

# EXERCICES D'ARCHITECTURE DES ORDINATEURS

## CHAPITRES 1&2

### 1. CONVERSION DANS D'AUTRES BASES

Écrire  $10110110_2$  en décimal.

Écrire 3456 en binaire, puis en hexadécimal.

Convertir 1011 1100 0000 1000 1100 en décimal

### 2. CODAGE EN COMPLEMENT A 2

Sur 8 bits, donner les codages en complément à 2, lorsque c'est possible, des nombres suivants :

0, -1, +10, -10, +64, -64, +127, -127, +200

### 3. ARITHMETIQUE BINAIRE

Sur 8 bits, effectuer la somme en binaire :  $1011\ 0101_2 + 1100\ 0011_2$ . et interpréter le résultat en écriture décimale, en arithmétique signée et non signée. Indiquer dans chaque cas s'il y a débordement.

Comparer  $10101100_2$  et  $11001100_2$  en signé et non signé

Même question pour la somme :  $111\ 0101_2 + 1100\ 0011_2$ .

### 1. ALGEBRE DE BOOLE

Simplifier l'expression suivante, en utilisant les théorèmes de l'algèbre de Boole :

$$A.\bar{B}.C + A.\bar{C}.D + A.C + \bar{D}$$

### 4. ALGEBRE DE BOOLE : QUINE MC CLUSKEY

Simplifier l'expression suivante, en utilisant l'algorithme de Quine McCluskey :

$$\sum (1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31)$$

### 5. ALGEBRE DE BOOLE : GLITCH

Enumérer tous les glitches que peut présenter l'expression suivante :

$$S = A\bar{B}D + BC\bar{D} + AC\bar{D}$$

Proposez une expression modifiée qui supprime tous ces glitches.

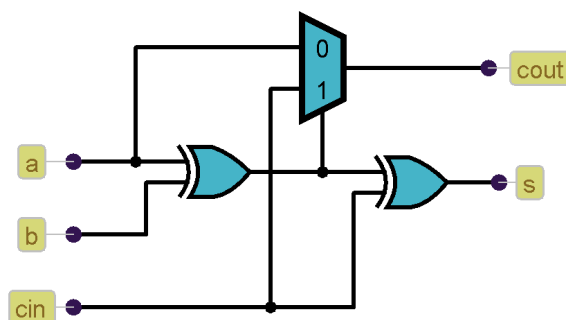
## 6. ALGÈBRE DE BOOLE

+ Ecrire les équations associées à un schéma

+ opposé d'une somme de mintermes -> sommes de tous les autres

- équation  $\geq 9, < 12$

Prouver algébriquement (par un calcul) que le schéma suivant est un additionneur complet :



## 7. ALGÈBRE DE BOOLE

Réécrire l'expression suivante, uniquement avec l'opérateur complet NAND :

$$\text{XOR}(A,B)$$

## 8. CIRCUIT COMBINATOIRE : SYNTHÈSE PAR TABLE DE VÉRITÉ

On souhaite concevoir un circuit combinatoire qui calcule la valeur absolue en binaire pur sur 4 bits  $x,y,z,t$  d'un nombre codé en complément à 2 sur 4 bits,  $a,b,c,d$ . Cas particulier : si  $abcd=1000$  (-8), alors  $xyzt=0000$  (car +8 n'est pas codable sur 4 bits)

Donner la table de vérité de ce circuit combinatoire, puis fournir les équations de  $x,y,z,t$  en fonction de  $a,b,c,d$  en les simplifiant au besoin à l'aide de tables de Karnaugh.

## 9. CIRCUIT COMBINATOIRE : SYNTHÈSE FONCTIONNELLE

On souhaite concevoir un circuit combinatoire qui commande l'ouverture d'une porte de jardin publique, ouverte en hiver de 10h à 18h et en été de 8h à 20h. L'heure est codée sur 5 bits, sous forme d'un nombre entier  $H$  compris entre 0 et 23 ; la saison est codée sous forme d'un signal  $S$  (0=hiver, 1=été).

