

TP 1 - Expérimentation des appareils de laboratoire

Introduction

La démarche proposée dans cette donnée n'est destinée qu'à rappeler le fonctionnement des appareils de base d'un laboratoire, à revoir certaines de leurs fonctions et à préciser voire découvrir leurs possibilités et leurs particularités. Ces appareils seront manipulés avec la prudence requise et avec l'aide ajoutée des indications portées sur les faces avant, souvent explicites, et des compléments fournis par les documents techniques liés à chacun.

Les deux exemples fournis pour application, hors de rassembler les appareils à disposition autour d'un circuit, introduisent à la fonction de transfert et aux diagrammes de Bode qui lui sont associés en régime harmonique.

1. Oscilloscope

L'oscilloscope à mémoire numérique **HMO724** (70 MHz) ou **HMO2024** (200 MHz) dispose de 4 voies ou canaux sélectionnés par les touches **CH1**, **CH2**, **CH3** et **CH4** de la zone VERTICAL. Les signaux et leurs caractéristiques apparaissent dans la couleur d'éclairage de ces touches. Ces mêmes touches permettent d'activer ou désactiver l'affichage des signaux.

Les 4 zones sur le côté droit de l'écran regroupent toutes les fonctions de réglage et de calcul. Ainsi traces et grille peuvent-elles être plus ou moins intenses selon les facteurs attribués lors de la dernière utilisation de l'oscilloscope.

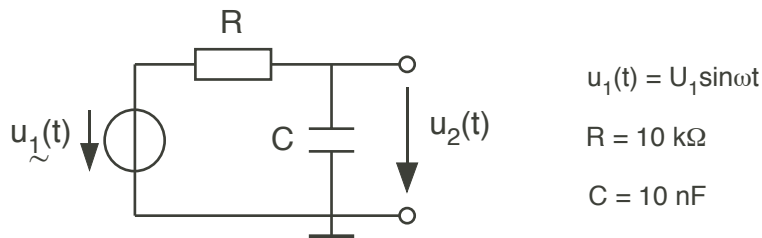
La sélection d'un canal par simple pression sur le bouton numéroté correspondant laisse apparaître les réglages de base **AC/DC/GND**(Ground)/**BWL/INV** [HM0724] ou **AC/DC/GND** (Ground)/**50Ω/BWL/INV** [HM 2024]

→ Parcourir les réglages des 4 canaux et vérifier que le réglage **50Ω** n'est pas activé.

→ Parcourir les différents menus des 4 zones, ceux-ci s'affichant avec leurs options disponibles sur le côté droit de l'écran.

Les boutons en regard de ces options donnent accès aux réglages possibles par simples pressions successives, voire par l'intermédiaire du bouton multifonctionnel si celui-ci est opérationnel – le symbole avec la flèche courbe qui lui est attaché est alors allumé.

→ Réaliser le circuit RC passe-bas ci-dessous afin d'obtenir deux signaux distincts, asynchrones et d'amplitudes différentes.



→ Envoyer $u_1(t)$ sur le canal 1 et $u_2(t)$ sur le canal 2 et observer ces signaux en appuyant sur la touche **Auto Set**. Appuyer à nouveau sur **Auto Set** afin de rafraîchir l'écran et de faire disparaître l'affichage des paramètres demandés lors de la session antérieure. Les deux signaux $u_1(t)$ et $u_2(t)$ doivent apparaître dans les couleurs des voies correspondantes

Les paramètres qui apparaissent dans le respect des couleurs assignées aux canaux et entourent la zone d'affichage sont relativement explicites. On y voit:

- au-dessus de la grille: le calibre en temps, la position temporelle du point de déclenchement par rapport au réglage normal (T), le seuil de déclenchement (CHx: .. mV ou V), le taux d'acquisition;
Le point de déclenchement est signalé par une croix droite encerclée au croisement des marqueurs T et Level;
- au-dessous de la grille: les calibres de tension appliqués aux deux canaux; est encadré celui de la voie activée;
- à gauche de la grille: les potentiels de référence des voies pointés par des flèches portant les numéros de celles-ci.

Les calibres en tension et en temps sont modifiés grâce aux boutons molletés **VOLTS/DIV** et **TIME/DIV** selon les séquences respectives 1, 2, 5, 10 ... dans le cas d'un réglage grossier (**COARSE**).

