

Le traitement numérique du signal et les processeurs dsp

i. Définitions

- Le Traitement Numérique du Signal « TNS » ou Digital Signal Processing « DSP » : C'est l'application d'opérations arithmétiques de calcul sur des signaux représentés sous forme numériques.
- Les signaux numériques : Ces signaux sont obtenus à partir de signaux physiques via des récepteurs (capteurs) associés à des convertisseurs Analogiques – Numériques CAN.
- Les signaux sont donc représentés sous formes de séquences numériques (de nombres) appelés échantillons.
- Le DSP ou le PTNS (Processeur de traitement numérique du signal) est un Système électronique qui traite des signaux numériques.

ii. L'intérêt du TNS :

1- Stabilité :

- Insensibilité à l'environnement
- Précision connue et contrôlée
- Reproductibilité

2- Souplesse :

- Programmation : facilite le paramétrage du système et des algorithmes de traitement
- Développement rapide des applications.
- Implantation facile et aisée sur calculateur numérique

iii. Inconvénients du TNS :

- Le cout élevé pour les applications simples ; le système hardware est relativement important par rapport à l'application.
- La vitesse de traitement est limitée par la Bande passante du signal pour les applications en temps réel.
- La Complexité de réalisation matérielle et logicielle.

iv. Algorithmes et applications typiques du TNS :

• Communications

- Modem, téléphonie
- Télévision & radio numérique
- Cryptage

• Audio

- Mixage et édition
- Effets
- Suppression de bruit
- Annulation d'écho

- **Image / Vidéo**
 - Compression/Codage
 - Traitement
 - **Militaire**
 - Imagerie (radar, sonar)
 - Cryptographie
 - Guidage de missiles
 - Navigation
 - **Médical**
 - Equipements de monitoring (EEG, ECG)
 - Imagerie (IRM...)
 - **Instrumentation**
 - Analyseurs de spectre
 - Générations de fonctions
 - **Automatisation**
 - Commande de machines
 - Contrôle de moteurs
 - Robots
 - **Automobile**
 - Contrôle du moteur
 - Assistance au freinage
 - Aide à la navigation
 - Commandes vocales
 - Tableau de bord
- v. **Chaine de traitement numérique du signal**

Le traitement numérique des signaux est une technique dont la théorie et les avantages sont en fait connus depuis longtemps, mais qui n'est devenue vraiment exploitable que depuis peu grâce aux progrès des composants électroniques en puissance de calcul (ordinateurs, processeurs de signaux). De nombreux filtres ou traitements (en particulier les filtres à phase linéaire) ne peuvent s'effectuer qu'en numérique (ou du moins qu'au moyen d'échantillons du signal).

Eléments constitutifs :

La Structure générale des applications de TNS ou d'une chaine de traitement TNS contient :

- L'échantillonneur-bloqueur "discrétise" le signal en prélevant des échantillons à une cadence d'échantillonnage $F_{ech} = 1/T_{ech}$ et les envoie au CAN (signal x_n)
- Le CAN permet la numérisation de chaque échantillon et fournit les x_n .
- Le « Calculateur » (microcontrôleur, ordinateur, processeur de signal, ou circuit câblé ...) permet de faire des traitements sur des données numériques.
- Le filtre F1, filtre anti-repliement du spectre.
- Le filtre F2 dit filtre de lissage joue le rôle d'interpolateur.

Le signal de sortie numérique peut être fourni sous formes d'échantillons y_n à la même cadence de la fréquence d'échantillonnage F_{ech} . Ces échantillons peuvent restituer un signal de sortie analogique par passage par un CNA et un filtre F_2 interpolateur de lissage.

