



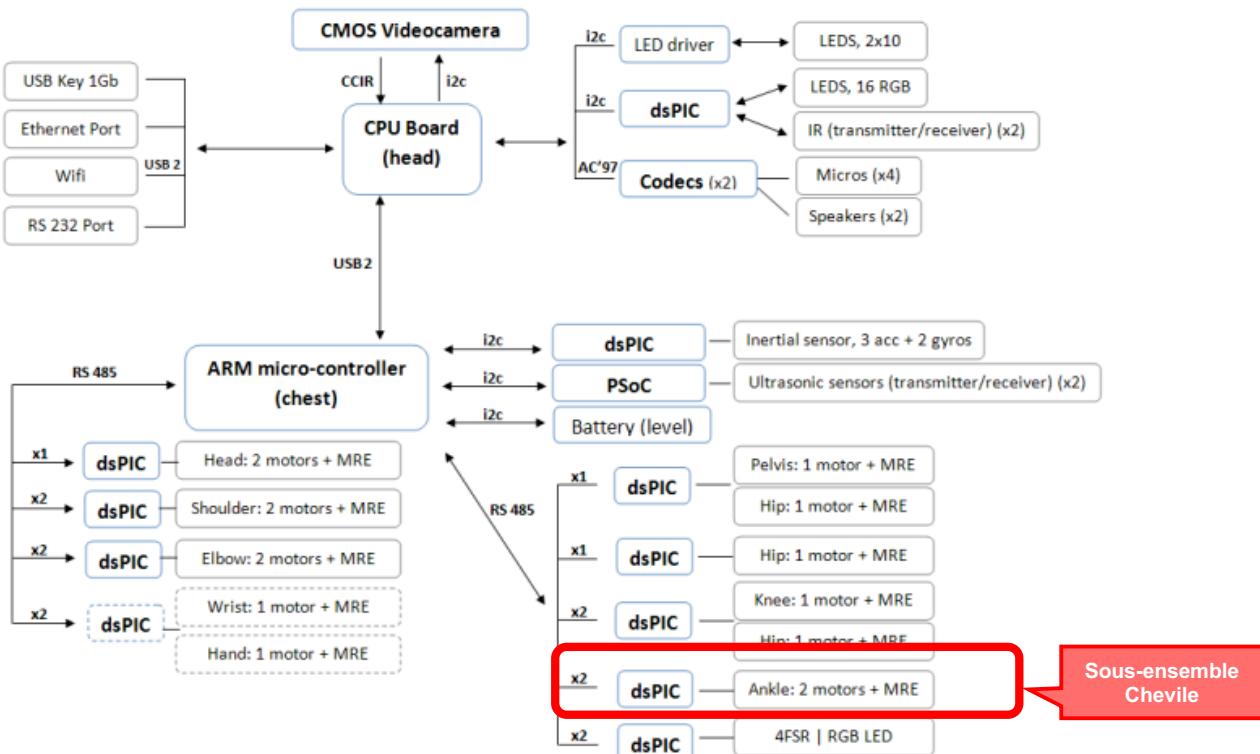
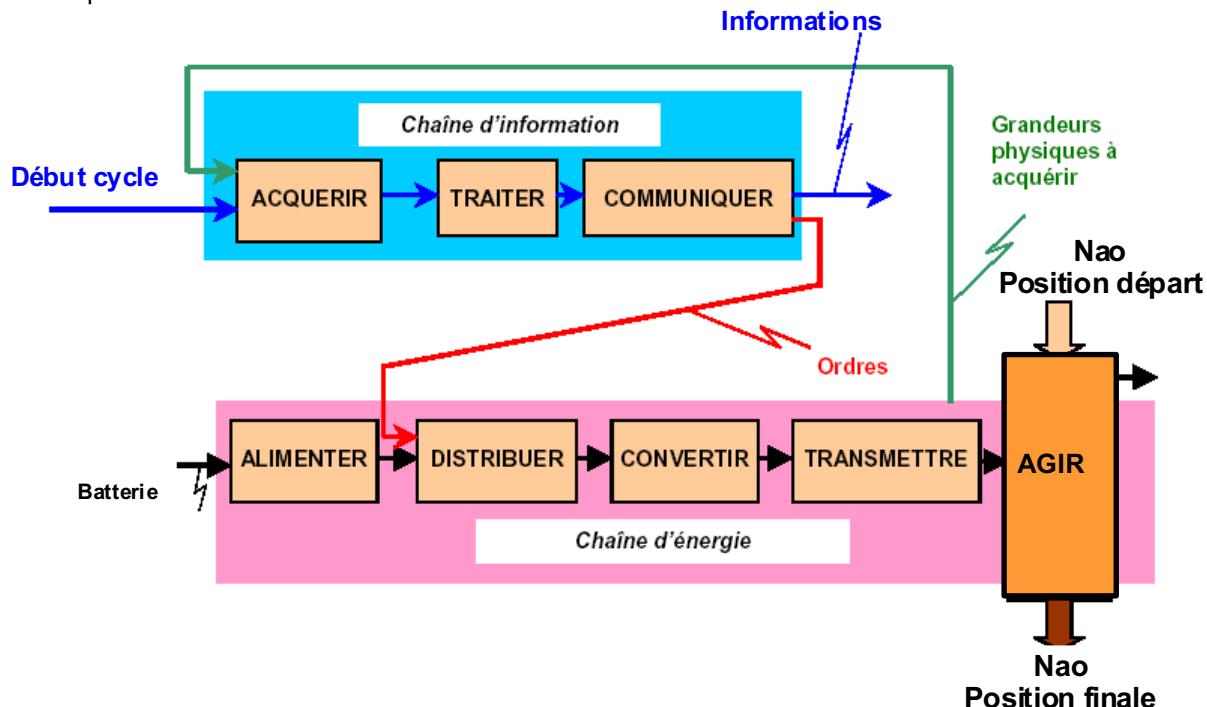
Dossier technique

de la cheville de Nao

On utilise la représentation fonctionnelle classique en chaîne d'énergie et d'information pour le robot

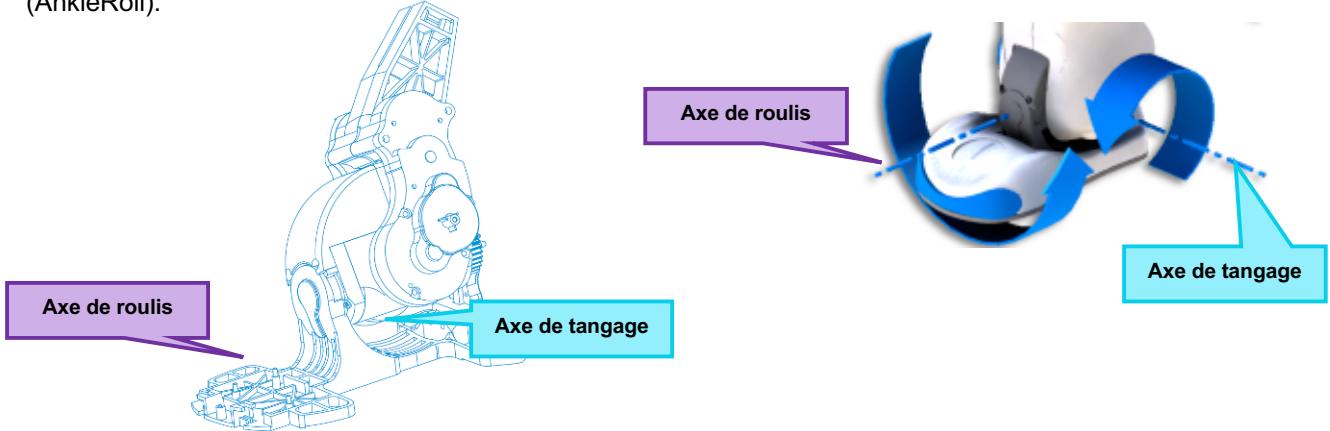
L'architecture de l'ensemble est donnée ci-dessous. On y retrouve l'ensemble des capteurs et actionneurs ainsi que les bus de communication permettant de l'interconnexion avec l'unité centrale (CPU : Central Processing Unit).