Le réglage fin (**FINE**), obtenu par pression sur le bouton molleté, modifie le calibre par pas de 0.1 mV, 1 mV ou 10 mV selon les conditions initiales.

→ Aligner les deux signaux sur le même axe horizontal en déplaçant les lignes de masse des canaux utilisés vers le centre de la zone d'affichage (bouton molleté **POSITION**). Dans le champ de la grille, et en surimpression, vous devez voir apparaître la valeur relative de CH1 (ou CH2) suivre le mouvement des lignes de masse jusqu'à "0.00 V".

Observer les 2 signaux sous modification des conditions de déclenchement en modifiant le niveau, la pente et la source.

Revenir à une situation stable et actionner la fonction **QUICK VIEW**. De même avec la fonction **ZOOM**.

→ Fixer la fréquence aux alentours de 1 kHz afin de laisser apparaître un déphasage entre les 2 signaux. Mesurer celui-ci en utilisant le menu **AUTOMEASURE** et en imposant

Place Mesure 1

Type Phase

Source Mesure 2

Source Ref 1 → Déphasage de CH2 (sortie) par rapport à CH1 (entrée) $\approx -32^\circ$

La sortie est en retard sur l'entrée d'où Phase < 0

En inversant les sources

Place Mesure 2

Type Phase

Source Mesure 1

Source Ref 2 → Déphasage de CH1 (entrée) par rapport à CH2 (sortie) $\approx 32^\circ$

L'entrée est en avance sur la sortie d'où Phase > 0

La figure de **Lissajoux** Y(X) de laquelle on peut également extraire l'amplitude d'un déphasage est fournie par l'intermédiaire de la touche **XY/CT**

→ Imposer $u_1(t) = 2 + 3\sin(2\pi ft)$ [V] en utilisant le menu **AUTOMEASURE** qui doit vérifier:

valeur moyenne = 2 [V]

valeur crête à crête (C-C) = 6 [V]

la ligne de masse étant au centre de la zone d'affichage et le calibre de tension 2 V/div.

→ Diminuer le calibre de tension à 1 V puis 500 mV et comparer les valeurs obtenues avec les valeurs théoriques.

2. Générateur de fonctions HMF2525

2.1 Le générateur étant branché à l'une des entrées de l'oscilloscope, observer l'effet des commandes:

- de réglage de la fréquence, de l'amplitude et de l'Offset;
- **SWEEP** et **BURST**;
- de sélection de la forme d'onde (sinus, triangle, carrée)

2.2 Brancher une résistance de $47\ \Omega$ 3 W en parallèle avec la sortie du générateur. Que peut-on déduire de la comparaison des tensions à vide (sans résistance) et en charge (avec) aux bornes du générateur ?

3. Multimètres

3.1 Généralités

Les multimètres à disposition permettent tous de faire les mesures classiques de tension et de courant, continus et alternatifs, de résistance et de capacité.

3.2 Mesure de signaux alternatifs

Sous le symbole AC, un multimètre numérique calcule généralement la vraie valeur efficace soit, en tension,

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$$

Cette valeur efficace pour un signal sinusoïdal pur $U_{\text{sin}}(\omega t)$ est égale à $U_{\text{eff}} = \frac{U}{\sqrt{2}} = 0.707\ U$

Dans le cas où le signal comporte une composante alternative de valeur efficace U_{AC} et une composante continue U_{DC} sa valeur efficace globale s'exprime par :

$$U_{\text{eff}} = \sqrt{U_{\text{AC}}^2 + U_{\text{DC}}^2} \quad (\text{et non pas } U_{\text{AC}} + U_{\text{DC}})$$

Selon le mode choisi, **AC** ou **AC+DC**, ces instruments peuvent tenir compte ou non de la composante continue du signal.

On notera ici que le multimètre HMC8012 ne garantit plus la mesure des signaux alternatifs au-delà de 100 kHz.

Remarque : Un multimètre peut porter l'indication "**RMS**" ou "**True RMS**" (Root Mean Square) comme le multimètre AM-530, certains de ces petits multimètres fonctionnant sur le principe du signal redressé, lequel ne permet une mesure de la vraie valeur efficace que pour les signaux sinusoïdaux.

4. dB-mètre

4.1 Rappel

Le *décibel* désigne un rapport entre deux grandeurs.

