

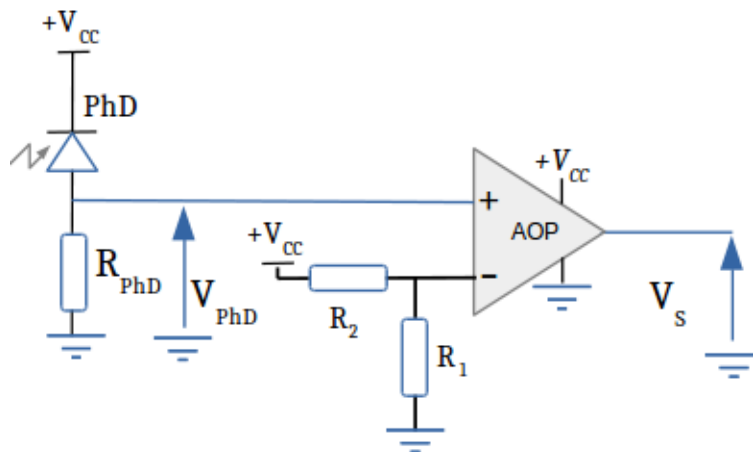
Calculatrice autorisée. Fiche recto-verso autorisée. Tout autre document interdit.

Les exercices sont indépendants. Les parties A et B doivent être rendues sur des copies séparées. La partie A est sur 12,5 points et la partie B sur 7,5 points. Le barème fourni est indicatif.

AMPLI LINEAIRE INTEGRE (ou AOP) : ils sont considérés dans tous les exercices comment idéaux.

### 1. Exercice A1 - Détection de luminosité (4 points)

On propose d'étudier le montage suivant :



La photodiode utilisée a une sensibilité de  $0.2 \text{ A/W}$  à la longueur d'onde utilisée. L'éclairement maximal reçu pour cette application est de  $30 \cdot 10^{-3} \text{ W/cm}^2$ .

Le capteur a une surface de  $3.1 \text{ mm} \times 2.4 \text{ mm}$ .

La tension d'alimentation est  $V_{CC} = 20 \text{ V}$ .

**A1.1** (0,25) - Quel est le courant maximal  $I_{MAX}$  sortant de la photodiode ?

**REPONSE**

$$\Phi = 30 \cdot 10^{-3} \text{ W/cm}^2$$

$$Surf = 3.1 \cdot 10^{-3} \cdot 2.4 \cdot 10^{-3} = 7.44 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow I_{photo} = 446 \cdot 10^{-6} \text{ A}$$

On choisit une résistance  $R_{PhD} = 10 \text{ k}\Omega$ .

**A1.2** (0,25) - Quelle tension maximale obtient-on pour  $V_{PhD}$  ?

**REPONSE**

$$V_{PhD} = R_{PhD} \cdot I_{photo}$$

$$\rightarrow V_{PhD} = 4.46 \text{ V}$$

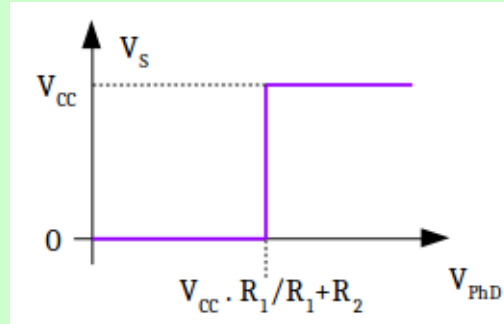
**A1.3 (0,25)** - Quel est le mode de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ? Justifiez votre réponse.

**REPONSE**

Mode non-linéaire car pas de contre-réaction négative

**A1.4 (1,00)** - Tracer l'évolution de  $V_S$  en fonction de l'éclairement reçu par la photodiode.

**REPONSE**



**A1.5 (0,50)** - Comment choisir  $R_1$  et  $R_2$  pour avoir un basculement de la sortie de l'AOP lorsque l'on atteint la moitié de l'éclairement maximal ?

**REPONSE**

Il faut que  $V_- = V_{PhD}(\Phi_{max})/2$

Or  $V_- = V_{CC} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

$$\rightarrow \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{V_{PhD}(\Phi_{max})}{2 \cdot V_{CC}}$$

Ce qui donne un rapport  $\frac{R_1}{R_1 + R_2} = 4.46/40 = 0.112$

$\rightarrow R_2 = 7.93 \cdot R_1$

On branche en sortie du montage précédent une LED de type **Optek OVLLx8C7** - Rouge (documentation technique en annexe). L'amplificateur opérationnel est de type LM358 ( $V_{CCMAX} = 30\text{ V}$ ,  $I_{OUTPUTMAX} = 50\text{ mA}$ ,  $P_{MAX} = 830\text{ mW}$ ). On souhaite faire circuler le courant maximal à travers cette LED.

