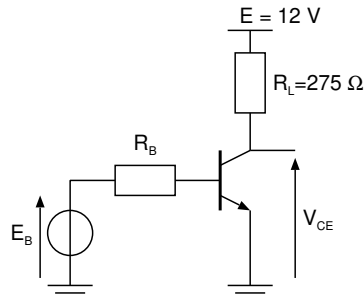


1. Transistor en commutation

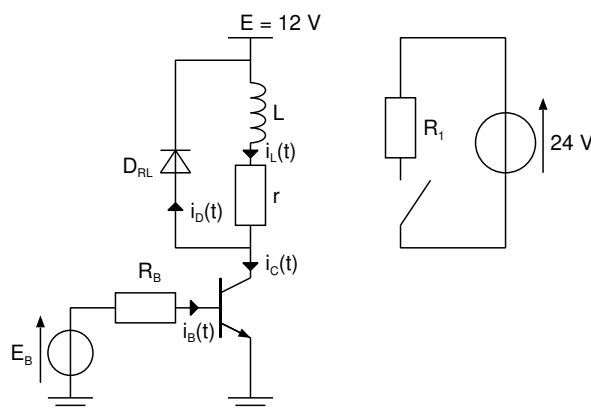
On considère le schéma ci dessous :



- Relever, dans la datasheet du transistor 2N2222, la valeur du β_{\min} (appelé aussi $h_{FE\min}$).
- Déterminer la valeur de R_B pour que le transistor soit saturé lorsqu'il est commandé par une tension $E_B = 5\text{ V}$.
- Vérifier l'état du transistor à l'aide de la simulation [sch1.asc].

2. Commande d'un relais

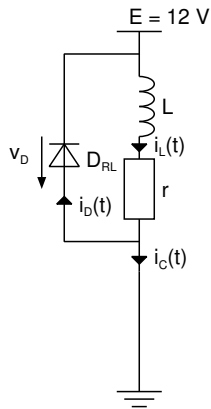
On considère le circuit suivant :



La bobine du relais est caractérisée par $r = 275\ \Omega$, $L = 0.1\text{ H}$

- Régler R_B à la valeur précédente. Simuler le fichier [sch2.asc] et visualiser les tensions E_B , V_{CE} et le courant dans la résistance R_1 . Vérifier et justifier qu'en utilisant la même résistance pour R_B que précédemment, le transistor est saturé pour $E_B = 5\text{ V}$ et que le contact du relais est fermé (il y a un courant dans R_1).
- Visualiser les courants i_C , i_L et i_D . A chaque commutation, il y a une phase transitoire pendant laquelle, le courant dans la bobine évolue progressivement (pas de variation brutale du courant dans une bobine). Indiquer pour chaque demi-période du signal de commande du transistor, la valeur du courant qui circule dans la diode quand le circuit a atteint son régime permanent. En déduire alors l'état de la diode.
- Etude de l'établissement du courant dans la bobine du relais*
Lors d'un front positif sur la tension de commande E_B , le transistor est saturé et se comporte comme un

interrupteur fermé. Le circuit est alors :



On a donc $v_D = -E \Rightarrow$ la diode D_{RL} est bloquée et $i_C = i_L$

$$L \frac{di_L}{dt} + r i_L(t) = E \Rightarrow \frac{L}{r} \frac{di_L}{dt} + i_L(t) = \frac{E}{r}$$

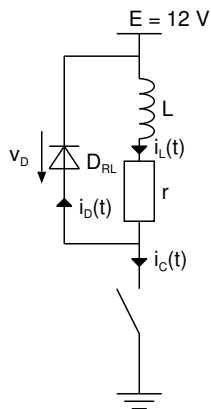
$$i_L(t) = \frac{E}{r} + K e^{-\frac{t}{\tau}} \text{ avec } \tau = \frac{L}{r}$$

$$\text{Condition initiale : } i_L(0) = 0 = \frac{E}{r} + K \Rightarrow i_L(t) = \frac{E}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

