

NOM, Prénom :

DS Architecture des Circuits

30 novembre 2017

Durée 1h30.

Répondez sur le sujet.

REMPLISSEZ VOTRE NOM TOUT DE SUITE.

Tous documents autorisés, mais en papier seulement.

Crayon à papier accepté, de préférences aux ratures et surcharges.

Ne prenez pas peur en voyant le nombre de questions : la grande majorité des questions ne vous demandera que quelques dizaines de secondes. Attention : les questions ne sont PAS classées par ordre de difficulté. Les cadres donnent une idée de la taille des réponses attendues.

1 Codage et calcul Booléen

Q1. Convertissez 113_{10} en base 2 et en hexadécimal sur 8 bits (on suppose un codage en complément à deux).

Q2. Convertissez 789_{10} en base 2 et en hexadécimal sur 8 bits (on suppose un codage en complément à deux).

Q3. Convertissez -89_{10} en base 2 et en hexadécimal sur 8 bits (on suppose un codage en complément à deux).

Q4. Convertissez $FADE_{16}$ en base 2.

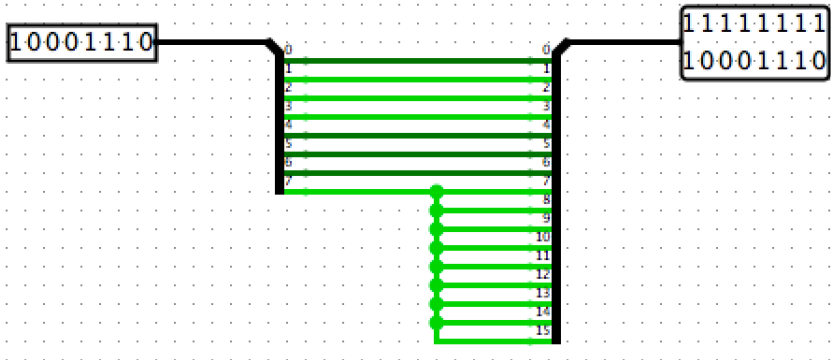
Q5. En utilisant l’algèbre de Boole, démontrez l’égalité suivante :

$$\overline{A.B + \overline{A}.B} = A.B + \overline{A}.B$$

Q6. En utilisant l’algèbre de Boole, démontrez l’égalité suivante :

$$A.B + A.C.D + \overline{B}.D = A.B + \overline{B}.D$$

Q7. Expliquez en quelques mots à quoi sert le circuit ci-dessous.



Q8. On rappelle que, dans une ALU, les drapeaux (“flags”) sont des sorties binaires indiquant si le résultat du calcul est négatif (Flag “N” pour “Negative”), est nul (flag “Z” pour “Zero”), a généré une retenue (flag “C” pour “Carry”) ou a généré un overflow (flag “V” pour “oVerflow”). Pour chacun des calculs suivants, quelle est la valeur de ces quatre drapeaux à l’issue du calcul (on suppose les entiers codés en complément à deux sur 8 bits).

Calcul	N	Z	C	V
0x28 + 0xA3				
0xFF + 0x01				
0x64 + 0x63				
0x9C + 0x9C				
0xFF + 0xFE				

2 Conception de circuits combinatoires

On veut concevoir un circuit calculant $y = -2.x$. (x et y étant ici des entiers codés en complément à deux sur 4 bits).

Q9. Toutes les valeurs binaires sont-elles autorisées en entrée ? Donnez la table de vérité du circuit pour toutes les valeurs de x autorisées.

Q10. À partir de la table de vérité précédente, donnez les expressions logiques des 4 bits y_0 , y_1 , y_2 et y_3 de la valeur de sortie :

$y_0 =$

$y_1 =$

$y_2 =$

$y_3 =$

Q11. Dessinez les circuits permettant de calculer y_0 , y_1 , y_2 et y_3 .

Q12. On souhaite rajouter à notre circuit une sortie V qui sera active en cas de débordement (valeurs de x interdites). Donnez la table de vérité de V (on pourra se contenter des lignes pour lesquelles $V = 1$, c'est-à-dire des lignes correspondant aux valeurs de x interdites).

Q13. Donnez l'expression logique de V .

