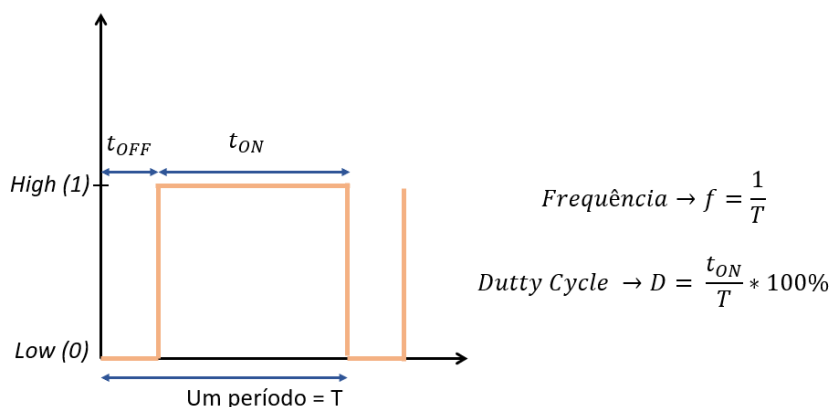


# Ondas PWM

De forma genérica e simplista, entende-se que **PWM** (Pulse Width Modulation) são ondas quadradas que comutam rapidamente, a uma determinada frequência, entre o estado *high* e *low* (Sinal digital) ao longo de um período. **Dutty cycle** é o nome que se dá à proporção de tempo que a onda tem o seu valor a *high* e a *low*, definida por:



A figura 1 demonstra 3 exemplos da representação ao longo do tempo de 4 períodos de uma onda PWM com 3 duty cycles diferentes (10%, 50% e 90%).

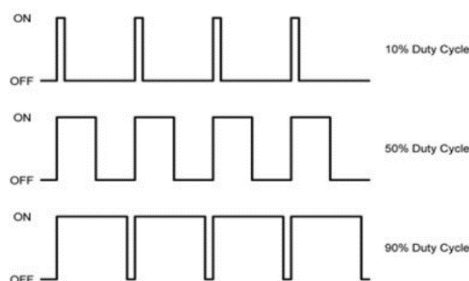


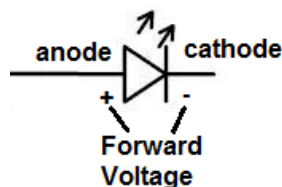
Figura 1 – 4 períodos de 3 ondas PWM com diferentes duty cycles

Esta técnica de modulação permite simular uma tensão estática que pode ser variada consoante o *Dutty cycle* utilizado. Existe grande variedade de casos de uso desta técnica como por exemplo, regulação do brilho de LEDs, controlo de motores eléctricos ou outro qualquer dispositivo eléctrico como um transístor. Neste módulo pretende-se utilizar esta técnica para a regulação de brilho de um LED (é possível ajustar o brilho de um LED através da variação da resistência associada, sendo que esta tema não irá ser abordado neste módulo).

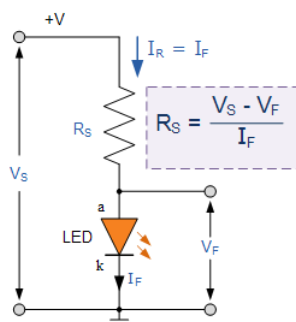
## Como alimentar um LED com ondas PWM?

Neste exemplo prático, vamos assumir uma onda quadrada com amplitude máxima de 5V e duty cycle de 100%, o que significa que é o equivalente a um **Vs** estático de 5V. Analisando a *datasheet* de qualquer

LED, podemos encontrar o valor **V<sub>f</sub>** (*forward voltage*) que é tensão que devemos aplicar entre o ânodo e o cátodo de forma a acender o LED, esta tensão depende do tipo e cor do LED. A corrente que flui pelo LED depende do brilho desejado, na maioria dos casos 20mA são o suficiente. Para garantir que a tensão aplicada e a corrente não excede o valor típico, 20mA, é necessário dimensionar um resistência, R<sub>s</sub>.



Portanto, vamos assumir que o **V<sub>f</sub>** de um hipotético LED é de 1.2V. Se subtrairmos este **V<sub>f</sub>** ao nosso **V<sub>in</sub>** (5 – 1.2), teremos um **V** de 3.8V. Para calcular a resistência a utilizar no LED, iremos aplicar esta tensão diretamente na Lei de Ohm ( $V = I * R$ ) que faz com que  $R = 3.8V/20mA = 190 \text{ Ohms}$ .



### Exercícios:

- 1- Dimensione uma resistência de acordo com amplitude máxima dos *outputs* da placa de desenvolvimento Platform2GO. Caso não saibam o valor da tensão V<sub>f</sub> podem se guiar pela seguinte tabela:

Colour	V <sub>F</sub> @ 20mA
Infra-Red	1.2v
Red	1.8v
Amber	2.0v
Yellow	2.2v
Green	3.5v
Blue	3.6v
White	4.0v

- 2- Conecte um *output* ao seu circuito e ligue o LED. Repita o processo com um PWM com *dutty cycle* de 50% na saída.
- 3- Varia a frequência e o *dutty cycle* através do micrium.