

Le transistor NPN en commutation

1 Rappel de cours

Le transistor utilisé en commutation est soit saturé, soit bloqué.

- Condition de bloquage: $I_B = 0A$

$$I_B = 0A \rightarrow I_C \rightarrow = \beta \cdot I_B = 0A$$

Le transistor se comporte comme un interrupteur OUVERT

$$\rightarrow I_C = 0A$$

note: β est le paramètre d'amplification en courant du transistor.

β est un nombre sans unité: on trouve sa valeur dans les documentations constructeurs

- Condition de saturation: $I_B \geq I_{Bsat}$

$$I_B \geq I_{Bsat} \rightarrow I_C = I_{Csat}$$

Le transistor se comporte comme un interrupteur FERME

$$\rightarrow V_{ce} = V_{ce sat} \approx 0V$$

note: le courant I_{Csat} , dans un montage, est la valeur maximale que peut obtenir le courant I_C .

2 Calcul de I_{Bsat}

▢ Présentation du problème

Pour qu'un transistor soit saturé (on dit également "passant"), il faut que le courant I_B soit supérieur ou égal à I_{Bsat} . Il faut donc savoir calculer I_{Bsat} . Pour connaître I_{Bsat} , il faut d'abord connaître le courant I_{Csat} qui traverse le transistor entre le collecteur et l'émetteur.

▢ Méthode de calcul de I_{Bsat}

*** ON SUPPOSE QUE LE TRANSISTOR EST SATURÉ ***

$$\rightarrow V_{ce} = V_{ce sat} \approx 0V$$

→ on calcule le courant I_{Csat} traversant le courant du collecteur vers l'émetteur

→ on cherche si nécessaire la valeur du β du transistor (souvent appelé h_{fe} dans les documentations).

***** ON PREND TOUJOURS LA VALEUR MINIMUM DU BETA (β) TROUVE DANS LA DOCUMENTATION *****

→ on calcule la valeur de I_{Bsat} avec la formule suivante:

$$I_B = \frac{I_{c \text{ sat}}}{\beta_{\text{mini}}}$$

▣ Calcul de I_B

Nous connaissons maintenant la valeur du courant $I_{B \text{ sat}}$. Il faut que:

$$I_B \geq I_{B \text{ sat}}$$

nous utilisons la formule suivante:

$$I_B \geq K \times I_{B \text{ sat}}$$

avec "k": coefficient de sécurité (ou de sursaturation) qui est utilisé pour être sur que le transistor est bien saturé. Souvent la valeur de "k" est égale à 2. (valeur courante).

3 Calcul des composants du montage

Une fois que la valeur de I_B désirée est calculée, il faut calculer les valeurs des résistors du montage. Cela se résume souvent au calcul de la résistance de base R_b et au calcul de résistance R_c du montage.

Les lois à appliquer sont la loi d'ohm, la loi des noeud et la loi des mailles.

4 Application

Commande d'une lampe L1 de puissance 3W fonctionnant sous 12V. Le signal de commande est un signal de "0V" ou de "+5V". Un interrupteur est utilisé pour réaliser cette fonction.

Cahier des charges:

$V_e = 0V$ → la lampe est éteinte.

$V_e = +5V$ → la lampe est allumée.

La valeur de l'amplification en courant du transistor est: $\beta_{\text{mini}} = 75$

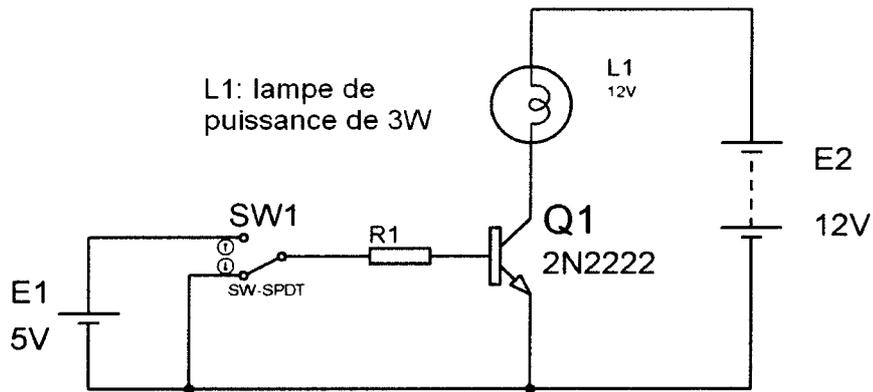
La tension $V_{be \text{ sat}}$ est de 0,65V.

