

SESSION 2007

# B.T.S. GÉNIE OPTIQUE

Épreuve U41 : électronique - informatique industrielle

Durée : 1h30

Ce sujet comporte quatre parties indépendantes.

Répartition du temps :

Il est conseillé de répartir votre temps de la manière suivante :

- Lecture du sujet : 10 minutes
- Partie 1 : 10 minutes
- Partie 2 : 45 minutes
- Partie 3 : 15 minutes
- Partie 4 : 10 minutes

Documents :

- Texte du sujet : pages 1/10 à 6/10
- Feuilles réponse : pages 7/10 et 8/10
- Annexes : pages 9/10 et 10/10

**Calculatrice autorisée  
Aucun document autorisé**

# OXYMÈTRE DE POULS

## PRÉSENTATION

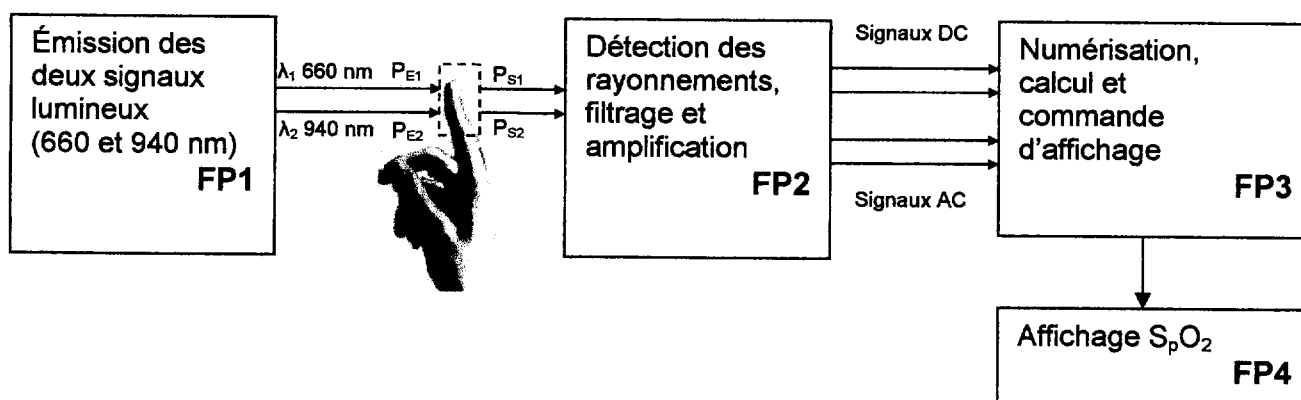
L'oxymètre de pouls permet de mesurer une grandeur nommée  $S_pO_2$  qui reflète le taux d'oxygénation de l'hémoglobine du sang artériel. L'appareil mesure également la fréquence du pouls.

Le principe de fonctionnement repose sur la variation de l'absorption de la lumière rouge et infrarouge selon les concentrations en hémoglobine non oxygénée et oxygénée.

Le système gère l'émission de deux lumières (rouge et infrarouge, respectivement 660 nm et 940 nm) et mesure leur absorption par le sang en évaluant les composantes continue (DC) et alternative (AC) dans le signal détecté.

Une relation de calcul avec ces mesures permet de déterminer le taux d'oxygénation  $S_pO_2$  qui est ensuite affiché.

## SCHÉMA FONCTIONNEL SIMPLIFIÉ



### FP1 : Emission des deux signaux lumineux

Les deux diodes électroluminescentes utilisées (1 rouge, 1 infrarouge) sont alimentées par un courant constant de façon à obtenir une puissance optique émise constante.

