

Génie électrique

1^{ère} TSI 1-2

Devoir Surveillé : N°6

- ♦ Dans le cas où un(e) étudiant(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.
- ♦ L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire est rigoureusement interdit.
- ♦ Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

Systeme à étudier :

Systeme de contrôle de la masse des ingrédients déversés par un distributeur de pizzas automatique



Le sujet se compose de cinq parties :

- **Partie A** : Principe d'un conditionneur : Etude du pont de Wheatstone
- **Partie B** : L'amplificateur d'instrumentation INA 114
- **Partie C** : Filtrage de bruit additif au signal de mesure
- **Partie D** : Le convertisseur Analogique – Numérique (A/N)
- **Partie E** : Transmission à distance des données vers la société Cooksee

I. Présentation

Le **Groupe Cooksee Technologie GCT** est le concepteur du premier automate préparateur et distributeur de pizzas. Il se présente comme un distributeur automatique muni d'une surface vitrée qui dévoile chaque étape de la préparation et de la cuisson de la pizza. Le client choisit une recette parmi un large éventail de proposition.

La fabrication d'une pizza requiert **10 minutes**, mais l'automate peut délivrer une pizza toutes les **3 minutes** (un nouveau cycle de fabrication peut en effet être lancé alors qu'un ou deux cycles sont déjà en cours). C'est un **système automatisé multitâches** piloté par un ordinateur relié à un réseau de microcontrôleurs. Il comprend **27 axes asservis**. La commande est réalisée en **logique floue**.

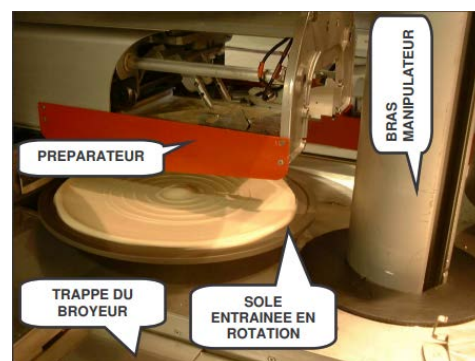


La commande de l'automate est ainsi faite que tous les événements liés à la réalisation d'une pizza (environ 400) sont stockés dans une **banque de données**. Ces événements sont ensuite transmis automatiquement via **internet** sur le **serveur cooksee**. Cette procédure garantit d'une part la traçabilité dans la conception d'une pizza et, d'autre part, permet de **vérifier à distance le bon fonctionnement de l'automate**. Si une défaillance survient, un système d'alerte téléphonique est automatiquement déclenché vers le service de maintenance.

II. Unité de pesage pour la mesure de la masse des ingrédients

La **fabrication d'une pizza** repose sur l'utilisation de **dosette** qui contient la juste proportion des ingrédients nécessaire à sa confection. Ces dosettes se conservent à température ambiante pendant une durée de **35 jours**. Chaque dosette est munie d'un **code barre** permettant son identification en terme de contenu mais aussi de date péremption (la destruction des dosettes périmées ou non sélectionnables sera effectuée, par le broyeur, lors des périodes d'inactivité de l'automate). Leur consommation est également tracée **via internet**, le réapprovisionnement de l'automate est déclenché automatiquement auprès de la **société cooksee**.

La dépose des ingrédients sur la pizza (tomate, fromage, olives, ...etc.) s'effectue automatiquement et sans contact avec des ustensiles susceptibles d'entraîner des risques de contamination alimentaires. L'automate assure lui-même le broyage et le stockage des déchets.

