Processeurs de traitement du Signal

DSP

Filtres numériques

- FIR (Filtres à réponse impulsionnelle finie)

$$y_n = \sum_{i=0}^{p} a_i \bullet x_{n-i}$$

- IIR (Filtres à réponse impulsionnelle infinie)

$$y_n = \sum_{i=0}^{p} a_i \bullet x_{n-i} - \sum_{j=1}^{q} b_j \bullet y_{n-j}$$

- Filtres Adaptatifs FIR

$$y_n = \sum_{i=0}^{p} a_i(n) \bullet x_{n-i}$$

$$a_i(n) = a_i(n-1) + B \bullet e_n \bullet x_{n-1}$$

$$e_n = r_n - y_n$$

Autres opérations

- Corrélations

$$c_k = \sum_{n=0}^{N-1-k} x_n \bullet x_{n-k}$$

- Valeur moyenne

$$\hat{P} = \frac{1}{N} \bullet \sum_{n=0}^{N-1} x_n^2$$

- Fenêtrage

$$y_n = x_n \bullet W_n$$

FFT

- Avec $W_N = e^{-i\frac{2\pi}{N}}$

$$X_N(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \bullet W_N^{k \bullet n}$$

Calcul Matriciel

- Produit scalaire

$$z = \sum_{i=0}^{n-1} x_i \bullet y_i$$

- Produit matriciel

$$C_{i,j} = \sum_{k=0}^{k=m} A_{i,k} \bullet B_{k,j}$$

Opérations courantes

- Calculs sur
  - Scalaires
  - Complexes
  - Vecteurs
- Calculs de grande précision ou de grande dynamique
- Opération essentielle MAC (Multiply, Add, aCcumulate)
- Accès efficaces aux données pouvant entraîner des modes d'adressage particuliers

