

¹CONCOURS GENERAL _ SESSION 2002
LUNDI 13 MAI 2002 _ LYCEE Jean ROSTAND _ STRASBOURG

NOM ET PRENOM DU CANDIDAT :

Remarques :

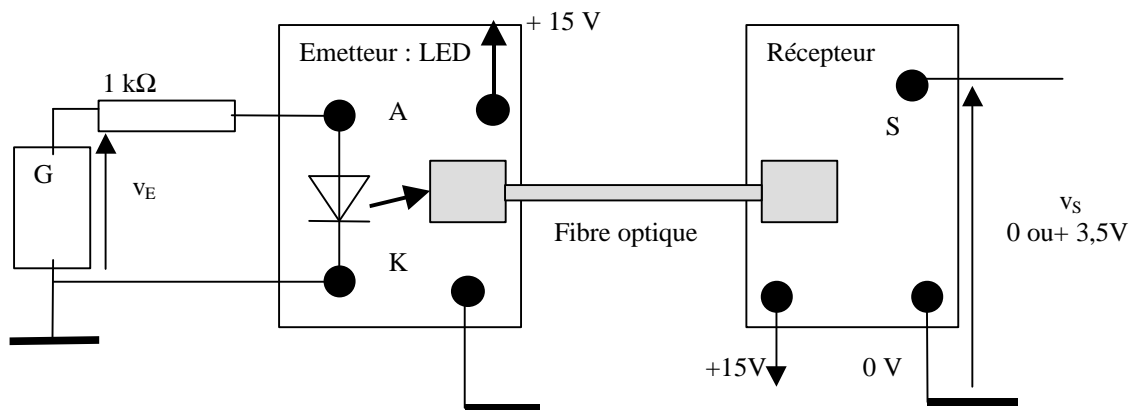
- **ce sujet comporte 9 pages ;**
- le bloc JEULIN Electronic 2 dispose de 2 alimentations :
 - ✎ une +15V/-15V fixe permettant d'alimenter les modules comparateur, sommateur :
 Cette même alimentation, prise entre +15V et la masse permet d'alimenter le module émetteur, le module récepteur de la fibre optique, le générateur de courant constant.
 - ✎ une alimentation continue variable.

Transmission d'un signal analogique avec une fibre optique
Réalisation d'un thermomètre numérique

A – Comment transmettre l'image d'une tension continue à l'aide d'une fibre optique fonctionnant en mode « logique » : principe de la Modulation par Largeur d'Impulsion (MLI)

I – La transmission d'informations avec une fibre optique

Vous disposez de deux modules (émetteur : LED et récepteur : sortie 0 ou + 3,5 V) qui permettent de transmettre des informations avec une fibre optique. Le schéma est le suivant :



Le générateur G est, dans un premier temps, une alimentation stabilisée délivrant une tension v_E positive.

- Compléter le schéma du montage avec les appareils qui mesurent la valeur moyenne de v_E et de v_S .
- A vide, régler $v_E = 0$ V puis réaliser le montage.

Lorsque la tension v_E est suffisante la diode électroluminescente (DEL ou LED) émet de la lumière.

Celle ci est transmise par la fibre optique jusqu'au récepteur.

- Quelle est la valeur de la tension v_S lorsque $v_E = 0$ V ?

$v_E = 0$ V \rightarrow $v_S = \dots\dots\dots$

- Augmenter la tension v_E jusqu'à environ + 5 V et vérifier que, lorsque le récepteur reçoit de la lumière, la tension v_S bascule à environ + 1,4 V. Mesurer la valeur de v_S dans ces conditions.

$$V_E = +5 \text{ V} \rightarrow v_S = \dots\dots\dots$$

- Augmenter v_E jusqu'à + 6 V et vérifier que, si le récepteur reçoit de la lumière, la tension v_S ne dépend pas de la valeur de v_E . La chaîne fonctionne en tout ou rien (mode « numérique ») : la valeur de la tension v_S indique si de la lumière est transmise ou non jusqu'au récepteur.

- Débrancher l'alimentation stabilisée.