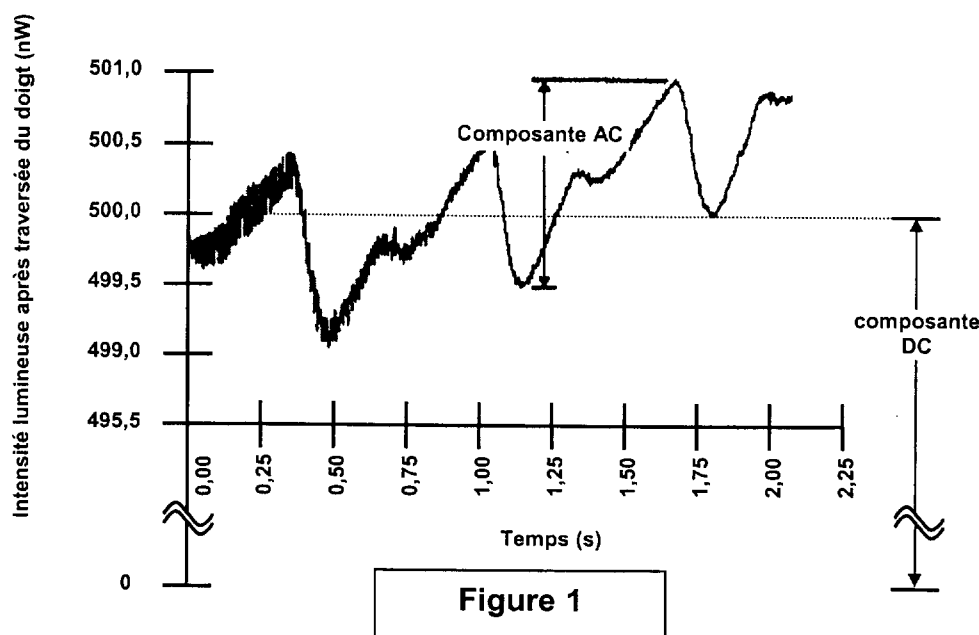
### FP2 : Détection des rayonnements, filtrage et amplification

Deux photodiodes sont utilisées, chacune est dotée d'un filtre correspondant à la longueur d'onde de la lumière à détecter :

- ⇒  $P_{S1}$ , puissance transmise à  $\lambda_1 = 660$  nm : photodiode BPW34 normale + filtre rouge
- ⇒  $P_{S2}$ , puissance transmise à  $\lambda_2 = 940$  nm : photodiode BPW34F

En l'absence de doigt entre l'émetteur et le récepteur, on considèrera que chaque photodiode reçoit la même puissance optique sur sa surface active, évaluée à 0,5 mW.

Lorsque la lumière traverse l'extrémité du doigt, le signal optique incident a l'allure suivante :



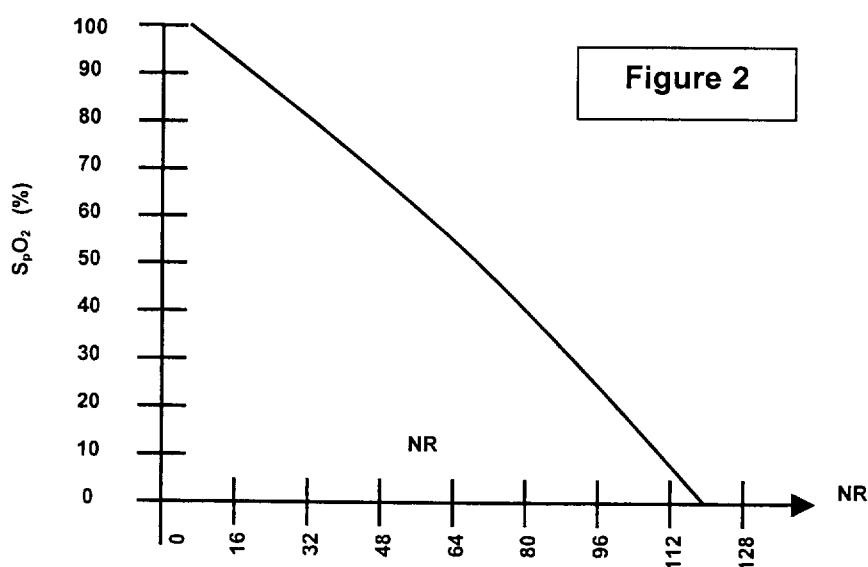
La composante AC de chaque signal est isolée et amplifiée avant d'être traitée.

### FP3 : Numérisation, calcul et commande d'affichage

Les signaux AC et DC sont alors numérisés, puis traités. À partir des informations DC et AC extraites sur chaque signal, une relation de calcul permet d'évaluer une grandeur NR :

$$NR = INT\left(35,5 \times \frac{AC_{rouge} / DC_{rouge}}{AC_{infrarouge} / DC_{infrarouge}}\right) \quad (\text{INT} = \text{partie entière})$$

À partir de cette valeur de NR on peut obtenir la valeur de  $S_pO_2$  en exploitant la courbe suivante :



Cette courbe est mémorisée sous forme de table de transcodage dans une mémoire EPROM. Le programme de traitement doit donc évaluer NR à partir des signaux mesurés puis lire la valeur correspondante de  $S_pO_2$  dans la mémoire.

