

## Chapitre 12 – Le temporisateur NE555

Le NE555 est sans aucun doute le circuit intégré préféré des électroniciens car il est considéré comme le couteau suisse de la profession. Comme nous le verrons, ses applications sont nombreuses. Ce circuit a été inventé en 1970 et commercialisé par Signetics en 1971 ; d'autres constructeurs le proposent actuellement sous différentes versions. On en fabrique un milliard d'unités par an et il existe 10000 variantes.

Avant de présenter ce circuit, voici quelques définitions qui nous seront bien utiles pour les applications du NE555.

### Multivibrateur astable

On appelle **multivibrateur astable** un circuit qui oscille continuellement d'un état stable à un autre. Pour cette raison, on l'appelle aussi oscillateur et le signal numérique produit présente des impulsions carrées et alterne entre état bas (LOW ou 0 V) et état haut (HIGH ou tension d'alimentation), selon un rythme régulier qu'on appelle période du signal. Si on appelle  $T_h$  la durée du signal à l'état haut et  $T_b$  la durée du signal à l'état bas, alors la période  $T$  du signal est la somme  $T_h + T_b$  ; son rapport cyclique est le rapport  $T_h / T$  ou encore  $T_h / (T_h + T_b)$ . Ce type de signal présentant des signaux carrés peut servir de signal d'horloge pour commander d'autres circuits intégrés réagissant aux fronts montants ou descendants.

### Monostable

On appelle **monostable** un circuit qui réagit à une impulsion brève sur son entrée et produit en sortie une impulsion d'**une durée calibrée** ; la durée de l'impulsion de sortie n'est pas dépendante de la durée de l'impulsion d'entrée. Ce type de circuit, encore appelé temporisateur, peut être utilisé, entre autre, pour éviter les phénomènes de rebond des boutons poussoirs.

### Bistable

On appelle **bistable** un circuit qui peut prendre sur sa sortie deux états stables selon les signaux sur son entrée ou ses entrées ; la sortie est donc soit à l'état bas soit à l'état haut et **garde cet état** tant que les entrées ne changent pas. La bascule RS déjà étudiée est un bistable ; elle dispose de deux entrées (Set et Reset) et de deux sorties, mais l'une est l'inverse de l'autre.

Le temporisateur NE555, encore appelé 555 tout court, permet de réaliser simplement ces trois types de circuits qui sont fort utiles sur un réseau de trains miniatures, mais il permet aussi de réaliser :

- Des bases de temps de précision (de 1  $\mu$ s à 1 h)
- Des générateurs d'impulsions
- Des cadenceurs
- Des temporisateurs
- Des modulateurs de durée d'impulsion
- Des modulateurs de rapport cyclique
- Des détecteurs d'impulsions manquantes

### Présentation du 555

Le 555 est un CI à 8 broches. Sa tension d'alimentation va généralement de 5 à 16 V (intervalle parfois un peu plus large selon le modèle). Il existe aussi un modèle appelé 556 qui est un CI à 14 broches contenant dans son boîtier deux circuits 555. La figure 12.1 montre le brochage du 555. On remarque déjà que le + de l'alimentation ( $V_{cc}$ ) est sur la broche 8 et le – (GND) sur la broche 1, ce qui change des

CI que nous avons étudiés jusque-là. La sortie est la broche 3 et la broche 4 (Reset) permet une réinitialisation du 555 si elle est à l'état bas (LOW) ; dans ce cas, la broche de sortie 3 passe à l'état bas. Le courant de sortie peut atteindre 200 mA selon les modèles.

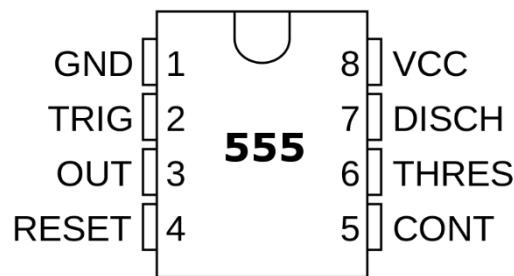


Figure 12. 1

Les trois broches restantes sont :

- Broche 5 (CONTROL VOLTAGE ou tension de contrôle) qui est généralement reliée à la masse (GND) par l'intermédiaire d'un condensateur de 0,01  $\mu$ F (on verra par la suite l'utilité de cette broche).
- Broche 6 (THRESHOLD ou seuil) : lorsque la tension sur cette broche dépasse  $2/3$  de  $V_{cc}$ , cela met fin au cycle de temporisation.
- Broche 7 (DISCHARGE ou décharge) : sert à décharger le condensateur de temporisation.