**A1.6 (0,25)** - Quels sont les paramètres limitants parmi les composants choisis ?

**REPONSE**

LED :  $I_{FMAX} = 50\text{ mA}$ ,  $V_F = 2.4\text{ V}$  et  $P_{MAX} = 120\text{ mW}$

AOP :  $I_{OMAX} = 50\text{ mA}$ ,  $V_{SAT} = 20\text{ V}$  et  $P_{AOPMAX} = 830\text{ mW}$ .

Pour  $V_{SAT} = 20\text{ V}$  et  $I_O = I_{OMAX}$ , on obtient  $P = 1\text{ W} > P_{AOPMAX} = 830\text{ mW}$ .

Il faut alors limiter le courant pour ne pas dépasser la limite en puissance de l'AOP. On peut alors avoir un courant dans la LED de :  $P_{AOPMAX}/V_{SAT} = 41.5\text{ mA}$ .

**A1.7 (0,50)** - Proposer un montage en précisant la valeur de tous les composants que vous souhaitez utiliser.

**REPONSE**

On prendra un courant maximal  $I_F$  d'environ  $40\text{ mA}$ .

$V_F = 2.4\text{ V}$

On a alors :

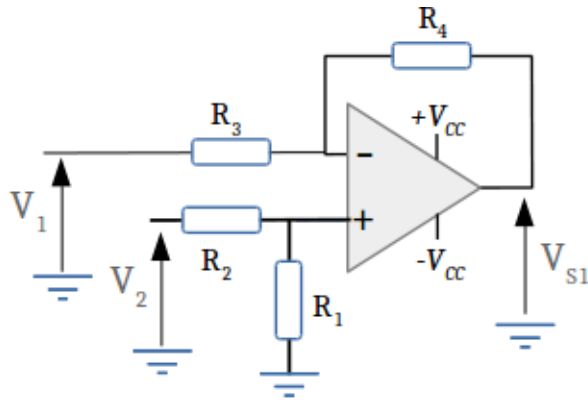
$$R_{LED} = \frac{V_{SAT} - V_F}{I_F} = 440\ \Omega$$

On pourra alors prendre par exemple une résistance de  $470\ \Omega$  (question subsidiaire car pas connaissance de la table des valeurs de résistances normalisées E12 ou E24).

## 2. Exercice A2 - AOP (5,5 points)

Pour l'ensemble des montages suivants, on prendra :  $V_{CC} = 10\text{ V}$ ,  $R_1 = 1.1\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 3.3\text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 2.2\text{ k}\Omega$  et  $R_4 = 2.2\text{ k}\Omega$ .

### Montage 1



**A2.1.a.** (1,00) - Calculez la relation entre  $V_{S1}$ ,  $V_1$  et  $V_2$  pour le montage 1 (valeur littérale).

#### REPONSE

$$V_+ = V_2 \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_- = \frac{\frac{V_1}{R_3} + \frac{V_{S1}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

(Millman)

Et  $V_+ = V_-$  car montage linéaire.

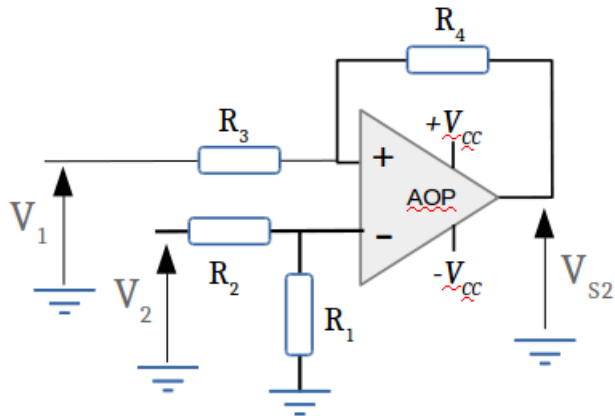
$$\rightarrow V_{S1} = V_2 \cdot \frac{R_1}{R_3} \cdot \frac{R_3 + R_4}{R_1 + R_2} - V_1 \cdot \frac{R_4}{R_3}$$

**A2.1.b.** (0,50) - Faites l'application numérique associée ( $V_1$  et  $V_2$  restant littéraux).

#### REPONSE

$$\rightarrow V_{S1} = \frac{V_2}{2} - V_1$$

### Montage 2



**A2.2.a** (1,00) - Calculez la relation entre  $V_{S2}$ ,  $V_1$  et  $V_2$  pour le montage 1.

### REPONSE

$$V_- = V_2 \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$V_+ = \frac{\frac{V_1}{R_3} + \frac{V_{S2}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

(Millman)