- Au bout de combien de temps le courant atteint-il sa valeur finale à 1% près.
- Vérifier la durée de l'établissement du courant i_L dans la bobine ainsi que la valeur du courant i_L en régime établi.

iv. Etude de l'extinction du courant dans la bobine du relais

Lors d'un front négatif (instant t_0) sur la tension de commande E_B , le transistor est bloqué et se comporte comme un interrupteur ouvert. Le circuit est alors :



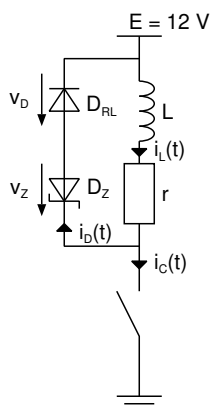
Juste après l'ouverture de l'interrupteur (transistor bloqué), on a $i_L(t_0^+) = \frac{E}{r}$ (pas de variation brutale du courant dans une bobine)

Par ailleurs, on a $i_L(t_0^+) = i_D(t_0^+) + i_C(t_0^+) = i_D(t_0^+) \Rightarrow$ la diode D_{RL} devient passante et,

$$L \frac{di_L}{dt} + r i_L(t) = -V_D \Rightarrow \frac{L}{r} \frac{di_L}{dt} + i_L(t) = -\frac{V_D}{r} \Rightarrow i_L(t) = -\frac{V_D}{r} + \frac{E + V_D}{r} e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}$$

- Quelle est la valeur finale théorique du courant i_L ?
- Que se passe-t-il lorsque le courant i_L s'annule ? Calculer le temps mis par le courant i_L pour s'annuler. Vérifier au niveau de la simulation.
- Petite expérience (à ne surtout pas faire sur un relais réel) : enlever la diode de roue libre et simuler. Visualiser la tension $v_{ce}(t)$ du transistor. Justifier qualitativement votre observation. Commentaire quant à l'espérance de vie du transistor ...

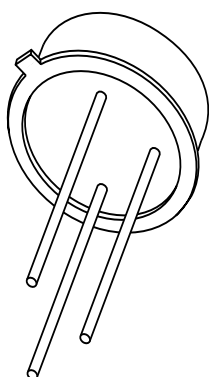
v. Diminution de la durée de démagnétisation de la bobine



On ajoute une diode zener caractérisée par sa tension $V_Z = 4.7 \text{ V}$.

Reprendre l'étude pour le front négatif de la tension de commande et vérifier par simulation [sch3.asc].

DATA SHEET



2N2222; 2N2222A NPN switching transistors

Product specification
Supersedes data of September 1994
File under Discrete Semiconductors, SC04

1997 May 29

NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

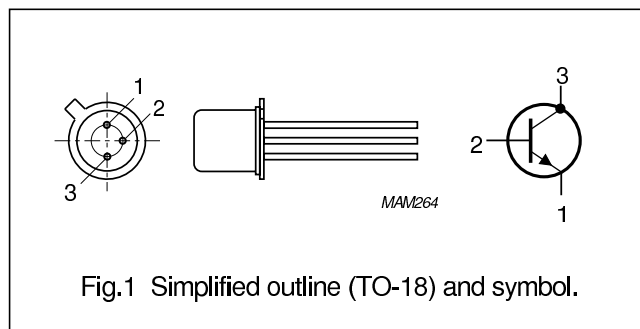
- Linear amplification and switching.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-18 metal package.
PNP complement: 2N2907A.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case



QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage 2N2222 2N2222A	open emitter	— —	60 75	V V
V_{CEO}	collector-emitter voltage 2N2222 2N2222A	open base	— —	30 40	V V
I_C	collector current (DC)		—	800	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	500	mW
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$	75	—	
f_T	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20\text{ mA}$; $V_{CE} = 20\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	250 300	— —	MHz MHz
t_{off}	turn-off time	$I_{Con} = 150\text{ mA}$; $I_{Bon} = 15\text{ mA}$; $I_{Boff} = -15\text{ mA}$	—	250	ns

NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	60	V
	2N2222 2N2222A		–	75	V
V _{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	30	V
	2N2222 2N2222A		–	40	V
V _{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	5	V
	2N2222 2N2222A		–	6	V
I _C	collector current (DC)		–	800	mA
I _{CM}	peak collector current		–	800	mA
I _{BM}	peak base current		–	200	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C	–	500	mW
		T _{case} ≤ 25 °C	–	1.2	W
T _{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T _j	junction temperature		–	200	°C
T _{amb}	operating ambient temperature		–65	+150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R _{th j-a}	thermal resistance from junction to ambient	in free air	350	K/W
R _{th j-c}	thermal resistance from junction to case		146	K/W

NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_{CBO}	collector cut-off current 2N2222	$I_E = 0$; $V_{CB} = 50\text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0$; $V_{CB} = 50\text{ V}$; $T_{amb} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	–	10	μA
I_{CBO}	collector cut-off current 2N2222A	$I_E = 0$; $V_{CB} = 60\text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0$; $V_{CB} = 60\text{ V}$; $T_{amb} = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	–	10	μA
I_{EBO}	emitter cut-off current	$I_C = 0$; $V_{EB} = 3\text{ V}$	–	10	nA
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 0.1\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$	35	–	
		$I_C = 1\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$	50	–	
		$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$	75	–	
		$I_C = 150\text{ mA}$; $V_{CE} = 1\text{ V}$; note 1	50	–	
		$I_C = 150\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$; note 1	100	300	
h_{FE}	DC current gain 2N2222A	$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$; $T_{amb} = -55\text{ }^{\circ}\text{C}$	35	–	
h_{FE}	DC current gain 2N2222 2N2222A	$I_C = 500\text{ mA}$; $V_{CE} = 10\text{ V}$; note 1	30	–	
			40	–	
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}$; $I_B = 15\text{ mA}$; note 1	–	400	mV
		$I_C = 500\text{ mA}$; $I_B = 50\text{ mA}$; note 1	–	1.6	V
V_{CEsat}	collector-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150\text{ mA}$; $I_B = 15\text{ mA}$; note 1	–	300	mV
		$I_C = 500\text{ mA}$; $I_B = 50\text{ mA}$; note 1	–	1	V
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}$; $I_B = 15\text{ mA}$; note 1	–	1.3	V
		$I_C = 500\text{ mA}$; $I_B = 50\text{ mA}$; note 1	–	2.6	V
V_{BEsat}	base-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150\text{ mA}$; $I_B = 15\text{ mA}$; note 1	0.6	1.2	V
		$I_C = 500\text{ mA}$; $I_B = 50\text{ mA}$; note 1	–	2	V
C_c	collector capacitance	$I_E = i_e = 0$; $V_{CB} = 10\text{ V}$; $f = 1\text{ MHz}$	–	8	pF
C_e	emitter capacitance 2N2222A	$I_C = i_c = 0$; $V_{EB} = 500\text{ mV}$; $f = 1\text{ MHz}$	–	25	pF
f_T	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20\text{ mA}$; $V_{CE} = 20\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	250	–	MHz
			300	–	MHz
F	noise figure 2N2222A	$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; $R_S = 2\text{ k}\Omega$; $f = 1\text{ kHz}$; $B = 200\text{ Hz}$	–	4	dB

NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2					
t _{on}	turn-on time	I _{Con} = 150 mA; I _{Bon} = 15 mA; I _{Boff} = -15 mA	-	35	ns
t _d	delay time		-	10	ns
t _r	rise time		-	25	ns
t _{off}	turn-off time		-	250	ns
t _s	storage time		-	200	ns
t _f	fall time		-	60	ns

Note

1. Pulse test: t_p ≤ 300 μs; δ ≤ 0.02.