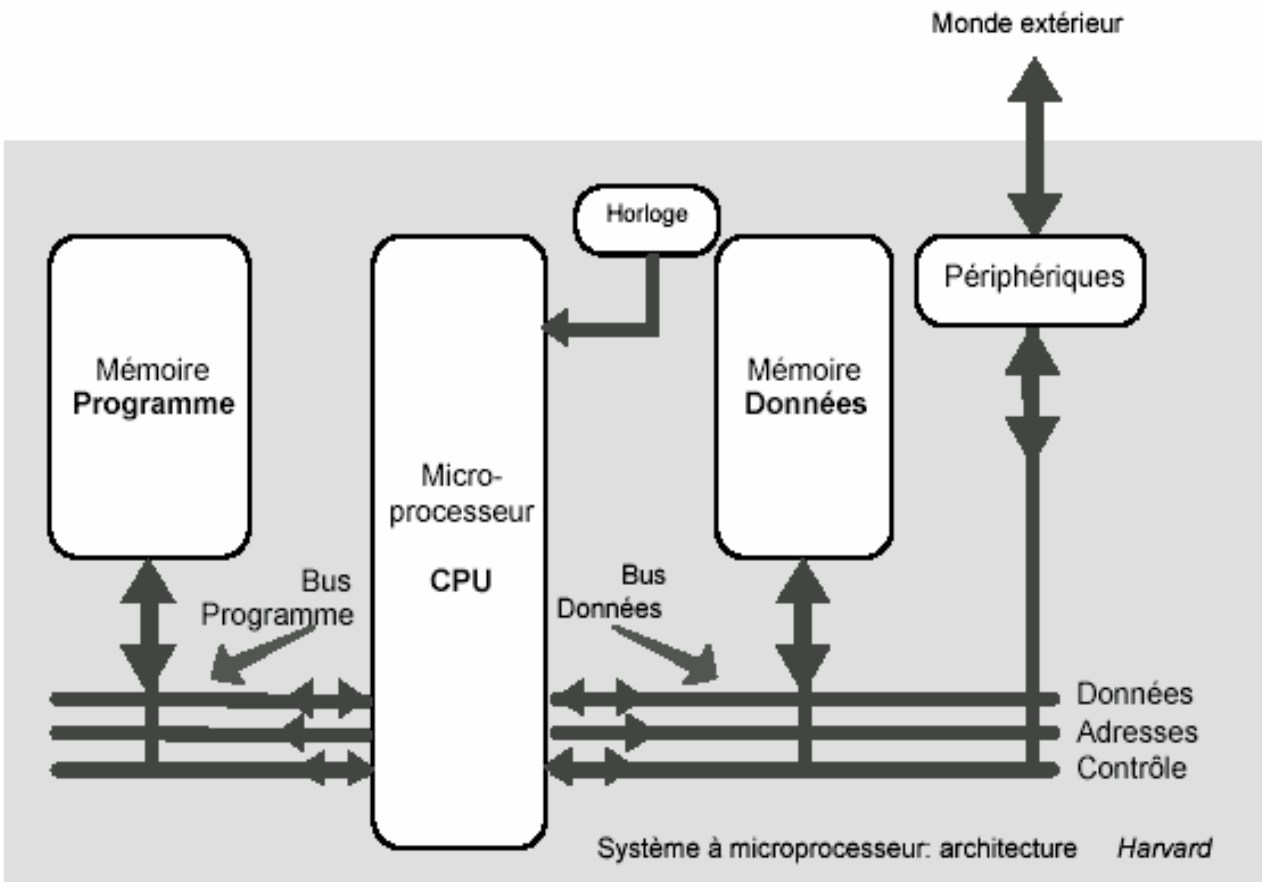
Classe des signaux à traiter

Signal	Fréquence échantillonnage	Période échantillonage	Nb de cycles entre 2 échant. (50 ns/cycle)
Signaux vibratoires	100 kHz	10 µs	200
Parole	8 kHz	125 µs	2500
Audio	48 kHz	20,8 µs	417
Vidéo	10 MHz	100 ns	2

Principales applications

- Télécommunications
- Interfaces vocales
- Applications militaires
- Multi-média et grand public
- Médical
- Électronique automobile
- Automatisation des procédés
- Instrumentation

