UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE
Faculté de génie
Département de génie électrique et génie informatique

CALCULS APP6

Circuits et systèmes du 2ème ordre
APP6

Présenté à
Gwenaëlle Harmon
Hassan Maher
Jan Dubowski
Roch Lefebvre

Présenté par
Équipe numéro 3
Félix Boivin - BOIF1302
Mathieu Désautels - DESM1210

Sherbrooke – 29 novembre 2022

TABLE DES MATIÈRES

1. Circuit émetteur avant U1 : 1

1.1 Circuit de charge avant U1 : 1

1.1.1 Équation de départ : 1
1.1.2 Résolution complémentaire avec quadratique: 1
1.1.3 Forme complémentaire : 2
1.1.4 Résultat du circuit de charge : 2

1.2 Circuit de décharge avant U1 : 3

1.2.1 Équation de départ : 3
1.2.2 Résolution complémentaire avec quadratique: 3
1.2.3 Résolution : 4

2. Circuit émetteur après U1: 4

2.1 Circuit de charge : 4

2.1.1 Formule de départ : 4
2.1.2 Résolution complémentaire : 5
2.1.3 Valeur V_{REF} : 5
2.1.4 Recherche réponse : 5
2.1.5 Réponse : 6

2.2 Circuit de décharge : 6

2.2.1 Formule de départ : 6
2.2.2 Résolution complémentaire : 6
2.2.3 Valeur à 63.7% : 7
2.2.4 Recherche réponse : 7
2.2.5 Réponse : 7

3. Circuit de réception : 7

3.1 Circuit de charge : 7

3.1.1 Formule de départ : 7
3.1.2 Résolution complémentaire : 8
3.1.3 Résolution particulière : 8
3.1.4 Résolution complète : 8
3.1.5 Recherche de la valeur de R_{10} 8
3.1.6 R_{10} après 2 pulsations à 2V 8
3.1.7 R_{10} après 2 pulsations à 3V 9
3.1.8 R_{10} après 5 pulsations à 5V 9

3.2 Circuit de décharge : 9

3.2.1 Formule de départ : 9
3.2.2 Résolution complémentaire : 9
3.2.3 Résolution complète : 10
3.2.4 Recherche de la valeur de R_{11} 10

4. Références 11

LISTE DES FIGURES

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

LISTE DES TABLEAUX

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée.

1. CIRCUIT ÉMETTEUR AVANT U1 :

1.1 CIRCUIT DE CHARGE AVANT U1 :

1.1.1 ÉQUATION DE DÉPART :

V_s = Tension de la source à t=0 (V)

R_1 = Résistance de l'inductance (Ω)

L = valeur de l'inductance (H)

i = courant dans la boucle (A)

C = valeur du condensateur (F)

$$Vs \ = \ Vc_1 + VR_1 + VL_1$$

$V_{C_1} = \frac{1}{C}\int i(t)dt$	$V_{L_1} = L\frac{di}{dt}$	$V_{R_1} = R_1 i$

$$\frac{1}{C}\int i(t)dt + R_1 i + L\frac{di}{dt} = V_s$$

$$\frac{1}{C_1R_1}\int V_L dt + \frac{R_1V_L}{R_1} + \frac{L_1}{R_1}\frac{dV_L}{dt} = V_s \qquad \text{où} \quad i = \frac{V_L}{R_1}$$

$$\frac{1}{C_1R_1}V_L + V_L' + \frac{L_1}{R_1}V_L'' = V_s'$$

$$V_L'' + \frac{R_1}{L_1}V_L' + \frac{1}{L_1C_1}V_L = \frac{R_1}{L_1}V_s'$$

1.1.2 RÉSOLUTION COMPLÉMENTAIRE AVEC QUADRATIQUE:

$V_L = Ae^{\lambda t}$	$V_L{}' = A\lambda e^{\lambda t}$	$V_L{}'' = A\lambda^2 e^{\lambda t}$
	$V_e' = 0$	

$$A_1\,\lambda^2 e^{\lambda t} + A_2\lambda e^{\lambda t} + A_3 e^{\lambda t} = A_3 V_e{}'$$

$$(\lambda^2 + \lambda + 1)Ae^{\lambda t} = 0$$

$$\frac{-b \pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a} = \lambda_{1,2} \qquad a = 1\ b = \frac{R_1}{L}\ c = \frac{1}{LC}$$

$$\frac{-2000 \pm \sqrt{2000^2 - (4 * 1 * \frac{1}{13.6 * 10^{-9}})}}{2 * 1} = \lambda_{1,2}$$

