

Tema 2

ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Introducción

Acondicionamiento de la señal

La señal eléctrica proveniente de un sensor tiene que ser preparada para la correcta lectura por el sistema.

- El sensor debe ser polarizado. En general, se trabaja con tensiones.
- Si el sensor es muy no lineal, debe linealizarse.
- El sistema debe hacer un ajuste de cero.
- La tensión del modo común tiene que desaparecer.
- La señal de salida debe ser amplificada para adaptarla a las tensiones del sistema de medida.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Introducción

Componentes esenciales

En un sistema de instrumentación típico, los componentes serán:

- Pasivos: Resistencias y condensadores de precisión, conectores, etc.
- Diodos y transistores
 - Silicio, germanio, ... Zener, de conmutación rápida, ..
 - BJTs y MOS, potencia, conmutación, alta tensión, ...
- Amplificadores operacionales y comparadores
- Amplificadores diferenciales y de instrumentación
- Amplificadores de aislamiento

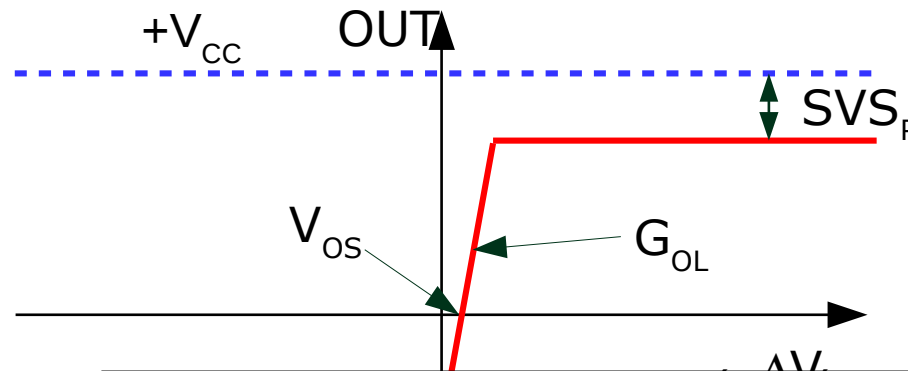
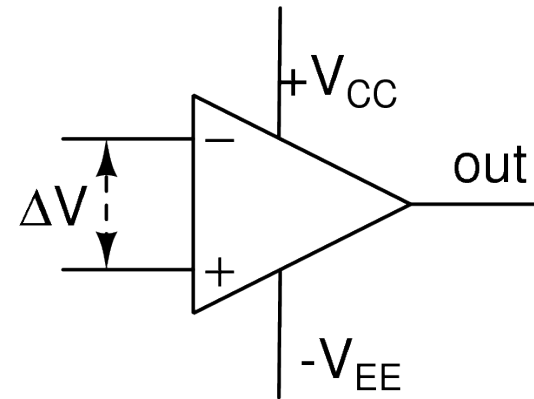
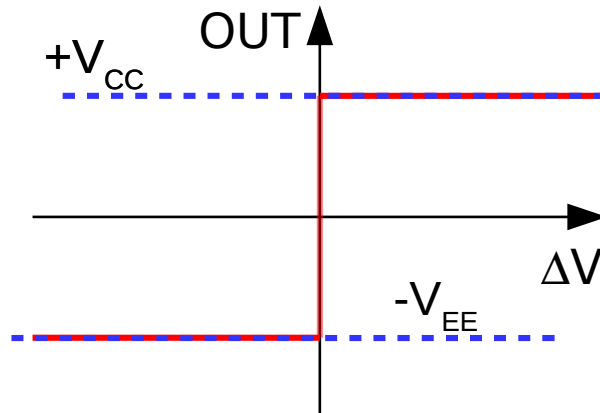
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificadores operacionales

Características DC



REAL

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Amplificadores operacionales

Características DC

- **Tensión de *offset* en la entrada, V_{os}**
 - Originada por el desequilibrio en el par diferencial de entrada
 - *Mayor en opamps de entrada FET que en entrada bipolar*
 - Equivale a tensión DC en entrada no inversora
- **Corrientes de polarización de la entrada, I_B**
 - Fuentes DC de corriente dirigidas al interior.
 - Referidas a entradas o modo común/diferencial
 - Originadas por corrientes de base o puerta en pares diferenciales
 - *Mayor en opamps de entrada bipolar que en de entrada FET*
- **Ganancia en lazo abierto, G_{OL}**
 - Etapas con ganancia finita
 - Afecta a ganancia DC y a comportamiento en frecuencia

Cartagena99

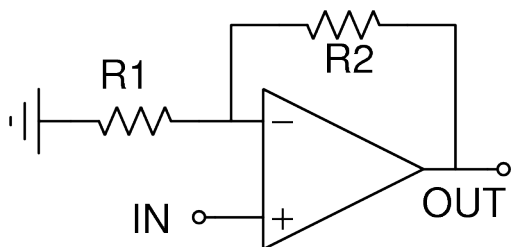
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificadores operacionales

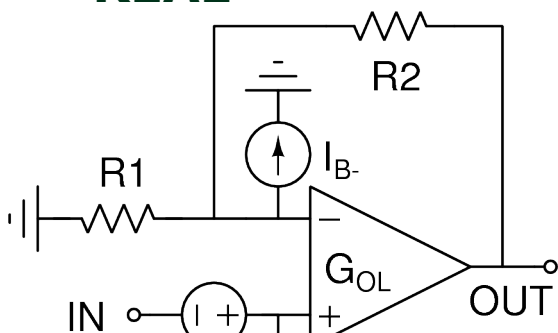
Características DC

IDEAL



$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \cdot V_{IN} = K \cdot V_{IN}$$

REAL



$$V_{OUT} = \frac{K \cdot V_{IN}}{1 + K \cdot G_{OL}^{-1}} + \frac{K \cdot V_{OS} + R_2 \cdot I_B}{1 + K \cdot G_{OL}^{-1}}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Ganancia nula