DSP Architecture typique

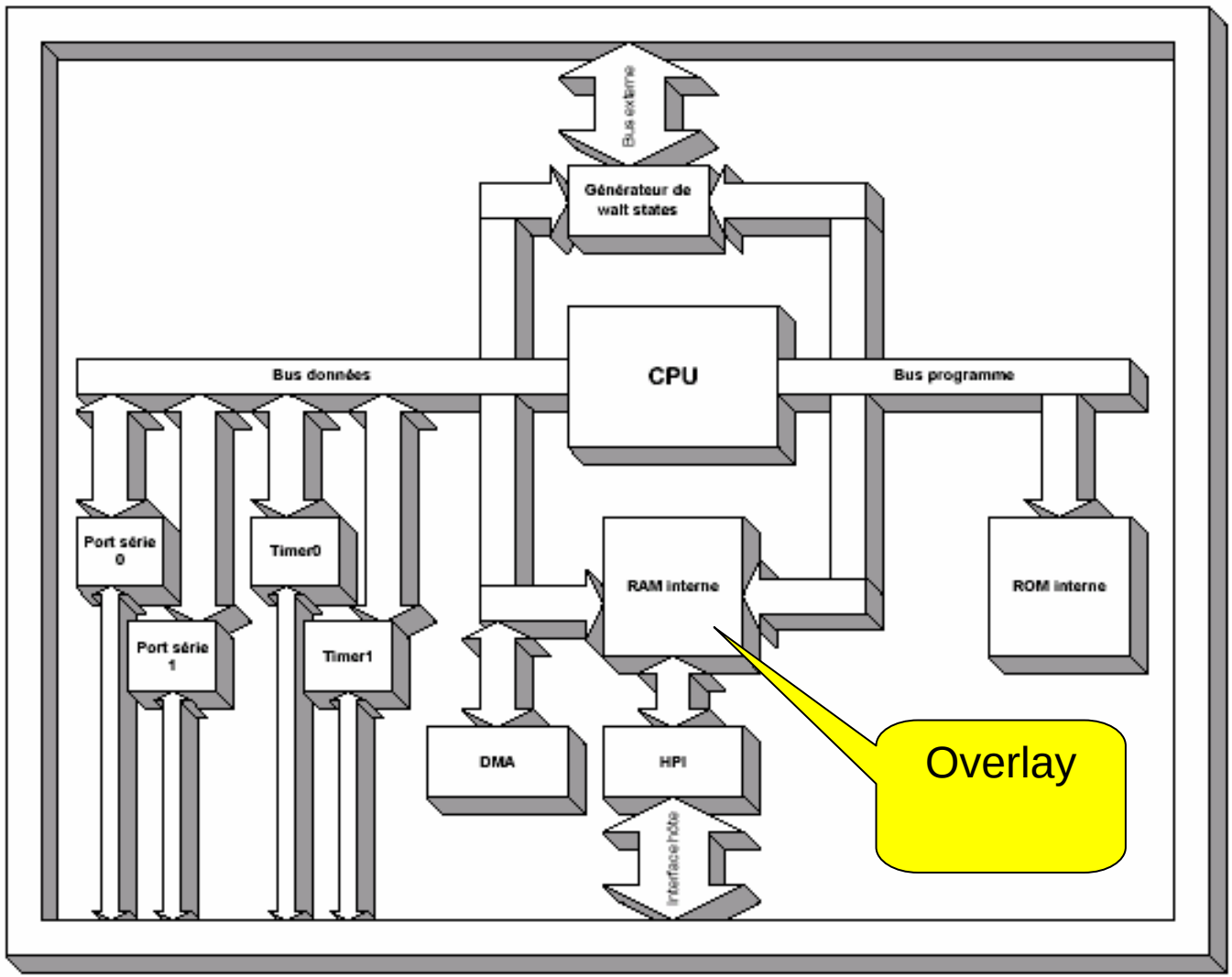


Familles de DSP

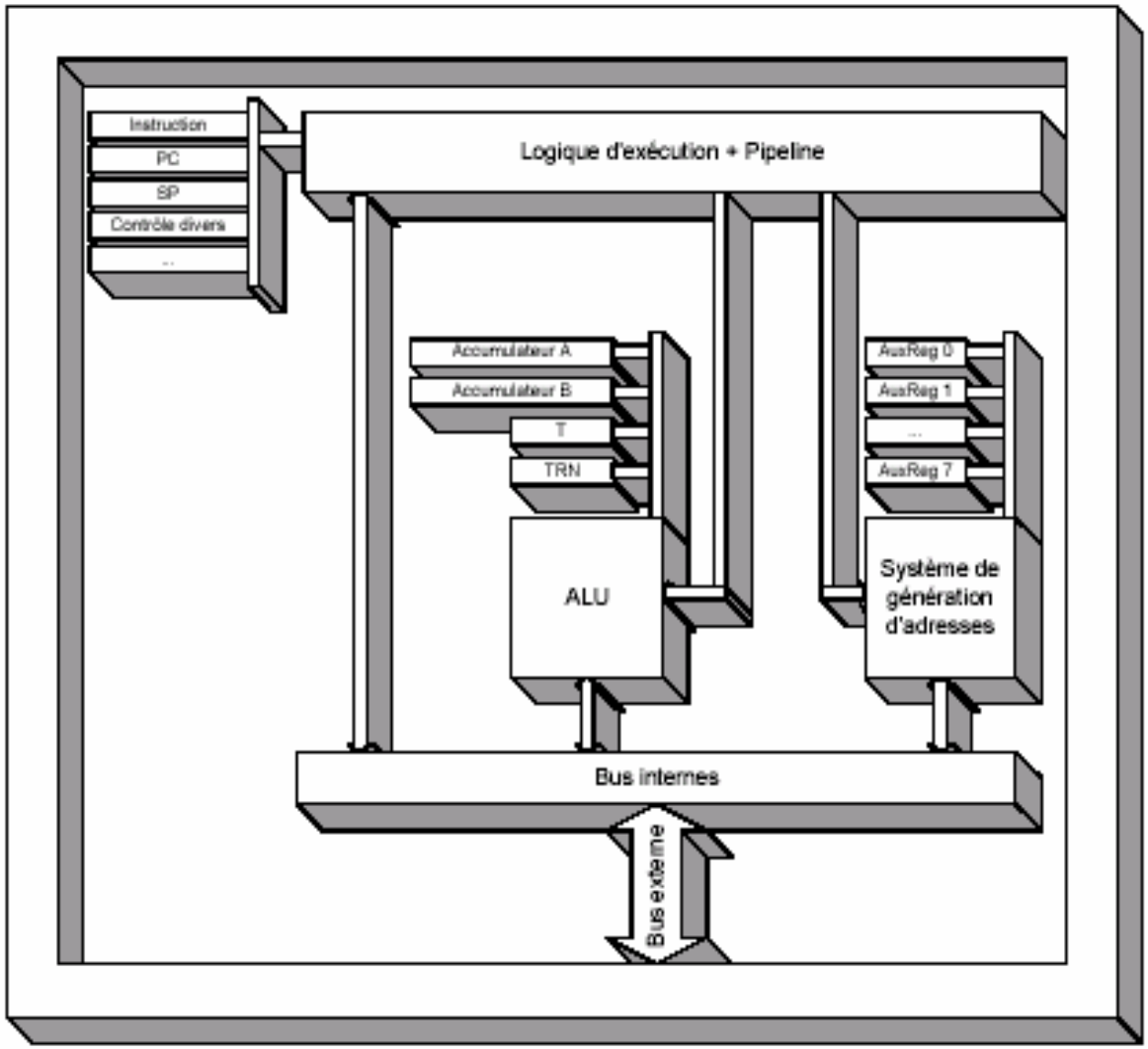
- Exemple TMS320 de TI

- Virgule fixe: C1x, **C2x**, **C5x**
- Virgule flottante: C3x, C4x, **C6x**
- Multiprocesseur: C8x

