R1 le potentiomètre RV1 et la jonction Base-Emetteur du transistor Q1 forme un circuit électrique fermé avec générateur de tension. Il y a donc création d'un courant électrique I_B . La valeur de I_B est réglable avec le potentiomètre RV1.

Le montage fonctionne en régime linéaire, I_C varie donc suivant l'effet transistor:

$I_C = \beta \times I_B$. La lampe s'éclairera donc plus ou moins suivant la valeur du courant I_C qui dépend de la position du curseur du potentiomètre RV1.

7 Conclusions

- Le transistor bipolaire est utilisé en commutation. Il permet dans ce cas de commander de plus fortes puissances. Il sert d'interface entre par exemple de la logique TTL et des afficheurs. Le transistor est donc commutateur statique.
- Le transistor bipolaire est aussi utilisé en mode linéaire. Il permet dans ce cas de réaliser l'amplification des signaux de faibles amplitudes. Il est utilisé dans les préamplificateurs (faible distorsion du signal, faible bruit, bande passante plus importante qu'un amplificateur intégré) Les transistors de puissance sont utilisés comme étages finals et en régulation pour les alimentations stabilisées.



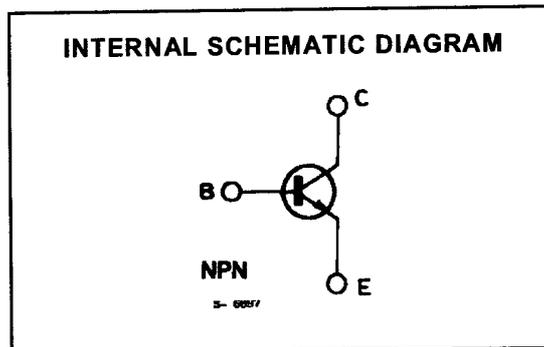
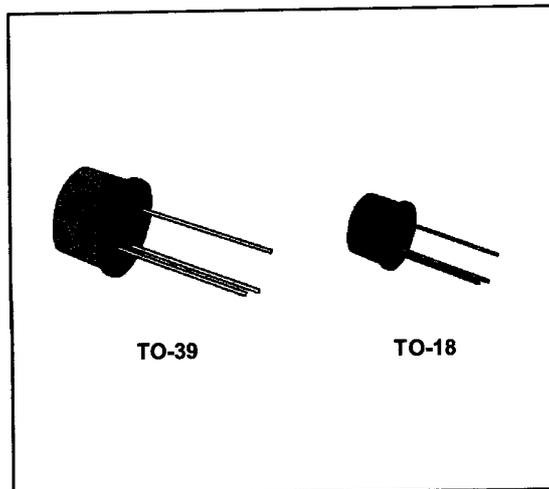
2N2218A-2N2219A
2N2221A-2N2222A

HIGH SPEED SWITCHES

DESCRIPTION

The 2N2218A, 2N2219A, 2N2221A and 2N2222A are silicon planar epitaxial NPN transistors in Jedec TO-39 (for 2N2218A and 2N2219A) and in Jedec TO-18 (for 2N2221A and 2N2222A) metal cases. They are designed for high-speed switching applications at collector currents up to 500 mA, and feature useful current gain over a wide range of collector current, low leakage currents and low saturation voltages.

 2N2218A/2N2219A approved to CECC 50002-100, 2N2221A/2N2222A approved to CECC 50002-101 available on request.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-base Voltage ($I_E = 0$)	75	V
V_{CEO}	Collector-emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	0.8	A
P_{tot}	Total Power Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ C$ for 2N2218A and 2N2219A for 2N2221A and 2N2222A at $T_{case} \leq 25^\circ C$ for 2N2218A and 2N2219A for 2N2221A and 2N2222A	0.8	W
		0.5	W
		3	W
		1.8	W
T_{stg}	Storage Temperature	- 65 to 200	$^\circ C$
T_J	Junction Temperature	175	$^\circ C$

