

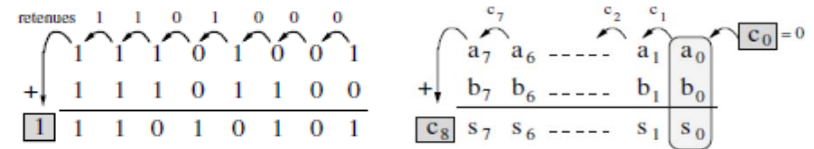
# Architecture des ordinateurs

## 3bis – Arithmétique binaire

Philippe Darche  
IUT Paris Descartes

# Arithmétique binaire

- Exemple d'une addition en binaire naturel  
Soit à calculer  $S = A + B$  (format  $n = 8$ )



- règles de calcul étudiées en TD

Philippe Darche

2

IUT Paris Descartes

# L'addition binaire au format n

- Besoins matériels
  - 1 demi-additionneur (*half-adder*)
  - $n-1$  additionneurs complets (*full-adder*)

Philippe Darche

3

IUT Paris Descartes

# Retenue et demi-retenue

- La retenue générée en position 3 se nomme la demi-retenue (*half carry*) ou retenue auxiliaire (*auxiliary carry*)
  - indicateur binaire AF dans le registre d'état du MPU
  - utile pour les calculs en BCD



Philippe Darche

4

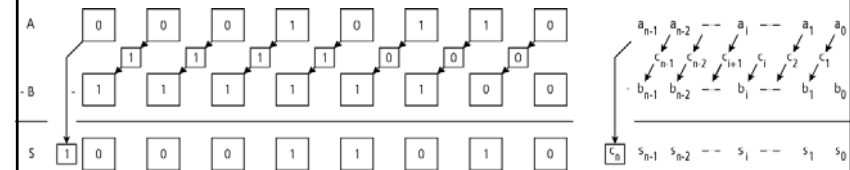
IUT Paris Descartes

## Contrôle du résultat en machine

- Le CPU (*Central Processing Unit*) annonce la validité du résultat à chaque addition
  - indicateur ou drapeau CF (*Carry Flag*) dans son registre d'état
    - indicateur de dépassement de format pour addition et soustraction sur entiers naturels (*i.e.* non signés)

## Arithmétique binaire

- Exemple d'une soustraction en binaire naturel  
Soit à calculer  $S = A - B$  (format  $n = 8$ )



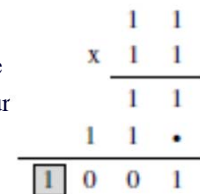
- règles de calcul étudiées en TD

## La soustraction binaire au format n

- Besoins matériels
  - 1 demi-soustracteur (*half-subtractor*)
  - $n-1$  soustracteurs complets (*full-subtractor*)
- Contrôle du résultat en machine
  - le dernier emprunt (*borrow*) est rangé dans l'indicateur CF

## Arithmétique binaire

- La multiplication binaire
  - opération à effectuer :  $P = A \times B$
  - vocabulaire :
    - le nombre A au format n : le multiplicande
    - le nombre B au format m : le multiplicateur
    - le nombre P au format o : le produit
  - format maximal  $o_{\max} = n + m$



## La multiplication binaire

- Notion de produit partiel

$$\begin{array}{r}
 a_1 \ a_0 \\
 \times b_1 \ b_0 \\
 \hline
 a_1 \times b_0 \ a_0 \times b_0 \\
 \hline
 a_1 \times b_1 \ a_0 \times b_1 \\
 \hline
 \boxed{C_3} \ P_2 \quad P_1 \quad P_0
 \end{array}$$

## Arithmétique binaire

- La division binaire
  - opération à effectuer :  $Q = N \div D$   
( $N = Q \times D + R$ )
  - vocabulaire :
    - le nombre N au format m : le dividende
    - le nombre D au format n : le diviseur
    - le nombre P au format o : le produit
  - cas particulier : la division par zéro  
⇒ lever d'une exception en machine

## La division binaire

- Exemples

$$\begin{array}{r}
 446 \overline{) 5} \\
 \underline{46} \phantom{0} \\
 1 \phantom{00}
 \end{array}
 \quad \text{étape 0} \quad
 \begin{array}{r}
 446 \overline{) 5} \\
 \underline{40} \phantom{0} \\
 04 \phantom{0} \\
 \underline{046} \\
 -45 \\
 \underline{01}
 \end{array}
 \quad \text{étape 1} \quad \dots \quad \text{étape 2}$$

$$\begin{array}{r}
 1 \ 1011 \ 1110 \ \overline{) 101} \\
 \underline{-101} \phantom{000} \\
 001 \phantom{000} \\
 \underline{00111} \\
 -101 \phantom{000} \\
 010 \phantom{000} \\
 \underline{0101} \\
 -101 \phantom{000} \\
 000 \phantom{000} \\
 \underline{0110} \\
 -101 \phantom{000} \\
 001
 \end{array}$$

⇒ suite de multiplications-comparaisons

- Format maximal  $o_{\max} = n + m$

## Conclusions

- Le format de travail n est important car il décide de la validité d'un calcul en machine
- En base 2, la multiplication peut être ramenée à une suite de produits partiels puis d'additions
- En base 2, la division peut être ramenée à une suite de soustractions et de tests