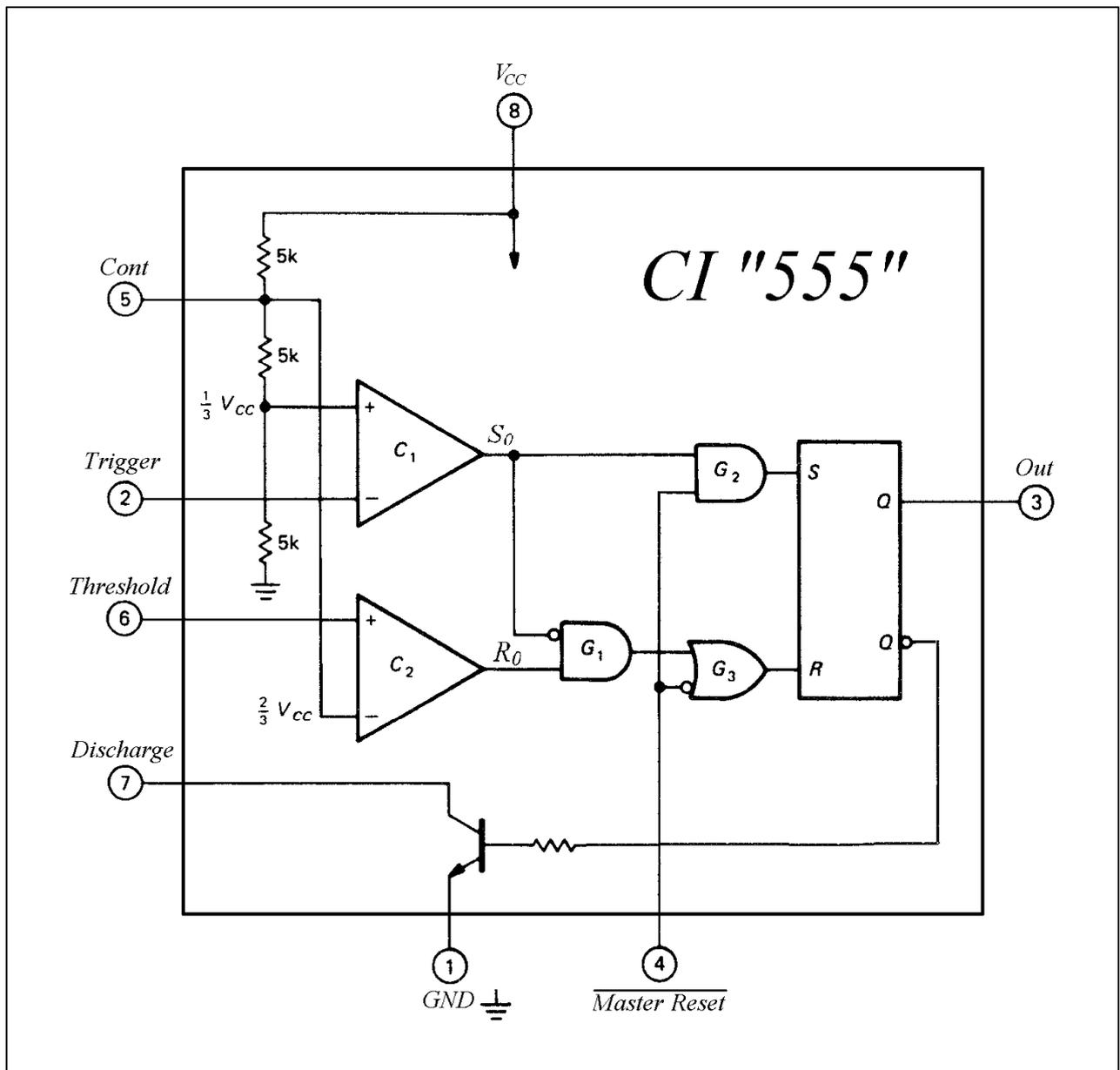


3. Les oscillateurs

3.1 Oscillateurs utilisant le CI « 555 »

3.1.1 Etude du CI 555

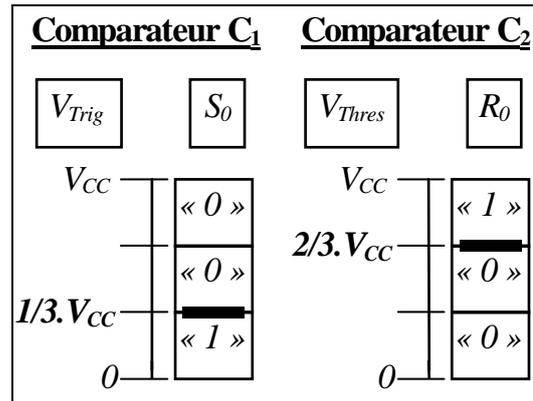
Un circuit intégré très populaire, dans le domaine des oscillateurs, est le circuit intégré « 555 », dont voici le schéma équivalent :



On y découvre 2 comparateurs réalisant l'interface entre les signaux d'entrée analogiques et la partie numérique.

| Le comparateur C_1 est câblé en *comparateur inverseur* et son seuil de comparaison est fixé à $1/3.V_{CC}$. Sa sortie, S_0 , est donc au niveau logique « 1 » lorsque son entrée (appelée « *Trigger = Déclenchement* ») est soumise à une tension inférieure à $1/3.V_{CC}$

| Le comparateur C_2 est câblé en *comparateur non-inverseur* et son seuil de comparaison est fixé à $2/3.V_{CC}$. Sa sortie, R_0 , est donc au niveau logique « 1 » lorsque son entrée (appelée « *Threshold = Seuil* ») est soumise à une tension supérieure à $2/3.V_{CC}$



Les sorties de ces comparateurs (S_0 et R_0) et l'entrée $\overline{Master\ Reset}$, commandent alors les entrées R et S d'une bascule RS, via les éléments combinatoires G_1 , G_2 et G_3 :

- | G_2 et G_3 implémentent la fonction de $\overline{Master\ Reset}$.
- | G_1 supprime la possibilité d'avoir l'état interdit ($R=S=1$) de la bascule RS, en donnant une priorité au « SET ».