**ATTENTION** Montage non-linéaire !!

Lorsque  $V_+ > V_-$ ,  $V_{S2} = V_{CC}$ , on a alors :

$$V_+ = \frac{\frac{V_1}{R_3} + \frac{V_{CC}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

Lorsque  $V_+ < V_-$ ,  $V_{S2} = -V_{CC}$ , on a alors :

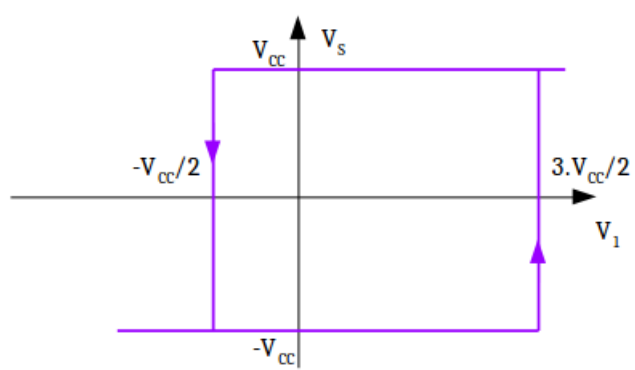
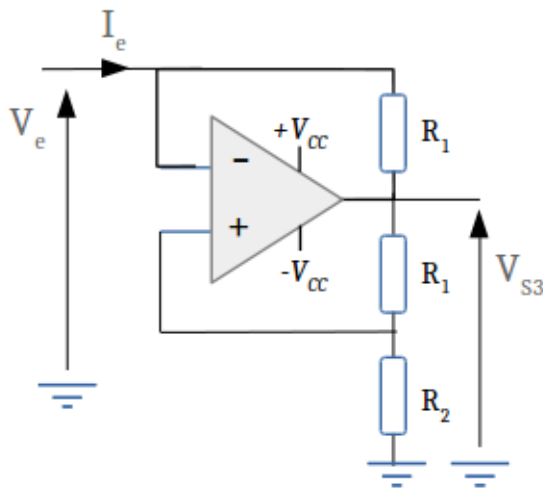
$$V_+ = \frac{\frac{V_1}{R_3} - \frac{V_{CC}}{R_4}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}}$$

**A2.2.b** (1,00) - Tracez la caractéristique de  $V_{S2}$  en fonction de  $V_1$ , lorsque  $V_2 = V_{CC}$ .

**REPONSE**

Lorsque  $V_{S2} = +V_{SAT}$ , alors  $V_+ = V_1/2 + V_{CC}/2$ . Il y a alors basculement lorsque  $V_+ = V_- = V_{CC}/4$ .  
Donc lorsque  $V_1 = -V_{CC}/2$ .

Lorsque  $V_{S2} = -V_{SAT}$ , alors  $V_+ = V_1/2 - V_{CC}/2$ . Il y a alors basculement lorsque  $V_+ = V_- = V_{CC}/4$ .  
Donc lorsque  $V_1 = 3 \cdot V_{CC}/2$ .

**Montage 3**

**A2.3.a** (0,25) - A quelle différence de potentiel est soumise la résistance  $R_1$  en contre-réaction ?

**REPONSE**

$R_1$  est soumise au potentiel  $V_e - V_{S3}$ .

**A2.3.b** (0,50) - A quelle différence de potentiel est soumise la seconde résistance  $R_1$  ? Quel est alors le courant qui la traverse ? Dans quel sens va-t-il ?

**REPONSE**

$R_1$  est soumise au potentiel  $V_{S3} - V_e$ . Le même potentiel est appliqué sur une résistance identique, le courant la parcourant est alors le même, ici  $I_e$ . Par contre, il va dans l'autre sens par rapport à  $I_e$ .

**A2.3.c** (0,50) - Quel est alors le courant qui traverse  $R_2$  ? Dans quel sens va-t-il ?

**REPONSE**

Les AOP étant supposés parfaits, pas de courant entre dans les entrées. Ainsi,  $R_2$  est parcourue par  $I_e$ .

**A2.3.d** (0,50) - Quelle est la relation entre  $V_e$  et  $I_e$  ?

**REPONSE**

$$V_+ = V_- = V_e = -R_2 \cdot I_e$$

**A2.3.e** (0,25) - Quel est le rôle de ce circuit ?

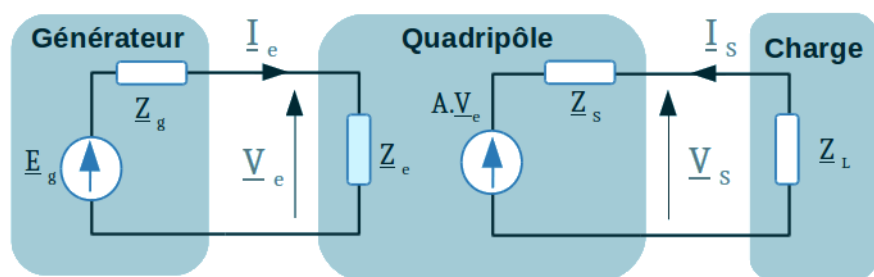
**REPONSE**

Résistance négative

### 3. Exercice A3 - Quadripôle (3 points)

A3.1 (0,50) Donnez le modèle équivalent d'un quadripôle.