- A vide, régler le GBF **Métrix GX 240** (sortie OUTPUT) pour qu'il délivre une tension v_E ayant la forme suivante :

fréquence 2 kHz, composante alternative sinusoïdale d'amplitude 2,5 V, composante continue réglée de telle sorte que la tension v_E varie de 0,0 V à + 5,0 V.

Faire contrôler ce réglage.

- Brancher le GBF pour qu'il délivre la tension v_E à l'entrée du montage.

- Câbler l'oscilloscope pour qu'il observe v_E et v_S .

Faire contrôler ce montage.

- Observer v_E et v_S et donner, sur l'oscillogramme que vous numéroterez l'allure des courbes observées : préciser les valeurs minimales et maximales de v_E et de v_S .

Les variations de $v_S(t)$ ne reproduisent pas celles de $v_E(t)$: pourquoi ?

- Régler le GBF : v_E conserve les mêmes caractéristiques que plus haut, seule change sa composante alternative qui est maintenant rectangulaire, symétrique.

- Observer v_E et v_S et donner l'allure, sur l'oscillogramme que vous numéroterez , des courbes observées : préciser les valeurs minimales et maximales de v_E et de v_S .

La chaîne de mesure est-elle inverseuse ou non-inverseuse ?

Si l'on considère que les tensions v_E et v_S sont des signaux logiques (pouvant prendre les valeurs 0 ou 1) peut-on dire que les variations de v_S reproduisent celles de v_E ?

Dans cette première partie vous avez constaté que l'ensemble « émetteur, fibre optique, récepteur » est capable de transmettre un signal logique (on dit aussi « numérique »). Avant de poursuivre, il faut estimer la limite de la fréquence de v_e qui permet d'obtenir une image convenable de v_S .

- Augmenter la fréquence de v_E et observer que, si elle devient trop grande, le signal v_S est déformé.

- Vérifier que lorsque la fréquence de v_e est de 20 kHz le signal v_S est rectangulaire.

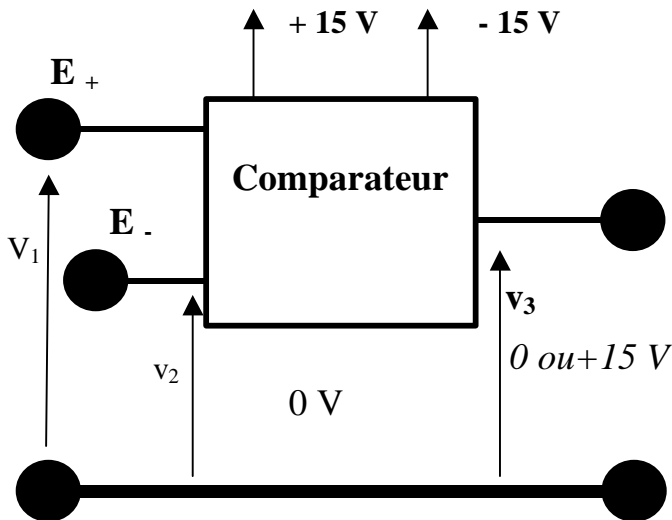
II- La Modulation par Largeur d'Impulsion (MLI)

Vous disposez d'un module « comparateur » dont le schéma est donné ci-dessous.

Dans les essais qui suivent, la tension V_1 est délivrée par une alimentation stabilisée et elle variera entre 0,00 et + 5,00 V. Elle est mesurée avec un voltmètre. La tension v_2 est délivrée par le GBF.

L'oscilloscope observe v_2 et la tension de sortie v_3 du comparateur. Un autre voltmètre mesure la valeur moyenne de v_3 .

- Compléter le schéma précédent avec les générateurs et les appareils de mesure. Pour chaque appareil de mesure préciser le type de liaison utilisé (AC, DC, AC + DC).



La tension de sortie du comparateur, à vide, peut prendre deux valeurs : environ 0 V ou environ + 15 V. Les tensions d'entrée V_1 et v_2 peuvent varier de - 10 à +10 V.

- Régler l'alimentation stabilisée pour que la tension à ses bornes soit nulle (ou presque).
- Régler le GBF (sortie OUTPUT) pour qu'il délivre une tension v_2 ayant les caractéristiques suivantes :
composante alternative triangulaire, symétrique, de fréquence 20 kHz et d'amplitude 2 V.
composante continue réglée de telle sorte que v_2 varie de 1,0 V à 5,0 V.