$$-1000 \pm\ 8516J = \lambda_{1,2} \qquad \text{où} \quad J = \sqrt{-1}$$

1.1.3 Forme complémentaire :

$$V_L(t) = A_1 e^{(-1000+8516J)t} + A_2 e^{(-1000-8516J)t}$$

$$V_L(t) = A_1 e^{-1000t} e^{8516Jt} + A_2 e^{-1000t} e^{-8516Jt}$$

On peut simplifier grâce aux équations d'Euler

$e^{j\theta} = \cos(\theta) + jsin(\theta)$	$e^{-j\theta} = \cos(\theta) - jsin(\theta)$

$$V_L(t) = A_1 e^{-1000t}(\cos(8517t) + \mathrm{J}\sin(8517t)) + A_2 e^{-1000t}(\cos(8516t) - \mathrm{J}\sin(8516t))$$

$$V_L(t) = e^{-1000t}\left(\left((A_1 + A_2)\cos(8516t)\right) + (J(A_1 - A_2)\sin(8516t))\right)$$

$$V_L(t) = e^{-1000t}(B_1 \cos(8516t) + B_2 \sin(8516t)) \qquad B_1 = (A_1 + A_2) \text{ et } B_2 = J(A_1 - A_2)$$

$V_L(0) = 12$	$V_L(0{,}005) = 0$

$$12 = e^{-1000(0)}(B_1 \cos(8516(0)) + B_2 \sin(8516(0)))$$

$$12 = 1 * (1B_1 + 0B_2)$$

$$B_1 = 12$$

$$0 = e^{-1000(0.005)}(12\cos(8516(0.005)) + B_2 \sin(8516(0.005)))$$

$$0 = 0.006737946(2.012435644 - 0.985837569B_2)$$

$$-0.013559682 = -0.00664252B_2$$

$$B_2 = 2.041346$$

1.1.4 Résultat du circuit de charge :

$V_L(t) = e^{-1000t}(12\cos(8516t) + 2.04\sin(8516t))$

1.2 CIRCUIT DE DÉCHARGE AVANT U1 :

1.2.1 ÉQUATION DE DÉPART :

V_s = Tension de la source à t=0 (V)

R_2 = Résistance de décharge (Ω)

L = valeur de l'inductance (H)

i = courant dans la boucle (A)

C = valeur du condensateur (F)

$$Vs = Vc_1 + VR_2 + VL_1$$

$V_{C_1} = \frac{1}{C}\int i(t)dt$	$V_{L_1} = L\frac{di}{dt}$	$V_{R_1} = R_1 i$

$$\frac{1}{C}\int i(t)dt + R_2 i + L\frac{di}{dt} = V_s$$

$$\frac{1}{C_1R_1}\int V_L dt + \frac{R_1V_L}{R_1} + \frac{L_1}{R_1}\frac{dV_L}{dt} = V_s \qquad \text{où} \quad i = \frac{V_L}{R_1}$$

$$\frac{1}{C_1R_2}V_L + V_L' + \frac{L_1}{R_2}V_L'' = V_s'$$

$$V_L'' + \frac{R_2}{L_1}V_L' + \frac{1}{L_1C_1}V_L = \frac{R_2}{L_1}V_s'$$

1.2.2 RÉSOLUTION COMPLÉMENTAIRE AVEC QUADRATIQUE:

$V_L = Ae^{\lambda t}$	$V_L{}' = A\lambda e^{\lambda t}$	$V_L{}'' = A\lambda^2 e^{\lambda t}$
	$V_e' = 0$	

$$A_1\, \lambda^2 e^{\lambda t} + A_2\lambda e^{\lambda t} + A_3 e^{\lambda t} = A_3 V_e'$$

$$(\lambda^2 + \lambda + 1)Ae^{\lambda t} = 0$$

$$\frac{-b \pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a} = \lambda_{1,2} \qquad a = 1\ b = \frac{R_2}{L}\ c = \frac{1}{LC}$$

$$\frac{-5\,000\,000 \pm \sqrt{5\,000\,000^2 - (4 * 1 * \frac{1}{13.6 * 10^{-9}})}}{2 * 1} = \lambda_{1,2}$$

$$-2\,500\,000 \pm\ 2\,499\,985 = \lambda_{1,2}$$

$$V_L(t) = A_1 e^{-14.7t} + A_2 e^{-4\,999\,985t}$$

1.2.3 RÉSOLUTION :

$$\boxed{V_L(0) = -12}$$

$$V_L(0) = A_1e^0 + A_2e^0$$
$$A_1 = -12 - A_2$$

$$V_L' = -\frac{R}{L}V_L - Ci_C$$

$$V_L' = -\frac{R}{L}V_L \qquad \text{Car } i(0) = 0$$

$$V_L' = -\frac{100\,000}{0.02}V_L$$

$$V_L' = -5\,000\,000\,V_L$$

$$V_L'(0) = 60\,000\,000$$
$$V_L'(0) = -14.7A_1e^0 - 4\,999\,985A_2e^0$$
$$60\,000\,000 = -14.7(-12 - A_2) - 4\,999\,985A_2$$
$$59\,999\,820 = -4\,999\,970A_2$$
$$-12.000036 = A_2$$

$$A_1 = -12 - (-12.000036)$$
$$A_1 = 0.000036$$

$$\boxed{V_L(t) = 0.000036e^{-14.7t} - 12.000036e^{-4\,999\,985t}}$$

2. CIRCUIT ÉMETTEUR APRÈS U1:

2.1 CIRCUIT DE CHARGE :

2.1.1 FORMULE DE DÉPART :

**on considère les diodes comme idéales donc pas besoin de les inclure dans les équations

V_s = Tension de la source (V)

