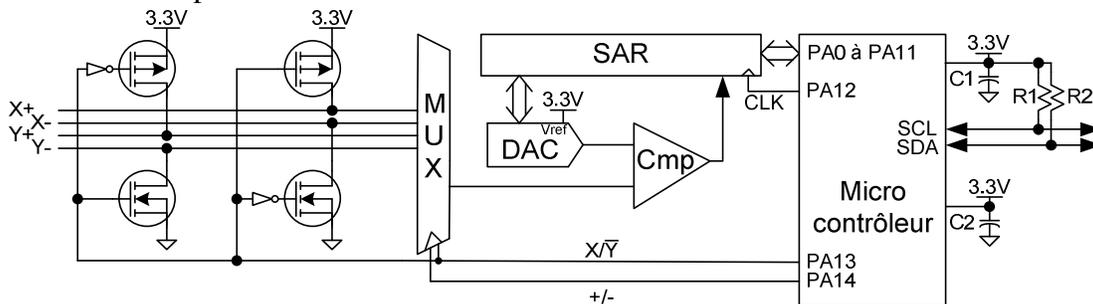


## Examen 1

Cet examen vaut 30% de la note totale du cours. Les questions seront corrigées sur un total de 30 points. La valeur de chaque question est indiquée avec la question. Une calculatrice scientifique peut être utilisée. Cependant, aucune documentation n'est permise. Vous pouvez répondre aux questions directement sur ce questionnaire et/ou dans le cahier bleu mis à votre disposition.

**Q1 (12 points):** Monsieur Simard-Morissette, Ivan de son prénom, a construit un circuit pour lire l'écran tactile d'un LCD 5". Ce circuit contient un petit microcontrôleur peu dispendieux qui gère tout le système. Avec un peu de matériel et un programme simple, mais bien pensé, SMI réussit à lire la position du point de contact d'un doigt sur le LCD. Le microcontrôleur prend la position lue et communique le tout avec un autre microcontrôleur par les broches SCL et SDA.



Sachant les éléments suivants :

- L'écran tactile est résistif. Quatre broches (X+, X-, Y+, Y-) relient l'écran au circuit de SMI illustré ci-dessus.
- L'Annexe A explique comment l'écran résistif fonctionne. Il s'agit d'une copie des notes de cours pour vous donner un coup de main.
- MUX = Multiplexeur, DAC = Convertisseur Digital vers Analogique, Cmp = Comparateur, SAR = Registre à approximation successive, CLK = horloge, SCL = Horloge série, SDA = Données séries.
- Le microcontrôleur de SMI ne connaît pas la dimension de l'écran, ni la résolution. Il n'a pas besoin de ces données pour opérer.
- Le microcontrôleur est similaire au microcontrôleur que vous utilisez dans les laboratoires en ce qui concerne les registres et les périphériques.

Répondez aux questions suivantes. Notez que plusieurs questions sont relativement indépendantes. Par exemple, il n'est pas nécessaire de bien répondre à la question a) pour répondre à la question b).

- a) Que se passe-t-il au niveau de X+, X-, Y+, Y-, lorsque PA13 est à « 1 », c'est-à-dire à 3.3V?
- b) À quoi servent le SAR, le DAC et le comparateur?
- c) À quoi servent R1, R2, C1 et C2?
- d) Décrivez brièvement les signaux qui transiteront sur SCL et SDA. Autrement dit, décrivez le protocole de communication qui sera utilisé sur ces lignes.

- e) Expliquez, dans vos mots, comment fonctionne un écran tactile résistif. À travers votre explication, dites pourquoi le microcontrôleur de SMI n'a pas besoin de connaître la dimension et la résolution de l'écran.
- f) Si le LCD a 480 pixels (axe des X) par 272 pixels (axe des Y) et qu'on appuie sur le pixel X=120, Y=136, quelles « coordonnées » seront calculées et fournies par le microcontrôleur via SCL et SDA?
- g) Expliquez quelles sont les opérations que doit effectuer le microcontrôleur afin de lire la position de contact sur l'écran tactile? En d'autres mots, décrivez l'algorithme de SMI.
- h) Quelles sont les registres de périphériques que devra lire ou écrire SMI dans son programme? Répondez avec des noms de registres explicites comme REG\_UART\_TX, qui décrirait le registre de transmission d'un UART (vous n'êtes pas obligé de mettre le nom de registre tel qu'il apparaît dans la datasheet du microcontrôleur des laboratoires!)
- i) Faites une ébauche du programme exécuté par le microprocesseur avec du code en C ou du pseudocode.