La sortie de la bascule RS détermine alors l'état du signal de sortie V_{OUT} et de l'interrupteur de décharge (leurs états sont « complémentaires »).

La **logique de fonctionnement** est résumée ci-dessous :

\overline{MRST}	V_{Trig}	S_0	S	V_{Thres}	R_0	R	FONCTION	V_{Out}	Tr. Déch.
« 0 »	quelconque	« x »	« 0 »	quelconque	« x »	« 1 »	Reset	V_L	On
« 1 »	$< 1/3.V_{CC}$	« 1 »	« 1 »	quelconque	« x »	« 0 »	Set	V_H	Off
« 1 »	$> 1/3.V_{CC}$	« 0 »	« 0 »	$> 2/3.V_{CC}$	« 1 »	« 1 »	Reset	V_L	On
« 1 »	$> 1/3.V_{CC}$	« 0 »	« 0 »	$< 2/3.V_{CC}$	« 0 »	« 0 »	Maintien	Inchangé	Inchangé

Remarquons la combinaison « 00 » qui offre la fonction de « mémoire ».

Intérêt du « 555 » :- bonne stabilité en fréquence ($\approx 1\%$) et indépendante de V_{CC} ^[1]

- utilise une unique tension d'alimentation, pouvant être choisie dans une large gamme de valeurs (de 4,5V (voire moins) à 18V).
- possibilités illimitées d'utilisation avec, parmi les plus courantes : oscillateur (à relaxation), monostable, générateur de dents de scie, VCO, ...

Nécessité d'un découplage de l'alimentation

Les commutations du signal de sortie engendrent de forts appels de courant, pouvant provoquer une perturbation de la tension d'alimentation ^[2] et, par voie de conséquence, un dysfonctionnement du circuit, ou d'autres composants alimentés par la même source.