Faire contrôler ce réglage.

- Réaliser le montage.

Faire contrôler ce montage

- Observer v_2 et v_3 (*remarque pratique* : les masses de l'oscilloscope doivent être reliées au module comparateur). **Observer l'évolution de v_3 lorsque V_1 varie entre 0 et 6,00 V : vérifier que, lorsque V_1 varie entre certaines limites, sa valeur commande la durée à l'état haut de v_3 , donc la valeur moyenne de ce signal.**

Le signal v_3 est un signal logique (une séquence d'impulsions 0 ou 1). Sa durée à l'état haut est la « largeur d'impulsion ». Cette durée est commandée (on dit aussi **modulée**) par la valeur de V_1 : c'est le principe de la **modulation par largeur d'impulsion (MLI)**.

Relation entre la valeur moyenne de v_3 et la valeur de V_1 :

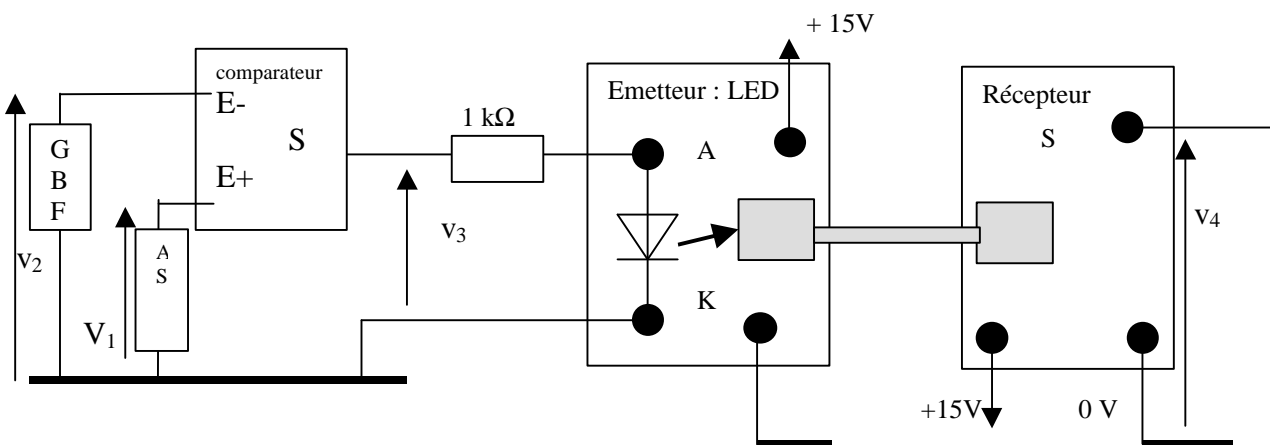
- Faire varier V_1 entre 0 V et + 6,00 V, mesurer chaque fois V_1 et $\langle v_3 \rangle$, valeur moyenne de v_3 .
- Remplir le tableau suivant et tracer la courbe $\langle v_3 \rangle = f(V_1)$ sur la feuille **Graph 1**.

V_1 (V)														
$\langle v_3 \rangle$ (V)														

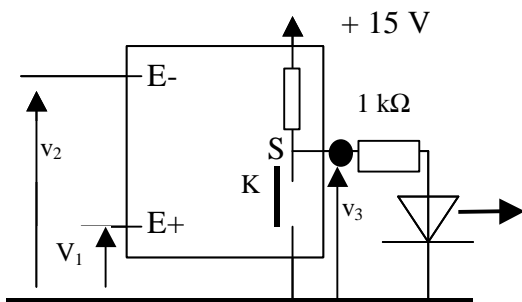
Que se passe-t-il si $V_1 < v_{2min}$ ou si $V_1 > v_{2max}$?

Si V_1 varie de V_{1min} à V_{1max} comment doit-on régler v_{2min} et v_{2max} si l'on veut que la valeur de V_1 commande toujours la valeur moyenne de v_2 ? Pourquoi est-il préférable de « prendre une marge de sécurité » dans ce réglage ?

