

Récapitulatif des tests réalisés sur la carte moteur

Les tests ont été réalisés avec le programme de test et non avec le programme des carte moteur complet.

Débugué avec STM32CubeIDE 1.9.0 avec mon ordinateur personnel.

Le débogage ne fonctionnant pas sur STM32CubeIDE de l'ordinateur du bureau, la version est peut-être différente. En revanche le flash fonctionne avec STM32CubeProgrammer.

L'alimentation utilisé est la petite alim de labo HO power PS2122LE réglé. sur le paramètre 12V. La tension est aux alentours de 12.2V.

Le débogueur utilisé est le ST-Link V2 (celui avec le GND entre IO et CLK et également l'autre type).

Il est possible de flasher la carte en l'alimentant uniquement avec le 3V3 du débogueur.

Le moteur utilisé est un moteur roue. Ses capteurs fonctionnent en 3V3 et ont été testé en 3V3 (expliqué plus loin).

Configuration de horloges

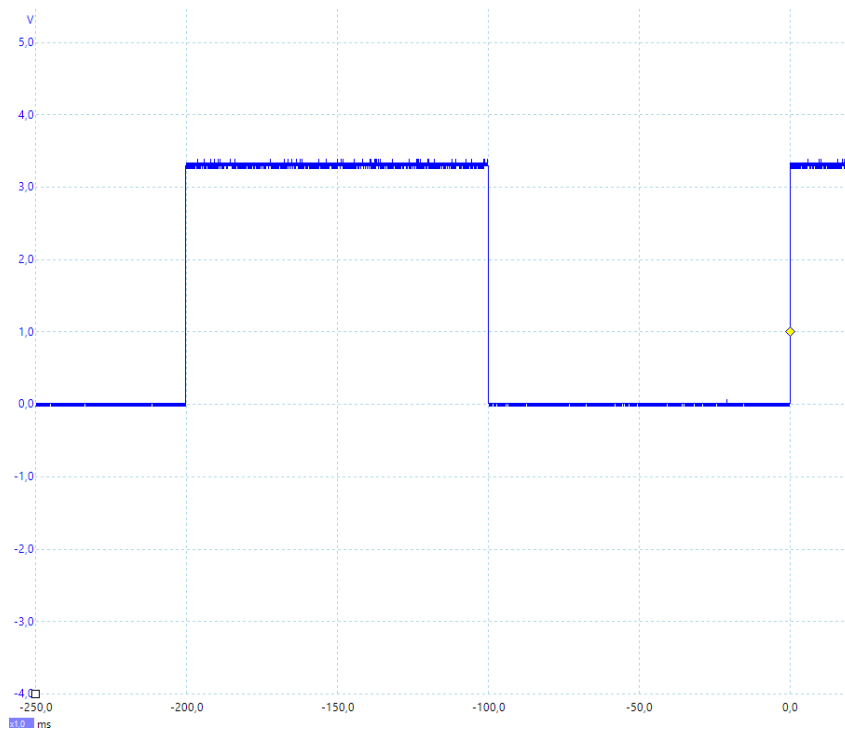
Test de HAL_Delay()

Génération d'un signal cadencé par HAL_Delay() pour tester sa précision .

```
/* USER CODE BEGIN WHILE */
while (1)
{
    /* USER CODE END WHILE */
    HAL_Delay(100);
    HAL_GPIO_WritePin(DRV_INLA_GPIO_Port, DRV_INLA_Pin, 1); //HALL_A
    HAL_Delay(100);
    HAL_GPIO_WritePin(DRV_INLA_GPIO_Port, DRV_INLA_Pin, 0); //HALL_A

    /* USER CODE BEGIN 3 */
}
/* USER CODE END 3 */
```

Période de 200ms :



La fonction HAL Delay() fonctionne correctement

Test de la PWM TIM1_CH1

Configuration :

Prescaler = 0

ARR = 599

Plage de rapport cyclique : $0 \leq \text{ALPHA} \leq 599$

```
htim1.Init.Period = 600;
```

Ici on règle la période et non le registre directement donc il faut écrire 600 et non 599.

Details :

$F_{\text{timer1}} = 48\text{MHz}$

On veut une fréquence d'au moins 20 kHz pour être inaudible.

On choisit $F_{\text{pwm}} = 40\text{kHz}$ pour être sûr.

