

Master ESE

Module

PROCESSEURS NUMÉRIQUES DU SIGNAL DSP

Unité fondamentale
Crédits: 6
Coefficient: 3

Programmes

- ✓ **Généralités sur les processeurs DSP** (historique, définitions, évolution, etc)/ 2S,
- ✓ **Arithmétique à virgule fixe et à virgule flottante** (numérisation des signaux, présentation numérique, virgule fixe et flottante)/4S.
- ✓ **Architecture des DSP TMS320C6x** (processeur c6000, cartographie de mémoire, unités fonctionnelles, paquets d'exécution et de fetch, architecture pipeline, les registres, les registres de contrôle, les périphériques, etc)/8S
- ✓ **Gestion de la mémoire**

Objectifs de la matière

- ❑ Connaître l'architecture interne d'un DSP et la plateforme matérielle intégrant ce DSP,

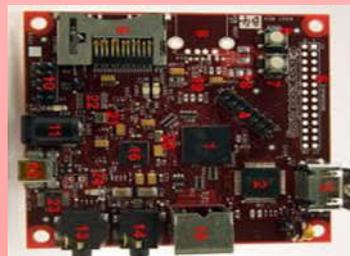


- ❑ Connaître l'environnement de développement sur une plateforme à base de DSP.

- ❑ Maîtriser le flot de conception / l'outil CCS: **Code Composer Studio**



- ❑ Comprendre l'implémentation d'algorithmes sur une plateforme à base de processeurs DSP.



Chapitre 1

Généralités sur les processeurs des
signaux numériques (DSP): Digital Signal
Processing

I.1 Introduction

- ✓ Les besoins de traitement très particuliers de ces applications ont donné lieu au développement d'un nouveau type de processeur : Le processeur de traitement du signal (**Digital Signal Processor** ou **DSP** en anglais).
- ✓ Les DSP ont été initialement développés pour des applications de radars militaires et de télécommunications cryptées dans les années 70.
- ✓ C'est **Texas Instruments®** qui en 1978 introduit un DSP (la synthèse de la voix pour des applications très grand public).
- ✓ 90 les DSP deviennent des composants incontournables de l'électronique grand public.

I.2 Les différents constructeurs

les principaux fabricants de DSP sont :

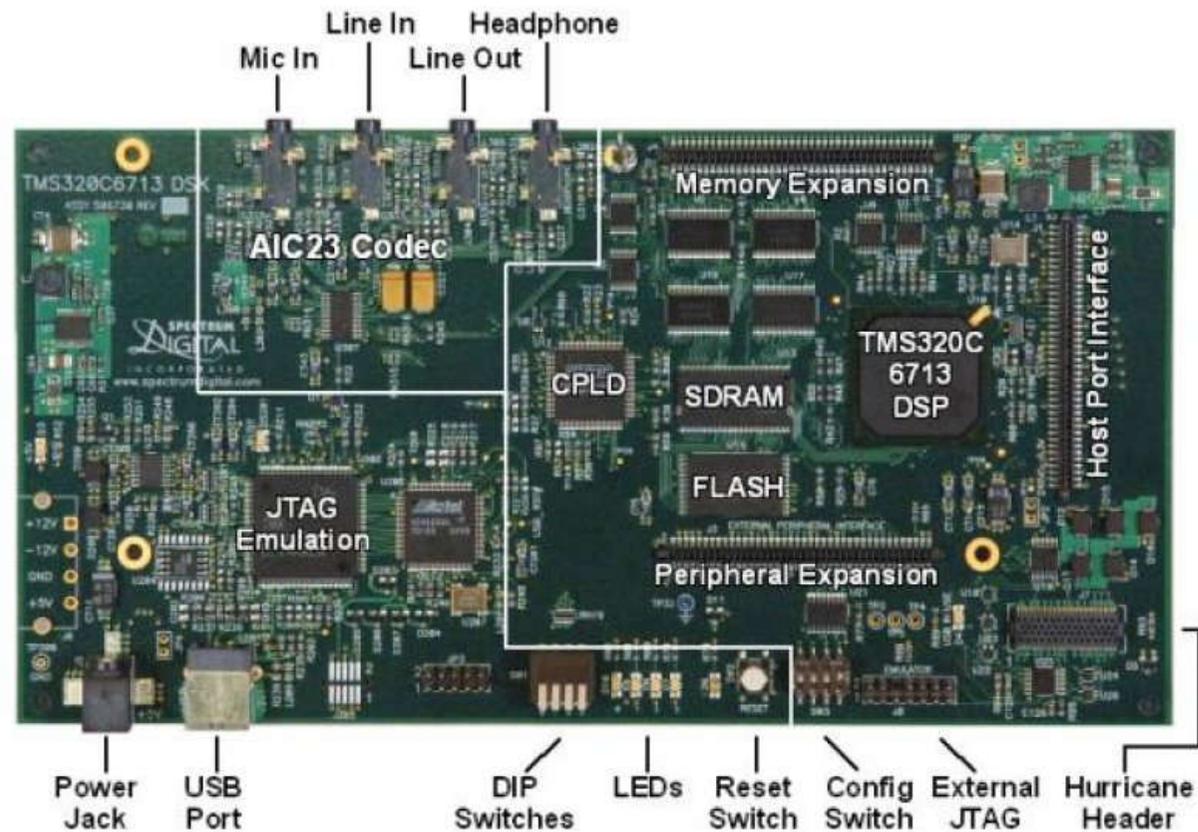
- Texas Instruments
- Analog Devices
- Motorola
- Zilog
- Lucent
- Nec
- Zoran
- Zsp
- Microchip

