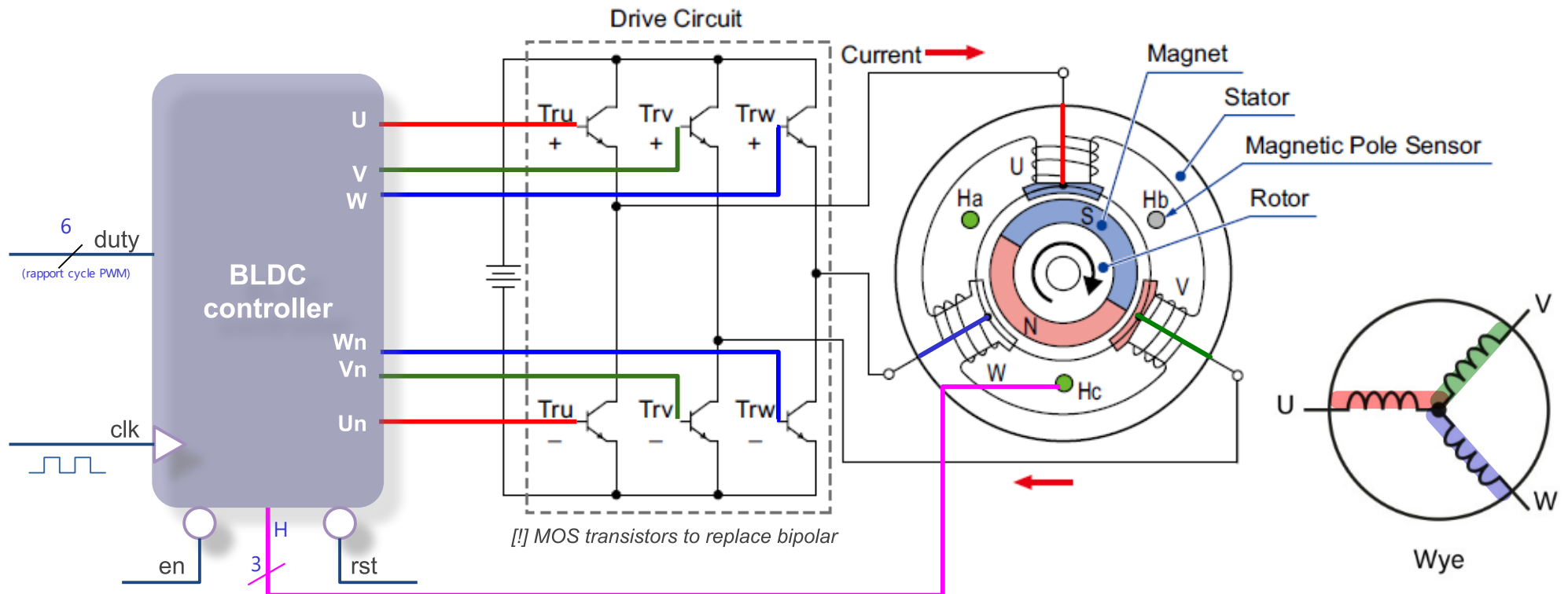


TP8 - BLDC controller

BLDC signifie "courant continu sans balais" et est lié à un type de moteur utilisant des aimants permanents sur leur rotor. Ces moteurs, d'une grande fiabilité, sont destinés à des usages intensifs et peuvent être trouvés dans les drones, les serveurs... et les disques durs !

BLDC stands for "brushless direct current" and is related to a type of motor making use of permanent magnets on their rotor. These high reliability motors are intended for heavy duty purposes and can be found in drones, servers ... and hard drives !



Unlike DC motors, a BLDC motor requires 3 phases sequenced in a precise timing.

As shown above, your "*BLDC controller*" circuit will be in charge of driving the six transistors of the "*driver*" part of the system. It is worth mentioning that "*electrical speed*" may differ from "*mechanical speed*" (e.g startup phase with mechanical load), hence we'll make use of a feedback signal. This signal will either come from a hall effect sensor located within the stator ... or (and probably easier to use) a simple optical signal that detects the position of the disk in the hard drive BLDC use case (see photos below).

