Semestre 1	TD d'électronique	2020-2021

10 Fonctions logiques à diode ★

Objectifs :

- *Reconnaitre une fonction électronique*
- *Être capable de savoir si une diode est passante ou bloquée.*
- *Connaitre la tension de sortie en fonction de l'état des diodes.*

Méthode à maitriser :

Identification de l'état des diodes :

- Dessiner le schéma en déconnectant les diodes
- Calculer la tension V_A et V_K de chaque diode
- Si la diode respecte la condition de conduction, alors la remplacer par son modèle équivalent à l'état passant, sinon la remplacer par son modèle à l'état bloqué.

Hypothèses et données :

On considère le montage de la Figure 10.1 ci-dessous réalisant une fonction logique à partir de deux montages simples. L'évolution des tensions d'entrées est donnée par les chronogrammes en Figure 10.2 et Figure 10.3 . Les diodes sont considérées idéales dans un premier temps.

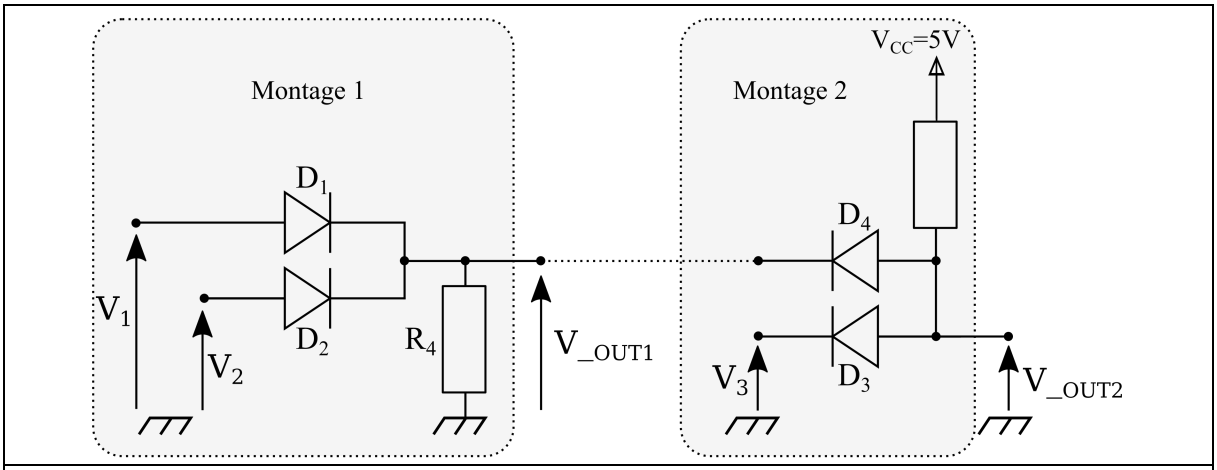


Figure 10.1

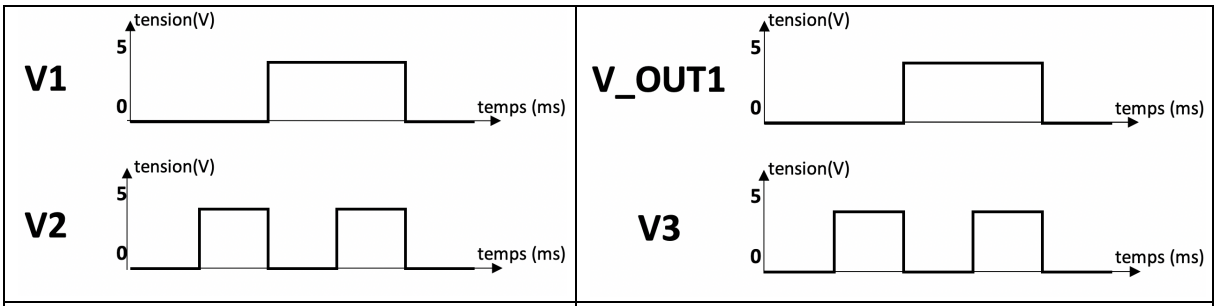


Figure 10.2 | *Figure 10.3*

Questions préliminaires

- *Quelle est la fonction logique réalisée par le montage 1*
- *Quelle est la fonction logique réalisée par le montage 2*
- *En déduire la fonction globale du montage de la Figure 10.1*

Analyse du montage 1

Cas V1 = 0 Volts et V2 = 0 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT1*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Cas V1 = 0 Volts et V2 = 5 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT1*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Cas V1 = 5 Volts et V2 = 0 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT1*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Cas V1 = 5 Volts et V2 = 5 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT1*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Analyse du montage 2

Cas V_OUT1 = 0 Volts et V3 = 0 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT2*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Cas V_OUT 1 = 0 Volts et V3 = 5 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT2*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Cas V_OUT 1 = 5 Volts et V3 = 0 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT2*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

Cas V_OUT 1 = 5 Volts et V3 = 5 Volts

- *Appliquer la méthode à maitriser et en déduire la tension V_OUT2*
- *Remplir le tableau de synthèse en bas de page*

V1	V2	V_OUT1
0	0	
0	5V	
5V	0	
5V	5V	

V_OUT1	V3	V_OUT2
0	0	
0	5V	
5V	0	
5V	5V	

Confirmez-vous les réponses des questions préliminaires ?

Semestre 1	TD d'électronique	2020-2021

11 Montage écrêteur à diodes ★★

Objectifs :

- *Être capable de savoir si une diode est passante ou bloquée.*
- *Connaitre la tension de sortie en fonction de l'état des diodes.*
- *Exprimer une droite de charge et trouver un point de fonctionnement.*

Méthode à maitriser :

Identification de l'état des diodes :

- Dessiner le schéma en déconnectant les diodes.
- Calculer la tension V_A et V_K de chaque diode.
- Si la diode respecte la condition de conduction, alors la remplacer par son modèle équivalent à l'état passant, sinon la remplacer par son modèle à l'état bloqué.

Expression de la droite de charge d'une diode :

- Exprimer la tension V_{AK} en fonction des autres tensions du montage.
- Remplacer la tension aux bornes d'une résistance par son produit courant-résistance,
- Faire apparaitre I_A (le courant traversant la diode) dans l'équation.
- Dessiner la droite dans un repère V_{AK}-I_A en prenant 2 valeurs arbitraires

Hypothèses et données :

Nous considérons le montage donné en figure 11.1 qui utilise deux diodes Schottky dont la tension de seuil est de 0,3 Volts. Le modèle de la diode est donc résumé ainsi :

- Un circuit ouvert pour l'état bloqué.
- Un générateur de tension de valeur V_D = 0,3 Volts pour l'état passant.