$V =$

Q14. Dessinez le circuit permettant de calculer V .

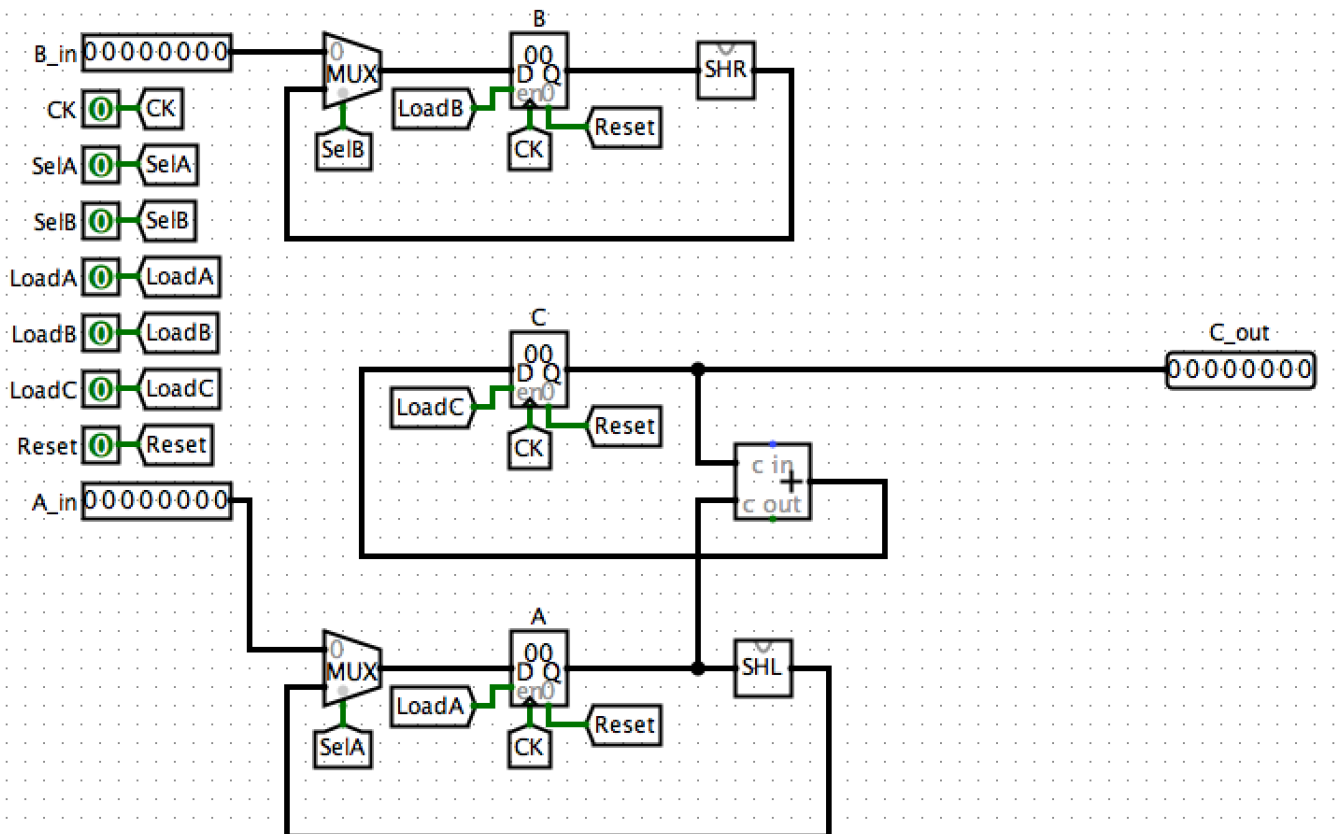
3 Conception de circuits séquentiels

On souhaite réaliser un circuit calculant l'algorithme suivant (où A, B et C sont des mots de 8 bits) en utilisant la séparation contrôle-chemin de données. Pour le moment on ne s'occupera pas d'éventuels dépassements de capacité.

```
Tant_que go == 0 faire
  Enregistrer A
  Enregistrer B
  C = 0
Fin_Tant_que
Tant_que B != 0 faire
  Si B impair
    C = A + C
  A = SHL(A)
  B = SHR(B)
Fin_Tant_que
Tant_que go == 1 faire
  ok = 1
Fin_Tant_que
```