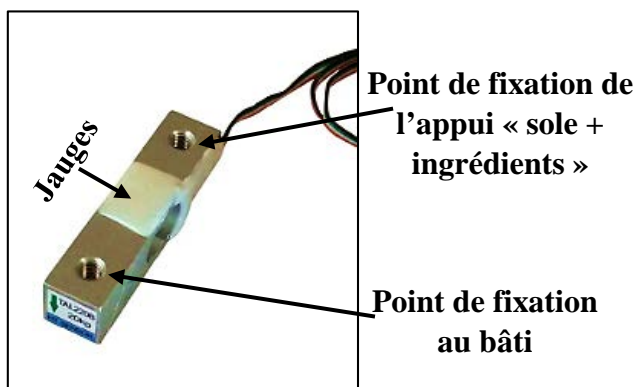
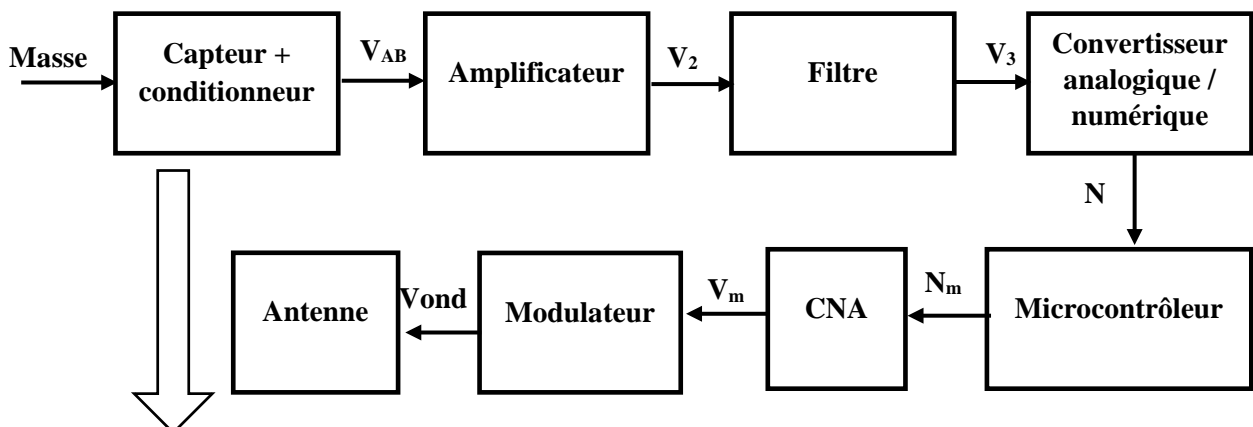


L'élément central de l'automate est le **bras manipulateur** qui permet de déplacer les **soles vides** (puis les soles garnies de pizzas) entre les différentes zones (zone de stockage des soles, zone de préparation, four et zone de transfert pour la mise en carton).

Une fois la dosette vidée, le contrôle de la masse des ingrédients déversés s'effectue par pesée de l'ensemble « sole + ingrédients ». Cette mesure fournira successivement les résultats suivants :

- **Masse 1** : sole seule.
- **Masse 2** : sole + pâte (dosette A).
- **Masse 3** : sole + pâte + tomate/fromage (Dosette B).
- **Masse 4** : sole + pâte + tomate/fromage + ingrédients de personnalisation (Dosette C).

Etant donné que la gestion du cycle de fabrication est réalisée par un micro-ordinateur, l'unité de pesage délivre ses résultats sous la forme d'une **gradeur numérique 12 bits** codée en binaire naturel. Le cahier des charges fonctionnel précise que **l'erreur maximale sur la mesure ne devra pas excéder ±1 g.** le synoptique de la chaine d'acquisition de la masse des ingrédients déversés est donné ci-dessous :



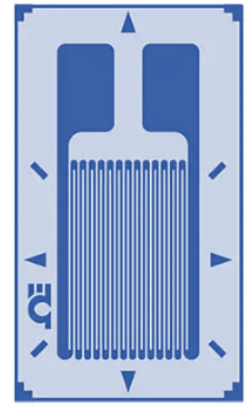
TAL220B

La masse à mesurer sollicite à un capteur de flexion industriel **TAL220B** (Annexe 1) constitué d'un corps d'épreuve métallique déformable sur lequel sont collées des jauges d'extensiométrie comme le montre la photo



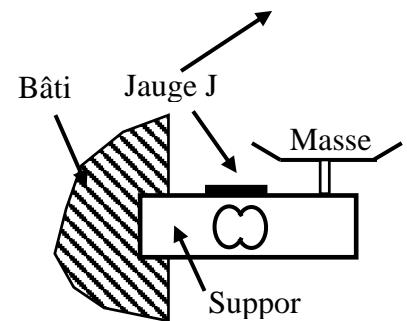
Les **jauges** sont de **simples résistances**, dont la valeur varie sous l'effet d'une déformation mécanique produite par un effort (extension, compression, flexion, torsion) ou par une pression. Collées sur la structure à étudier, elles en suivent fidèlement les moindres déformations.

La variation relative de résistance de la jauge soumise à un allongement relatif $\Delta l/l$ a pour expression : $\frac{\Delta R}{R_0} = K \cdot \frac{\Delta l}{l}$ avec K est le facteur de jauge ($K=2,2$) et R_0 est la résistance de la jauge au repos.