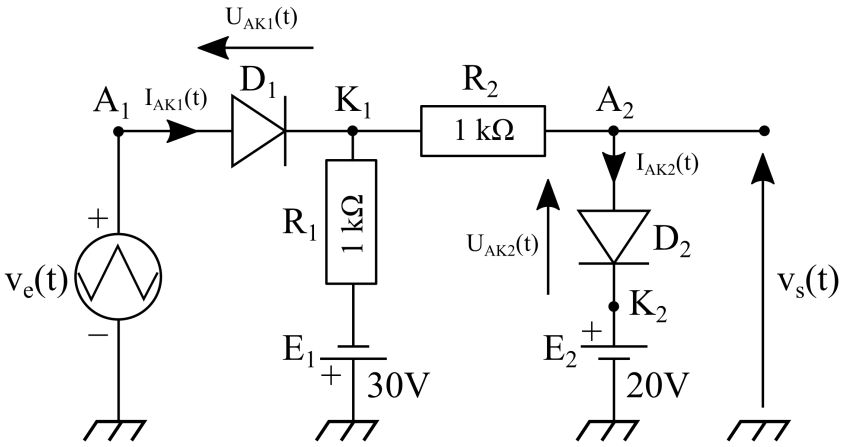


Figure 11.1

Nous désirons déterminer le graphe de la tension de sortie $\boldsymbol{v_s(t)}$ du montage lorsque celui-ci est excité par un générateur délivrant une tension $\boldsymbol{v_e(t)}$ triangulaire périodique ayant :

- Une fréquence ***f*** de ***1 kHz***
- Une valeur moyenne nulle
- Une amplitude ***100V*** crête à crête et telle que $\boldsymbol{v_e(t = 0) = -50V}$.

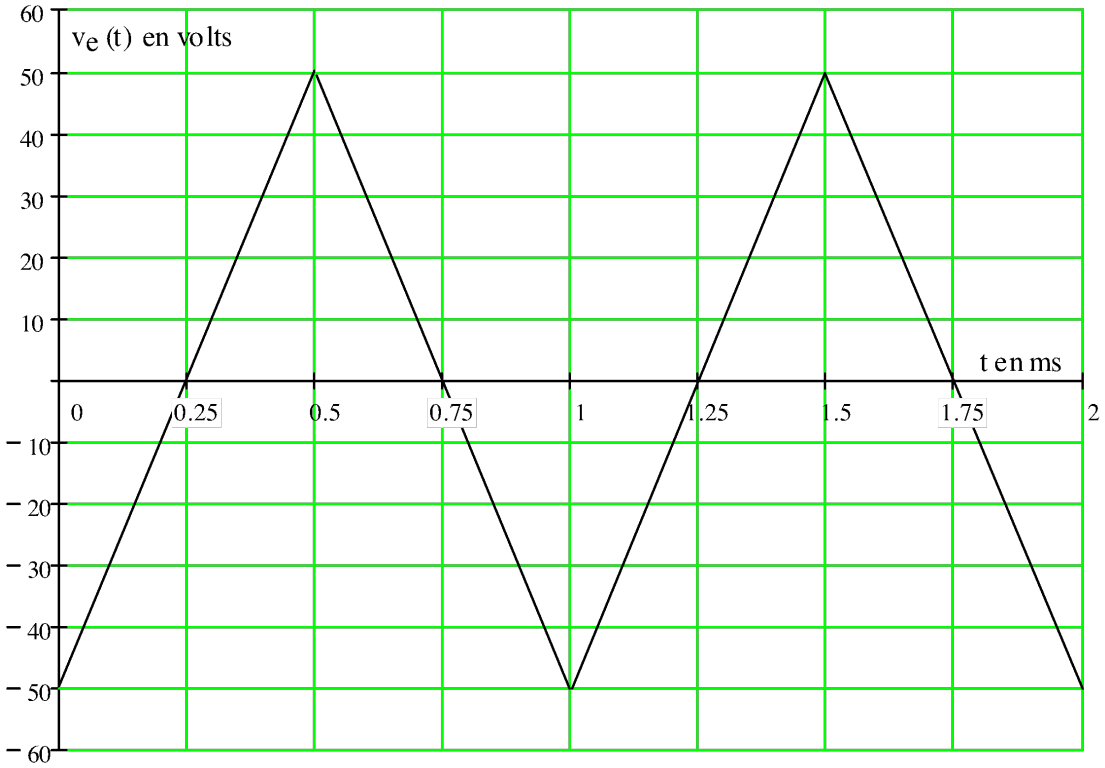


Figure 11.2

Questions préliminaires

- Représenter la caractéristique de la diode dans un repère V_{AK}-I_A.
- Dessiner le modèle équivalent de la diode à l'état passant en plaçant le nom des électrodes.
- La diode est-elle un générateur de tension indépendant ?

Analyse à t = 0 seconde

- A l'instant ***t = 0***, où $v_e(0) = -50$ ***V***, on désire connaître l'état des diodes. Montrer alors que les diodes sont bloquées la méthode d'identification de l'état des diodes.
- Donner la valeur de la tension de sortie $v_s(0)$ à l'instant ***t = 0***.
- Reporter la tension v_s sur la Figure 11.2.

Analyse de la séquence 1 où D1 et D2 sont bloquées

Dans cette séquence, le schéma d'analyse est obtenu en remplaçant ***D2*** bloquée par un circuit ouvert. Cependant, on dessine ***D1*** sous sa forme symbolique afin de déterminer sa droite de charge et définir la tension $v_{e1}(t_1)$ qui rend ***D1*** juste conductrice.

- Écrire l'équation de la droite de charge de la diode ***D1***.
- Tracer sur la Figure 11.2, la droite de charge à l'instant ***t = 0***. Vérifier que le point de fonctionnement correspond à ***D1*** bloquée.
- Comment se déplace la droite de charge lorsque que $v_e(t)$ augmente à partir de ***t = 0*** ?
- En déduire la valeur de la tension d'entrée $v_{e1}(t_1)$ qui rend ***D1*** juste conductrice.
- Calculer l'expression de la tension $v_s(t)$ dans cette 1° séquence et dessiner son graphe sur la Figure 11.2.