Cartagena99

Amplificadores operacionales

Características DC

- **Razón de rechazo del modo común, CMRR**
- **Power Supply Rejection Ratio (PSRR)**
 - La tensión de offset aumenta con la tensión de alimentación
- **Drift (desplazamiento) térmico**
 - La tensión de offset varía con la temperatura
- **Consumo de corriente (Quiescent current)**
 - Corriente requerida por el op amp en reposo
 - Muy importante en sistemas por batería
- **Tensión mínima de alimentación**
 - Al menos, $SVS_p + SVS_N$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificadores operacionales

Características AC

- **Producto ganancia-ancho de banda o frecuencia de ganancia unidad**
 - Se modela el op amp con un único polo
 - No siempre cierto, sobre todo a baja ganancia
- **Márgenes de fase y ganancia**
- **Slew rate**
 - Máxima variación de la tensión de salida
 - Dominante en muchos casos
 - En bipolares, relacionados con producto ganancia-ancho de banda por el factor $4 \cdot \pi \cdot V_T = 0,327 \text{ V}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificadores operacionales



Tipos de amplificadores

- Bajo offset
- Bajo ruido
- Alta ganancia

- Potencia
- Alta tensión
- Alta corriente de salida
- Bajo consumo

- Rail-to-rail
 - Alimentación unipolar

- Alta velocidad

- Single dual quad

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Comparadores

¿Es un amplificador operacional?

No. Ambos son amplificadores diferenciales con alta impedancia de entrada y ganancia. Sin embargo, ahí acaban las similitudes...

- El op amp trabaja en zona lineal. El comparador en **saturación**.
- El op amp necesita ser estable. El comparador, **rápido**.
→ *Los comparadores carecen de C_c*
- La salida de un comparador tiene niveles lógicos "0" y "1", la de un op amp cualquiera.
→ *La salida de un comparador puede ser doble (original y negada)*
- Un op amp tiene una o dos entradas de alimentación. El comparador, hasta 4.
→ $+V_{cc}$, $-V_{cc}$, V_L y $0V$.
- Un comparador suele atacar elementos con alta impedancia de entrada.
→ *No suele tener etapa de salida (pull-up /pull-down con*

Cartagena99

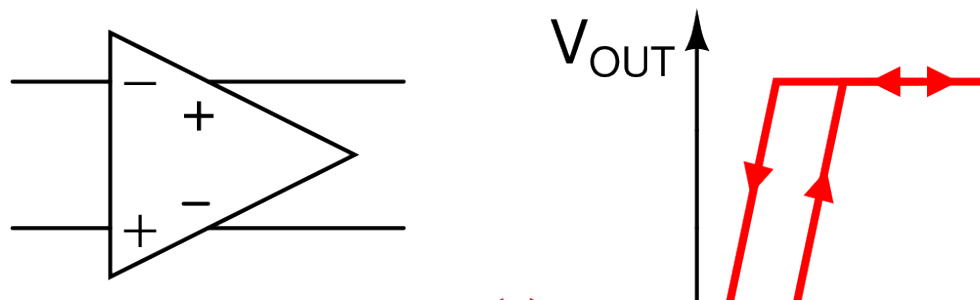
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Comparadores

No idealidades

- Tensión de *offset* de la entrada
 - *No se puede medir como en op amp*
- Ganancia diferencial
- Anchura del ciclo de histéresis
- Tiempo de respuesta
- ...



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

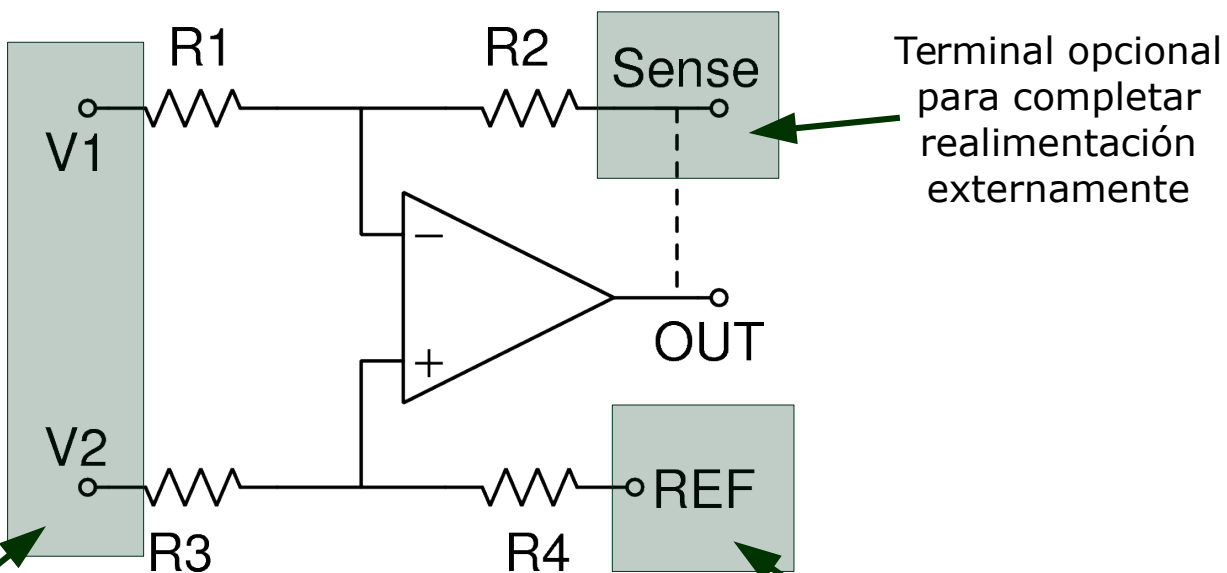
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

El amplificador diferencial

Estructura

Es relativamente conocida. Seguramente, estudiada en cursos anteriores. Sin embargo, en la práctica hay sutilezas que tomar en cuenta.