## ÉTUDE DE FP1 : Émission des rayonnements (schéma de la figure 3.a)

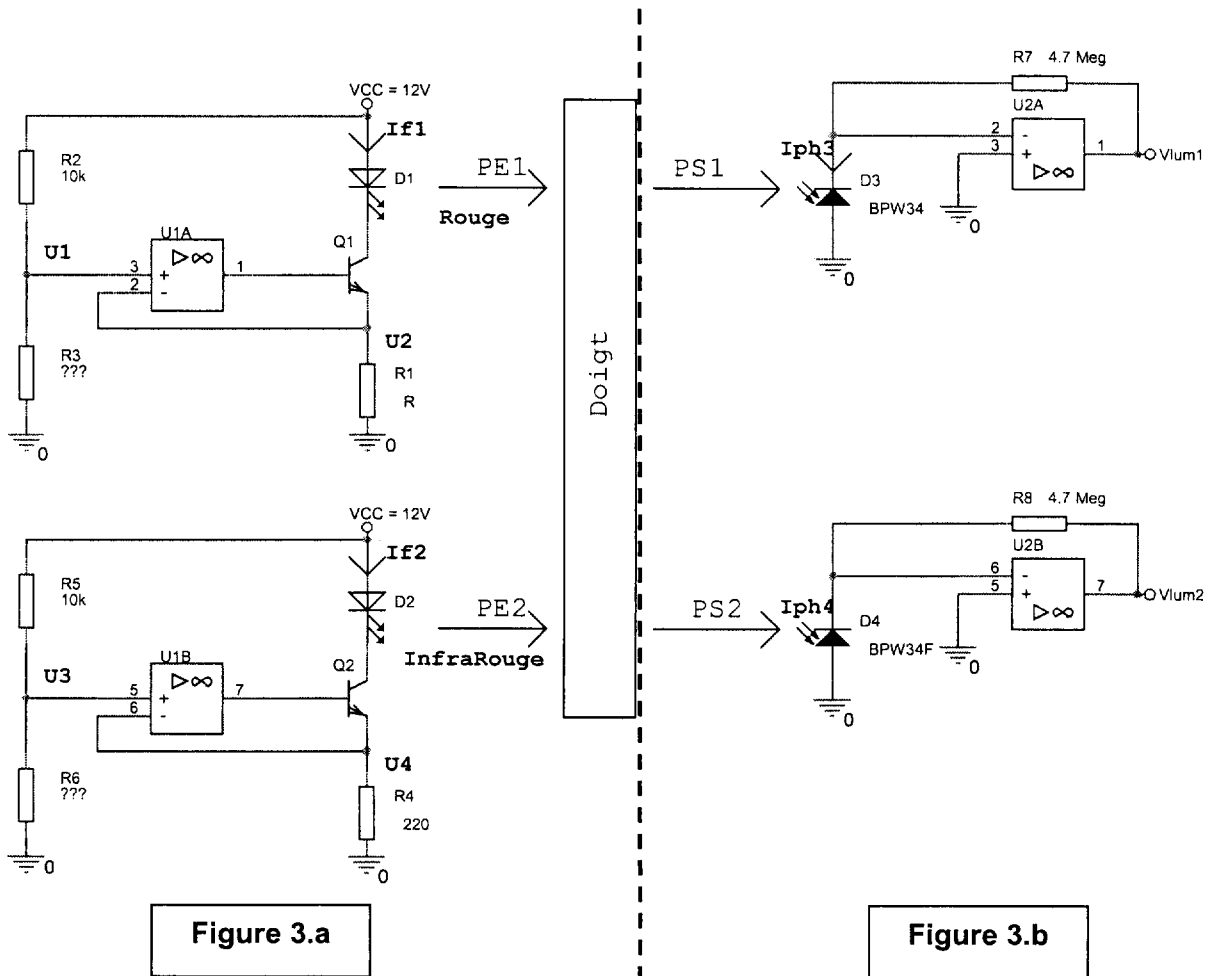


Figure 3.a

Figure 3.b

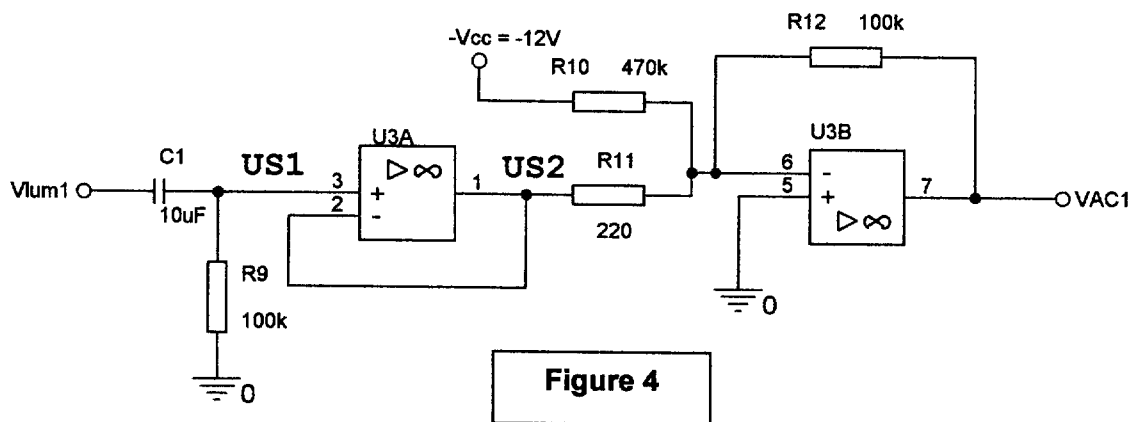
Les amplificateurs opérationnels sont considérés comme parfaits et travaillent en régime linéaire, de même que les transistors bipolaires ( $\beta \gg 1$ ).  
 Tout d'abord on justifie le fonctionnement de l'étage avec la diode D1 (rouge) :

- Q1. Déterminer la valeur à donner à  $R3$  pour obtenir  $U1 = 3 \text{ V}$ .
- Q2. Exprimer  $U2$  en fonction de  $U1$ .  
 En déduire l'expression de  $I_{f1}$ .  
 Déterminer la valeur de  $R1$  pour obtenir  $I_{f1} = 20 \text{ mA}$ .
- Q3. Calculer la tension  $V_{CE}$  de  $Q1$ .

