

LES DIODES : CORRIGE

Diode de signal.

1. Dessiner le symbole d'une diode à jonction PN et indiquer les zones P et N, l'anode et la cathode.

*L'anode est la zone P
La cathode est la zone N*

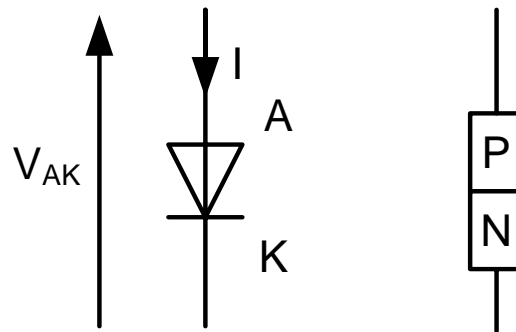


Figure 1

2. Dans le cas d'une polarisation directe, représenter la d.d.p. aux bornes de la diode et le courant direct.

Voire figure 1

3. Écrire l'équation de Shockley.

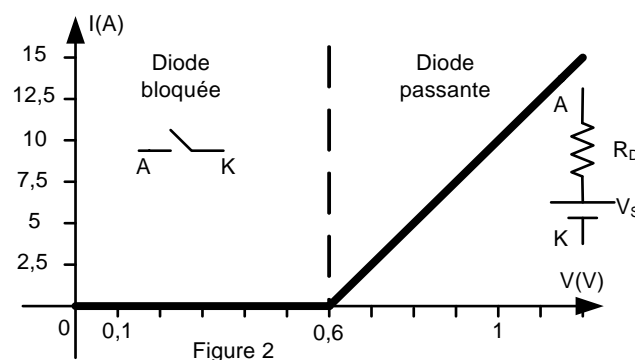
$$I = I_s \left[\exp\left(\frac{qV}{kT}\right) - 1 \right];$$

On nomme potentiel thermique la quantité : $V_T = \frac{kT}{Q}$

4. Calculer la valeur du « potentiel thermique » V_T à température ambiante 27°C.
 $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K : constante de Boltzmann.

$$V_T = \frac{kT}{Q} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot (27 + 273)}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 25,9 \text{ mV}$$

5. Pour une diode idéale, la courbe caractéristique est constituée de 2 demi-droites issues du point M($I=0$, $V=V_s$), l'une est horizontale l'autre de pente $1/R_D$. Tracer cette courbe dans le cas d'une diode au Silicium ($V_s = 0,6\text{V}$) ayant $R_D = 40\Omega$.



La courbe est linéarisée par morceaux ;

PC1

une demi droite horizontale jusqu'en $V = V_s = 0,6V$, une demi droite oblique de pente $+\frac{1}{R_D}$ (croissance de 5 mA tous les 0,2V)

6. Donner le schéma équivalent électrique à la diode dans les deux zones $V < V_s$ et $V > V_s$.

Voire figure 2

Pour $V < V_s$ la diode est bloquée et peut être remplacée par un interrupteur ouvert

Pour $V > V_s$ la diode est passante et son schéma équivalent est constitué d'une résistance (R_D) et d'une f.c.e.m. de valeur $V_s = 0,6V$.

7. La diode 1N4148 a $I_s = 12 \text{ fA}$. Calculer la valeur de la résistance dynamique lorsque $V_D = 0,65V$ et $V_T = 25mV$.

$$I_s = 12 \text{ fA} = 12 \cdot 10^{-15} \text{ A}$$

$$\frac{dI}{dV} \approx \frac{I}{V_T} \text{ (diode passante)} \Rightarrow R_D = \frac{V_T}{I} \text{ soit } R_D = \frac{25}{I(\text{mA})} \Omega$$

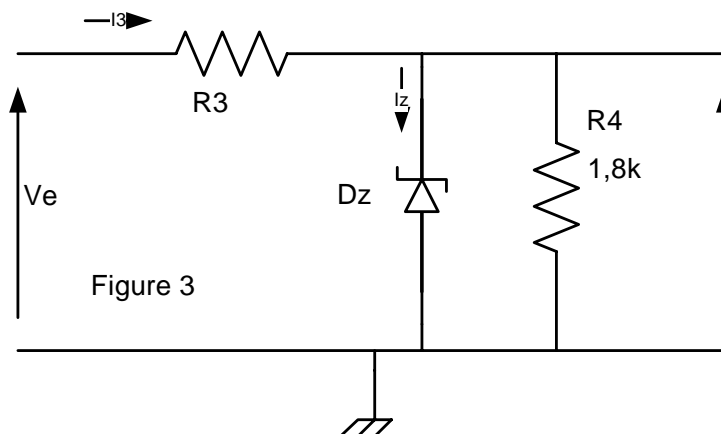
calcul de I :

