

Interfaçage Numérique

2024-2025

6N-047-SCI / INum

Bloc X - Conversion Numérique ()

Concepts étudiés

- [PHYS] Moteur et champs électriques
- [NUM] Modulation de largeur d'impulsion
- [NUM] Codage des informations
- [NUM] Transmission des informations

Mots clefs

Moteurs; PWM; Codage des informations; Transmission d'information

Sessions

- 0 Cours(s) - 1h30
- 2 TD(s) - 1h30
- 0 TD(s) Machine - 2h00
- 0 TP(s) - 4h30

Travail

En groupe

Piloter et transmettre en numérique

BLA BLA BLA BLA

Acquis d'Apprentissage Visés

En résolvant ces problèmes, les étudiant-e-s seront capables de :

CÔTÉ NUMÉRIQUE

1. **Générer des signaux numériques** permettant le pilotage de moteurs
2. **Lister les différentes informations numériques et leur codage**
3. **Transcoder des informations numériques** pour leur transmission numérique

CÔTÉ PHYSIQUE

1. **Comprendre le principe de fonctionnement d'un moteur** à courant continu et pas à pas
2. **Comprendre l'intérêt des étages de puissance** dans le pilotage numérique

Institut d'Optique
Graduate School, France
<https://www.institutoptique.fr>

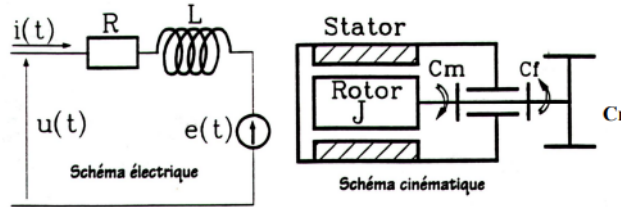
GitHub - Digital Methods
<https://github.com/IOGS-Digital-Methods>

Séance 1 / Moteurs et pilotage numérique

Moteurs à courant continu / Modélisation

Modèle d'un moteur à courant continu

Il est possible de modéliser électriquement et mécaniquement un moteur à courant continu de la façon suivante :



Source : <http://s2i.chaptal.free.fr/>

Un moteur est un élément permettant de convertir une puissance électrique en une puissance mécanique. Le couple (C_m) est lié au courant (I) par une constante intrinsèque au moteur, notée K :

$$C_m = K \cdot I$$

La vitesse de rotation (Ω) est liée à la tension aux bornes du moteur (U) par cette même constante :

$$E = K \cdot \Omega$$

La puissance électrique (ou mécanique) vaut : $P_e = C \cdot \Omega = E \cdot I$

D'après le principe fondamental de la dynamique, il existe un lien entre le couple appliqué sur le rotor du moteur et la vitesse de rotation :

$$C_m - C_R - f \cdot \Omega = J \cdot p \cdot \Omega$$

où C_r correspond au couple résistant, f au coefficient de frottement visqueux, J à l'inertie du moteur.

En reliant toutes ces équations, on peut obtenir la fonction de transfert entre la vitesse de rotation du système (Ω) et la tension appliquée sur le stator (U) suivante :

$$H(p) = \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{K}{(J \cdot p + f) \cdot (R + L \cdot p) + K^2}$$

Exemple du moteur POLOLU 3239

20.4:1 Metal Gearmotor 25Dx62L mm MP 12V with 48 CPR Encoder



www.pololu.com

Pololu item #: 3239
Brand: Pololu

Key specifications:

voltage	no-load performance	stall extrapolation
12 V	370 RPM, 200 mA	3 kg·cm (42 oz·in), 2.1 A

This gearmotor consists of a **medium-power, 12 V** brushed DC motor combined with a **20.4:1** metal spur gearbox, and it has an integrated 48 CPR quadrature encoder on the motor shaft, which provides **979.62 counts per revolution** of the gearbox's output shaft. The gearmotor is cylindrical, with a diameter just under 25 mm, and the D-shaped output shaft is 4 mm in diameter and extends 12.5 mm from the face plate of the gearbox.

1. Quels sont les paramètres importants à prendre en compte ?
2. Les valeurs annoncées sont-elles cohérentes ?

3. Quelle est la valeur du coefficient K , lien entre la vitesse de rotation et la tension aux bornes du moteur ?

Dimensions

Size:	25D x 62L mm ¹
Weight:	98 g
Shaft diameter:	4 mm

Notes:

- 1 Length does not include the motor shaft.
- 2 This motor will run at 6 V but is intended for operation at 12 V.