L'**ARM** permet de contrôler les 25 moteurs des 25 axes de liberté via des liaisons RS485.



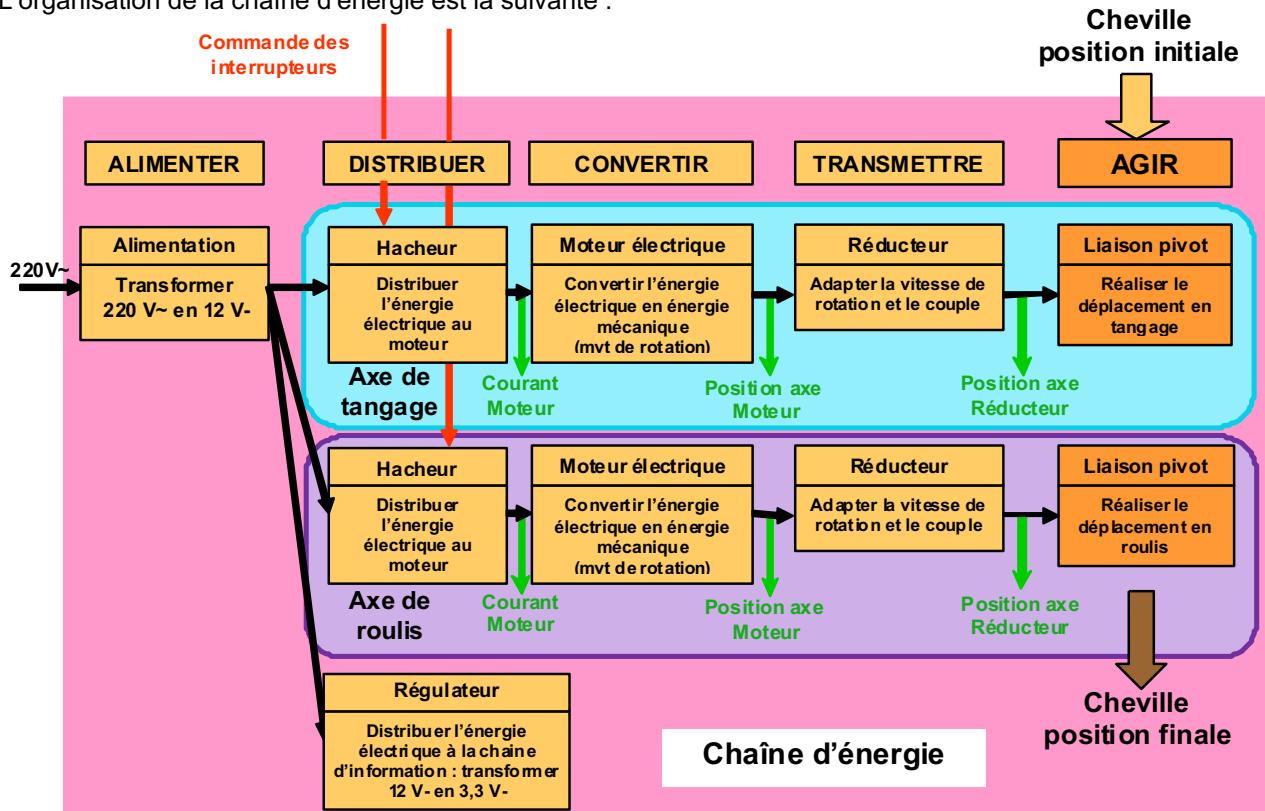
Le sous-ensemble cheville est représenté dans le cadre rouge :

Ce sous-ensemble comporte 2 axes de liberté nommés Axe de tangage (AnklePitch) et axe de roulis (AnkleRoll).



Organisation de la chaîne d'énergie

L'organisation de la chaîne d'énergie est la suivante :

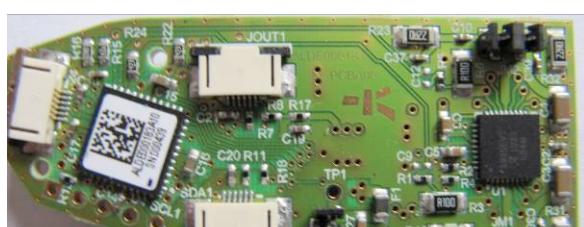


Les 2 degrés de liberté sont contrôlés de la même façon.

La photo ci-contre montre « l'intérieure » de la cheville.

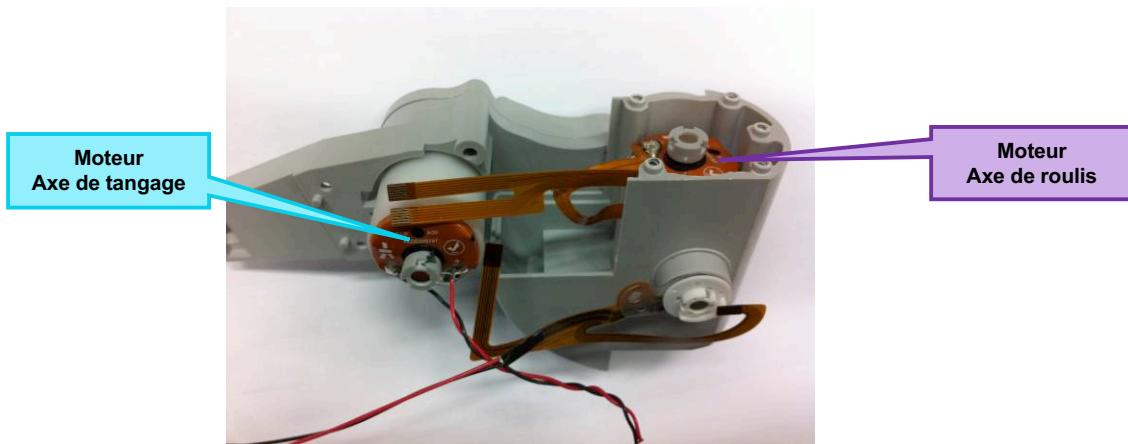
Une seule carte de commande pilote les 2 axes.

Ci-dessous les 2 faces de la carte de commande.



Fonction Convertir

La photo ci-dessous montre la position des 2 moteurs :



Ces moteurs sont des machines à courant continu (MCC).

Les MCC utilisées sont des RE 2422052 de chez Maxon

RE-max 24 Ø24 mm, Graphite Brushes, 11 Watt

Motor Data		
Values at nominal voltage		
1 Nominal voltage	V	18.0
2 No load speed	rpm	8000
3 No load current	mA	22.1
4 Nominal speed	rpm	6330
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	12.3
6 Nominal current (max. continuous current)	A	0.598
7 Stall torque	mNm	59.5
8 Starting current	A	2.79
9 Max. efficiency	%	83
Characteristics		
10 Terminal resistance	Ω	6.44
11 Terminal inductance	mH	0.309
12 Torque constant	mNm / A	21.3
13 Speed constant	rpm / V	448
14 Speed / torque gradient	rpm / mNm	135
15 Mechanical time constant	ms	5.91
16 Rotor inertia	gcm²	4.17

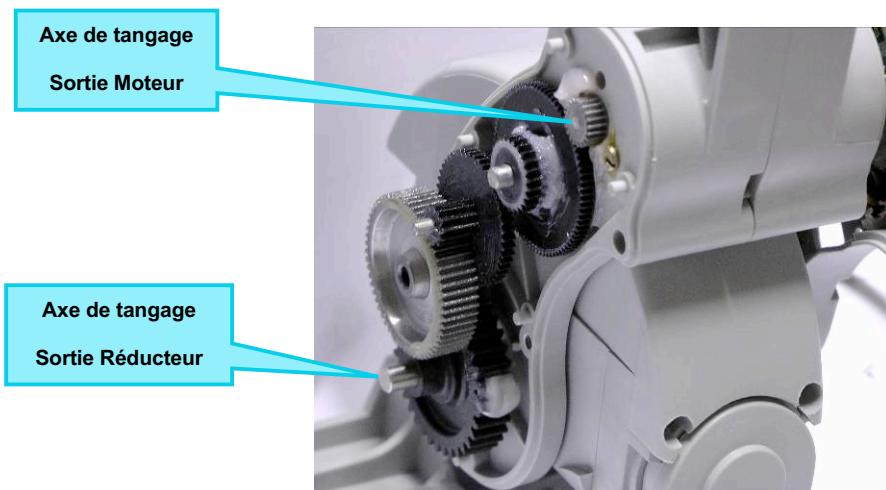
Pour les futures versions de cheville, le modèle changera :

maxon motor
MOTOR TYPE Brush DC Coreless

Model	22NT82213P
Number	×2
No load speed	8300 rpm ±10%
Stall torque	68 mNm ±8%
Continuous torque	16.1mNm max

Fonction Transmettre

La photo ci-dessous montre le train d'engrenage pour l'axe de tangage :



Rajouter photo engrenages pour Roll ??