## ÉTUDE DE FP2 : Détection des rayonnements (schéma de la figure 3.b)

- Q4. A l'aide de la documentation fournie en annexe, déterminer les sensibilités à considérer pour chaque photodiode  $D3$  et  $D4$ , compte-tenu des flux lumineux à traiter.
- Q5. Soit  $PS1$  la puissance optique incidente sur la surface active de  $D3$ . Exprimer  $V_{lum1}$  en fonction des éléments du montage. Justifier le mode de fonctionnement de  $U2A$ .
- Q6. En considérant l'allure de  $PS1$  tracée sur la figure 1, évaluer la composante continue  $DC1$  et la composante alternative crête à crête  $AC1$  de  $V_{lum1}$ .

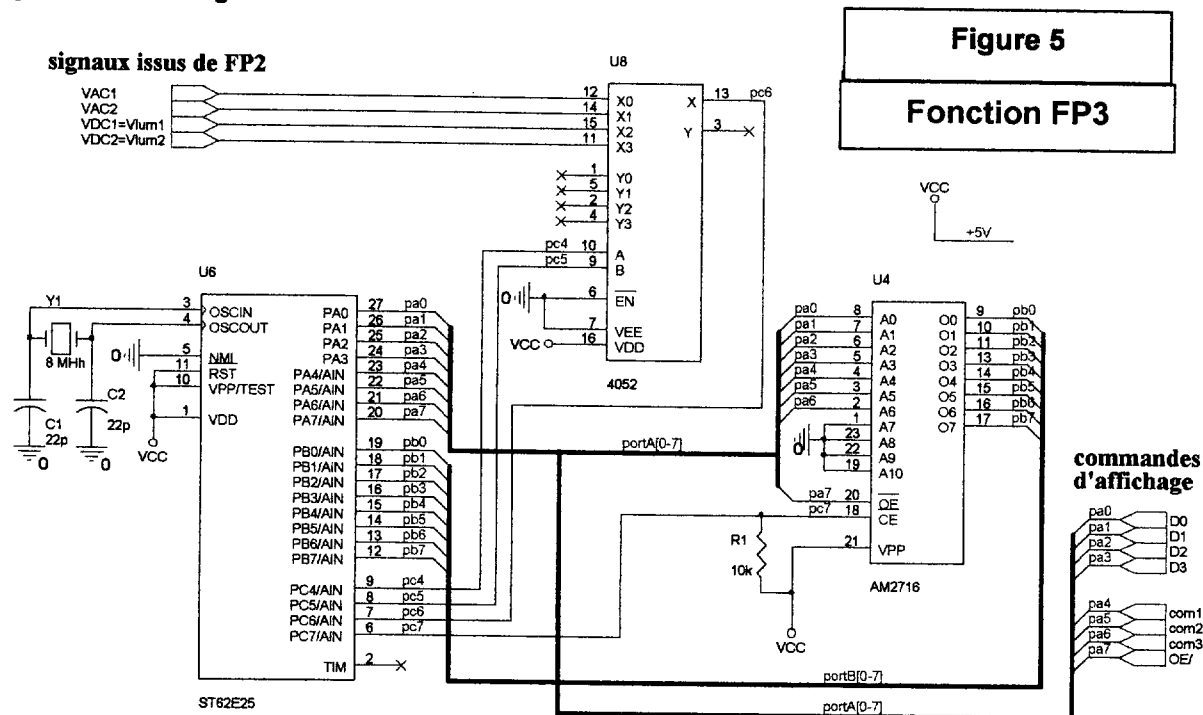
La partie AC du signal nécessite une amplification par le schéma suivant :



