

TP - 6

Principe d'un multimètre numérique

Liste du matériel

- Maquettes pré-cablées ; Diode Zener ; Transistor NPN ; Résistances
- Oscilloscope, Compteur numérique ;
- Alimentation stabilisée ELC (AL991s) ; Multimètre.

Le but de ce TP d'étudier le fonctionnement des instruments numériques : Fréquence-mètre, Voltmètres,... Voir le cours de physique instrumentale pour plus de détails ce TP.

6.1 Fréquence-mètre numérique

6.1.1 Principe

Le fréquence-mètre étudié ici est construit autour d'un oscillateur Colpitts à quartz de fréquence $F_Q = 32769$ Hz ($32769 = 2^{15}$, $\frac{\Delta F_Q}{F_Q} = 10^{-5}$) et d'un diviseur de fréquence à 14 étages inclus dans le CI 4060. La fréquence de sortie, de 2 Hz, est divisée par 2 à l'aide d'une bascule T (ou bacule JK avec J=K=1). Le signal ainsi obtenu (de période $T = 1$ s, 1Hz) valide le comptage des périodes d'un signal périodique extérieur quelconque mis en forme à l'aide d'un circuit constitué d'un circuit de restauration positive (Diode-Capacité) suivi d'un inverseur à trigger de Schmitt (CI 4093).

Une LED clignotante à la fréquence de 1Hz atteste le bon fonctionnement du montage.

6.1.2 Manipulations

Le montage fréquence-mètre est déjà précâblé (maquette).

→ Alimenter la maquette et visualiser la tension V_A à la sortie A. Mesurer la fréquence de ce signal.

→ Visualiser le signal à la sortie de l'oscillateur Colpitts (Quartz). Mesurer sa fréquence F_Q . Conclure.

→ Appliquer un signal périodique de fréquence F_e à l'entrée V_e du circuit de mise en forme. Visualiser le signal V_C à la sortie C de ce circuit. Conclure.

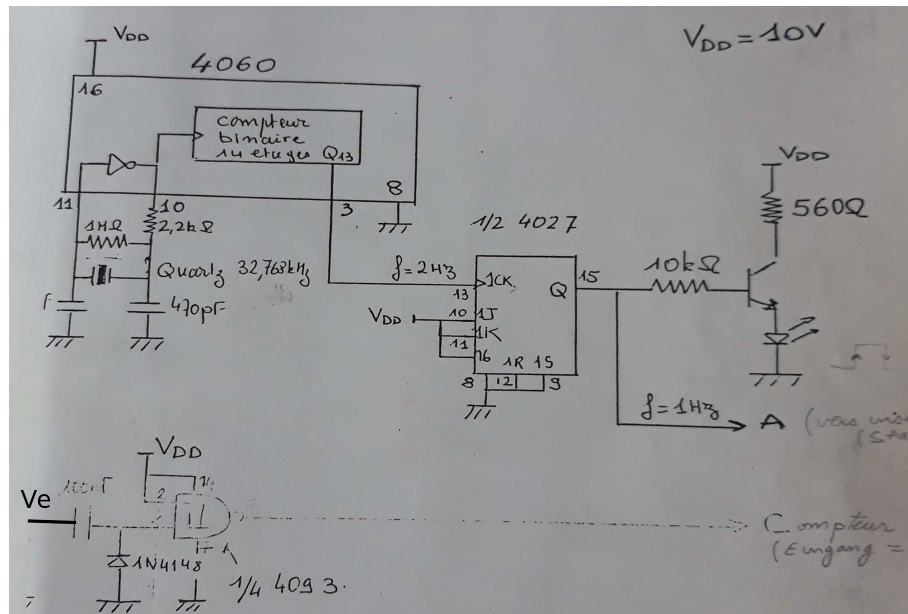
→ Pour montrer le principe de ce montage, choisir une fréquence faible F_e et visualiser, à l'oscilloscope, les deux tensions V_A et V_C .