Terminal opcional para completar realimentación externamente

Cartagena99

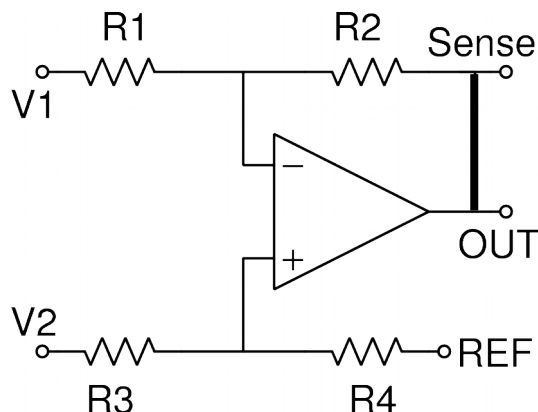
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

El amplificador diferencial

Valor de salida

Fácilmente calculable aplicable con el principio de superposición.



$$V_{OUT} = \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} \cdot V_2 - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_1 + \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} \cdot V_{REF}$$

O más normalmente...

$$V_{OUT} = \left(\frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_2 + R_4)} - \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot V_1 + \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_2 + R_4)} \cdot (V_2 - V_1) + \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_2 + R_4)} \cdot V_{REF}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

El amplificador diferencial

Valor de salida

¿Qué se buscará?

$$\left(\frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} - \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot V_1 + \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} \cdot (V_2 - V_1) + \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} \cdot V_{REF}$$

Ganancia del modo común
Ganancia del modo diferencial
Ganancia de la referencia

$$G_C = \left(\frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} - \frac{R_2}{R_1} \right) = 0 \quad \longrightarrow \quad R_2 = R_3 \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4}$$

$$G_{REF} = \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 \cdot (R_3 + R_4)} = 1 \quad \longrightarrow \quad \frac{R_1}{R_4} = \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4}$$

Normalmente, se opta por

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99

El amplificador diferencial

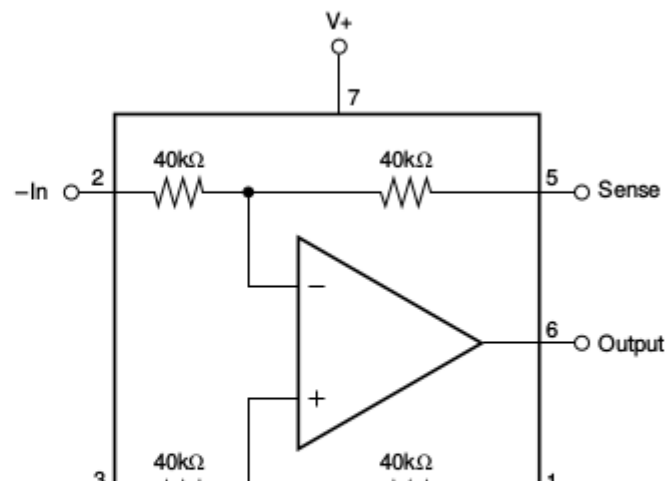
Desafío en construcción

El problema es que, para minimizar la ganancia del modo común (y aumentar la CMRR), necesitamos una gran precisión en las resistencias.

SOLUCIÓN: USO DE CIRCUITOS INTEGRADOS CON RESISTENCIAS DE PELÍCULA METÁLICA AJUSTADAS POR LÁSER

DESCRIPTION

The INA132 is a low power, unity-gain differential amplifier consisting of a precision op amp with a precision resistor network. The on-chip resistors are laser trimmed for accurate gain and high common-mode rejection. Excellent TCR tracking of the resistors maintains gain accuracy and common-mode rejection over temperature. The internal op amp's common-mode range extends to the negative supply—ideal for single-supply applications. It operates on single (2.7V to 36V) or dual supplies ($\pm 1.35\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$).



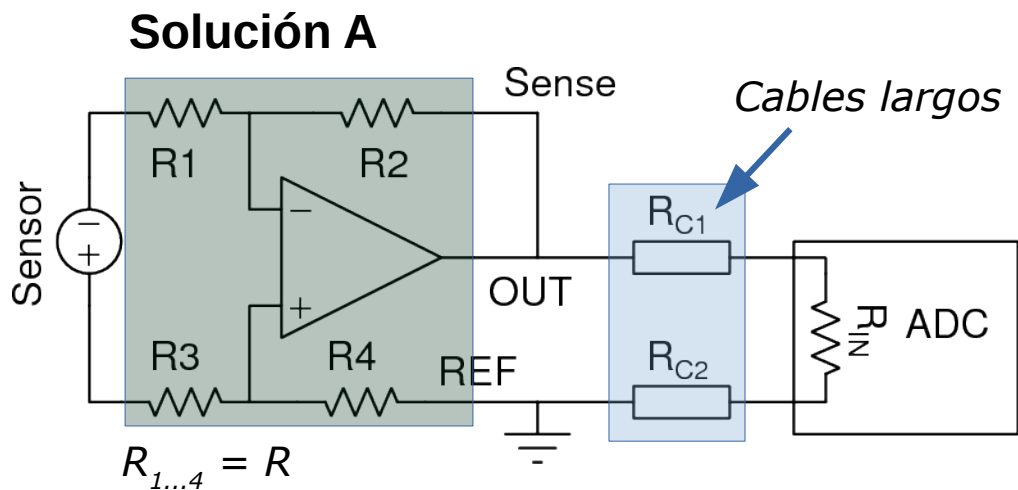
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

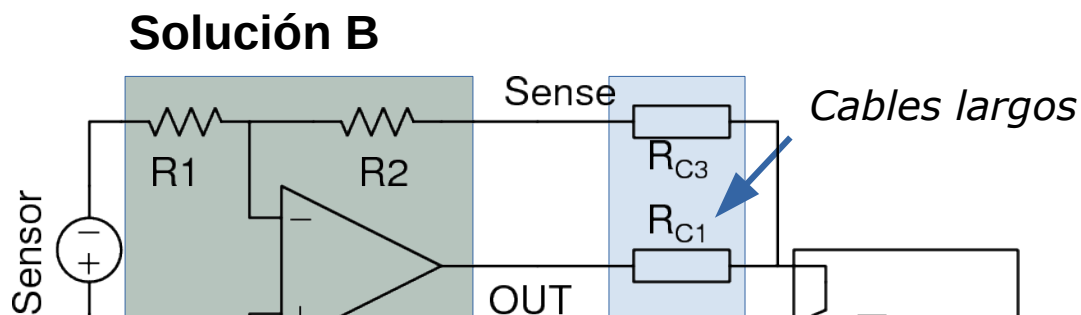
Cartagena99

El amplificador diferencial

Uso del SENSE y REF para medidas a larga distancia



$$G_{D,EFF} = \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_{C1} + R_{C2}} \cdot G_D$$



$$G_{D,EFF} = \frac{2 + R_{C3}/R}{2 + R_{C1}/R} \cdot G_D$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

El amplificador diferencial

No idealidades

Algunas se heredan directamente del amplificador operacional:

- Tensión de offset
- Corrientes de polarización de la entrada
- Desplazamiento de la tensión de saturación
- Consumo de corriente
- Corriente máxima de salida
- ...