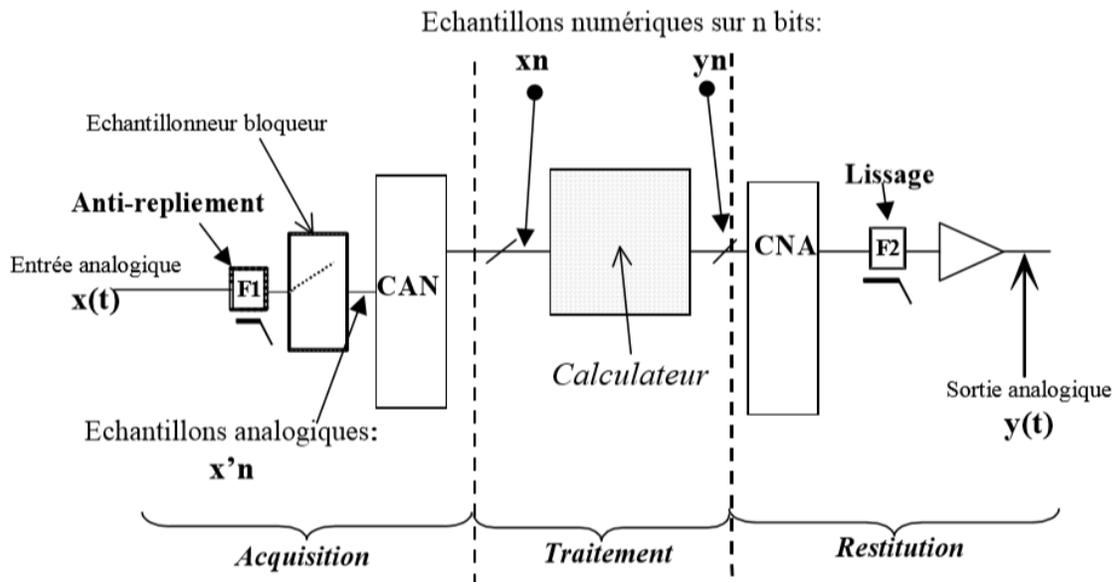
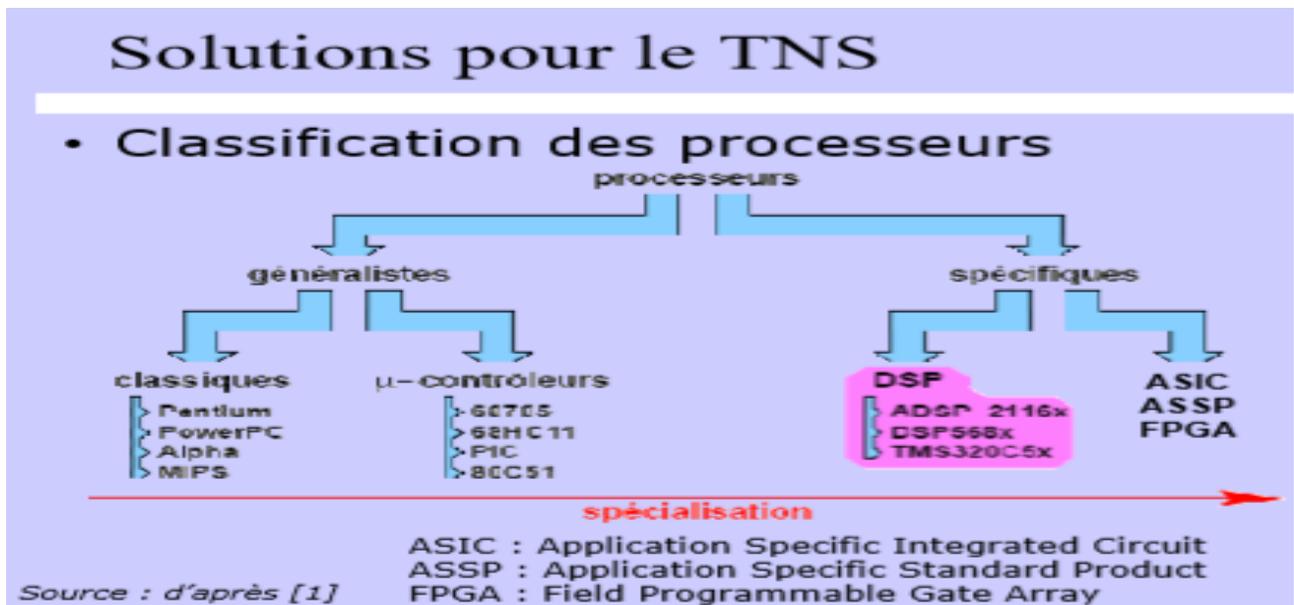