Rang mondial	Vendeur	Familles de DSP	Format	Données (bits)	Puissance (MIPS)
1	<i>Texas Instruments</i>	TM S320C1x TM S320C2x TM S320C3x TM S320C4x TM S320C5x TM S320C6x	Fixed Fixed Floating Floating Fixed Fixed	15 15 32 32 15 32	8.8 40 25 30 50 2400
2	<i>Analog Devices</i>	ADSP-21xx ADSP-21	Fixed Floating	15 32	40 40
3	<i>Motorola</i>	DSP560xx DSP563xx DSP568xx DSP960xx StarCore	Fixed Fixed Fixed Floating Fixed	24 24 15 32 15	40 80 70 40 1200
4	<i>Lucent</i>	DSP-6xx DSP32xx	Fixed Floating	15 32	40 40

I.3 Définition

- ✓ Un DSP est un type particulier de **microprocesseur**, dont l'architecture interne est adaptée pour le **traitement numérique du signal**.
- ✓ En général basé sur une architecture de **HARVARD**.
- ✓ Un DSP est un **micro-processeur optimisé** pour effectuer des calculs complexes en un coup d'horloge. Aussi pour accéder très facilement à un grand nombre d'entrées-sorties (numériques ou analogiques).

Fig.1 DSP TMS320C6713



I.3 Définition

- ✓ Un DSP est mis en œuvre en lui associant de la mémoire (RAM, ROM) et des périphériques.
- ✓ Il se présente donc généralement sous la forme d'un microcontrôleur intégrant, selon les marques et les gammes des constructeurs, de la mémoire, des timers, des ports série synchrones rapides, des contrôleurs DMA, des ports d'E/S divers.

