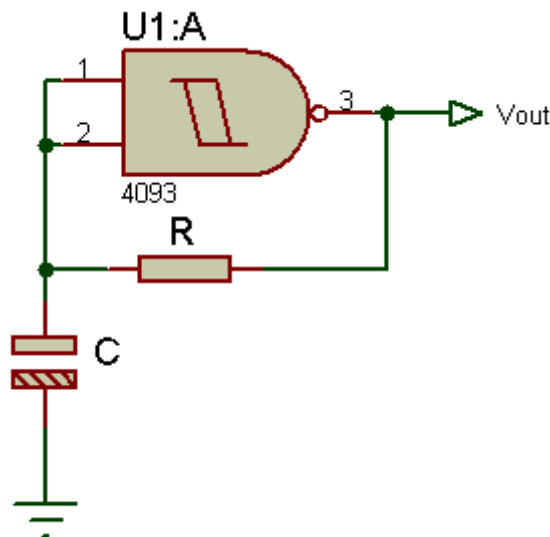


NOTE DE CALCUL

Montage électronique



Le but de cette note de calcul est de déterminer la fréquence d'oscillation du système en fonction de la résistance R1 et du condensateur C1

Datasheet du CD4093

Symbol	Parameter	Conditions	-40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
I _{DD}	Quiescent Device Current	V _{DD} = 5V		1.0			1.0		7.5	μA
		V _{DD} = 10V		2.0			2.0		15.0	μA
		V _{DD} = 15V		4.0			4.0		30.0	μA
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{IN} = V _{DD} , I _O < 1 μA								
		V _{DD} = 5V		0.05		0	0.05		0.05	V
		V _{DD} = 10V		0.05		0	0.05		0.05	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{IN} = V _{SS} , I _O < 1 μA								
		V _{DD} = 5V	4.95		4.95	5		4.95		V
		V _{DD} = 10V	9.95		9.95	10		9.95		V
V _{T-}	Negative-Going Threshold Voltage (Any Input)	V _{DD} = 15V, V _O = 13.5V	4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	V
		V _{DD} = 10V, V _O = 9V	2.85	4.5	3.0	4.1	4.5	3.0	4.65	V
		V _{DD} = 5V, V _O = 4.5V	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
V _{T+}	Positive-Going Threshold Voltage (Any Input)	V _{DD} = 15V, V _O = 1.5V	8.25	10.65	8.25	9.0	10.5	8.1	10.5	V
		V _{DD} = 10V, V _O = 1V	5.5	7.15	5.5	6.2	7.0	5.35	7.0	V
		V _{DD} = 5V, V _O = 0.5V	2.75	3.6	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	V
V _H	Hysteresis (V _{T+} - V _{T-}) (Any Input)	V _{DD} = 15V	1.5	6.3	1.5	2.7	6.0	1.20	6.0	V
		V _{DD} = 10V	1.0	4.3	1.0	2.2	4.0	0.70	4.0	V
		V _{DD} = 5V	0.5	2.35	0.5	1.5	2.0	0.35	2.0	V

Avant la mise sous tension du montage

Bien entendu avant la mise sous tension du système électronique, le condensateur est totalement déchargé et sa tension à ses bornes est de $U_c=0V$.

Pour une tension de $U_c=0V$ sur l'entrée du CD4093, nous obtenons en sortie sont complément soit 5V, oui 5V puisque la tension d'alimentation se fera sous 5V.

Ce qui est important c'est que ce circuit intégré possède un état haut $V_{t+}=3,3V$ (sous $U_{alim}=5V$), et un état bas $V_{t-}=1,8V$ (sous $U_{alim}=5V$). L'hystérésis est donc la soustraction de ces deux valeurs nommé $V_h=V_{t+}-V_{t-}=3,3-1,8=1,5V$, c'est ien d'ailleurs ce qu'on retrouve sur la doc du constructeur. Il en résulte que l'hystérésis se situe entre ces deux valeurs, et c'est entre ces deux valeurs que l'oscillation aura lieu.

- Pour une tension inférieur à 1,8V, la sortie du CD4093 $V_{out}=5V$,
- Pour une tension supérieur à 3,3V, la sortie du CD4093 $V_{out}=0V$,

Voilà ce qu'il faut retenir du CD4093, regardons ce qui se passe à la mise sous tension

A la mise sous tension

À la mise sous tension, avec $U_c=0V$ ($t=0$) nous avons en sortie $V_{out}=5V$.

$$V_{out} = U_c + U_r = U_c + R i_c + U_c + RC \frac{dU_c}{dt}$$

Je pense que vous l'avez compris nous avons un système linéaire du 1^{er} ordre, et il faut donc passer par les équations différentiels pour résoudre un tel système.