Pero otras aparecen:

- Cada entrada tiene su propio comportamiento en frecuencia al tener dos configuraciones distintas.
- Impedancia de entrada muy baja:
- No inversora: $R_{IN2} = R_3 + R_4 \sim 20-100 \text{ k}\Omega$ entre V2 y REF

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificador de Instrumentación

Una extensión del amplificador diferencial ...

Como el amplificador diferencial, debe:

- Ser capaz de restar dos señales de tensión
- Disponer de terminales SENSE y REF
- CMRR muy alto

Y además...

- Tener una ganancia controlable externamente
- Ofrecer una elevadísima impedancia de entrada

¿Cómo se consigue esto?

Existen diversas estructuras que permiten alcanzar los objetivos anteriores. Sin embargo, la estructura más popular es la **“clásica de tres amplificadores operacionales”**.

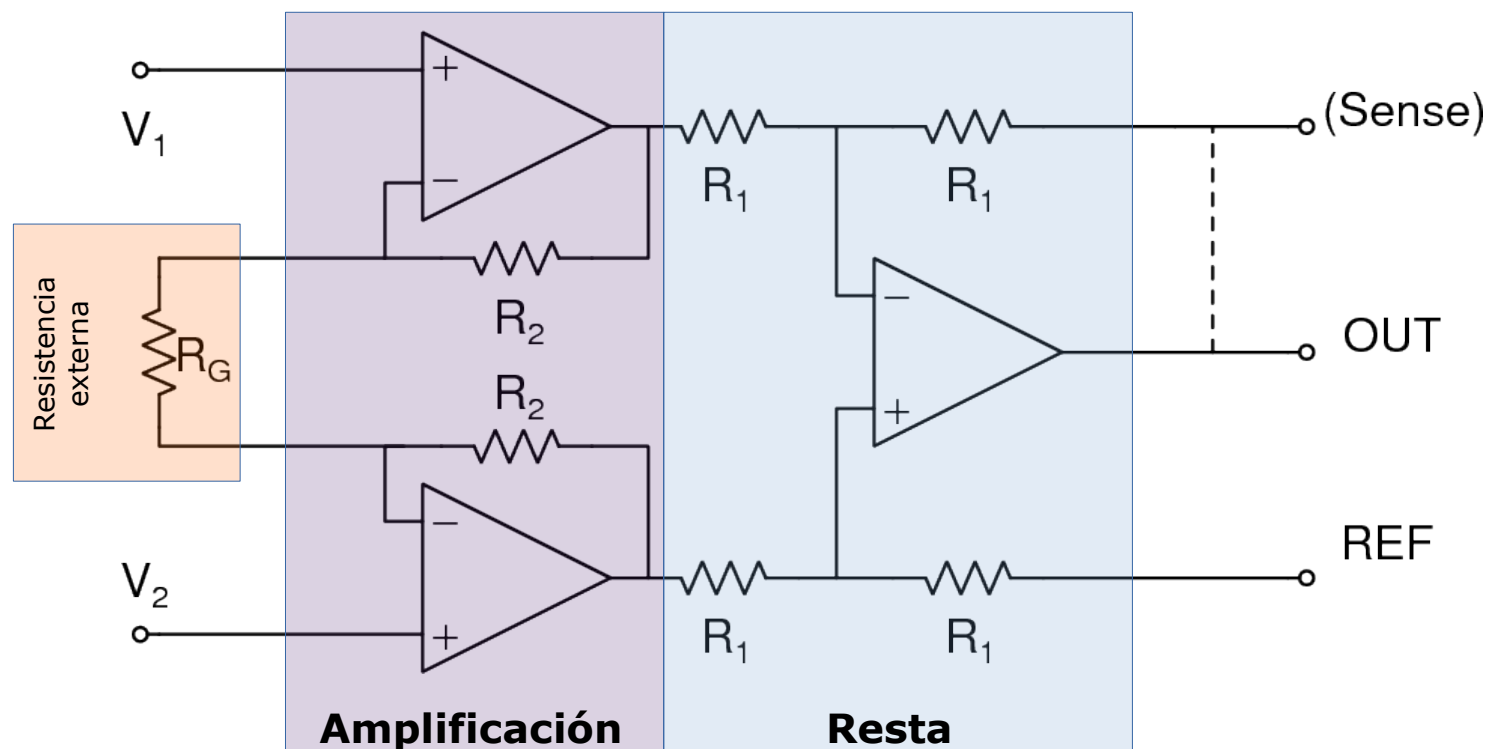
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Amplificador de Instrumentación

Estructura clásica con tres op amps



Por superposición:

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificador de Instrumentación

Algunos detalles prácticos


- Se necesitan resistencias muy exactas: Sólo se usan como circuitos integrados.
- Ninguna entrada puede salirse del intervalo delimitado por las alimentaciones: Desventaja frente al amplificador diferencial.
- I_B : Como en op amps. Depende de naturaleza FET o BJT de los pares diferenciales de entrada.
- **Tensión de offset**: Hay dos:
 - $V_{OS,IN}$: Relacionada con los dos primeros op amps, amplificable por la ganancia diferencial, G_D .
 - $V_{OS,OUT}$: Relacionada con el op amp de salida, no amplificable.
 - Pueden regularse con potenciómetros. En algunos casos, de manera independiente.
- Al haber 3 op amps, *no puede modelarse con un único polo*. En la práctica, se trabajará con f_{-3dB} , que depende de la ganancia.
- Es posible definir el *Slow Rate*, que es el menor de los de los


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificador de Instrumentación





INA111

**High Speed FET-Input
INSTRUMENTATION AMPLIFIER**

FEATURES

- FET INPUT: $I_b = 20\text{pA max}$
- HIGH SPEED: $T_s = 4\mu\text{s (G = 100, 0.01\%)}$
- LOW OFFSET VOLTAGE: $500\mu\text{V max}$
- LOW OFFSET VOLTAGE DRIFT: $5\mu\text{V/}^\circ\text{C max}$
- HIGH COMMON-MODE REJECTION: 106dB min
- 8-PIN PLASTIC DIP, SOL-16 SOIC

APPLICATIONS

- MEDICAL INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION

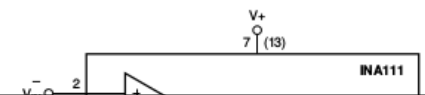
DESCRIPTION

The INA111 is a high speed, FET-input instrumentation amplifier offering excellent performance.