**Q2 (3 point):** Vous devez faire un programme qui fait des pauses fréquentes lors de son exécution. Il s'agit d'un programme paresseux qui effectue les trois tâches suivantes, en boucle :

Tache1 → Attend(100) → Tache2 → Attend(200) → Tache3 → Attend(300) → Tache1...

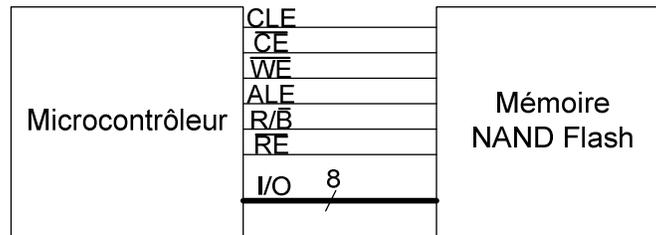
À l'aide de pseudo-code ou de code en C, illustrez comment pourrait être implémentée la fonction Attend(int Xms). Notez qu'il existe plusieurs solutions!

**Q3 (1 point):** Choisissez les événements parmi les événements suivants qui peuvent déclencher un transfert par DMA :

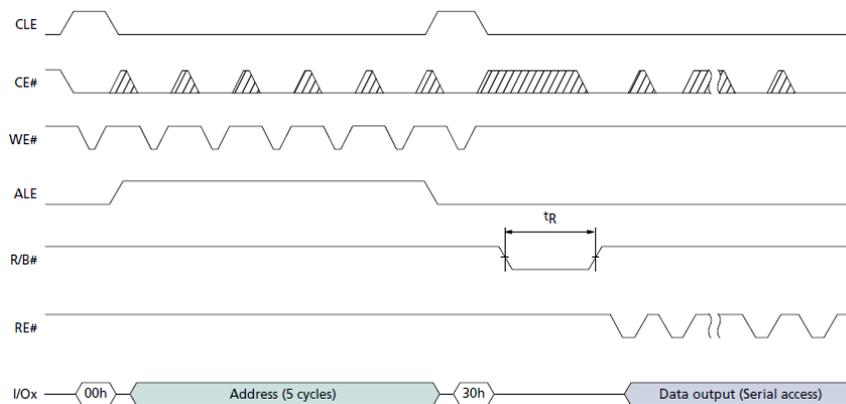
- A) Une instruction lue dans la mémoire demande au microprocesseur d'écrire un registre de contrôle du contrôleur de DMA, déclenchant un transfert par DMA.
- B) L'interruption d'un périphérique peut déclencher un transfert par DMA si les registres du périphérique, du contrôleur d'interruption et du contrôleur de DMA sont préalablement écrits avec les valeurs adéquates.
- C) Une interruption logicielle peut déclencher un transfert par DMA si les registres du contrôleur d'interruption et du contrôleur de DMA sont préalablement écrits avec les valeurs adéquates.
- D) La fin d'un transfert par DMA peut déclencher un autre transfert par DMA si le système est préalablement configuré pour cela.
- E) Aucune de ces réponses.

**Q4 (1 point):** Dites pourquoi la mémoire SDRAM est plus lente que la mémoire SRAM.

**Q5 (5 points):** Simon Mariot-Ivatrovich a décidé de relier une mémoire NAND FLASH à son microcontrôleur comme suit :



Selon la datasheet de la mémoire Nand Flash, les signaux suivants sont nécessaires pour lire un page de FLASH :