L'ensemble constitué par la sole et éventuellement les ingrédients repose sur une extrémité du support alors que l'autre extrémité est fixée au bâti. Il s'agit de mesurer la déformation du support dont une extrémité est soumise à la masse M de l'ensemble « sole + ingrédients éventuels ».

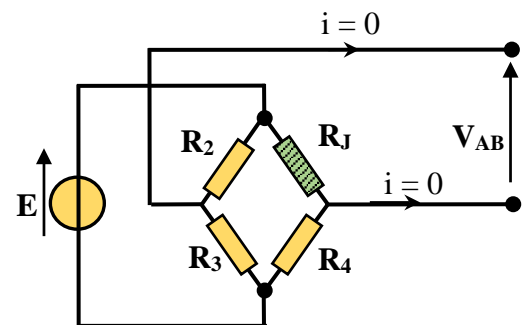
La jauge J est collée sur le support. Sa variation relative de résistance $\Delta R/R_0$ est proportionnelle à M , ainsi la valeur de la résistance R_J de la jauge peut s'exprimer par : $R_J = R_0 + \Delta R$



III. Principe d'un conditionneur : Etude du pont de Wheatstone

Le conditionneur pour fonction de délivrer, à partir de la variation de la résistance de la jauge, une tension V_{AB} qui varie (si possible linéairement) avec la déformation subie par le support et donc avec la masse M de l'ensemble « sole + ingrédients éventuels ».

La jauge est insérée dans le montage suivant dans lequel R_2 à R_4 sont des résistances fixes. On donne $E=5V$.



(1pt) 3.1. Exprimer la tension V_{AB} en fonction E , R_J , R_2 , R_3 et R_4 .

(1pt) 3.2. Déterminer la condition à remplir pour que la tension $V_{AB}=0$ lorsque $M=0$ Kg.

Pour la suite de l'étude, on prendra : $R_2=R_3=R_4=R_0$.

(1pt) 3.3. En supposant que $\frac{\Delta R}{R_0} \ll 1$, établir la relation $V_{AB} = f\left(\frac{\Delta R}{R_0}\right)$.

La mettre sous la forme $V_{AB} = E \cdot \frac{\Delta R}{K1 \cdot R_0}$. Donner la valeur de $K1$.

(1pt) 3.4. Pour une masse de $4kg$, l'allongement relatif du support est $\frac{\Delta l}{l} = 0.16\%$. Calculer la valeur de la tension V_{AB} pour cette masse.

Dans la version commercialisée, le « capteur/ conditionneur » employé comporte quatre jauge en pont afin d'obtenir une meilleure sensibilité et une insensibilité aux variations de température. La fabrication de ce capteur de flexion donne les caractéristiques suivantes :

Pour $E = 5V$: $V_{AB} = 0.5 \mu V$ Pour une masse nulle (On négligera cette valeur soit $V_{AB} = 0$)

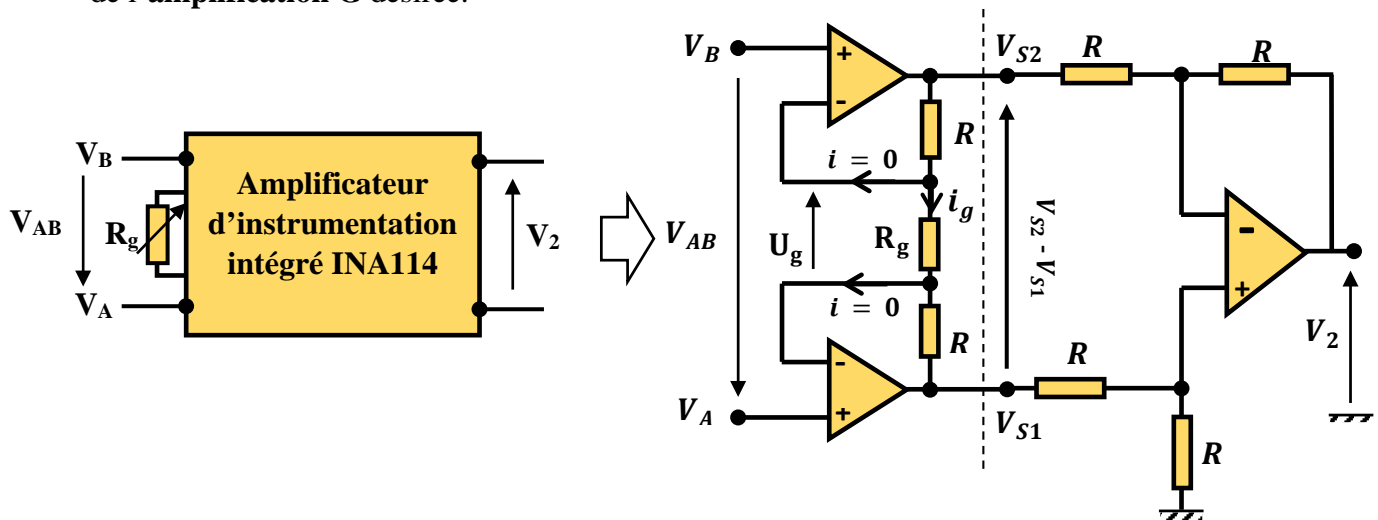
$V_{AB} = 9.726 mV$ Pour une masse de 5 kg.