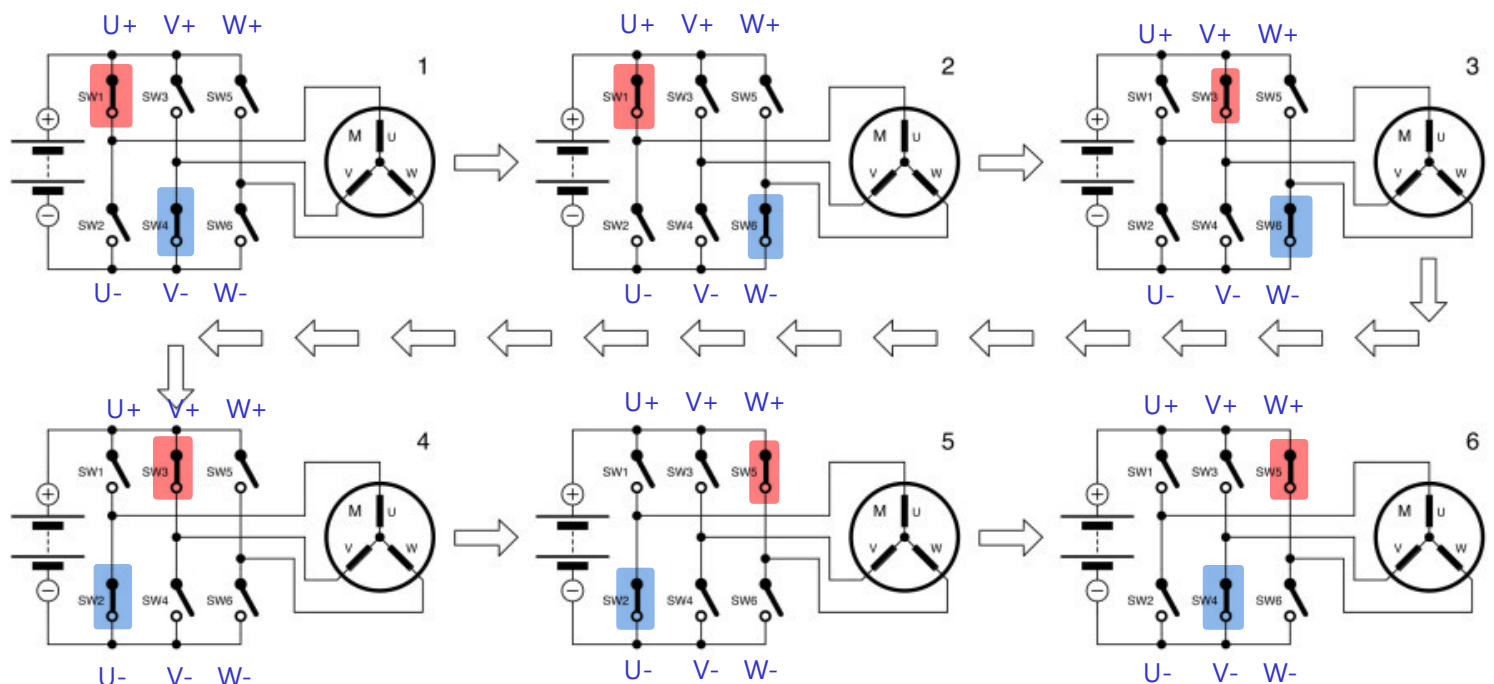
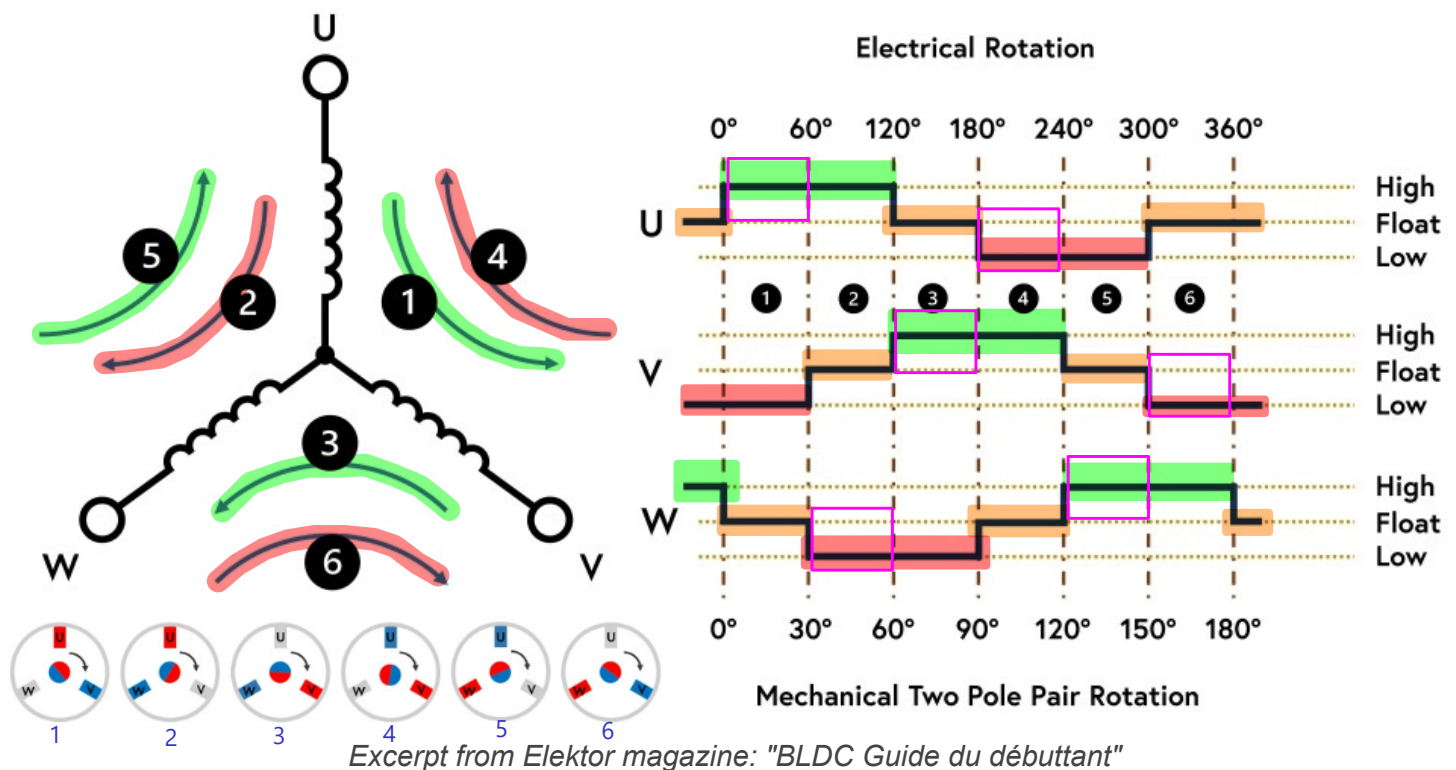
Contrairement aux moteurs à courant continu, un moteur BLDC nécessite trois phases séquencées avec un timing précis.