Pour des calculs plus rapide j'ai préféré passer par les transformées de Laplace.

Transformées de Laplace

$$V_{out}(p) = U_c(p) + RC[U_c(p)p - u_c(0^+)]$$

$$U_c(0^+)=0V$$

Pour pas trop surcharger les calculs je vais supprimer (p) ce qui donne

$$V_{out} = U_c + RC[U_c p] = U_c[1 + RCp]$$

$$U_c = \frac{V_{out}}{1 + RCp}$$

À la mise sous tension, la sortie V_{out} passe de 0V à 5V subitement, ce qui est normale puisque hors tension $V_{out}=0V$ (je serais surpris de voir 5V or tension !!!)

$$U_c = \frac{V_{out}}{p} \cdot \frac{1}{1 + RCp}$$

$$U_c = \frac{V_{out}}{p} \cdot \frac{1}{1 + RCp} = \frac{A}{p} \cdot \frac{B}{1 + RCp} \quad A \text{ et } B \text{ sont des cst à déterminer}$$

$$\frac{V_{out}}{p} \cdot \frac{1}{1 + RCp} = \frac{A + ARCp + Bp}{p(1 + RCp)}$$

Il suffit que :

$$V_{out} = A + (ARC + B)p$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A=5 \\ ARC+B=0 \end{array} \right.$$

On obtient au final $A=5$, $B= -5RC$ par identification

$$U_c = \frac{5}{p} - 5RC \times \frac{1}{1+RCp}$$

$$U_c = \frac{5}{p} - 5 \times \frac{1}{\frac{1}{RC} + p}$$

A ce stade du calcul et en appliquant la transformée inverse, nous pouvons en déduire la tension $U_c(t)$ du condensateur.

Transformée de Laplace inverse

$$U_c = 5[1 - e^{-t1/RC}]$$

Charge du condensateur

Le condensateur va donc se charger d'une façon exponentiel jusqu'à la valeur V_t+ , pour que lorsqu'il arrivera à cette valeur la sortie du CD4093 change d'état

Reprenons la ou nous nous somme arrêté

1^{er} seuil

l'état de $U_c(0^+) = 3,3V$ (seuil de basculement) et nous avons en sortie $V_{out} = 0V$.

$$V_{out} = U_c + U_r = U_c + R i_c + U_c + RC \frac{dU_c}{dt}$$

Transformées de Laplace

$$V_{out}(p) = U_c(p) + RC[U_c(p)p - u_c(0^+)]$$

$U_c(0^+) = 3,3V$ et $V_{out} = 0V$

$$0 = U_c(p) + RC[U_c(p)p - 3,3]$$

$$0 = U_c + RC U_c p - 3,3RC = U_c[1 + RCp] - 3,3RC$$

$$U_c = \frac{3,3RC}{1 + RCp}$$

3,3V correspond aux conditions initiale du condensateur C

$$U_c = 3,3RC \cdot \frac{1}{1 + RCp}$$

A ce stade du calcul et en appliquant la transformée inverse, nous pouvons en déduire la tension $U_c(t)$ du condensateur.

Transformée de Laplace inverse

$$U_c = 3,3[e^{-t1/RC}] \quad \text{Décharge du condensateur}$$

Le condensateur va donc se décharger d'une façon exponentiel jusqu'à la valeur V_t , pour que lorsqu'il arrivera à cette valeur la sortie du CD4093 change d'état

$$1,8 = 3,3[e^{-t1/RC}]$$

$$t1 = -RC \times \ln(0,545) \quad (1) \text{ à retenir important}$$

Nous avons déterminé précédemment, le premier palier lorsque la tension du condensateur $U_c=1,8$ (seuil du 1^{er} basculement), dans ce cas arrivé à ce seuil, la sortie du CD4093 change d'état, $V_{out}=5V$.

2^{ème} seuil

l'état de $U_c(0^+)=1,8V$ (seuil de basculement) et nous avons en sortie $V_{out}=5V$.

$$V_{out} = U_c + U_r = U_c + Ric + U_c + RC \frac{dU_c}{dt}$$

Je pense que vous l'avez compris cette fois-ci on recommence, mais pour l'autre seuil.