Fig 01 : Structure générale des applications de TNS

vi. **Calculateur ou processeur de traitement :**

Dans la structure générale d'une application de TNS fig01 le calculateur est le maître de la chaîne de traitement dont la tâche principale est d'exécuter l'algorithme ou le programme de l'application envisagé. L'avancée de l'électronique, de la microélectronique et des techniques d'intégration offre plusieurs solutions de réalisation de ce calculateur ou de ce processeur fig02 :



Les processeurs sont classés en deux catégories :

Vi -1 Les Processeurs généralistes :

Il y'a deux catégories de processeurs généralistes :

❖ **Le processeur classique**

- ✓ Coût relativement élevé
- ✓ Forte consommation électrique
- ✓ Bonnes performances en calcul numérique. Certains processeurs surpassent les DSP en puissance brute
- ✓ Moins bons que les DSP pour :
 - La consommation électrique
 - La gestion des entrées-sorties

❖ **Le microcontrôleur**

- ✓ Faible coût
- ✓ Faible consommation électrique
- ✓ Mémoire limitée
- ✓ Peu adapté aux signaux numériques
- ✓ Adapté aux tâches de contrôle
- ✓ Programmation bas niveau

Vi – 2 Les Processeurs spécifiques

Il y'a deux catégories de processeurs spécifiques :

❖ **ASIC/ASSP (Application-Specific ...)**

Ce sont des circuits intégrés dédiés à une application spécifique dans une entreprise (cas des ASIC) ou pour un marché de téléphonie par exemple (cas des ASSP). Ces circuits :

- ✓ Ne sont pas programmables sauf les FPGA : sorte d'ASIC programmable
- ✓ Mise en œuvre complexe et longue
- ✓ Coût élevé

❖ **Digital Signal Processor « DSP »**

- ✓ Coût relativement faible
- ✓ Faible consommation électrique
- ✓ Jeu d'instruction spécialisé
- ✓ Calculs numériques
- ✓ Entrée-sortie de données à grand débit
- ✓ Mémoire limitée

vii. Les Algorithmes de TNS :

- Filtrage
- Transformées
- Codage/Décodage
- Reconnaissance de La Parole
- Synthèse de Signaux
- Elimination d'écho
- Estimation Spectrale

viii. Le TNS : besoins

Une lecture rapide du formalisme des algorithmes de TNS, permet de définir et d'encadrer les caractéristiques du processeur de traitement « calculateur » d'une part et d'autres part définir également les contraintes matérielles et logicielles que doit surmonter la structure de traitement envisagée.

❖ **Calculs rapides:**

- Multiplications accumulations rapides
- Bande passante mémoire importante
- Support matériel pour accélérer le contrôle des algorithmes

❖ **Contraintes temps réel:**

- Entrées/sorties à débit fixe
- Prédiction des temps de réponse

❖ **Contraintes des systèmes embarqués:**

- Basse consommation d'énergie
- Taille des programmes
- Utilisation mono-circuit

