

TP 7+8

Intégrateur

C'est un opérateur linéaire de l'électronique analogique, destiné à effectuer l'intégration par rapport au temps d'une grandeur électrique (tension ou courant), à un facteur constant près.

I. INTEGRATEUR A CIRCUIT RC.

(ne passer pas trop de temps sur cette partie, c'est une révision)

MATERIEL :

Générateur BF
Oscilloscope
Multimètre
Résistance-Condensateur

L'équation qui lie les tensions d'entrée et de sortie est donnée par :

$$RC \frac{dV_s}{dt} + V_s = V_e$$

En continu $\frac{dV_s}{dt} = 0$: $V_s = V_e$; l'intégration ne s'effectue pas,

et il faut :

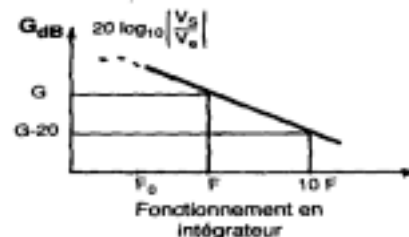
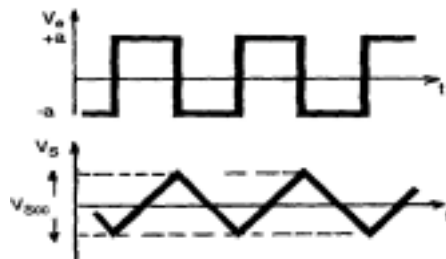
$$RC \frac{dV_s}{dt} \gg V_s \text{ pour que l'on puisse écrire : } V_s = \frac{1}{RC} \int V_e dt$$

Si V_e est une tension rectangulaire, prenant les valeurs $\pm a$, $V_s = \pm \frac{a}{RC} t$: la tension intégrée est composée de rampes montantes et descendantes.

Or, la solution de l'équation différentielle qui régit le circuit est de la forme $V_s = \pm a(1 - e^{-t/RC})$. Lorsque $t \ll RC$, on peut écrire $V_s = \pm \frac{a}{RC} t$.

On obtient des rampes si $T/RC \ll 1$. C'est la condition de travail en intégrateur.

En régime sinusoïdal, le fonctionnement correct de l'intégrateur est atteint lorsque $RC\omega \gg 1$: la fonction de transfert est égale à $\frac{1}{jRC\omega}$. Dans le plan de Bode, c'est une droite de pente -20dB/décade.



Manip 1. Prendre par exemple $R=100\text{k}\Omega$ et $C=0,1\text{ }\mu\text{F}$, ce qui donne $RC=10^{-2}$ s. Le générateur délivrant des signaux rectangulaires, on observe la tension de sortie à l'oscilloscope. A très basse fréquence, le régime exponentiel est bien visible et le circuit ne fonctionne pas en intégrateur. En augmentant la fréquence ($>1\text{kHz}$), les signaux deviennent triangulaires symétriques. Mesurer leur amplitude crête à crête et vérifier la formule écrite plus haut : $V_{scc} = aT/2RC$, où T est la période du signal rectangulaire. (On obtient un fonctionnement satisfaisant au delà de 3 ou 4 fois la fréquence de coupure)

Manip 2. Montrer que la valeur moyenne du signal d'entrée est la même que celle du signal de sortie (on utilisera le réglage d'offset pour rajouter une composante continue au signal alternatif)

Si on désire prélever un courant notable sur la sortie quel montage faut-il intercaler entre le condensateur et la charge ?

II MONTAGE INTEGRATEUR A AMPLI OPERATIONNEL.

MATERIEL :

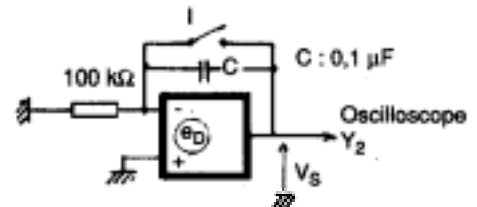
Ampli opérationnel (TL 81)
Alimentation ± 15 volts
Résistances ,condensateurs
Générateur BF
Oscilloscope
Interrupteur, chronomètre

L'ampli opérationnel étant considéré comme idéal, $V_s = -\frac{1}{RC} \int V_e dt$. L'offset du générateur à 0, (pas de composante continue à l'entrée), observer à l'oscilloscope les tensions d'entrée et de sortie, en gardant les composantes continues (mode DC à l'oscillo).

La tension d'entrée restant centrée sur zéro, la tension de sortie évolue irréversiblement et plus ou moins rapidement vers l'une des tensions de saturation. Ceci signifie que le modèle de l'AO ne convient pas ici, car le montage intègre les grandeurs de décalage de l'ampli. On pourrait être tenté de "rattraper" ce phénomène en agissant sur l'offset du générateur: on peut en effet inverser la dérive, jamais l'annuler.

Le montage ne pouvant rester en régime linéaire, on ne peut plus parler d'intégrateur. Si on désire l'utiliser malgré tout, il faut prévoir le maintien en régime linéaire par un circuit auxiliaire (voir par exemple le générateur de fonctions du TP" générateur de signaux).

Pour essayer d'évaluer la grandeur de décalage on réalise le montage ci-contre.



En modélisant la grandeur de décalage sous la forme d'une tension e_D , l'entrée du montage étant reliée à la masse, on peut écrire: $V_s = -\frac{1}{RC} \int e_D dt = -\frac{e_D}{RC} t$.