(1pt) 3.5. Tracer la fonction V_{AB} en fonction de la masse M , sachant que $V_{AB} = s \cdot M + V_{AB0}$. Que vaut les valeurs de la **sensibilité** s et la tension à l'origine V_{AB0} .

IV. L'amplificateur d'instrumentation INA114

Sa fonction consiste à amplifier de manière stable et précise la tension V_{AB} . On utilise pour cela un **amplificateur d'instrumentation intégré INA114** (Annexe 2)

Dans ce circuit, la **résistance R_G** est externe. Sa valeur est donc choisie par l'utilisateur en fonction de l'**amplification G** désirée.



(0.5pt) 4.1. En consultant le document constructeur de **INA 114**, déterminer la valeur de la résistance R .

(0.5pt) 4.2. Exprimer la tension V_2 en fonction de V_{S1} et V_{S2} .

(0.5pt) 4.3. Exprimer U_g en fonction V_A et V_B , puis en fonction de R_g et i_g .

(1 pt) 4.4. Exprimer la tension $(V_{S2} - V_{S1})$ en fonction de R , R_g et i_g , puis en fonction U_g , R et R_g .

(2 pt) 4.5. A partir des expressions précédentes. Montrer que $V_2 = G \cdot V_{AB}$, avec $G = \left(1 + \frac{2R}{R_g}\right)$.

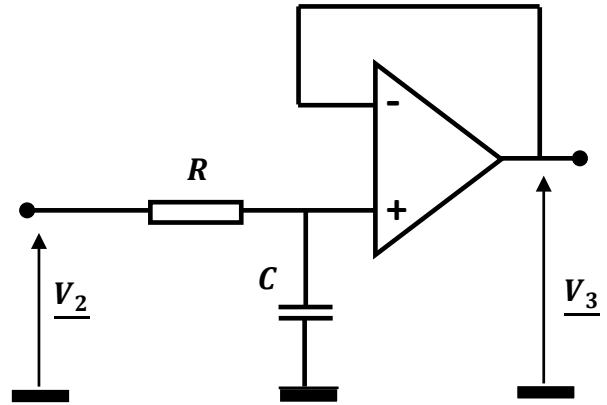
Comparer ce gain avec le gain de constructeur.

(0.5pt) 4.6. Compte tenu des caractéristiques de l'amplificateur INA114 et du « capteur + conditionneur » utilisé, calculer la valeur à **donner à R_g** pour que $V_2=4V$ pour une masse de 4Kg.

V. Filtrage de bruit additif au signal de mesure

Il sert à éliminer toutes les **composantes parasites** qui pourraient **perturber les mesures**. On peut considérer, pour le signal utile, que la **tension V3 est égal à la tension V2 dans la bande passante**.

La figure montre la structure du filtre analogique proposée par le constructeur du capteur. On donne **R=16 KΩ** et **C=0.1 μF**.



L'AOP est supposé **parfait** alimenté ± 15 V

(0.5pt) **5.1.** Quel **régime de fonctionnement** de l'amplificateur AOP ?

(1 pt) **5.2.** Calculer la fonction de transfert : $H(j\omega) = \frac{V_3(j\omega)}{V_2(j\omega)}$

la mettre sous forme canonique $H(j\omega) = \frac{A}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}$, Quelle est la valeur de **A**, ω_0 et f_0 ?