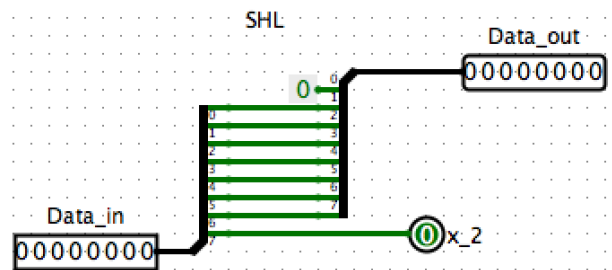
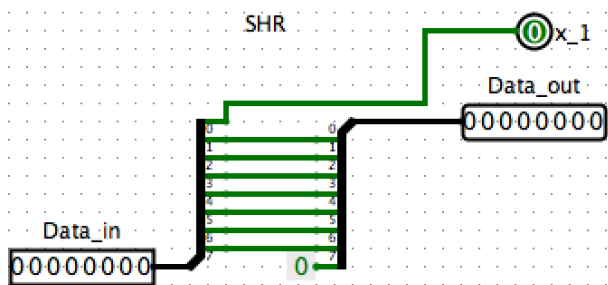
3.1 Le chemin de données

On propose d'utiliser le chemin de données ("datapath") ci-dessous pour implémenter le circuit



A, B et C sont des registres 8 bits ; le circuit "+" est un additionneur 8 bits.

En "ouvrant" les circuits "SHR" et "SHL" on obtient les circuits suivants :



Q15. Arithmétiquement, que calculent SHR et SHL ?

Q16. Dans les circuits SHR et SHL, quelle est l'information portée par les signaux x_1 et x_2 ?

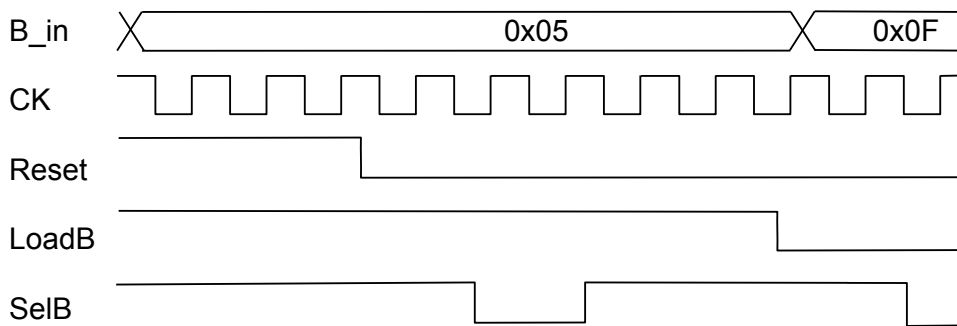
Q17. En connaissant le datapath, pouvez-vous savoir si notre algorithme utilise des entiers naturels (positifs) ou des entiers relatifs codés en complément à deux ? Justifiez votre réponse.

Q18. À quoi servent les deux multiplexeurs du datapath ? Justifier votre réponse.

Q19. En fait ce chemin de données est incomplet ! Que lui manque-t'il pour qu'il puisse être utilisé pour calculer l'algorithme précédent ?

