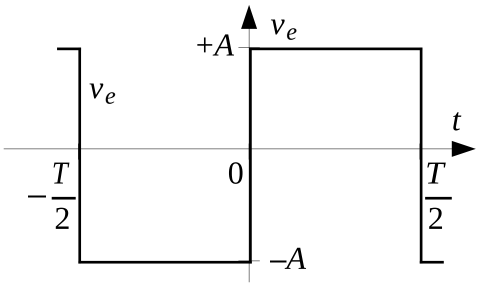
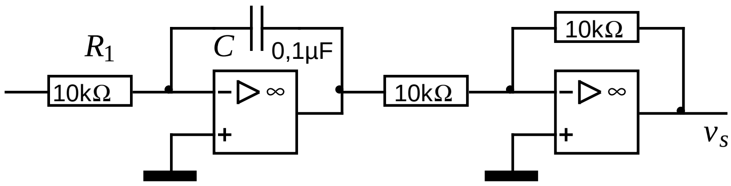
A22 - Correcteurs analogiques

3ème partie : Intégrateur

But : procédure de détermination des paramètres caractéristiques (gain statique et constante de temps) d'un correcteur proportionnel et intégral.

1) Intégrateur pur : action sur un signal carré

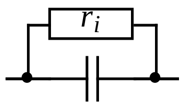




On pose : $v_e(t) = -A$ pour $-T/2 < t < 0$ et $v_e(t) = +A$ pour $0 < t < T/2$.

Mesure : $v_e(t)$ est un signal carré symétrique d'amplitude crête A = 0,2V et de fréquence 20 Hz. Observer le signal de sortie $v_s(t)$, en agissant éventuellement sur l'offset du GBF pour essayer d'éliminer toute composante continue de v_e. Que constate-t-on ?

Optimisation du fonctionnement du montage :

On veut limiter le gain en tension continu à $\left(\frac{V_s}{V_e}\right)_{\max} = 300$ à l'aide d'une résistance r_i connectée en parallèle avec le condensateur : 

.

a) Calculer r_i (*rappel :* l'impédance du condensateur en continu est infinie). Expérimenter. Conclusion.

b) Etablir la fonction de transfert $\frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}(j\omega)$ de l'intégrateur pur (sans r_i).

c) Calculer la fréquence pour laquelle $\frac{V_s}{V_e} = 300$. En déduire la plage de fonctionnement en fréquence de l'intégrateur muni de sa résistance r_i.

d) Tracer dans le plan de Bode le diagramme asymptotique de gain.

Calculs littéraux :

a) Etablir l'expression de l'équation différentielle qui lie $v_e(t)$ et $v_s(t)$. On pose : $\tau_i = R_1 C$.

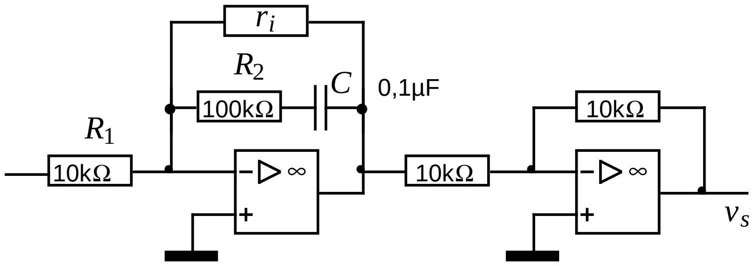
b) En déduire l'expression des réponses $v_s(t)$ lorsque $v_e(t) = +A$ et $v_e(t) = -A$. (on suppose que la constante d'intégration est nulle).

ISBN 978-2-9520781-1-5

2) Application : procédure de détermination des caractéristiques d'un correcteur PI

On modifie le montage comme indiqué sur le schéma.

Mesure : appliquer un signal carré identique au signal utilisé plus haut. Relever $v_s(t)$ (imprimer l'oscillogramme sur feuille A4).



Calculs littéraux :

a) Montrer que la fonction de transfert de ce circuit s'écrit (avec p = jω) : $\dfrac{V_s}{V_e}(p) = K_i\left(1+\dfrac{1}{\tau_i p}\right)$.