REPONSE



#### • Paramètres

- **Gain en tension à vide** :  $A = V_s / V_e$  (lorsque  $I_s = 0$ )
- **Impédance d'entrée** :  $Z_e = V_e / I_e$
- **Impédance de sortie** :  $Z_s = (V_s - A.V_e) / I_s$   
(modèle de Thévenin)

Issue du cours ETI\_2016\_02\_Conception1\_E345.pdf

A3.2 (1,00) Proposez une méthode pour mesurer l'ensemble des éléments du modèle proposé à la question précédente.

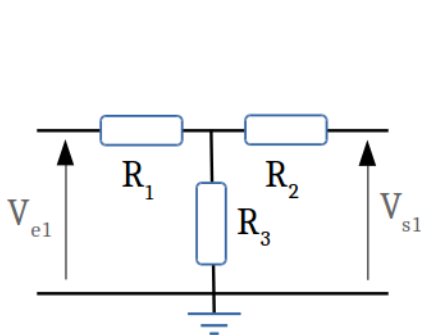
REPONSE

**Gain en tension à vide** : on applique une tension  $V_e$  connue (si sinusoïdale, dans la bande-passante) et on mesure la tension  $V_s$  lorsqu'aucune charge n'est connectée.  $A = V_s / V_e$ .

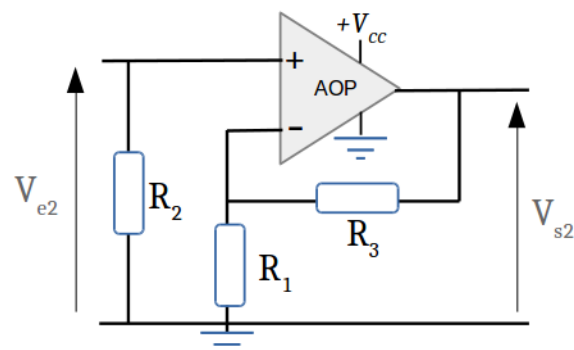
**Impédance d'entrée** : on applique une tension en  $V_e$  et on mesure  $I_e$ . Ou, à l'aide d'un pont diviseur (dont  $Z_e$  est l'une des impédances) sur laquelle on applique une tension connue à l'aide d'une impédance connue également et on mesure alors la tension aux bornes de  $Z_e$ .

**Impédance de sortie** : on impose  $V_e = 0$ , on applique alors un potentiel sur  $V_s$  et on mesure  $I_s$ .  $Z_s = V_s / I_s$ . (on peut également utiliser un pont diviseur).

On donne les deux quadripôles suivants :



Quadripole 1



Quadripole 2

**A3.3.a. (0,50)** Déterminez les paramètres du modèle équivalent du quadripôle 1.

**REPONSE**

**Gain en tension à vide :** Lorsque  $I_{S1} = 0$ , on a  $V_{S1} = R_3 \cdot V_{e1} / (R_1 + R_3)$  d'où  $A_1 = R_3 / (R_1 + R_3)$

**Impédance d'entrée :** Lorsque  $I_{S1} = 0$ ,  $V_{e1} = (R_1 + R_3) \cdot I_{e1}$  d'où  $Z_{E1} = R_1 + R_3$ .

**Impédance de sortie :** Lorsque  $V_{e1} = 0$ ,  $V_{s1} = R_2 + (R_1 // R_3) \cdot I_{S1}$  d'où  $Z_{S1} = R_2 + (R_1 // R_3)$ .

**A3.3.b. (1,00)** Déterminez les paramètres du modèle équivalent du quadripôle 2.

**REPONSE**

L'AOP fonctionne en régime linéaire (contre-réaction négative). On a alors  $V_+ = V_-$ .

