

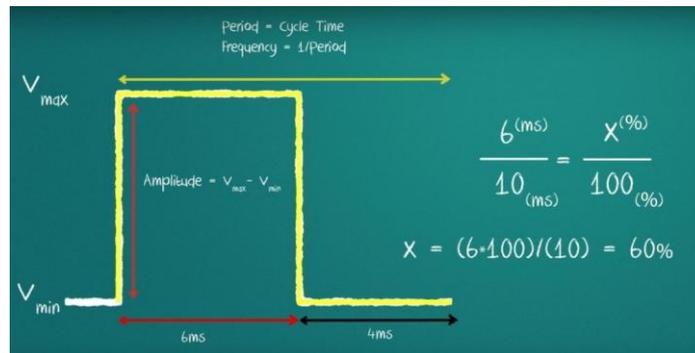
Modulation de largeur d'impulsion

1.1. Introduction au PWM

La P.W.M signifie **Pulse Width Modulation** (ou M.L.I : Modulation de Largeur d'Impulsion). D'après son nom, il est clair que dans cette technique, la largeur des impulsions d'une forme d'onde est contrôlable (change). Cela signifie que la durée pendant laquelle une impulsion se trouve à l'état **HAUT** ou à l'état **BAS** à partir d'un moment donné est contrôlable.

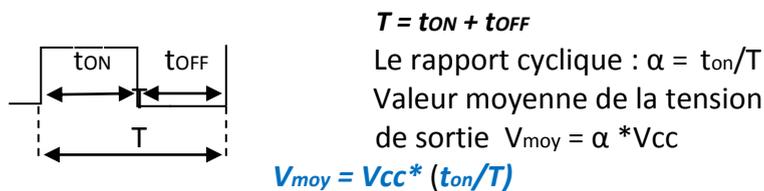
Dans cette technique, nous utilisons des méthodes numériques pour obtenir un résultat analogique. La commande numérique est utilisée pour créer une forme d'onde carrée en activant et en désactivant un signal de manière répétée. Ce schéma ON et OFF génère une tension VCC complète à la position ON et 0V à la position OFF.

Le rapport cyclique est défini comme la durée moyenne de mise en marche d'une impulsion divisée par la durée totale de l'impulsion, de sorte qu'en principe, le rapport cyclique des impulsions est modifié dans la modulation de largeur d'impulsion.



La formule du cycle d'utilisation est donc présentée dans l'expression suivante :

Duty Cycle = (On time of signal / total timer period of signal)



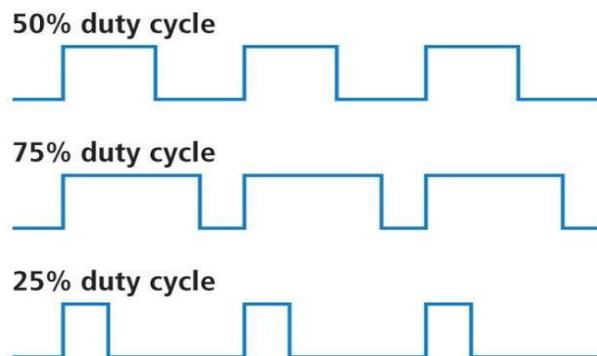
- Exemple :**
- * Si $t_{ON} = t_{OFF} \rightarrow \alpha = 1/2 \rightarrow V_{moy} = V_{CC}/2 \rightarrow$ Vitesse medium
 - * Si $t_{ON} = T \rightarrow t_{OFF} = 0 \rightarrow \alpha = 1 \rightarrow V_{moy} = V_{CC} \rightarrow$ Vitesse max
 - * Si $t_{OFF} = T \rightarrow t_{ON} = 0 \rightarrow \alpha = 0 \rightarrow V_{moy} = 0 \rightarrow$ Vitesse nulle

1.2. Comment calculer la tension de sortie du signal PWM ?

Voyons maintenant comment calculer un cycle de fonctionnement. Pour calculer le rapport cyclique, vous devez connaître la durée de la période pendant laquelle le signal est élevé. Réglons notre temps haut à 6 millisecondes et notre temps bas à 4 millisecondes. La période totale est de 10 ms. Utilisons maintenant une règle simple pour calculer le pourcentage de la période pendant laquelle le signal est élevé par rapport à la période totale.