2N2218A-2N2219A-2N2221A-2N2222A

THERMAL DATA

		2N2218A 2N2219A	2N2221A 2N2222A
$R_{th\ j-case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max 50 °C/W	83.3 °C/W
$R_{th\ j-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max 187.5 °C/W	300 °C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ °C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cutoff Current ($I_E = 0$)	$V_{CB} = 60\text{ V}$ $V_{CB} = 60\text{ V}$ $T_{amb} = 150\text{ °C}$			10 10	nA μA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current ($V_{BE} = -3\text{ V}$)	$V_{CE} = 60\text{ V}$			10	nA
I_{EBO}	Emitter Cutoff Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 3\text{ V}$			10	nA
I_{BEX}	Base Cutoff Current ($V_{BE} = -3\text{ V}$)	$V_{CE} = 60\text{ V}$			20	nA
$V_{(BR)\ CBO}$	Collector-base Breakdown Voltage ($I_E = 0$)	$I_C = 10\ \mu\text{A}$	75			V
$V_{(BR)\ CEO}^*$	Collector-emitter Breakdown Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 10\text{ mA}$	40			V
$V_{(BR)\ EBO}$	Emitter-base Breakdown Voltage ($I_C = 0$)	$I_E = 10\ \mu\text{A}$	6			V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 150\text{ mA}$ $I_B = 15\text{ mA}$ $I_C = 500\text{ mA}$ $I_B = 50\text{ mA}$			0.3 1	V V
$V_{BE(sat)}^*$	Base-emitter Saturation Voltage	$I_C = 150\text{ mA}$ $I_B = 15\text{ mA}$ $I_C = 500\text{ mA}$ $I_B = 50\text{ mA}$	0.6		1.2 2	V V
h_{FE}^*	DC Current Gain	for 2N2218A and 2N2221A $I_C = 0.1\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 150\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 500\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 150\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $T_{amb} = -55\text{ °C}$	20 25 35 40 25 20 15		120	
h_{FE}^*	DC Current Gain	for 2N2219A and 2N2222A $I_C = 0.1\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 150\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 500\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $I_C = 150\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $T_{amb} = -55\text{ °C}$	35 50 75 100 40 50 35		300	

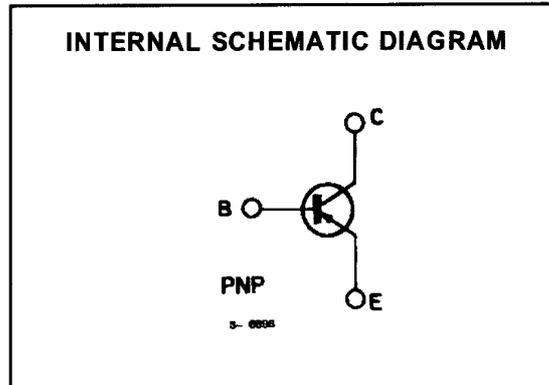
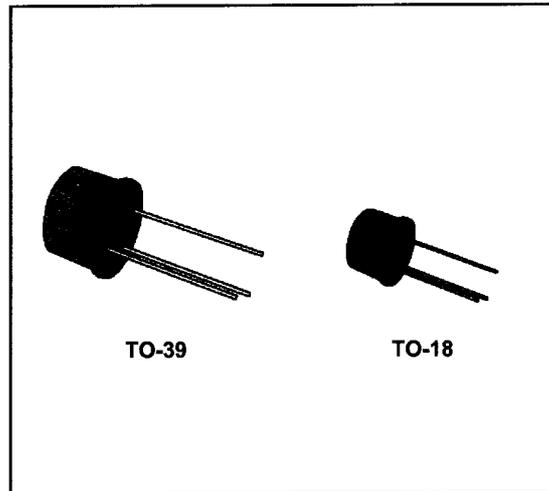
* Pulsed : pulse duration = 300 μs , duty cycle = 1 %.