**Gain en tension à vide :** Lorsque  $I_{S2} = 0$ , on a  $V_{S2} = (1 + R_3/R_1) \cdot V_{e2}$  (ampli non-inverseur) d'où  $A_2 = 1 + R_3/R_1$

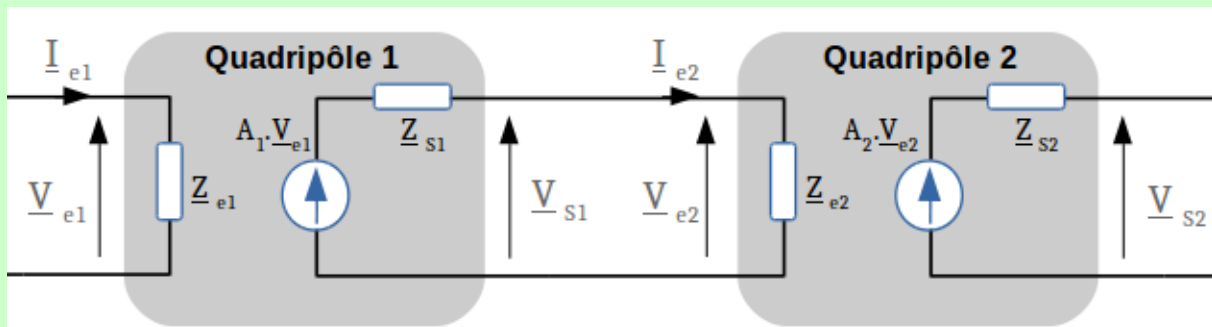
**Impédance d'entrée :** Lorsque  $I_{S2} = 0$ ,  $V_{e2} = R_2 \cdot I_{e2}$  d'où  $Z_{E2} = R_2$ .

**Impédance de sortie :** Lorsque  $V_{e2} = 0$ , alors  $V_- = 0$  et  $V_{s2} = R_3 \cdot I_{S2}$  d'où  $Z_{S2} = R_3$ .

**A3.4 (BONUS)** Donnez la relation entre  $V_{S2}$  et  $V_{e1}$  lorsque les deux quadripôles sont reliés entre eux ( $V_{e2} = V_{S1}$ ).

**REPONSE**

Lorsqu'on relie les deux quadripôles, on a alors  $V_{e2} = V_{S1}$ .



Ainsi

$$V_{e2} = A_1 \cdot V_{e1} \cdot \frac{Z_{e2}}{Z_{S1} + Z_{e2}}$$

Et  $V_{S2} = A_2 \cdot V_{e2}$ .

On a alors :

$$V_{S2} = A_2 \cdot A_1 \cdot \frac{Z_{e2}}{Z_{S1} + Z_{e2}} \cdot V_{e1}$$



Diodes et diodes électro-luminescentes

**B1 – Etude du rendement de deux LEDs**

1) On considère une LED bleue expérimentale.  
Elle est caractérisée par sa tension de seuil, sa résistance interne et son rendement quantique, qui valent respectivement :

$$V_S = 3,5 \text{ V} ; \quad r_1 = 5 \text{ } \Omega ; \quad \eta = 0,3 \text{ (photon/électron)}$$

On note  $P_{\text{opt}}$  la puissance optique sortant de la LED,  $I_1$  le courant la traversant,  $U_1$  la tension à ses bornes, et  $P_e$  la puissance électrique consommée (ce que le circuit doit lui fournir).

On suppose que tous les photons sortent avec la même énergie donnée par :

$$h\nu = 2,9 \text{ eV} \quad (\text{on rappelle que cela revient à poser } (h\nu/e) = 2,9 \text{ V})$$

- a) Rappeler comment on parvient à l'égalité  $\eta = \frac{P_{\text{opt}}}{I_1 \times 2,9}$  ( $P_{\text{opt}}$  et  $I_1$  en S.I.)  
 Flux de photons =  $P_{\text{opt}}/h\nu$ , flux d'électrons =  $I_1/e$ . Le rendement quantique est le rapport du flux de photons (internes ou utiles, tolérons les deux ici) au flux d'électrons, donc  $\eta = \frac{P_{\text{opt}}/h\nu}{I_1/e} = \frac{P_{\text{opt}}}{I_1 \times (\frac{h\nu}{e})}$
- b) Donner en mW la puissance  $P_{\text{opt}}$  émise pour un courant de  $I_1 = 100 \text{ mA}$ .  
 $P_{\text{opt}} = \eta \times I_1 \times 2,9$  (par ce qui précède) =  $0,3 \times 100[10^{-3}] \times 2,9 = 87 \text{ mW}$
- c) A l'aide de la tension  $U_1$ , donner en mW la puissance électrique consommée  $P_{e1}$ .  
 $P_{e1} = I_1 \times U_1 = I_1 \times (V_S + r_1 I_1) = 100[10^{-3}] \times (3,5 + 5 \times 0,1) = 400 \text{ mW}$
- d) En déduire le "rendement à la prise" ("wall-plug efficiency") défini par

$$A_{\text{wp1}} = \frac{P_{\text{opt}}}{P_{e1}}$$

$$A_{\text{wp1}} = \frac{87}{400} = 0,217(5)$$

2) Les chercheurs ont élaboré une autre LED bleue émettant toujours à  $h\nu = 2,9 \text{ eV}$ ,  
Elle a un meilleur rendement quantique, mais une résistance interne plus grande :

$$V_S = 3,5 \text{ V (inchangé)} ; \quad r_2 = 30 \text{ } \Omega ; \quad \eta = 0,5 \text{ (photon/électron)}$$