General specifications

Gear ratio:	20.4:1
No-load speed @ 12V:	370 rpm
No-load current @ 12V:	200 mA
Stall current @ 12V:	2100 mA
Stall torque @ 12V:	42 oz-in
No-load speed @ 6V:	185 rpm ²
Stall current @ 6V:	1050 mA ²
Stall torque @ 6V:	21 oz-in ²
Motor type:	2.1A stall @ 12V (MP 12V)

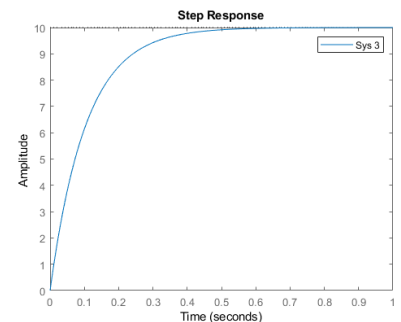
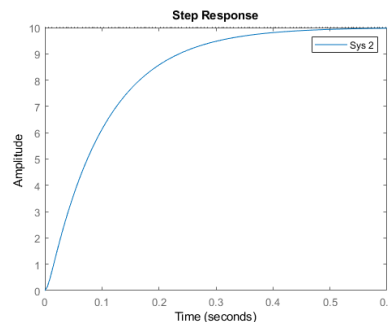
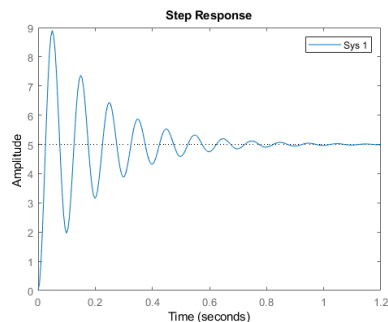
Modèle simplifié d'un MCC

Il est possible de simplifier le modèle précédent, en faisant l'hypothèse que le temps de réponse de la partie électrique (dont la constante de temps sera notée τ_e) est plus petit que le temps de réponse mécanique (dont la constante de temps sera notée τ_m).

$$H(p) = \frac{K_0}{(1 + \tau_m \cdot p) \cdot (1 + \tau_e \cdot p)}$$

Avec $\tau_m = R \cdot J / (K^2 + R \cdot f)$, $\tau_e = L/R$ et $K_0 = K / (K^2 + R \cdot f)$

1. Cette hypothèse est-elle vérifiée si on prend comme valeurs : $K = 0.1 \text{ Nm/A}$ (ou en V/rd/s), $J = 0.01 \text{ jg. m}^2$, $L = 0.5 \text{ mH}$ et $R = 0.1 \Omega$ (en absence de frottement) ?
2. Ce système est-il stable ?
3. Parmi les réponses indicielles suivantes, laquelle correspond à ce système ?



Moteurs à courant continu / Pilotage en vitesse

Variation analogique de la vitesse de rotation

Proposez une solution pour pouvoir piloter analogiquement ce système en vitesse : (a) dans un sens, (b) dans les deux directions.

Variation numérique de la vitesse de rotation

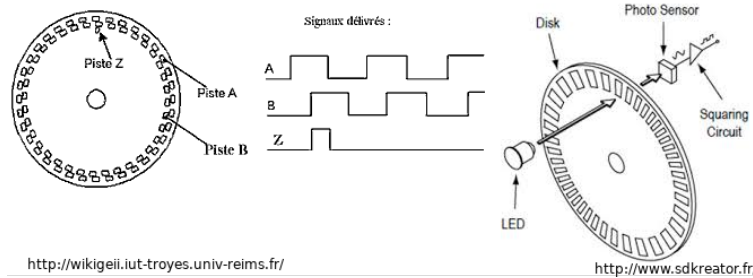
On se propose à présent de piloter ce système de manière numérique.

1. Comment est-il possible de faire varier la vitesse de rotation numériquement ?
2. Quel est l'intérêt d'un tel mode de fonctionnement ?
3. Proposez un montage, basé sur le pilotage par carte Nucléo, d'un MCC dans une direction.
4. Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un MCC dans une direction.

- Comment est-il possible de piloter ce MCC dans les deux sens de rotation ?
On se propose d'utiliser le composant L293D (voir partie de la documentation technique en annexe).
- Proposez un montage, basé sur le pilotage par carte Nucléo, d'un MCC dans les deux directions.
- Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un MCC dans les deux directions.