Les rapports de réduction sont donnés ci-dessous roulis (Roll) et tangage (pitch) :

SPEED REDUCTION RATIO
ANKLEPITCH

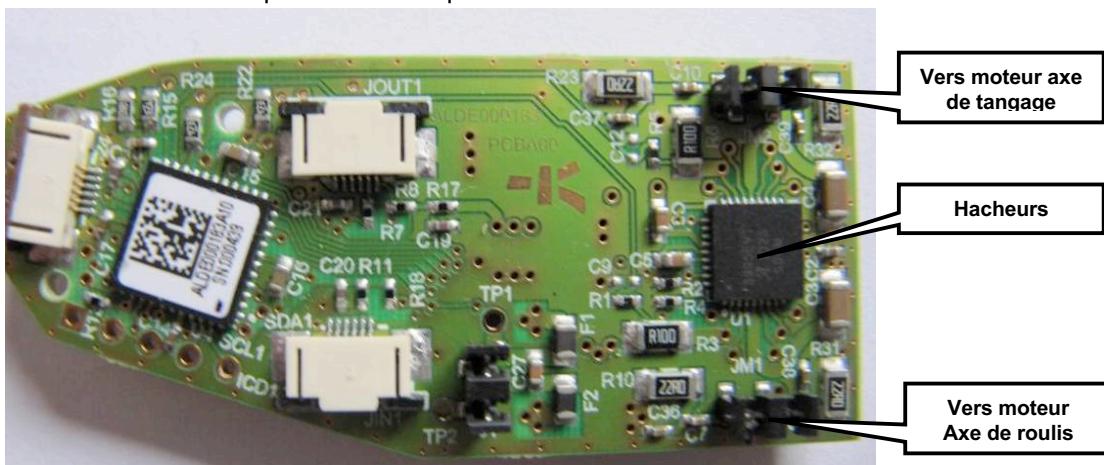
Reduction ratio 130.85

SPEED REDUCTION RATIO
ANKLEROLL

Reduction ratio 201.3

Fonction Distribuer (Hacheurs)

La photo ci-dessous montre la position du composant réalisant cette fonction.



Les 2 hacheurs nécessaires pour alimenter les 2 moteurs des 2 axes sont réalisés par un seul composant le A3995 d'Allegro.

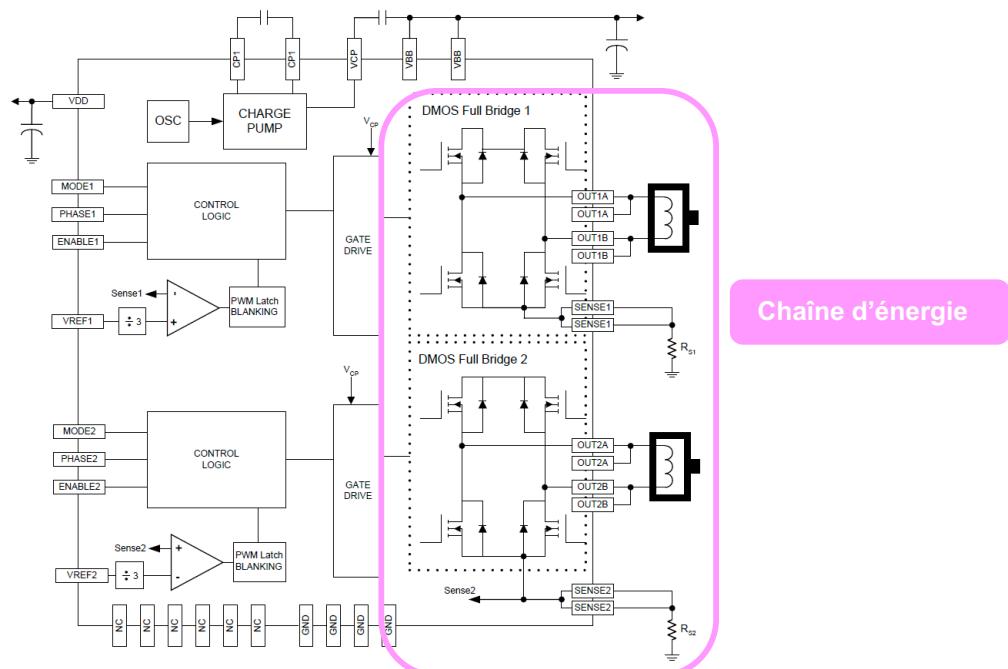


A3995

DMOS Dual Full Bridge PWM Motor Driver

Le A3995 est un double Hacheur 4 quadrants pouvant délivrer un courant maximal de 2,4A sous 36V. Il se présente sous la forme d'un boîtier QFN 36 broches.

Le schéma fonctionnel de ce composant est donné ci-dessous :



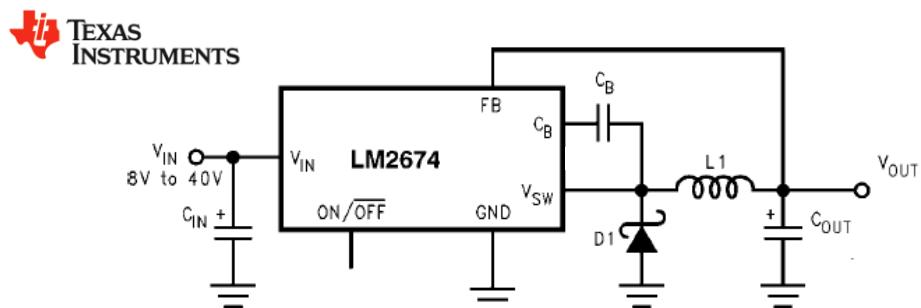
Fonction Distribuer (Régulateur)

Les composants utilisés dans la chaîne d'information sont alimentés en 3,3 V continu.

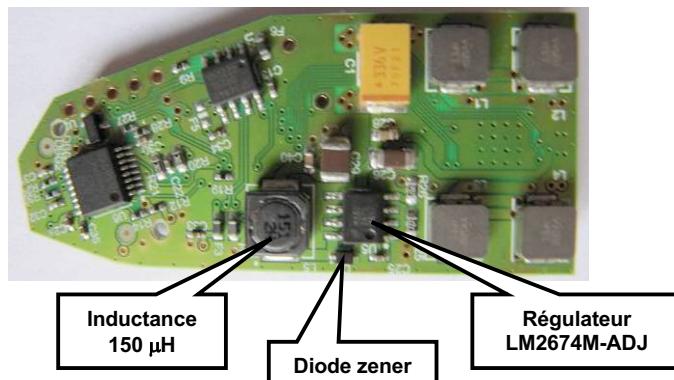
Le LM2674M permet d'obtenir une tension de sortie régulée à 3.3 V, 5 V ou 12 V et un courant maximal de 500 mA.

Il se présente sous la forme d'un boîtier SO 8 broches.

La régulation se fait de la façon suivante en y ajoutant 5 éléments :



La photo ci-dessous montre la position des composants réalisant cette fonction.