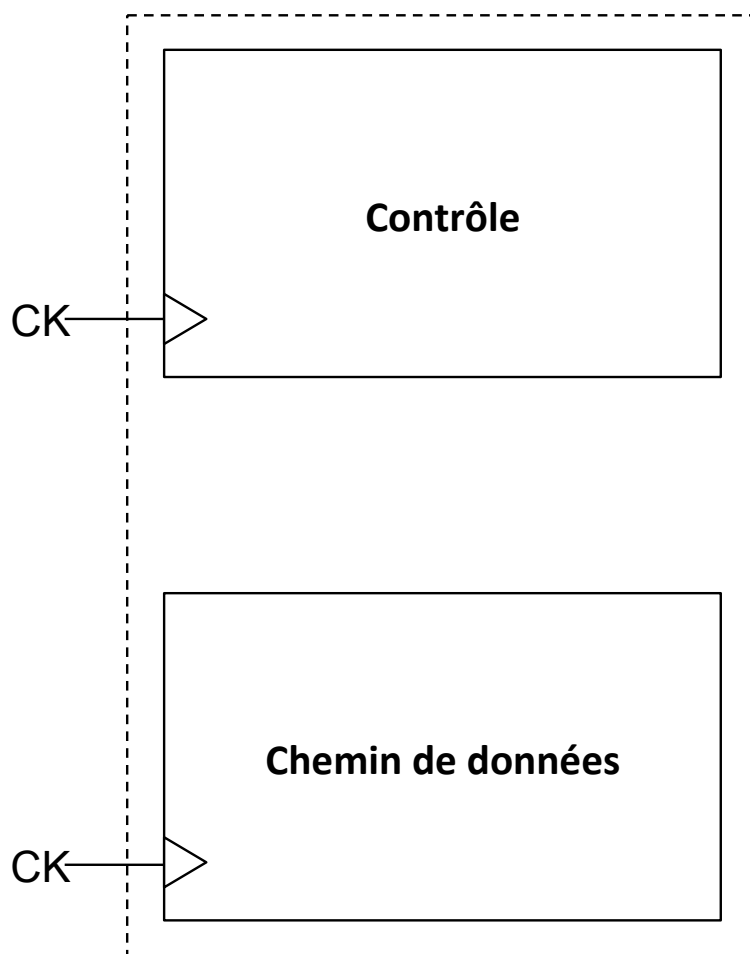
Q20. Dessinez ici un circuit qui permette de compléter le chemin de données.

Q21. Si le signal `B_in` vaut initialement `0x05` et que notre chemin de données reçoit la suite de commandes représentée sur le chronogramme suivant. Que contiendra le registre B à la toute fin du chronogramme ?



3.2 Intégration contrôle-données

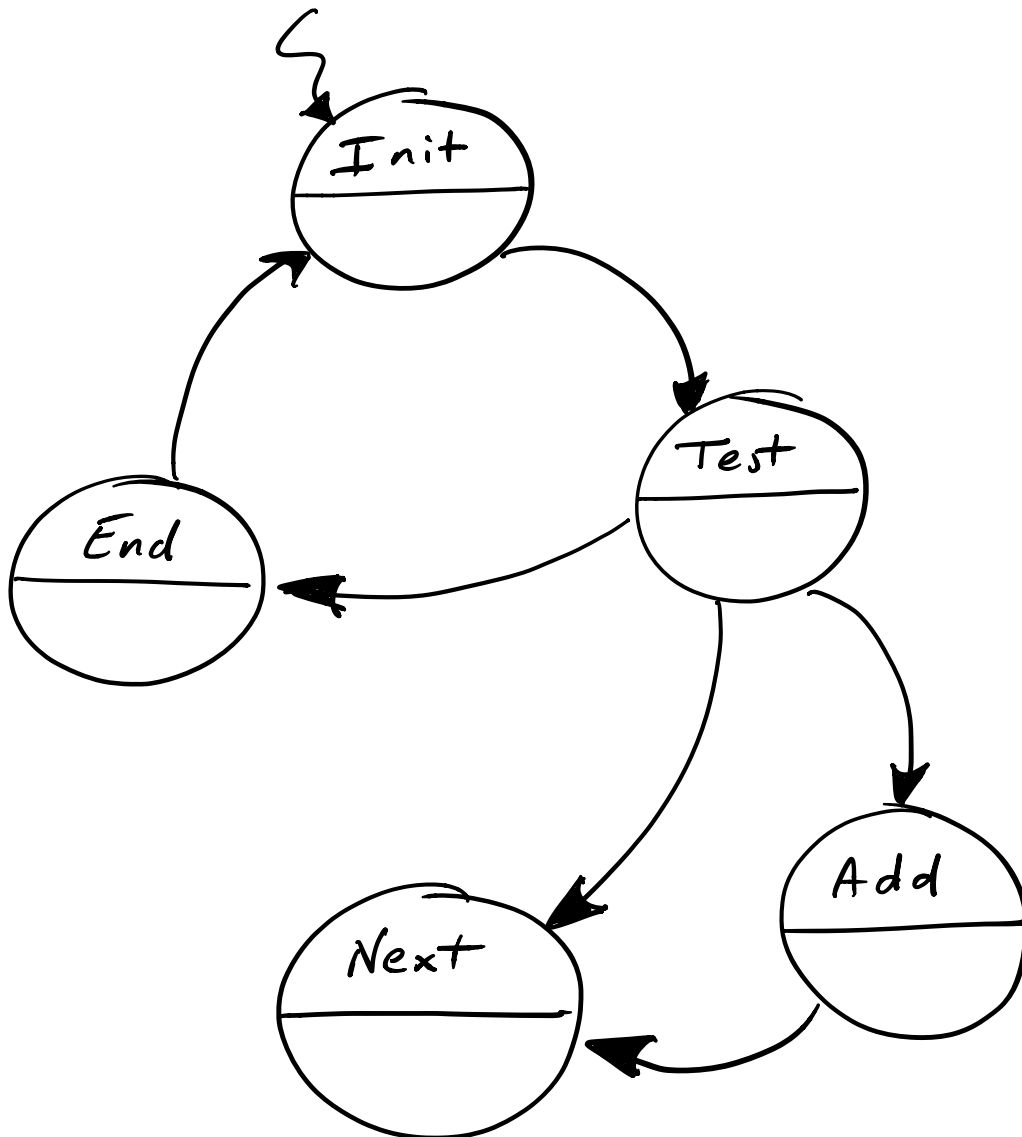
Q22. Compléter le schéma ci-dessous pour faire apparaître tous les signaux échangés entre le contrôle, le chemin de données et le monde extérieur.



