

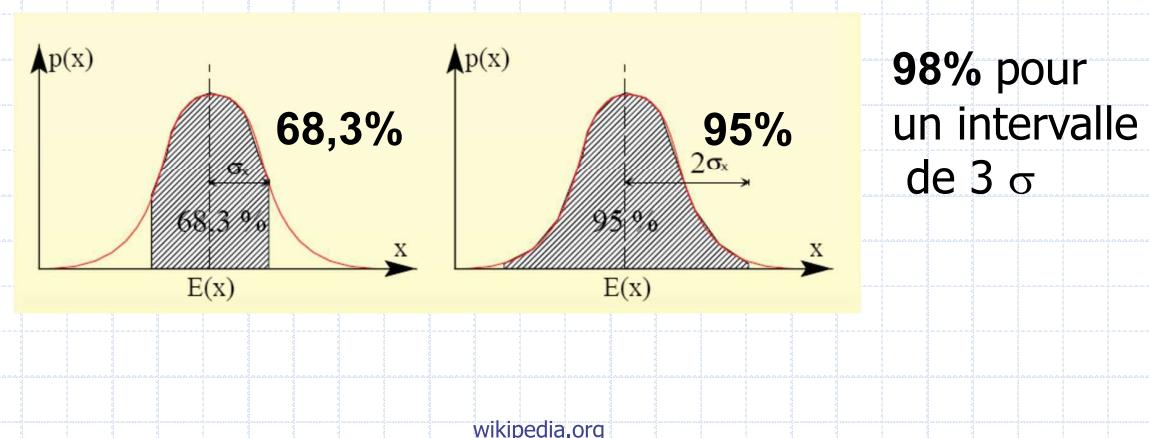
4/ Capteurs. a/rappels de statistique

- Distribution de l'erreur (variable aléatoire)

l'écart type mesure la dispersion d'une série de valeurs autour de sa valeur moyenne.

$$\sigma_x = \sqrt{E[(X - E[X])^2]} \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Intervalle de confiance pour une distribution gaussienne



4/ Capteurs. b/définitions

mesurande m

mesure M

étendue de mesure $[M_{\min}; M_{\max}]$

$$FS = M_{\max} - M_{\min}$$

incertitude ΔM

$$M - \Delta M < m < M + \Delta M \quad \text{avec probabilité associée}$$

erreur $\varepsilon = m - M$

erreur relative

$$\varepsilon_r = (m - M) / M$$

erreur en % de la PE

$$\varepsilon_r = (m - M) / FS$$

courbe d'étalonnage

étalon de mesure

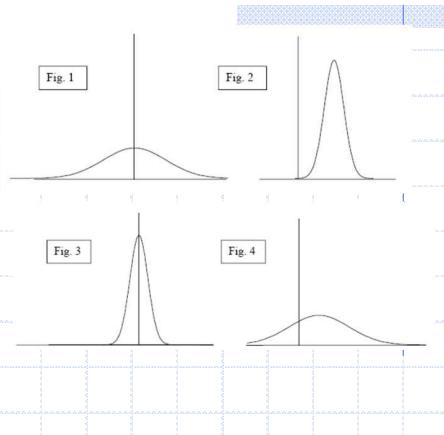
sensibilité V sortie du capteur

$$S = \Delta V / \Delta M$$

linéarité

Cf doc annexe.

4/ Capteurs. b/définitions (suite)



c/ différents types d'erreurs

- Différents types d'erreur
 - erreurs systématiques
 - erreurs conditionnelles
 - erreurs aléatoires

d/ présentation d'un résultat

- Présentation d'un résultat
- Exemple multimètre

Paramètres importants :
 justesse
 fidélité
 précis exact
 rapidité
 résolution
 « emballage »

18 e/ chiffres significatifs

Cf doc annexe.

Cf doc annexe.

4/ Capteurs. f/calcul d'incertitudes

Cf doc annexe.

g/exemples de capteurs

Capteur de pression SCAIME 59 série 5

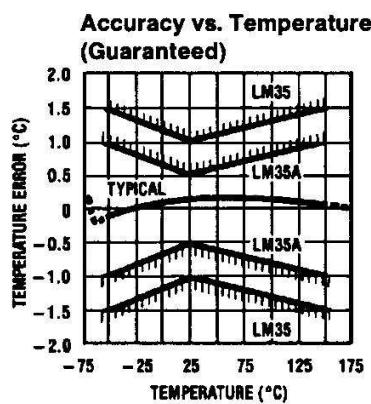


CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES CAPTEURS SÉRIE 5

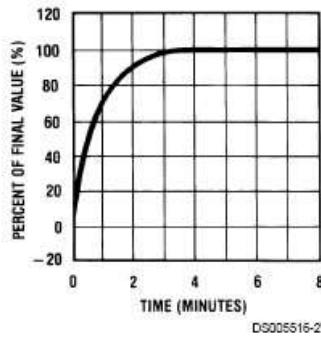
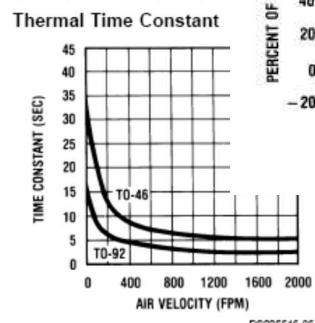
Modèle	(54) 55	(56) 57	(58) 59
Gammes standard (P.E.) (pression relative)	15-30 70*-100*-210* 350-700	5-10-15-30 70*-100*-210* 350-500-700	850 bars max.
Surpression admissible % P.E.	200 % P.E. ou	850 bars max.	
Pression d'éclatement % P.E.	400 % P.E. ou	1.000 bars max.	
Alimentation	5 V (10 max.)	8 à 20 V non réglé (L) 18 à 28 V non réglé (H)	
Signal Pleine Echelle (version Standard)	1,7 mV/V +/- 15 %	1-5 V (L) 0-10 V (H)	4-20 mA (200 ohms) 4-20 mA (600 ohms)
Décalage initial du zéro	+/- 10 %	0,1 %	
Erreur combinée % P.E. (NL + Hyst. + Repeat.)	0,50	0,50	0,6 pour 5 et 10 bars
Température plage compensée °C	0-60	0-60	0-60
Température opérationnelle °C	-25, +95	-20, +80	-20, +80
Dérive en température (% P.E.) sur plage compensée	0,05 / °C	0,06 / °C	0,06 / °C
Masse (inox)	90 g.	160 g.	160 g.

* Seules pointées disponibles; en aluminium en option (54, 56, 58)

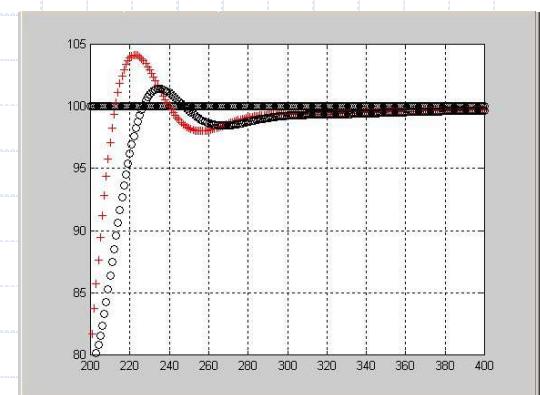
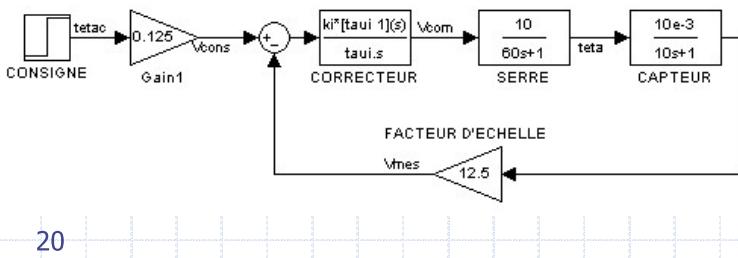
4/ Capteurs. g/exemple de capteurs



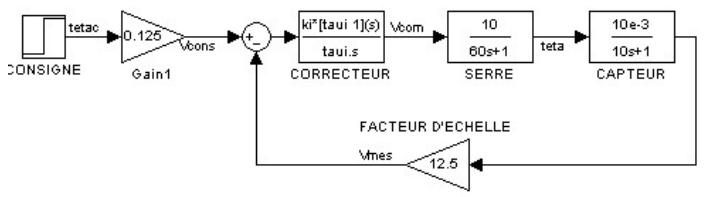
Capteur de température LM35



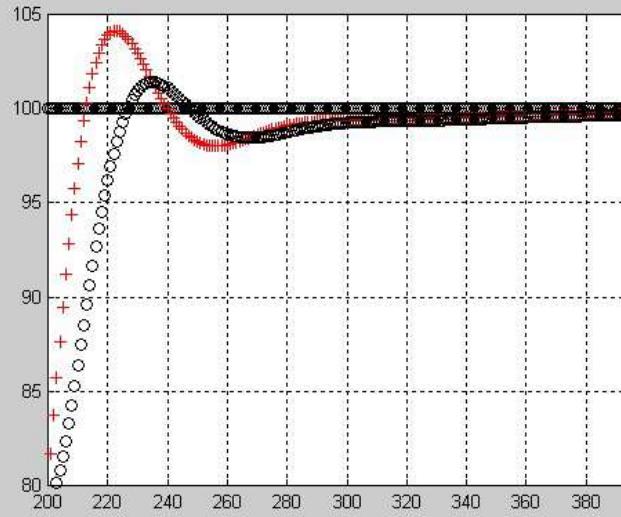
Influence de la constante de temps du capteur : serre régulée en température.