Comment déduire la valeur de F_e à partir de ces deux signaux ?

Comparer avec la mesure donnée par un autre fréquence-mètre (étalonnage).

Déterminer la précision de ce fréquence-mètre.

Conclure sur les conditions de bon fonctionnement de ce montage.



→ En utilisant un compteur, compter le nombre de périodes N du signal V_C pendant une période du signal V_A . Conclure

→ Comment peut-on mesurer une fréquence inférieure à 1 Hz ?

6.2 Voltmètre numérique (Maquette)

6.2.1 Montage

Le montage voltmètre double rampe est précâblé.

- 4017 et 4066 : des circuits logiques de la famille 4000.
- DH : Tension qui déclenche l'horloge (Départ Horloge)
- AH : Tension qui arrête l'horloge (Arrêt Horloge)
- Int : sortie de l'intégrateur.
- V_r : Tension de référence.
- V_x : Tension continue qu'on veut mesurer ($V_x < 0$).
- CK est une tension carré de période T (CLOCK).

6.2.2 Principe

Le circuit 4017 permet de contrôler les interrupteurs (K1, K2 et K3) du circuit 4066. La mesure de la tension négative V_x se fait en trois phases :

Phase 1 ($0 < t < T$) : K1 est fermé ; K2 et K3 sont ouverts.

On intègre la tension V_x , d'où : $V_1(t) = \frac{-V_x}{RC} t$.

Phase 2 ($T < t < 2T$) : K2 est fermé ; K1 et K3 sont ouverts.

La fermeture de K2 déclenche en même temps l'horloge (front montant de DH). Durant cette période, on