Composé de 23 transistors, 2 diodes et 16 résistances, le 555 est un temporisateur de grande précision ; sa stabilité en température est de 0,005% par  $^{\circ}\text{C}$ . Le comportement du 555 dépend des composants extérieurs et de la façon de les brancher. Pour réaliser un monostable, il suffit d'une résistance et d'un condensateur, et pour réaliser un multivibrateur astable, il suffit de deux résistances et d'un condensateur. À l'origine, les transistors étaient des transistors bipolaires, mais il existe aujourd'hui des versions de 555 avec des transistors à effet de champ comme le CI ICM7555IPA dont la tension d'alimentation va de 2 à 18 V et qui consomme très peu. Le 1455 de Motorola est également une version CMOS du 555.

*Les schémas qui suivent doivent impérativement figurer dans votre schémathèque ; en effet, ces montages constituent des fonctions de base très souvent utilisées en électronique et peuvent vous être utiles pour créer les animations sur votre réseau ou bien encore pour concevoir vos propres automatismes.*

#### Le 555 en tant que multivibrateur astable

La figure 12.2 montre comment le 555 peut servir à fabriquer un multivibrateur astable (oscillateur). Les composants encadrés en vert sont ceux qui influencent le comportement du circuit. En sortie, on obtient un signal à créneaux carrés (signal d'horloge), comme le montre la figure 12.3.

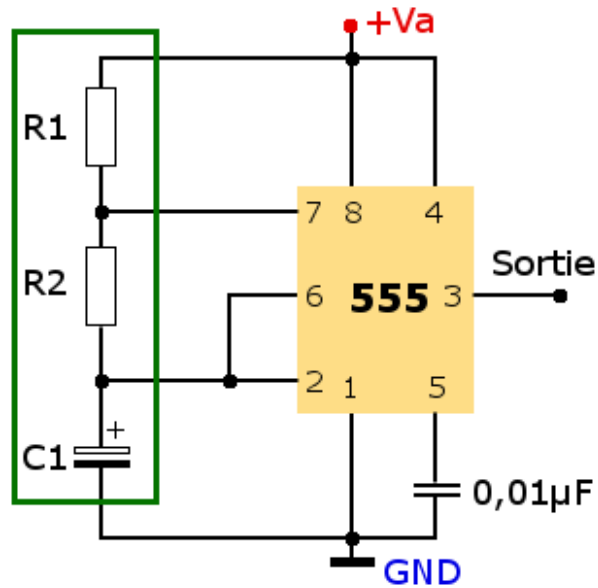


Figure 12. 2

La période du signal est donnée par la formule :

$$T = 0,7 \times (R1 + 2 \times R2) \times C1$$

La fréquence qui est l'inverse de la période, est donnée par la formule :

$$F = 1,4 / ((R1 + 2 \times R2) \times C1)$$

La durée du signal à l'état haut est donnée par la formule :

$$Th = 0,7 \times (R1 + R2) \times C1$$

La durée du signal à l'état bas est donnée par la formule :

$$Tb = 0,7 \times R2 \times C1$$

Le rapport cyclique  $\alpha$  du signal est donné par la formule :

$$\alpha = 1 - (R2 / (R1 + 2 \times R2))$$

Exemple : si  $C1 = 10 \mu F$  et  $R1 = R2 = 47 k$ , alors la fréquence vaut 0,987 Hz (presque 1 Hz) et le rapport cyclique vaut 2/3.