4/ Capteurs. g/exemple



Influence de la constante de temps du capteur : serre régulée en température.



h/classifications

Sorties analogiques, numériques (série, parallèles).
 Sorties en courant, tension, charge, fréquence, ...
 Capteur passif, actif, intelligent

4/ Capteurs. h/classifications

Sorties analogiques, numériques (série, parallèles).

Sorties en courant, tension, charge, fréquence, ...

Capteur passif, actif, intelligent

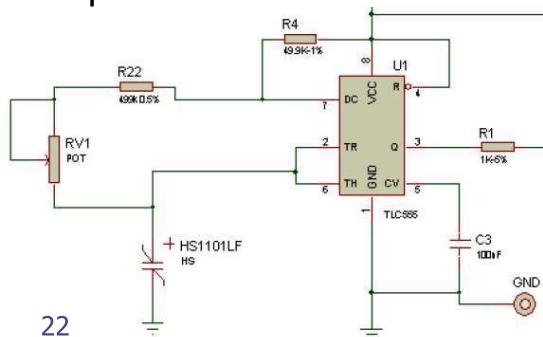
Capteur passif

Variation du mesurande \Rightarrow variation de résistivité (ρ), permittivité électrique (ϵ) ou perméabilité magnétique (μ). Mesure indirecte du mesurande.

Ex1 : $\Delta T \Rightarrow$ sur métal ou semi-conducteur $\Delta \rho$ or $R = \rho L/S \Rightarrow \Delta R \Rightarrow \Delta V$
Sonde PT100 dans montage potentiométrique.

Ex2 : %RH \Rightarrow sur diélectrique $\Delta \epsilon \Rightarrow \Delta C \Rightarrow \Delta f$

Capteur humidité relative dans montage astable.

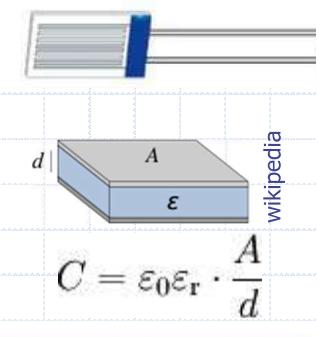


Capteur humirel

HS1 101LF

Typical response look-up table

RH (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Fout (Hz)	7155	7080	7010	6945	6880	6820	6760	6705	6650		
RH (%)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Fout (Hz)	6600	6550	6500	6450	6400	6355	6305	6260	6210		

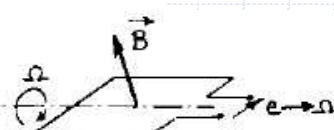


wikipedia

4/ Capteurs. g/classifications / capteur actif

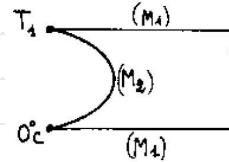
La sortie du capteur est équivalente à un générateur. C'est un dipôle actif qui peut être du type courant, tension ou charge.

Ex1 : $\omega \Rightarrow$ f.e.m. E induite (loi de Faraday) : dynamo tachymétrique

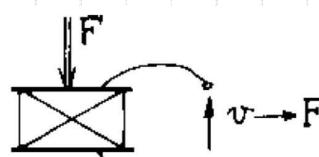


ESIEE
O.Français,

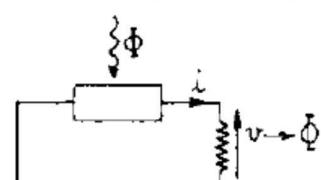
Ex2 : $\Delta T \Rightarrow$ f.e.m. induite par effet Thermoélectrique (effet Seebeck) : thermocouple.



Ex3 : F (traction, compression, cisaillement)



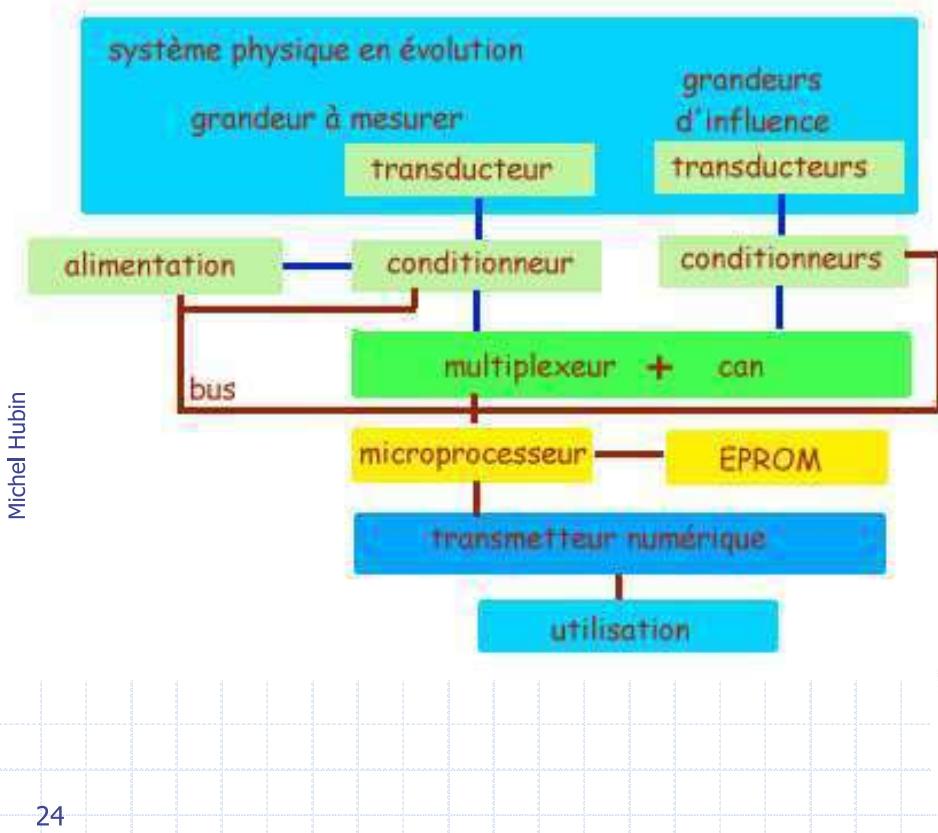
\Rightarrow variation de charge par effet piezoélectrique : dynamomètre, accéléromètre.



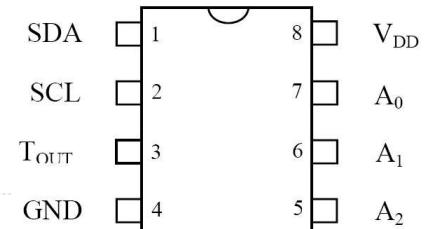
Ex4 : lumière \Rightarrow tension et courant par effet photovoltaïque : luxmètre.

4/ Capteurs. g/classifications / capteur intelligent

Michel Hubin



Ex: capteur de température DS1621



24

5/ Conditionnement du signal

Au plus près du capteur : le conditionneur.

Objectif de cette partie :

Le conditionneur est en interaction directe avec le capteur (et souvent aussi avec son environnement).

Il convertit la sortie du capteur en une tension (le plus souvent) ou une fréquence.

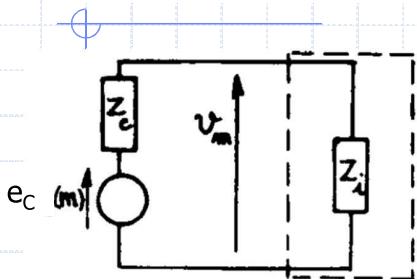
Il peut (et doit ...) assurer les fonctions suivantes :

- protection de l'ensemble de la mesure par rapport aux grandeurs influentes (compensation des grandeurs influentes).
- linéarisation éventuelle de la sortie du capteur.

25

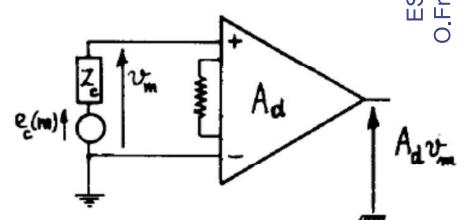
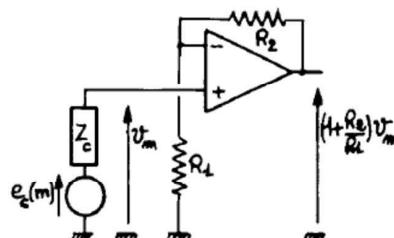
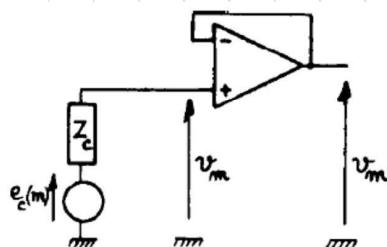
5/ Conditionnement du signal

Montage en source de tension.