Pour les tensions : $A \text{ [dB]} = 20 \log \frac{U_2}{U_{\text{réf}}}$

L'avantage de cette unité est qu'un rapport entre deux grandeurs (de même unité) s'exprime comme une différence en dB.

Soit un rapport de deux tensions : $A = \frac{U_2}{U_1}$

Alors $A \text{ [dB]} = 20 \log \frac{U_2}{U_1} = 20 \log \frac{U_2/U_{\text{réf}}}{U_1/U_{\text{réf}}} = 20 \log \frac{U_2}{U_{\text{réf}}} - 20 \log \frac{U_1}{U_{\text{réf}}}$

d'où $A \text{ [dB]} = U_2 \text{ [dB]} - U_1 \text{ [dB]}$

La tension de référence est soit interne, soit fixée par l'utilisateur (possibilité de calibrage du 0 dB).

4.2 Utilisation

La mesure d'une tension et par la même d'un gain en dB trouve sa principale utilité dans le relevé des réponses harmoniques et le tracé des diagrammes de Bode (voir les points 6 et 7).

Le multimètre HMC8012 permet la mesure de tensions soit en volt, soit en décibel, jusqu'à 100 kHz. Au-delà de cette limite, la précision de la mesure n'étant plus garantie, il faut recourir à la mesure des signaux à partir de l'oscilloscope et au calcul manuel du gain en décibel.

5. La source de tension continue réglable HMP2030

Il s'agit d'une source flottante (aucune borne n'est reliée à la terre du réseau \perp) à 3 canaux isolés électriquement. La tension, qui peut varier entre 0 et 32 V, se mesure entre les bornes + et - (et non pas \perp).

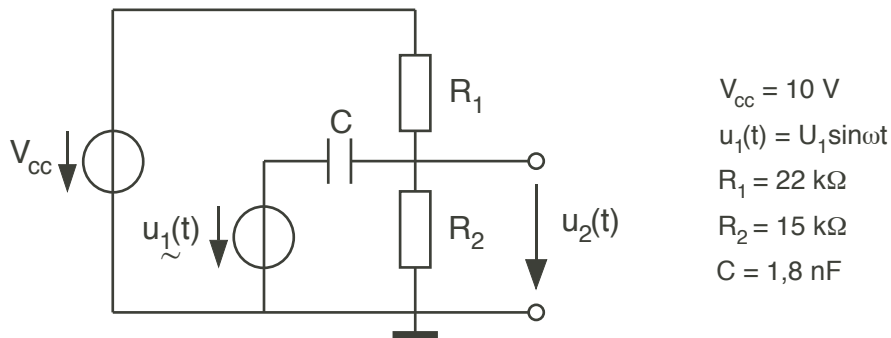
Les sources de laboratoire comportent généralement un dispositif de protection qui limite le courant maximal qu'elles peuvent débiter (par exemple en cas de court-circuit en sortie). Sur cette source, le courant maximum est réglable entre 0 et 5 A.

Régler la tension à vide à $U_0 = 5 \text{ V}$ et mettre la limitation de courant à 1 A.

Mesurer avec la meilleure précision possible la tension à vide (charge infinie), la tension avec une résistance de charge de 100Ω puis avec une résistance de charge de 15Ω (prendre une résistance capable de dissiper au minimum 2W). En déduire la valeur de la résistance interne de la source et conclure.

6. Application : mesure d'un circuit RC de couplage (passe-haut)

6.1 Schéma



6.2 Calcul du circuit

- 6.2.1 Prévoir l'allure de $u_2(t)$ en appliquant le théorème de superposition.
- 6.2.2 Calculer la composante continue de $u_2(t)$ en remplaçant le générateur u_1 par un court-circuit et la capacité par un circuit ouvert.
- 6.2.3 Calculer la composante sinusoïdale de $u_2(t)$ en remplaçant la source de tension continue par un court-circuit. Utiliser pour cela la notion d'impédance complexe et établir l'expression de la fonction de transfert

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2(j\omega)}{\underline{U}_1(j\omega)}$$

- 6.2.4 En déduire, pour $U_1 = 2 V_{\text{crête}}$ et $f = 30 \text{ kHz}$, l'expression finale de $u_2(t)$ (composante continue, amplitude et déphasage par rapport à $u_1(t)$ seront définis par leur valeur numérique).
- 6.2.5 Vérifier expérimentalement cette prévision en visualisant à l'oscilloscope les signaux $u_1(t)$ et $u_2(t)$. Contrôler au voltmètre les valeurs observées continue et alternative de $u_2(t)$.