Q23. Dans le schéma précédent, quel(s) élément(s) est/sont combinatoire(s), quel(s) élément(s) est/sont séquentiels ? Justifiez votre réponse.

3.3 Automate de contrôle

Q24. On propose de contrôler notre chemin de données à l'aide de l'automate suivant :



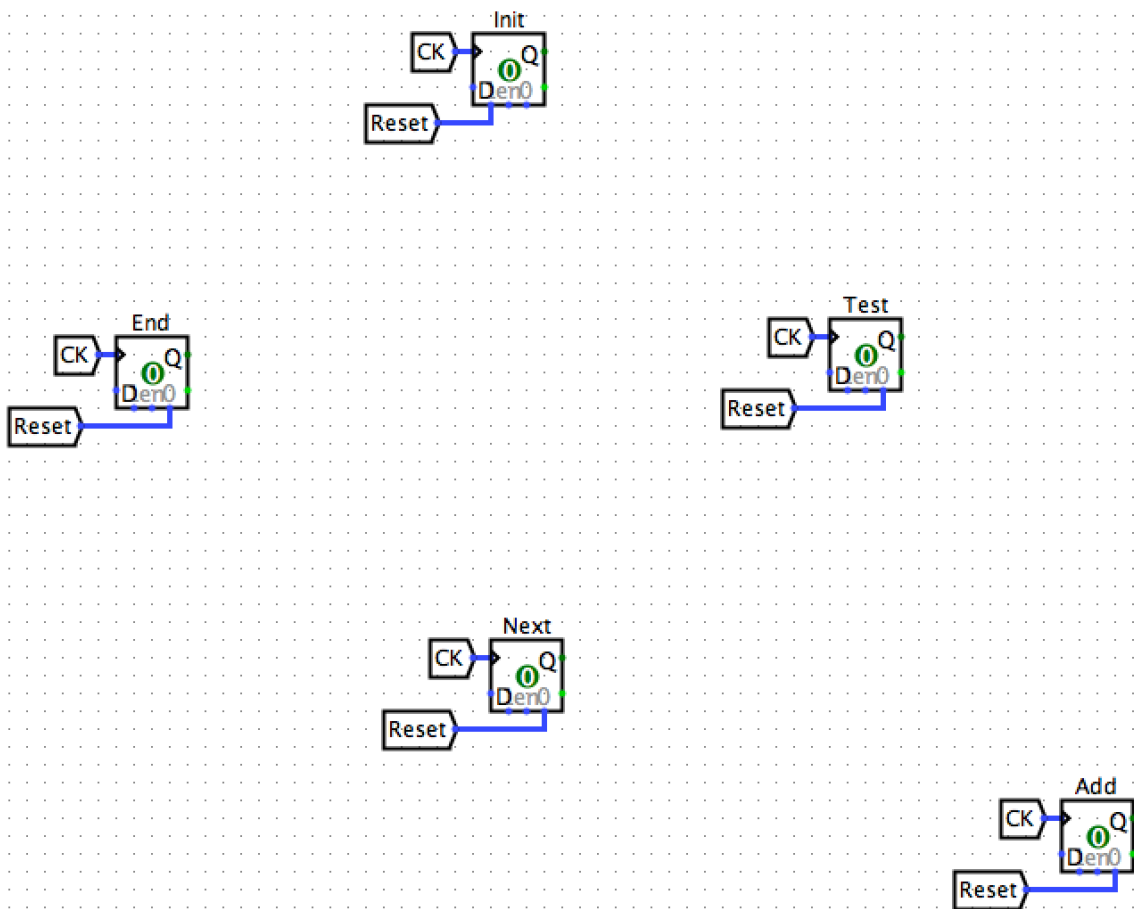
Comme notre chemin de données, cet automate est incomplet. Complétez-le en rajoutant