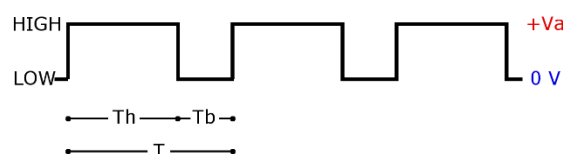


Figure 12. 3

### Le 555 en tant que monostable

La figure 12.4 montre comment le 555 peut servir à fabriquer un monostable. Les composants encadrés en vert sont ceux qui influencent le comportement du circuit et le poussoir de déclenchement

a été remplacé par un ILS. En sortie, on obtient un signal à créneau carré d'une durée calibrée, comme le montre la figure 12.5.

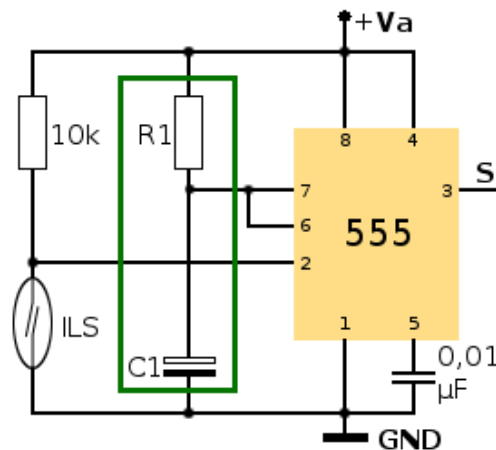


Figure 12. 4

La durée de l'impulsion est donnée par la formule :

$$T = 1,1 \times R1 \times C1$$

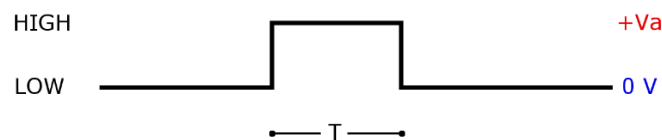


Figure 12. 5

### Le 555 en tant que bistable

La figure 12.6 montre comment le 555 peut servir à fabriquer un bistable (bascule RS).

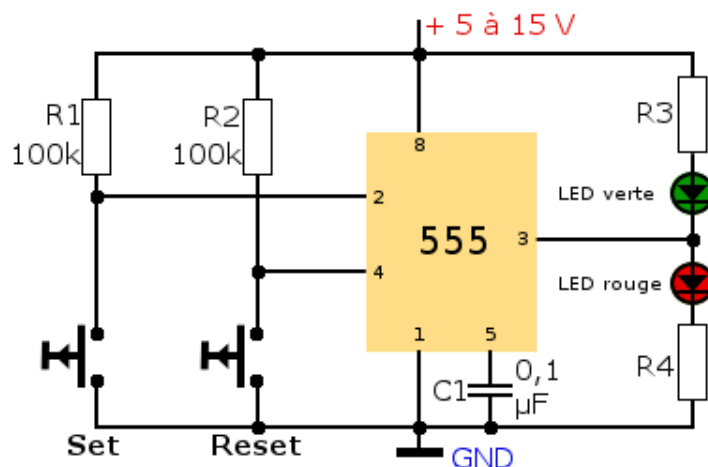


Figure 12. 6

### Le 555 en tant que télérupteur

Un **télérupteur** est un circuit bistable **commandé par une seule entrée** (c'est donc l'équivalent d'une bascule RS pour laquelle il n'y aurait qu'un seul poussoir pour déclencher et réinitialiser). Les

télérupteurs servent à commander un éclairage depuis trois points ou plus dans les habitations. La figure 12.7 montre comment le 555 peut servir à fabriquer un télérupteur.

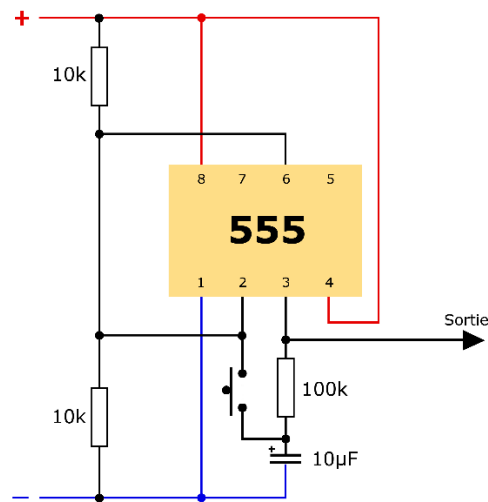


Figure 12. 7

Chaque fois qu'on appuie sur le bouton poussoir, la sortie passe à l'état opposé à ce qu'il était (Haut / Bas). Le télérupteur est aussi appelé **bascule bistable dynamique**.