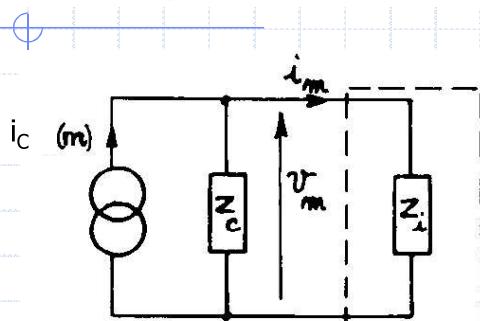
Il faut $Z_i \gg Z_c$ pour retrouver $v_m = e_c$

Exemples de montages avec une forte impédance d'entrée.



5/ Conditionnement du signal

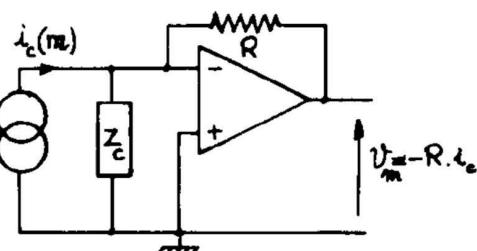
Montage en source de courant.



Il faut $Z_i \ll Z_c$ pour que $i_m \approx i_c$

Exemple de montage avec une très faible impédance d'entrée.

$$V^+ - V^- = 0 \Rightarrow i_{ZC} = 0$$

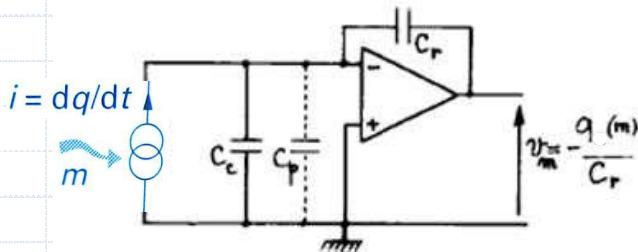


5/ Conditionnement du signal

Montage en source de charge.

Montage type.

On utilise un convertisseur **charge-tension** qui réalise la mise en court-circuit des électrodes du capteur.
⇒ toute la charge se retrouve aux bornes de C_r .



En pratique la résistance en // sur C_r fait que l'on obtient un passe haut.

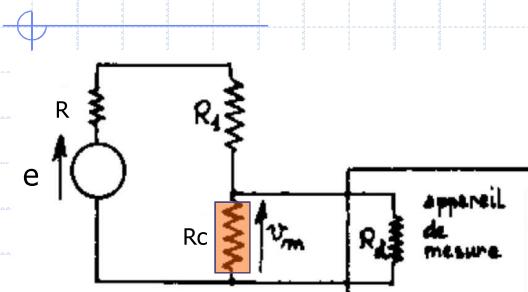
Il faut choisir un AOP avec une forte impédance d'entrée et des courants de polarisation les plus petits possibles.

Utilisation : pour les capteurs piezo électrique par exemple.

28

5/ Conditionnement du signal

Montage potentiométrique.



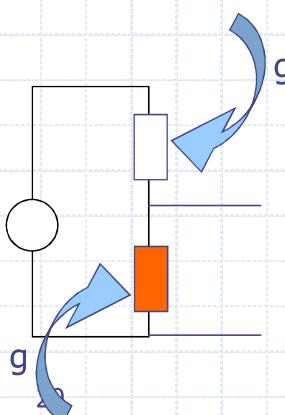
Si on néglige les effets de R et R_d i.e. $R \approx 0 \Omega$ et $R_d \approx \infty \Omega$, on reconnaît un diviseur de tension ⇒

$$V_m = R_c / (R_1 + R_c) \times e$$

Effet de la polarisation :

$$\Delta V_m = R_c / (R_1 + R_c) \times \Delta e$$

Sensibilité : Maximisée pour $R_1 = R_c$ et on a alors : $\Delta V_m = e / (4 \times R_c) \times \Delta R_c$

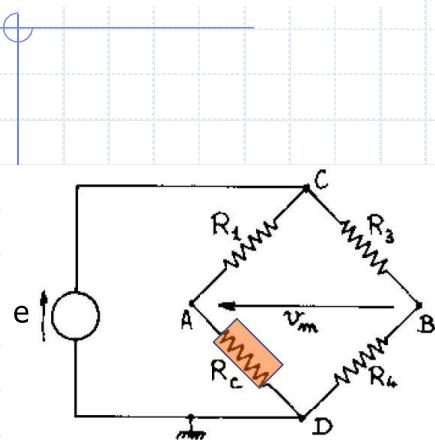


Effet des grandeurs d'influence:

Pour un montage potentiométrique, avec : $\frac{\partial R_c}{\partial g} = \frac{\partial R_1}{\partial g}$
on annule l'effet de g (grandeur influente) lorsque $R_1 = R_c$

5/ Conditionnement du signal

Montage en pont.



De façon générale :

$$V_m = (R_3 R_C - R_1 R_4) / [(R_1 + R_C)(R_3 + R_4)] \times e$$

si $R_1 = R_{CO} = R_3 = R_4 = R$ et si $R_C = R_{CO} + \Delta R$:

$$V_m = \Delta R / (2 \cdot (2R + \Delta R)) \times e \quad \text{soit :}$$

$$V_m \approx \Delta R / (4 \cdot R) \cdot e$$

Effet de la polarisation :

$$\text{Si } R_1 = R_3 = R_4 = R_{CO} = R$$

$$\Delta V_m \approx \Delta R / (4 \cdot R) \cdot \Delta e$$

à comparer (cf diapo précédente) avec :

$$\Delta V_m = R_C / (R_1 + R_C) \times \Delta e = \Delta e / 2$$

Sensibilité aux grandeurs d'influence:

On démontre qu'elle est minimisée quand les 4 résistances ont la même valeur.

6/ Amplification / Filtrage du signal analogique

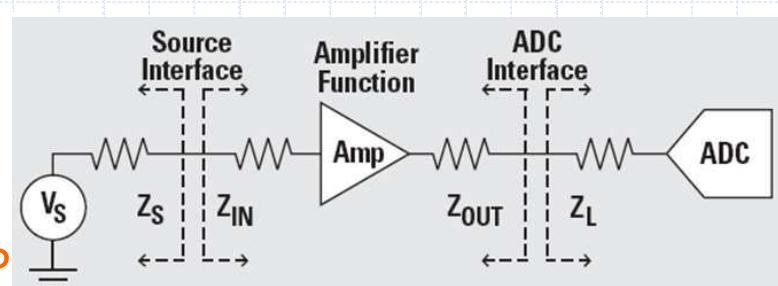
Objectifs de cette partie :

Avant de numériser le signal, un étage d'amplification/filtrage est très souvent présent pour :

- Adapter les niveaux (utilisation de toute la dynamique du CAN)
- Augmenter les niveaux avant transmission (minimisation du bruit)
- Ne garder que la partie « utile » du signal (ex : filtre passe-bande).
- Réaliser une adaptation d'impédance entre les étages.
- Réaliser un filtre anti-repliement avant le convertisseur A/N.
- Isoler la partie mesure de la partie puissance.

- ✿ Amplification/Filtrage
- ✿ Adaptation d'impédance
- ✿ Isolation galvanique

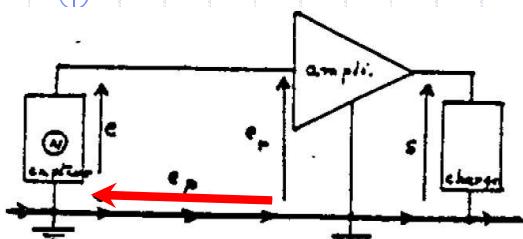
pour cela ... utilisation d'AOP



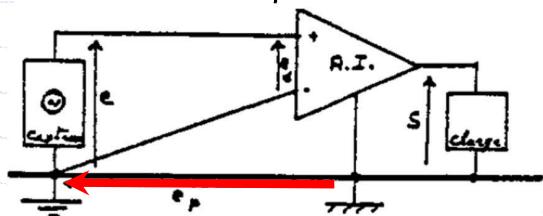
6/ Amplification / Filtrage du signal analogique

Un ampli différentiel, pourquoi?

Influence du courant de masse

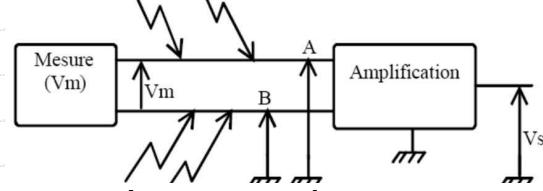


Fem de masse dûe à impédance du fil de masse + courant dans le fil de masse : tension de masse, elle sera amplifiée comme le signal capteur
=> solution : ampli diff!.



L'amplificateur devra amplifier la tension différentielle et rejeter la tension de mode commun.

Parasites lors de la transmission



Si les deux câbles sont très voisins, les tensions de bruit seront proches et vont apparaître comme une tension de mode commun
=> réjection.

Une solution intégrée , l'ampli d'instrumentation :

très bon CMMR,
grande impédance d'entrée,
faible impédance de sortie
gain différentiel Ad réglable facilement
...