- Q7.** On donne la fonction de transfert du circuit CR :  $T_1 = \frac{U_{s1}}{V_{lum1}} = \frac{j.R_9.C_1.\omega}{1 + j.R_9.C_1.\omega}$   
 Quel type de filtre constitue l'ensemble [C1 ;R9] ? Justifier sommairement.  
 La fréquence de coupure à -3 dB s'exprime par  $F_c = \frac{1}{2.\pi.R_9.C_1}$   
 La valeur de R9 vous paraît-elle bien choisie ? Justifier.
- Q8.** Quel est l'intérêt du montage autour de U3A.
- Q9.** Exprimer VAC1 en fonction de US2 et des éléments du montage.  
 Déterminer l'ordre de grandeur de l'amplitude crête à crête de VAC1 dans les conditions précédentes (puissance reçue de la figure 1).

## ÉTUDE DE FP3 : Numérisation et calcul

Cette fonction de traitement utilise un microcontrôleur qui permet d'acquérir les signaux, de déterminer les composantes AC et DC, de calculer NR puis de déterminer le  $S_pO_2$ , puis de gérer un affichage de la valeur.



Les ports parallèles A, B et C sont utilisés pour interfacer le microcontrôleur (ST6225) avec les éléments périphériques.

La mémoire AM2716 contient la table de transcodage (figure 2) : le nombre NR calculé joue le rôle d'adresse et la donnée en sortie correspond au taux  $S_pO_2$  recherché.

**Q10.** Compte-tenu du schéma structurel ci-dessus, compléter le tableau du document réponse N°1 en indiquant le mode de fonctionnement des différentes broches des ports (en entrée ou en sortie)

**Q11.** Quelle est la capacité mémoire réellement utilisée ?

### Dans la suite du problème, répondre sur le document réponse N°2

Analyse de l'organigramme de traitement des signaux sur le document réponse N°2 :

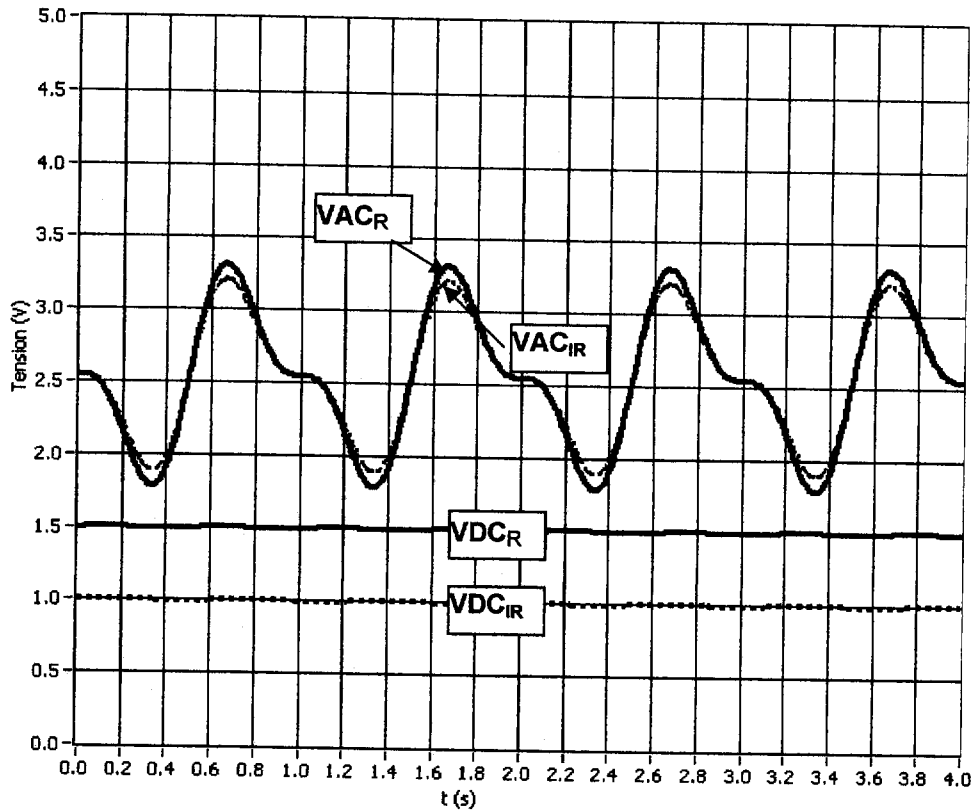
**Q12.** Après avoir consulté la documentation de U8 (4052), compléter le document réponse N°2 en indiquant les niveaux logiques (0 ou 1) de Pc4 et Pc5 correspondant aux opérations indiquées.