#### Le 555 pour générer des signaux carrés à rapport cyclique variable

Une autre application possible du 555 est la MLI : Modulation par Largeur d'Impulsion (en anglais, Pulse Width Modulation ou PWM). La figure 12.8 en montre le principe.

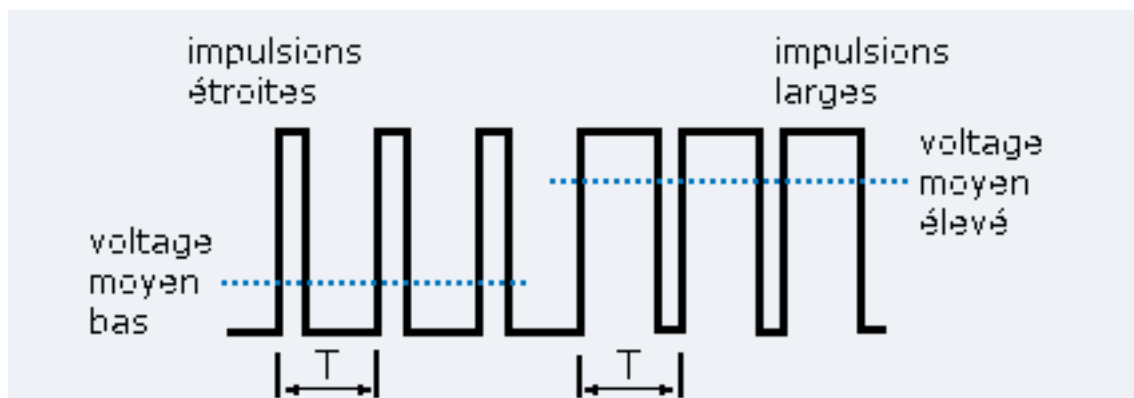


Figure 12. 8

Pour une même période (fréquence) de signal, c'est la largeur des impulsions qui varie, ce qui revient à faire varier le voltage moyen. Avec des impulsions étroites, le voltage moyen est bas et avec des impulsions larges, il est élevé. Le signal PWM ainsi obtenu permet de faire varier la luminosité d'une LED ou bien la vitesse d'un moteur électrique (celui d'une locomotive par exemple ou de votre mini-perceuse) ; dans ce cas, le signal doit être amplifié par un transistor Darlington ou à effet de champ.

Le schéma de la figure 12.9 montre le montage à réaliser (tiré du site electronics tutorials). Le 555 est monté en oscillateur pour lequel on fait varier la durée pendant laquelle les impulsions sont à l'état haut, ce qui revient à faire varier la largeur des impulsions.