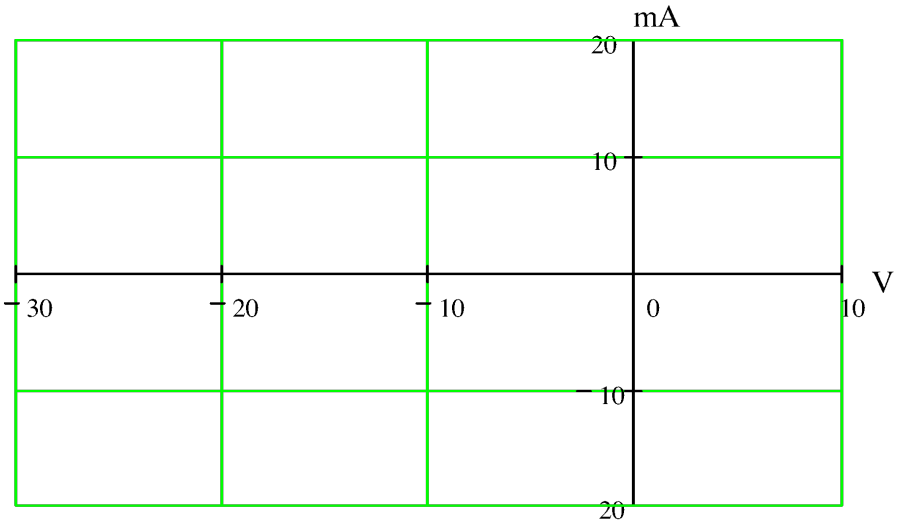


Figure 11.3

Analyse de la séquence 2 où D1 est passante et D2 est bloquée
La tension $v_e(t) > v_{e1}$ est telle que ***D1*** est passante alors que ***D2*** est encore bloquée. La diode ***D1*** est donc simulée par son modèle équivalent alors que ***D2*** est représentée sous sa forme symbolique.

- Dessiner le nouveau schéma équivalent au montage. Rechercher l'expression de la tension de sortie $v_s(t)$ en fonction de $v_e(t)$ dans cette séquence.
- Déterminer la valeur de la tension $v_{e2}(t_2)$ qui rend la diode ***D2*** juste passante et qui indique la fin de la deuxième séquence.
- Dessiner le graphe de la tension $v_s(t)$ dans cette séquence sur la figure 11.2.

Analyse de la séquence 3 où D1 et D2 sont passantes
Dans cette dernière séquence, la tension $v_e(t) > v_{e2}$ est telle que D_1 et D_2 sont passantes.

- Dessiner le nouveau schéma équivalent au montage. Quelle est l'expression de la tension $v_s(t)$?
- Compte tenu de l'analyse précédente, représenter l'évolution de la tension de sortie $v_s(t)$ sur deux périodes du signal $v_e(t)$.
- Dessiner le graphe de la tension $v_s(t)$ dans cette séquence sur la figure 11.2.

12 Polarisation et modulation de LED ★★

Objectifs :

- *Tracer la droite de charge et identifier le point de repos d'une diode en régime continu*
- *Extraire la résistance dynamique équivalente autour du point de repos*
- *Identifier le type de montage utilisé à base d'AOP et extraire l'expression de la tension de sortie*

Méthode à maitriser :

Droite de charge : Extraire l'expression du courant dans la diode en fonction de sa tension à ses bornes et des éléments du circuit.
Méthode par superposition.
Détermination de V^+, V^- *et* V_s *sur un amplificateur opérationnel.*

Hypothèses et données :

Dans le cadre de la mise en place d'une ligne de transmission optique à faible coût entre deux bâtiments, nous souhaitons moduler une LED infrarouge couplée à une fibre optique.
Nous considérons dans un premier temps le montage de la Figure 12.1 ci-dessous permettant de polariser ladite LED sous une tension continue ajustable centrée sur ***E = 2,5 V*** *et un courant de polarisation central de* ***60 mA****, modulé à* $\pm$***20 mA****.*
Dans un second temps, nous considérons le circuit de modulation présenté en Figure 12.3, le signal $V_{\mu C}$ *provient d'une sortie numérique d'un micro-controleur de telle sorte à inhiber ou autoriser la modulation par un 0 ou 1 logique. Le signal* V_{modul} *est un signal* ***analogique symétrique*** *d'amplitude* ***0,5 V*** *contenant l'information à transmettre par voie optique. La sortie de l'AOP pilote la LED Infrarouge.*

Questions préliminaires

- A partir de la datasheet fournie en annexe, extraire les données suivantes :
  - le courant maximum en DC et en pulsé
  - la tension à 60mA
  - la longueur d'onde
  - la puissance en µW après 1 mètre de fibre de 62,5µm de diamètre de cœur.
- Que peut-on dire de la puissance optique émise en fonction du courant dans la LED (cf Figure 10 de la datasheet ?

Analyse du montage en régime DC

- Écrire l'équation de la droite de charge de la LED : $I_{AK} = f(U_{AK})$
- Calculer la résistance R_{prot} pour une polarisation centrale, donner la valeur normalisée dans la série E24 et calculer l'erreur relative.
- Donner les coordonnées des deux positions extrêmes de fonctionnement en modulation
- Quelle est la variation de tension ΔE qu'il est nécessaire d'appliquer au générateur E pour une telle modulation ?
- Tracer les droites de charges correspondantes aux 2 positions extrêmes dans la caractéristique $I(V)$ de la Figure 12.2.
- Que peut-on dire de la caractéristique dans cette zone de fonctionnement ?

- Relever graphiquement la résistance dynamique de la diode dans cette zone sachant que :

$$Rd = \frac{dU_{AK}}{dI_{AK}}$$

- Quelle est la tension de seuil de la LED si on considère qu'elle reste linéaire jusqu'à $I_{AK} = 0$?
- Quel est finalement le modèle équivalent de la LED ?
- Redessiner le schéma électrique du montage et calculer les tensions U_{AK} qui correspondent aux deux positions extrêmes de fonctionnement, comparer avec valeurs précédemment lues sur le graphique. Le modèle est-il fidèle à la réalité ?