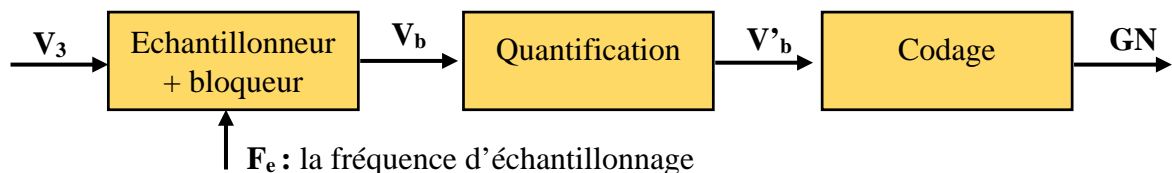
(1 pt) **5.3.** Tracer le diagramme de **Bode asymptotique** de ce filtre. **Esquisser** le tracé réel.

(0.5pt) **5.4.** Une composante bruité est située à la fréquence **fb = 520 Hz**. Calculer l'atténuation en dB apportée par ce filtre pour **f=fb**.

VI. Le convertisseur Analogique – Numérique (A/N)

Sa fonction consiste à convertir la tension **V3** « image de la masse sole + ingrédients » en une grandeur numérique exprimée en binaire naturel, puis à transmettre ce code sous forme GN (Grandeur Numérique). On utilise le CAN de référence **ADS7816 (Annexe 3)**, alimenté sous une tension de 5V aussi bien sur Vcc que sur Vref. Aussi, sa tension plein échelle **PE** est égale à **5V**. la fréquence de son horloge **DCCLOCK** est de **1MH**. On note le quantum. L'erreur maximale commise par la conversion est égale à $\epsilon_{CAN} = \pm q/2$ (quantification centrée).

Le convertisseur CAN est constitué des éléments présentés dans le schéma bloc suivant :



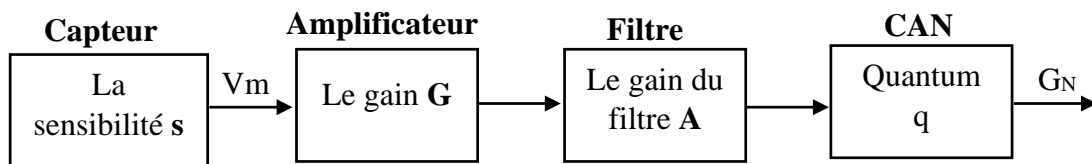
(1 pt) **6.1.** Définir le rôle de l'**échantillonneur – bloqueur (E/B)**.

(1 pt) **6.2.** Le filtre précédent a pour but de **filtrer les parasites** et au même temps présente comme étant **un filtre anti-repliement de spectre** (éviter le repliement du spectre). Exprimer puis calculer la **fréquence d'échantillonnage $F_{e_{min}}$ minimale** à utiliser en fonction de la **fréquence de coupure du filtre f_0** .

(0.5pt) **6.3.** Quelle inégalité doit vérifier le temps de conversion T_{CONV} du CAN.

Rappel :

Dans une chaîne d'acquisition, le cahier des charges impose parfois de vérifier **l'erreur commise par le CAN** et/ou la **résolution R** de l'ensemble de la chaîne.



- L'erreur commise par le CAN est exprimée par : $\epsilon = \frac{\epsilon_{CAN}}{S \cdot A \cdot G}$

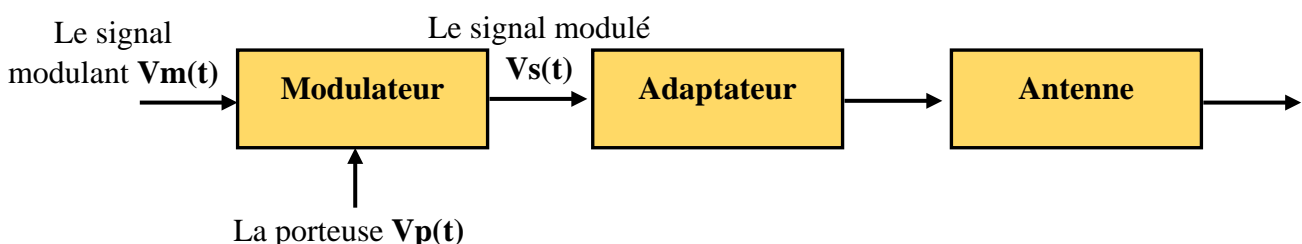
- La résolution R de la chaîne d'acquisition est exprimée par : $R = \frac{q}{S \cdot A \cdot G}$

(1 pt) **6.4.** Calculer **l'erreur maximale commise par le CAN** au niveau de la mesure de la masse **M**. Est-elle compatible avec le cahier des charges (voir page 3).