NB : dans ce calcul, négliger r_i.

b) En déduire (par changement $\dfrac{1}{p} \rightarrow \int . \, dt$) l'équation différentielle qui lie $v_e(t)$ et $v_s(t)$.

c) En déduire l'expression des réponses $v_s(t)$ lorsque $v_e(t) = +A$ et $v_e(t) = -A$. (on suppose que la constante d'intégration est nulle).

d) Calculer $v_s(0_-)$ et $v_s(0_+)$. En déduire $\left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+} = v_s(0_+) - v_s(0_-)$, variation instantanée de la tension de sortie en $t = 0$.

e) Calculer $v_{s+}(2\tau_i)$. En déduire $\left[\Delta v_s\right]_{0+}^{2\tau_i} = v_s(2\tau_i) - v_s(0_+)$, variation de la tension de sortie entre $t = 0_+$ et $t = 2\tau_i$.

Exploitation des mesures : on veut mesurer K_i et τ_i :

f) Des questions d) et e) déduire une procédure de mesure de $2\tau_i$, donc de τ_i, à partir du relevé effectué précédemment.

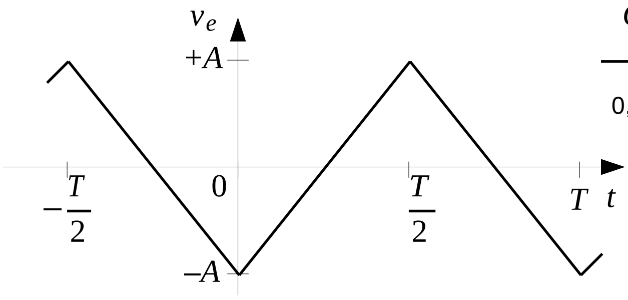
g) Connaissant l'amplitude A, en déduire la mesure de K_i.

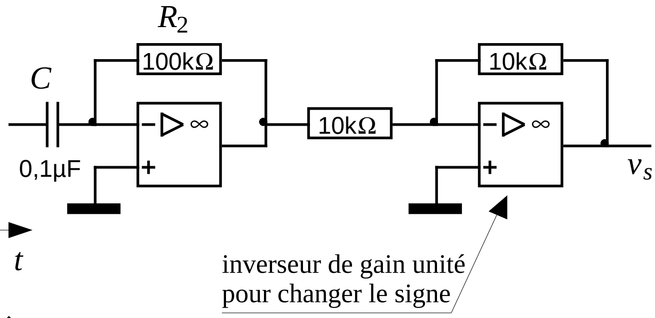
ISBN 978-2-9520781-1-5

4ème partie : dérivateur

But : procédure de détermination des paramètres caractéristiques (gain statique et constante de temps) d'un correcteur proportionnel et dérivée.

1) Dérivateur pur : action sur un signal triangulaire





Mesure : $v_e(t)$ est un signal triangulaire symétrique d'amplitude crête A = 2V et de fréquence 20 Hz. Relever le signal de sortie $v_s(t)$.

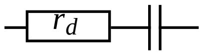
Calculs littéraux :

a) Etablir l'expression de l'équation différentielle qui lie $v_e(t)$ et $v_s(t)$. On pose : $\tau_d = R_2C$.

b) On pose : $v_{e-}(t) = -at + b$ pour $-T / 2 < t < 0$ et $v_{e+}(t) = at + b$ pour $0 < t < T / 2$. Exprimer a et b en fonction de A et T.

c) Calculer les réponses $v_{s-}(t)$ pour $-T / 2 < t < 0$ et $v_{s+}(t)$ pour $0 < t < T / 2$.

Optimisation du signal de sortie :

Sur le relevé précédent, on remarque la présence d'un bruit haute fréquence important. Pour réduire ce bruit, on limite le gain en tension HF à $\left(\frac{V_s}{V_e}\right)_{\max}$ = 200 à l'aide d'une résistance r_d connectée en série avec le condensateur : 

a) Calculer r_d (*rappel :* en HF, l'impédance du condensateur est négligeable). Expérimenter. Conclusion.

b) Etablir la fonction de transfert $\frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}(j\omega)$ du dérivateur pur (sans r_d).