$$I = 12 \cdot 10^{-15} \left[\exp\left(\frac{0,65}{25 \cdot 10^{-3}}\right) - 1 \right] = 2,35 \text{ mA}$$

$$\text{finalement : } R_D = \frac{25}{2,35} = 10,6 \Omega$$

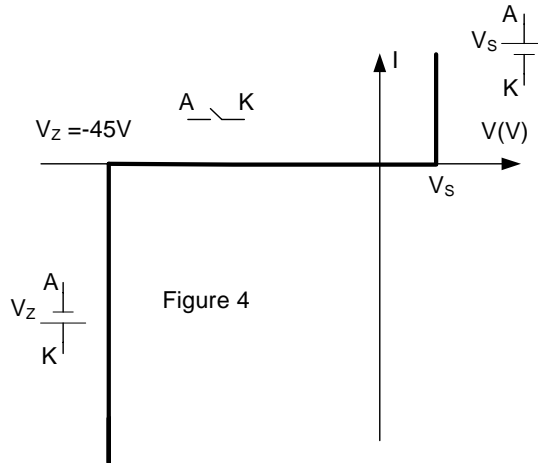
Diode Zener

Soit une diode Dz de référence de tension 45V dont la caractéristique courant-tension est idéalisée (résistances dynamiques nulles dans les états passants : $r_d = r_z = 0$, courant nul dans l'état bloqué. On cherche à réguler (préciser la fonction) une tension V_e pouvant varier entre 40 et 60V selon le schéma de la figure 3.

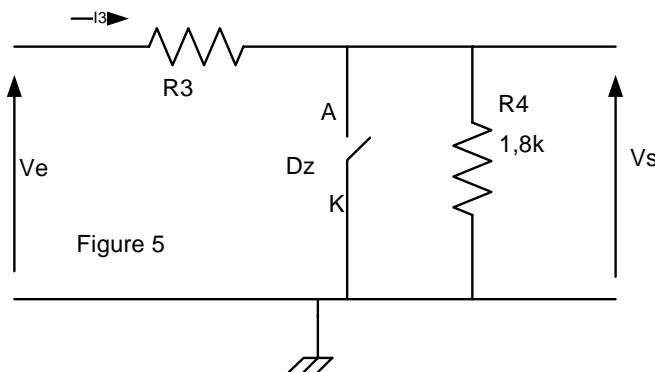


PC1

1. Représenter la courbe caractéristique (I-V) de la diode Dz, préciser les schémas équivalents électriques de la diode dans les différents états.



2. Lorsque $V_e = 40V$, on mesure $I_3 = 20mA$ (courant dans R_3). Calculer R_3 .
 $V_e = 40V < V_z$; la diode est bloquée ; le schéma équivalent à cet état est représenté figure 5.



On peut écrire : $V_e = (R_3 + R_4)I_3$; on déduit : $R_3 = 200\Omega$.

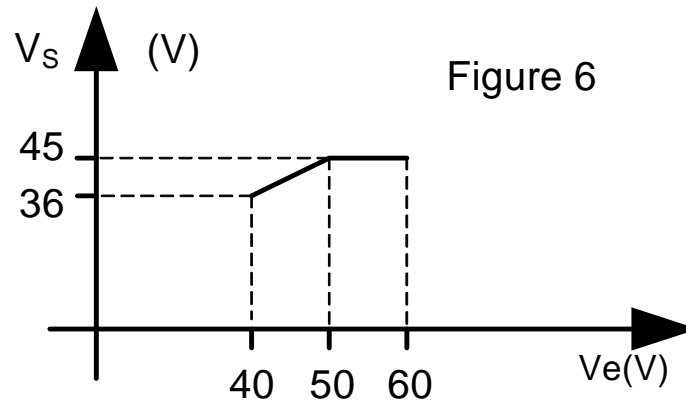
3. A partir de quelle valeur de V_e , la tension de sortie est-elle régulée ?
 La régulation débute lorsque $V_s = 45V$ mesurée aux bornes de R_4 ; alors $I_4 = \frac{V_s}{R_4} = 25mA$. La diode est au seuil de déblocage et $I_z = 0$; donc : $V_e = (R_3 + R_4)I_3 = 50V$

4. Calculer I_z , le courant dans Dz, lorsque $V_e = 60V$.
 Lorsque $V_e = 60V$, la diode conduit (en inverse) et impose $V_s = 45V$ et donc $I_4 = 25mA$; la d.d.p. aux bornes de R_3 est : $V_{R_3} = V_e - V_s = 15V$.