Transformées de Laplace

$$V_{out}(p) = U_c(p) + RC[U_c(p)p - u_c(0^+)]$$

$U_c(0^+)=1,8V$ et $V_{out}=5V$

$$V_{out}(p) = U_c(p) + RC[U_c(p)p - 1,8]$$

$$U_c = \frac{5 + 1,8RC}{1 + RCp}$$

À la mise sous tension, la sortie V_{out} passe de 0V à 5V subitement, ce qui est normale puisque hors tension $V_{out}=0V$ (je serais surpris de voir 5V hors tension !!!)

$$U_c = \frac{5}{p(1 + RCp)} + \frac{1,8RC}{1 + RCp} = \frac{A}{p(1 + RCp)} + \frac{1,8RC}{1 + RCp} \quad A \text{ cst à déterminer}$$

Il suffit que :

$$V_{out} = A + (ARC + B)p$$

$$\begin{cases} A=5 \\ ARC+B=0 \end{cases}$$

On obtient au final $A=5$, $B = -5RC$ par identification

$$U_c = \frac{5}{p} - 5RC \times \frac{1}{1 + RCp}$$

$$U_c = \frac{5}{p} - 5 \times \frac{1}{\frac{1}{RC} + p}$$

A ce stade du calcul et en appliquant la transformée inverse, nous pouvons en déduire la tension $U_c(t)$ du condensateur.

Transformée de Laplace inverse

$$U_c = 5[1 - e^{-t2/RC}] + 1,8e^{-t2/RC}$$

Charge du condensateur

En simplifiant nous obtenons

$$U_c = 5 - 5e^{-t2/RC} + 1,8e^{-t2/RC} = 5 - 3,2e^{-t2/RC}$$

$$U_c = 5 - 3,2e^{-t2/RC}$$

Le condensateur va donc se charger d'une façon exponentiel jusqu'à la valeur V_{t+} , pour que lorsqu'il arrivera à cette valeur la sortie du CD4093 change d'état

$$3,3 = 5 - 3,2e^{-t2/RC}$$

$$t = -RC \times \ln(0,531) \text{ (2) à retenir important}$$

Fréquence du signal

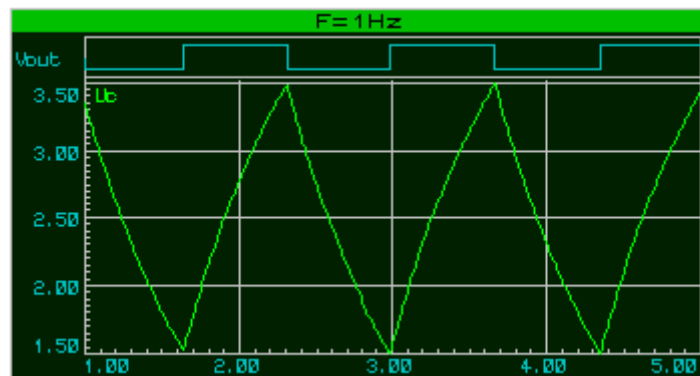
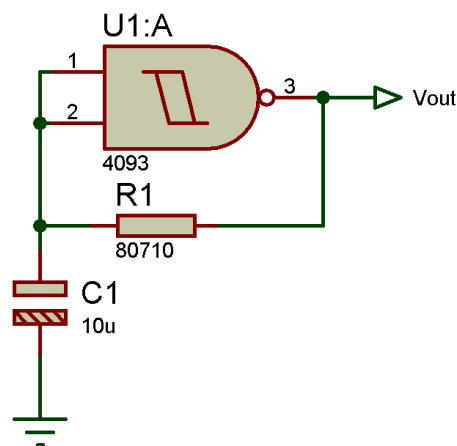
Maintenant que nous avons déterminé les deux temps nommés t_1 et t_2 , nous pouvons déterminer la période $T=t_1+t_2$

$$T = -RC \times \ln(0,545) - RC \times \ln(0,531) = -RC \times \ln(0,545 \times 0,531)$$

$$T \cong 1,239 \times RC$$

$$F = \frac{1}{T} \cong \frac{1}{1,239 \times RC}$$

SIMULATION



Les valeurs données ci-dessus sont pour une fréquence d'environ 1Hz