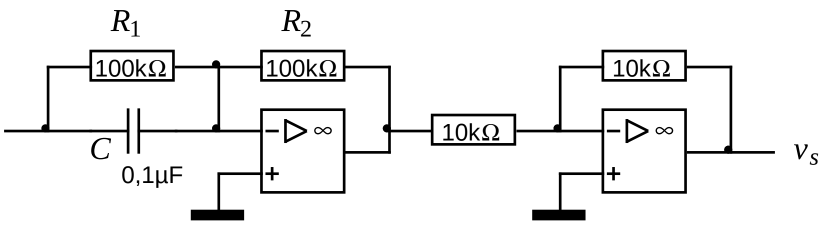
c) Calculer la fréquence pour laquelle $\frac{V_s}{V_e}$ = 200. En déduire la plage de fonctionnement en fréquence du dérivateur muni de sa résistance r_d.

d) Tracer dans le plan de Bode le diagramme asymptotique de gain.

ISBN 978-2-9520781-1-5

2) Application : procédure de détermination des caractéristiques d'un correcteur PD

On modifie le montage comme indiqué sur le schéma.



Mesure : appliquer un signal triangulaire identique au signal utilisé plus haut. Relever $v_s(t)$ (imprimer l'oscillogramme sur feuille A4).

Calculs littéraux :

a) Montrer que la fonction de transfert de ce circuit s'écrit (avec p = jω) : $\dfrac{V_s}{V_e}(p) = K_d(1+\tau_d p)$.

b) En déduire (par changement $p \to \dfrac{d\,.}{dt}$) l'équation différentielle qui lie $v_e(t)$ et $v_s(t)$.

c) Calculer les réponses $v_{s-}(t)$ pour $-T/2 < t < 0$ et $v_{s+}(t)$ pour $0 < t < T/2$.

d) Calculer $v_{s-}(0)$ et $v_{s+}(0)$. En déduire $\left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+} = v_{s+}(0) - v_{s-}(0)$, variation instantanée de la tension de sortie en $t = 0$.

e) Calculer $v_{s+}(2\tau_d)$. En déduire $\left[\Delta v_s\right]_{0+}^{2\tau_d} = v_{s+}(2\tau_d) - v_{s+}(0)$, variation de la tension de sortie entre $t = 0^+$ et $t = 2\tau_d$.

Exploitation des mesures : on veut mesurer K_d et τ_d :

f) Des questions d) et e) déduire une procédure de mesure de $2\tau_d$, donc de τ_d, à partir du relevé effectué précédemment.

g) Connaissant la pente a, en déduire la mesure de K_d.

Commentaires

3ème partie : Intégrateur

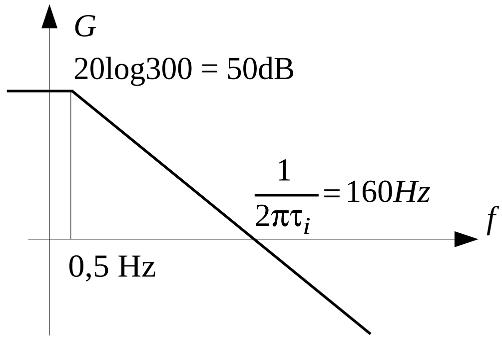
I- Intérateur pur : action sur un signal carré

$\tau_i = R_1 C = 1$ ms

a) *Amélioration du fonctionnement du montage :* $r_i / R_1 = 300 \Rightarrow r_i = 3$ MΩ

b) $\dfrac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e} = \dfrac{1}{j\tau_i\omega} \Rightarrow$ c) $\dfrac{V_s}{V_e} = \dfrac{1}{\tau_i\omega} = 300 \Leftrightarrow 0{,}53 \text{ Hz} < f < \infty$

d)



Calculs littéraux :

a) $v_s = \dfrac{1}{\tau_i}\int_0^t v_e\,dt$ avec $\tau_i = R_1 C = 1$ ms ;

b) $v_e = -A \Rightarrow v_s(t) = -\dfrac{A}{\tau_i}t$ et $v_e = +A \Rightarrow v_{s+}(t) = \dfrac{A}{\tau_i}t$

avec : $\dfrac{A}{\tau_i} = 200$ V/s .