$$\text{Duty cycle} = 6\text{ms} / 10\text{ms} = 0.6$$

En résolvant ce problème, nous obtenons un cycle d'utilisation de 0,6 qui est une quantité sans unité. Nous mesurons toujours le cycle d'utilisation en pourcentage. Le rapport cyclique maximal peut être de 1 ou de 100 % lorsque l'heure ou le temps fort du signal est égal à la période totale du signal. De même, le rapport cyclique minimum sera de 0 ou 0 % lorsque le signal est désactivé pendant toute la durée de la minuterie. Vous pouvez voir ci-dessous une image des signaux avec différents rapports cycliques.



1.3. Amplitude du PWM

L'amplitude de la modulation de largeur d'impulsion est un autre concept important à discuter pour bien comprendre cette notion. L'amplitude est la différence entre une tension maximale et une tension minimale du signal.

$$\text{Amplitude} = V_{\text{max}} - V_{\text{min}}$$

1.4. Techniques de génération de modulation de largeur d'impulsion

Deux méthodes sont utilisées pour générer la PWM :

- La génération de PWM en utilisant des circuits numériques comme le microcontrôleur.
- La génération de PWM à l'aide de circuits analogiques tels que les amplificateurs opérationnels et les circuits comparateurs.

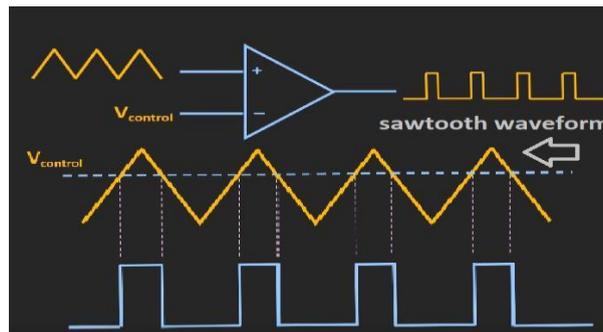
1.5. Génération de modulation de largeur d'impulsion à l'aide d'un microcontrôleur

Pour générer un signal numérique avec un rapport cyclique variable, il est toujours recommandé d'utiliser un microcontrôleur comme Arduino. En effet, ces microcontrôleurs

disposent d'un module intégré pour générer des signaux numériques. Vous pouvez facilement régler le rapport cyclique à l'aide de la programmation du microcontrôleur. Consultez ces articles pour générer des PWM à l'aide d'un microcontrôleur.

1.6. Génération de modulation de largeur d'impulsion à l'aide de circuits analogiques

La façon la plus simple de générer un signal PWM est d'utiliser un amplificateur opérationnel. Pour générer un signal numérique avec un amplificateur opérationnel, nous utilisons un amplificateur opérationnel comme circuit de comparaison. L'amplificateur opérationnel est constitué de deux bornes : une borne non inverseuse et une borne inverseuse. Nous appliquons une onde triangulaire à l'entrée non inverseuse et une tension de contrôle à la broche inverseuse de l'amplificateur opérationnel. L'image ci-dessous montre l'ensemble des processus de génération du signal pwm en utilisant l'amplificateur opérationnel.



Donc, pour comprendre le fonctionnement de cette méthode, il faut d'abord comprendre le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel comme circuit comparateur. Comme vous pouvez le voir sur les photos ci-dessus, lorsque la tension triangulaire appliquée à l'entrée non inverseuse est inférieure à la tension de commande appliquée à la broche inverseuse de l'amplificateur opérationnel, la sortie du circuit comparateur sera faible et lorsque la tension du signal triangulaire est supérieure à la tension de commande, la sortie du comparateur sera élevée. Ainsi, le temps d'activation du signal numérique ou de la modulation de largeur d'impulsion dépend de l'amplitude de la tension de commande. Ainsi, la tension de commande moyenne et le rapport cyclique sont inversement proportionnels l'un à l'autre. Parce que le rapport cyclique est directement proportionnel au temps de fonctionnement du signal PWM. Pour obtenir un rapport cyclique plus élevé, nous devons diminuer la valeur de la tension de commande. Pour obtenir un rapport cyclique plus faible, nous devons augmenter la valeur de

tension de commande. C'est donc dire à quel point il est facile de générer des PWM à l'aide de composants électroniques analogiques.