Mesure de vitesse

- Proposez une solution de mesure de vitesse de rotation.
On se propose d'utiliser un encodeur tel que proposé dans la figure suivante :

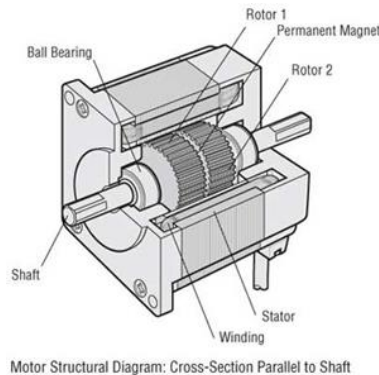


- Proposez une méthode pour mesurer la vitesse de rotation.
- Comment connaître le sens de rotation ? La position ?

Moteurs pas à pas / Principe et pilotage

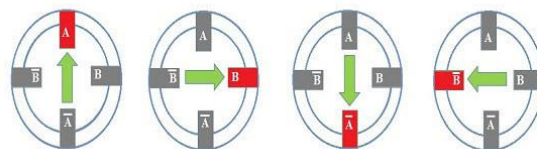
Principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas

Un moteur pas à pas est constitué de 2 bobines séparées d'un certain angle. En alimentant indépendamment les deux bobines, on vient modifier la direction du champ magnétique résultant.



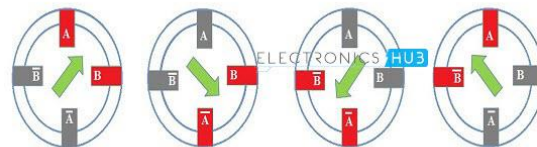
Pour avancer d'un pas, il suffit alors de suivre le protocole suivant :

Full Step - One Phase ON



Step	Phase			
	A	B	\bar{A}	\bar{B}
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

Full Step - Two Phase ON



Step	Phase			
	A	B	\bar{A}	\bar{B}
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

1. Quel est l'intérêt d'un tel moteur ?
2. Comment le faire tourner dans l'autre sens ?
3. Quel est l'intérêt du deuxième mode de fonctionnement proposé ?
4. Peut-on combiner les deux ?

Pilotage numérique

1. Proposez un câblage pour pouvoir piloter ce moteur pas à pas à l'aide du pont en H L293D.
 2. Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un moteur pas à pas dans les deux directions.
-

Séance 2 / Transmission de données numériques

Exercices préliminaires

Codage des informations

On donne le codage hexadécimal du nombre réel 3.1418 stocké dans une variable de type **float** : 0x(40 13 49 40).

Cette conversion est basée sur la norme IEEE754 simple précision.

1. Combien d'octets sont-ils nécessaires pour stocker cette information sous forme d'une variable de type **float** ?
2. Combien d'octets sont-ils nécessaires pour stocker cette information sous forme d'une chaîne de caractères (type **char[]**) ?

On stocke à présent cette donnée dans une variable de type **char** de la manière suivante :

c = 3.1418;

3. Que stocke la variable **c** ?
-
-

Contexte

Un robot est équipé de deux roues motorisées indépendantes, ainsi que d'une roue folle. Les moteurs utilisés sont des moteurs à courant continu. Le robot possède également 2 phares sous forme de LEDs de puissance.

Une télécommande est associée à ce robot. Elle contient un joystick sur 2 axes (chacun des axes correspond à un potentiomètre qui fournit une tension analogique proportionnelle à la position) et 2 boutons-poussoirs pour : (1) démarrer ou arrêter le robot, (2) allumer ou éteindre les phares.

SCHEMA DE PRINCIPE

Transmission d'informations

Utilisation d'un protocole série "simple"

On souhaite mettre en place un protocole de communication permettant d'échanger des informations entre le robot et la télécommande.

Dans un premier temps, on s'intéressera à une liaison série de type RS232 à 115200 bauds, permettant de transmettre des octets de manière asynchrone.

Vous devez établir un protocole de communication permettant la réception par le robot des ordres de pilotage : démarrer/arrêter, allumer/éteindre les phares, avancer, reculer, s'arrêter... La vitesse d'avance du robot sera **constante**.

Utilisation d'un protocole série "avancé"

La liaison série utilisée sera la même que précédemment.

Vous devez établir un protocole de communication permettant la réception par le robot des ordres de pilotage : démarrer/arrêter, allumer/éteindre les phares, avancer, reculer, s'arrêter... La vitesse d'avance du robot sera **proportionnelle** à la position du joystick (de même que la rotation).

Utilisation d'un module de transmission spécifique