La résistance R_{L1} de la lampe L1 est de 48 Ω

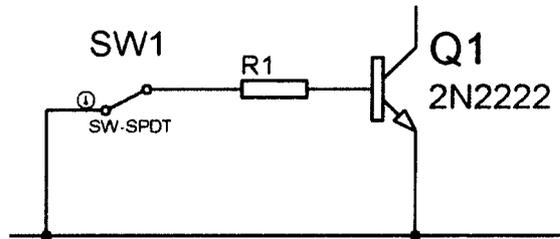
Note: il faut calculer la valeur de R1.

SOLUTION:

1. interrupteur en position "basse"



La maille formée par l'interrupteur "SW1", le résistor R1 et la jonction émetteur-base du transistor PNP Q1 est fermée mais n'a pas de générateur de tension: il n'y a pas de circulation d'un courant électrique.



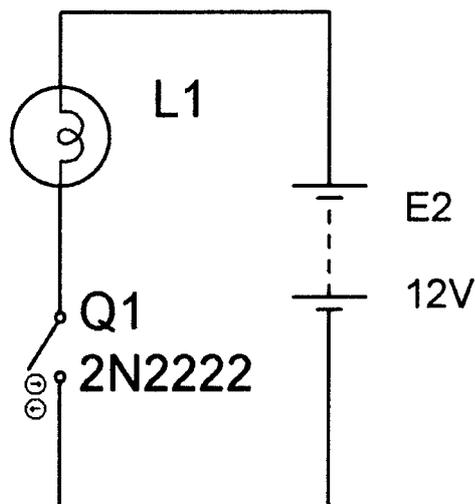
$$\rightarrow I_B = 0A$$

$$\rightarrow I_C = \beta \cdot I_B = 0A$$

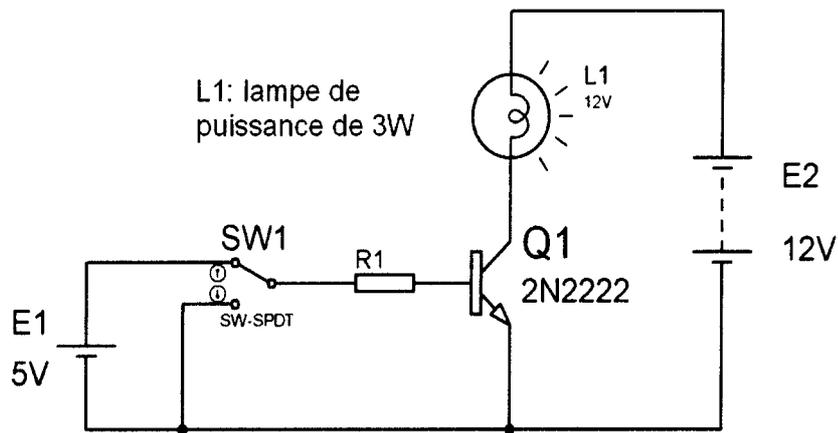
→ le transistor est bloqué. Il se comporte comme un interrupteur ouvert

→ le courant traversant la lampe L1 est nul.

→ la lampe est éteinte.

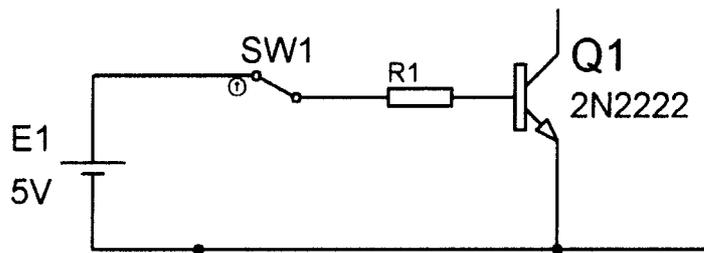


2. interrupteur en position "haute"



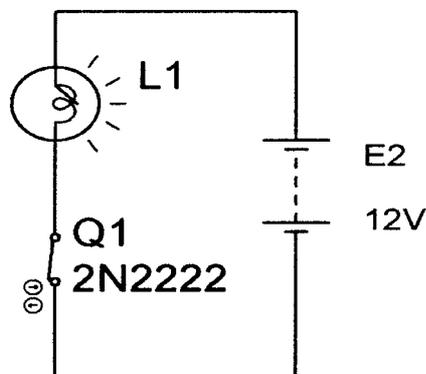
Note: la tension V_{besat} est la tension mesurée à la jonction base-emetteur du transistor quand celui ci est saturée.