(0.5pt) **6.5.** Calculer le résultat (en décimal) de la conversion **N** lorsque la masse est égale à **2.4 Kg**. L'exprimer en suite en binaire naturel.

VII. Transmission à distance des données au société Cooksee

Pour communiquer entre les unités de pizzas dans la ville, le système est équipé d'une **carte d'émission** constituée d'un **modulateur AM** et un **adaptateur de l'antenne**, le synoptique de la carte d'émission est donné ci-dessous :



Pour simplifier l'étude, on considère que $V_m(t)$ et $V_p(t)$ sont deux signaux cosinusoidales :

$$V_m(t) = V_m \cdot \cos(2\pi \cdot f_m \cdot t) \quad \text{et} \quad V_p(t) = V_p \cdot \cos(2\pi \cdot f_p \cdot t)$$

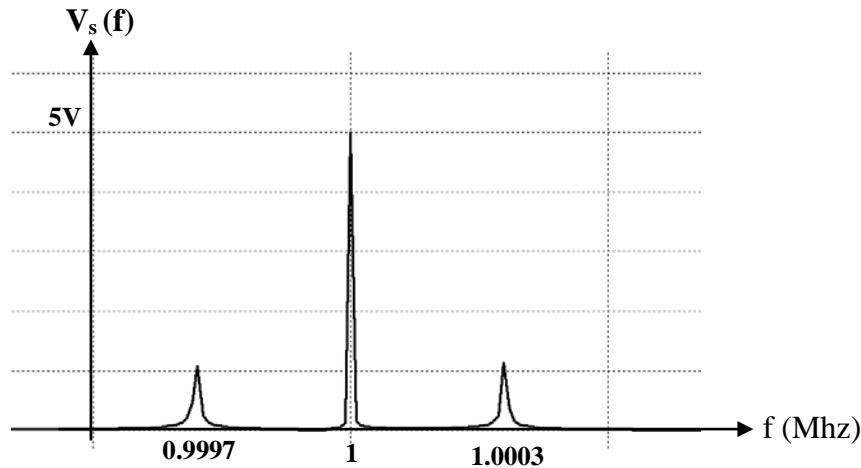
Le signal modulé s'exprime : $V_s(t) = k \cdot V_m(t) \cdot V_p(t) + V_p(t)$ avec $k = 0.1$ est le facteur d'échelle

(0.5pt) **7.1.** Mettre le signal modulé sous la forme : $V_s(t) = V[1 + m \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t)] \cdot \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t)$, que vaut les expressions **V**, **f1**, **f2** et l'indice de modulation **m**.

7.2. Le spectre du **signal modulé** s'exprime par :

$$V_s(F) = V_p \cdot \delta(f - f_p) + m \cdot \frac{V_p}{2} [\delta(f - (f_p + f_m)) + \delta(f - (f_p - f_m))]$$

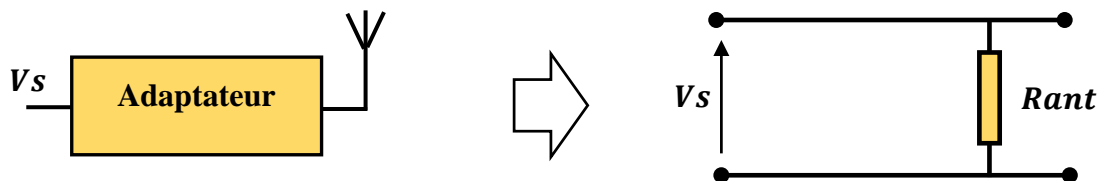
Le spectre $V_s(f)$ visualisé par un spectromètre est le suivant :



(0.5pt) **7.2.1.** A partir du spectre en haut. Quel type de modulation analogique d'amplitude.

(0.5pt) **7.2.2.** A partir du spectre, trouver les valeurs des amplitudes **Vp**, **Vm** et l'indice de modulation **m**, ainsi les fréquences **fp** et **fm**.

(1 pt) **7.3.** L'antenne est représentée par une résistance de valeur **Rant** = 50 Ω. Calculer la puissance de rayonnement **Pray**.