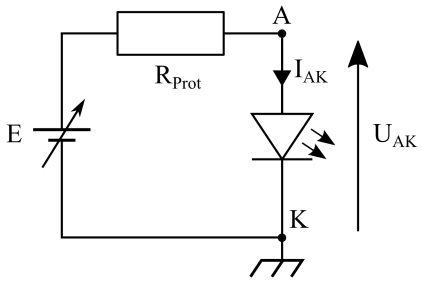


Figure 12.1 : *Schéma de polarisation de la LED Infrarouge*

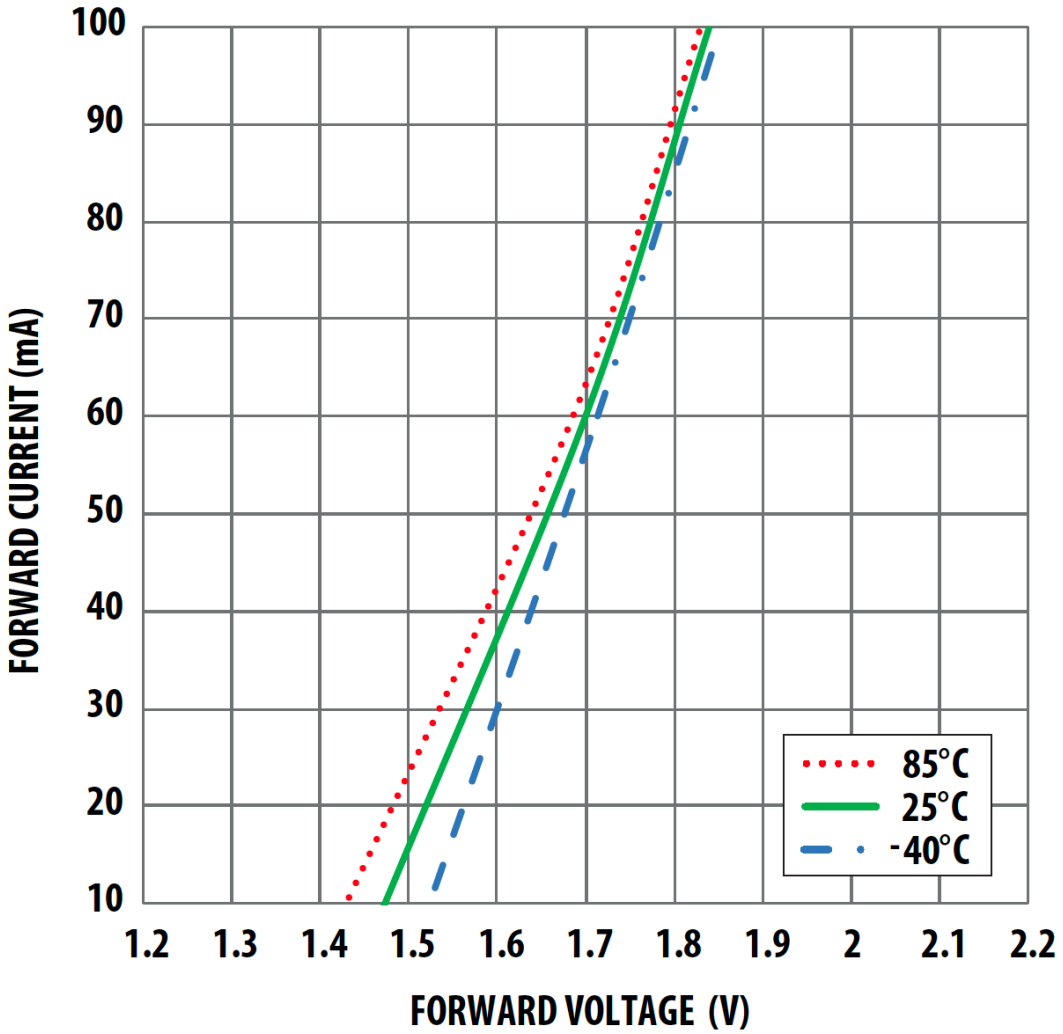


Figure 12.2 : *Caractéristique courant/tension de la diode infrarouge*

Circuit de modulation

- Sans calcul, identifier le type de montage utilisé dans la figure 12.3.
- En exploitant **<u>la méthode par superposition</u>**, exprimer la tension de sortie V_{S_AOP} de l'AOP en fonction de R_1, R_2, R_3 et R_4 et des tensions d'entrée.
- Simplifier cette expression si $R_4 >> R_3$.

- Que devient le gain en tension pour chacune des tensions d'entrée si $R_1 = R_2$. Allons-nous satisfaire les conditions de modulation décrites précédemment ?
- Calculer le courant dans la LED pour les valeurs extrêmes de $V_{\mu C}$ et de V_{modul}. Justifier de l'état de la diode dans chacun des cas.

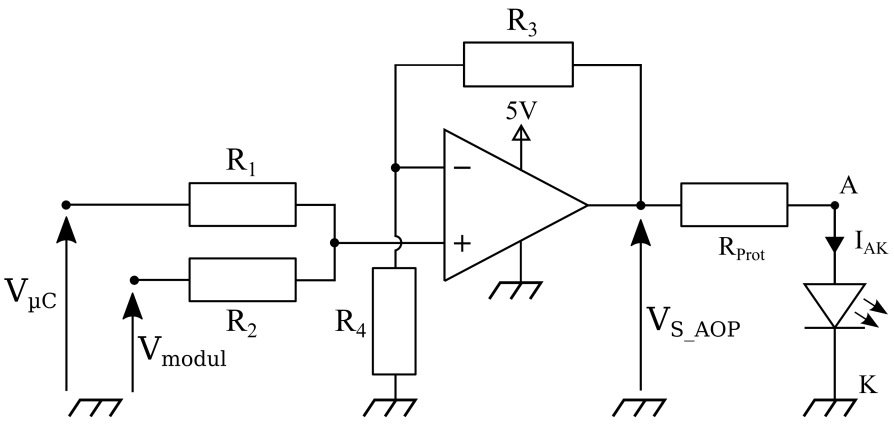


Figure 12.3 : *Circuit de modulation de la LED infrarouge*

ANNEXE : datasheet de l'emetteur infrarouge

HFBR-14xxZ and HFBR-24xxZ Series
Low-Cost, 820 nm Miniature Link Fiber Optic Components with ST®, SMA, SC and FC Ports