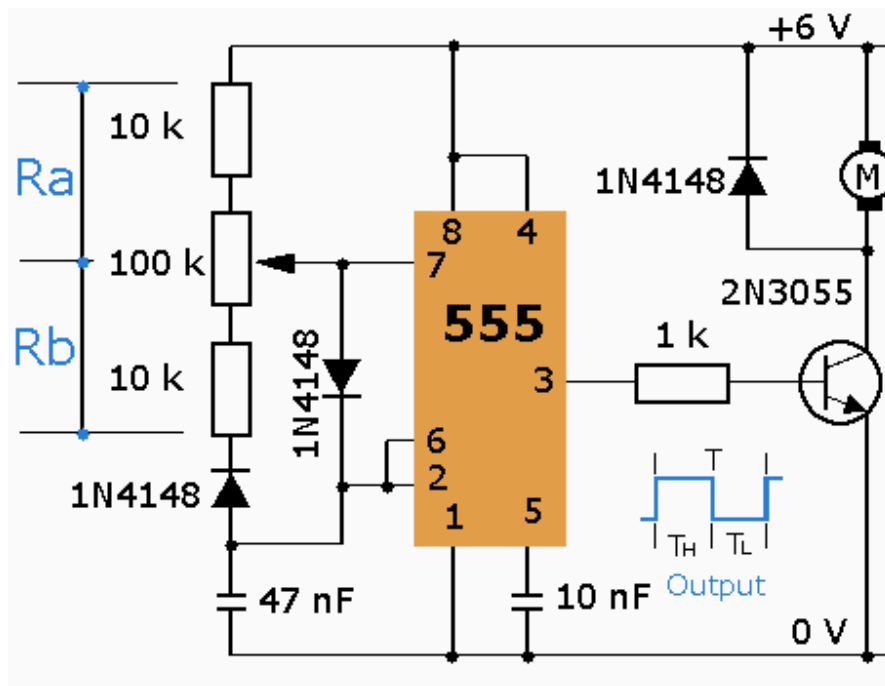


Figure 12. 9

Le potentiomètre VR1 permet de faire varier les valeurs RA et RB (en fonction de la position du curseur du potentiomètre, une partie de sa résistance s'ajoute à R1 et l'autre partie à R2). La fréquence du signal PWM dépend de la tension d'alimentation du montage ; si celui-ci est alimenté en 6 V, et avec les valeurs de composants données par la figure 12.9, la fréquence est de l'ordre de 256 Hz et le rapport cyclique peut être ajusté entre 8,3% et 91,7%, ce qui représente un voltage moyen compris entre 0,5 et 5,5 V.

Le montage le plus courant qu'on trouve sur le net est celui de la figure 12.10 ; il est basé sur un principe équivalent.

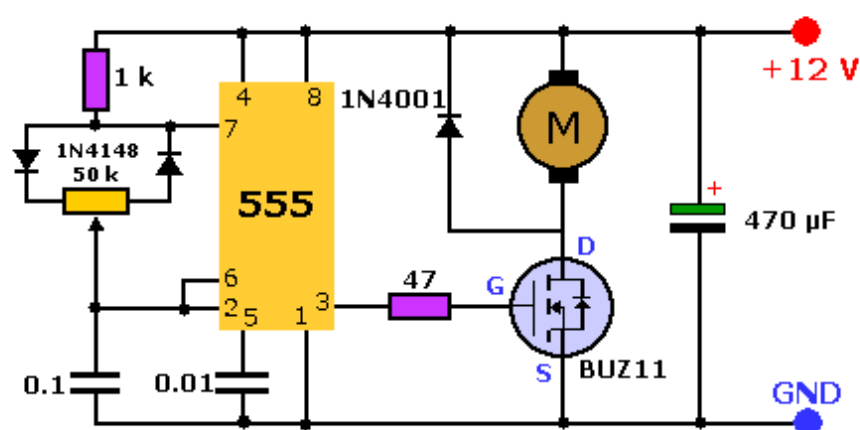


Figure 12. 10

En fait, les constructeurs de 555 préconisent dans leur datasheet une autre méthode pour obtenir de la PWM : un train d'impulsions continu déclenche le 555 en monostable et un signal de contrôle

(tension variable sur la broche 5 du circuit intégré (la broche CONTROL VOLTAGE)) module la largeur des impulsions. La figure 12.11 montre le principe du montage : le train d'impulsion est appliqué à la broche 2 (TRIGGER) et la tension de contrôle à la broche 5 (CONTROL VOLTAGE).

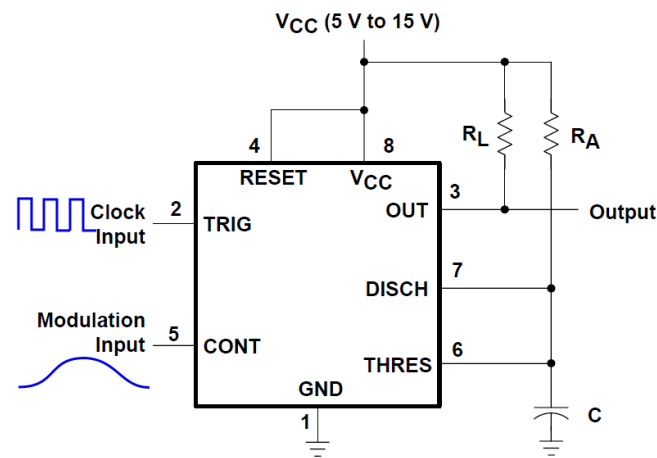


Figure 12. 11

La figure 12.12 montre ce que donne le signal de sortie (la largeur des impulsions dépend de la tension sur la broche 5). Bien que la figure 12.12 montre une variation de tension sinusoïdale sur la broche 5, on peut y mettre n'importe quelle forme de signal.