GENERAL PURPOSE AMPLIFIERS AND SWITCHES

DESCRIPTION

The 2N2904A, 2N2905A, 2N2906A and 2N2907A are silicon planar epitaxial PNP transistors in Jedec TO-39 (for 2N2904A and 2N2905A) and in Jedec TO-18 (for 2N2906A and 2N2907A) metal cases. They are designed for high-speed saturated switching and general purpose applications.

 2N2904A/2N2905A approved to CECC 50002-100, 2N2906A/2N2907A approved to CECC 50002-103 available on request.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CB0}	Collector-base Voltage ($I_E = 0$)	- 60	V
V_{CE0}	Collector-emitter Voltage ($I_B = 0$)	- 60	V
V_{EB0}	Emitter-base Voltage ($I_C = 0$)	- 5	V
I_C	Collector Current	- 600	mA
P_{tot}	Total Power Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$ for 2N2904A and 2N2905A for 2N2906A and 2N2907A	0.6	W
		0.4	W
	at $T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$ for 2N2904A and 2N2905A for 2N2906A and 2N2907A	3	W
		1.8	W
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	- 65 to 200	$^\circ\text{C}$

2N2904A-2N2905A-2N2906A-2N2907A

THERMAL DATA

			2N2904A 2N2905A	2N2906A 2N2907A
R _{th j-case}	Thermal Resistance Junction-case	Max	58.3 °C/W	97.3 °C/W
R _{th j-amb}	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	292 °C/W	437.5 °C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25 °C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I _{CBO}	Collector Cutoff Current (I _E = 0)	V _{CB} = - 50 V V _{CB} = - 50 V T _{amb} = 150 °C			- 10 - 10	nA μA
I _{CEX}	Collector Cutoff Current (V _{BE} = 0.5 V)	V _{CE} = - 30 V			- 50	nA
I _{BEX}	Base Cutoff Current (V _{BE} = 0.5 V)	V _{CE} = - 30 V			- 50	nA
V _{(BR) CBO}	Collector-base Breakdown Voltage (I _E = 0)	I _C = - 10 μA	- 60			V
V _{(BR) CEO*}	Collector-emitter Breakdown Voltage (I _B = 0)	I _C = - 10 mA	- 60			V
V _{(BR) EBO}	Emitter-base Breakdown Voltage (I _C = 0)	I _E = - 10 μA	- 5			V
V _{CE (sat)*}	Collector-emitter Saturation Voltage	I _C = - 150 mA I _B = - 15 mA I _C = - 500 mA I _B = - 50 mA			- 0.4 - 1.6	V V
V _{BE (sat)*}	Base-emitter Saturation Voltage	I _C = - 150 mA I _B = - 16 mA I _C = - 500 mA I _B = - 50 mA			- 1.3 - 2.6	V V
h _{FE*}	DC Current Gain	for 2N2904A and 2N2906A I _C = - 0.1 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 1 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 10 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 150 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 500 mA V _{CE} = - 10 V	40 40 40 40 40		120	
h _{FE*}	DC Current Gain	for 2N2905A and 2N2907A I _C = - 0.1 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 1 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 10 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 150 mA V _{CE} = - 10 V I _C = - 500 mA V _{CE} = - 10 V	75 100 100 100 50		300	
f _T	Transition Frequency	I _C = - 50 mA f = 100 MHz V _{CE} = - 20 V	200			MHz
C _{EBO}	Emitter-base Capacitance	I _C = 0 f = 1 MHz V _{EB} = - 2 V			30	pF
C _{CBO}	Collector-base Capacitance	I _E = 0 f = 1 MHz V _{CB} = - 10 V			8	pF
t _{d**}	Delay Time	I _C = - 150 mA I _{B1} = - 15 mA V _{CC} = - 30 V			10	ns
t _{r**}	Rise Time	I _C = - 150 mA I _{B1} = - 15 mA V _{CC} = - 30 V			40	ns
t _{s**}	Storage Time	I _C = - 150 mA V _{CC} = - 6 V I _{B1} = - I _{B2} = - 15 mA			80	ns

* Pulsed : pulse duration = 300 μs, duty cycle = 1.5 %.

** See test circuit.