Pour remédier à ce problème, on place un condensateur de découplage entre les 2 bornes d'alimentation, afin que le CI555 dispose d'une source d'alimentation toute proche de lui ^[3].

Les différentes versions du « 555 »

type	fabricant	nombre par boîtier			tension d'alimentation		courant d'alim. par oscillateur ($V_{alim} = 5V$)		courant entrée seuil, trigger		fréquence max ($V_{alim} = 5V$)		coeff. de température typ	V_{sat} , typ				I_s , max ($V_{alim} = 5V$, $V_s = 2,5V$)		
		1	2	4	min (V)	max (V)	typ (μA)	max (μA)	typ (nA)	max (nA)	min (MHz)	typ (MHz)		V_{OH} à I_{src} (V)	I_{src} (mA)	V_{OL} à I_{snk} (V)	I_{snk} (mA)	excursion à V_{alim}	débit (mA)	conso. (mA)
555	SN+	X	X	-	4,5	18	3000	5000	100	500	-	0,5	30	1,4	2	0,1	10	-	200	200
ICL7555	IL	X	X	-	2	18	60	300	-	10	-	1	150	1	2	0,5	10	X	4	25
TLC551	TI	X	X	-	1	18	170	-	0,01	-	-	2,1 ^c	-	1	2	0,2	10	X	-	-
TLC555	TI	X	X	-	2	18	170	-	0,01	-	-	2,1	-	1	2	0,2	10	X	-	-
LMC555	NS	X	-	-	1,5	15	100	250	0,01	-	-	3	75	0,3	2	0,3	10	X	-	-
ALD555-1	AL	X	-	-	1	12	100	180	0,001	0,2	1,4	2	300	0,4	2	0,2	10	X	3	100
ALD1504	AL	X	X	-	1	12	50	90	0,01	0,4	1,5	2,5	300	0,4	2	0,2	10	X	10	100
ALD4503	AL	-	-	X	1	12	35	70	0,01	0,4	-	2	300	0,4	2	0,2	10	X	3	100
XR-L555M	XR	X	X	-	2,7	15	150	300	500	-	-	-	30	1,7	10	0,3	2	-	100	-

^(b) signifie que l'étage de sortie a une excursion sur toute la plage d'alimentation. ^(c) à $V_{alim} = 1,2V$.

¹ Cette stabilité en fréquence n'est pas affectée par une éventuelle variation de la tension d'alimentation grâce au fait que les niveaux de déclenchement y restent proportionnels.

² Dans le domaine fréquentiel, ces fronts de courant sont assimilables à la superposition de composantes sinusoïdales de hautes fréquences. A ces fréquences, l'inductance des câbles d'alimentation oppose une impédance non négligeable !

³ On peut également expliquer l'intérêt du condensateur de découplage de la manière suivante. En régime continu (c.à.d. ici en absence de commutation), ce condensateur est maintenu chargé et n'a donc aucune utilité. Par contre, lors des commutations, il agit comme un court circuit, forçant les courants alternatifs à se « refermer » à travers lui, les empêchant ainsi de parcourir le long trajet des câbles d'alimentation.

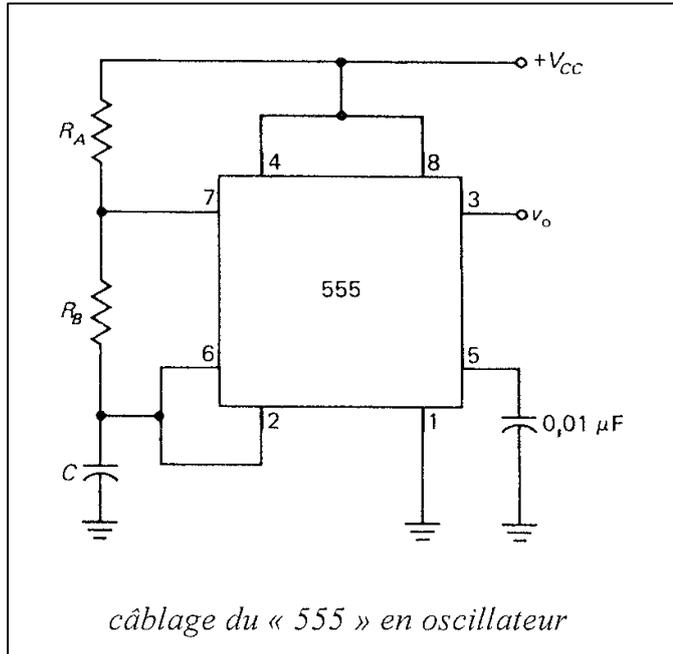
3.1.2 Montages de bases à CI « 555 »