The INA111 uses a current-feedback topology providing extended bandwidth (2MHz at G = 10) and fast settling time (4 μs to 0.01% at G = 100). A single external resistor sets any gain from 1 to over 1000.

Offset voltage and drift are laser trimmed for excellent DC accuracy. The INA111's FET inputs reduce input bias current to under 20pA, simplifying input filtering and limiting circuitry.

The INA111 is available in 8-pin plastic DIP, and SOL-16 surface-mount packages, specified for the -40°C to +85°C temperature range.



**Un ejemplo
(1 de 2)**

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Amplificador de Instrumentación

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	INA111BP, BU			INA111AP, AU			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
INPUT								
Offset Voltage, RTI								
Initial	$T_A = +25^\circ\text{C}$		$\pm 100 \pm 500/\text{G}$	$\pm 500 \pm 2000/\text{G}$		$\pm 200 \pm 500/\text{G}$	$\pm 1000 \pm 5000/\text{G}$	μV
vs Temperature	$T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX}		$\pm 2 \pm 10/\text{G}$	$\pm 5 \pm 100/\text{G}$		$\pm 2 \pm 20/\text{G}$	$\pm 10 \pm 100/\text{G}$	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
vs Power Supply	$V_S = \pm 6\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$		$2 + 10/\text{G}$	$30 + 100/\text{G}$		*	*	$\mu\text{V}/\text{V}$
Impedance, Differential			$10^{12} 6$			*	*	ΩpF
Common-Mode			$10^{12} 3$			*	*	ΩpF
Input Common-Mode Range	$V_{\text{DIFF}} = 0\text{V}$	± 10	± 12		*	*		V
Common-Mode Rejection	$V_{\text{CM}} = \pm 10\text{V}$, $\Delta R_S = 1\text{k}\Omega$							
	$G = 1$	80	90		75	*		dB
	$G = 10$	96	110		90	*		dB
	$G = 100$	106	115		100	*		dB
	$G = 1000$	106	115		100	*		dB
BIAS CURRENT			± 2	± 20		*	*	pA
OFFSET CURRENT			± 0.1	± 10		*	*	pA
NOISE VOLTAGE, RTI	$G = 1000$, $R_S = 0\Omega$							
$f = 100\text{Hz}$			13			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 1\text{kHz}$			10			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 10\text{kHz}$			10			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f_b = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz			1			*		$\mu\text{Vp-p}$
Noise Current						*		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
$f = 10\text{kHz}$			0.8			*		
GAIN								
Gain Equation			$1 + (50\text{k}\Omega/R_S)$			*		V/V
Range of Gain		1		10000	*		*	V/V
Gain Error	$G = 1$, $R_L = 10\text{k}\Omega$		± 0.01	± 0.02		*	0.05	%
	$G = 10$, $R_L = 10\text{k}\Omega$		± 0.1	± 0.5		*	*	%
	$G = 100$, $R_L = 10\text{k}\Omega$		± 0.15	± 0.5		*	± 0.7	%
	$G = 1000$, $R_L = 10\text{k}\Omega$		± 0.25	± 1		*	± 2	%
Gain vs Temperature	$G = 1$		± 1	± 10		*	*	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
50k Ω Resistance ⁽¹⁾			± 25	± 100		*	*	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$
Nonlinearity	$G = 1$		± 0.0005	± 0.005		*	*	% of FSR
	$G = 10$		± 0.001	± 0.005		*	± 0.01	% of FSR
	$G = 100$		± 0.001	± 0.005		*	± 0.01	% of FSR
	$G = 1000$		± 0.005	± 0.02		*	± 0.04	% of FSR
OUTPUT								
Voltage	$I_O = 5\text{mA}$, T_{MIN} to T_{MAX}	± 11	± 12.7		*	*		V
Load Capacitance Stability	1000		1000		*	*		pF

Un ejemplo
(2 de 2)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Amplificador de Instrumentación