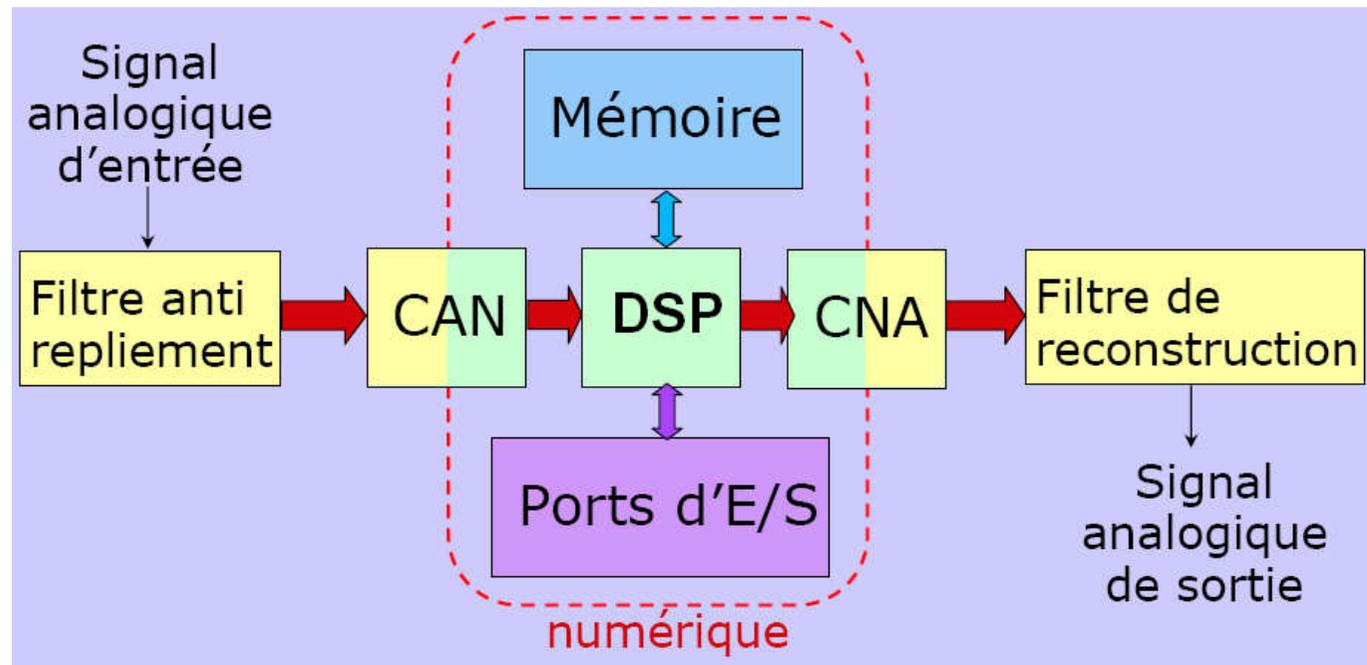


Fig.2, Chaîne typique d'un système de traitement numérique du signal

I.3. Définition

- ✓ Les DSP peuvent être combinés avec d'autres composants dans le même boîtier.
- ✓ Par exemple, un ou plusieurs DSP peuvent être combinés avec un microprocesseur classique et des convertisseurs ADC et DAC. Ce type d'assemblage (circuits intégrés dédiés) permet **de réduire les coûts dans des fabrications de grande série.**
- ✓ La reconfiguration matérielle permet alors d'accroître le parallélisme des opérations. Les différents types d'architecture disponibles permettent d'adapter les circuits de traitement aux besoins spécifiques de l'application.

NB, Les fonctions de traitement du signal peuvent également être réalisées à l'aide de FPGA, qui peuvent incorporer des « cœurs DSP » (en général des MAC).