6/ Amplification /Filtrage

$$V_d = V^+ - V^- \quad V_{CM} = \frac{1}{2}(V^+ + V^-)$$

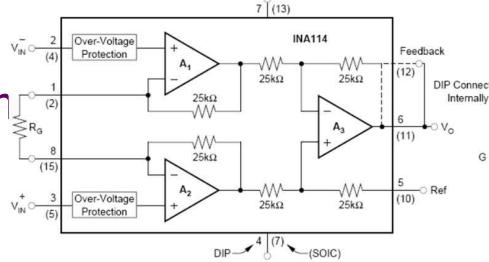
$$V_s = Ad(V^+ - V^-) + Amc\left(\frac{V^+ + V^-}{2}\right)$$

$$CMRR_{dB} = 20 \log\left(\frac{Ad}{Amc}\right)$$

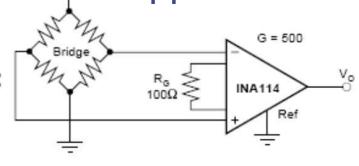
Ampli d'instrumentation Ex : INA 114

Paramètres :

- LOW OFFSET VOLTAGE: $50\mu V$ max
- LOW DRIFT: $0.25\mu V/\text{°C}$ max
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 2nA max
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 115dB min
- INPUT OVER-VOLTAGE PROTECTION: $\pm 40\text{V}$
- WIDE SUPPLY RANGE: ± 2.25 to $\pm 18\text{V}$



Application :



SPECIFICATIONS

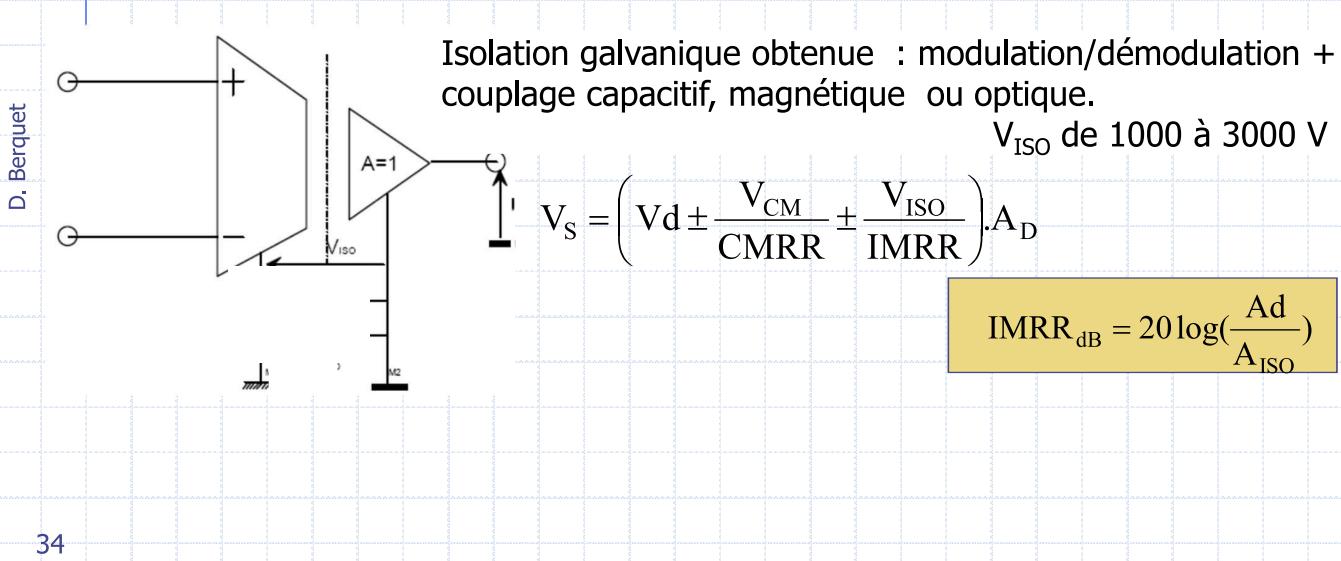
ELECTRICAL
At $T_A = +25\text{°C}$, $V_s = \pm 15\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$, unless otherwise noted

PARAMETER	CONDITIONS	INA114BP, BU	
		TYP	UNITS
INPUT Offset Voltage, RTI Initial vs Temperature vs Power Supply	$T_A = +25\text{°C}$, $V_s = \pm 2.25\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$	$\pm 10 + 20/G$ $\pm 0.1 + 0.5/G$ $0.5 + 2/G$ $\pm 0.2 + 0.5/G$ $10^{10} \parallel 8$ $10^{10} \parallel 8$ ± 13.5	μV $\mu V/\text{°C}$ $\mu V/V$ $\mu V/mo$ $\Omega \parallel P$ $\Omega \parallel F$ V V
Long-Term Stability Impedance, Differential Common-Mode Input Common-Mode Range Safe Input Voltage Common-Mode Rejection	$V_{CM} = \pm 10\text{V}$, $\Delta R_o = 1\text{k}\Omega$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$	96 115 120 120	dB dB dB dB
BIAS CURRENT vs Temperature		± 0.5 ± 8	nA $\text{nA}/\text{°C}$
OFFSET CURRENT vs Temperature		± 0.5 ± 8	nA $\text{nA}/\text{°C}$
NOISE VOLTAGE, RTI	$G = 1000$, $R_o = 0\Omega$ $f = 10\text{Hz}$ $f = 100\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f_g = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz Noise Current $f = 10\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f_g = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz	15 11 11 0.4 0.4 0.2 18	nV/Hz nV/Hz nV/Hz $\mu\text{V}/\text{p}$ pA/Hz pA/Hz pA/p
GAIN Gain Equation Range of Gain Gain Error		$1 + (50k\Omega/R_o)$	V/V V/V
Gain vs Temperature 50k Ω Resistance ⁽¹⁾ Nonlinearity	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ $G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$	± 0.01 ± 0.02 ± 0.05 ± 0.5 ± 2 ± 25 ± 0.0001 ± 0.0005 ± 0.002	$\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$ $\text{ppm}/\text{°C}$
OUTPUT Voltage	$I_o = 5\text{mA}$, T_{MIN} to T_{MAX} $V_s = \pm 11.4\text{V}$, $R_o = 2\text{k}\Omega$ $V_s = \pm 2.25\text{V}$, $R_o = 2\text{k}\Omega$ Load Capacitance Stability Short Circuit Current	± 13.7 ± 1.5 1000 $+20/-15$	V V V pA mA
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB	$G = 1$ $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$	1 100 10 1	MHz kMHz kHz kHz
Slew Rate Setting Time, 0.01%	$V_o = \pm 10\text{V}$, $G = 10$ $G = 100$ $G = 1000$ $G = 1000$ 50% Overdrive	0.6 1 20 120 100 20	$\text{V}/\text{μs}$ μs μs μs μs μs
Overload Recovery			
POWER SUPPLY Voltage Range Current	$V_{IN} = 0\text{V}$	± 15 ± 2.2	V mA
TEMPERATURE RANGE Specification Operating θ_{JA}		80	$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$

6/ Amplification /Filtrage

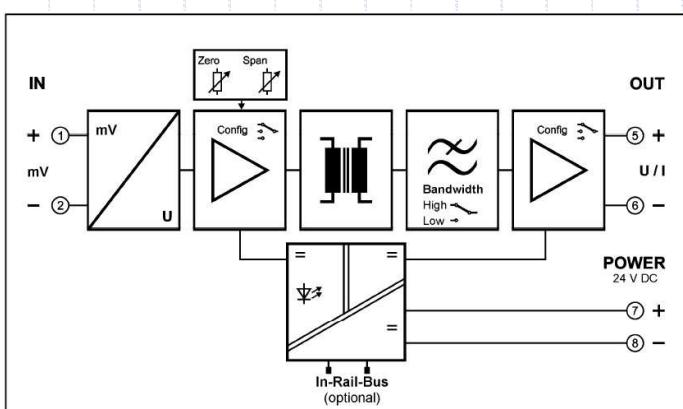
Ampli d'isolement

Dans le cas de très **fortes tensions de mode commun** ($>2\text{kV}$) ou de **tensions de mesure très faibles** ($<\mu\text{V}$), on est amené à utiliser des amplificateurs d'isolement qui présentent des TRMC supérieurs à 160dB.