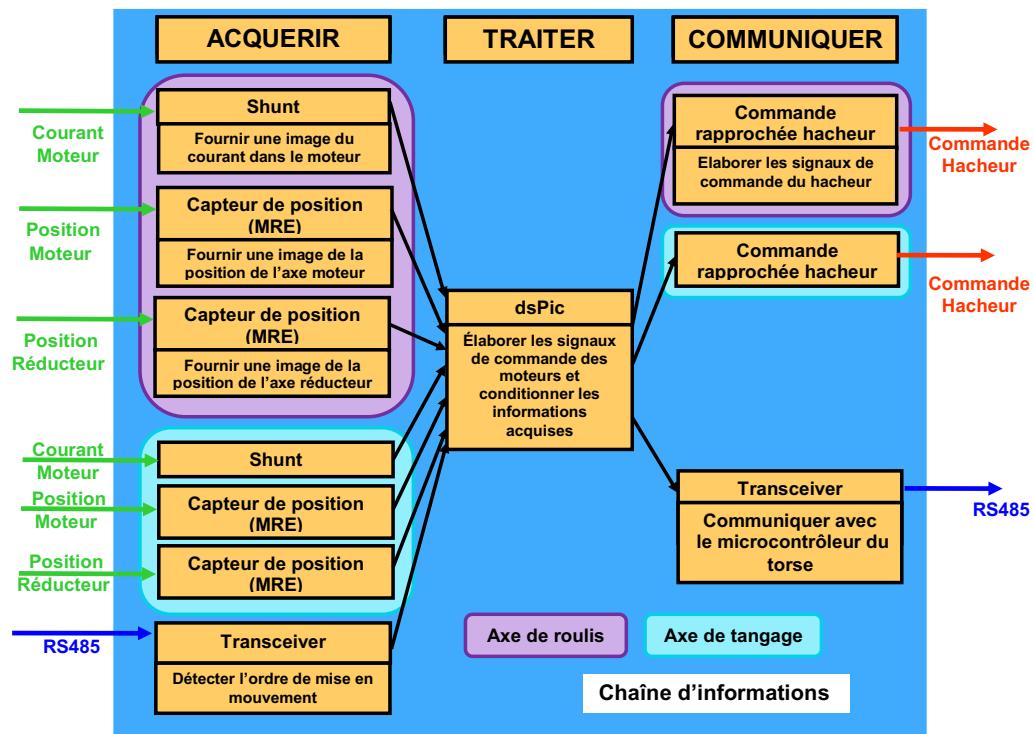


Position et valeurs des 3 condensateurs ??

Organisation de la chaîne d'information

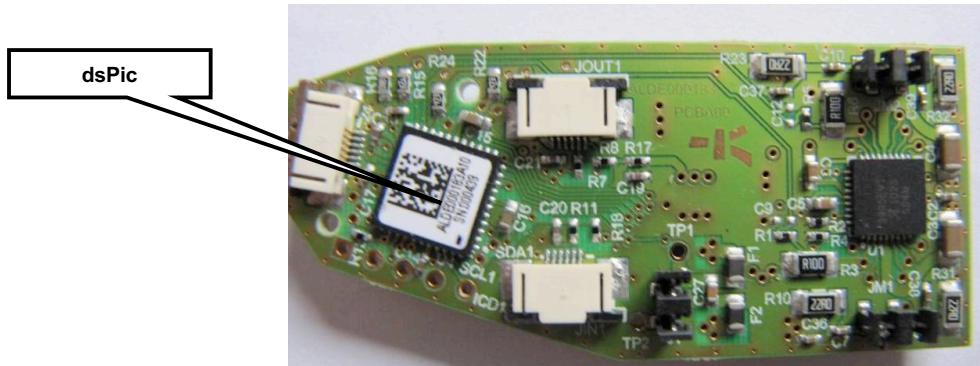
L'organisation de la chaîne d'information est donnée ci-dessous. La structure est identique pour les commandes des 2 axes roulis et tangage.

Compléter les blocs communiquer

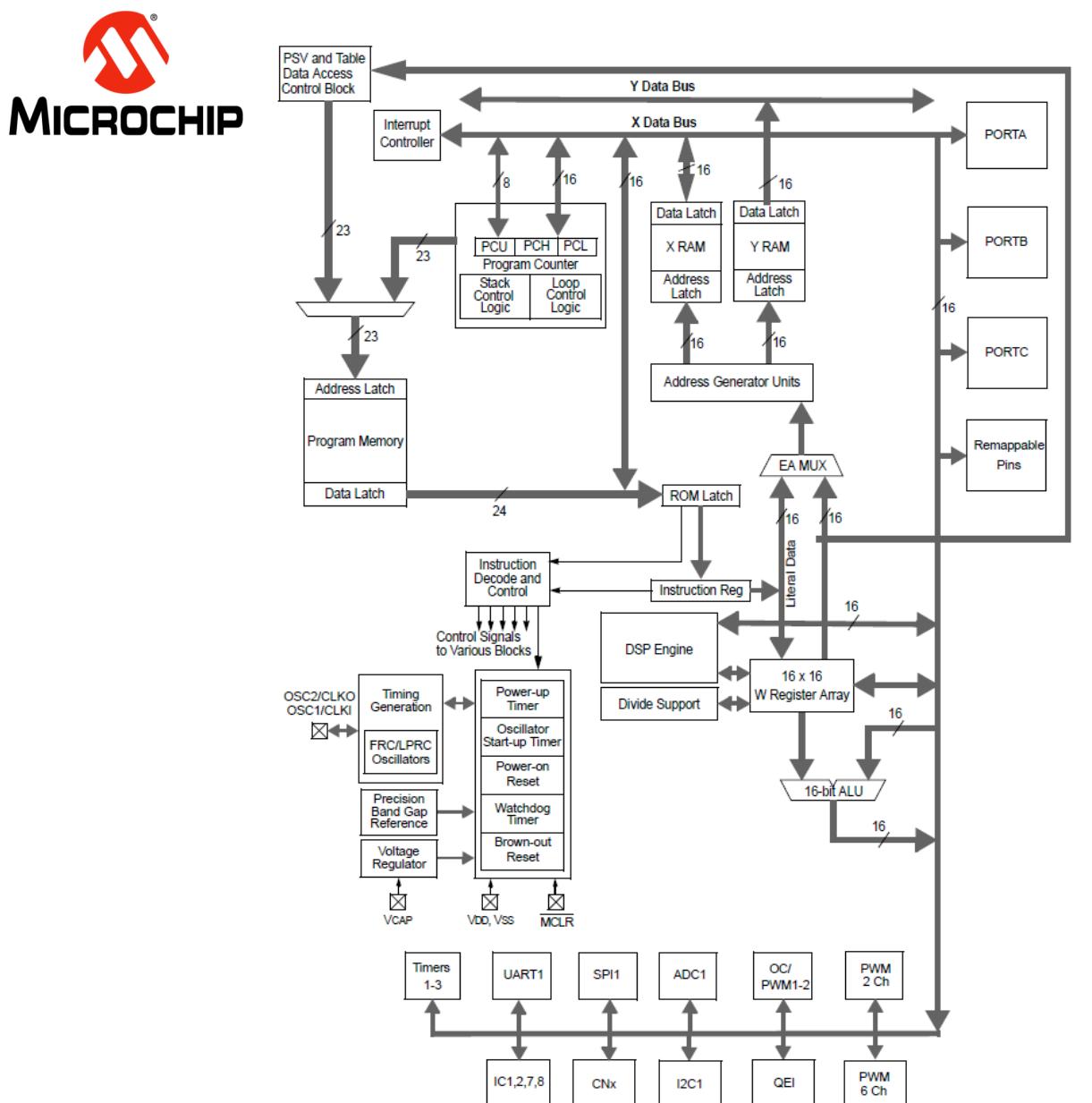


Fonction Traiter

Un dsPic (33FJ32MC204 de Microchip) permet le traitement des informations. C'est un boîtier QFN de 44 broches.