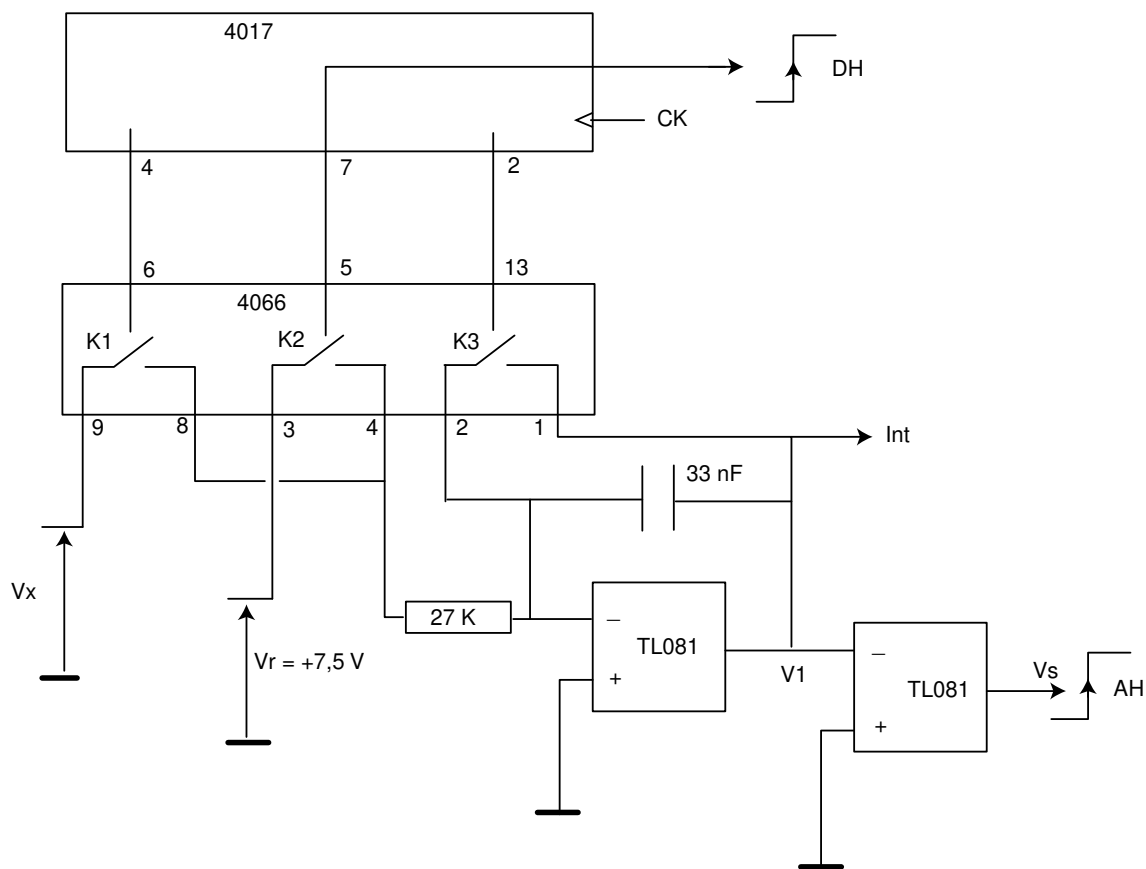


FIGURE 6.1 – Montage voltmètre numérique double rampe.

intègre la tension V_r , d'où : $V_1(t) = \frac{-V_r}{RC} (t - T) - \frac{V_x}{RC} T$.

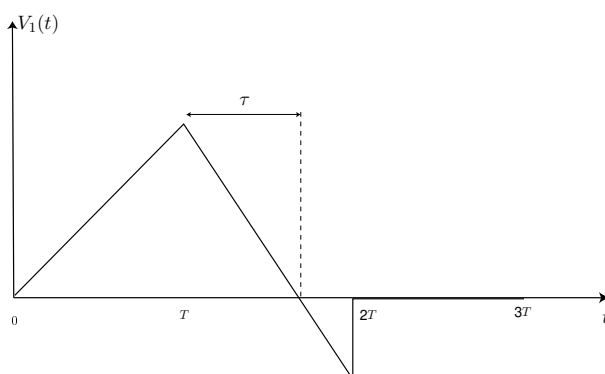
Lorsque $V_1(t)$ s'annule à l'instant $T + \tau$, V_s passe à $+V_{sat}$ et l'horloge s'arrête (**Elle affiche la durée τ**).

La tension V_x est alors :

$$V_x = -V_r \frac{\tau}{T}$$

Phase 3 ($2T < t < 3T$) : K3 est fermé ; K1 et K2 sont ouverts.

C'est la phase de remise à zéro de $V_1(t)$ ($V_1(t) = 0$).



6.2.3 Manipulations

- Alimenter la maquette avec une alimentation stabilisée ± 15 V.
- Visualiser les différentes tensions et expliquer le rôle des différents boîs du montage.
- Étalonner le voltmètre en ajustant la fréquence de l'horloge (CK) de manière à ce que les chiffres significatifs affichés par l'horloge coïncident avec ceux de V_x (donnés par voltmètre étalon).

Remarque : Pour mesurer la durée τ , on peut utiliser un chronomètre (horloge) ou l'oscilloscope numérique.

- Faire une estimation de la précision de ce voltmètre.
- Comment peut-on mesurer une tension continue positive ?
- Déterminer les limites d'utilisation (conditions d'utilisation) de ce voltmètre : limites en tension et bande passante.
- Déterminer les résistances d'entrée et de sortie de ce voltmètre. Conclure.
- Quel est l'avantage du voltmètre double rampe par rapport au simple rampe ?

Remarque : Dans la suite, le voltmètre double rampe sera noté VDC (Voltmètre DC).

6.3 Multimètre numérique

On va transformer le voltmètre continu double rampe (noté dans la suite VDC) en un multimètre. On remplacera la plaquette double rampe par un voltmètre continu qui joue le même rôle.

6.3.1 Transformation en voltmètre sinusoïdal

Pour mesurer la valeur efficace V_{eff} d'un signal, on va utiliser une maquette qui transforme ce signal sinusoïdal en un signal continu V telle que : $V \equiv V_{eff}$.