R_7 = Résistance de charge (Ω)

i = courant dans la boucle (A)

C = valeur du condensateur (F)

$$Vs = Vc_2 + VR_7$$

$V_{C_2} = \frac{1}{C}\int i(t)dt$	$V_{R_7} = R_7 i$

$$V_s = \frac{1}{C_2}\int i(t)dt + V_{R_7}$$

$$V_s' = \frac{1}{R_7C_2}V_{R_7} + V_{R_7}' \qquad \text{où} \quad i = \frac{V_{R_7}}{R_7}$$

2.1.2 RÉSOLUTION COMPLÉMENTAIRE :

$$R_7C_2V_{R_7}' + V_{R_7} = 0$$

$V_{R_7}(t) = Ae^{\lambda t}$	$V_{R_7}'(t) = A\lambda e^{\lambda t}$

$$V_{R_7}(t) = R_7C_2A\lambda e^{\lambda t} + Ae^{\lambda t}$$

$$V_{R_7}(t) = (R_7C_2\lambda + 1)Ae^{\lambda t}$$

$$\lambda = -\frac{1}{R_7C_2}$$

$$V_{R_7}(0) = 24$$

$$24 = Ae^0$$

$$V_{R_7}(t) = 24e^{-\frac{1}{R_7C_2}}$$

On sait qu'on doit avoir la valeur de référence R_8 R_9 à $t = 150 \pm 10\% \ \mu s$

2.1.3 VALEUR V_{REF} :

$$V_{REF} = 12\frac{R_9}{R_9 + R_8}$$

$$V_{REF} = 4V$$

2.1.4 RECHERCHE RÉPONSE :

$$4 = 24e^{-\frac{150*10^{-6}}{R_7*10*10^{-9}}}$$

$$\ln\left(\frac{4}{24}\right) = -\frac{150*10^{-6}}{R_7*10*10^{-9}}$$

$$-17*10^{-9}R_7 = -150*10^{-6}$$

$$R_7 = 8371.659\ \Omega$$

2.1.5 Réponse :

$$\boxed{R_7 = 8371.659\ \Omega}$$

2.2 Circuit de décharge :

2.2.1 Formule de départ :

**on considère les diodes comme idéales donc pas besoin de les inclure dans les équations

V_s = Tension de la source (V)

R_6 = Résistance de décharge (Ω)

i = courant dans la boucle (A)

C = valeur du condensateur (F)

$$Vs = Vc_2 + VR_6$$

$V_{C_2} = \frac{1}{C}\int i(t)dt$	$V_{R_6} = R_6 i$

$$V_s = \frac{1}{C_2}\int i(t)dt + V_{R_6}$$

$V_s' = \frac{1}{R_6C_2}V_{R_6} + V_{R_6}'$ où $i = \frac{V_{R_6}}{R_6}$

2.2.2 Résolution complémentaire :

$$R_6C_2V_{R_6}' + V_{R_6} = 0$$

$V_{R_7}(t) = Ae^{\lambda t}$	$V_{R_7}{}'(t) = A\lambda e^{\lambda t}$

$$V_{R_6}(t) = R_6C_2A\lambda e^{\lambda t} + Ae^{\lambda t}$$

$$V_{R_6}(t) = (R_6C_2\lambda + 1)Ae^{\lambda t}$$

$$\lambda = -\frac{1}{R_6C_2}$$

$$V_{R_6}(0) = -24$$

$$-24 = Ae^{0}$$

$$V_{R_6}(t) = -24e^{-\frac{1}{R_6C_2}}$$

On sait qu'on doit avoir une perte de 63.7% à $t = 15 \pm 10\% \ \mu s$

2.2.3 Valeur à 63.7% :

$$V_{63.7\%} = (1.00 - .637) * -24$$
$$V_{63.7\%} = -8.712V$$

2.2.4 Recherche réponse :

$$-8.712 = -24e^{-\frac{15*10^{-6}}{R_6*10*10^{-9}}}$$
$$\ln\left(\frac{-8.712}{-24}\right) = -\frac{15 * 10^{-6}}{R_6 * 10 * 10^{-9}}$$
$$-10 * 10^{-9}R_6 = -15 * 10^{-6}$$
$$R_6 = 1480.235\ \Omega$$