(0.5pt) **7.4.** Citer **deux avantages** de modulation **numérique** par rapport au modulation **analogique**.

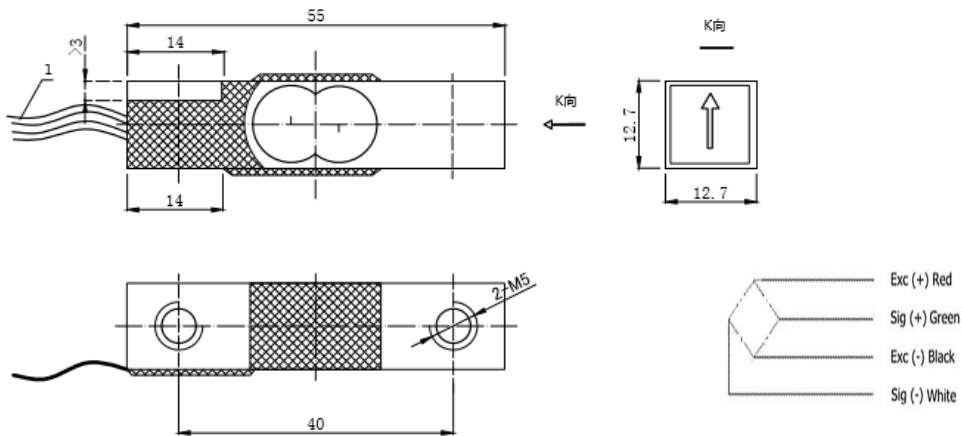
* * * **fin d'épreuve** * * *



Features:

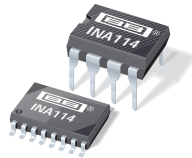
- ◆ Capacity : 2-50kg
- ◆ Material: aluminum-alloy
- ◆ Type: Parallel beam type
- ◆ Defend grade: IP65
- ◆ Application : hand scales, kitchen scales, mailing scales, fishing scales, baby scales and body scales and other electronic weighing devices.

Electrical connection and Dimensions:(dimension unit: mm)



Specifications:		
capacity	kg	2,3,5,10,20,50kg
safe overload	%FS	120
ultimate overload	%FS	150
rated output	mV/V	1.0 ± 0.1
excitation voltage	Vdc	3-10
combined error	%FS	± 0.05
zero balance	%FS	± 0.1
non-linearity	%FS	± 0.05
hysteresis	%FS	± 0.05
repeatability	%FS	± 0.05
creep	%FS/3min	± 0.1
input resistance	Ω	1000 ± 10
output resistance	Ω	1090 ± 10
insulation resistance	M Ω	≥ 2000
operating temperature range	°C	-10 ~ +55
compensated temperature range	°C	-10 ~ +40
temperature coefficient of SPAN	%FS/10°C	± 0.05
temperature coefficient of ZERO	%FS/10°C	± 0.05
Electrical connection	cable	4 color wire, Ø0.8 × 200 mm
		excitation(+):Red signal(+):Green excitation(-):Black signal(-):White

※Ordering code: model-capacity- rated output-accuracy-defend grade- the length of cable



INA114

Precision INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- **LOW OFFSET VOLTAGE:** 50 μ V max
- **LOW DRIFT:** 0.25 μ V/ $^{\circ}$ C max
- **LOW INPUT BIAS CURRENT:** 2nA max
- **HIGH COMMON-MODE REJECTION:** 115dB min
- **INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION:** \pm 40V
- **WIDE SUPPLY RANGE:** \pm 2.25 to \pm 18V
- **LOW QUIESCENT CURRENT:** 3mA max
- **8-PIN PLASTIC AND SOL-16**

APPLICATIONS

- BRIDGE AMPLIFIER
- THERMOCOUPLE AMPLIFIER
- RTD SENSOR AMPLIFIER
- MEDICAL INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION

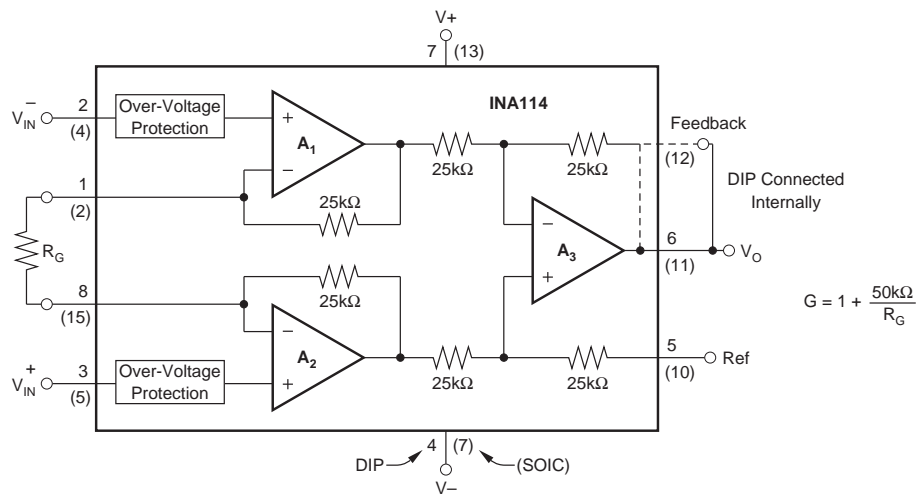
DESCRIPTION

The INA114 is a low cost, general purpose instrumentation amplifier offering excellent accuracy. Its versatile 3-op amp design and small size make it ideal for a wide range of applications.

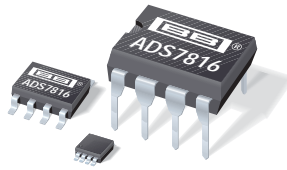
A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. Internal input protection can withstand up to \pm 40V without damage.

The INA114 is laser trimmed for very low offset voltage (50 μ V), drift (0.25 μ V/ $^{\circ}$ C) and high common-mode rejection (115dB at G = 1000). It operates with power supplies as low as \pm 2.25V, allowing use in battery operated and single 5V supply systems. Quiescent current is 3mA maximum.

The INA114 is available in 8-pin plastic and SOL-16 surface-mount packages. Both are specified for the -40° C to $+85^{\circ}$ C temperature range.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
 Internet: <http://www.burr-brown.com/> • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132



ADS7816

12-Bit High Speed Micro Power Sampling ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER

FEATURES

- 200kHz SAMPLING RATE
- MICRO POWER:
1.9mW at 200kHz
150μW at 12.5kHz
- POWER DOWN: 3μA Max
- 8-PIN MINI-DIP, SOIC, AND MSOP
- DIFFERENTIAL INPUT
- SERIAL INTERFACE

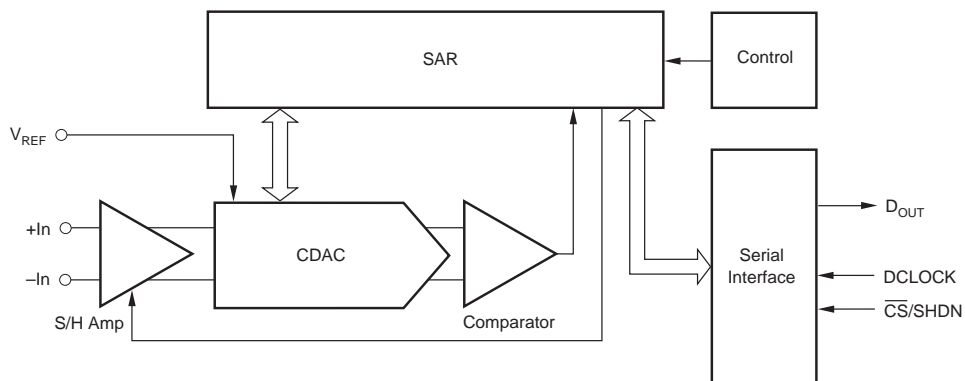
APPLICATIONS

- BATTERY OPERATED SYSTEMS
- REMOTE DATA ACQUISITION
- ISOLATED DATA ACQUISITION

DESCRIPTION

The ADS7816 is a 12-bit, 200kHz sampling analog-to-digital converter. It features low power operation with automatic power down, a synchronous serial interface, and a differential input. The reference voltage can be varied from 100mV to 5V, with a corresponding resolution from 24μV to 1.22mV.

Low power, automatic power down, and small size make the ADS7816 ideal for battery operated systems or for systems where a large number of signals must be acquired simultaneously. It is also ideal for remote and/or isolated data acquisition. The ADS7816 is available in an 8-pin plastic mini-DIP, an 8-lead SOIC, or an 8-lead MSOP package.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
Internet: <http://www.burr-brown.com/> • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132