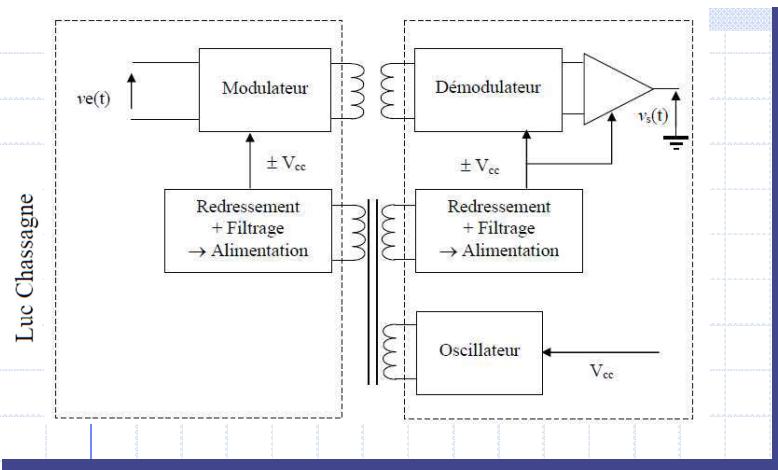
Ampli d'isolement : exemple 1

Amplificateur d'isolement résistance de shunt / tensions en mV
— GS 75000



► Caractéristiques techniques

Entrée	Tension				Courant				
Signal d'entrée (commutable étalonné)	0...60 mV	± 60 mV	0...100 mV	± 100 mV					
	0...150 mV	± 150 mV	0...250 mV	± 250 mV					
	0...300 mV	± 300 mV	0...500 mV	± 500 mV					
Résistance d'entrée	≥ 100 kΩ								
Surcharge	≤ 30 V								
Sortie	Tension				Courant				
Signal de sortie (commutable étalonné)	± 10 V	± 5 V	± 20 mA	± 10 mA					
	0 ... 10 V	0 ... 5 V	0 ... 20 mA	0 ... 10 mA					
	2 ... 10 V	1 ... 5 V	4 ... 20 mA	2 ... 10 mA					
Charge	≤ 5 mA (2 kΩ à 10 V)		≤ 12 V (600 Ω à 20 mA)						
Plage de transmission linéaire	Unipolaire : -1 à +110 %		Bipolaire : -110 à +110 %						
Ondulation	< 10 mV _{eff}								
Caractéristiques générales									
Erreur de transmission	< 0,1 % à pleine échelle								
Coefficient de température ¹⁾	< 100 ppm/K								
Compensation ZERO/SPAN (commutable)	± 5 % de la plage de mesure								
Fréquence de coupure - 3 dB (commutable)	8 kHz, 100 Hz								
Temps de réponse T_{eff}	100 µs, 7 ms								
Tension de test	3 kV, 50 Hz, 1 min. entre l'entrée, la sortie et l'alimentation								
Tension de service ²⁾	600 V CA/CC pour catégorie de surtension II et classe de contamination 2 selon EN 61010-1								
Protection contre les courants dangereux pour le corps humain ²⁾	Séparation de protection par isolement renforcé conforme EN 61010-1 jusqu'à 300 V CA/CC pour catégorie de surtension II et classe de contamination 2 entre l'entrée, la sortie et l'alimentation.								
Température ambiante	Service	-25 °C à +70 °C (-13 à +158 °F)							
	Transport et stockage	-40 °C à +85 °C (-40 à +185 °F)							
Alimentation électrique	24 V CC	16,8 V ... 31,2 V, env. 0,8 W							
CEM ³⁾	EN 61326-1								
Construction	Enveloppe 6,2 mm (0.244"), indice de protection : IP 20 montage sur rail DIN de 35 mm selon EN 60715								

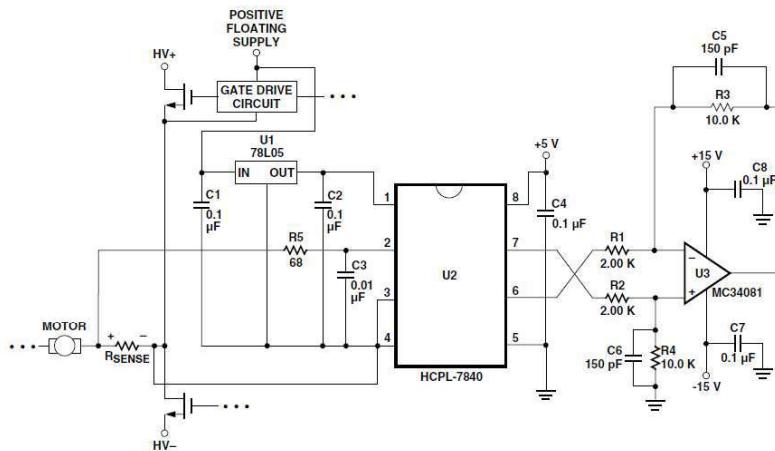


Ampli d'isolation : exemple 2

Features

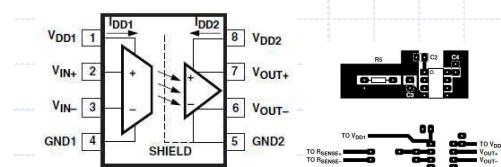
- 15 kV/μs common-mode rejection at $V_{CM} = 1000$ V
- Compact, auto-insertable standard 8-pin DIP package
- 0.00025 V/V/°C gain drift vs. temperature
- 0.3 mV input offset voltage
- 100 kHz bandwidth
- 0.004% nonlinearity
- Worldwide safety approval: UL 1577 (3750 Vrms/1 min.) and CSA, IEC/EN/DIN EN 60747-5-2
- Advanced Sigma-Delta (Σ - Δ) A/D converter technology
- Fully differential circuit topology
- 0.8 μ m CMOS IC technology

HCPL 7840 AVAGO Technologies



Applications

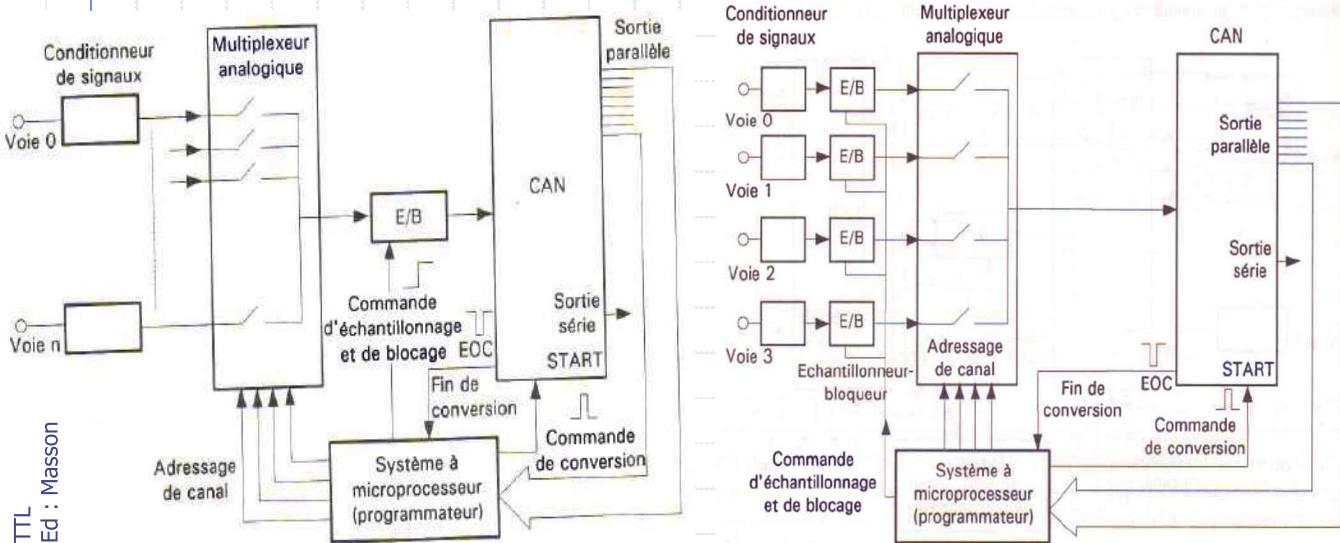
- Motor phase and rail current sensing
- Inverter current sensing
- Switched mode power supply signal isolation
- General purpose current sensing and monitoring
- General purpose analog signal isolation



7/ Numérisation du signal

Structure de base :
 Filtre anti-repliement (FAR)
 Multiplexeur
 Echantillonneur-bloqueur
 Convertisseur Analogique Numérique (CAN).

Différentes structures de conversion.



7/ Numérisation du signal

Repliement du spectre.