Le comparateur délivre, à sa sortie, une tension « logique » v_3 dont la valeur moyenne est l'image de la valeur de la tension d'entrée V_1 . L'ensemble « émetteur, fibre optique, récepteur » peut transmettre ce type de signal. En couplant ces deux modules on obtiendra, à la sortie du récepteur, une tension v_4 dont la valeur moyenne sera l'image de la tension V_1 .



La sortie du comparateur a la structure suivante :



Si $v_2 > V_1$ alors l'interrupteur K est fermé et il est ouvert dans le cas contraire. Le comparateur peut ainsi alimenter la LED de l'émetteur.

- Compléter le schéma avec les appareils qui mesurent V_1 et la valeur moyenne $\langle v_4 \rangle$ de v_4 . Préciser le câblage de l'oscilloscope qui permet d'observer v_2 et v_4 .
- Réaliser le montage hors tension.

Faire contrôler ce montage

On souhaite que lorsque V_1 varie de 0,00 V à + 2,00 V, sa valeur commande la valeur moyenne $\langle v_3 \rangle$ de v_3 . **Régler le signal v_2 en conséquence.** Après ce réglage contrôler que lorsque V_1 varie de 0,00 à + 2,00 V sa valeur commande $\langle v_4 \rangle$.

Faire contrôler ce réglage.

- Expliquer comment vous pouvez observer, en concordance de temps, les oscillogrammes de v_2 , v_3 et v_4 .

- Représenter les oscillogrammes de v_2 , v_3 , v_4 (en concordance de temps) et le signal V_1 sur l'oscillogramme . Choisissez et précisez la légende utilisée pour différencier ces courbes.

Interpréter les signaux v_3 et v_4 lorsque :

$v_2 < V_1$:

$v_2 > V_1$:

Faire varier V_1 de 0 à + 2,00 V, remplir le tableau suivant et tracer la courbe $\langle v_4 \rangle = f(V_1)$ sur la feuille **Graphe 2**.

V_1 (V)													
$\langle v_4 \rangle$ (V)													

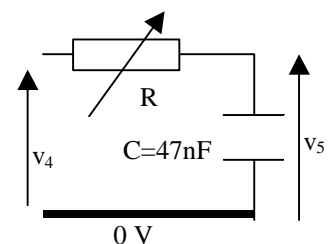
Pourquoi, lorsque $V_1 = 0V$, $\langle v_4 \rangle$ est-elle différente de zéro ?

B – Mise en forme du signal de sortie $\langle v_4 \rangle$

I – Mise au point du filtre permettant d'obtenir $\langle v_4 \rangle$

Le schéma du filtre est le suivant :

Vous disposez d'un condensateur de capacité $C= 47 \text{ nF}$ et d'une boîte à décades qui permet de régler la valeur de la résistance R .



- Compléter le montage précédent avec le filtre. Câbler l'oscilloscope pour observer v_4 et la composante alternative de v_5 .

- Régler la valeur de R pour que l'ondulation de la tension v_5 soit d'environ 50 mV.

Faire contrôler ce réglage

Valeur de R retenue : R =

- Mesurer $\langle v_4 \rangle$ et $\langle v_5 \rangle$ et vérifier que $\langle v_5 \rangle$ est pratiquement égal à $\langle v_4 \rangle$.

II – Mise au format du signal de sortie : utilisation d'un afficheur

L'afficheur est un voltmètre de calibre 200 mV et de résistance 100 MΩ.

Lorsque l'on applique entre ses deux bornes d'entrée une tension U de + 199,9 mV il affiche 1.999.

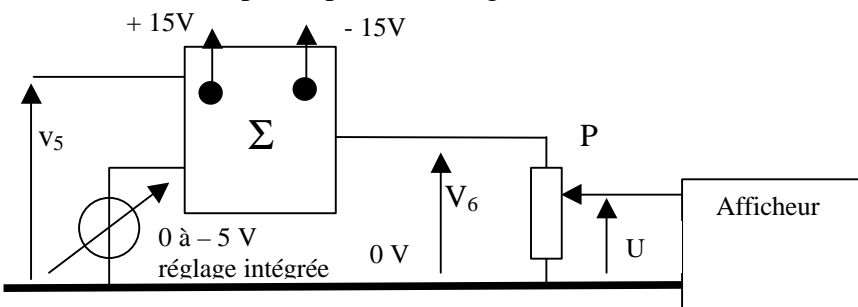
(Ne tenez pas compte du point décimal!).