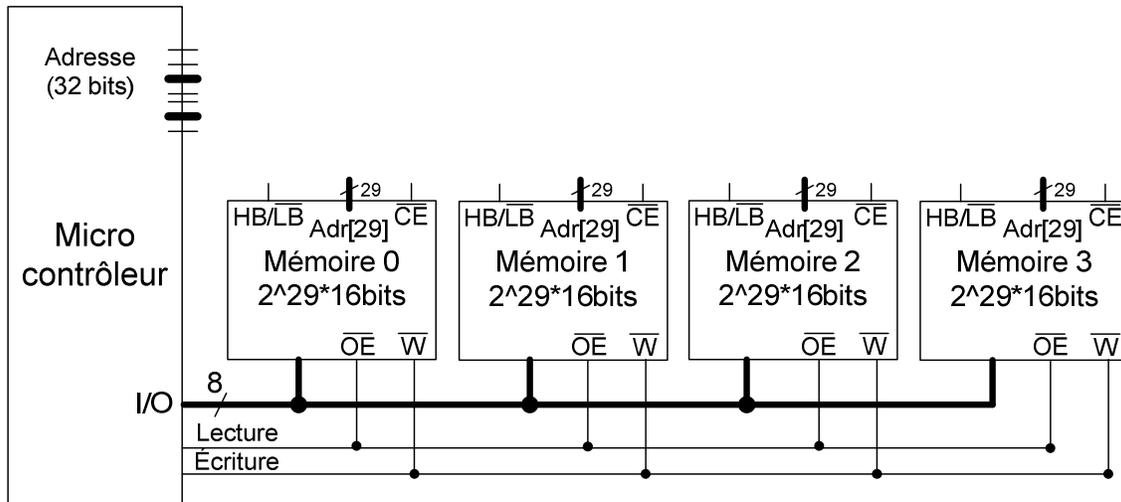


Répondez aux questions suivantes sur le système de SMI :

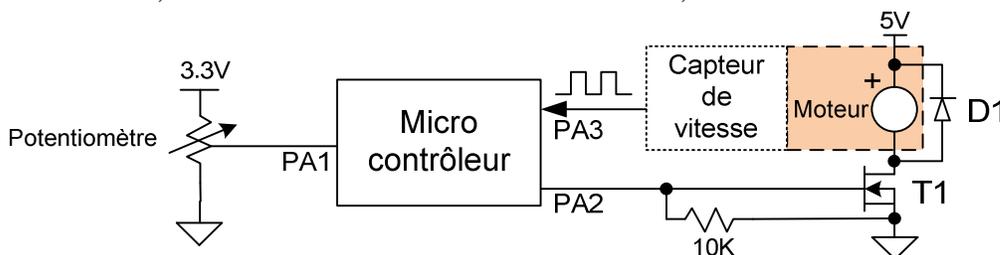
- A) Expliquez, dans vos mots, les opérations nécessaires pour lire la mémoire FLASH. Autrement dit, à quoi servent les broches CLE, CE#, ALE, WE, et autres?
- B) Combien d'adresses de mémoire FLASH peuvent être lue par le microcontrôleur?
- C) Peut-on lire un octet unique de mémoire NAND?
- D) Si on suppose que le microcontrôleur est comme celui utilisé dans les laboratoires du cours, décrivez les grandes lignes d'un code efficace qui permettrait de lire la mémoire NAND FLASH. Efficace = Lecture rapide avec usage minimal du temps de CPU.

**Q6 (2 points):** Comparez le SPI et le UART/RS232. Donnez un exemple d'application qui serait mieux avec une interface SPI et un autre exemple d'application qui serait mieux avec une interface RS232.

**Q7 (4 points):** Vous avez un SMI avec quatre mémoires de 0.5GigaMot ( $2^{29}$  mots) de 16 bits. Chaque mémoire possède une broche CE# (Chip Enable) qui permet de désactiver la mémoire (la déconnecter du bus de données lorsque CE# vaut 0). Elle possède aussi une broche (HB/LB#) qui permet de choisir les 8 bits les moins significatifs d'un mot quand elle est à « 0 » et les 8 bits les plus significatifs du mot quand elle est à 1. Le circuit avec ces quatre mémoires a été dessiné ci-dessous, mais le circuit est incomplet. Complétez le circuit avec le bus d'adresse afin qu'on puisse accéder à tous les bits de mémoire à partir du bus de données 8 bits. Vous pouvez ajouter tous les circuits logiques qu'il vous plaira.



**Q8 (4 points):** Sandra Marie-Ignès doit contrôler un moteur avec un bouton rotatif: plus on tourne le bouton, plus le moteur tourne vite. Pour réaliser cette application, SMI a pris un potentiomètre linéaire 10K, 1 tour. Elle a aussi pris un moteur 5V DC qui se comporte comme une grosse inductance en série avec une petite résistance: lorsqu'on branche 5V sur le moteur, il tourne à sa vitesse maximum. Ensuite, elle a monté le circuit suivant:



Dans ce circuit, le capteur de vitesse mesure la vitesse de rotation du moteur et génère 100 pulses 3.3V par tour. Autrement dit, si le moteur tourne à 1200RPM (révolution par minute), le capteur de vitesse produit une onde carrée à 2kHz.