Otros amplificadores de instrumentación

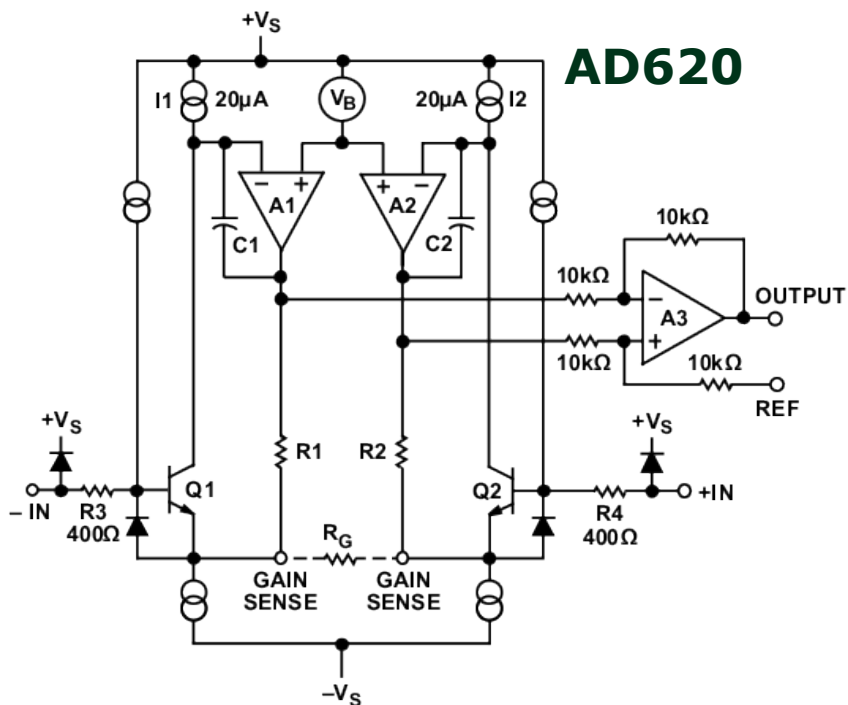
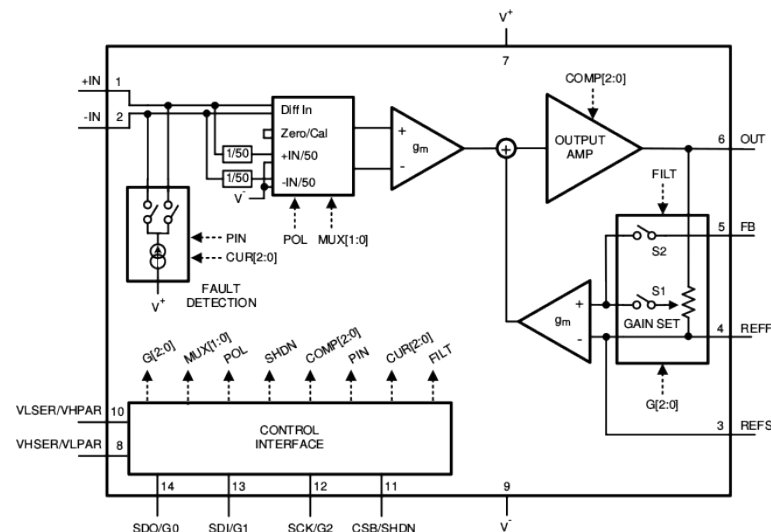


Figure 36. Simplified Schematic of AD620

LMP8358



La ganancia puede controlarse desde el exterior por SPI o paralelo

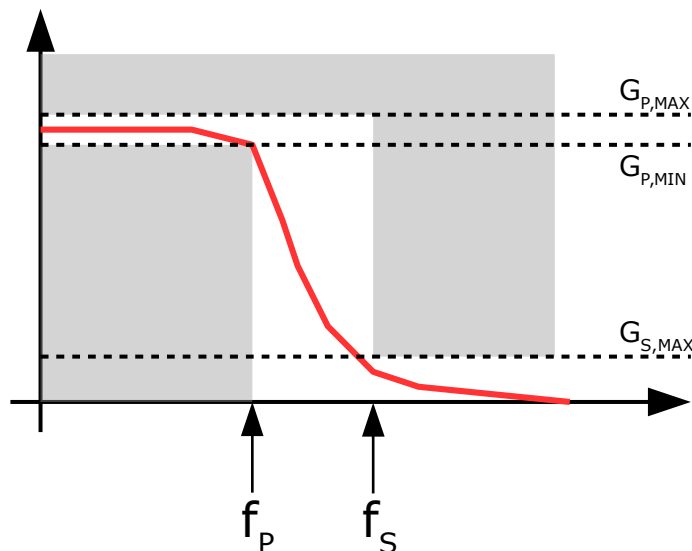
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Filtrado

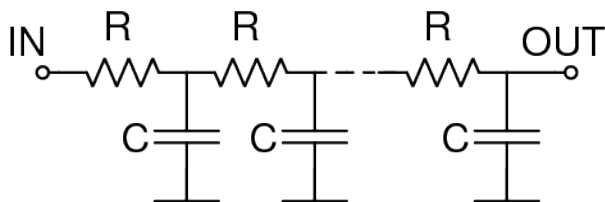
Eliminación del rizado, ruido, componente DC, interferencias, etc.



Ejemplo de Filtro LP

- f_p : Límite banda de paso
- f_s : Límite banda de rechazo
- $G_{P,MAX}$: Ganancia máxima permitida en la banda de paso
- $G_{P,MIN}$: Ídem
- $G_{S,MAX}$: Ganancia máxima en banda de rechazo

¿Cómo construirlos?



Filtros activos

- Butterworth (simples), Chebyshev (abrupto), Bessel (sin cambio de fase),...
- Configuraciones Sallen-Key, realimentación múltiple, immitancia generalizada, ...

Cartagena99

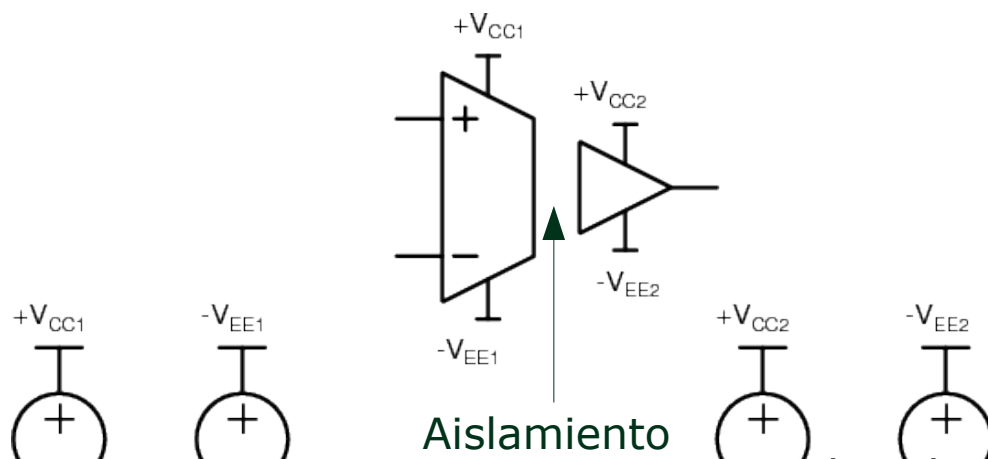
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Amplificadores de Aislamiento

Motivos de uso

- El sistema de medida es eléctricamente independiente del sensor.
- Protección del usuario.
- Posibilidad de tensiones del modo común muy altas (Cientos o miles de voltios).
- Requerimientos legales: p.e., sistemas biomédicos.
- Eliminación de bucles de tierra.