Le courant dans R_3 vaut : $I_3 = \frac{15}{2 \cdot 10^2} = 75mA$

Le courant dans la diode est : $I_z - I_s = 50mA$.

5. Tracer le graphe de transfert $V_s = f(V_e)$.



Tant que la diode est bloquée [$V_e < 50V$] $V_s = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_e = 0,9V_e$

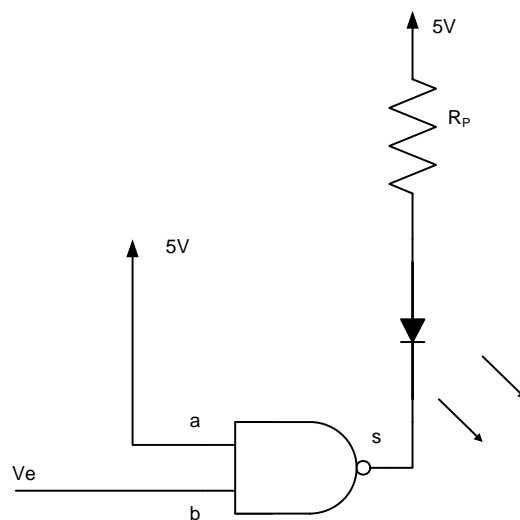
Pour $V_e = 40V$ alors $V_s = 36V$

Quand la diode est passante [$V_e > 50V$] alors $V_s = 45V$.

Diode électroluminescente (LED)

Une diode électroluminescente (DEL) D_L est commandée par une porte logique U_1 (porte NAND en technologie TTL). Elle doit s'éclairer lorsque la sortie de U_1 est à l'état bas. L'ensemble est alimenté sous une tension continue de 5V. La diode est caractérisée par $E_g = 1,9eV$, $V_s = 1,4V$, $r_d = 10\Omega$, $I_{moy} = 20mA$.

1. Dessiner le schéma du circuit.



PC1

Table de vérité :

a	b	a.b	/(a.b)	DEL
0	0	0	1	
0	1	0	1	
1	0	0	1	éteinte
1	1	1	0	allumée

2. Calculer la valeur de la résistance de protection R_p .

On a $V_s = 1,4V$, $r_d = 10\Omega$, $I_{moy} = 20mA$, $V_{CC} = 5V$

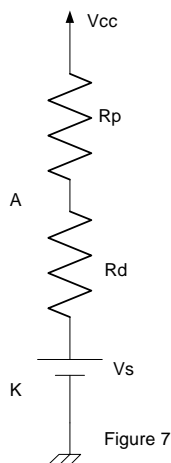
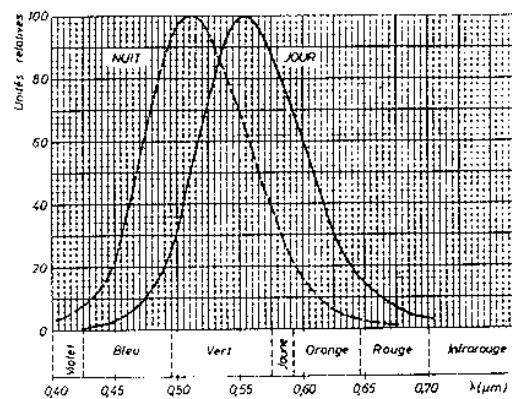


Figure 7

2. Courbes de réponse de l'œil (normalisées CET)



Courbe de sensibilité spectrale de l'œil.

La d..d.p. aux bornes de la diode est : $V_{AK} = V_s + R_D \cdot I_{moy} = 1,6V$

On déduit : $R_p = \frac{V_{CC} - V_{AK}}{I_{moy}} = 170\Omega$

3. Quelle est la longueur d'onde et la couleur de la radiation émise ?

On donne: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ (constante de Planck); $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ (célérité de la lumière); $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

L'énergie restituée sous forme radiative (émission d'un photon) lors de la recombinaison d'une paire électron-trou est :

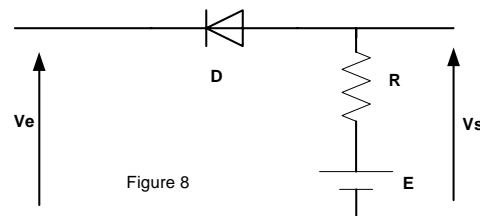
$$E_g = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ (J)} \quad \text{d'où} \quad \lambda(\mu\text{m}) = \frac{hc}{E_g} \cdot \frac{1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = \frac{1,24}{E_g \text{ (eV)}}$$

La longueur d'onde des photons émis est $\lambda = 0,654\mu\text{m} = 654\text{nm}$
Cela correspond à une raie rouge.