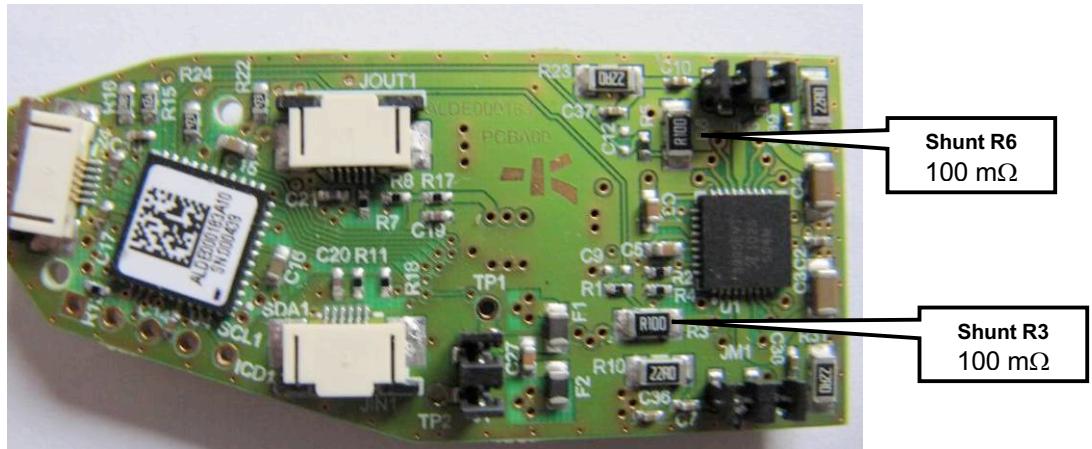


La structure interne est la suivante :

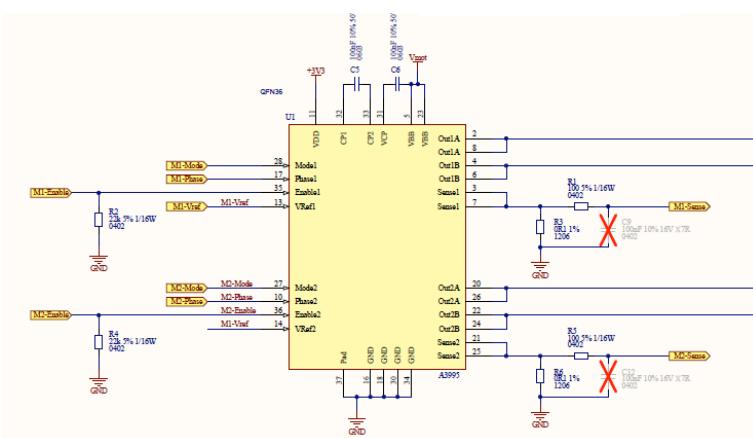
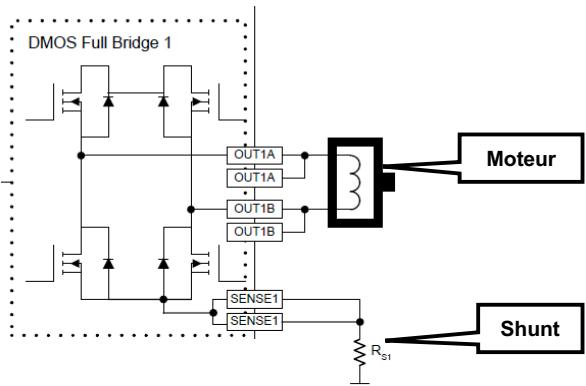


Fonction Acquérir (Courant)

Deux résistances de $100 \text{ m}\Omega$ permettent de mesurer le courant moteur.

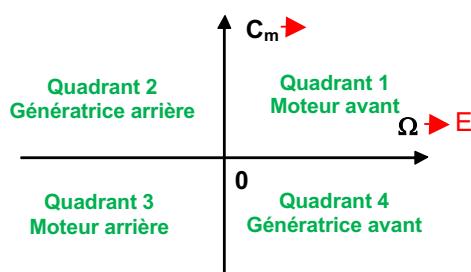


Le courant mesuré n'est pas le courant moteur, en effet le shunt n'est pas en série avec le moteur comme le montre le schéma ci-contre.



Fonctionnement dans les 4 quadrants

Le signe de la tension et du courant dépendent des quadrants de fonctionnement.

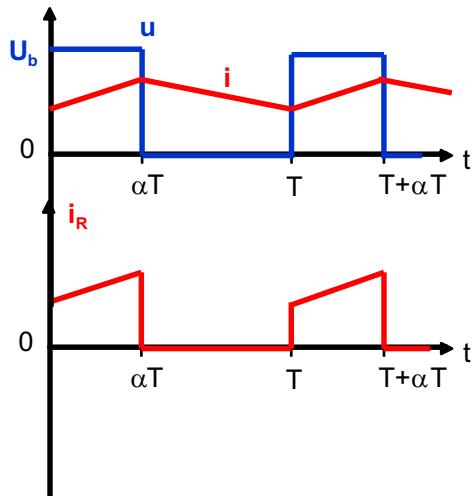
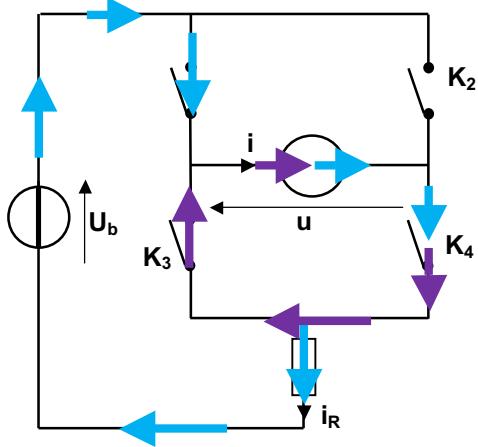


Analyse du courant mesuré i_R

Quadrant 1

De 0 à αT , PHASE = 1 et ENABLE = 1

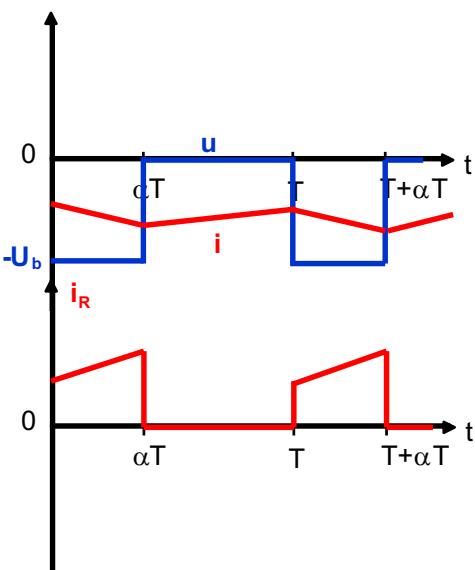
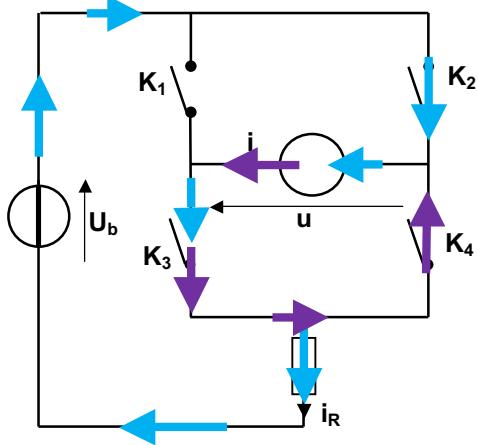
De αT à T , PHASE = 1 et ENABLE = 0



Quadrant 3

De 0 à αT , PHASE = 0 et ENABLE = 1

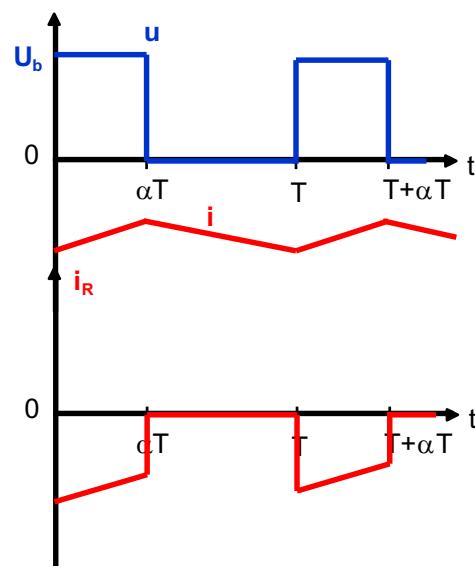
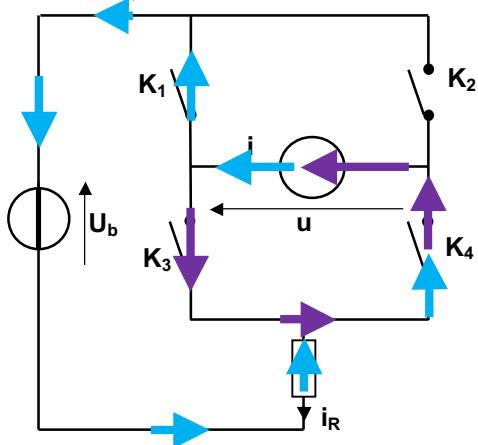
De αT à T , PHASE = 0 et ENABLE = 0