- Cada parte tiene alimentaciones diferenciadas
- NO HAY REALIMENTACIÓN

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

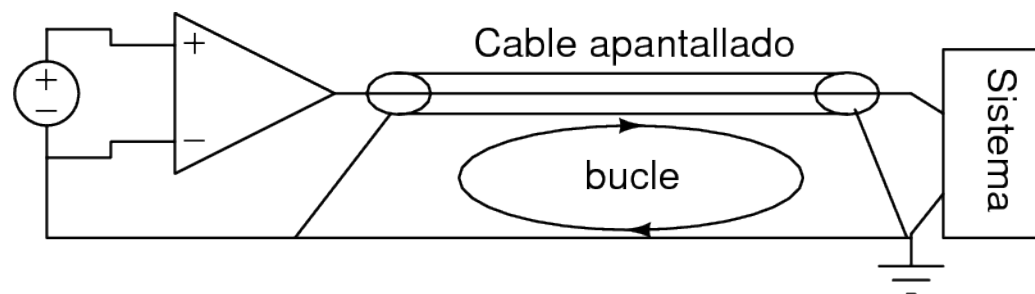
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Tierras independientes

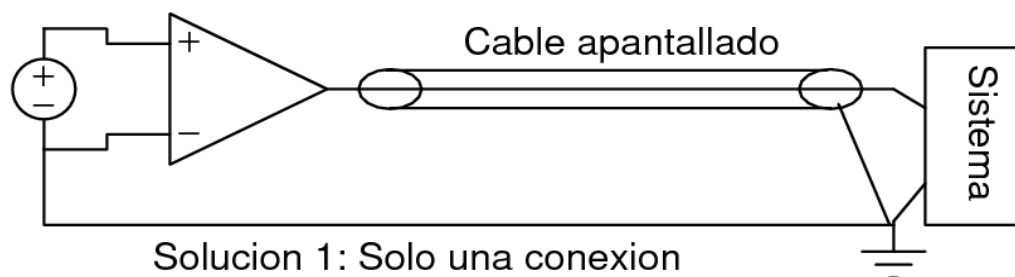
Amplificadores de Aislamiento

Bucles de tierra

La creación de una espira debido al exceso de celo o a la ignorancia favorece la aparición de interferencias



Ejemplo de creación. Puede haber más posibilidades.



Solución 1: Un simple corte de cable destruye el bucle.



Solución 2: En sistemas más

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

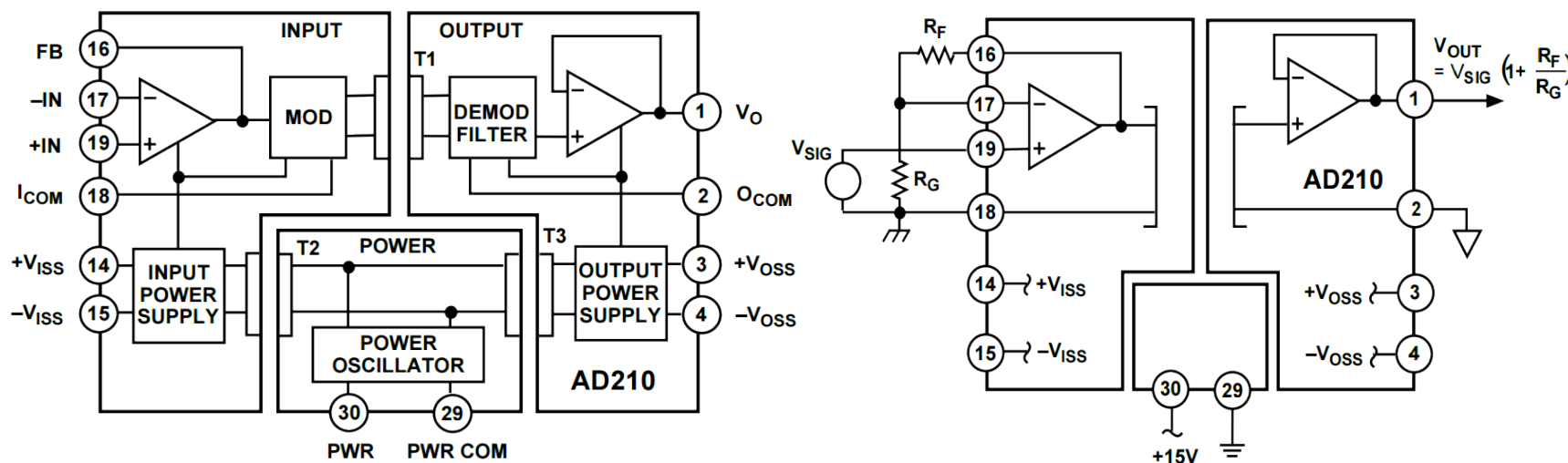
Cartagena99

Amplificadores de Aislamiento

Construcción (I)

Son dispositivos relativamente complejos y sólo unos cuantos fabricantes ofrecen soluciones.