3.1.2.1 Oscillateur à relaxation

Dans ce montage, les entrées des deux comparateurs du « 555 » sont reliées entre elles et soumises à la tension existant aux bornes du condensateur C : $v_{\text{trig}} = v_{\text{thr}} = v_c$

Dans ce cas, le fonctionnement est le suivant :

- **A la mise sous tension**, le condensateur étant déchargé, on a : $v_{\text{trig}} < 1/3 \cdot V_{CC} \Rightarrow V_{OUT} = V_H$ et, le transistor de décharge étant « off » (bloqué), le condensateur se charge à travers $R_A + R_B$, alimenté par la tension V_{CC}

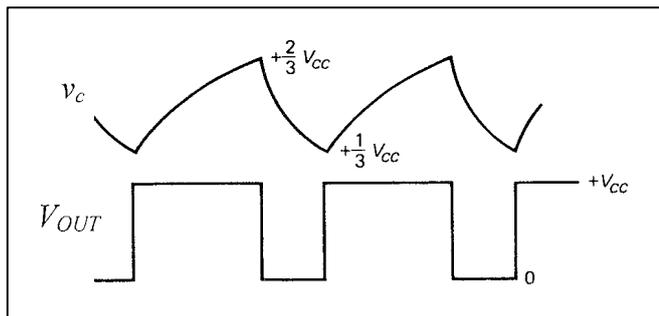


- **En régime**, le fonctionnement suit le tableau ci-contre :

| Quand v_c atteint $2/3 \cdot V_{CC}$, en montant, l'état de sortie bascule à $V_{OUT} = V_L$ et le transistor de décharge passe à l'état « on », ce qui provoque la décharge du condensateur à travers R_B et la chute de v_c

v_c	S	R	V_{OUT}	Tr.
V_{CC}	« 0 »	« 1 »	V_L	On
$2/3 \cdot V_{CC}$	« 0 »	■	Inch.	Inch.
$1/3 \cdot V_{CC}$	■	« 0 »	V_H	Off
0	« 1 »	■		

| Quand v_c atteint $1/3 \cdot V_{CC}$, en descendant, l'état de sortie bascule à $V_{OUT} = V_H$ et le transistor de décharge devient « off », ce qui permet au condensateur de se charger à travers $R_A + R_B$, alimenté par la tension V_{CC}



| etc, ...

Notons que lorsque v_c est entre $1/3 \cdot V_{CC}$ et $2/3 \cdot V_{CC}$, aucun changement de fonctionnement n'a lieu puisque le CI555 est alors dans sa fonction « mémoire » (ou « maintien »).

Calcul des durées t_L et t_H ^[4]

| temps pendant lequel la sortie est à l'état bas : $t_L = 0,693 \cdot R_B \cdot C$

$$\left. \begin{array}{l} U_{a\lim} \approx 0 \\ U_{C_0} = \frac{2}{3} \cdot V_{CC} \\ U_{C_f} = \frac{1}{3} \cdot V_{CC} \end{array} \right\} \Rightarrow t_L = \tau_L \cdot \ln \left(\frac{0 - \frac{2}{3} \cdot V_{CC}}{0 - \frac{1}{3} \cdot V_{CC}} \right) = \tau_L \cdot \ln 2 = \ln 2 \cdot R_B \cdot C = 0,693 \cdot R_B \cdot C$$

| temps pendant lequel la sortie est à l'état haut : $t_H = 0,693 (R_A + R_B) \cdot C$