Concevoir un circuit d'interface  $\text{PORTE}(H[4..0], S : M)$  tel que  $M=1$  si et seulement si :

- $S = 0$  et  $10 \leq H \leq 18$ , ou
- $S = 1$  et  $8 \leq H \leq 20$

On concevra le circuit de façon fonctionnelle, en combinant uniquement :

- 2 comparateurs non signés sur 5 bits
- 2 multiplexeurs 2 :1 opérant sur des bus de 5 bits
- une porte ET à deux entrées

#### 10. CIRCUIT COMBINATOIRE : CONCEPTION MODULAIRE

Construire un encodeur de priorité à 8 entrées avec 2 encodeurs de priorité à 4 entrées. Les circuits ont l'interface :

```
prioencoder4 (e[3..0] : num[1..0], act)
prioencoder8 (e[7..0] : num[2..0], act)
```

#### 11. CIRCUIT COMBINATOIRE : CONCEPTION MODULAIRE

Construire un multiplexeur 8 :1 avec 2 multiplexeurs 4 :1 et un multiplexeur 2 :1

#### 12. CIRCUIT COMBINATOIRE : CONCEPTION MODULAIRE

Construire un décodeur 3 : 8 avec 2 décodeurs 2 : 4

On utilisera des décodeurs avec une entrée EN (enable)

#### 13. CIRCUIT COMBINATOIRE : CONCEPTION MODULAIRE

Construire un comparateur non signé de 8 bits, d'interface :

```
ucmp8 (a[7..0], b[7..0] : sup, eq)
```

avec 2 comparateurs non signés de 4 bits, d'interface :

```
ucmp4 (a[3..0], b[3..0] : sup, eq)
```

#### 14. MEMOIRES

Associer 4 modules mémoires de 4K mots de 4 bits, d'interface `mem4Kx4 (addr[11..0], W, CE, OE : data[3..0])` pour former un module de 16K mots de 4 bits.

### CHAPITRES 3&4

#### 15. CIRCUIT SEQUENTIEL : CONCEPTION AVEC GRAPHE D'ETATS

Concevoir un circuit séquentiel synchrone d'interface `croissant (rst, clk, a[1..0] : up)` tel que `up=1` si et seulement si la valeur de `a[1..0]` au front d'horloge est plus grande ou égale (comparaison non signée) à la valeur de `a[1..0]` au front d'horloge précédent (= si `a[1..0]` croit ou reste stable).

- dessiner le graphe de MEALY de ce circuit
- synthétiser le circuit avec des bascules D

## 16. CIRCUIT SEQUENTIEL : CONCEPTION FONCTIONNELLE

Concevoir de façon fonctionnelle un circuit analogue au précédent opérant sur des nombres de 4 bits avec un registre 4 bits et un comparateur non signé sur 4 bits.

## 17. CIRCUIT SEQUENTIEL : CONCEPTION AVEC GRAPHE D'ETATS

Concevoir un circuit de commande de chaudière d'interface

```
module chaudiere(rst, clk, chaud, froid : m)
```

froid = 1 ssi il fait moins de 18° ; chaud = 1 ssi il fait plus de 22°

La chaudière doit se mettre en marche lorsqu'il fait froid, et doit s'arrêter lorsqu'il fait chaud

## 18. CIRCUIT SEQUENTIEL

Dessiner le graphe de MOORE d'un circuit séquentiel qui détecte la séquence 1,1 ; concevoir ce circuit à l'aide d'un registre à décalage de 2 bits.

Transformer le graphe de MOORE en graphe de MEALY, puis concevoir le circuit correspondant.

En s'inspirant du résultat obtenu, produire un circuit de MEALY qui détecte la séquence 1,0,1.

## 19. MODIFICATION D'UN COMPTEUR

Concevoir et donner le code SHDL d'un compteur-décompteur sur 4 bits, qui compte selon la séquence 0, 1, ..., 14, 15, 14, ..., 2, 1, 0, 1, ...