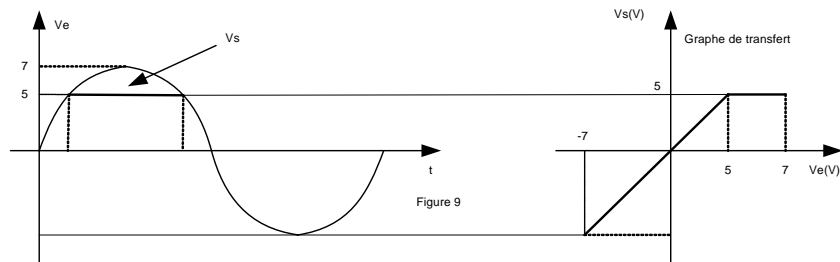
PC1

Circuits limiteurs

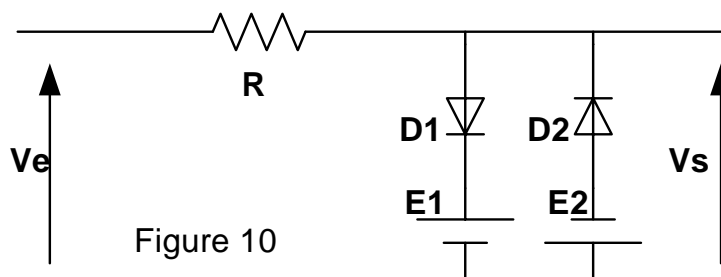
- 1 La source d'entrée est sinusoïdale d'expression $v_e(t) = V_M \sin \omega t$, la source de tension continue vaut $E=5V$. Déterminer l'état de la diode dans le circuit de la figure 8, et tracer les graphes de $v_s = f(v_e)$ puis $v_s = g(t)$ quand : $V_M = 7V$ puis $V_M = 3V$.



Quand la diode est bloquée, aucun courant ne circule dans R et $V_s = E = V_A$. Or $V_e = V_K$. La condition de blocage est : $V_K > V_A$, soit $V_e > E$. Autrement la diode est passante, pour $V_e < E$, et $V_s = V_e$.



- $V_M = 7V$ et $E = 5V$; $V_M > E$ le graphe de transfert est représenté sur la partie droite de la figure 9. Le graphe de $V_s(t)$ est une sinusoïde tronquée en $V = E$
 - $V_M = 3V$ et $E = 5V$; V_M est toujours inférieur à E ; le graphe de transfert est la portion de la première bissectrice comprise entre $-3V$ et $+3V$; V_s est une sinusoïde pure.
- 2 La source d'entrée est sinusoïdale d'expression $v_e(t) = V_M \sin \omega t$, les sources de tension valent : $E_1 = 5V$ et $E_2 = 3V$. Déterminer l'état des diodes dans le circuit de la 10, et tracer les graphes de $v_s = f(v_e)$ puis $v_s = g(t)$ quand : $V_M = 7V$.



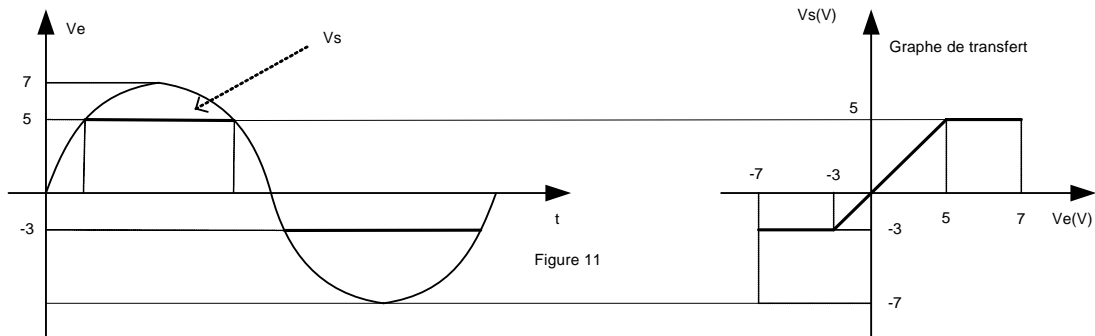
PC1

D_2 est bloquée si $V_{A2} - V_{K2} < 0$ or $V_{A2} = -E_2$ donc si $V_{K2} > -E_2$