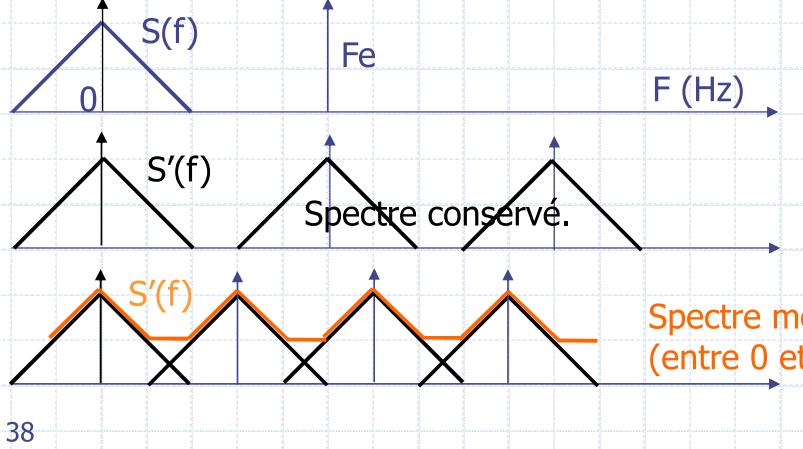
$s(t)$ signal continu,
signal discret : $\{s(0), s(T_e), s(2.T_e), \dots\}$
signal échantillonné :

échantillonnage \Rightarrow atténuation et périodisation du spectre. La transformée de Fourier d'un signal échantillonné est égale à :

$$S'(f) = \frac{1}{T_e} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} S(f - \frac{k}{T_e})$$

Soit F_{MAX} la fréquence max du signal et F_e la fréquence d'échantillonnage, il faut:

$$F_e \geq 2.F_{MAX}$$

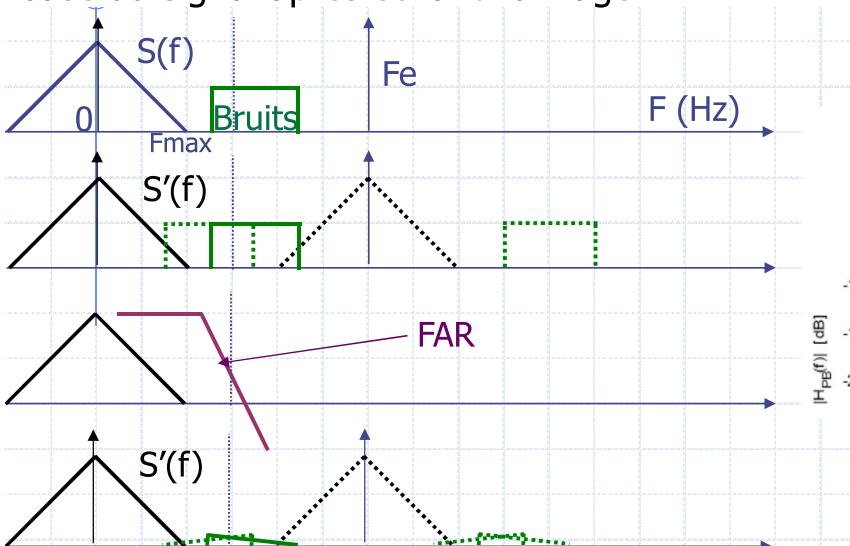


38

7/ Numérisation du signal

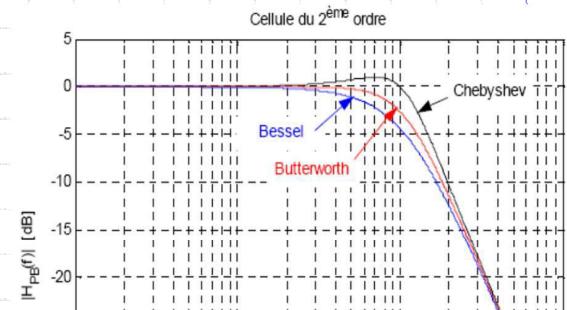
FAR.

Objectifs : 1/ laisser passer le signal utile. 2/ couper les fréquences de bruits hors de la bande utile (sup à $F_e/2$) pour éviter de les ramener dans la bande de base du signal après échantillonnage.

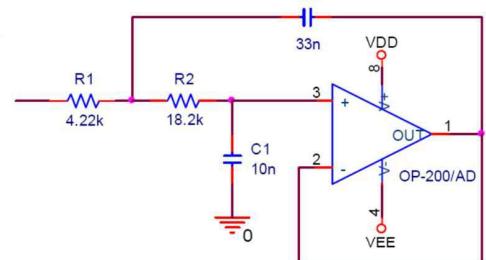


Ce filtre **analogique** ne doit pas atténuer la bande utile. Il doit couper au-delà pour que l'atténuation soit suffisante pour $F > F_e/2$. Il y a un compromis : F_e / ordre du filtre et réalisation /ordre du filtre.

Gabarit de filtrage.



Sallen-key 2ème ordre.



7/ Numérisation du signal

FAR.

Le filtre anti repliement (anti-aliasing) peut être réalisé :

- soit avec un filtre analogique passif
- soit avec un filtre analogique actif (standard ou à capa commutées)

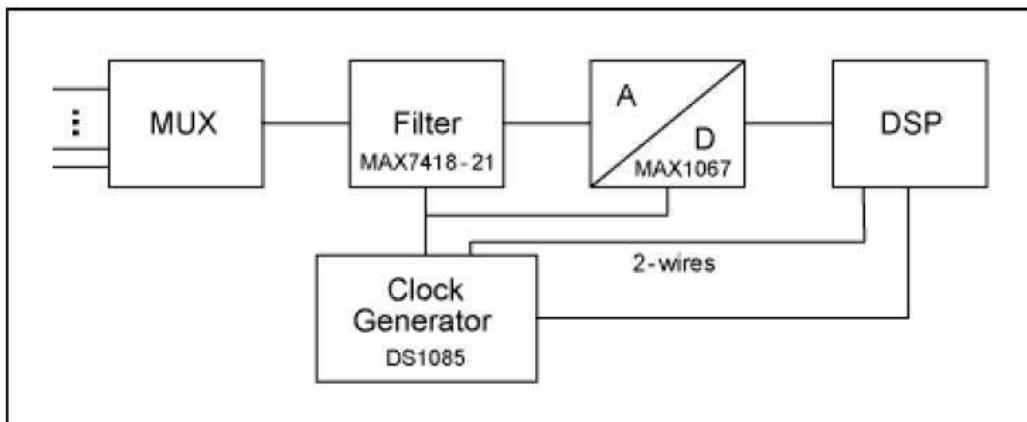


Figure 7. Schematic diagram of the realized data-acquisition system.

Application Note 3494: <http://www.maxim-ic.com/an3494>

MAXIM

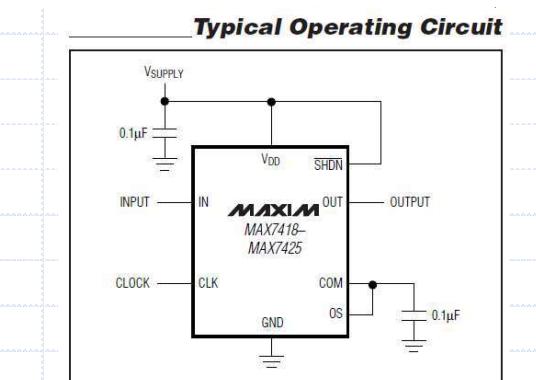
5th-Order, Lowpass, Switched-Capacitor Filters

Features

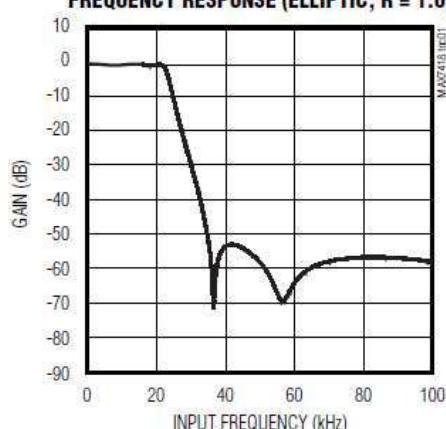
- ◆ 5th-Order, Lowpass Filters
 - Elliptic Response (MAX7418/MAX7421/MAX7422/MAX7425)
 - Bessel Response (MAX7419/MAX7423)
 - Butterworth Response (MAX7420/MAX7424)
- ◆ Clock-Turnable Corner Frequency (1Hz to 45kHz)
- ◆ Single-Supply Operation
 - +5V (MAX7418–MAX7421)
 - +3V (MAX7422–MAX7425)
- ◆ Low Power
 - 3mA (Operating Mode)
 - 0.2µA (Shutdown Mode)
- ◆ Available in 8-Pin µMAX Package
- ◆ Low Output Offset: ±4mV

Applications

- ADC Anti-Aliasing
- DAC Postfiltering
- CT2 Base Stations
- Speech Processing



MAX7418/MAX7422
FREQUENCY RESPONSE (ELLIPTIC, R = 1.6)



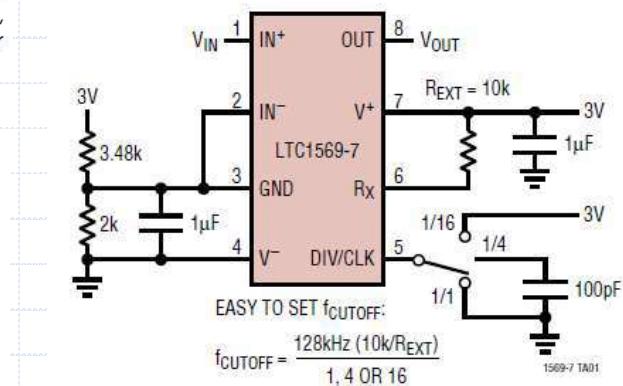
FEATURES

- One External R Sets Cutoff Frequency
- Root Raised Cosine Response
- Up to 300kHz Cutoff on a Single 5V Supply
- Up to 150kHz Cutoff on a Single 3V Supply
- 10th Order, Linear Phase Filter in an SO-8
- DC Accurate, $V_{OS(MAX)} = 5\text{mV}$
- Low Power Modes
- Differential or Single-Ended Inputs
- 80dB CMRR (DC)
- 80dB Signal-to-Noise Ratio, $V_S = 5\text{V}$
- Operates from 3V to $\pm 5\text{V}$ Supplies