Répondez aux questions suivantes :

- À quoi servent D1 et T1.
- Quels périphériques du microcontrôleur devraient être responsables de PA1, PA2 et PA3?
- Avec du pseudo-code ou du code en C, écrivez le programme que devrait écrire SMI. Mentionnez les registres, sans donner le nom exact, qui devraient être écrits.

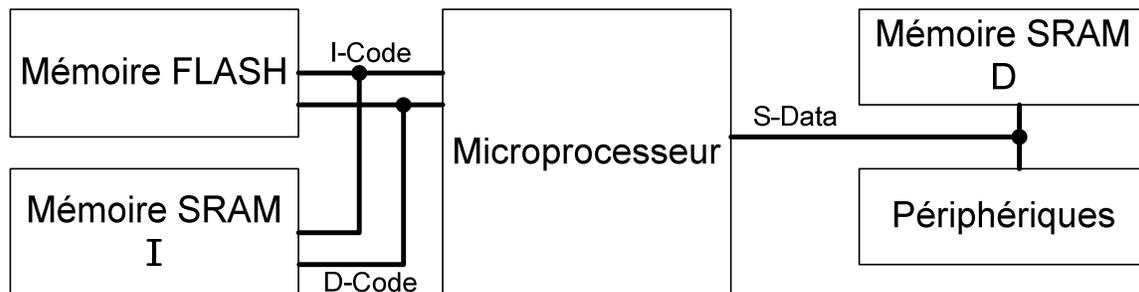
**Q9 (4 points):** Dites si les énoncés suivant sont vrais ou faux (1/2 pt si bon, -1/4 pt si incorrect, 0 si pas de réponse, minimum de 0 au total)

Énoncé	V/F
Si un produit a une MTBF de 5 ans, il aura environ 50% de chances d'être défectueux après 5 ans.	
Le JTAG permet de tester des centaines de soudures sur des bus parallèles à l'aide d'un protocole de communication série.	
Lors d'une interruption, le contrôleur de DMA est interrompu.	
Lors d'une interruption, les périphériques du système ne sont pas interrompus.	
Parce qu'il est possible de lutter contre les rebonds de manière logicielle, il est recommandé de toujours brancher les boutons directement sur les broches des microcontrôleurs.	
Il est possible d'allumer et d'éteindre une LED avec une sortie open collector.	
Si je commence la conception d'un nouvel SMI demain matin, je peux m'attendre à ce que 50% de mon temps de travail sur ce SMI soit du temps d'implémentation.	
Sur le clavier numérique utilisé dans le labo 3, on observe nécessairement un phénomène de « ghosting » si l'on appuie simultanément sur 3 touches ou plus (par exemple, 1,4 et 7)	

**Q10 (2 points):** Énumérez les points qui devraient être vérifiés lors d'une revue de logiciel embarqué (revue de code).

**Q11 (2 points):** À l'aide de diodes, décrivez comment vous pourriez modifier le circuit interne d'un pavé numérique 4x4 pour éliminer le *ghosting*. Conseil : Une image vaut mille mots!

**QBonus (3 points):** Dans certaines architectures de microcontrôleur Harvard, on retrouve une mémoire SRAM sur les bus I-Code et D-Code, comme illustré ci-dessous (mémoire SRAM I). Cette mémoire sert de mémoire d'instruction beaucoup plus rapide que la NOR FLASH. Or, il est aussi possible d'utiliser cette mémoire comme mémoire de données. Dites pourquoi l'exécution d'instructions sera plus lente lorsque la mémoire SRAM sur les bus I-Code et D-code est utilisée comme mémoire de données.



## Annexe A

Un touch screen résistif est fait avec deux couches d'un conducteur résistif transparent (oxyde d'indium avec étain ou ITO ou Indium Tin Oxyde), séparée par une mince couche d'air. Les deux couches se font face et se touchent lorsqu'on appuie sur l'écran tactile.

La lecture de la position appuyée se fait en deux temps. Dans un premier temps, on applique un voltage sur la couche du haut et la couche conductrice du bas sert de capteur. Dans un second temps, on applique un voltage sur la couche du bas et la couche du haut sert de capteur. Les résistances entre les bords de la couche conductrice et le point appuyé forment un diviseur de tension qui permet de déterminer la position du point appuyé, tel qu'illustré ci-dessous :