I.4.Evolutions des DSPs

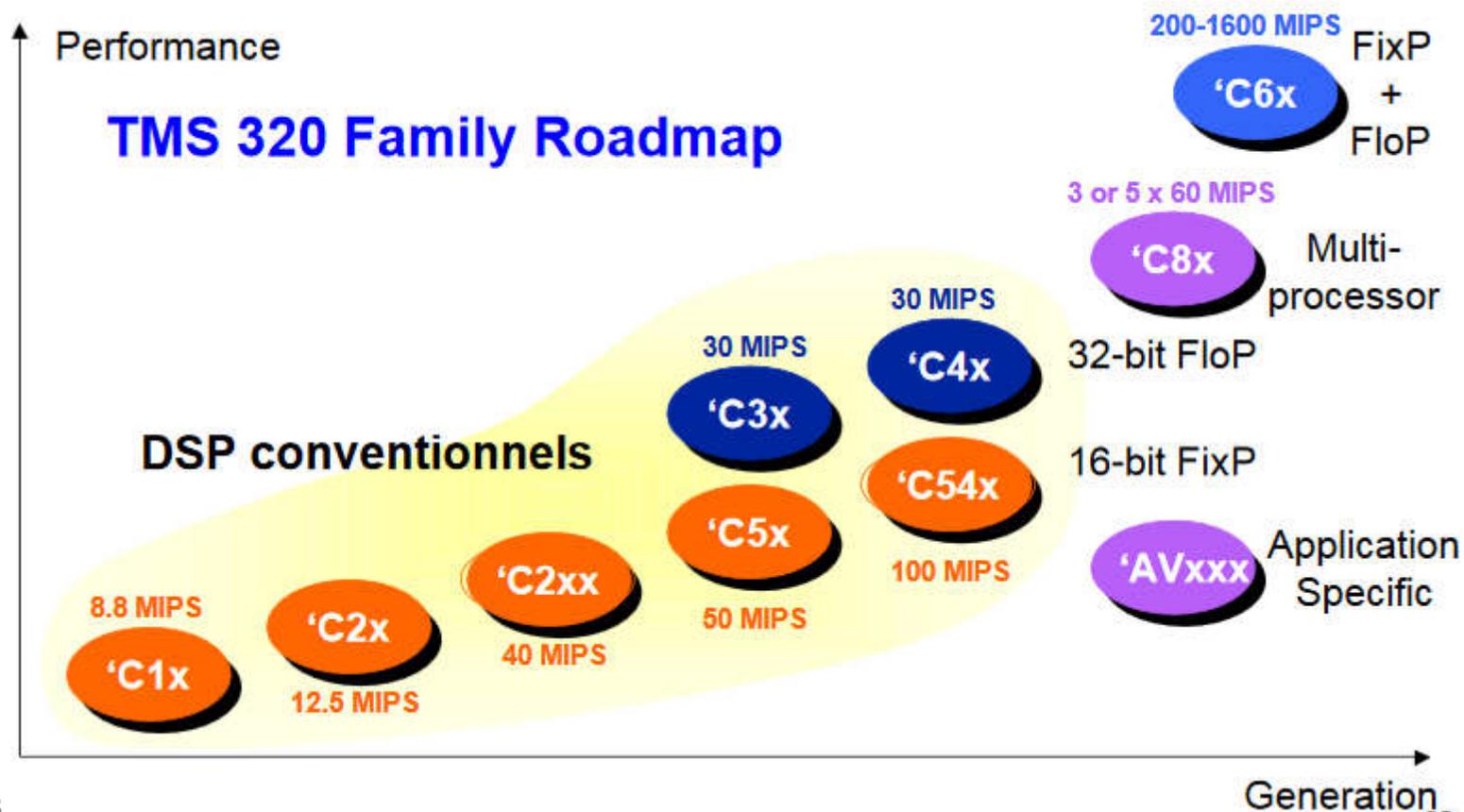
Les DSP de la 1ere génération (TMS320C1X) 1982

Les DSP de la 2eme génération (TMS320C2X) 1988

Les DSP de la 3eme génération (TMS330C3X),,,,,,

Les DSP de la 4eme génération (TMS320C4X),,,,,,

.....



I.4.Evolutions des DSPs

La nouvelle gamme de dispositifs multi-cœur bénéficie du premier **DSP 10GHz** du secteur et combine des fonctionnalités à virgule flottante et fixe. **TMS320C66x**

C6000 Processors

	Single Core C674x	1-2 Core C665x	4-8 Core C667x
			

Key Features

Low power, fixed and floating point DSP, code reuse from C64x/C67x, PRU, pin compatible with OMAP-L138/2, secure boot option

High performance, power efficient fixed and floating point; enhanced multicore performance; single and dual C66x core options, lower power versions available

High performance, power efficient fixed and floating point; enhanced multicore performance; security and packet acceleration; single to octal C66x core scalability