$$\left. \begin{array}{l} U_{a\lim} = V_{CC} \\ U_{C_0} = \frac{1}{3} \cdot V_{CC} \\ U_{C_f} = \frac{2}{3} \cdot V_{CC} \end{array} \right\} \Rightarrow t_H = \tau_H \cdot \ln \left(\frac{V_{CC} - \frac{1}{3} \cdot V_{CC}}{V_{CC} - \frac{2}{3} \cdot V_{CC}} \right) = \tau_H \cdot \ln 2 = \ln 2 \cdot (R_A + R_B) \cdot C = 0,693 (R_A + R_B) \cdot C$$

| Fréquence du signal obtenu : $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_L + t_H} \Rightarrow f = \frac{1}{\ln 2 \cdot (R_A + 2 \cdot R_B) \cdot C}$

| Rapport cyclique du signal obtenu : $\delta = \frac{t_H}{T} = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2 \cdot R_B}$ ^[5]

Canevas de calcul des composants d'un astable à « 555 »

Si $n = \frac{R_B}{R_A}$, on a : $f = \frac{n}{\ln 2 \cdot R_B \cdot (2 \cdot n + 1) \cdot C}$ et $\delta = \frac{1 + n}{1 + 2 \cdot n}$

| choix de $\delta \Rightarrow n = \frac{1 - \delta}{2 \cdot \delta - 1}$

| choix de l'ordre de grandeur de R_B ^[6] \Rightarrow ordre de grandeur de C : $C = \frac{n}{\ln 2 \cdot f \cdot R_B \cdot (2 \cdot n + 1)}$
 \Rightarrow choix d'une valeur normalisée pour C

| calcul et choix de R_B : $R_B = \frac{n}{\ln 2 \cdot f \cdot C \cdot (2 \cdot n + 1)}$ \Rightarrow choix d'une valeur normalisée pour R_B

| calcul et choix de R_A : $R_A = \frac{1}{\ln 2 \cdot f \cdot C} - 2 \cdot R_B$ \Rightarrow choix d'une valeur normalisée pour R_A

⁴ Rappel : $u_C(t) = U_{a\lim} - (U_{a\lim} - U_{C_0}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \Delta t = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_{a\lim} - U_{C_0}}{U_{a\lim} - U_{C_f}} \right)$ = durée nécessaire à U_C pour passer de U_{C_0} à U_{C_f} .

⁵ Remarquons que le rapport cyclique ne peut atteindre 50% avec ce montage. Il existe cependant des variantes (utilisant des diodes) permettant non seulement d'y parvenir, mais également de descendre sous 50%.

⁶ Habituellement : quelques $k\Omega < R_B < \text{quelques } M\Omega$, afin d'une part de limiter la consommation, et d'autre part de pouvoir suffisamment négliger les courants d'entrée des comparateurs $\Rightarrow 100 \text{ k}\Omega$ est une bonne valeur de départ.

3.1.2.2 Monostable (One-Shot)

Dans ce montage, la tension de commande v_{in} est appliquée à l'entrée *trigger* (= déclenchement), tandis que l'entrée *threshold* (= seuil), reliée à la borne de décharge, est soumise à la tension du condensateur : $v_{trig} = v_{in}$ et $v_{thr} = v_c$.

| Etat de repos : $v_{in} > \frac{1}{3} \cdot V_{CC}$ et $V_{OUT} = V_L$ ($\Rightarrow v_c \approx 0$) [7]

| Le monostable est déclenché par « $v_{in} < \frac{1}{3} \cdot V_{CC}$ » :

On a alors : $S = "1" / R = "0" \Rightarrow V_{OUT} = V_H$ et $tr.décharge = "off" \Rightarrow v_c \uparrow$ selon la loi :

$$v_c = V_{CC} - (V_{CC} - 0) \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

et, le temps nécessaire pour que la tension v_c atteigne $\frac{2}{3} \cdot V_{CC}$ est donné par :