On produira aussi en sortie un signal `down` qui indique si le compteur est en phase descendante (=1) ou ascendante (=0).

## 20. COMPTEUR AVEC INITIALISATION

Concevoir un compteur 4 bits synchrone d'interface `cpt4ini(rst, clk, load, ini[3..0] : s[3..0])` tel que, lorsque `load = 0` il compte normalement, et lorsque `load=1` la valeur du compteur est initialisée avec `ini[3..0]` au front d'horloge.

AJOUTER EXERCICE DE REVERSE ENGINEERING D'UN CIRCUIT EXISTANT, avec simplification et resynthèse

## CHAPITRES 5

### 21. AJOUT D'UNE NOUVELLE INSTRUCTION

On souhaite ajouter à CRAPS une nouvelle instruction (et NON une instruction synthétique), d'écriture assembleur :

```
swap %r<i>, %r<j>
```

Cette instruction doit permuter le contenu de `%r<i>` et `%r<j>`, sans modifier aucun autre registre (utilisateur).

Proposer un nouveau code machine pour cette instruction et décrire toutes les modifications à effectuer pour l'implémenter.

## 22. AJOUT D'UNE NOUVELLE INSTRUCTION

On souhaite ajouter à CRAPS une nouvelle instruction (et NON une instruction synthétique), d'écriture assembleur :

```
max %rs1, %rs2, %rd
```

Cette instruction copie dans %rd la plus grande des deux valeurs des registres %rs1 ou %rs2, considérées comme signées.

Proposer un nouveau code machine pour cette instruction et décrire toutes les modifications à effectuer pour l'implémenter.

## 23. SEQUENCE DE MICROCOMMANDES ASSOCIEES A L'INSTRUCTION

Compléter le tableau suivant avec la suite des microcommandes à envoyer pour exécuter l'instruction :

```
ld [%rs1+sim13], %rd
```

areg	breg	dreg	cmd_ual	oe_num	write	commentaire

## 24. ACCELERATION DE L'EXECUTION D'UNE INSTRUCTION

On souhaite accélérer les instructions de lecture en mémoire lorsqu'elles ont la forme particulière suivante (registre rs2 nul):

```
ld [%ri+%r0], %rj (1)
```

%ri et %rj sont deux registres utilisateurs ; elle est habituellement écrite `ld [%ri], %rj`

- dessiner le code machine de cette instruction (les champs i et j seront indiqués de façon générique)
- dessiner le sous-graphe de séquençement des instructions ld avec 2<sup>ème</sup> opérande registre, tel qu'il a été vu en TDTP
- **Modifier ce graphe** pour accélérer les instructions du type (1).

## 25. AJOUT D'UN BOITIER MEMOIRE

On souhaite rajouter un boîtier mémoire à la machine CRAPS, de taille 1024 mots de 32 bits, à partir de l'adresse 0x50000000 dans l'espace d'adressage du processeur. Décrire toutes les modifications à effectuer.

## 26. DECODAGE D'ADRESSE

On souhaite rajouter à la micromachine 8 autres leds, mappées à l'adresse 0x80000000 dans l'espace d'adressage du processeur. Décrire toutes les modifications à effectuer.

## 27. PROGRAMMATION DE CRAPS

On suppose que %r2=0x8000

Pour chacun des cas suivants, écrire une (seule) instruction qui effectue l'opération demandée :

- Écrit en mémoire %r3 à l'adresse 0x7FFC
- Fait en sorte que le flag Z indique la nullité de %r1 (d'autres flags peuvent être modifiés)

## 28. ASSEMBLAGE

Donnez le code machine des instructions suivantes, en binaire et en hexadécimal :

```
        umulcc    %r1, -3, %r2
        ld        [%r3+%r4], %r5
loop:   ba        loop
```

## 29. DESASSEMBLAGE

Donnez l'écriture assembleur des instructions de codes suivants :

0xC4204000

0x81C7E004

## 30. ACCELERATION DE L'EXECUTION D'UNE INSTRUCTION

On désire accélérer l'exécution des instructions ld avec 2<sup>ème</sup> opérande immédiat.