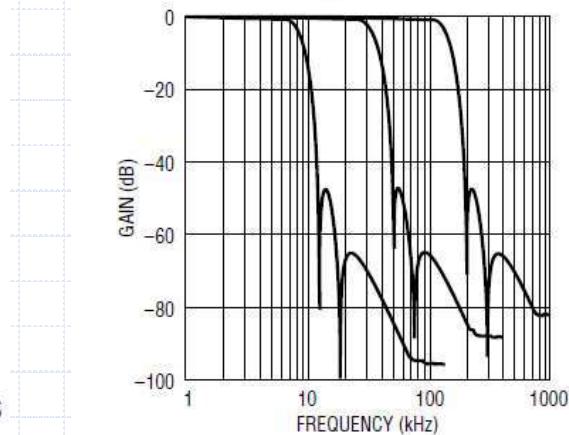
APPLICATIONS

- Data Communication Filters for 3V Operation
- Linear Phase and Phase Matched Filters for I/O Signal Processing
- Pin Programmable Cutoff Frequency Lowpass Filters

Single 3V Supply, 128kHz/32kHz/8kHz Lowpass Filter



Frequency Response, $f_{CUTOFF} = 128\text{kHz}/32\text{kHz}/8\text{kHz}$



7/ Numérisation du signal Echantilleur-bloqueur

Objectifs : 1/ prélever sur son entrée à un instant choisi la tension.

2/ mémoriser cette valeur de tension.

3/ délivrer en sortie une tension égale à celle mémorisée.

Utilisations : Plusieurs tensions à convertir avec un seul CAN. Tensions dont la variation est rapide relativement à la durée d'acquisition du CAN.

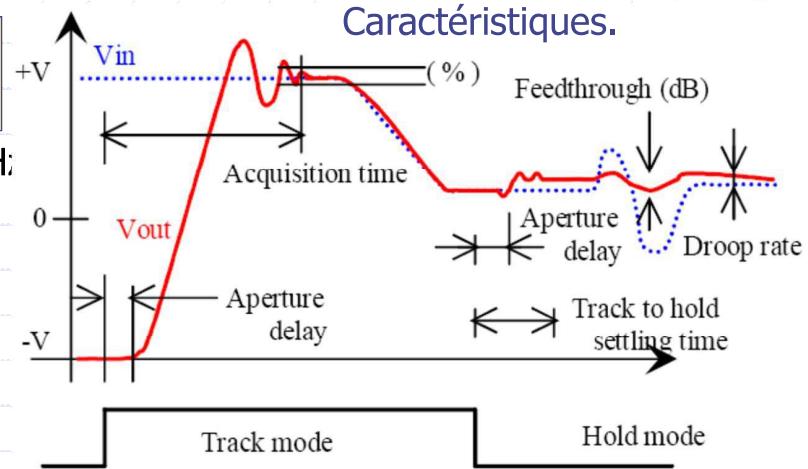
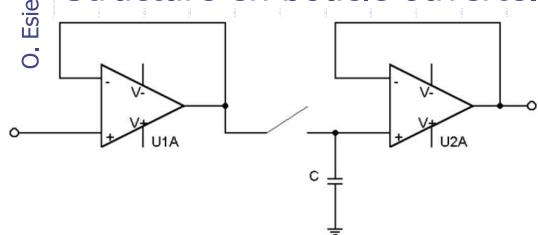
Utile si le signal varie de plus de 1 quantum q durant le temps d'acquisition T_c , ainsi pour un signal $e(t) = E \cos 2\pi ft$ la variation maximale du signal vaut :

$$\left| \frac{de}{dt} \right|_{\text{Max}} = 2\pi f E \quad \text{Une conversion sur } n \text{ bits correspond à une résolution de : } q = \frac{2E}{2^n}$$

$$\left| \frac{de}{dt} \right|_{\text{Max}} * T_c < q \Rightarrow f < \frac{1}{T_c \pi 2^n}$$

Ex : pour du 12 bits, 1 μs , $f=77\text{Hz}$

Structure en boucle ouverte.



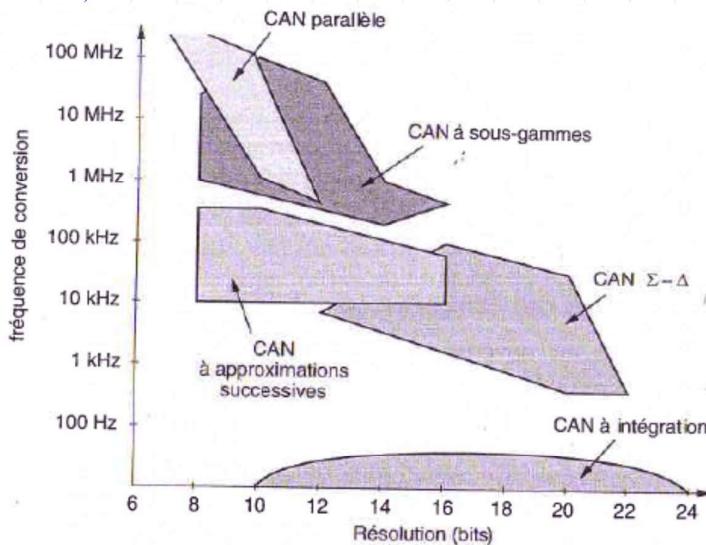
7/ Numérisation du signal

Convertisseur A/N.

Technologies :

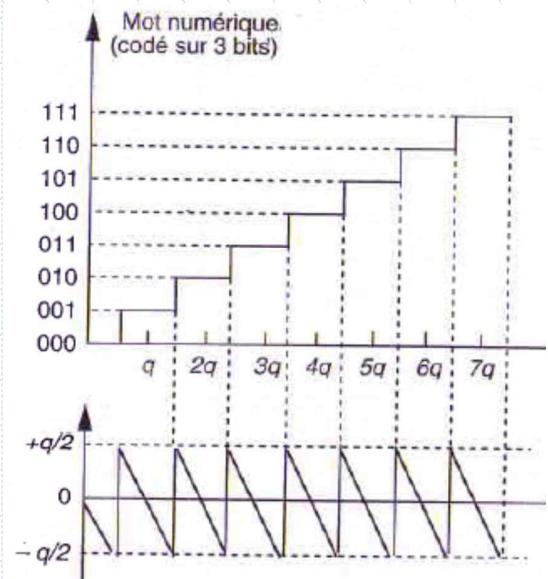
- à rampe et comptage
- à approximations successives
- parallèles
- haute résolution, basse vit : sigma delta

Fréquence/résolution pour les différents types de CAN.



$$q = \frac{\Delta V}{2^n - 1}$$

Convertisseur idéal et erreur de quantification



7/ Numérisation du signal

Convertisseur A/N.

Paramètres statiques

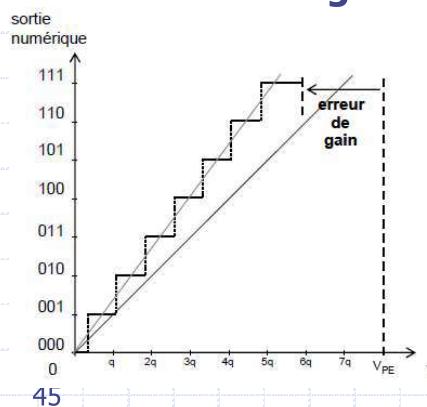
erreur offset, erreur gain , NL(DNL, INL), monotonie.

DNL et INL

$$DNL(k) = \frac{(V_{Sk+1} - V_{Sk}) - q}{q}$$

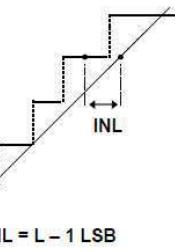
$$INL(k) = \frac{V_{Sk} - V_{Sk \text{ idéale}}}{q} = \sum_{j \leq k} DNL(j)$$

Erreurs offset et gain



sortie numérique

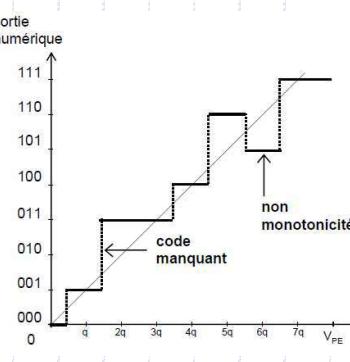
sortie numérique



$$DNL = L - 1 \text{ LSB}$$

sortie numérique

Monotonie et code manquant.



7/ Numérisation du signal - Convertisseur A/N.