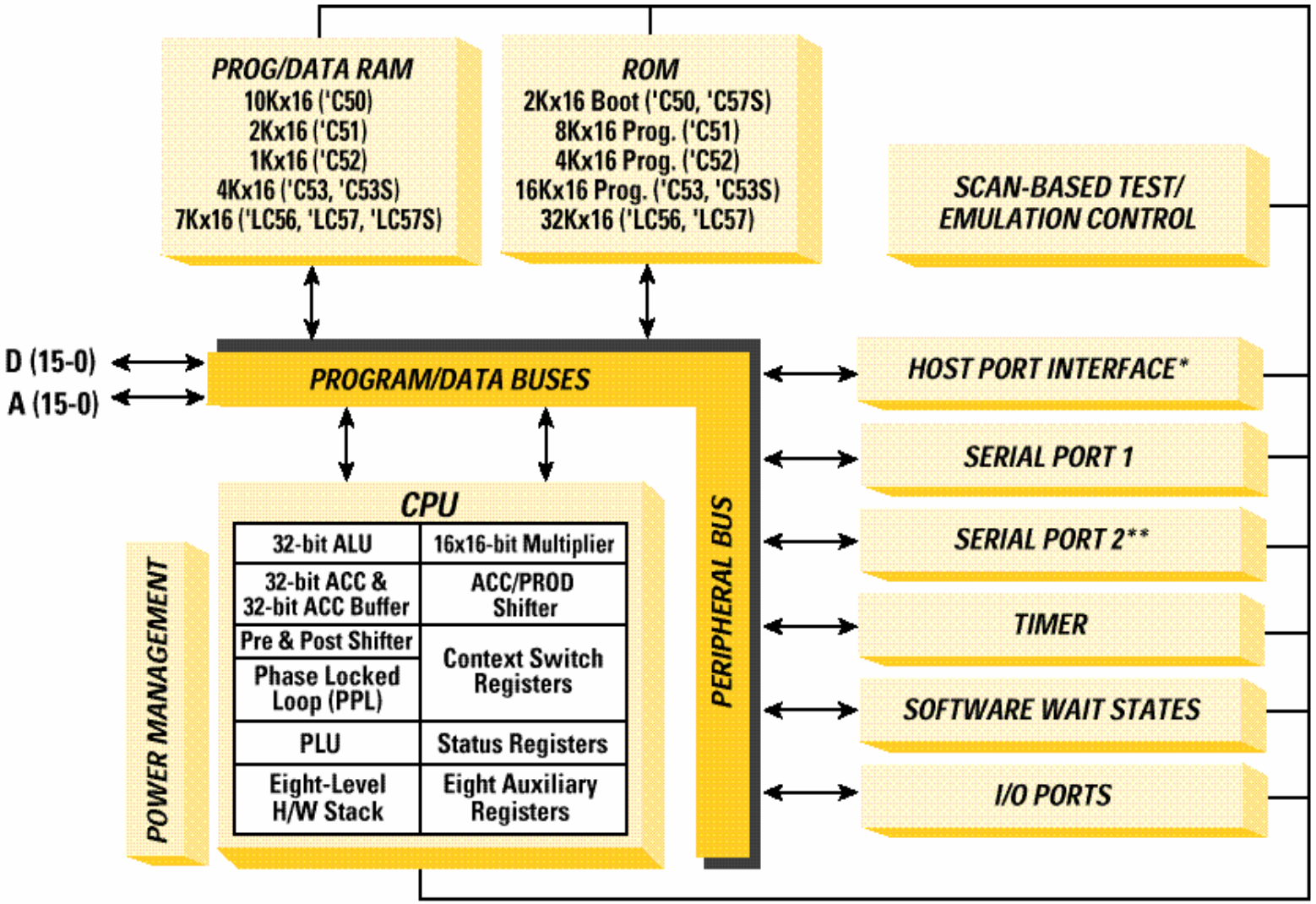
Architecture Harvard modifiée



CPU DSP simple (C54x)