Ce circuit est réalisé à l'aide d'un redresseur double alternance sans seuil suivi d'un ampli de gain $A = 1,11$ et d'un intégrateur qui donne la valeur moyenne du signal.

Le signal continu V sera alors mesuré à l'aide du voltmètre VDC.

Voir le cours de physique instrumentale pour plus de détails.

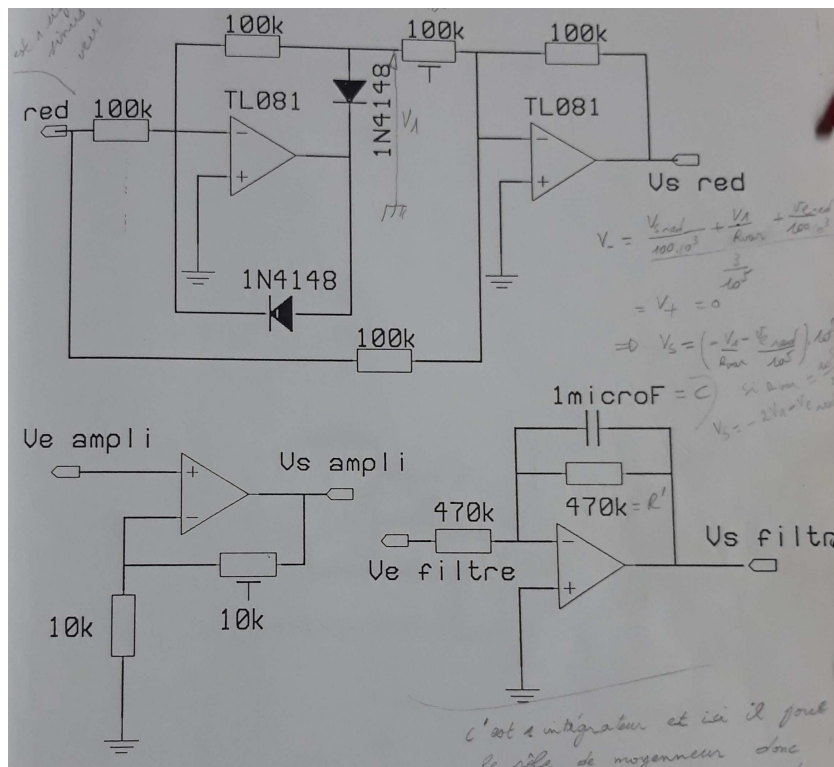
Le montage voltmètre efficace (sans le VDC) est précâblé.

- Expliquer le rôle de chaque bloc du circuit. Montrer que la tension V à la sortie du montage est égale à la valeur efficace du signal sinusoïdal d'entrée.
- Quelle est la condition sur les valeurs de R et C du filtre pour avoir une bonne mesure ?
- Mesurer la valeur efficace d'un signal et comparer avec celle donnée par un autre voltmètre AC. Ajuster le gain G pour l'étalonnage.

6.3.2 Transformation en Ohmmètre

On utilise la loi d'Ohm pour transformer la résistance R_x à mesurer en une tension continue proportionnelle à cette résistance : $V = I_0 R_x$. Pour cela on va utiliser un générateur de courant qui délivre un courant constant I_0 .

La mesure de V se fera par le VDC.



- Réaliser le montage générateur de courant suivant :
 - Calculer que le courant I_0 dans ce montage. Conclure.
 - En utilisant une résistance variable à la sortie du montage, déterminer la gamme des valeurs de la résistance R_x pour la quelle le courant reste quasi-constant.
 - Faire une mesure d'une résistance. Comparer avec un autre Ohmmètre.
- Remarque : On peut alors utiliser un Ohmmètre comme générateur de courant.

6.3.3 Transformation en Ampèremètre

Pour mesurer le courant I dans une branche d'un circuit, placer une petite résistance r dans cette branche et mesurer la tension continue $V = rI$ puis déduire I .
Quelle est la conditions à respecter dans cette mesure ?