La gamme Texas Instruments

I.5 Domaine d'applications

Applications – Instrumentation et mesures

- ❖ – Communications
- ❖ – Traitement audio et vidéo
- ❖ – Graphique, traitement d'images, rendu 3- D
- ❖ – Navigation, radar, GPS
- ❖ – Contrôle - robotique, vision, guidage
- ❖ etc

Algorithmes

- ✓ – Filtrage fréquentiel - FIR et IIR
- ✓ – Transformations temps en fréquence - FFT
- ✓ – Corrélation

Chacun de ces domaines nécessite un système de traitement numérique, dont le coeur est un et même parfois plusieurs DSP ayant une puissance de traitement adaptée.

I.6 Les taches des DSP

L'architecture des processeurs DSP sont conçu à base de 4 algorithmes:

1. Les filtre IIR (Inifinite Impulse Response filters)
2. Les filtre FIR (Finite Impulse Response filters)
3. FFT (Fast Fourier Transform)
4. Convolution

- **Caractéristiques communes:**

- Calculs numériques répétitifs
- Précision numérique
- Débit mémoire important, surtout par accès à des tableaux
- Traitement en temps réel

- **Réalisation efficace en minimisant:**

- Coût
- Puissance consommée
- Utilisation mémoire
- Temps de développement

I.7 Les différentes familles et classification des DSP

Impossibilité pour une classification définitive

- ❑ La classification la plus simple est celle définissant si le DSP appartient à la famille des DSP virgule flottante ou DSP virgule fixe.
- ❑ Pratiquement, lorsque les données sont sur 16 bits, le DSP est à virgule fixe/ et 32 bits DSP à virgule flottante.
 - Motorola de la famille 56300
 - TS la famille TMS320

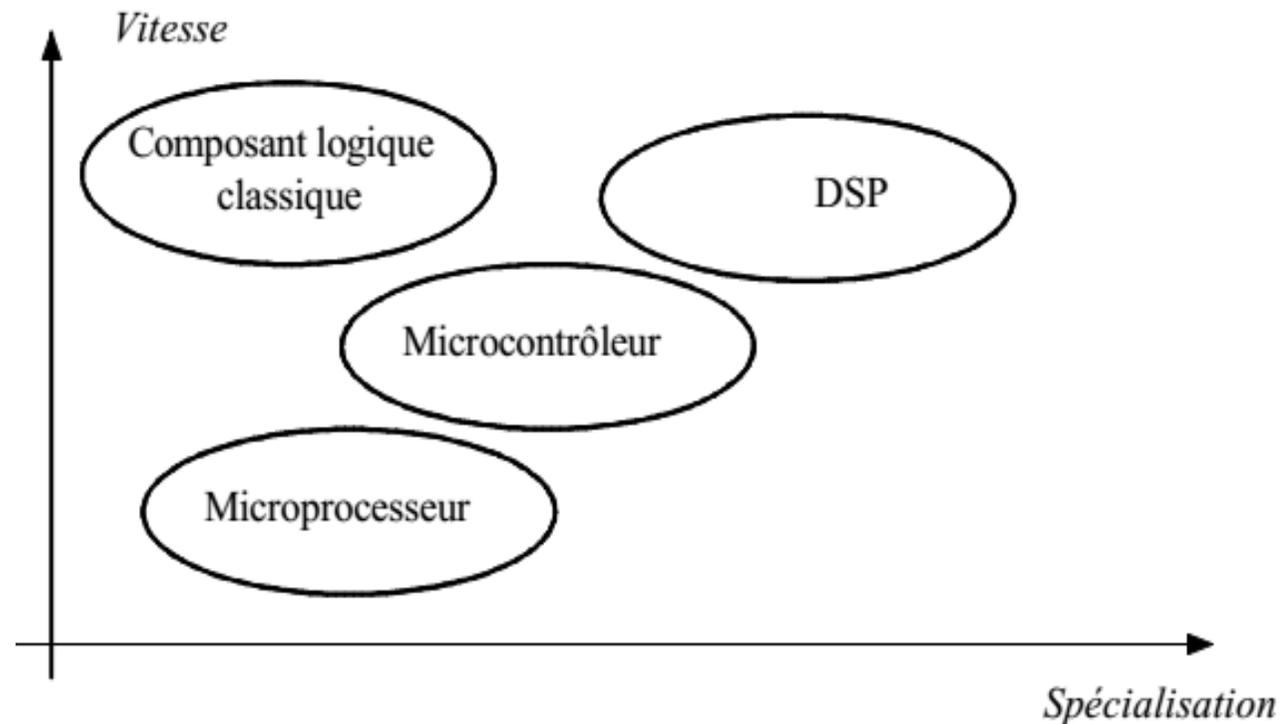
I.8.1 Comparaison entre divers catégories de DSP