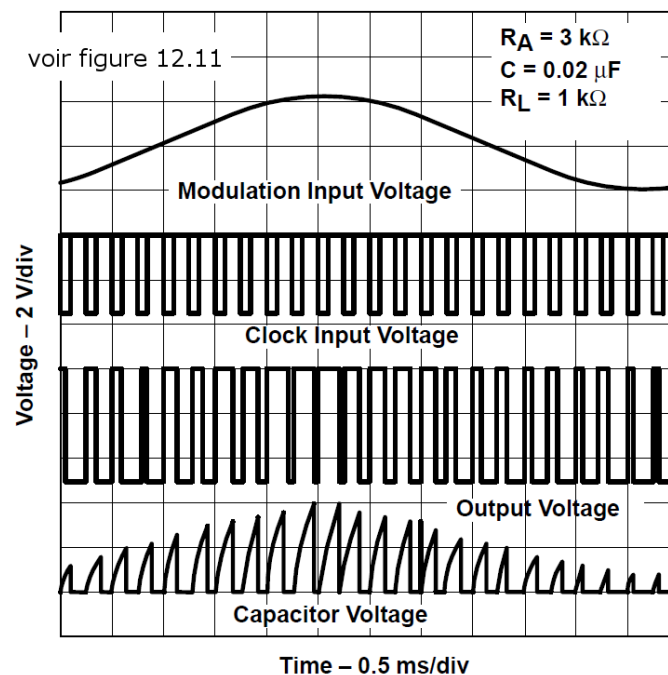


Figure 12. 12

On voit que plus la tension de contrôle appliquée à la broche 5 est forte et plus les impulsions seront larges. Afin de passer de la théorie à la pratique, la figure 12.13, tirée du site sonelec-musique, montre un schéma qui s'inspire de ce principe. Le montage fait appel à deux 555, un premier en oscillateur basse fréquence ( $\sim 80$  Hz) pour générer le train d'impulsions rectangulaires et un deuxième en monostable déclenché à intervalles réguliers par l'oscillateur, avec signal de contrôle sur sa broche 5 pour moduler la largeur des impulsions sur la sortie qui peut délivrer jusqu'à 200 mA.

