

TD 1 : Série d'exercices d'application sur les CAN et les CNA**Exercice 1 :**

Dans un système de commande embarqué, on utilise un **convertisseur numérique-analogique (CNA)** pour piloter un actionneur à partir de signaux numériques fournis par un microcontrôleur. Ce CNA permet de générer une tension analogique proportionnelle au mot binaire d'entrée.

Données :

- Le CNA peut être configuré avec différentes résolutions (5 bits, 8 bits ou 10 bits).
 - La tension maximale de sortie (pleine échelle) varie selon la configuration.
- **Question 1 :** Un CNA **5 bits** fournissent une tension de sortie $V_s = 0,25 \text{ V}$ lorsque le mot binaire d'entrée est $M = 00001$.
Quelle est la tension de pleine échelle **PE** de ce CNA ?
- **Question 2 :** Toujours avec ce CNA **5 bits**, on mesure une tension de sortie $V_{s1} = 4,25 \text{ V}$ pour le mot binaire $M1 = 10010$
Quelle sera la tension de sortie V_s pour un mot d'entrée $M2 = 11100$?
- **Question 3 :** On utilise maintenant un CNA à **8 bits**, configuré pour une pleine échelle de **12 V**.
Calculer la tension de sortie si le mot binaire d'entrée est $M = 01101101$.
- **Question 4 :** Enfin, un CNA **10 bits** possède une tension de pleine échelle de **3,3 V**.
Quelle est la tension de sortie associée au mot binaire $M = 1011011100$?

Exercice 2 :

Les convertisseurs analogique-numérique (CAN) sont omniprésents dans les systèmes de mesure modernes. Ils permettent de convertir des signaux analogiques (souvent issus de capteurs) en données numériques exploitables par des microcontrôleurs ou ordinateurs.

1. Carte d'acquisition industrielle

Une carte d'acquisition est équipée d'un CAN à **12 bits**, avec une étendue de mesure de **0 à 8,192 V**.

- **Question 1 :** Quelle est la valeur numérique maximale N_{\max} que peut délivrer ce CAN ?
- **Question 2 :** Quelle est sa tension pleine échelle **PE** ?
- **Question 3 :** Calculer la valeur du quantum q .

2. Choix d'un CAN pour une carte d'acquisition d'un système domotique

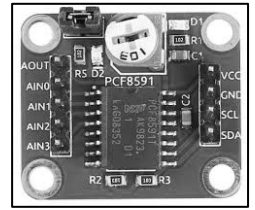
Un système domotique doit mesurer des tensions comprises entre **0** et **3,6 V** avec une précision inférieure à **5 mV**.
On trouve sur le marché un CAN à **8 bits**, avec une gamme de mesure de **0 à 4 V**.

- **Question 4 :** Calculer le **quantum q** de ce convertisseur.
- **Question 5 :** Ce modèle permet-il de respecter la **spécification de précision** ($< 5 \text{ mV}$) ?
- **Question 6 :** En conservant une gamme de **0 à 4 V**, combien de **bits minimums** doit comporter le CAN pour répondre à l'exigence de précision imposée ?

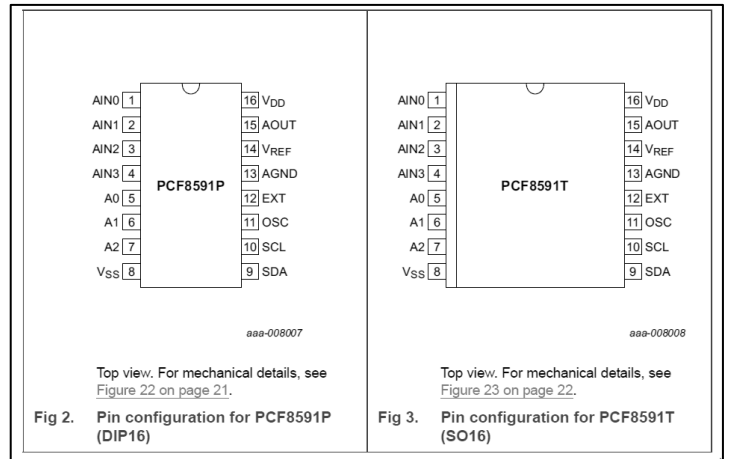
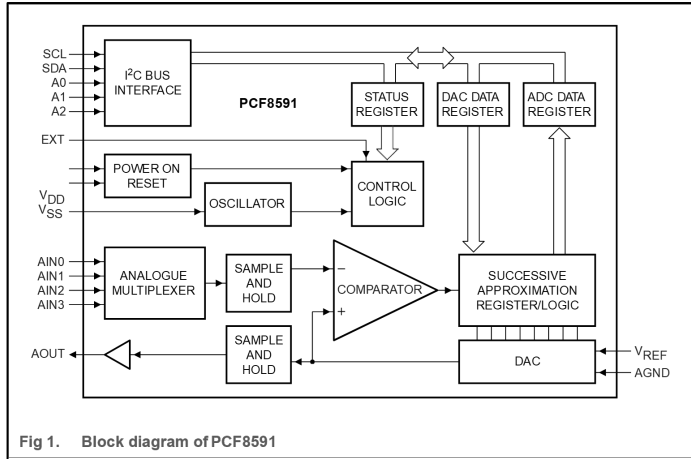
Exercice 3 : Étude du composant PCF8591

Le circuit intégré PCF8591 est un composant électronique polyvalent comportant :

- 4 entrées analogiques,
- 1 sortie analogique,
- Une interface série I²C permettant une communication avec un microcontrôleur.