- a) Donner en mW la puissance  $P_{\text{opt2}}$  émise pour un courant de  $I_2 = I_1 = 100 \text{ mA}$ .  
 $P_{\text{opt}} = \eta \times I_1 \times 2,9$  (littéral inchangé) =  $0,5 \times 100[10^{-3}] \times 2,9 = 145 \text{ mW}$

**A RENDRE SUR COPIE SEPARÉE**

- b) A l'aide de la tension  $U_2$  à ses bornes, donner la puissance électrique consommée notée  $P_{e2}$  (bien entendu, comme  $r_2 > r_1$ , on a  $P_{e2} > P_{e1}$ ).

$$P_{e2} = I_2 \times U_2 = I_2 \times (V_S + r_2 I_2) = 100[10^{-3}] \times (3,5 + 30 \times 0,1) = 750 \text{ mW}$$

- c) En déduire le « rendement à la prise » dans ce nouveau cas  $A_{wp2} = \frac{P_{opt2}}{P_{e2}}$  et le comparer à  $A_{wp1}$ . A-t-on profité de l'amélioration de  $\eta$  ?

$$A_{wp2} = \frac{P_{opt2}}{P_{e2}} = \frac{145}{750} = 0,193 \text{ donc } < A_{wp1} . \text{ on n'a donc pas profité de l'amélioration de } \eta, \text{ à ce courant, l'augmentation de } r \text{ fait plus que compenser le gain.}$$

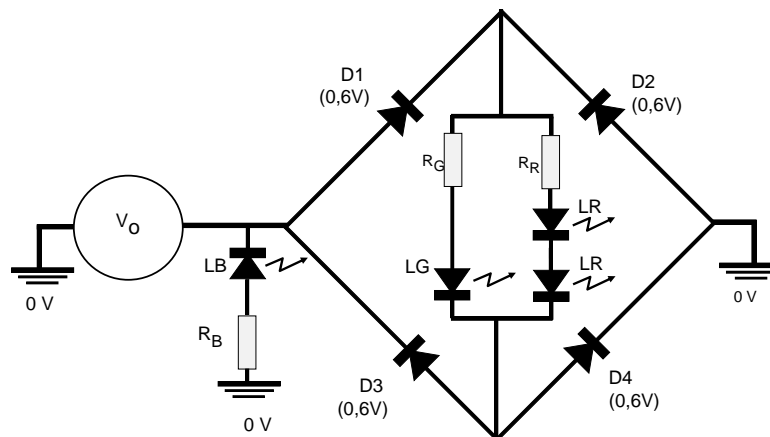
3) Limite des petits courants

- a) Montrer qu'aux petits courants, la puissance consommée  $P_e$  est proportionnelle à  $I$   
 $P_e = I \times U = I \times (V_S + rI) = IV_S + rI^2 \cong IV_S$  aux petits courants, cqfd.  
 b) En déduire vers quelle limite tend  $A_{wp}$  à bas courant ; on donnera la réponse en fonction de  $\eta$ ,  $V_S$  et  $h\nu/e$ . On vérifiera que la LED 2 redevient meilleure dans cette limite.

Dans ce cas  $P_{opt} = \eta \times I \times (h\nu/e)$ , donc  $A_{wp} = \frac{P_{opt}}{P_e} = \frac{\eta \times I \times (\frac{h\nu}{e})}{IV_S} = \frac{\eta (\frac{h\nu}{e})}{V_S} = \frac{\eta \cdot 2,9}{3,5}$ .  
 L'A.N. n'est pas demandée (0,83  $\eta$  en gros), mais on voit que les autres termes étant identiques entre les deux LEDs, l'amélioration de  $\eta$  est directement retranscrite en amélioration de  $A_{wp}$  aux petits courants.

**B2 – Indicateur de tension visuel**

On considère le circuit ci-dessous, formé de LEDs de trois couleurs, de 4 diodes silicium ordinaire (D1,...D4 :  $V_S = 0,6V$ ) et de 3 résistances pour y limiter le courant. On néglige toutes les résistances internes des diodes ou des LEDs.