On souhaite afficher directement, à la sortie de la chaîne, la valeur de la tension V_1 sur l'afficheur précédent. Il faut donc appliquer à l'afficheur une tension U variant de 0 à 190 mV lorsque V_1 varie de 0,00 à 1,900 V.

On lira .000 lorsque $V_1 = 0,00$ V et 1.900 lorsque $V_1 = 1,900$ V. Le signal v_5 est l'image de V_1 : il faut le transformer pour le mettre au format de l'afficheur.

Vous disposez d'un module sommateur équipé d'une source de tension intégrée réglable (à l'aide d'un tournevis fourni *et à rendre* !) de 0 à - 5 V environ.

La chaîne est complétée par le montage suivant :



L'afficheur doit être alimenté à l'aide de l'alimentation stabilisée ELC AL892A.
ATTENTION : les 2 bornes noires de masse du boîtier afficheur ne sont pas reliées, et ne doivent pas l'être.

La tension réglable intégrée de 0 à - 5 V permet de décaler le signal et de réaliser la condition :

$V_1 = 0,00$ V \rightarrow $V_6 = 0,00$ V \rightarrow affichage .000.

Le potentiomètre P transforme la tension V_6 en une tension U pouvant varier de $V_6/10$ à $V_6/60$: il permet de réaliser la condition $V_1 = 1,900$ V \rightarrow U = 190mV \rightarrow affichage 1.900.

- Alimenter le module sommateur.

- Compléter le montage et régler les deux conditions :

$V_1 = 0,00$ V \rightarrow Affichage .000 (réglage intégré au sommateur et effectué avec le petit tournevis) ;

et $V_1 = + 1,900$ V \rightarrow Affichage 1.900 . (réglage effectué avec le potentiomètre P).

Les deux réglages ne sont pas tout à fait indépendants, ils doivent être réalisés « en aller-retour ».

- Faire varier V_1 de 0 à 1,90 V et lire la valeur affichée. Remplir le tableau suivant et tracer « valeur affichée » = f (V_1) sur la feuille **Graph 3**.

V ₁ (V)														
Valeur affichée														

- Estimer la précision de la chaîne de mesure.

Faire évaluer ces résultats.

Ne pas démonter la chaîne précédente.

III – Etude de la bande passante de la chaîne

Pour l'instant le signal de sortie V_6 de la chaîne est l'image d'une tension d'entrée V_1 constante. Dans quelle mesure cette chaîne est-elle capable de transmettre l'image d'une tension v_1 variable dans le temps ?

- Débrancher l'alimentation stabilisée (V_1).
- Régler le deuxième GBF (FG 202C C&C) de la façon suivante : fréquence 20 Hz, composante alternative sinusödale d'amplitude 1,0 V, composante continue réglée de telle sorte que la tension v_1 aux bornes du GBF varie de 0,0 à +2,0 V.

Faire contrôler ce réglage

- Brancher le GBF pour qu'il attaque la chaîne de mesure (v_1). Câbler l'oscilloscope pour qu'il observe v_1 et v_6 . Vérifier que la tension v_6 est bien l'image de la tension v_1 .
- Augmenter la fréquence de v_1 et observer la valeur crête à crête de v_6 : jusqu'à quelle valeur de la fréquence cette valeur reste-t-elle pratiquement constante ? Pour quelle valeur de la fréquence a-t-elle diminué d'environ 10 % ?

- Quelle est la partie du montage responsable de cette atténuation ? Comment peut-on augmenter la fréquence du signal v_1 transmissible par cette chaîne ?

Vous avez remarqué que la fréquence maximale du signal que cette chaîne peut transmettre est relativement faible. Le signal issu d'un transmetteur de température évolue lentement au cours du temps et pourra donc être transmis dans de bonnes conditions.