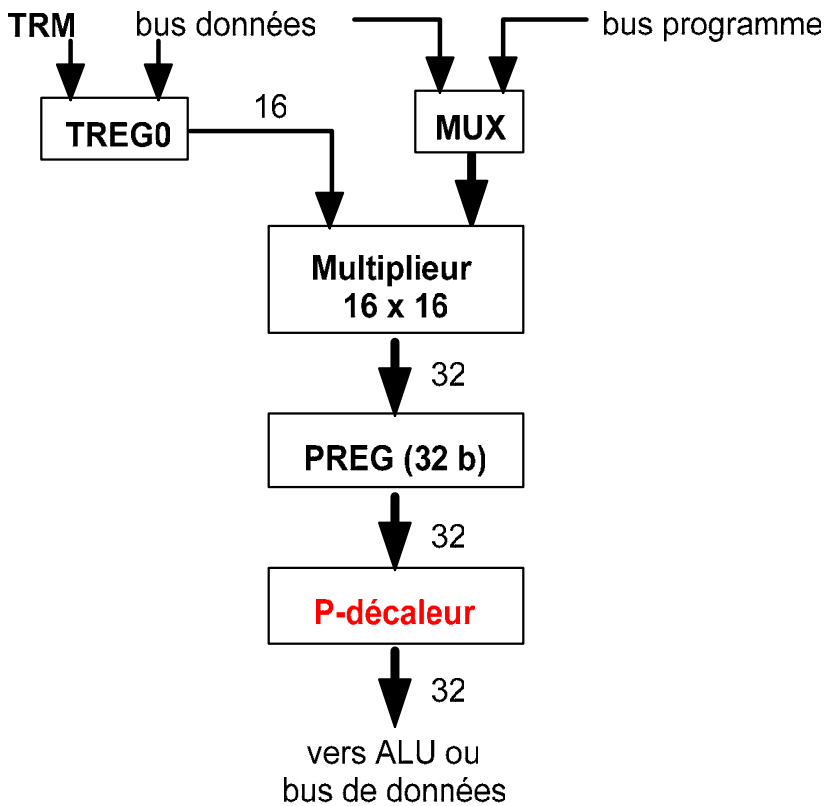


DSP TMS32OC5x

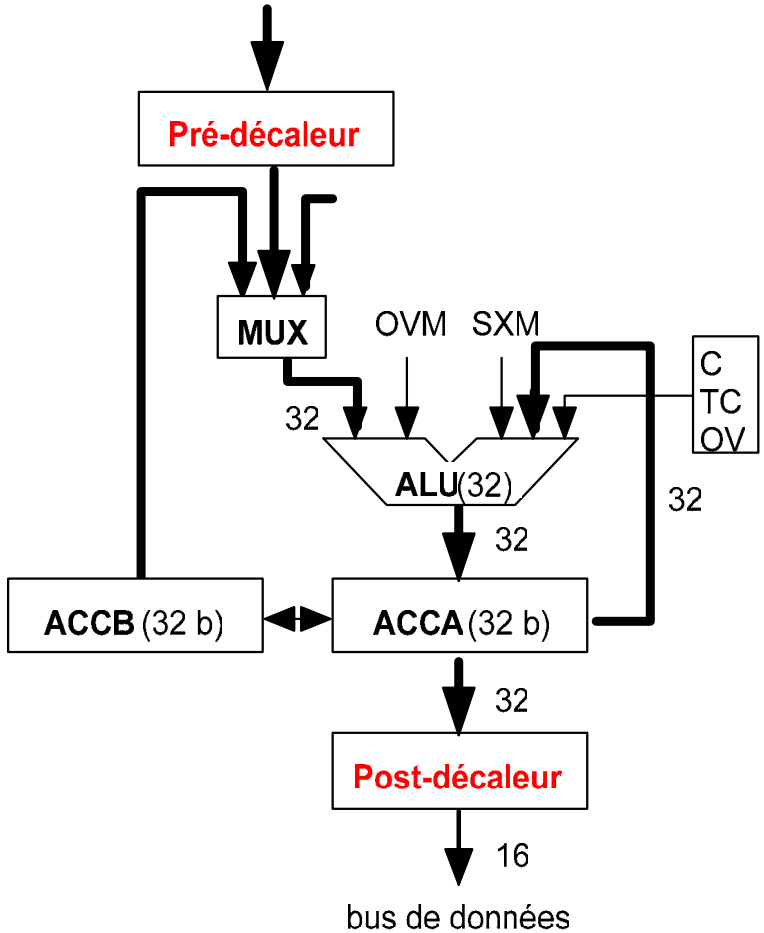


* Available on the 'LC57 and 'C57S ** One serial port on 'C52; buffered serial port on 'LC56, 'LC57 and 'C57S

