

## Médian TR57

On considère le montage ci-dessous. Le processeur de contrôle est un DSP TMS320F28335 cadencé à  $F_{cpu}=150\text{MHz}$  et la fréquence PWM est  $F_{pwm}=15\text{kHz}$ .

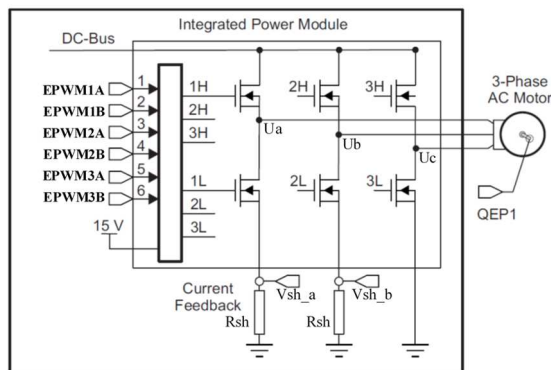
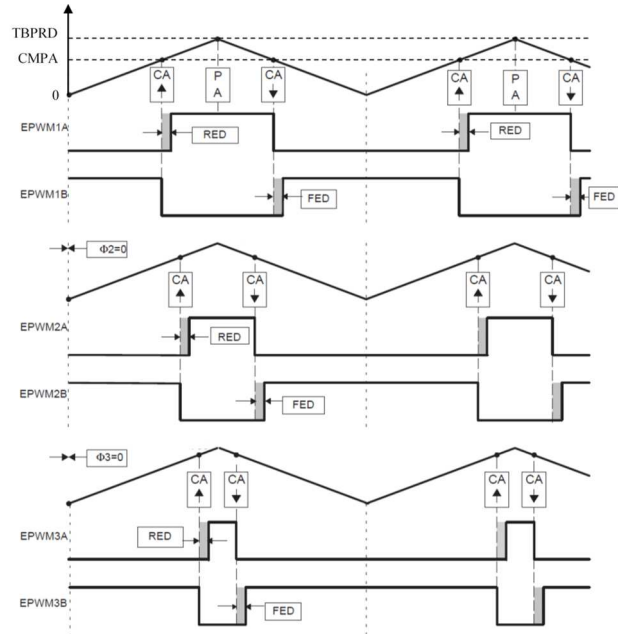


Schéma de puissance



Principe de commande

- (1 pt) Indiquer quel est le mode de comptage du compteur permettant la génération de la PWM.
- (1 pt) Exprimer le registre de période de comptage TBPRD en fonction de la fréquence PWM et de la fréquence de comptage  $F_{cpt}$  (avec  $F_{cpt} = F_{cpu}/k$  où  $k$  est un entier  $\geq 1$ ).
- (1 pt) Indiquer comment choisir  $k$  et justifier. Calculer la valeur numérique de TBPRD, sachant qu'il s'agit d'un registre de 16 bits.
- (1 pt) Les deux shunts de mesure  $R_{sh}$  sont utilisés pour mesurer les courants dans les phases A et B du moteur. Indiquer parmi les quatre évènements ci-dessous, lequel doit être choisi pour déclencher les conversions analogiques numériques des signaux  $V_{sh\_a}$  et  $V_{sh\_b}$  en justifiant votre réponse :
  - TBCTR = 0 (avec TBCTR : registre de comptage)
  - TBCTR = TBPRD
  - TBCTR = CMPA au front montant de EPWM1A
  - TBCTR = CMPB au front descendant de EPWM1A
- (1 pt) Les registres DBRED et DBFED définissent les durées des temps morts en nombre de cycles du CPU. Déterminer DBRED et DBFED pour configurer des temps morts  $RED=FED=1\mu\text{s}$ .