PWM en mode centrée donc la fréquence de PWM est divisée par 2.

$$2 * F_{\text{pwm}} = F_{\text{timer1}} / ((\text{prescaler} + 1) * (\text{ARR} + 1))$$

$$((\text{prescaler} + 1) * (\text{ARR} + 1)) = F_{\text{timer1}} / 2 * F_{\text{pwm}} = 48\,000 / 80 = 600$$

On laisse prescaler à 0 pour avoir le plus de valeur de comptage dans une période de PWM (meilleure résolution).

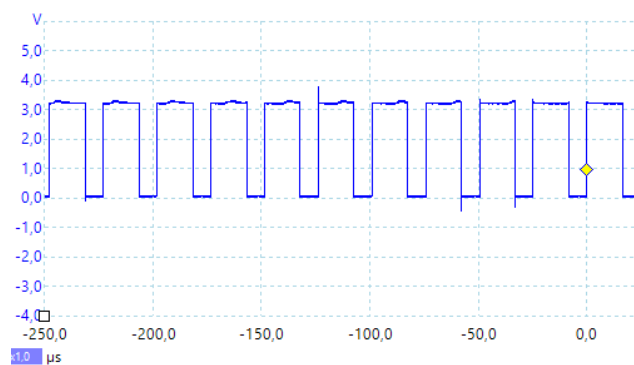
PSC = 0

$\text{ARR} = 600 - 1 = 599$

Test

Test avec un rapport cyclique de 80% pour différencier chaque côté de la PWM et vérifier que le rapport cyclique correspond bien au temps à l'état haut et non l'inverse.

```
MX_TIM1_Init();  
/* USER CODE BEGIN 2 */  
  
HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1);  
  
TIM1->CCR1 = 600*0.8;
```

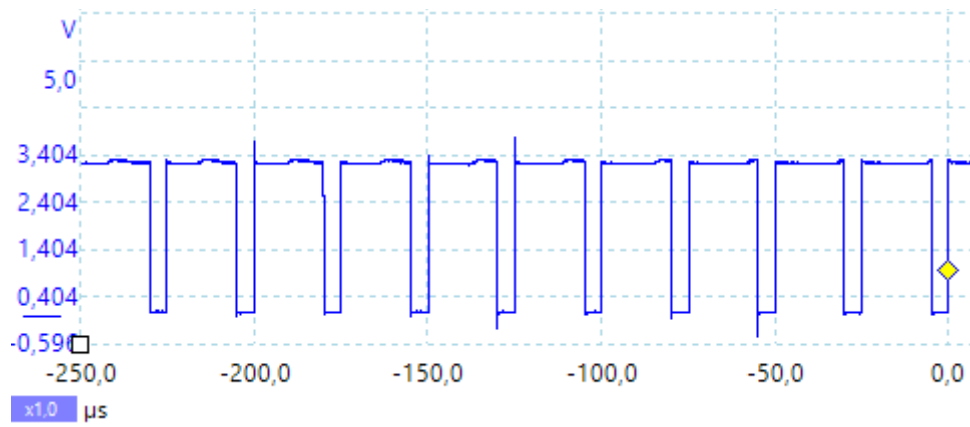


Fréquence	40,33 kHz
Temps de cycle	24,8 µs

On trouve une fréquence légèrement supérieure à 40kHz mais le rapport cyclique est bien dans le bon sens.

L'horloge interne est à 48.4MHZ d'après la mesure précédente (ou l'erreur vient du picoscope)

On trouve donc qu'il faut une période de 605 pour être à 40kHz



Canal	Nom	Valeur	Min.	Max.	Moyenne	σ
A	Moyenne c.c.	2,647 V	2,646 V	2,647 V	2,646 V	477,5 μ V
A	Fréquence	39,98 kHz	39,98 kHz	39,99 kHz	39,98 kHz	4,235 Hz
A	Temps de cycle	25,01 μ s	25,01 μ s	25,02 μ s	25,01 μ s	2,649 ns

On trouve quasiment 40kHz, la précision est de 20ns ce qui est satisfaisant.

Valeurs finales : Période = 605

prescaler = 1

0 <= ALPHA <= 605

Test du DRV8353

Test du SPI

La configuration du driver se passe sans problème et les lectures de ses registres indiquent qu'ils ont tous été configurés correctement.

Test de la sortie du drv par rapport à l'entrée

Aucun moteur n'est branché lors de ces tests.

Il s'agit de vérifier que la table de vérité suivante est respectée.

Enable et nBrake sont à l'état haut : driver activé et frein désenclenché.