**Q13.** Compléter la partie algorithme de la détermination de la composante  $AC_R$ .

**Q14.** Compléter la partie algorithme de la détermination de la composante  $DC_R$ .

## Synthèse

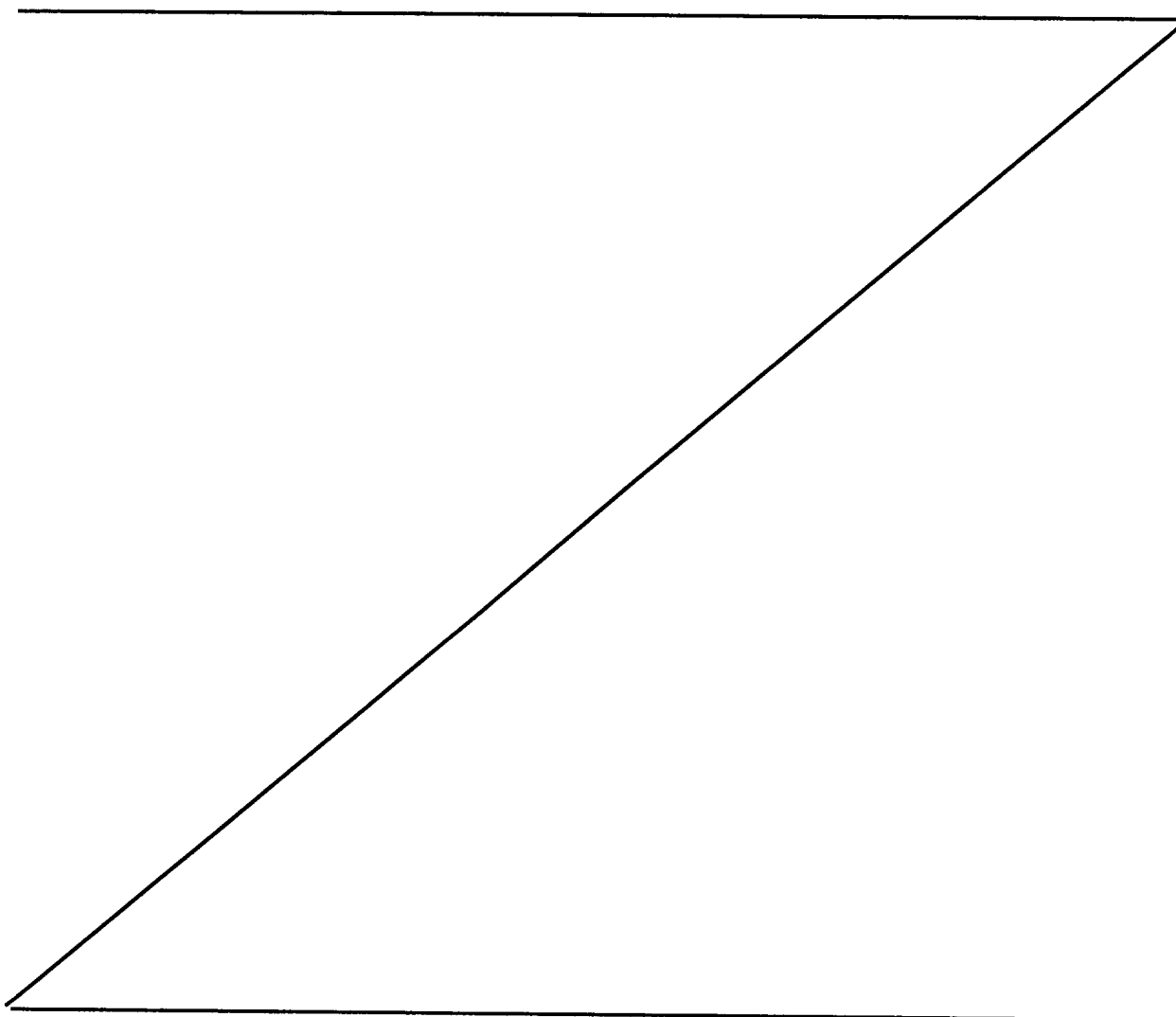
Les signaux à acquérir sont présentés ci-dessous :