La maille ci dessous est constituée par SW1, R1 la jonction base-emetteur du transistor Q1 et la pile E1. Cette maille est fermée et possède un générateur. Un courant I_b peut donc circuler. Nous allons appliquer la méthode utilisée au "II" pour calculer la valeur du résistor R1.



Application de la méthode de calcul de I_{bsat} :

- on suppose le transistor Q1 saturé: $\rightarrow V_{ce} = 0V$.



La maille est fermée, il y a un générateur (E2) et un récepteur: le courant I_c peut circuler.

- Calcul de $I_{c \text{ sat}}$

$$U_{E2} - U_{CE} - U_{L1} = 0V \rightarrow U_{L1} = U_{E2} - U_{CE}$$

$$U_{E2} = +12V$$

$$U_{CE} = 0V \text{ (transistor saturé)}$$

$$\rightarrow U_{L1} = +12V$$

$$\rightarrow I_{c \text{ sat}} = U_{L1} / R_{L1}$$

$$\rightarrow I_{c \text{ sat}} = +12 / 48 = 0,25 \text{ A}$$

$$I_{c \text{ sat}} = 0,25 \text{ A}$$

- calcul de $I_B \text{ sat}$

$$I_B = \frac{I_{c \text{ sat}}}{\text{béta mini}}$$

$$\rightarrow I_B \text{ sat} = +0,25 / 75 \quad \rightarrow I_B \text{ sat} = 3,33 \text{ mA}$$

- calcul de I_B (courant traversant réellement dans la base du transistor)

Nous connaissons maintenant la valeur minimum que doit avoir le courant I_B pour que le transistor Q1 soit saturé. Pour être sûr que cette valeur est atteinte, on multiplie cette valeur par un coefficient de sécurité "k".

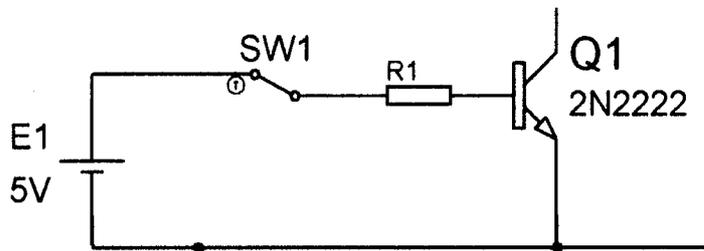
nous prenons ici "k = 2". (C'est une valeur courante).

$$I_B = k \cdot I_B \text{ sat} = 2 \cdot 3,33 \cdot 10^{-3}$$

$$\rightarrow I_B = +6,66 \text{ mA}$$

- calcul de R1

La maille est fermée, il y a un générateur (E1), la jonction émetteur-base du transistor Q1, un résistor R1, et un interrupteur SW1: le courant I_B peut circuler.



$$U_{BE} = U_{BE \text{ sat}} = +0,65V$$

$$U_{E1} = +5V$$

Calcul de U_{R1}

A l'aide de la loi des mailles:

$$U_{E1} - U_{EB} - U_{R1} = 0V$$

$$\rightarrow U_{R1} = U_{E1} - U_{EB} = +5V - 0,65V = +4,35V$$

Calcul de R1

A l'aide de la loi d'ohm:

$$U_{R1} = R1 \cdot I_B \rightarrow R1 = U_{R1} / I_B = (4,35) / (6,66 \cdot 10^{-3}) = 653 \Omega$$

$$R1 = 653 \Omega$$

- choix d'une valeur normalisée de R1

La série E12 est la suivante:

E12:	1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2
------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La valeur du résistor choisi doit donc commencer par ces 2 premiers chiffres.

1704 Ω est donc compris entre 560 Ω et 680 Ω .

Je choisis la valeur la plus proche: 680 Ω .

$$R1 = 680 \Omega$$

5 Calculs annexes

Commande d'une lampe L1 de puissance 3W fonctionnant sous 12V

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

En appliquant les formules suivantes:

$$R = \frac{U^2}{P}$$

$$\rightarrow R_{L1} = 12^2 / 3 = 48 \Omega$$

$$R_{L1} = 48 \Omega$$