Data Sheet

BROADCOM®

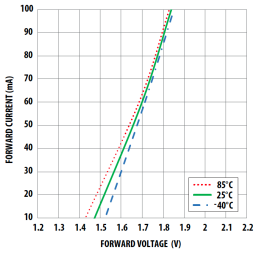


Figure 9. Typical Forward Voltage and Current Characteristics

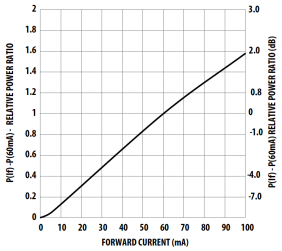


Figure 10. Normalized Typical Transmitter Output vs. Forward Current

HFBR-14x2Z Output Power Measured Out of 1 Meter of Cable

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	Reference
50/125 µm Fiber Cable	P_{T50}	-21.8	-18.8	-16.8	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 60 mA	Notes 5, 6, 9
		-22.8		-15.8	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 60 mA	
		-20.3	-16.8	-14.4	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 100 mA	Figure 10
		-21.9		-13.8	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 100 mA	
62.5/125 µm Fiber Cable	P_{T62}	-19.0	-16.0	-14.0	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 60 mA	
		-20.0		-13.0	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 60 mA	
		-17.5	-14.0	-11.6	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 100 mA	
		-19.1		-11.0	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 100 mA	
100/140 µm Fiber Cable	P_{T100}	-15.0	-12.0	-10	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 60 mA	
		-16.0		-9.0	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 60 mA	
		-13.5	-10.0	-7.6	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 100 mA	
		-15.1		-7.0	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 100 mA	
200 µm PCS Fiber Cable	P_{T200}	-10.0	-7.0	-5.0	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 60 mA	
		-11.0		-4.0	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 60 mA	
		-8.5	-5.0	-2.6	dBm peak	T_A = +25 °C, I_F = 100 mA	
		-10.1		-2.0	dBm peak	T_A = -40 °C to +85 °C, I_F = 100 mA	

Electrical/Optical Specifications -40 °C to +85 °C unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Min.	Typ. [2]	Max.	Units	Conditions	Reference
Forward Voltage	V_F	1.48	1.70	2.09	V	I_F = 60 mA dc	Figure 9
			1.84			I_F = 100 mA dc	
Forward Voltage Temperature Coefficient	$\Delta V_F/\Delta T$		-0.22		mV/K	I_F = 60 mA dc	Figure 9
			-0.18			I_F = 100 mA dc	
Reverse Input Voltage	V_{BR}	1.8	3.8		V	I_F = -100 µA dc	
		0.3	0.7		V	I_F = -100 µA dc	Note 10
Peak Emission Wavelength	I_P	792	820	865	nm		
Diode Capacitance	C_T		55		pF	V = 0, f = 1 MHz	
			70		pF	V = 0, f = 1 MHz	Note 10
Optical Power Temperature Coefficient	$\Delta P_T/\Delta T$		-0.006		dB/K	I = 60 mA dc	
			-0.010			I = 100 mA dc	
Thermal Resistance	θ_{JA}		490		K/W		Notes 3, 8
14x2Z Numerical Aperture	NA		0.49				
14x4Z Numerical Aperture	NA		0.31				
14x2Z Optical Port Diameter	D		290		µm		Note 4
14x4Z Optical Port Diameter	D		150		µm		Note 4

Regulatory Compliance - Targeted Specifications

Feature	Performance	Reference
Electrostatic Discharge (ESD)	Class 1B (>500 V, <1000 V) - Human Body Model	Note 1, 2

Absolute Maximum Ratings

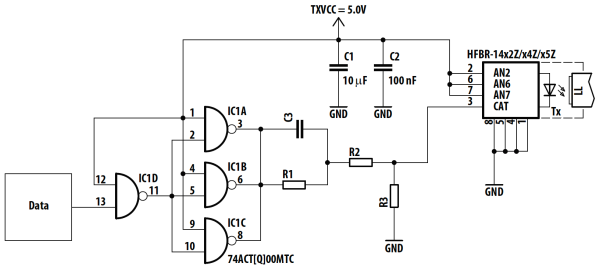
Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Reference
Storage Temperature	T_S	-55	+85	°C	
Operating Temperature	T_A	-40	+85	°C	
Lead Soldering Cycle					
Temp			+260	°C	
Time			10	sec	
Forward Input Current					
Peak	I_{FPK}		200	mA	Note 3
dc	I_{Fdc}		100	mA	
Reverse Input Voltage	VBR		1.8	V	
			0.3	V	Note 4
ESD (Human-body model)	ESD		2000	V	Note 1, 4

Notes:
1. ESD capability for all pins HBM (Human Body Model) according JEDEC JESD22-A114.
2. Valid for not protection improved transmitter option
3. For I_{FPK} > 100 mA, the time duration should not exceed 2 ns.
4. Only valid for HFBR-141xPxZ (Protection improved option).

14

Recommended Transmitter Driver Circuitry

Transmitter	R1	R2	R3	C3
HFBR-14x2Z/x4Z/x5Z	33 Ω	33 Ω	270 Ω	75 pF



Note: The component values shown in the table create a typical driver current of 60mA (peak).
An individual check of the optical output signal quality of the used optic transmitter is recommended during the circuit design.

Figure 11. Recommended Drive Circuit

Semestre 1	TD d'électronique	2020-2021

13 Polarisation du transistor bipolaire NPN

Les deux montages de la Figure 13.1 utilisent un transistor bipolaire NPN dont on donne les caractéristiques à ***25°C***. Les résistances R_C et R_E sont égales pour les deux montages, à savoir R_C***=8,2kΩ*** et R_E ***=1,8 kΩ***

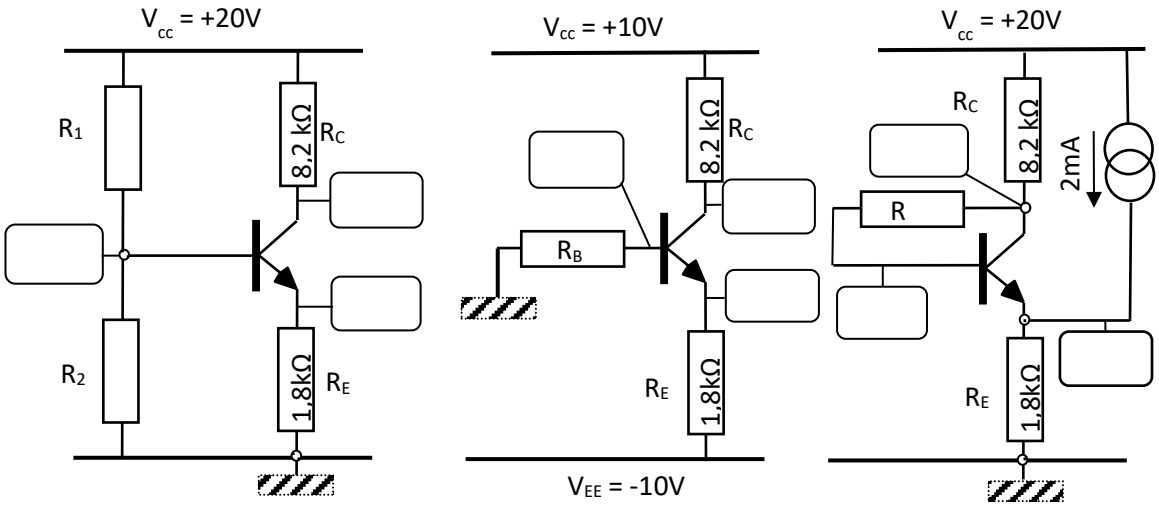


Figure 13.1

Pour chaque montage, R_C ***= 8,2 kΩ*** et R_E ***= 1,8kΩ*** :

1) Écrire l'équation de la droite de charge du transistor : $I_C = f(V_{CE})$.

