

Mettre en mouvement / Moteurs

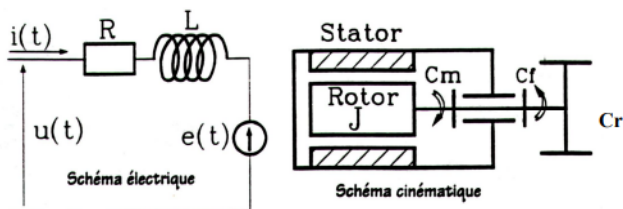
OBJECTIFS

- DÉMONSTRER L'INTÉRÊT D'UN PILOTAGE NUMÉRIQUE PAR MODULATION DE LARGEUR D'IMPULSION (MLI - PWM) D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU.
- COMPRENDRE LE RÔLE DES TRANSISTORS EN COMMUTATION.
- COMPRENDRE L'INTÉRÊT ET LE FONCTIONNEMENT D'UN PONT EN H.

1. Moteur à courant continu

1.1. 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 :

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

1.2. Exemple du moteur POLOLU 3239

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



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

www.pololu.com



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.



www.potolu.com

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)

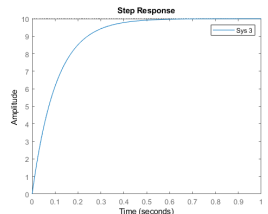
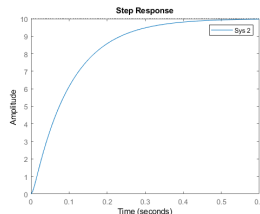
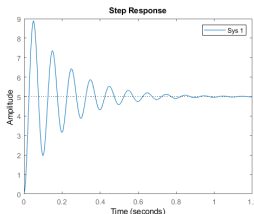
1.3. Modèle simplifié d'un MCC

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 ?



1.4. 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.

1.5. Variation numérique de la vitesse de rotation

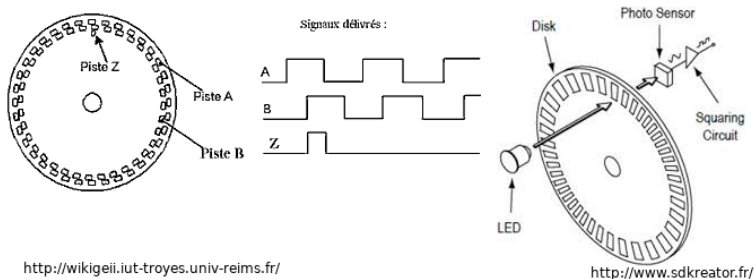
On se propose à présent de piloter ce système de manière numérique.

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.
5. 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).
6. Proposez un montage, basé sur le pilotage par carte Nucléo, d'un MCC dans les deux directions.
7. Proposez un programme pour le pilotage par carte Nucléo d'un MCC dans les deux directions.

2. Mesure de vitesse et de position

1. Proposez une solution de mesure de vitesse de rotation.

On se propose d'utiliser un encodeur tel que proposé dans la figure suivante :

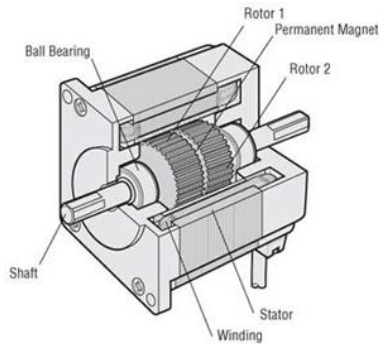


2. Proposez une méthode pour mesurer la vitesse de rotation.
3. Comment connaître le sens de rotation ? La position ?

3. Moteur pas à pas

3.1. Principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas

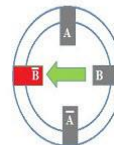
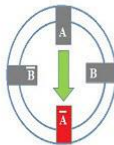
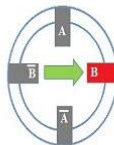
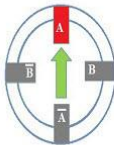
Un moteur pas à pas est constitué de 2 bobines séparées d'un certain angle. En alimentant indépendamment les deux bobines, on vient modifier la direction du champ magnétique résultant.



Motor Structural Diagram: Cross-Section Parallel to Shaft

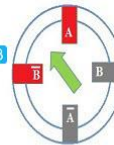
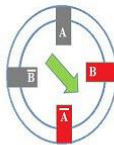
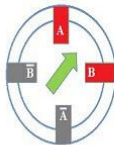
Pour avancer d'un pas, il suffit alors de suivre le protocole suivant :

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 ?

3.2. 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.

L293x Quadruple Half-H Drivers

1 Features

- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- High-Noise-Immunity Inputs
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

2 Applications

- Stepper Motor Drivers
- DC Motor Drivers
- Latching Relay Drivers

3 Description

The L293 and L293D devices are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN.

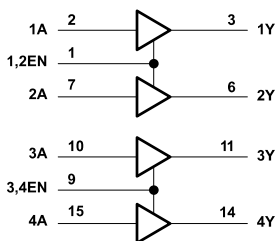
The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
L293NE	PDIP (16)	19.80 mm × 6.35 mm
L293DNE	PDIP (16)	19.80 mm × 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

Logic Diagram



8 Detailed Description

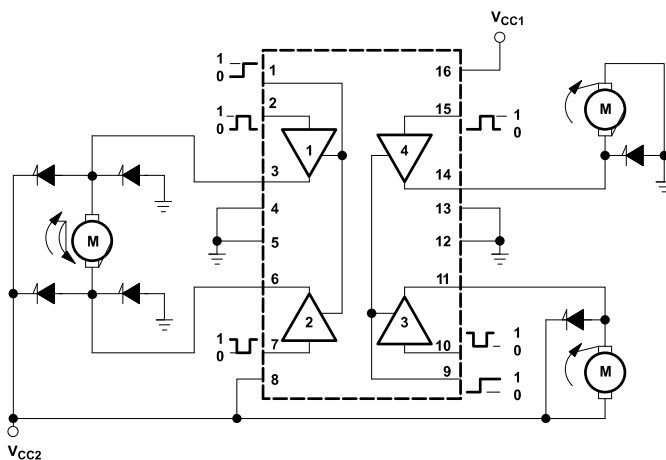
8.1 Overview

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. These devices are designed to drive a wide array of inductive loads such as relays, solenoids, DC and bipolar stepping motors, as well as other high-current and high-voltage loads. All inputs are TTL compatible and tolerant up to 7 V.

Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled, and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled, and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression. On the L293D, these diodes are integrated to reduce system complexity and overall system size. A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2} , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation. The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

8.2 Functional Block Diagram



Output diodes are internal in L293D.

8.3 Feature Description

The L293x has TTL-compatible inputs and high voltage outputs for inductive load driving. Current outputs can get up to 2 A using the L293.