1.7. Autre méthode pour générer des PWM

Il existe sur le marché de nombreux circuits intégrés qui sont utilisés pour produire des signaux PWM et qui ont également la capacité de générer des signaux numériques à rapport cyclique variable. Les noms de certains d'entre eux sont donnés ci-dessous :

- 555 timer IC**
- SG3525 pulse width modulation controller**

1.8. Applications de la modulation de largeur d'impulsion

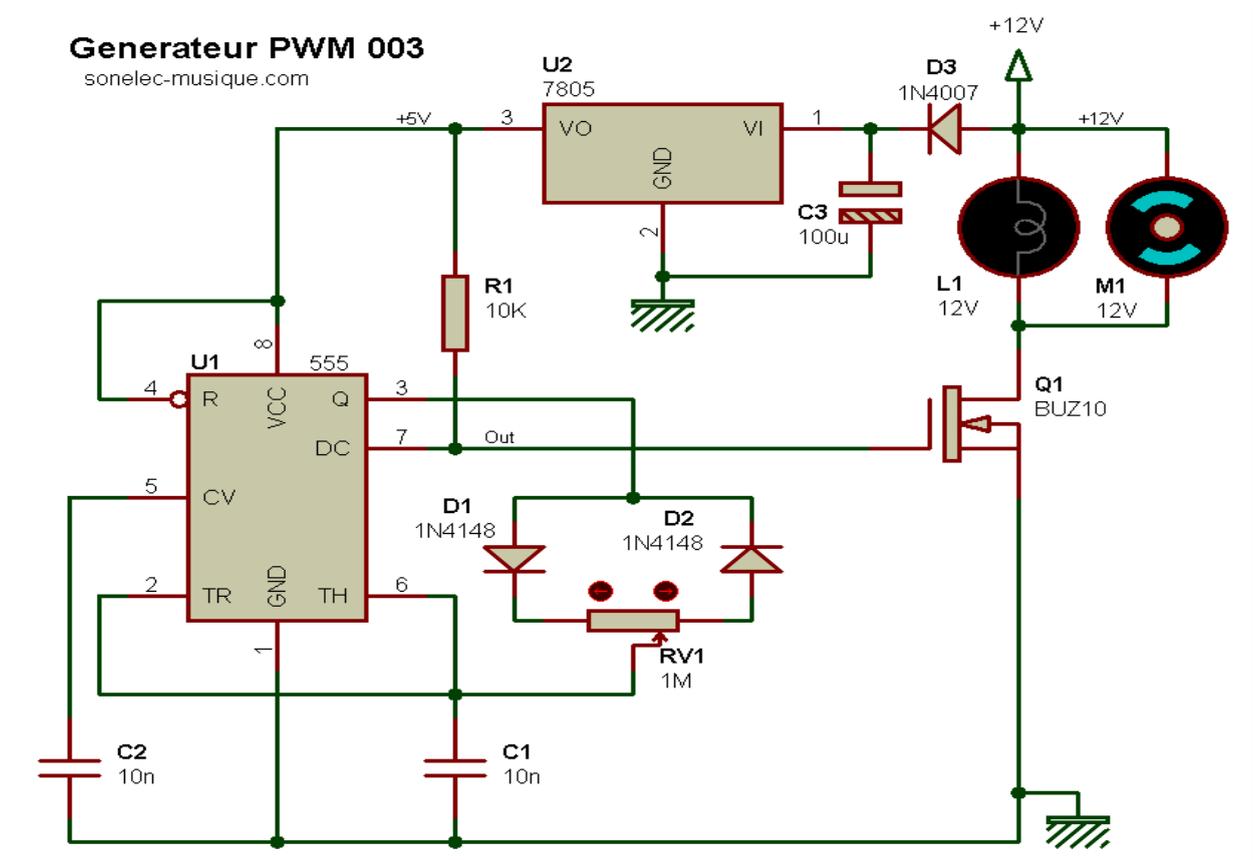
J'ai mentionné quelques applications au début de cet article. Mais vous pouvez voir mon projet dans lequel j'ai utilisé le PWM pour la commande d'un moteur à courant continu.