Quadrant 4

De 0 à αT , PHASE = 1 et ENABLE = 1

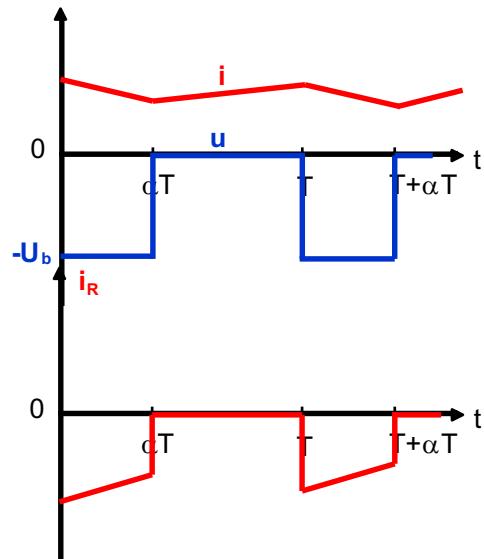
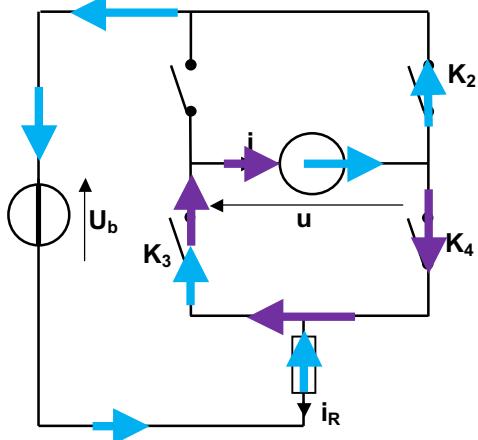
De αT à T , PHASE = 1 et ENABLE = 0



Quadrant 2

De 0 à αT , PHASE = 0 et ENABLE = 1

De αT à T , PHASE = 0 et ENABLE = 0



Conclusion

La mesure du courant doit donc se faire à un moment précis synchronisé avec la commande PWM du hacheur soit à $\alpha T/2$.

En fonctionnement moteur (quadrants 1 et 3), i_R est positif ou nul.

En fonctionnement générateur (quadrants 2 et 4), i_R est négatif ou nul.

La mesure d'un courant négatif n'est pas prévue. Quand la machine fonctionne en générateur, on relève donc 0.

Le signe du courant machine i dans le cas d'un fonctionnement moteur peut être trouvé par la commande PHASE :

- Si PHASE = 1 $i > 0$
- Si PHASE = 0 $i < 0$

La conversion A/N 12 bits est effectuée sur une entrée analogique du dsPic alimentée sous 3,3V. Un filtrage numérique (passe bas à 100Hz) est réalisé par ce dsPic.

La précision est donc de $\Delta i = \frac{q}{R_{\text{shunt}}}$ avec $q = \frac{3,3}{2^{12}}$ soit $\Delta i = 8 \text{ mA/bit}$.

[Saut de page](#)

Fonction Acquérir (Position)

Les mesures de positions sont effectuées par 4 capteurs magnétiques MRE AS5045. Pour chaque axe (Pitch et Roll), il y a un capteur sur l'axe du moteur et un capteur sur l'axe en sortie du réducteur.

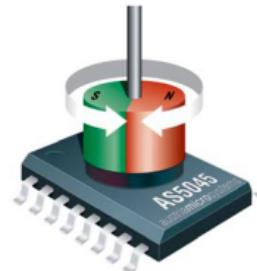


Ce circuit est un codeur rotatif magnétique sans contact. Il combine un DSP et des capteurs à effet Hall intégrés.

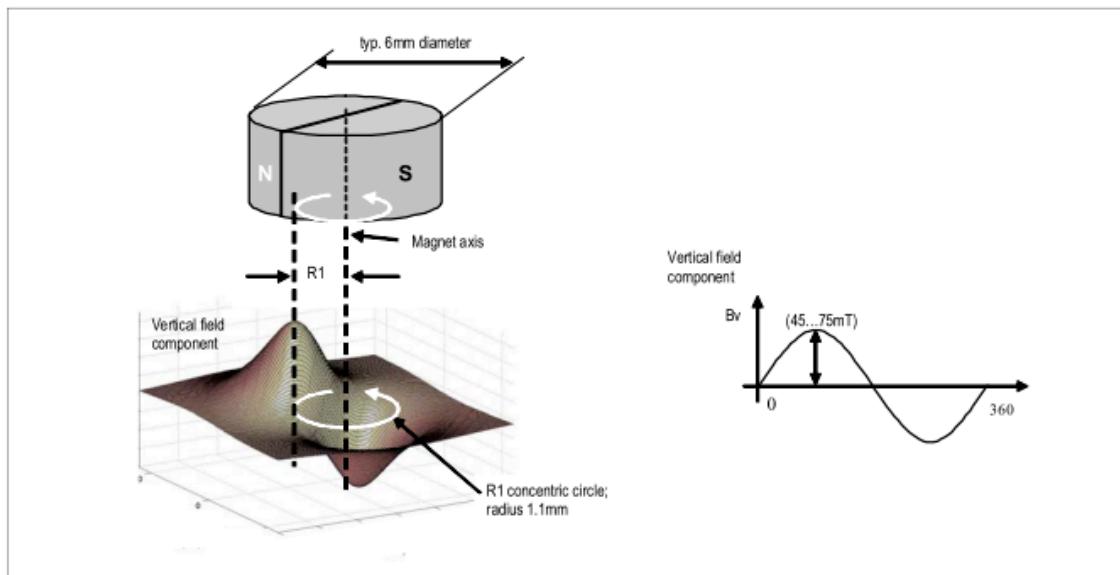
Pour mesurer un angle, un aimant circulaire centré au dessus du composant est nécessaire.

La position absolue de l'aimant est mesurée avec une résolution de $0,0879^\circ$ (12 bits, $360^\circ/2^{12}$).

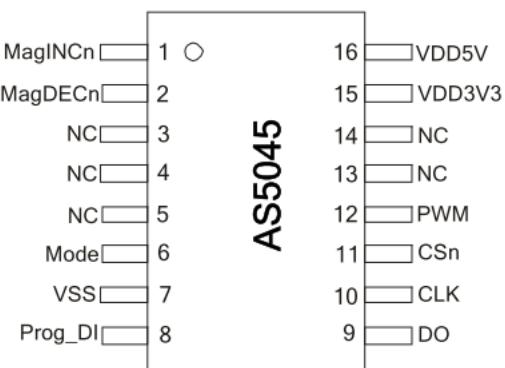
L'information peut être transmise sous forme analogique (signal PWM dont le rapport cyclique est proportionnel à l'angle) ou sous forme numérique (flot série de bits).



Répartition de l'induction magnétique



Le composant se présente sous la forme d'un boîtier SSOP 16 broches.



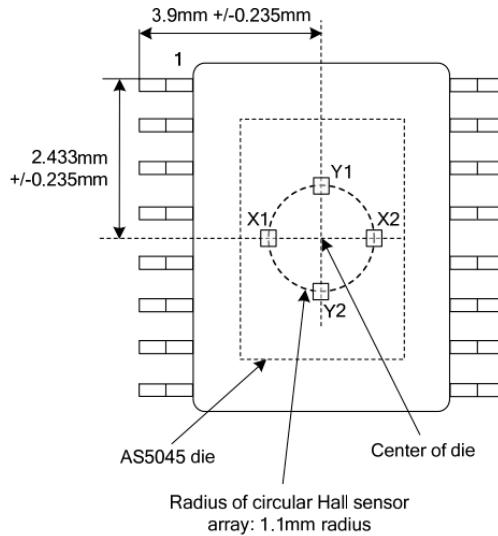
7 : alimentation 0V DC

15 : alimentation 3,3V DC

16 : alimentation 3,3V DC

Les broches 3, 4, 5, 6, 13 et 14 sont pour un usage interne et ne doivent pas être connectées.