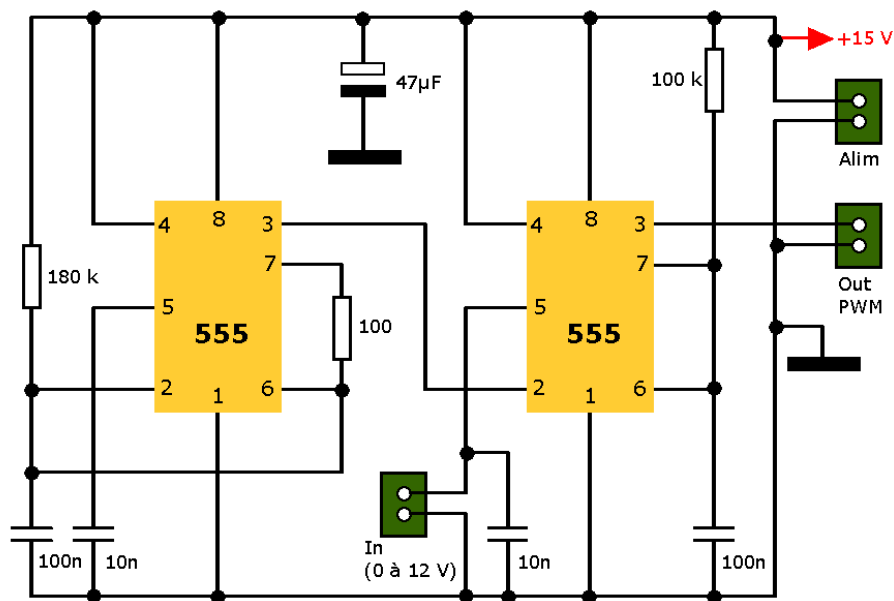


Figure 12. 13

D'autres applications du 555 sont décrites dans les datasheets des constructeurs, comme par exemple la Modulation de la Position d'Impulsion (Pulse Position Modulation en anglais) ou bien un détecteur d'impulsion manquante ou encore un diviseur de fréquence. Ces montages n'étant pas d'une très grande utilité dans le modélisme ferroviaire, je vous invite à consulter les datasheets des constructeurs que vous pouvez trouver à cette adresse :

[http://www.datasheetcatalog.net/datasheets\\_pdf/N/E/5/5/NE555.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/datasheets_pdf/N/E/5/5/NE555.shtml)

Le circuit intégré NE555 étant tellement populaire, vous trouverez aisément sur internet tout un tas de montages qui l'utilisent et peut-être que vous pourrez trouver pour certains montages une application au modélisme ferroviaire.

À retenir sur le temporisateur NE555 :

- Le NE555 est un circuit intégré polyvalent permettant de réaliser des multivibrateurs astables, des monostables, des bistables, et des télérupteurs.
- Il existe des versions CMOS du 555 plus performantes que les versions à transistors bipolaires.
- Ce sont les composants extérieurs qui déterminent le comportement du circuit intégré (deux résistances et un condensateur pour l'astable, une résistance et un condensateur pour le monostable).
- Le 555 peut générer des signaux carrés à rapport cyclique variable, bien utiles pour réguler la vitesse de rotation de moteurs électriques.



**Liste des composants nécessaires pour :**

L'oscillateur (multivibrateur astable) :

Un circuit intégré 555

Un condensateur de 0,01  $\mu\text{F}$  (10 nF)

R1, R2 et C1 suivant période désirée  $T = 0,7 \times (R1 + 2 \times R2) \times C1$

Le monostable :

Un circuit intégré 555

Un condensateur de 0,01  $\mu\text{F}$  (10 nF)

Une résistance de 10 k $\Omega$

Un ILS ou un bouton poussoir

R1 et C1 selon période désirée  $T = 1,1 \times R1 \times C1$

Le bistable :

Un circuit intégré 555

Un condensateur de 0,01  $\mu\text{F}$  (10 nF)

Deux boutons poussoirs

Deux résistances de 100 k $\Omega$

Une DEL verte + résistance de limitation selon tension d'alimentation (470  $\Omega$  sous 9 V)

Une DEL rouge + résistance de limitation selon tension d'alimentation (470  $\Omega$  sous 9 V)

Le télérupteur :

Un circuit intégré 555

Un condensateur de 10  $\mu\text{F}$

Un bouton poussoir

Deux résistances de 10 k $\Omega$  et une de 100 k $\Omega$

Une DEL + résistance de limitation selon tension d'alimentation (470  $\Omega$  sous 9V)

Le générateur de PWM :

Montage N° 1 :

Un circuit intégré 555

Condensateurs : 0,01  $\mu\text{F}$  et 0,047  $\mu\text{F}$

Résistances : 1 k $\Omega$  et deux fois 10 k $\Omega$

Trois diodes 1N4148 (ou 1N4001)

Un transistor de puissance 2N3055

Un potentiomètre de 100 k $\Omega$

Montage N° 2 :

Un circuit intégré 555

Condensateurs : 0,01  $\mu$ F, 0,1  $\mu$ F et 470  $\mu$ F

Une résistance de 1 k $\Omega$

Un potentiomètre de 50 k $\Omega$

Trois diodes 1N4001

Un transistor FET (ex BUZ11)

Montage N° 3 :

Deux circuits intégrés 555

Condensateurs : deux de 10 nF et deux de 100 nF, un de 47  $\mu$ F

Résistances : 100  $\Omega$ , 100 k $\Omega$  et 180 k $\Omega$

Trois connecteurs à deux contacts