- Génération de PWM à l'aide de NE555
- Onduleur sinusoïdal triphasé utilisant Arduino

Génération de PWM à l'aide de NE555

Le générateur de signaux rectangulaires dont le rapport cyclique est commandé par la position du curseur d'un potentiomètre.

Le montage proposé ici dispose d'une sortie de puissance sur transistor apte à piloter un moteur à courant continu ou une ampoule à incandescence. Tel quel, vous pouvez vous servir de ce circuit pour un réglage de vitesse d'un moteur à courant, ou pour un réglage de luminosité d'une lampe à incandescence ou d'un ensemble de LED.



Fonctionnement principal

Le NE555 est monté en multivibrateur et délivre un signal de fréquence fixe avec un rapport cyclique variable. La fréquence de base est fixée par la valeur du potentiomètre RV1 et du condensateur C1. Avec les valeurs du schéma, la fréquence est de l'ordre de 120 Hz. Descendre la valeur de C1 à 1 nF permet de monter la fréquence à 1,2 KHz. Le rapport cyclique est directement fonction de la position du curseur du potentiomètre RV1, couplé aux deux diodes D1 et D2 qui permettent de bien séparer les cycles de charge et de décharge du condensateur C1. Quand le curseur de RV1 est en position centrale, les cycles de charge et de décharge de C1 prennent autant de temps et le rapport cyclique est de 50 %. Si le curseur de RV1 est du côté de D1, la charge de C1 est plus rapide et sa décharge est plus lente, ce qui conduit à un rapport cyclique faible (inférieur à 50 %), le MOSFET reste plus longtemps bloqué qu'il ne reste passant (la lampe s'éclaire faiblement et/ou le moteur tourne lentement). Si le curseur de RV1 est du côté de D2, la charge de C1 est plus lente et sa décharge est plus rapide, ce qui conduit à un rapport cyclique élevé (supérieur à 50 %), le MOSFET reste plus longtemps passant que bloqué (la lampe s'éclaire fortement et/ou le moteur tourne vite). Le rapport cyclique peut ainsi varier de 0,5 % à 99,5 %.

Commande / sortie

Une fois n'est pas coutume, la sortie PWM se fait sur la borne 7 du NE555 et non sur sa borne 3. Sur cette sortie 7 est directement raccordée la grille du transistor. La résistance R1 permet de polariser la grille du MOSFET quand le transistor interne au NE555 (accessible via borne 7) est bloqué, et de le faire ainsi conduire. Quand le transistor interne au NE555 est passant, la sortie 7 se retrouve à la masse et le MOSFET ne conduit plus. Le BUZ10 pourra être remplacé par d'autres modèles de transistors MOSFET, par exemple un IRFZ44N, plus performant côté résistance passante (R_{on} plus basse, dissipation moindre).

Choix de la fréquence de commutation

Si la charge est une ampoule, la fréquence exacte n'est pas très critique et les valeurs de composants proposées ici conviennent sans problème. Si la charge est un moteur, la valeur exacte de la fréquence à adopter dépend du type de moteur (notamment de son inductance), sachant qu'une fréquence basse risque de le faire "grogner" un peu (ce qui ne signifie pas forcément qu'on perd en couple). Une fréquence de commutation plus élevée permet d'avoir un moteur plus "silencieux" mais fait chauffer un peu plus le transistor de puissance. Dans certains cas où la fréquence est élevée et les courants mis en jeu sont élevés, le choix du transistor de puissance et de sa commande devient plus critique, ce qui impose de savoir ce qu'on.