D_1 est bloquée si $V_{A1} - V_{K1} < 0$ or $V_{K1} = E_1$ donc si $V_{A1} < E_1$

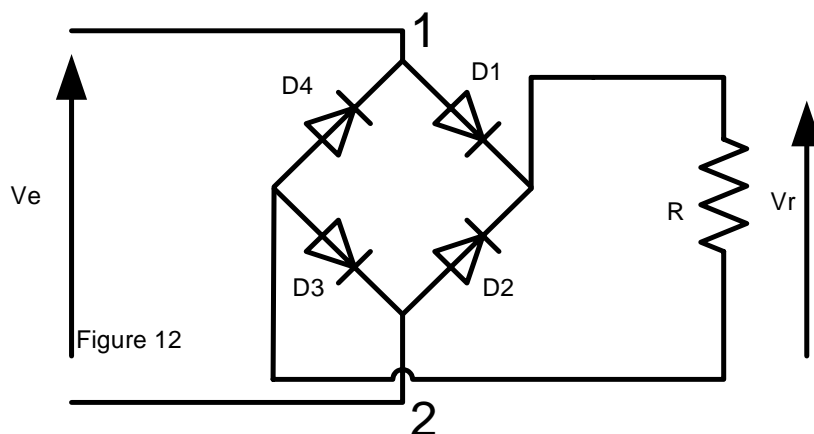
- Les deux diodes sont bloquées, alors $V_s = V_e = V_{A1} = V_{K2}$
Donc si $-E_2 < V_e < E_1$
- Si $V_e > E_1 > -E_2$, D_1 est passante et $V_s = E_1$, D_2 est bloquée
- Si $V_e < -E_2 < E_1$, D_2 est passante et $V_s = -E_2$, D_1 est bloquée.

Voire figure 11



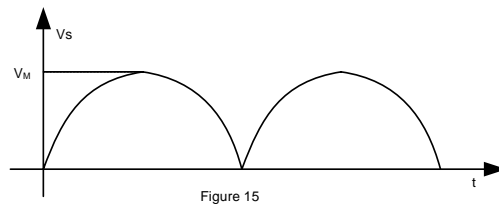
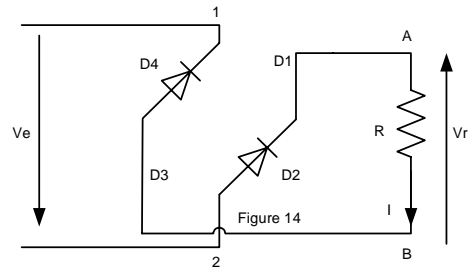
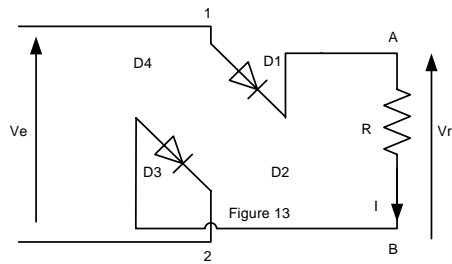
CIRCUIT REDRESSEUR

La source d'entrée est sinusoïdale d'expression $v_e(t) = V_M \sin \omega t$. Les diodes sont idéales ($R_d = 0\Omega$ et $V_s = 0V$). Déterminer la forme de la d.d.p. V_R et les états des diodes durant chaque phase.



- Lorsque $V_1 > V_2$ (alternance positive du signal d'entrée), D_1 et D_3 sont passantes, D_2 et D_4 sont bloquées ; le courant circule dans la résistance de charge de A vers B (figure 13)
 - Lorsque $V_2 < V_1$ (alternance négative du signal d'entrée), D_2 et D_4 sont passantes, D_1 et D_3 sont bloquées ; le courant circule dans la résistance de charge de A vers B (figure 14)
- La tension V_r est donc redressée double alternance (figure 15).

PC1



NB : Etudier le cours sur les diodes pages 27 à 35 « Electronique Analogique S. DUSAUSAY », et/ou pages 31 à 46 « Electronique M. GINDRE ».