8 : broche permettant de programmer la position 0°



Le composant possède quatre capteurs à effet Hall placés symétriquement sur un cercle dont le centre est le centre du composant.

La différence des signaux issus des capteurs Y1 et Y2 est proportionnelle au sinus de l'angle position.

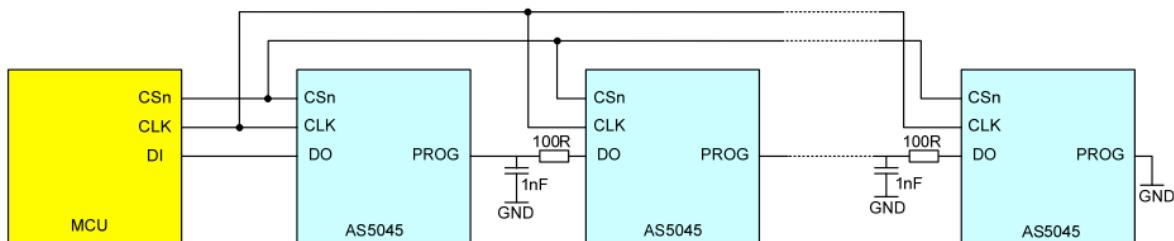
La différence des signaux issus des capteurs X1 et X2 est proportionnelle au cosinus de l'angle position.

Le déplacement angulaire est donné par la relation :

$$\theta = \text{Arc tan} \left(\frac{Y1 - Y2}{X1 - X2} \right) \pm 0.5^\circ$$

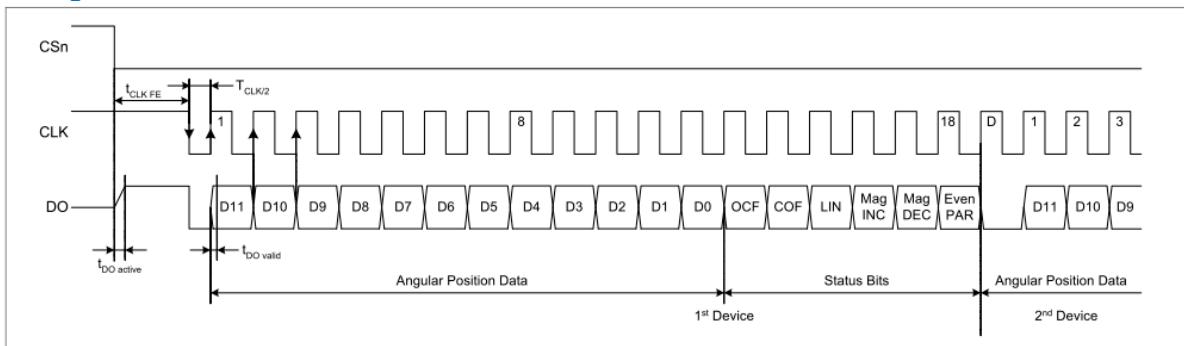
Mode Daisy Chain

Ce mode permet de connecter en cascade plusieurs MRE. Il permet de limiter le nombre de connecteurs utilisés.



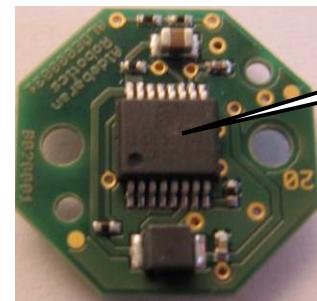
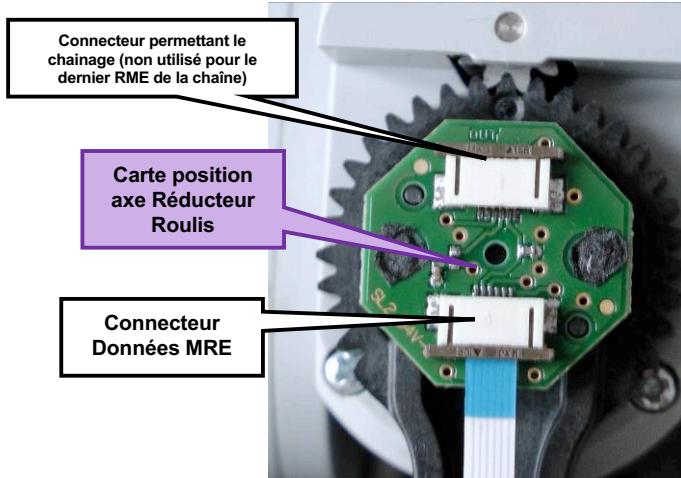
Dans ce cas les données sont lues sur la broche D0 du premier MRE de la chaîne. Si nous avons n MRE connectés, la longueur de la trame est donnée par n.(18+1) bits.

Codage de la trame

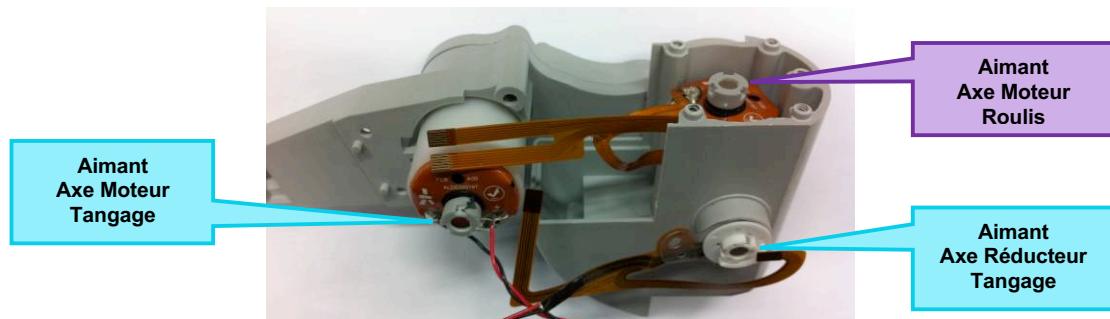


On retrouve le principe d'une transmission série synchrone classique.

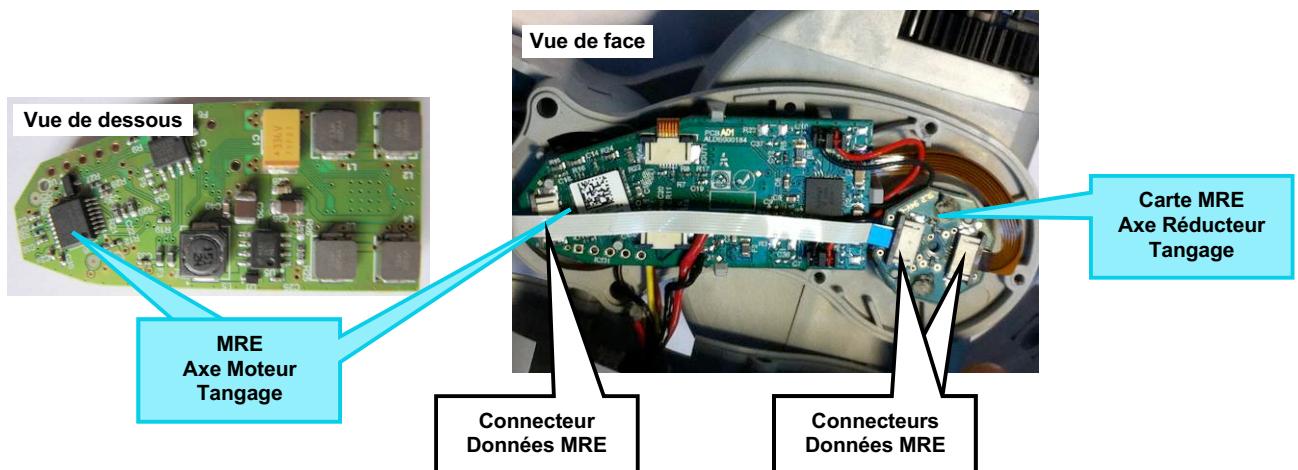
Pour 3 mesures de position, des circuits imprimés hexagonaux sont positionnés en face des axes.