- Q15.** Calculer NR et déterminer le taux d'oxygénation  $S_pO_2$  correspondant au cas de figure ci-dessus.
- Q16.** Compléter la partie algorithmique de la détermination du  $S_pO_2$  en vous aidant du cycle de lecture de l'EPROM (Cf. documentation en annexes)

**Document réponse N°1****Tableau à compléter : cocher la colonne adéquate**

Référence des broches	Lignes en entrée	Lignes en sortie
Port A		
Port B		
PC4 (ligne 4 du port C)		
PC5 (ligne 5 du port C)		
PC6 (ligne 6 du port C)		
PC7 (ligne 7 du port C)		



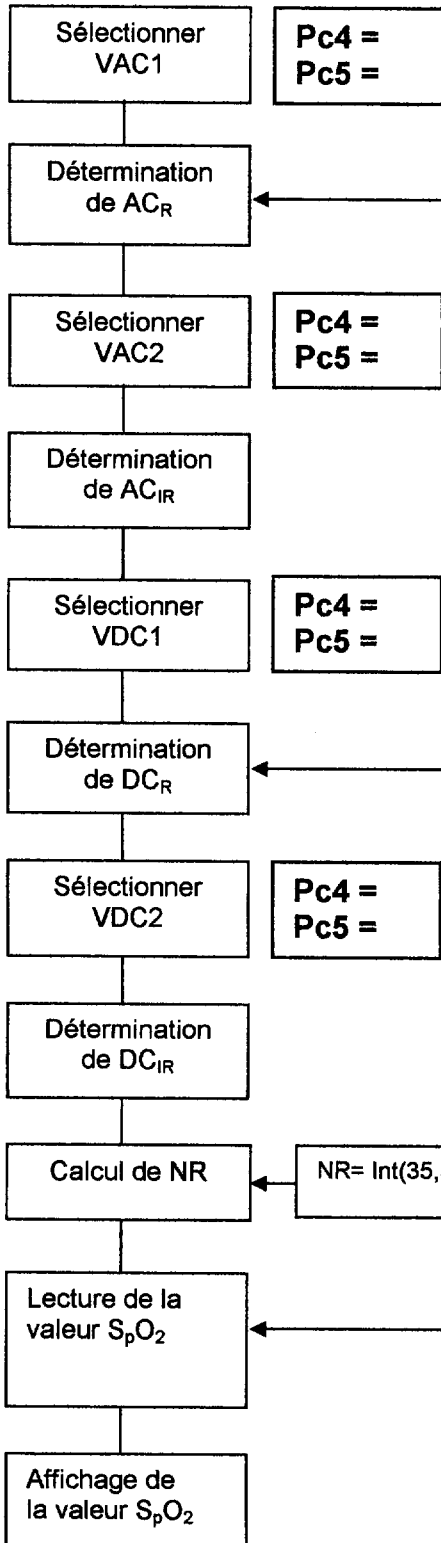


**Document réponse N°2**

Organigramme partiel de traitement : **compléter les parties en gras**

**Cadres ci-dessous à compléter : (Q12)**

**Algorithme à compléter : (Q13)**



```

T = 0, max = 0, min = 255
tant que t < 1 s
  faire lire Pc6
  si Pc6 > max alors max = Pc6
  fin de si
  si      alors
  fin de si
fin de tant que
AC_R = max - min
  
```

**Algorithme à compléter : (Q14) :**

```

T = 0, DC = 0, n = 0, DC = 0
tant que t < 1 s
  faire lire Pc6
  attendre 10 ms
  DC = DC + Pc6
  N = n + 1
fin de tant que
DC_R =
  