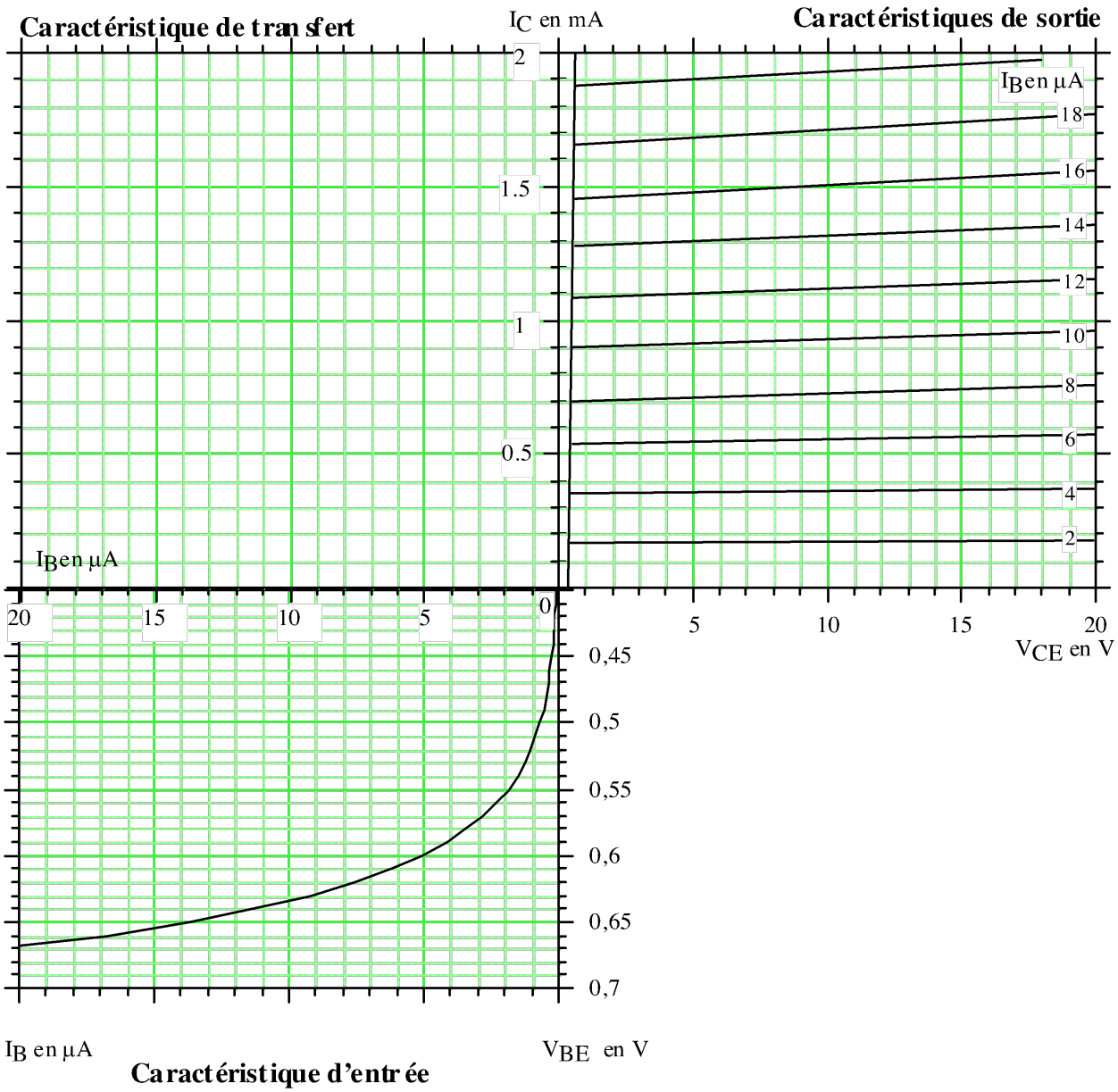
2) Tracer la droite de charge.

3) On choisit le point de fonctionnement du transistor au milieu de la droite de charge. En déduire la valeur du courant de repos de collecteur $I_{C\ repos}$, $I_{B\ repos}$ et $V_{BE\ repos}$

4) Calculer la valeur des résistances assurant la polarisation du transistor ainsi que leur valeur normalisée.

5) Est-il possible de se passer du réseau de caractéristiques du transistor pour calculer les (ou la) résistances qui assurent la polarisation du transistor ? Commenter.

CARACTERISTIQUES TRANSISTOR NPN A 25°C



14 Transistors MOSFET

14-1 Amplificateur à transistor MOSFET

Objectifs :

- *Tracer la droite de charge et identifier le point de repos d'un MOSFET en régime continu*
- *Déterminer tous les éléments du montage permettant la polarisation du transistor*
- *Lire les caractéristiques électriques d'une datasheet.*

Méthode à maitriser :

Droite de charge : Extraire l'expression du courant dans le transistor en fonction de la tension Drain-Source et des éléments du circuit : $I_D = f(V_{DS})$.
Loi des potentiels aux nœuds

Hypothèses et données :

Nous considérons le schéma présenté Figure 14.1(a) qui utilise un transistor MOSFET 2N7000. La tension d'alimentation continue est $V_{CC} = 10\ V$. La caractéristique de sortie est fournie en figure 14.1(b).