Le but du circuit est de fournir une indication visuelle sur une tension positive ou négative  $V_0$  mise en entrée (à gauche du schéma) :

**A RENDRE SUR COPIE SEPARÉE**

- La LED bleue LB ne s'allume que si la tension  $V_O$  est suffisamment négative.
- La LED verte LG s'allume lorsque  $|V_O|$  atteint une certaine valeur minimale
- Les LEDs rouges (LR) s'allument lorsque  $|V_O|$  dépasse une certaine valeur.

Le principal but de l'exercice est de trouver les résistances permettant de limiter les courants des LEDs individuelles à 10 mA sachant qu'on se limite à  $|V_O| \leq 10 \text{ V}$ .

Voici le tableau des tensions de seuil des différentes LEDs (on a donné celle des diodes ordinaires au-dessus) :

LED Bleue (LB) :  $V_{SB} = 3,5 \text{ V}$ .

LED Verte (LG) :  $V_{SG} = 2,3 \text{ V}$ .

LED Rouge (LR) :  $V_{SR} = 1,8 \text{ V}$ .

- 1) Que doit valoir  $R_B$  pour limiter à 10 mA le courant dans la LED bleue ?

On peut donner les points même s'ils ne se rendent pas bien compte que c'est pour  $V_O$  négatif.

Il faut que  $V_{max} = V_{SB} + R_B I$  ce qui donne ici :  $R_B = \frac{V_{max} - V_{SB}}{I} = \frac{10 - 3,5}{0,01} = 650 \Omega$

- 2) Que vaut la d.d.p aux bornes de cette LED bleue lorsque  $V_O = +10 \text{ V}$  ? (répondre avec la convention usuelle d'une tension de signe positif quand la LED est passante)

Pas de courant pour  $V_O > 0$ , donc on trouve -10 V aux bornes de la LED (0 aux bornes de  $R_B$ )

- 3) Indiquer sur un schéma le sens du courant dans les 4 diodes ordinaires pour le cas  $V_O > 0$  (on marquera avec une flèche de ce type  $\rightarrow$ ) et pour le cas  $V_O < 0$  (flèche double  $\Rightarrow$ )

D1, D4 :  $\rightarrow$  et D2 D3 :  $\Rightarrow$  (moitié des points sans schéma)

- 4) A partir de quelle valeur de  $|V_O|$  a-t-on allumage de la LED verte LG?

$V_O = V_{SG} + V_S(D1) + V_S(D4)$  par exemple, donc  $2,3 + 0,6 + 0,6 = 3,5 \text{ V}$  aussi !

(idem dans le sens négatif puisque le courant sera amené par D2 et D3 dans le même sens)

- 5) A partir de quelle valeur de  $|V_O|$  a-t-on allumage des deux LEDs rouge LR?

$V_O = V_{SR} + V_{SR} + V_S(D1) + V_S(D4)$  par exemple =  $1,8 + 1,8 + 0,6 + 0,6 = 4,8 \text{ V}$

- 6) Donner les valeurs de résistances  $R_G$  et  $R_R$  pour limiter à 10 mA le courant qui les traverse ( compte tenu de  $|V_O| \leq 10 \text{ V}$  )

Vert :  $R_G = \frac{V_{max} - 3,5}{I} = 650 \Omega$  ; Rouge :  $R_R = \frac{V_{max} - 4,8}{I} = 520 \Omega$  ;

- 7) Est-il possible d'avoir un allumage d'une seule LED verte indépendant du signe de  $V_O$  à moins de  $|V_O| < 2,5 \text{ V}$  dans ce type de montage ? Sinon, proposer un montage à plus d'une LED, s'inspirant de celui de la LED bleue.

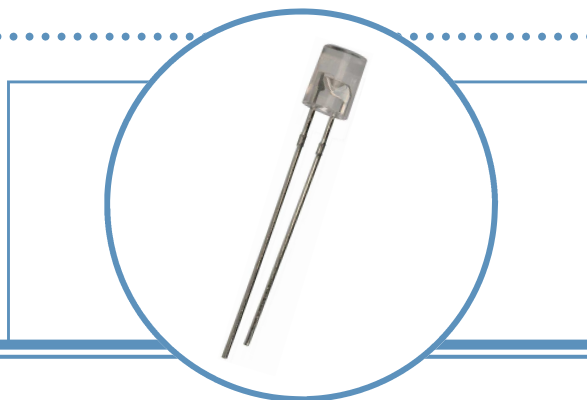
Non, le montage redresseur « mange » 1,2 V (deux diodes Silicium) donc ce n'est possible avec  $V_S = 1,8 \text{ V}$ , il n'y a pas assez de marge (0,7V).

En revanche, avec deux LEDs tête bêche (une seule R ou deux...) c'est OK, on s'allume à  $2,3 \text{ V} = V_S$ , mais sur une LED différente (il faut les « réunir optiquement » par exemple).