C – Réalisation d'un thermomètre numérique

I – Le transmetteur de température

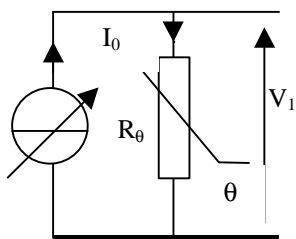
L'objectif est de réaliser une tension V_1 image d'une température θ .

Ce résultat est obtenu en utilisant une sonde Pt100 : la résistance de cette sonde varie avec sa température.

Vous disposez d'un module générateur de courant réglable de 0,3 à + 3,8 mA .

(module à alimenter sous 0/ +15 V).

Le schéma du transmetteur de température est le suivant :



La résistance R_θ de la sonde varie avec sa température θ et cette variation est pratiquement linéaire. Quelques valeurs de R_θ sont indiquées dans le tableau suivant :

θ (°C)	-10,0	0,0	50,0	100,0	110,0
R_θ (Ω)	96,09	100,00	119,40	138,5	142,29

La tension $V_1 = R_\theta I_0$ est donc l'image de la température θ de la sonde.

Le courant I_0 sera réglé à 1,000 mA.

-Pourquoi la valeur de I_0 ne doit pas être trop grande ?

II – Réglage de la chaîne

Compte tenu des moyens mis en œuvre, la précision espérée est de +/- 2 °C.

On utilise la chaîne précédente pour réaliser un thermomètre numérique ayant les caractéristiques suivantes : $\theta = 0,0$ °C \rightarrow affichage .000 et $\theta = 100,0$ °C \rightarrow affichage 1.000

Par sécurité on règle la tension v_2 de telle sorte que la valeur de V_1 commande la valeur de V_6 sur une plage de températures s'étendant de - 10 °C à + 110 °C.

Quelles doivent être alors les valeurs minimale et maximale de v_2 ?

Faire contrôler ces valeurs

Le réglage de la chaîne sera effectué en remplaçant la sonde Pt100 par une résistance. Vous disposez d'une résistance $R_0 = 100,00$ Ω permettant de simuler $\theta = 0,0$ °C, d'une résistance $R_{100} = 138,50$ Ω et d'une résistance $R_{50} = 119,40$ Ω .

- Débrancher le GBF (v_1), régler la source de courant à 1,000 mA et régler le GBF (v_2) avec les valeurs minimum et maximum définies plus haut (utiliser la fonction -20 dB du GBF).

- Débrancher l'ampèremètre.

- Brancher la résistance R_0 aux bornes de la source de courant et appliquer la tension V_1 à l'entrée du comparateur.

- Contrôler le fonctionnement de la chaîne en observant v_4 . Un signal perturbé est observé.
- Afin de visualiser un signal exempt de perturbations, placer un condensateur de découplage de capacité $C = 47 \text{ nF}$ entre la masse « d'entrée » du comparateur et la borne de v_1 .

Mettre le commutateur COUPLING de l'oscilloscope sur la position HFR : High Frequency Rejection : ceci permet de filtrer les perturbations).

- Régler la condition (avec le tournevis en réglant la tension continue variable du sommateur) :

$R_\theta = R_0 = 100,00 \Omega \rightarrow$ affichage

- Remplacer la résistance R_0 par la résistance R_{100} et régler (avec le potentiomètre) la condition $R_\theta = R_{100} \rightarrow$ affichage (contrôler le fonctionnement de la chaîne).

Vérification du fonctionnement de la chaîne :

Remplacer la résistance R_{100} par la résistance R_{50} . Quelle est la valeur attendue de l'affichage? Quelle est la valeur réellement affichée ?

Comparer la valeur prévue et la valeur affichée. D'où peut provenir la différence entre ces deux valeurs ?

II – Affichage de la valeur de la température de la sonde

Brancher la sonde Pt100 à l'entrée de la chaîne. Quelle est la température ambiante ?

Plonger la sonde dans un mélange d'eau et de glace.

Quelle est la valeur affichée ? Quelle est l'erreur de la mesure ?

D – Conclusion

- A quelle condition cette chaîne peut-elle transmettre une information sur n'importe quelle grandeur physique ?

- Quels sont les avantages d'une fibre optique lorsqu'il s'agit de transmettre des informations à distance ?

- Résumer, en quinze lignes au maximum (au dos de cette feuille), le principe de la modulation par largeur d'impulsion.