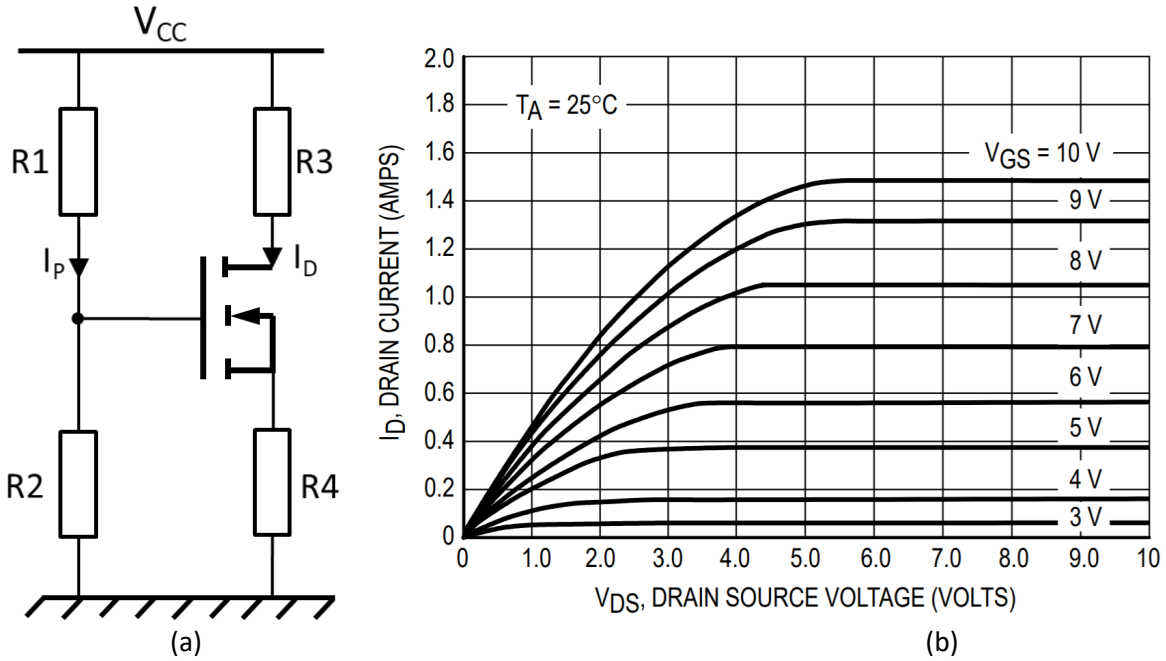


Figure 14.1 : (a) Schéma électrique de l'amplificateur à transistor, (b) caractéristique de sortie du MOSFET 2N7000

1.1) Représenter le point de repos $I_{D0} = 800\ mA$ et $V_{DS0} = 5\ V$ sur la figure 14.1.(b).

1.2) Déterminer la valeur de la tension V_{GS0} permettant d'obtenir le point de repos de la question précédente.

1.3) Représenter la tension V_{GS0} sur la figure 14.1.(a). Dessiner sur la figure 14.1.(a) les courants et tensions connues.

1.4) Donner l'équation de la droite de charge statique $I_D = f(V_{DS})$. Tracer la droite de charge dans le réseau de caractéristiques de la figure 14.1.(b) et constater que celle-ci passe par le point de repos.

1.5) En prenant l'hypothèse que $R_4 = 1\ \Omega$, Exprimer R_3 puis déterminer sa valeur.

1.6) Exprimer U_{R2} puis déterminer sa valeur.

1.7) Exprimer R_2 puis déterminer sa valeur si $I_P = 100\ \mu A$.

1.8) Exprimer R_1 puis déterminer sa valeur.

14-2 Transistor MOSFET en commutation

Considérons le schéma de la figure 14.2 comportant deux transistors T1 et T2 pour lequel ***V_T = 2,5 V***, une diode Zener de tension ***V_Z = 5 V***. Nous supposons que le transistor fonctionne en régime linéaire et que son temps de commutation est nul.

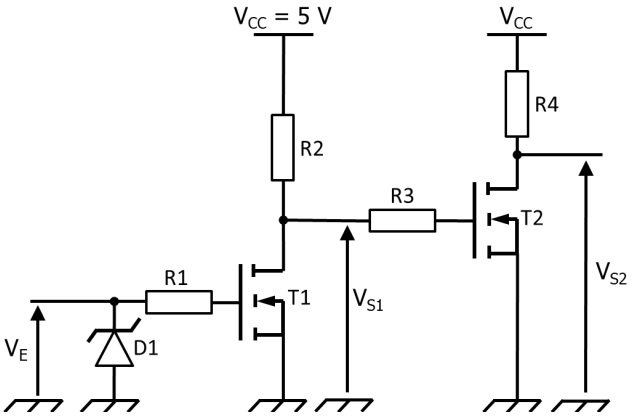


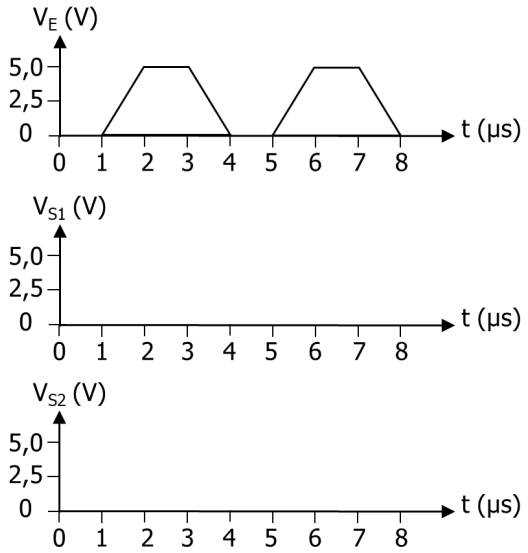
Figure 14.2 : Schéma de MOSFETs.

1.9) Repérer sur le schéma de la figure 14.2 les broches grille (G), drain (D) et source (S) des 2 transistors.

1.10) Le transistor est considéré comme parfait. Rappeler le modèle du transistor MOSFET à l'état passant, en régime de commutation (régime linéaire).

1.11) Rappeler le rôle de la diode Zener en entrée. Rappeler la condition pour que le transistor soit passant.

1.12) Compléter les chronogrammes suivants :



15 (Optionnel) Etude de la stabilité en température d'un miroir de courant à transistors NPN identiques

Le montage de la figure 15.1 est un miroir de courant amélioré qui est très exploité dans les circuits intégrés analogiques. On l'utilise pour réaliser un générateur de courant continu performant peu sensible à la température et possédant une grande résistance interne.

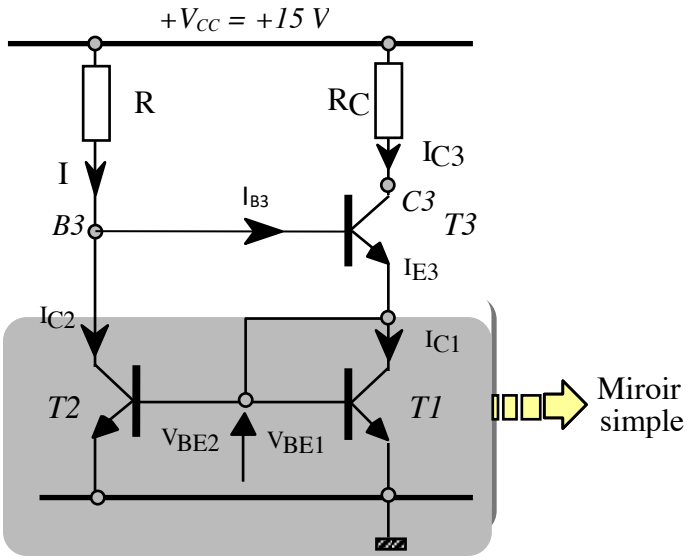


Figure 15.1

Ce montage utilise trois transistors NPN intégrés identiques dont l'évolution du gain en courant β en fonction du courant de collecteur I_C et de la température T est donnée en fin de texte en figure 15.2.