2) Application : étude d'un correcteur proportionnel et intégral

Calculs littéraux :

a) $\dfrac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}(j\omega) = \dfrac{R_2}{R_1}\left(1 + \dfrac{1}{R_2 C j\omega}\right) \Rightarrow K_i = \dfrac{R_2}{R_1} = 10$; $\tau_i = R_2 C = 10ms$

b) $\dfrac{V_s}{V_e}(p) = K_i\left(1 + \dfrac{1}{\tau_d\, p}\right) \Rightarrow v_s = K_i v_e + \dfrac{K_i}{\tau_i}\int_0^t v_e\,dt$

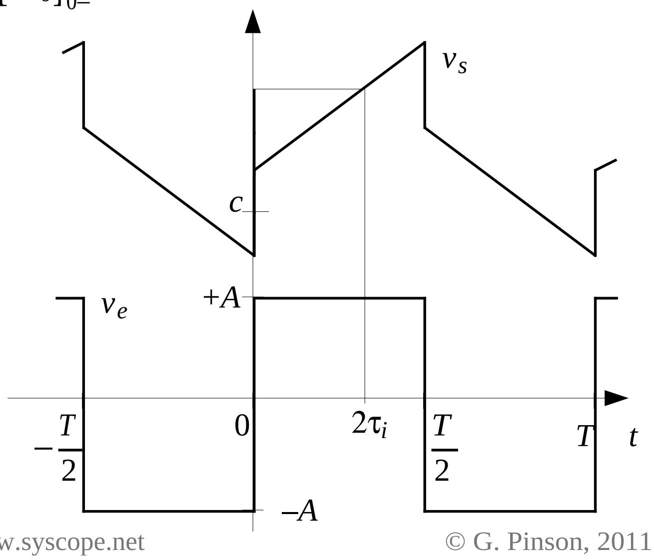
c) $v_e = -A \Rightarrow v_s(t) = -K_i A - \dfrac{K_i A}{\tau_i}t$; $v_e = +A \Rightarrow v_s(t) = K_i A + \dfrac{K_i A}{\tau_i}t$

d) $v_{s-}(0) = -K_i A + c$ et $v_{s+}(0) = K_i A + c \Rightarrow \left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+} = 2K_i A$

e) $v_{s+}(2\tau_i) = K_i A + 2\dfrac{K_i A}{\tau_i}\tau_i \Rightarrow \left[\Delta v_s\right]_0^{2\tau_i} = 2\dfrac{K_i A}{\tau_i}\tau_i$

f) Sur le graphe on cherche l'instant où $\left[\Delta v_s\right]_0^t = \left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+}$. Cet instant est : $t = 2\tau_i$

g) $\Rightarrow K_i = \dfrac{\left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+}}{2A}$

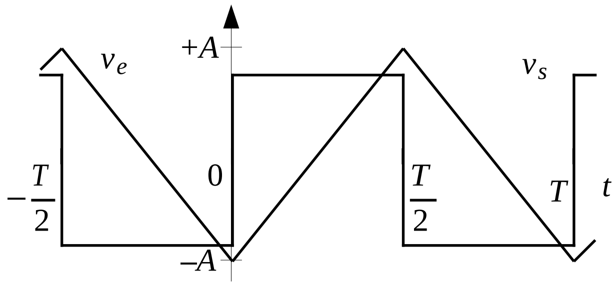


ISBN 978-2-9520781-1-5

4ème partie : Dérivateur

1) Dérivateur pur : action sur un signal triangulaire

Calculs littéraux :



