

I°) Principe :

Pour faire des mesures à l'ordinateur, nous utilisons un ordinateur et une carte d'acquisition (PRIMO). Cette carte d'acquisition ne peut mesurer que des **tensions** (c'est un voltmètre). Sur cette carte on peut brancher un thermomètre, un pHmètre... Dans ce cas PRIMO doit transformer la grandeur mesurée (température, pH etc ..) en une tension. Cette dernière est la représentation **analogique** de la grandeur mesurée.

Il faut ensuite transformer cette tension en un **nombre binaire** car l'ordinateur est un appareil **numérique**. Ce nombre binaire pourra ensuite être utilisé par l'ordinateur (rangé en mémoire, calculs dans Excel etc...).

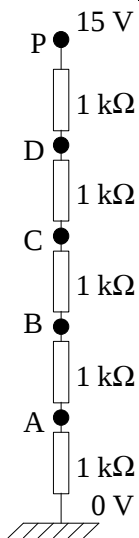
La carte d'acquisition PRIMO contient donc un **convertisseur analogique numérique ou CAN**.

Le but de ce TP est de convertir une tension analogique en un nombre binaire, en utilisant un CAN très simple.

II°) Première étape de la conversion : la comparaison :

a°) Réalisation de l'échelle des tensions (ou potentiels) :

Partie théorique :



Les valeurs des tensions entre les points A, B, C, D, P et la masse correspondent aux **potentiels** des points A, B, C, D, P et sont notés V_A , V_B , V_C , V_D et V_P . Ceci est vrai car le potentiel de la masse est V.

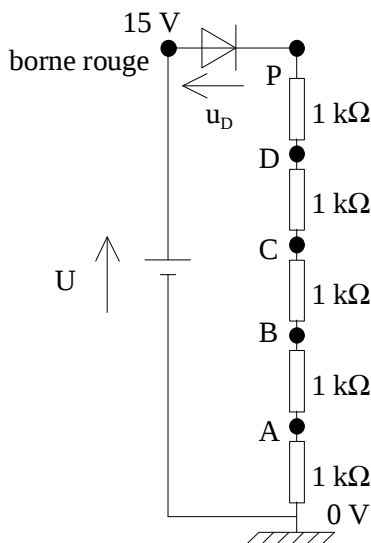
1°) Calculer V_A , V_B , V_C , V_D et V_P , puis compléter le tableau

V_A	V_B	V_C	V_D	V_P

2°) Comment s'appelle ce montage ?

3°) Calculer l'intensité du courant dans les résistances.

Réalisation pratique :



Ce montage est réalisé sur le circuit imprimé (à gauche).

Une diode de protection a été ajoutée pour éviter les erreurs de polarités.

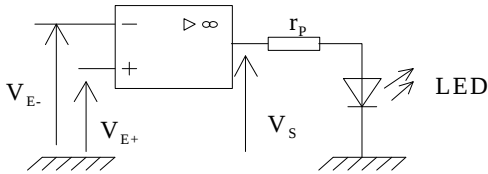
- Alimenter le circuit avec l'alimentation fixe + 15 V.
- Mesurer les potentiels des points A, B, C, D et P (il suffit de faire contact avec le fil).

V_A	V_B	V_C	V_D	V_E

Expliquer l'écart avec les valeurs calculées (mesurer la tension u_D aux bornes de la diode).

2°) Utilisation de l'échelle des tensions : comparaison :

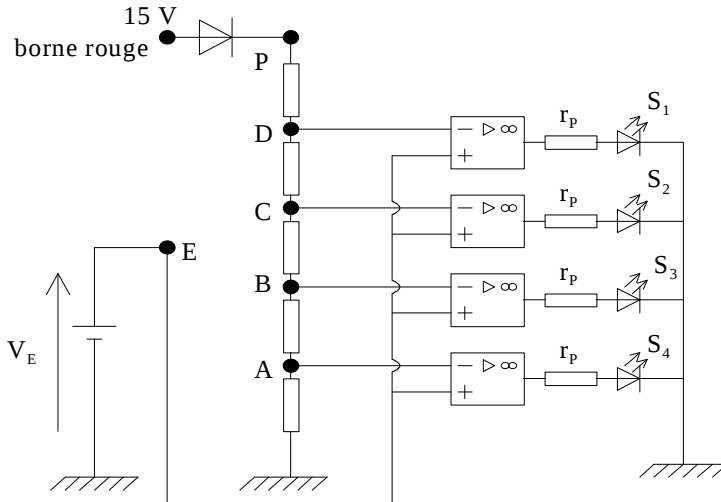
Rappel : amplificateur opérationnel utilisé en comparateur :



L'A.O. est alimenté en 0 V et 15 V.
 r_p est la résistance de protection de la LED.

- 1°) Donner la condition pour que la LED soit éteinte (état 0).
- 2°) Donner la condition pour que la LED soit allumée (état 1).

Soit le circuit imprimé suivant déjà réalisé.:



Toutes les entrées E^+ sont reliées à la borne E
 Le potentiel des entrées E^+ sera noté V_E .

- Relier la borne E à l'alimentation réglable METRIX AX 321 .
- Faire varier V_E de 0 V à 15 V et mesurer les valeurs exactes des tensions d'allumage des LED.

Remplir le tableau suivant : préciser les valeurs des potentiels sur la ligne 2.