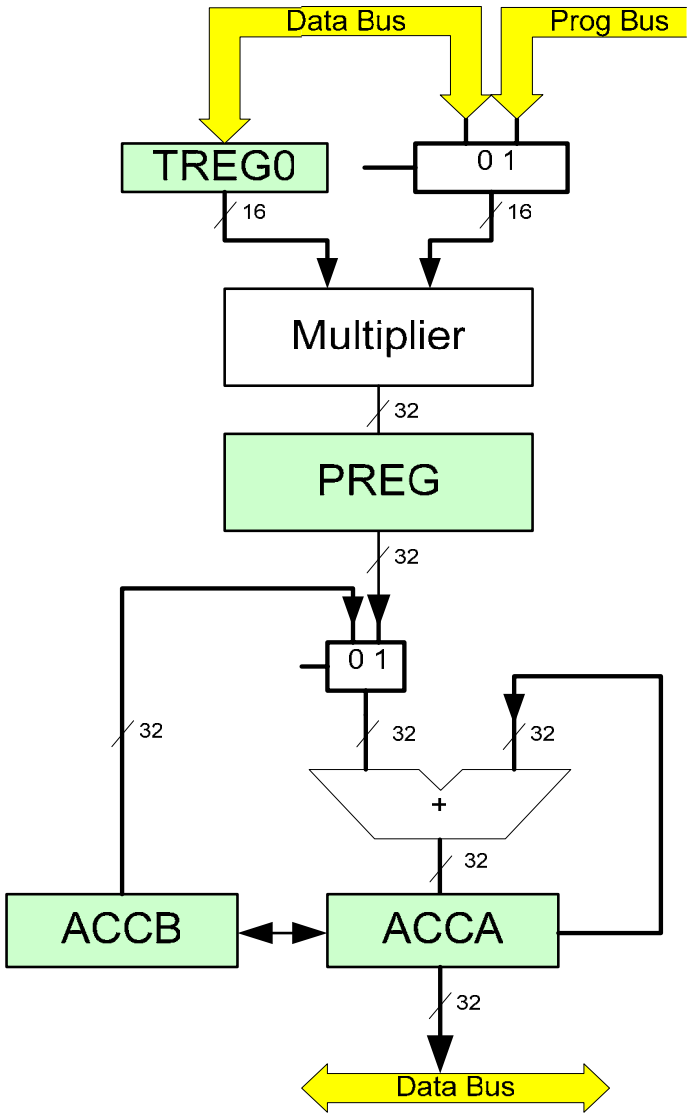
Multiplieur du C55



ALU C55


Pré-décaleur
MUX
OVM
SXM
C
TC
OV
32
ALU(32)
32
32
ACCB (32 b)
ACCA (32 b)
32
Post-décaleur
16
bus de données

MAC



$$1 \times 2 + 3 \times 4 + 5 \times 6$$

1. **Reg[ACCA] += Reg[PREG] << PM**
2. **Reg[TREG0] $\leftarrow_{16}$ operand1**
3. **Reg[PREG] $\leftarrow_{16}$ Reg[TREG0] x operand2**

Format Q15

Représentation en virgule fixe pour les nombres

$$-1 \leq n \leq 1$$

valeur = $m \times 2^{-15}$

Exemple : $\sin \frac{\pi}{6}$ en Q15 sur 16 bits ?

$$\sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2} = 0.5 = 2^{14} \times 2^{-15} = 16384 \times 2^{-15}$$

0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Soit 4000h (0x4000)

Opérations sur Q15

ADDITION/SOUSTRACTION

Q15 $\pm$ Q15 $\rightarrow$ Q15

Mais il peut y avoir débordement

MULTIPLICATION/DIVISION

Q15 x Q15 $\rightarrow$ Q30

$$\left(m_1 \times 2^{-15}\right) \times \left(m_2 \times 2^{-15}\right) = \left(m_1 \times m_2\right) \times 2^{-30}$$

pas de débordement sur 32 bits, mais 2 bits de signe !

Exemple de multiplication

0.5 x 0.5 → 4000h x 4000h → 10 000 000 h

0001 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000→0.25

pour ramener à Q15 :
0010 0000 0000 0000

P >> 15 & 0x0FFFF
[P << 1] $_{31..16}$

} 2000h → 0.25

Produit scalaire en C55

```
        .ds     0F00h
costs   .word   10,20,30,40,50,60,70
num     .word   5,10,3,2,0,34,17

        .ps     0A00h
    lar ar0,#costs
    zap
    sacl    result,0
    rpt #7
    mac     num,*+
    sacl    result,0
```

Data Segment

Program Segment

Do 8 times

Génération d'un sinus

$$y(n) = A * y(n-1) + B * y(n-2) + C * x(n-1)$$

avec x = (1,0,0, …)

$$y(-2) = y(-1) = 0$$

$y(0) = 0$

$y(1) = C$

$y(n) = A * y(n-1) + B * y(n-2)$ pour n>1

Soit $\theta = (f / fs) * 2\pi$

On obtient $y(n) = \sin(n\theta)$ si on choisit

$A = 2 \cos \theta$; $B = -1$; $C = \sin \theta$;