Table 3. Synchronous 1x PWM Mode

LOGIC AND HALL INPUTS							GATE-DRIVE OUTPUTS						
STATE	INHC = 0			INHC = 1			PHASE A		PHASE B		PHASE C		DESCRIPTION
	INLA	INHB	INLB	INLA	INHB	INLB	GHA	GLA	GHB	GLB	GHC	GLC	
Stop	0	0	0	0	0	0	L	L	L	L	L	L	Stop
Align	1	1	1	1	1	1	PWM	IPWM	L	H	L	H	Align
1	1	1	0	0	0	1	L	L	PWM	IPWM	L	H	B → C
2	1	0	0	0	1	1	PWM	IPWM	L	L	L	H	A → C
3	1	0	1	0	1	0	PWM	IPWM	L	H	L	L	A → B
4	0	0	1	1	1	0	L	L	L	H	PWM	IPWM	C → B
5	0	1	1	1	0	0	L	H	L	L	PWM	IPWM	C → A
6	0	1	0	1	0	1	L	H	PWM	IPWM	L	L	B → A

Etat stop

Les signaux GHx sont à 12V ce qui est égal à la tension dans les phases (donc aux sources), les mosfets sont bien fermés.

Les GLx sont à 0V ce qui correspond également à la tension des sources les mosfets sont bien à l'état bas.

->OK

Etat align

PWM sur A et 0V sur B et C

-> OK

Etat de fonctionnement

Etat	DIR = 0	DIR = 1
1	OK	OK
2	OK	OK
3	OK	OK
4	OK	OK
5	OK	OK
6	OK	OK

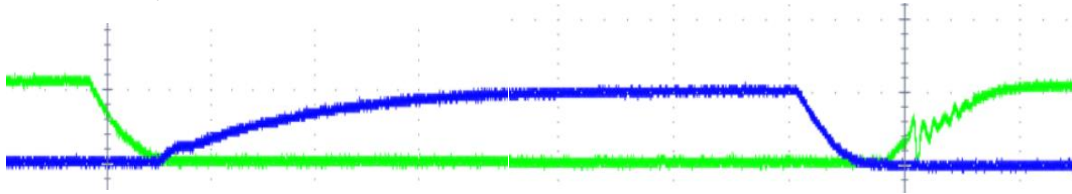
-> OK

La tension dans les phases en hautes impédances est de 12V environ car aucun moteur n'est branché

Test des temps morts entre les allumages des MOSFETs

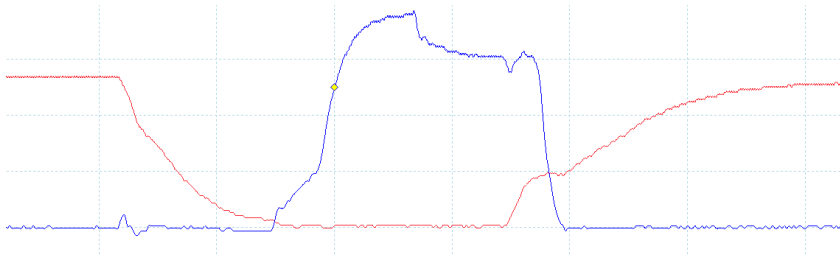
Courbe de la doc

GHA en bleu, GLA en vert



Courbe mesuré

GHA en bleu, GLA en rouge



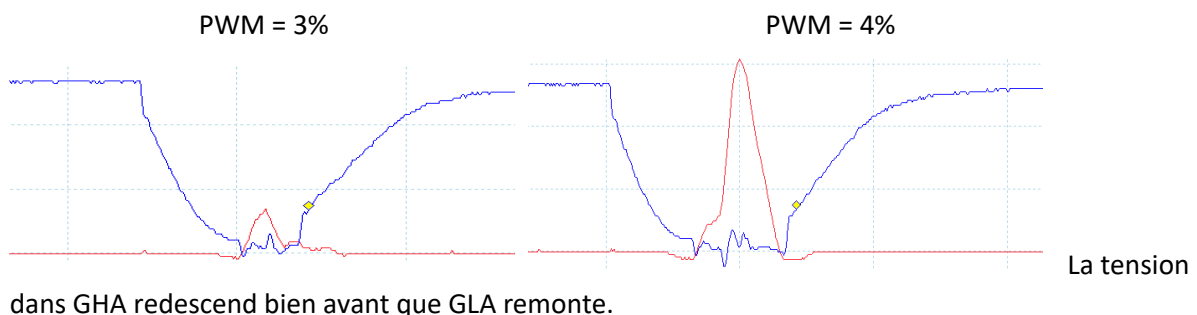
La monté ressemble bien à celle de la doc, mais la redescente de GHA semble en retard.