2.2.5 Réponse :

$$\boxed{R_6 = 1\,480.235\ \Omega}$$

3. Circuit de réception :

3.1 Circuit de charge :

3.1.1 Formule de départ :

V_{U2} = Tension de sortie de l'ampli-op U2

V_{R10} = Tension aux bornes de la résistance R10

V_{C3} = Tension aux bornes du condensateur C3

$$V_{U2} = V_{R10} + V_{C3}$$

$$V_{U2} = V_{R10} + \frac{1}{C_3}\int I_{C3}(t)dt$$
$$V_{U2} = V_{R10} + \frac{1}{R_{10}C_3}\int V_{R10}(t)dt$$

$$V_{R10}' + \frac{1}{R_{10}C_3} V_{R10} = V_{U2}'$$

3.1.2 Résolution complémentaire :

$V_{R10} = Ae^{\lambda t}$	$V_{R10}' = A\lambda e^{\lambda t}$

$$A\lambda e^{\lambda t} + \frac{1}{R_{10}C_3} Ae^{\lambda t} = 0$$

$$\lambda = \frac{-1}{R_{10}C_3}$$

$$V_c(t) = Ae^{-\frac{t}{R_{10}C_3}}$$

3.1.3 Résolution particulière :

$$V_p = 12$$

3.1.4 Résolution complète :

$$V_{R_{10}}(t) = Ae^{-\frac{t}{R_{10}C_3}} + 12$$

$$V_{R_{10}}(0) = 0$$

$$0 = Ae^0 + 12$$

$$A = -12$$

$$V_{R_{10}}(t) = -12e^{-t/_{RC}} + 12$$

3.1.5 Recherche de la valeur de R_{10}

À 2 pulsations, C_3 doit être chargé entre 2 et 3V.

À 5 pulsations, C_3 doit être chargé à 5V ± 10%.

3.1.6 R_{10} après 2 pulsations à 2V

Une pulsation à 150µs donc la deuxième est à 300µs

$$2 = -12e^{-300*10^{-6}/_{R_{10}*1*10^{-6}}} + 12$$

$$\frac{-300}{R_{10}} = \ln\left({}^{5}/_{6}\right)$$

$$\boxed{R_{10} = 1648\Omega}$$

3.1.7 R10 APRÈS 2 PULSATIONS À 3V

$$3 = -12e^{-300*10^{-6}/R_{10}*1*10^{-6}} + 12$$

$$\frac{-300}{R_{10}} = \ln\left({}^{3}/_{4}\right)$$

$$\boxed{R_{10} = 1071\Omega}$$

3.1.8 R10 APRÈS 5 PULSATIONS À 5V

**après 5 pulsations t vaut 750µs

$$5 = -12e^{-750*10^{-6}/R_{10}*1*10^{-6}} + 12$$

$$\frac{-750}{R_{10}} = \ln\left({}^{7}/_{12}\right)$$

$$\boxed{R_{10} = 1391{,}47\Omega}$$

3.2 CIRCUIT DE DÉCHARGE :

3.2.1 FORMULE DE DÉPART :

V_{C3} = Tension aux bornes du condensateur C3

V_{R11} = Tension aux bornes de la résistance R11

$$V_{C3} + V_{R11} = 0$$

$$V_{C3} + R_{11}C_3V_{C3}' = 0$$

$$V_{C3}' + \frac{1}{R_{11}C_3}V_{C3} = 0$$

3.2.2 RÉSOLUTION COMPLÉMENTAIRE :

$V_{R11} = Ae^{\lambda t}$	$V_{R11}' = A\lambda e^{\lambda t}$

$$A\lambda e^{\lambda t} + \frac{1}{R_{11}C_3}Ae^{\lambda t} = 0$$

$$\lambda = \frac{-1}{R_{11}C_3}$$

$$V_c = Ae^{-t/R_{11}C_3}$$

3.2.3 RÉSOLUTION COMPLÈTE :

$$V = Ae^{-t/R_{11}C_3}$$

Nous avons comme condition initiale que t(0) = 5, nous pouvons donc trouver la valeur de la constante A

$$5 = Ae^0$$

$$A = 5$$

$$V = 5e^{-t/RC}$$

3.2.4 RECHERCHE DE LA VALEUR DE R_{11}

On sait qu'on doit avoir une perte de 99.3% à $t = 1\ ms$

$$\boxed{V(0{,}001) = 0.035}$$

$$0{,}035 = 5e^{-1*10^{-3}/R_{11}*1*10^{-6}}$$

$$\frac{-1*10^{-3}}{R_{11}*1*10^{-6}} = \ln(0{,}007)$$

$$\boxed{R_{11} = 201.5\ \Omega}$$

4. RÉFÉRENCES

There are no sources in the current document.