Les aimants sont positionnés « en force » en extrémité des axes comme le montre la photo ci-dessous. Le composant MRE sera en vis-à-vis.



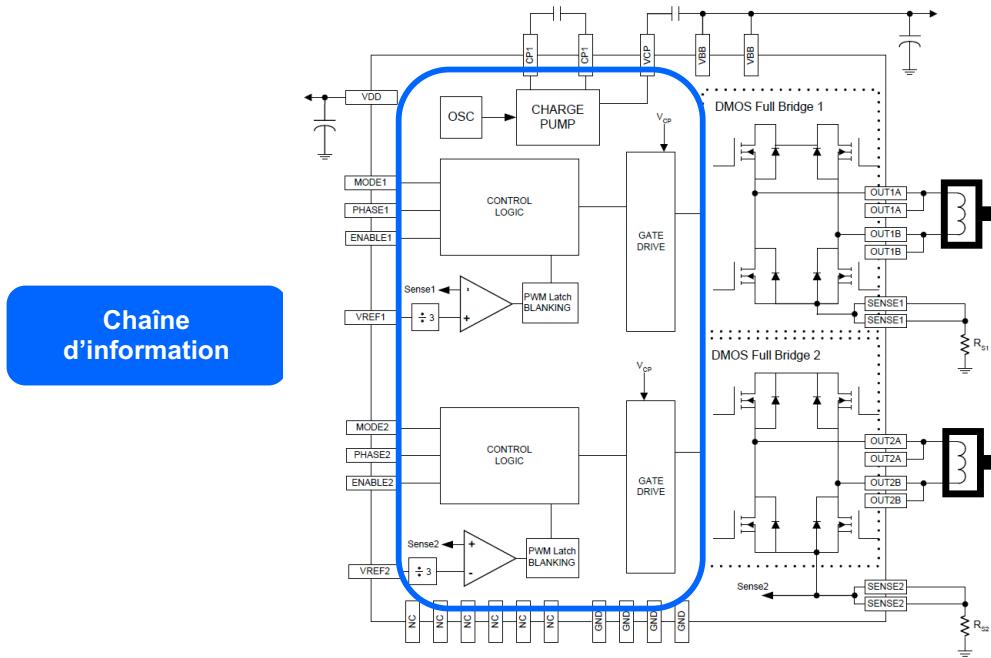
La quatrième mesure est quant à elle effectuée sur la carte principale. Ci-dessous, on retrouve les positions des 2 capteurs MRE de l'axe AnklePitch.



Fonction Communiquer (hacheurs)

Le traitement de l'information est réalisé par le dsPIC. Les commandes sont ensuite envoyées au composant A3995 via les entrées Mode, Phase et Enable.

Le schéma fonctionnel de ce composant est rappelé ci-dessous :



La table de vérité est donnée ci-dessous :

DC Control Logic

PHASE	ENABLE	MODE	OUTA	OUTB	Function
1	1	1	H	L	Forward (slow decay SR)
1	1	0	H	L	Forward (fast decay SR)
0	1	1	L	H	Reverse (slow decay SR)
0	1	0	L	H	Reverse (fast decay SR)
X	0	1	L	L	Brake (slow decay SR)
1	0	0	L	H	Fast decay SR*
0	0	0	H	L	Fast decay SR*

* To prevent reversal of current during fast decay SR – the outputs will go to the high impedance state as the current gets near zero.

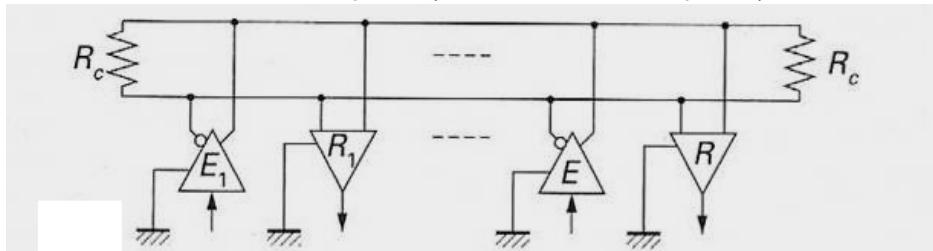
L'entrée mode est toujours fixée à 1.

Fonction Communiquer (RS485)

La liaison utilisée pour communiquer avec le reste du Robot est une liaison série RS485.

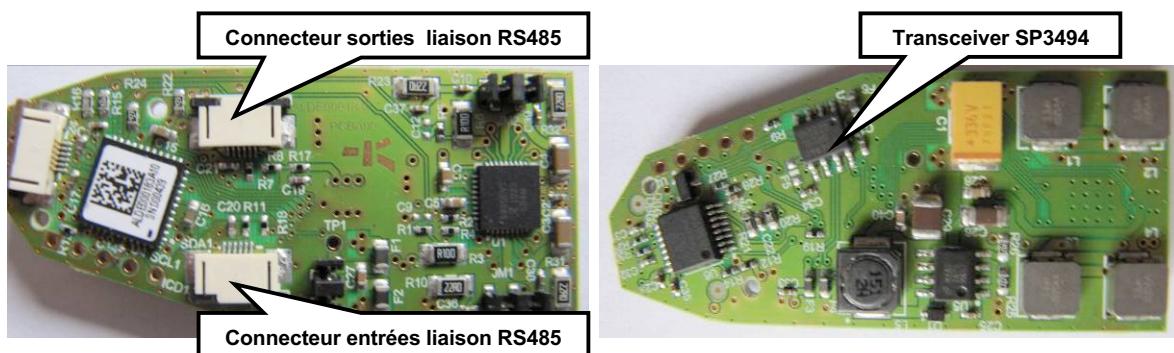
La liaison RS485 est réalisée par 2 fils en mode différentiel comme le montre la figure ci-dessous. Il s'agit d'une transmission synchrone bidirectionnelle (semi-duplex).

La norme permet des transmissions multipoints (32 émetteurs/32 récepteurs).

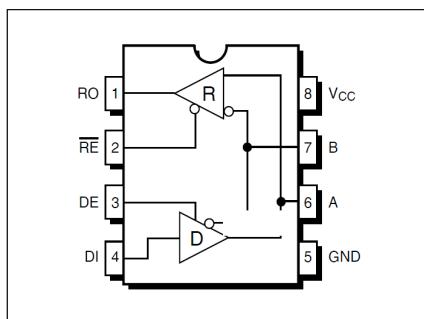


Il est nécessaire de placer des composants appelés transceiver qui définissent le mode émetteur ou récepteur.

Le composant utilisé pour la cheville est le transceiver SP3494.



Ce composant est un boîtier SOIC de 8 broches.



PIN FUNCTION - SP3494

- Pin 1 – RO – Receiver Output.
- Pin 2 – \overline{RE} – Receiver Output Enable Active LOW.
- Pin 3 – DE – Driver Output Enable Active HIGH.
- Pin 4 – DI – Driver Input.
- Pin 5 – GND – Ground Connection.
- Pin 6 – A – Driver Output/Receiver Input Non-inverting.
- Pin 7 – B – Driver Output/Receiver Input Inverting.
- Pin 8 – V_{CC} – Positive Supply $+3.00V < V_{CC} < +3.60V$



Les tables de vérités sont les suivantes :

INPUTS			LINE CONDITION	OUTPUTS	
\overline{RE}	DE	DI		B	A
X	1	1	No Fault	0	1
X	1	0	No Fault	1	0
X	0	X	X	Z	Z

Table 1. Transmit Function Truth Table

INPUTS		A - B	R
\overline{RE}	DE		
0	0	+0.2V	1
0	0	-0.2V	0
0	0	Inputs Open	1
1	0	X	Z

Table 2. Receive Function Truth Table