# Cylindrical High-Intensity LED (5 mm)

## OVLLx8C7

- Wide viewing angle
- High-brightness indicator
- Industry standard lead spacing
- Unique lens shape for flexible applications

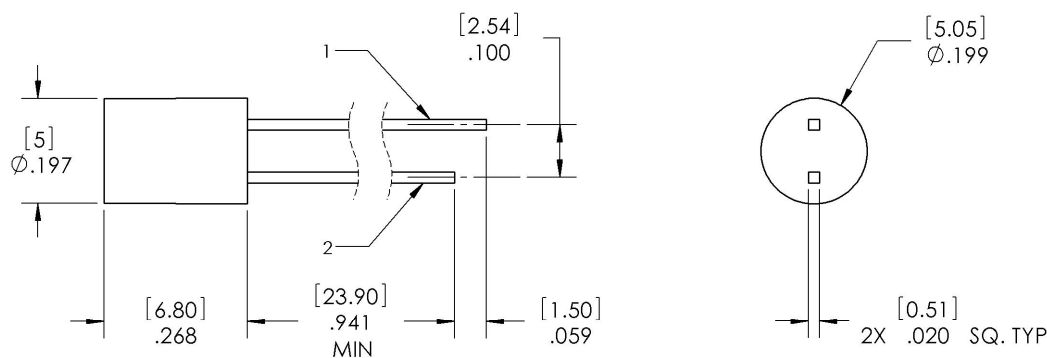


The **OVLLx8C7** series is designed for superior performance in signage and lighting applications that require wide-angle uniform light output. These devices combine a high-intensity LED with a unique flat-topped T-1¼ package to provide both high brightness and a wide spatial radiation pattern.

### Applications

- Channel letter and other signage backlighting
- Decorative architectural indoor and outdoor lighting accents
- Industrial and consumer indicators

Part Number	Material	Emitted Color	Intensity Typ. mcd	Lens Color
OVLLB8C7	InGaN	Blue	440	Clear
OVLLG8C7	InGaN	Green	2400	Clear
OVLLR8C7	AlInGaP	Red	900	Clear
OVLLY8C7	AlInGaP	Yellow	980	Clear



1 ANODE 2 CATHODE DIMENSIONS ARE IN INCHES AND [MILLIMETERS].  
TOLERANCES ARE .005 [.12] UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.



**DO NOT LOOK DIRECTLY AT RED WITH UNSHIELDED EYES OR DAMAGE TO RETINA MAY OCCUR.**

OPTEK reserves the right to make changes at any time in order to improve design and to supply the best product possible.

# Cylindrical High-Intensity LED

## OVLLx8C7



### Absolute Maximum Ratings

T<sub>A</sub> = 25° C unless otherwise noted

Storage Temperature Range		-40 ~ +100° C
Operating Temperature Range		-40 ~ +100° C
Reverse Voltage		5 V
Continuous Forward Current	Blue, Green	25 mA
	Red, Yellow	50 mA
Peak Forward Current (10% Duty Cycle, 1 KHz)		100 mA
Power Dissipation	Blue, Green	100 mW
	Red, Yellow	120 mW
Lead Soldering Temperature (4 mm from the base of the epoxy bulb) <sup>1</sup>		260° C / 5 seconds
LED Junction Temperature		125° C
Electrostatic Discharge Classification (JEDEC-JESD22-A114F)		Class 1C
Current Linearity vs. Ambient Temperature	Blue, Green	-0.29 mA/° C
	Red, Yellow	-0.72 mA/° C

### Electrical Characteristics

T<sub>A</sub> = 25° C unless otherwise noted

SYMBOL	PARAMETER	COLOR	MIN	TYP	MAX	UNITS	CONDITIONS
I <sub>v</sub>	Luminous Intensity	Blue	295	440	----	mcd	I <sub>F</sub> = 20 mA
		Green	1135	2400	----		
		Red	580	900	----		
		Yellow	580	980	----		
V <sub>F</sub>	Forward Voltage	Blue, Green	----	3.2	4.0	V	I <sub>F</sub> = 20 mA
		Red, Yellow	----	2.0	2.4		
I <sub>R</sub>	Reverse Current	Blue, Green	----	----	10	μA	V <sub>R</sub> = 5 V
		Red, Yellow					
λ <sub>D</sub>	Dominant Wavelength	Blue	460	470	475	nm	I <sub>F</sub> = 20 mA
		Green	519	525	531		
		Red	620	623	630		
		Yellow	585	589	595		
2Θ <sub>½</sub> H-H	50% Power Angle	Blue, Green	----	85	----	deg	I <sub>F</sub> = 20 mA
		Red, Yellow	----	100	----		

OPTEK reserves the right to make changes at any time in order to improve design and to supply the best product possible.