Paramètres dynamiques :

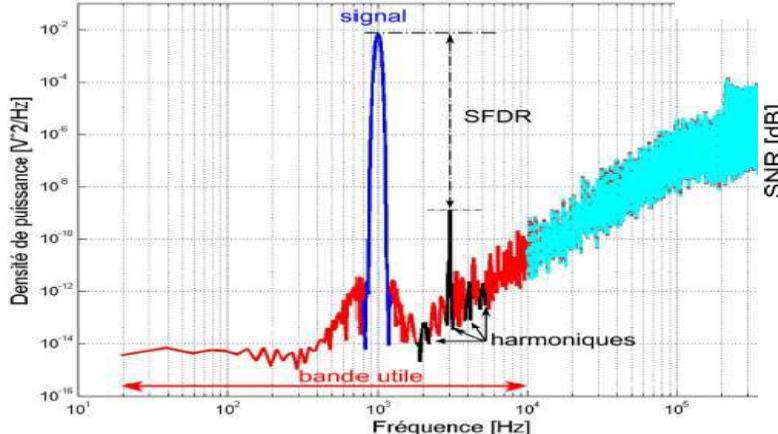
ENOB (effective number of bits)

L'ENOB est le nombre de bits du CAN idéal qui donnerait le même SINAD que le CAN réel.

$$SINAD_{dB} = 6,02 \cdot ENOB + 1,76$$

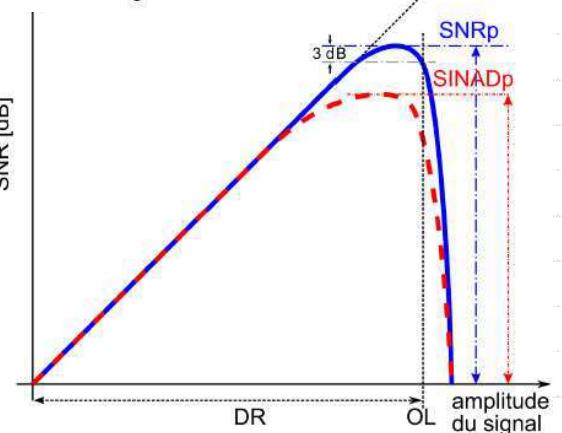
THD (Total harmonic distortion)

$$P_{harmoniques} = a_2^2 + a_3^2 + \dots + a_k^2 \text{ et } P_{signal} = a_1^2 \quad THD = 10 \cdot \log \frac{P_{harmoniques}}{P_{signal}}$$



SFDR (Spurious free dynamic range)

$$SFDR_{dB} = 20 \cdot \log \frac{a_1}{\max(a_k, s)}$$



http://foad.ensicaen.fr/pluginfile.php/5619/mod_resource/content/4/TP-3A-Micro-Simulation-Sigma-Delta.pdf

8/ Transmission du signal

Câblage.

Paire torsadée

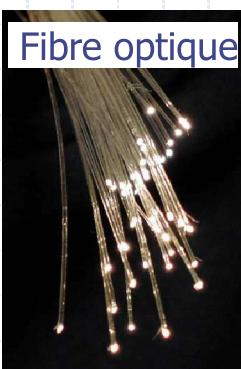
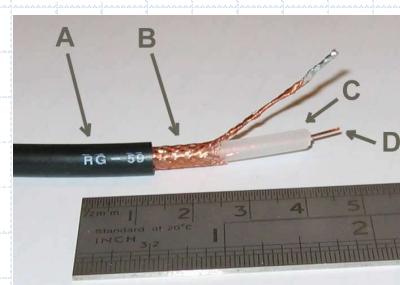
wikipedia



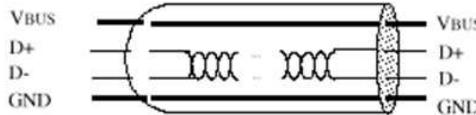
Canaux hertziens

Infra rouge

Coaxial



câble USB



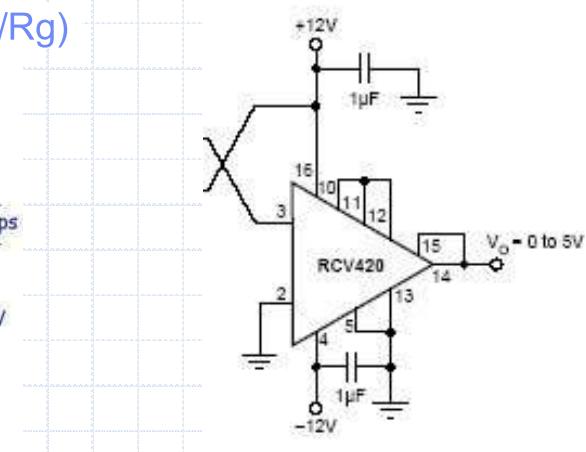
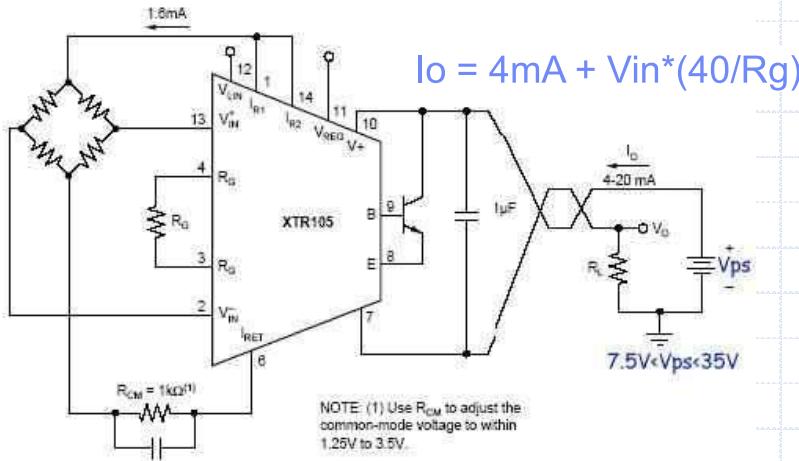
8/ Transmission du signal

Liaison analogique en tension

2 fils mini (+alim souvent), affaiblissement avec la distance, sensibilité au bruit

Liaison analogique en courant : 4-20mA

2 fils, pas d'afaiblissement, débit max : ???, détection de coupure exemple de Ci de mise en forme (XTR105) et de réception (RCV420)vc



8/ Transmission du signal

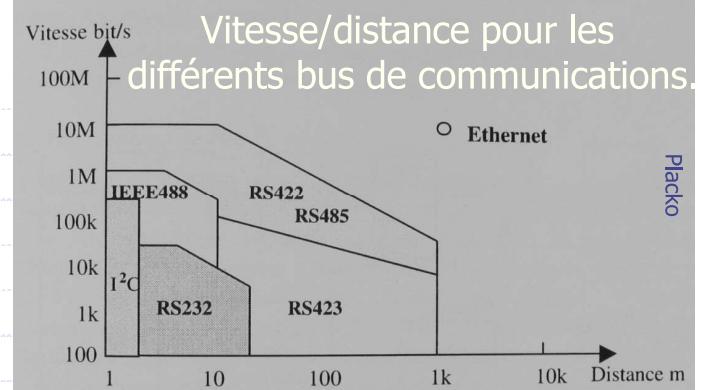
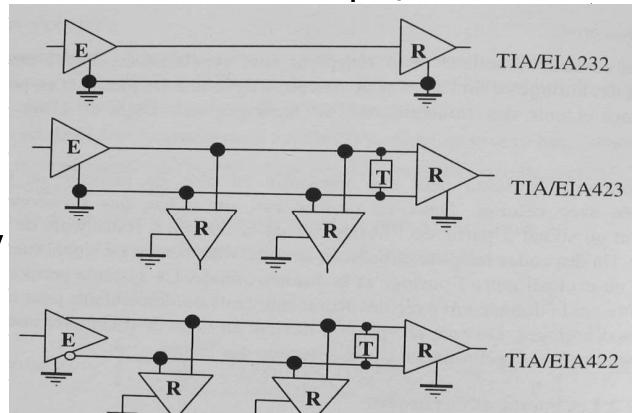
Liaison filaire numérique

Transmission **série** : 2 fils + masse (transmission série type **RS 232**, pas connectable à chaud, (Rx, Tx masse)), **I2C** (SDA, SCL et masse), **CAN** (1Mb/s, sur paire différentielle), **USB** universal serial bus (paire différentielle +5V+masse, Hot Plug & Play, 127 périphériques, USB 2.0 définit 3 vitesses de communication : 1,5 Mbps (Low Speed), 12 Mbps (Full Speed), 480 Mbps (High Speed)), Lmax<3 m ou 5 m si blindé.

Transmission **parallèle** : **IEEE488**

ou **GPIB** (Câble de 2m, 20m max en tout et 14 instruments, mode parallèle 8bits, 1 Mo/s), bus **VXI**, **PXI** dans tous les cas : distance courtes (best avec coaxial)

Liaisons **séries** : simple/différentielle.



8/ Transmission du signal

Liaison par fibre optique

(exemple pic du midi), **immunité aux parasites électromagnétiques** débit max plusieurs centaines de terabits /s

Liaison radio

Bluetooth et Wi-fi (2,4 Ghz, $\lambda = C/f = 12,5$ cm, débit allant jusqu'à 11Mbps)

Bluetooth (portée de 10 à 100 m, 10m en France)

Liaison infra rouge

IrDA : entre 115,2 Kbps et 4 Mbps.

La technologie reste tout de même limitée physiquement, et ne fonctionnera à pleine puissance qu'à un mètre d'écart maximum, en respectant un cône d'alignement d'un angle de 30° environ.

50



Plage de mesure:
0 à 30 kg
0,5 à 3,5V

« Capteur » =
corps éprouve +
jauge de contrainte +
conditionnement



51