A $t=0$, on ouvre l'interrupteur I (qui peut être un fil qu'on débranche!) . Au bout du temps t_1 , V_s a varié de 1V, par exemple. On en déduit $\Delta V_s / \Delta t = \frac{\Delta V_s}{\Delta t} = -\frac{e_D}{RC}$.

Manip 1.-Avec un TL 081, mesurer à l'oscillo la vitesse de variation de la tension de sortie et en déduire la tension de décalage e_D .

Rm: On pourrait s'étonner de ne pas prendre en compte le courant d'entrée de l'AO dans la modélisation. Pour un TL 081, le constructeur donne un courant maximum i_o égal à 100 pA. En chargeant la capacité C, ce courant provoque une variation de la tension de sortie V_s

telle que $V_s = \frac{i_o}{C} t$, soit, avec les éléments du schéma, $V_s = 10^{-3} t$. L'influence du courant i_o est donc négligeable devant celle de la tension de décalage.

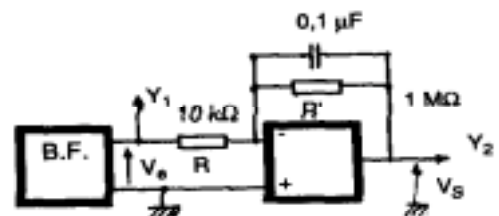
II. MONTAGE INTEGRATEUR ALTERNATIF A A.OP. (INTEGRATEUR DE MILLER).

MATERIEL :

Ampli opérationnel (TL 81)
Alimentation ± 15 volts
Résistances ,condensateurs
Générateur BF
Oscilloscope

On a shunté la capacité C par une résistance R', et il est visible, sans calcul, que le montage n'intègre plus les grandeurs continues. Le condensateur étant alors inopérant, le comportement du montage est celui d'un ampli inverseur de gain $-R'/R$.

Manip 1.-Avec les valeurs du schéma ($R=10k\Omega$, $R'=1M\Omega$) et la tension de décalage e_D mesurée précédemment estimer la



composante continue en sortie et la comparer avec sa valeur mesurée.

L'équation différentielle liant les variations des tensions d'entrée et de sortie s'écrit : $R C \frac{dV_s}{dt} + V_s = -\frac{R}{R'} V_e$.

Le comportement du montage est donc voisin de celui du montage I :

si $R C \frac{dV_s}{dt} \gg V_s$ la tension de sortie $V_s = -\frac{1}{RC} \int V_e dt$.

Tout d'abord, on constate que la dérive observée en II a disparu. Si $V_e=0$, le montage reste en régime linéaire.

La manipulation à effectuer est directement inspirée de I. En régime rectangulaire très basse fréquence, on observe les charges et décharges exponentielles de C dans R'.

Manip 1.- Augmenter la fréquence, et mettre en évidence le régime triangulaire de la tension de sortie qui traduit le comportement intégrateur du montage. Veiller à rester en régime linéaire; diminuer l'amplitude de la tension d'entrée en cas d'écroûtage (saturation) de V_s .

Manip 2.- Mesurer l'amplitude de la triangulaire, et vérifier la relation $V_{scc} = \frac{a}{RC} \frac{T}{2}$, établie dans la partie théorique du I.

Manip 3.- Faire varier la valeur moyenne de la tension d'entrée en agissant sur l'offset du générateur; mesurer la valeur moyenne de la tension de sortie.

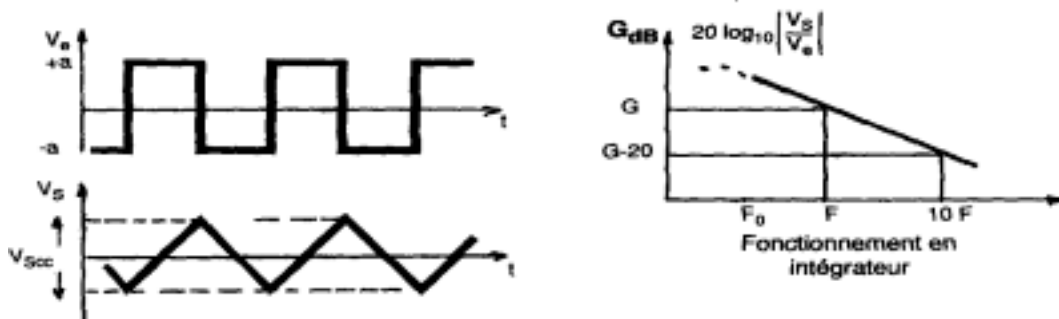
En régime sinusoïdal, la fonction de transfert $F(j\omega)$ du montage s'écrit : $F(j\omega) = -\frac{R}{R'} \frac{1}{1 + jRC\omega}$

C'est celle d'un filtre passe-bas.

Aux fréquences très supérieures à la fréquence de coupure ($f \gg f_c$), où $f_c = (2\pi RC)^{-1}$, la fonction de transfert tend

vers $-\frac{1}{jRC\omega}$.

Elle est représentée dans le plan de Bode par la droite asymptotique de pente -20dB/décade située en bande atténuée.



Prévoir 8 postes.

Condensateurs et résistances variables.

Un AO **TL81** (et non 741)

Un condensateur de 0,1 μF

Une résistance de 10k Ω , une de 100k Ω et une de 1M Ω .

Un oscillo à mémoire

Un multimètre

Un GBF

Une alimentation symétrique $\pm 15\text{V}$

A deux postes : une inductance variable.