6.3 Réponse harmonique et diagramme de Bode

- 6.3.1 Tracer sur papier lin-log les asymptotes des diagrammes de Bode en amplitude et phase.
- 6.3.2 Prendre $U_1 = 5 \text{ V}$ et calibrer le dB-mètre à 0 dB à l'aide de ce signal:
 - en branchant le V-mètre sur l'entrée du circuit et en mesurant la valeur efficace grâce à la touche **AC V**;
 - en laissant la mesure se stabiliser;
 - en sélectionnant la valeur en **dB** en tant que **2nd Function**;
 - et en annulant le résultat alors affiché sur la fenêtre supérieure avec la touche en regard de **Null**.

Ainsi le niveau à l'entrée $20 \log U_1$ égale 0 dB et le niveau à la sortie $20 \log U_2$ correspond directement au gain du montage en décibels $|H| [\text{dB}]$ puisque :

$$|H| [\text{dB}] = 20 \log \frac{U_2}{U_1} = 20 \log U_2 - 20 \log U_1 = 20 \log U_2 - 0 = 20 \log U_2$$

- 6.3.3 Reporter les valeurs mesurées du gain sur le diagramme de Bode de 500 Hz à 200 kHz. Suggestion : faire les mesures à : 500, 1k, 2k, 5k, 10k, 20k, 50k, 100k et 200k [Hz].

6.3.4 Mesurer la fréquence de coupure f_c .

6.3.5 A l'oscilloscope, mesurer le déphasage entre $u_1(t)$ et $u_2(t)$ à 1 kHz, 10 kHz et 100 kHz et reporter ces trois points sur le diagramme de Bode.

6.4 Réponse du circuit à un signal carré

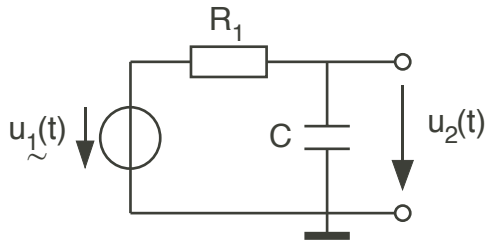
6.4.1 Régler le générateur afin que $u_1(t)$ soit un signal carré de 1 V d'amplitude.

6.4.2 Observer $u_2(t)$ à l'oscilloscope et dessiner ce signal sur papier millimétré pour les fréquences suivantes : 3 kHz, 30 kHz et 300 kHz.

Expliquer qualitativement l'allure de $u_2(t)$ pour chaque cas.

7. Expérimentation supplémentaire : mesure d'un circuit RC passe-bas

7.1 Schéma



$$u_1(t) = U_1 \sin \omega t$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C = 1,5 \text{ nF}$$

7.2 Réponse harmonique et diagramme de Bode

- 7.2.1 Etablir l'expression de la fonction de transfert $H(j\omega) = \underline{U}_2(j\omega)/\underline{U}_1(j\omega)$ et tracer sur papier lin-log les asymptotes des diagrammes de Bode en amplitude et en phase.

7.2.2 Prendre $U_1 = 5 \text{ V}$ et calibrer le dB-mètre à l'aide de ce signal en suivant la procédure décrite au point 7.3.2.

7.2.3 Reporter les valeurs mesurées du gain sur le diagramme de Bode (amplitude) de 500 Hz à 200 kHz. Suggestion : faire les mesures à : 500, 1k, 2k, 5k, 10k, 20k, 50k, 100k et 200k [Hz].

7.2.4 Mesurer la fréquence de coupure f_c .

7.2.5 A l'oscilloscope mesurer le déphasage entre $u_1(t)$ et $u_2(t)$ à 1 kHz, 10 kHz et 100 kHz et reporter ces trois points sur le diagramme de Bode (phase).

7.3 Réponse du circuit à un signal carré

7.3.1 Régler le générateur pour que $u_1(t)$ soit un signal carré de 5 V d'amplitude.

7.3.2 Observer $u_2(t)$ à l'oscilloscope et dessiner ce signal sur papier millimétré pour les fréquences suivantes : 3 kHz, 30 kHz et 300 kHz.

Expliquer qualitativement l'allure de $u_2(t)$ pour chaque cas.