```

**Algorithme à compléter : (Q16)**

```

Pc7 = 1, Pa7 = 1
Écrire
  
```

**DOCUMENTATION DE LA MÉMOIRE AM2716**

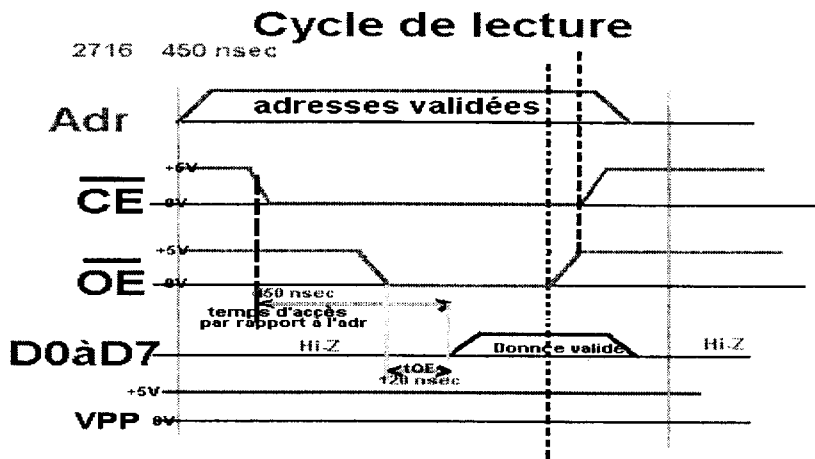
**Description de la mémoire AM2716**

De D0 à D7 → 8 lignes de données ou bus de données 8 bits.

De A0 à A10 → lignes d'adressage ou bus d'adresse.

/OE à "0" cette entrée entraîne la **lecture** du contenu de l'Eprom sur 8 fils à condition que le /CE soit au "0" logique.

/CE cette entrée à "0" valide l'EPROM.



**DOCUMENTATION DE U8 : 4052**

Le 74C4052 est un double multiplexeur/démultiplexeur quatre voies vers une.

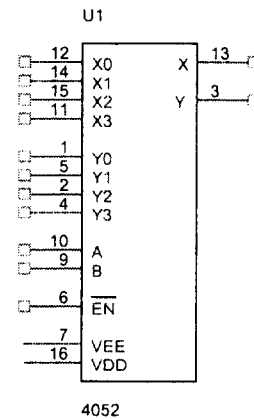
Il possède une entrée de validation /EN et deux entrées de sélection A et B.

La sortie X est connectée à la voie Xn sélectionnée.

La sortie Y est connectée à la voie Yn sélectionnée.

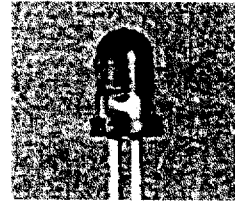
**Table de vérité :**

Entrée /EN	Entrée B	Entrée A	Voies connectées
L	L	L	X0<->X, Y0<->Y
L	L	H	X1<->X, Y1<->Y
L	H	L	X2<->X, Y2<->Y
L	H	H	X3<->X, Y3<->Y
H	X	X	aucune



## DOCUMENTATION DE LA DIODE INFRA ROUGE OP165 (935 nm)

Technologie : arsenic de gallium  
 Longueur d'onde de pointe : 935 nm typique  
 Intensité lumineuse : 1 000 mcd  
 Boîtier : 5 mm en plastique ambré



Caractéristiques électro-optiques :

caractéristique	symbole	Condition test	MIN	TYP	MAX	UNIT
Intensité lumineuse	L	If = 20 mA	800	1000		mcd
Puissance de sortie	Po	If = 20 mA	0,85		1,6	mW
Tension inverse	Vf	If = 20 mA			1,6	V
Courant inverse	If	If = 20 mA		20	40	mA
consommation	Pd	If = 20 mA			100	mW
Longueur d'onde	$\lambda_p$	If = 20 mA		935		nm

## DOCUMENTATION DE LA DIODE ROUGE (660 nm)

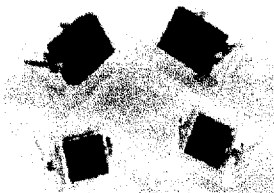
Technologie : GaAlAs  
 Longueur d'onde de pointe : 660 nm typique  
 Intensité lumineuse : 3 000 mcd  
 Boîtier : 5 mm en plastique transparent



Caractéristiques électro-optiques :

caractéristique	symbole	Condition test	MIN	TYP	MAX	UNIT
Intensité lumineuse	L	If = 20 mA	2000	3000		mcd
Puissance de sortie	Po	If = 20 mA	6	6,5	7	mW
Tension inverse	Vf	If = 20 mA	1,5	1,7	2,4	V
Courant inverse	If	If = 20 mA		20	40	mA
consommation	Pd	If = 20 mA		110		mW
Longueur d'onde pic	$\lambda_p$	If = 20 mA		660		nm

## DOCUMENTATION DES PHOTODIODES BPW34 ET BPW34F



La réponse spectrale de ces deux Photodiodes est donnée ci-contre :

La BPW34F est munie d'un filtre éliminant les longueurs d'onde visibles