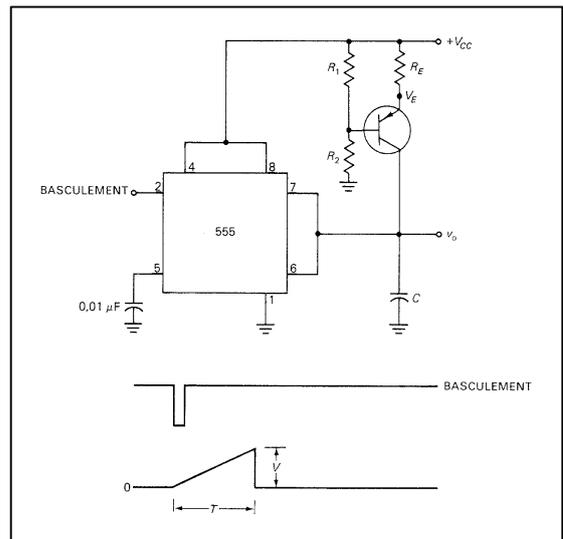
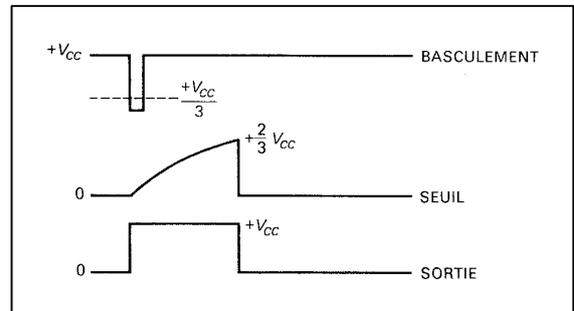
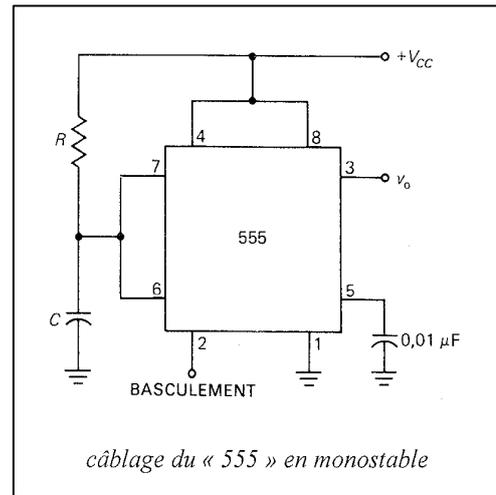
$$\Delta t \approx \tau \cdot \ln \frac{V_{CC} - 0}{V_{CC} - \frac{2}{3} \cdot V_{CC}} = \tau \cdot \ln 3 \approx 1,1 \cdot \tau$$

\Rightarrow La durée du monostable est donnée par : $\Delta t \approx \tau \cdot \ln 3 \approx 1,1 \cdot \tau$

Ainsi, après un laps de temps de $\Delta t \approx 1,1 \cdot \tau$, après l'application de « $v_{in} < \frac{1}{3} \cdot V_{CC}$ », on a : $v_c > \frac{2}{3} \cdot V_{CC} \Rightarrow R = "1"$, à condition qu'à ce moment le signal de commande v_{in} soit tel que : $v_{in} > \frac{1}{3} \cdot V_{CC} \Rightarrow S = "0"$. On a alors : $S = "0" / R = "1" \Rightarrow V_{OUT} = V_L$ [8]

Remarque :

Si l'on remplace la résistance R par un générateur de courant constant, par exemple à transistor bipolaire comme l'illustre la figure ci-contre, le monostable devient un générateur déclenchable de dents de scie, si l'on prélève le signal de sortie aux bornes du condensateur C .



⁷ Si ce n'est pas le cas, cet état de repos sera au pire atteint après la durée du monostable, si toutefois : $v_{in} > \frac{1}{3} \cdot V_{CC}$

⁸ Par contre, si à ce moment on a toujours $v_{IN} < \frac{1}{3} \cdot V_{CC} \Rightarrow S = "1"$, la sortie du montage est maintenue à l'état haut et la durée du monostable n'est pas $1,1 \cdot \tau$!