	$0 < V_E < V_A$	$V_A < V_E < V_B$	$V_B < V_E < V_C$	$V_C < V_E < V_D$	$V_E > V_D$
LED éclairées					

L'écart de tension entre deux allumages successifs s'appelle la **résolution ou pas** du convertisseur. Donner sa valeur.

III°) Deuxième étape : codage binaire :

Pour l'instant le CAN a simplement permis en fonction du nombre de diodes allumées de connaître l'encadrement de la tension issue du capteur. Comment l'ordinateur peut-il compter le nombre de diodes allumées ? ... Il n'est pas doté de capteurs visuels ! On peut penser que l'on transmet à l'ordinateur un nombre de diodes éclairées (0, 1, 2, 3 ou 4) mais en binaire.

Le convertisseur que nous utilisons comporte donc 5 niveaux (1 niveau pour traduire le nombre de diode éclairées)

On peut considérer S_1 , S_2 , S_3 et S_4 comme des bits (diode éteinte : état 0, diode éclairée : état 1).

La diode qui s'éclaire en dernier est S_4 . Elle représente le bit de poids fort (le plus grand).

On peut penser transmettre à l'ordinateur un nombre de 4 bits $S_4S_3S_2S_1$ (de 0000 4 diodes éteintes à 1111 4 diodes éclairées).

Remplir le tableau suivant en rapport avec le montage précédent :

Etat de la LED	S_4	S_3	S_2	S_1	nombre binaire de 4 bits correspondant	nombre décimal correspondant	Nombre de LED éclairées dans la réalité
Tension V_E							
0 à V_A							
V_A à V_B							
V_B à V_C							
V_C à V_D							
V_D à 15 V							

On voit que cela ne marche pas.

Exemple : en effet pour 3 diodes éclairées dans la réalité le nombre binaire correspondant est 0111 qui est 7 en décimal.

Il faut donc transformer 0111 (7) en 0011 qui est 3 pour que le convertisseur fonctionne.

Cela est fait sur le circuit imprimé en utilisant des portes logiques.

Faire varier V_E de 0 V à 15 V et remplir le tableau suivant.

Remplir le tableau suivant en indiquant l'état de chaque diode

S_4	S_3	S_2	S_1	B_2	B_1	B_0	Nombre Binaire ($B_2B_1B_0$)	Nombre décimal correspondant

Les diodes B_2 , B_1 et B_0 réalisent-elles un codage binaire ?

Les circuits logiques qui permettent de coder correctement sont des circuits 4030 et 4071. Il s'agit des portes OU et OU exclusif.

Tableaux de vérité :

OU		
E_1	E_2	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

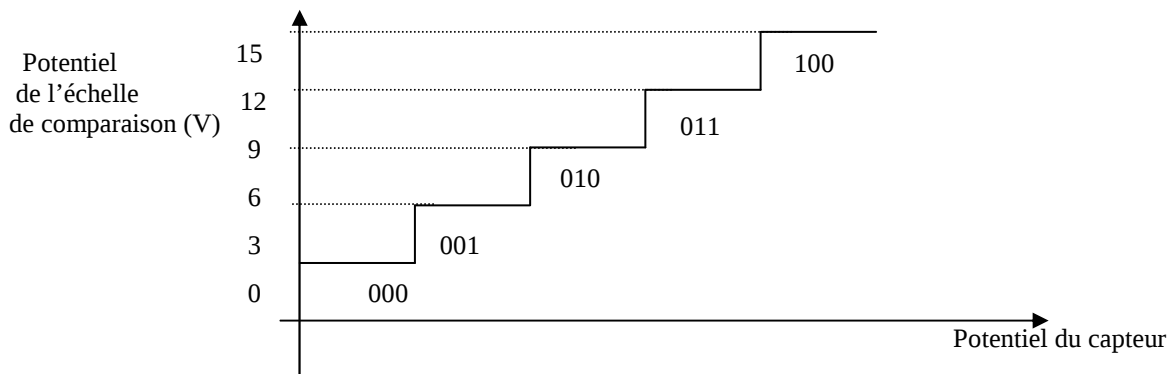
OU exclusif		
E_1	E_2	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

1°) Mettre en évidence la relation entre B_2 et S_4 .

2°) Mettre en évidence la relation entre B_1 , S_2 et S_4 .

3°) Pour B_0 , vérifier que $B_0 = (S_1 \text{ OU exclusif } S_2) \text{ OU } (S_3 \text{ OU exclusif } S_4)$.

Le circuit imprimé réalise une conversion analogique- numérique sur 5 niveaux. :



On utilise 3 bits (B_0 , B_1 et B_2).

4°) Combien de niveaux obtient-on avec 3 bits complètement utilisée ? Combien de résistances faudrait-il utiliser pour réaliser l'échelle des potentiels ?

5°) Quel serait la résolution du convertisseur ?

6°) Combien de résistances faudrait-il utiliser pour convertir sur 8 bits ?

7°) Quel serait la résolution du convertisseur ?

IV°) Simulation :

Dans Crocodile Clips, réaliser le montage correspondant à la comparaison (à la sortie de l'A.OP vous n'utiliserez pas une diode et une résistance de protection mais seulement une sortie logique). S'il fonctionne correctement, ajouter les portes logiques suivant les résultats précédents.

Simuler pour vérifier le fonctionnement. Vérifier que les bits passent à 1 dans l'ordre correct du comptage binaire, c'est à dire lorsque la tension V_E augmente de 0 V à 15 V.