Comme illustré ci-dessus, votre circuit "contrôleur BLDC" sera chargé de piloter les six transistors de la partie "driver" du système.

Il est important de noter que la "vitesse électrique" peut différer de la "vitesse mécanique" (par exemple, lors de la phase de démarrage avec une charge mécanique).

C'est pourquoi nous utiliserons un signal de retour.

Ce signal proviendra soit d'un capteur à effet Hall situé dans le stator, soit (et probablement plus facile à utiliser) d'un simple signal optique détectant la position du disque dans le cas d'utilisation BLDC des disques durs (voir photos ci-dessous).



Speed control

You'll make use of PWM control to adjust the speed of the brushless motor. Additionally, there will be a ramp UP and ramp DOWN effect to avoid high pulses of energy, exemple:

- motor is at stop and the speed control is set at its maximum ... then you'll smoothly increase the speed up to the specified value.

Vous utiliserez le contrôle PWM pour ajuster la vitesse du moteur brushless.

De plus, un effet de montée en puissance (ramp UP) et de descente en puissance (ramp DOWN) sera appliqué afin d'éviter des pics d'énergie trop élevés.

Exemple :

Le moteur est à l'arrêt et le contrôle de vitesse est réglé à son maximum...

vous augmenterez alors progressivement la vitesse jusqu'à la valeur spécifiée.

Au moyen d'un FPGA, nous aimerions que vous implémentiez la partie logique du contrôleur sous forme de composant. Malheureusement, ce type de contrôleur nécessite beaucoup de paramètres... Mais pour garantir votre réussite lors de cette première approche, nous nous limiterons aux paramètres génériques suivants :

BLDC controller

By means of a FPGA, we'd like you to implement the logical part of the controller as a component. Unfortunately, this kind of controller requires a LOT of parameters ... but to ensure your success as a first step undertaking such a device, we'll restrain ourselves to the following generic parameters:

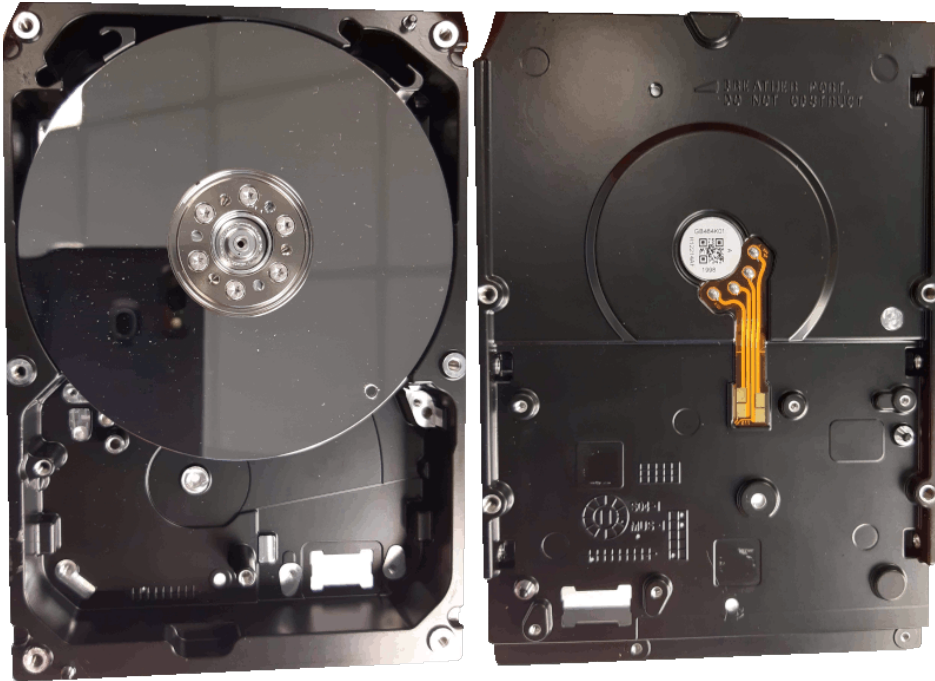
- **MAX_CPT** → defines a whole phase cycle expressed as number of ticks of the main clock
définit un cycle de phase complet, exprimé en nombre de ticks de l'horloge principale.

As an example, let's say our main clock has a 1MHz frequency. On the other end, our motor requires a 50Hz phase cycle ⇒ MAX_CPT will get set at (1MHz/50) at instantiation (or synthesis) time.

Par exemple, supposons que notre horloge principale fonctionne à 1 MHz. D'un autre côté, notre moteur nécessite un cycle de phase de 50 Hz ⇒ Ainsi, MAX_CPT sera défini à (1 MHz / 50) au moment de l'instanciation (ou de la synthèse).

Use case

In order to avoid destroying one of our electrical vehicles (!), we'll make use of specifically prepared hard drives for such an experiment.



Afin d'éviter de détruire l'un de nos véhicules électriques (!), nous utiliserons des disques durs spécialement préparés pour une telle expérience.

to be continued

Links

[Elektor] BLDC newbies guide

<https://www.elektormagazine.fr/articles/contr%C3%B4le-des-moteurs-bldc-guide-du-d%C3%A9butant>

Notes :

Objectif :

Implémenter un contrôleur BLDC en VHDL sous forme de composant, avec un contrôle basé sur PWM et une gestion des phases du moteur

Attention :

S'assurer que les sorties haute et basse d'un enroulement ne soient jamais alimentées simultanément.

PWM : représente le nombre de rotation (Hertz) → valeur max.

1 paire de pôles = 1 pôle positif + 1 pôle négatif

1 paire de pôles = rotation rapide du moteur → à basse vitesse
→ couple plus faible

H : pendant fonctionnement, tension égale à la moitié de la tension appliquée durant chaque phase et devra rester flottante.

Equivalence :

1 paire de pôles : 1 rotation électrique = 1 rotation mécanique → 360° (équivalent)

2 paires de pôles : 1 rotation électrique = $\frac{1}{2}$ rotation mécanique → 180°

4 paires de pôles : 1 rotation électrique = $\frac{1}{4}$ rotation mécanique → 90°

Une rotation effectuée → coefficient appliqué (RPM : rotation en tours par minute)

Charge du processeur :

1 paire de pôles : 100 tours / min = $\frac{60s}{100t} = 600ms$ pour exécuter le code

2 paires de pôles : 200 tours / min = $\frac{60s}{200t} = 300ms$ pour exécuter le code

4 paires de pôles : 400 tours / min = $\frac{60s}{400t} = 150ms$ pour exécuter le code

Capteur de position : (effet Hall)

Obtention de la séquence conforme selon un timing correct.

Précision du capteur : $\frac{360}{6} = 60^\circ$

Avantages du capteur : → Annuler les hésitations du rotor pour atteindre la position du champ magnétique.
→ S'assurer que le prochaine paire d'enroulements correcte est alimentée.
→ Permet de maintenir la vitesse.

Contrôle de vitesse :

broches : génèrent des impulsions modulées en largeur (PWM) en sortie.

un rapport cyclique faible : → La tension appliquée aux enroulements du stator est faible.
→ Le moteur tourne lentement.

Avec un capteur Hall, on pilote les signaux de sortie afin d'implémenter la commutation en 6 étapes, à une vitesse donnée.

→ tension augmente → vitesse augmente → commutation augmente