❖ **Production de masse**

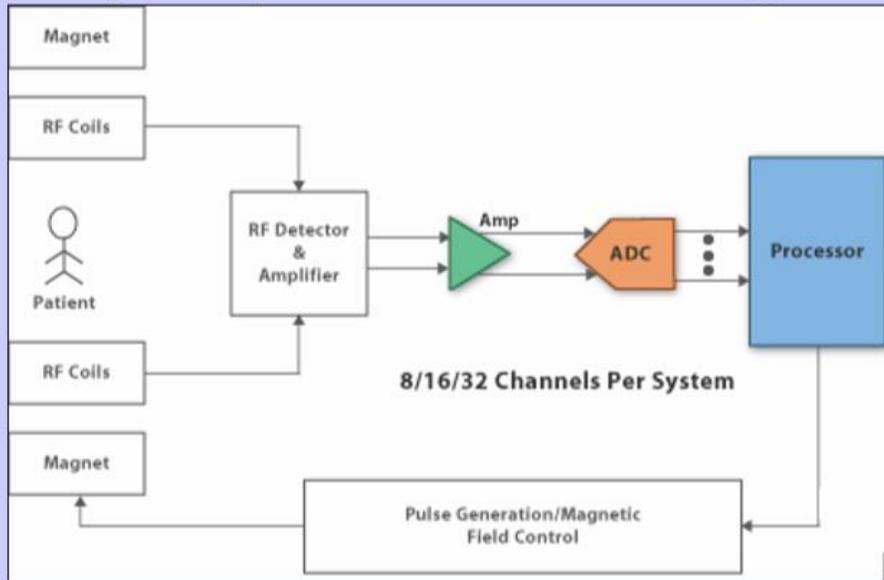
- Faible cout
- Rapidité de développement

ix. Exemples de réalisation de structures TNS autour de DSP de Texas Instrument

On trouve dans ce qui suit les schémas synodiques de réalisation de système ou de structure autour de dsp de la société Texas Instruments [1] :

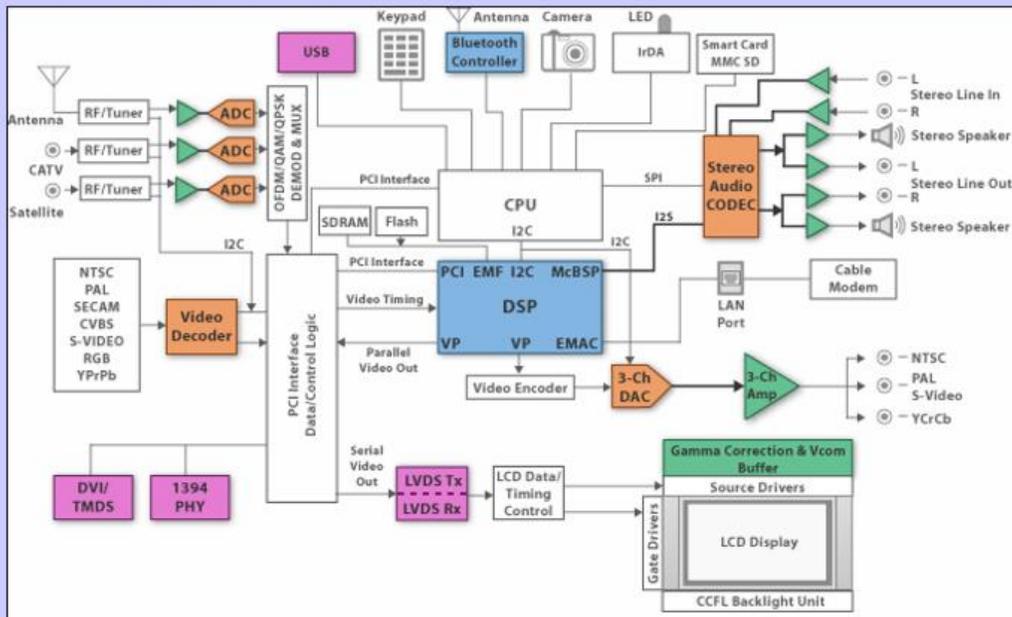
1. Imagerie IRM
2. TV à écran LCD
3. Console de mixage
4. Appareil photo numérique
5. Scanner de code à barre
6. Lecteur mp3 ou dictaphone
7. Récepteur GPS
8. Kit mains libres