Ce composant réalise à la fois des conversions analogique-numérique (CAN) et numérique-analogique (CNA). Les données numériques circulent via un bus série (I²C).



Les caractéristiques constructrices fournissent les deux types de conversions suivantes :

➤ **Caractéristique 1 (mode standard) :**

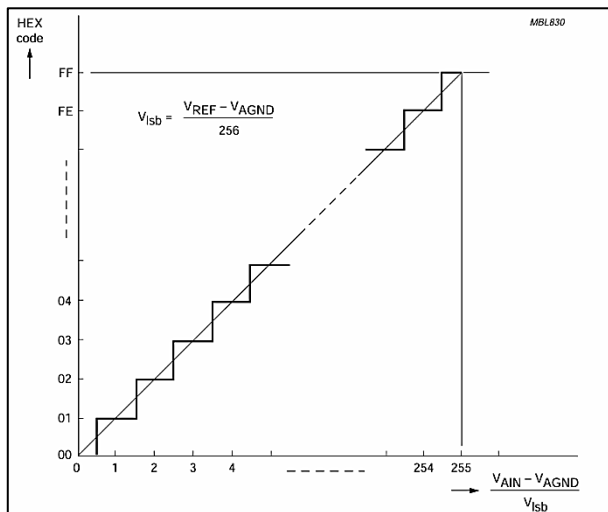
- Tension d'entrée : $V_{AGND} = 0\text{ V}$ à V_{REF} ;
- Mot numérique codé sur **8 bits** (0₁₀ à 255₁₀) correspondant à la tension analogique d'entrée V_{AIN} .

➤ **Caractéristique 2 (mode différentiel) :**

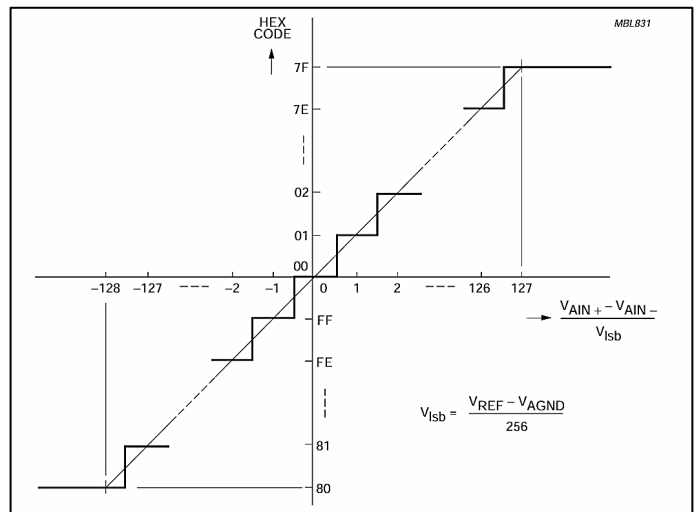
- Conversion différentielle des tensions d'entrée V_{AIN+} et V_{AIN-} . Le mot numérique de sortie correspond à la différence : $(V_{AIN+} - V_{AIN-})$.
- Le codage se fait sur **8 bits signés** (complément à deux).

Partie A : Étude des caractéristiques générales

○ **Question 1 :** Quel est le type précis de conversion réalisé par chacune des deux caractéristiques mentionnées ci-dessus ?



Caractéristique 1



Caractéristique 2

Partie B : Étude du mode standard (Caractéristique 1)

Dans cette partie, on considère la première caractéristique avec $V_{AGND} = 0 \text{ V}$ et une référence V_{REF} variable :

- **Question 2** : Le mot numérique produit par ce mode est codé sur combien de bits ?
- **Question 3** : Cette conversion analogique-numérique est-elle unipolaire ou bipolaire ? Justifiez votre réponse.
- **Question 4** : Sachant qu'on souhaite avoir un quantum de **15,625 mV**, calculer la tension de référence V_{REF} nécessaire.
- **Question 5** : Si la conversion analogique-numérique produit le mot numérique **42** en décimal, quelle est la valeur correspondante de la tension analogique d'entrée V_{AIN} ? (On prendra $V_{REF} = 4 \text{ V}$).

Partie C : Étude du mode différentiel (Caractéristique 2)

Dans cette partie, le composant est configuré en mode différentiel. La tension de référence est fixée à $V_{REF} = 2,56 \text{ V}$.

- **Question 7** : Calculer la valeur du quantum en mode différentiel avec cette référence.
- **Question 8** : Déterminer les deux valeurs extrêmes possibles pour la différence des tensions ($V_{AIN+} - V_{AIN-}$) correspondant à la plage complète de mesure du CAN.

Partie D : Analyse pratique complémentaire

Dans une application réelle, vous mesurez les tensions suivantes :

- $V_{AIN+} = 1,20 \text{ V}$
- $V_{AIN-} = 0,85 \text{ V}$
- **Question 9** : Calculer le mot numérique en sortie du **PCF8591** pour ces tensions différentielles (avec toujours $V_{REF} = 2,56 \text{ V}$). Exprimer clairement le résultat sous forme décimale.