Exemple

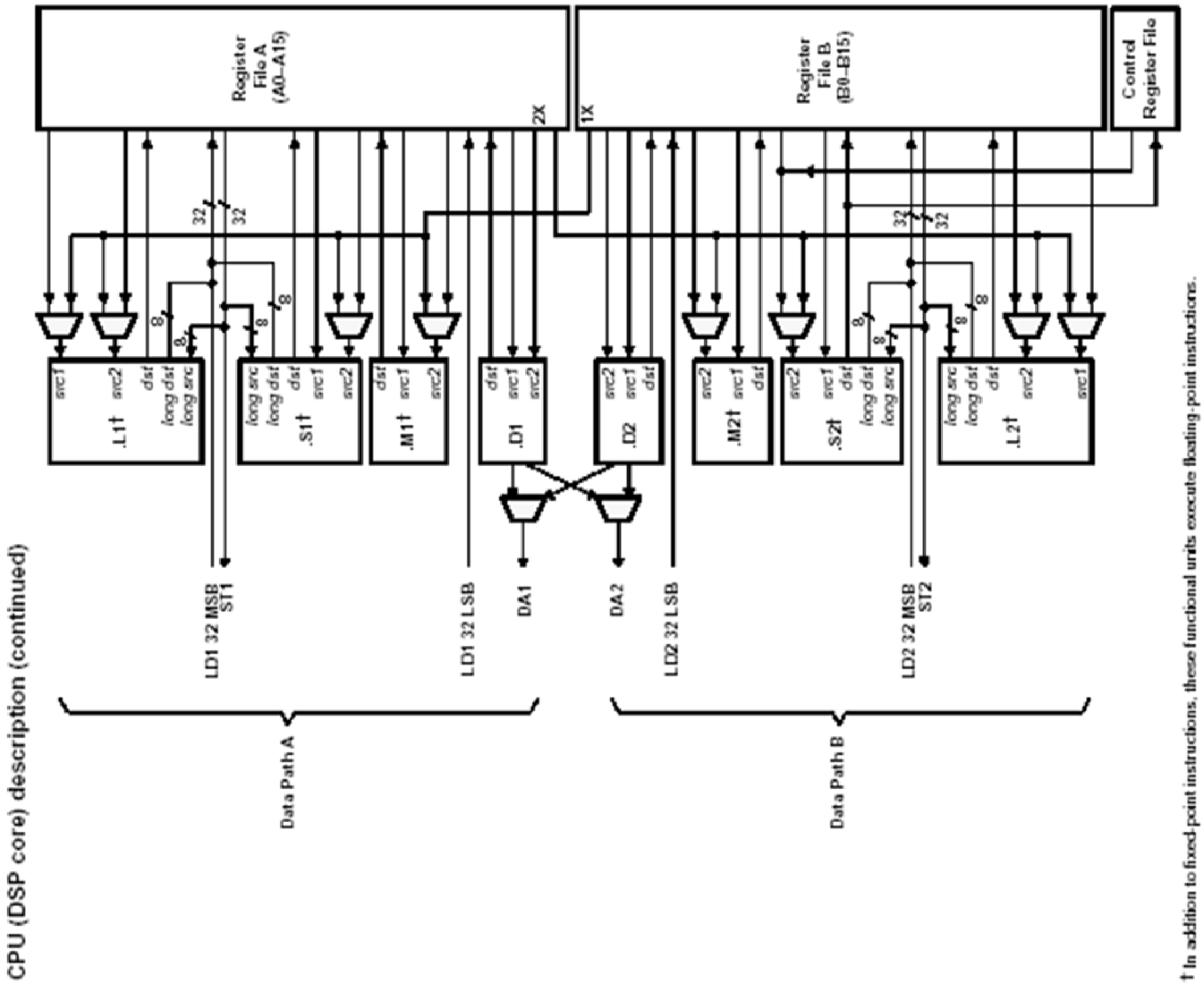
fs = 8 kHz ; f = 800 Hz

A = 2 * 0.809017 $\leftrightarrow$ 2 * 678Eh en Q15

C = 0.58778 $\leftrightarrow$ 4B3Dh en Q15

Donc en posant A' = 678Eh et C' = 259Eh

y(0) = 0; y(1) = 2 * C'

y(n) = 2 * A' * y(n-1) – y(n-2) pour n > 1

DSP core (TMS320C6711)