• Imagerie par Résonance Magnétique



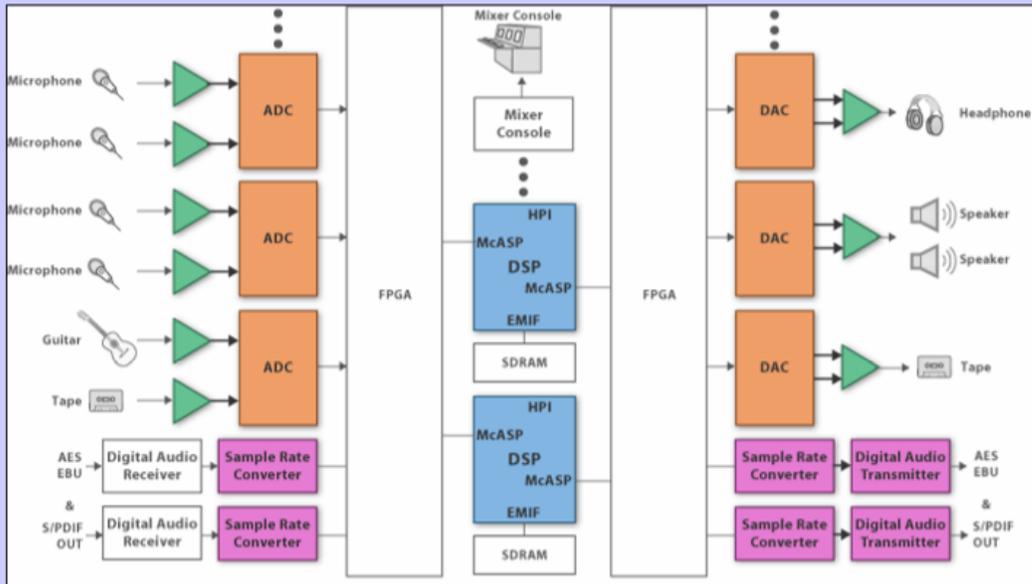
Source : ti.com

• TV à écran LCD



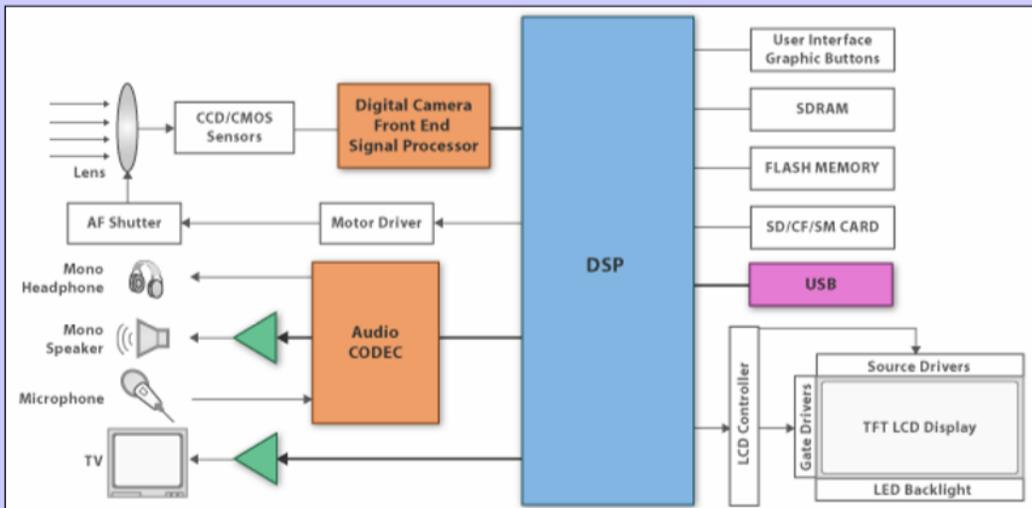
Source : ti.com

• Console de mixage



Source : ti.com

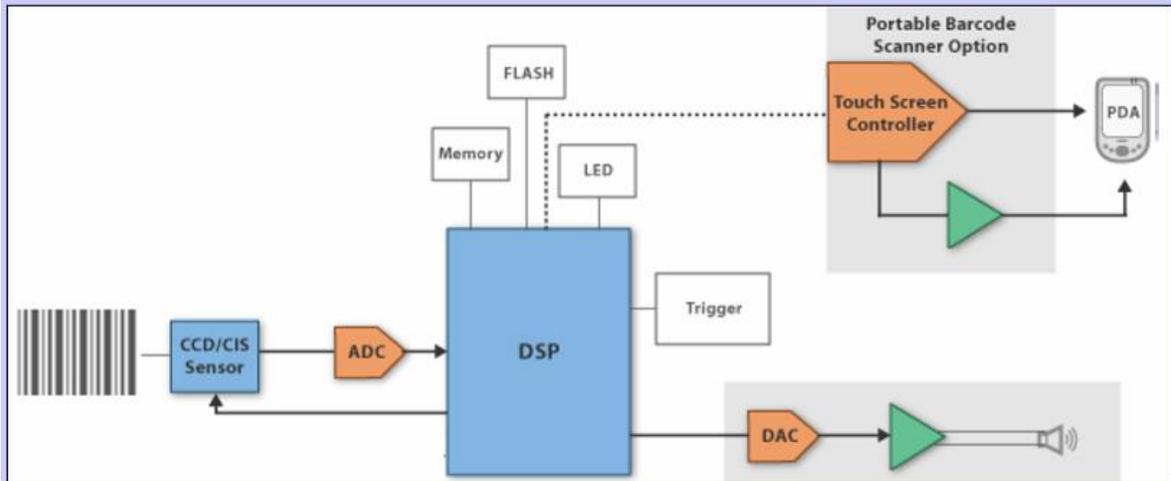
• Appareil photo numérique



Source : ti.com