Idée : faire faire simultanément par l'UAL le calcul de l'extension de signe de la constante ET la somme des deux opérandes pour le calcul de l'adresse mémoire.

Proposer une modification du graphe de séquençement de cette instruction ET l'ajout d'une nouvelle fonction de l'UAL (que nécessite cette méthode). On spécifiera la nouvelle fonction de l'UAL (par une formule ou une phrase) sans décrire son implémentation, et on dessinera le sous-graphe de séquençement modifié.

## CHAPITRE 6

### 31. GESTION D'UN CACHE

Voici un cache de type « directed mapped » pour une mémoire de 512 mots de 16 bits, avec son contenu.

	valid	dirty	Tag (7 bits)	Data (1 word)	
00	0	0	0101100	0000 0000 0000 0000	4 cache lines
01	1	1	1110000	1000 0000 1000 0000	
10	1	0	0101010	0101 0000 0000 0000	
11	0	0	0000000	0000 0000 0000 1100	

address	7	2
	TAG	LINE

- Le mot d'adresse 0b010110001 est-il dans le cache ? Si oui quelle est la valeur associée ? Si oui, la mémoire est-elle à jour ?
- Le mot d'adresse 0b111000001 est-il dans le cache ? Si oui quelle est la valeur associée ? Si oui, la mémoire est-elle à jour ?
- Le mot d'adresse 0b000000011 est-il dans le cache ? Si oui quelle est la valeur associée ? Si oui, la mémoire est-elle à jour ?
- Si la donnée 0x1234 située en mémoire à l'adresse 0x1BA était dans le cache, comment apparaîtrait-elle ?

### 32. PROTOCOLE MESI DE COHERENCE DE CACHES

On suppose l'existence de 3 processeurs CPU1...CPU3 ayant chacun une cache line CL1...CL3 pour une même zone de données en mémoire, nommée A. On suppose également que cette zone A est accédée par les 3 CPU selon la séquence suivante : CPU1 lit A ; CPU2 lit A ; CPU1 modifie A ; CPU3 modifie A ; CPU1 lit A

- Décrire l'évolution des bits MESI de ces caches lines, depuis une situation initiale où ils sont tous invalides
- Indiquer tous les accès mémoire (lecture et écriture) effectués

### 33. MEMOIRE VIRTUELLE PAGINEE

On suppose l'existence d'une mémoire réelle de 4 pages frames, et d'une mémoire virtuelle de 8 pages, avec une table des pages de la forme suivante :

page #	present	dirty	adresse disque	page frame #
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

On suppose que le système utilise la stratégie FIFO lorsqu'une page frame est recopiée sur le disque. On suppose également que la traduction d'adresse est faite sur le schéma suivant :



1. Quelle est la taille de la mémoire virtuelle ? De la mémoire réelle ? Quelle est la taille des pages ?
2. On part d'un état initial où aucune page n'est présente et le processeur fait un premier accès mémoire, en écriture, à l'adresse virtuelle 0x0F46. Décrire l'évolution des bits: *present*, *dirty*, *page frame* dans la table des pages, et indiquer quels accès à la mémoire réelle et quels accès disque ont été effectués.
3. Faire de même en continuant avec les accès suivants du processeur : lecture en 0x0F46 ; écriture en 0x0800 ; écriture en 0x0F00 ; lecture en 0x0804 ; lecture en 0x0C00 ; lecture en 0x1800 ; lecture en 0x1C00 ; lecture en 0x0400

### 34. PIPELINE

On considère le programme suivant :

```

setq      10, %r1
clr       %r2
loop:    add      %r1, %r2, %r2
         deccc   %r1
         bne     loop
         i6
         i7

```

Indiquer dans le tableau suivant comment les instructions progressent dans le pipeline, initialement complètement rempli de bulles. On supposera que les branchements introduisent systématiquement un aléa de contrôle sans prédiction.

cycle	PC	Instr	Args	Calc	Mem	Result
1	o	o	o	o	o	o