- les transitions manquantes,
- les conditions de transition,
- les sorties.

On se propose d'implémenter cette automate. On utilisera pour cela le codage "One-Hot Coding". Notre registre d'état comprendra donc 5 bits.

Q25. Peut-on utiliser un codage plus compact ? Si oui, quelle serait la plus petite taille possible pour le registre d'état ? Justifiez votre réponse.

Q26. La figure suivante présente un début d'implémentation à base de Flip-Flop. Compléter le circuit pour qu'il corresponde à votre automate (transitions et sorties).



Q27. Dans la figure précédente, pourquoi les Flip-Flop sont-ils tous connectés au signal "CK" ?.

Q28. Dans la figure précédente, vous aurez remarqué que les différents Flip-Flop ne sont pas reliés de la même manière au signal "Reset". Pourquoi ?

3.4 Conclusion

Q29. À ce stade vous devez avoir compris à quoi sert notre circuit. Donc ? À quoi sert-il ? Justifiez rapidement votre réponse.

Q30. Notre circuit travaille donc sur des mots de 8 bits. Que faudrait-il changer pour qu'il puisse travailler sur des mots de 32 bits ?

- Dans l'automate de contrôle ?
- Dans le chemin de données ?

Q31. Notre circuit ne détecte pas les dépassements de capacité ; que faudrait-il changer pour qu'il puisse les détecter (sans les corriger) ?

- Dans l'automate de contrôle ?
- Dans le chemin de données ?

4 Machines de von Neumann

Q32. On souhaite construire un circuit permettant de calculer $y = 5x$.

Parmi les affirmations suivantes, cochez celles qui sont vraies :

- Le circuit de calcul sera nécessairement combinatoire
- Le circuit de calcul sera nécessairement séquentiel
- Le circuit de calcul peut être combinatoire ou séquentiel
- Pour résoudre ce problème on aura nécessairement besoin d'une machine de von Neumann
- Pour résoudre ce problème on aura nécessairement besoin d'une machine de von Neumann avec deux mots mémoire au minimum
- Pour résoudre ce problème on peut utiliser une machine de von Neumann

Q33. On souhaite construire un circuit permettant de diviser la fréquence d'une horloge CK par deux.

Parmi les affirmations suivantes, cochez celles qui sont vraies :

- Le circuit de calcul sera nécessairement combinatoire
- Le circuit de calcul sera nécessairement séquentiel
- Le circuit de calcul peut être combinatoire ou séquentiel
- Pour résoudre ce problème on aura nécessairement besoin d'une machine de von Neumann
- Pour résoudre ce problème on aura nécessairement besoin d'une machine de von Neumann avec deux états au minimum
- Pour résoudre ce problème on peut utiliser une machine de von Neumann à condition qu'elle soit synchronisée sur CK.

Q34. Dessinez ici une machine de von Neumann (vous ne vous y attendiez pas ?)