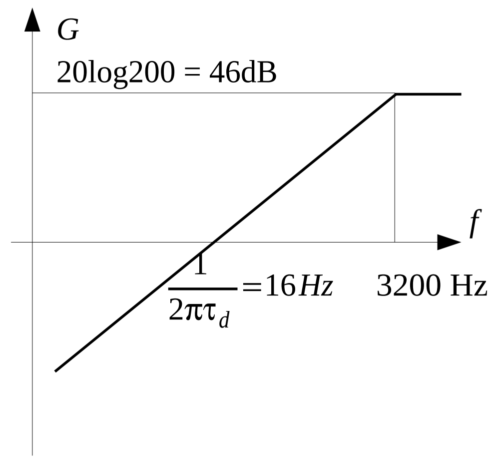
a) $v_s = \tau_d \dfrac{dv_e}{dt}$ avec $\tau_d = R_2C = 10$ ms ;

b) $v_{e-}(t) = -\dfrac{4A}{T}t - A$ et $v_{e+}(t) = \dfrac{4A}{T}t - A$

avec : $T = 1/20 = 50$ ms

$\Rightarrow a = 160$ V/s et $b = -2$V ;

c) $v_s = \pm\, a\tau = \pm\, 1{,}6$ V.



Optimisation du signal de sortie :

$R_2 / r_d = 200 \Rightarrow r_d = 500\ \Omega$

$\dfrac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e} = j\tau_d\omega$

$\Rightarrow \dfrac{V_s}{V_e} = \tau_d\omega = 200 \Leftrightarrow 0 < f < \dfrac{200}{2\pi\tau_d} = 3200\,Hz$

2) Application : procédure de détermination des caractéristiques d'un correcteur PD

Calculs littéraux :

a) $\dfrac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}(j\omega) = \dfrac{R_2}{R_1}(1 + R_1Cj\omega) \Rightarrow K_d = \dfrac{R_2}{R_1} = 1$; $\tau_d = R_1C = 10ms$

b) $\dfrac{V_s}{V_e}(p) = K_d(1 + \tau_d p) \Rightarrow v_s = K_d v_e + K_d\tau_d \dfrac{dv_e}{dt}$

c) $v_e = -at + b \Rightarrow v_{s-}(t) = -K_d at + K_d b - K_d\tau_d a$; $v_e = +at + b \Rightarrow v_{s+}(t) = K_d at + K_d b + K_d\tau_d a$

d) $v_{s-}(0) = K_d b - K_d\tau_d a$ et $v_{s+}(0) = K_d b + K_d\tau_d a \Rightarrow \left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+} = 2K_d\tau_d a$

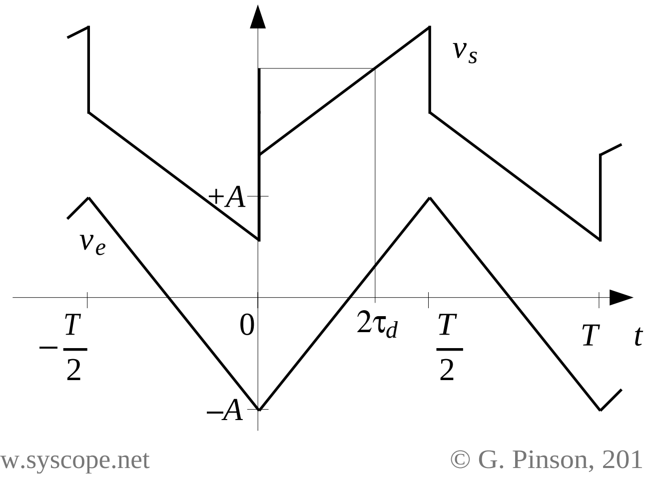
e) $v_{s+}(2\tau_d) = K_d b + 3K_d\tau_d a \Rightarrow \left[\Delta v_s\right]_{0}^{2\tau_d} = 2K_d\tau_d a$

f) Sur le graphe on cherche l'instant où :

$\left[\Delta v_s\right]_0^t = \left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+}$.

Cet instant est : $t = 2\tau_d$

g) $\Rightarrow K_d = \dfrac{\left[\Delta v_s\right]_{0-}^{0+}}{2\tau_d a}$



ISBN 978-2-9520781-1-5 http://www.syscope.net