On se propose d'étudier la polarisation du transistor T_3 à **25 °C**. On rappelle que le courant de collecteur I_C d'un transistor NPN est tel que :

$$I_C = I_{SBC}\, exp(\frac{V_{BE}}{U_T}) \qquad (1)$$

Où I_{SBC} représente le courant inverse de saturation de la jonction collecteur-base bloquée. Ce courant est identique pour l'ensemble des transistors intégrés.

1° PARTIE : ETUDE DU MIROIR DE COURANT SIMPLE (T_1 T_2)

Etudions dans un premier temps, le miroir de courant de base constitué seulement des transistors T_1 et T_2 (partie encadrée de la figure 15.1). Ce miroir de courant reçoit un courant de référence I_{E3} et il recopie I_{C2}.

1) Rechercher avec l'équation (1), la relation simple qui lie les courants de collecteur I_{C2} et I_{C1}.

2) En déduire la relation entre les courants I_{C2} et I_{E3} compte-tenu du gain en courant β de T_1 et T_2. Sachant que le courant I_{C2} recopie I_{E3}, déterminer l'expression de l'erreur relative de recopie :

$$E_r = \frac{I_{C2} - I_{E3}}{I_{E3}}$$

2° PARTIE : MIROIR DE COURANT AMELIORE (T_1, T_2 et T_3)

Considérons maintenant le montage complet où I représente le courant de référence alors que I_{C3} est maintenant le courant recopié.

3) Rechercher en fonction du gain en courant β des transistors, la relation qui relie le courant I et le courant recopié I_{C3}. Déterminer l'expression de la nouvelle erreur relative de recopie et comparer à celle du miroir simple.

4) Nous désirons choisir le point de repos du transistor T_3 au milieu de sa droite de charge avec I_{C3} égal à ***1 mA*** à ***25°C***. Calculer la valeur des résistances R_C et R. Faire les applications numériques pour les erreurs de recopie précédemment définies. Conclusion.

3° PARTIE : ETUDE DE LA STABILITE EN TEMPERATURE DU MONTAGE COMPLET

On se propose d'étudier la stabilité du courant de collecteur du transistor T_3 en fonction de la température qui évolue de ***25*** à ***125°C***.

5) Déterminer la relation : $I_{C3} = f(V_{BE}, \beta, V_{CC}, R)$ qui met en évidence le rôle de la température sur la tension V_{BE} et le gain en courant β.

6) Rechercher l'expression du coefficient de stabilité : $S_V = \left[\frac{\partial I_C}{\partial V_{BE}}\right]_{\beta\ constant}$ Quelle est sa valeur approchée ?

7) Rechercher l'expression du coefficient de stabilité : $S_\beta = \left[\frac{\partial I_C}{\partial \beta}\right]_{V_{BE}\ constant}$ Quelle est sa valeur approchée ?

8) Le montage est soumis à une température qui évolue de ***25*** à ***125°C***. Calculer la valeur de l'accroissement ΔI_{C3} du courant de collecteur I_{C3} de T_3 sachant que :

$$\Delta I_{C3} = S_v \cdot \Delta V_{BE} + S_\beta \cdot \Delta\beta$$

$V_{CC} = 15V$; $I_{C3} = 1mA$ à $25°C$; $V_{BE} = 0,6\ V$ à $25\ °C$ et $\Delta V_{BE}/\Delta T = -2,5\ mV°C^{-1}$

Quel est le paramètre principal responsable de l'accroissement du courant I_{C3} ?

4° PARTIE : MODIFICATION DE LA TENSION D'ALIMENTATION A 25°C

A la température de ***25°C***, avec les résistances ***R*** et R_C précédentes, la tension d'alimentation V_{CC} est maintenant égale à ***30 V***.

9) Le point de repos de T_3 est-il toujours sensiblement centré sur la nouvelle droite de charge ?

10) Que peut-on dire de la variation ΔI_{C3} du courant I_{C3} lorsque la température évolue comme précédemment de ***25*** à ***125°C*** ?

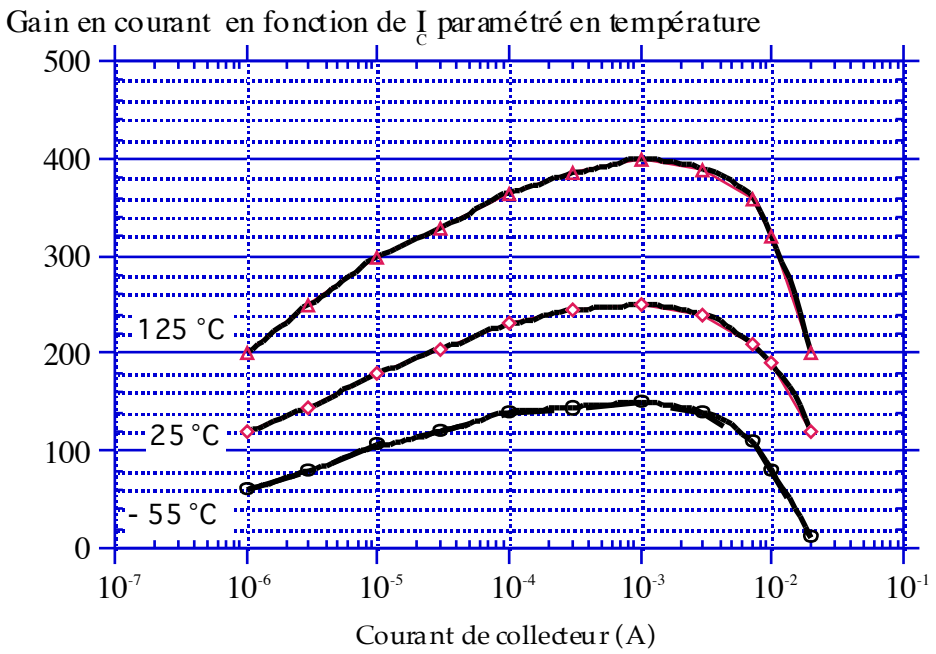


Figure 15.2