Nom	Critère de choix	Données avec virgule fixe ou flottante	Durée d'une instruction élémentaire [ns]	Durée du calcul FFT [μ s]
ADSP2105	Faible coût	16 bits – Fixe	100	3.46
TMS320C2x	Faible coût	16 bits – Fixe	80	9.01
ADSP2101	Haute performance	16 bits – Fixe	60	2.07
TMS320C5x	Haute performance	16 bits – Fixe	35	2.97
ADSP2199x	Haute performance	16 bits – Fixe	6	0.4
ADSP21010	Faible coût	32 bits - Flottante	80	1.54
TMS320C3x	Faible coût	32 bits - Flottante	50	3.08
ADSP21020	Haute performance	32 bits - Flottante	40	0.77
TMS320C4x	Haute performance	32 bits - Flottante	40	1.55

- Les TMS320Clx, C2x, C5x ou ADSP2105, 21 01 sont à 16 bits à virgule fixe.
- Les TMS320Clx sont utilisés pour le contrôle des disques durs dans les ordinateurs.
- Les TMS320C2x ou ADSP-2105 servent au fonctionnement des fax.
- Les TMS320C5x ou ADSP-21 01 sont utilisés dans les modems.
- Les TMS320C3x, C4x ou ADSP-21010, 21020 sont à 32 bits à virgule flottante.
- Les TMS320C3x ou ADSP-21010 sont utilisés pour les systèmes Hi-Fi, à synthèse vocale, et dans les processeurs graphiques à 3 dimensions.
- Les TMS320C4x, TMS320C6x ou ADSP-21020 sont conçus pour le fonctionnement en parallèle, avec d'autres systèmes processeurs (applications : la « réalité virtuelle » et la reconnaissance d'images).

I.8.a Approche technologique

La vitesse d'un composant en fonction de sa « performance », c'est-à-dire de l'adaptation à des besoins spécifiques de l'électronique. On voit la place privilégiée du DSP par opposition à celle du microprocesseur, d'usage plus général



Place du DSP vis-à-vis des autres processeurs

I.8.2 Approche processeur

Dans la commande et le contrôle de systèmes complexes, le DSP joue à la fois le rôle du microcontrôleur, et celui du calculateur rapide en temps réel pour obtenir tous les signaux nécessaires à la commande.

Exemples:

TMS320F240x qui permet la commande des moteurs asynchrones,
TMS320F240x de Texas Instruments utilisé pour des commandes de moteurs électriques

Mais une autre approche possible consiste à considérer un « noyau DSP » à l'intérieur d'un circuit intégré comportant de nombreuses opérations.

Exemple:

l'intégration d'un noyau DSP dans un ASIC (Applied Specific Integrated Circuit). DSP TMS320C54x

I.9 Avantages et inconvénients des DSP

Avantages :

- Robustesse
- Précision
- Multitâche

Inconvénients :

- Coût
- Vitesse
- Complexité

Processeur DSP

- Architecture Harvard
- 2-4 accès-memoires/cycle
- Pas de caches-on-chip
SRAM

Processeur à utilisation générale

- Architecture Von Neumann
- 1 access/cycle
- Utilisation de caches