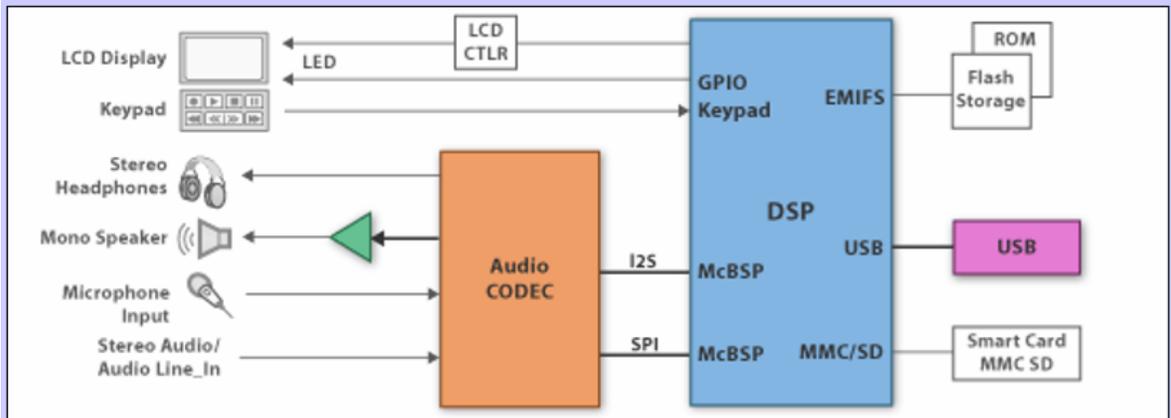
20

- Scanner de codes barres



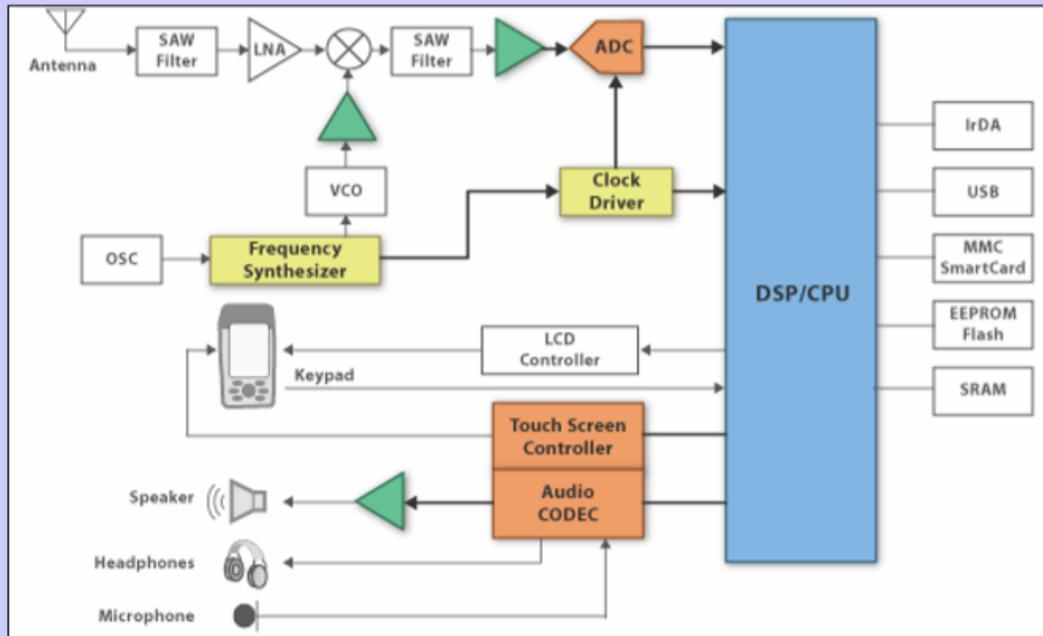
Source : ti.com

- Lecteur MP3 dictaphone



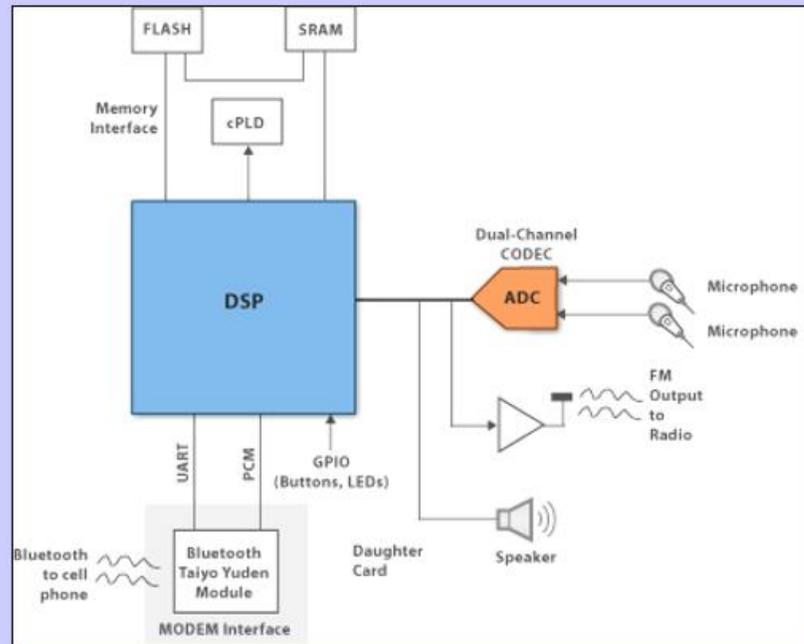
Source : ti.com

• Récepteur GPS



Source : ti.com

- Kit mains libres



Source : ti.com

x. **Bibliographie :**

1. Texas Instrument « ti.com »
2. Les processeurs de traitement du signal par Caroline Petitjean [université de Rouen France](#)
3. DSP : des processeurs dédiés au traitement numérique du signal par Arnau Tisserand Séminaire Lip2003.
4. Processeurs de traitement de signal par Daniel Menard [université de Renne France](#)