Aucun moteur n'est branché aux phases, donc la tension de GHA correspondant à son état bas n'est pas 0V mais plutôt aux alentours de 12V (tension de son drain). Cette tension est atteinte pendant le plateau avant la redescente. C'est donc à ce moment que GHA redescend, la deuxième chute de tension est liée à la chute de tension dans la phase et GHA = V_{phase} pour être à l'état bloquant.

Maintenant qu'on est sûr que les mosfet n'entre pas en court-circuit on peut tester avec un moteur.

Avec un moteur :

GHA en rouge, GLA en bleu



Test des capteurs moteurs

Les tests sont réalisés avec un moteur roue pour pouvoir également tester les encodeurs.

Branchement des effets hall du moteur

Au branchement des capteurs à effet hall la tension 3v3 chute à 2.54V et La tension 5V chute à 4.2V.

Soit le moteur à un défaut, soit les capteurs tirent plus de courant que prévue et le régulateur 5V ne peut pas envoyer assez de courant. Soit l'alimentation de la carte en 12V n'est pas suffisant.

Le courant entrant dans le fils 5V de la prise HALL est d'environ 27mA.

Le régulateur 5V peut normalement fournir jusqu'à 200mA.

En branchant l'alimentation de capteur sur le 3V3 au lieu du 5V, le courant est de 17mA.

Alimenté par le générateur, sans la carte moteur, la consommation est identique.

Pour le moteur roue l'alimentation 3v3 suffit donc elle est utilisée pour les tests.

Interruption EXTI

Les interruptions fonctionnent sur les encoder et les effets halls.

A chaque interruption sur les capteurs à effets halls, les valeurs des sorties driver sont mises à jour toutes les 3 pour correspondre aux valeurs des capteurs à effets halls du moteur.

Test du moteur en open-Loop

Basse vitesse (PWM < 10%)

Le premier test effectué consiste à appliquer une PWM faible et faire correspondre les halls du driver aux hall du moteur. Le moteur ne tourne pas et tremble.

Les tests avec des PWM plus important (toujours sous 10%) ne change rien.

Donc probablement un problème avec l'ordre des capteurs halls.

Après essai des 6 combinaisons possibles, la bonne solution est de mettre le capteur C sur la sortie A et inversement.

Contrairement à ce que l'on pensait les correspondances ne sont pas :

U -> A		U -> B
V -> B	mais	V -> A
W -> C		W -> C

Il faut se fier à la couleur des câbles, la couleur de la phase correspond à la couleur du hall.

Après correction dans le programme le moteur tourne assez fluidement.

Vitesse plus haute (10% < PWM)

Le banc de test ne permet pas de maintenir fermement le moteur donc l'augmentation de la vitesse sera faite petit à petit afin de prévenir les accidents.

Le moteur tourne sans à-coup et plutôt silencieusement même à 100%.

Problèmes rencontrés

Fréquence d'horloge microcontrôleur

L'horloge utilisée est l'horloge interne à 48 MHz. D'après les tests elle n'est pas exactement de 48MHz mais légèrement supérieur. Il faut vérifier s'il s'agit d'une imprécision du pico scope, ou d'une imprécision du micro. Si cela vient du micro il faut voir si c'est la même erreur sur tous les micros, ou s'il y en a un différent à chaque fois. Puis savoir si c'est de fabrication ou à cause des tests avec la mauvaise tension aux débuts. Et enfin savoir si c'est vraiment grave ou non. Savoir s'il faut la remplacer par une autre horloge interne (PLL) et si elle sera plus précise ou non.

Alimentation capteurs Halls

Le branchement des capteurs moteur sur la carte fait chuter la tension 5V et 3V3.

Cela peut être dû à un problème dans la schématique ou, plus probable, le 5V a besoin de beaucoup de courant en entrée pour sortir les 30mA demandé par le moteur (en théorie il faut ~50mA en entrée).

Ce qui est surprenant c'est qu'il peut sortir 30mA sans problème pour alimenter directement les capteurs en 3V3 pas 50mA pour les alimenter en 5V. vu la faible différence, la chute de tension ne devrait pas être aussi grande.

Branchement capteurs Halls

Il ne faut pas se fier aux noms des signaux de la doc pour connaître l'ordre de branchement des Halls mais à la correspondance de couleur entre le fil du capteur Hall et le fil de la phase correspondante.

Ceci est vrai pour le moteur testé, il faut vérifier si c'est toujours le cas et vérifier également si les couleurs sont branchées au même pin de la prise d'un moteur à l'autre.