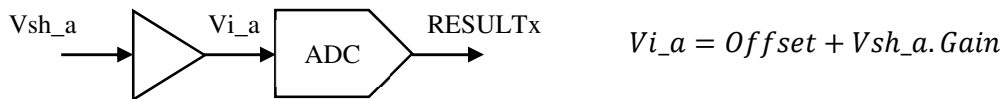
Le convertisseur est commandé par une modulation sinusoïdale. Les rapports cycliques des trois tensions  $U_a$ ,  $U_b$  et  $U_c$  s'expriment alors respectivement par :

$$\begin{cases} \alpha_a = \frac{1}{2}(1 + 2m \cdot \sin(\omega t)) \\ \alpha_b = \frac{1}{2}\left(1 + 2m \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right)\right) \\ \alpha_c = \frac{1}{2}\left(1 + 2m \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right)\right) \end{cases}$$

- (1 pt) Rappeler ce que représente le paramètre  $m$  et l'exprimer en fonction de  $U_a$  et  $V_{DC\_bus}$  (voir schéma de puissance).

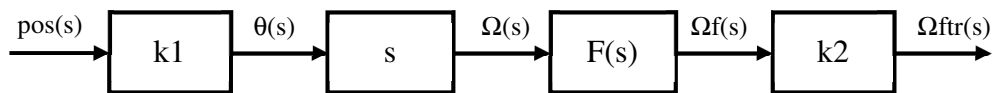
7. (2 pt) Exprimer les registres CMPA des trois modules EPWM1, 2 et 3 en fonction de  $m$ ,  $\omega$ ,  $t$  et TBPRD.
8. (1 pt) Déterminer la précision de réglage du rapport cyclique  $\alpha_1$ .
9. (1 pt) Déterminer la précision de réglage de la tension instantanée  $U_a$  en volts.

La tension  $V_{sh\_a}$  est conditionnée par un montage analogique donnant le signal  $V_{i\_a}$  avant d'être appliquée sur une entrée du convertisseur analogique numérique (ADC). Le module ADC accepte des tensions d'entrée comprises entre 0V et 3V et sa résolution est de 12 bits. L'équation exprimant la tension  $V_{i\_a}$  en fonction de la tension  $V_{sh\_a}$  est donnée ci-dessous :



10. (2 pts) Déterminer les expressions de *Offset* et *Gain* pour permettre un calibrage optimal du courant entre -10A et +10A.
11. (1 pt) Exprimer le courant  $I_a$  en fonction de  $RESULTx$ , *Offset*, *Gain*, et  $R_{sh}$
12. (1 pt) Déterminer la précision de la mesure de courant en ampère.

La vitesse de la machine est calculée à partir de la mesure de la position donnée par le codeur incrémental dérivée et filtrée par un filtre numérique passe-bas du premier ordre comme le représente le schéma ci-dessous. La fréquence d'échantillonnage de l'algorithme temps réel est  $F_e$ .



avec :

- Filtre :  $F(s) = \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_c}}$  ( $s$  étant la variable de Laplace, et  $\omega_c$  la pulsation de coupure)
- $pos(s)$  : position de l'arbre mécanique en nombre d'incrément du compteur associé au circuit QEP1 du DSP
- $\theta(s)$  : position de l'arbre mécanique en radians
- $\Omega(s)$  : vitesse de rotation de l'arbre en  $\text{rad.s}^{-1}$
- $\Omega_{ftr}(s)$  : vitesse de rotation de l'arbre en  $\text{tour.mn}^{-1}$

13. (1 pt) La position  $pos$  est obtenue par lecture du registre de comptage QPOSCNT. Déterminer la résolution de la mesure de position en nombre d'incrément par tour en fonction de  $R$  la résolution indiquée sur la plaque signalétique du codeur.
14. (1 pt) Déterminer la constante  $k1$  permettant d'obtenir la position  $\theta$  en fonction de  $pos$ .
15. (1 pt) Déterminer la constante  $k2$  permettant d'obtenir  $\Omega_{ftr}(s)$  en fonction de  $\Omega(s)$ .
16. (2 pt) Déterminer la fonction de transfert échantillonnée  $\Omega_{ftr}(z)/pos(z)$  en utilisant la méthode d'approximation du rectangle inférieur.
17. (1 pt) Déterminer l'équation récurrente exprimant  $\Omega_{ftr}(n)$ .