Ejemplo: AD210 de Analog Devices



- **Aislamiento galvánico:** Cuenta con transformadores

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

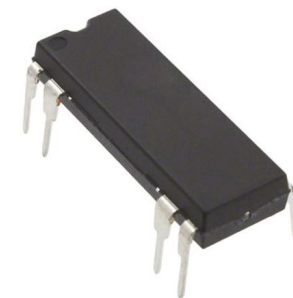
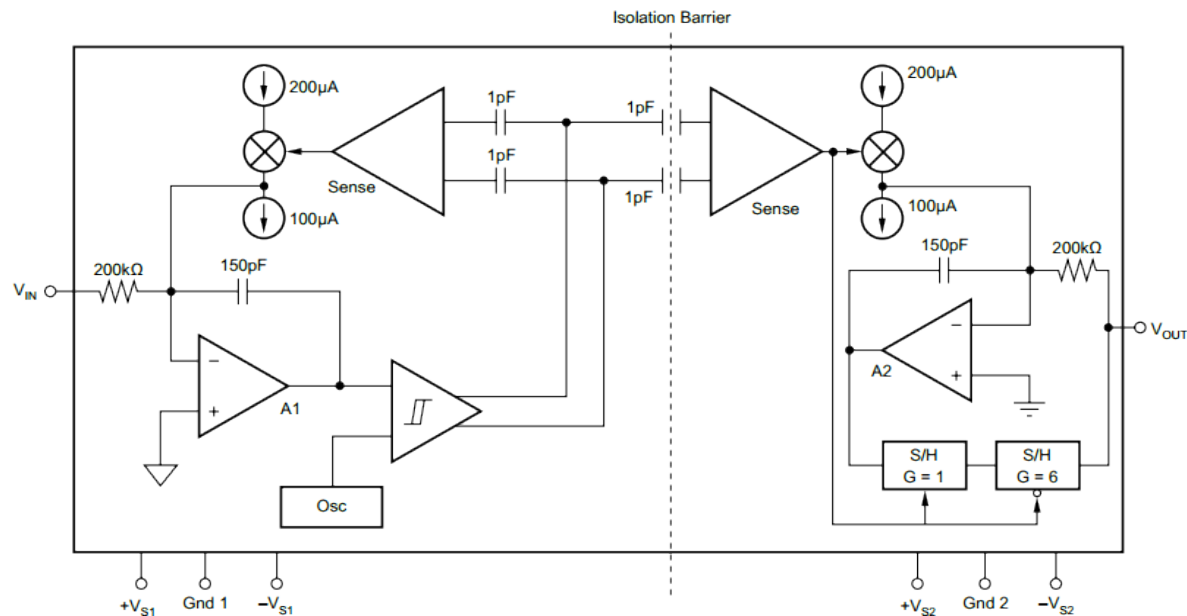
Cartagena99

Amplificadores de Aislamiento

Construcción (II)

Son dispositivos relativamente complejos y sólo unos cuantos fabricantes ofrecen soluciones.

Ejemplo: ISO124 de Texas Instruments



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

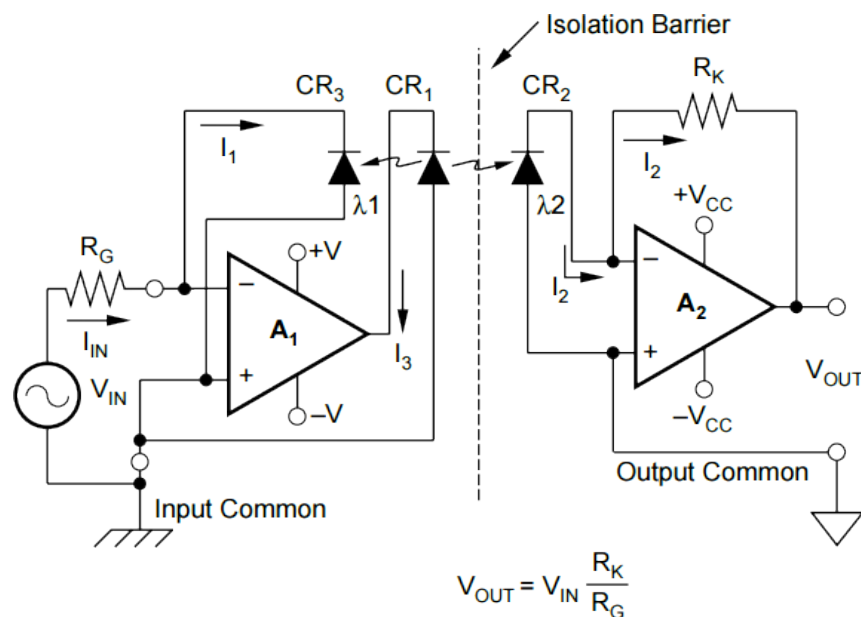
Cartagena99

Amplificadores de Aislamiento

Construcción (III)

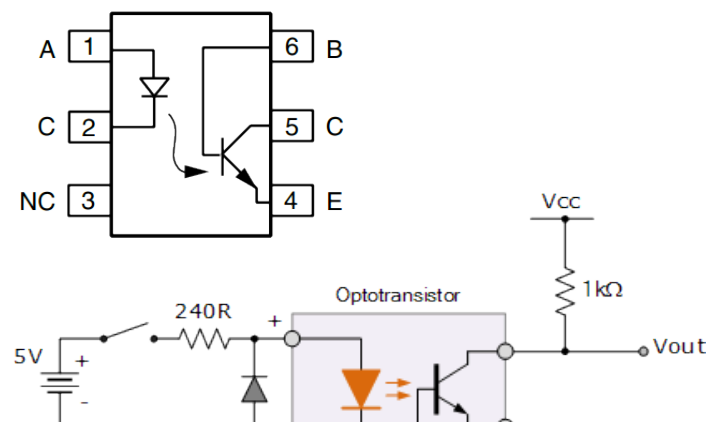
Durante mucho tiempo, estuvieron en boga amplificadores que completaban la realimentación entre las dos partes por luz.

SIN EMBARGO, YA NO SE RECOMIENDAN PARA NUEVOS DISEÑOS.



Pero la idea de la comunicación luminosa entre sistemas aislados sigue siendo popular:

Optoacopladores



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Amplificadores de Aislamiento

No idealidades

Dadas las diferencias en la construcción, no es posible definir un conjunto claro de parámetros característicos.

Como derivan de amplificadores operacionales y diferenciales, siempre es posible extrapolar los parámetros de estos a los de aislamiento:

Tensión de offset, ganancia en lazo abierto, etc.

- El comportamiento en frecuencia está limitado por la moduladora.
- Aparece una señal parásita en la frecuencia de modulación
- Es necesario conocer la máxima tensión posible entre los sistemas aislados.
- Se define la **IMRR** (*Isolation Mode Rejection Ratio*) como:

$$IMRR = \frac{\Delta V_{ISO}}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Referencias de tensión

Motivación

En muchos sistemas de instrumentación, es necesario disponer de fuentes de tensión exactas, invariables y sin ruido para utilizarlas como referencias.

- Ajuste a cero
- Conversión Analógico/Digital y Digital/Analógica

Parámetros característicos

- Independencia de la alimentación: *Line Regulation*
- Independencia de la carga: *Load Regulation*
- Independencia de la temperatura: *Deriva térmica*
- *Drop-out*
- Nivel de ruido en la salida

$$Lin. R = \frac{\Delta V_{CC}}{\Delta V_{OUT}}$$

$$Lo. R = -\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{OUT}}$$

$$TC = \frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

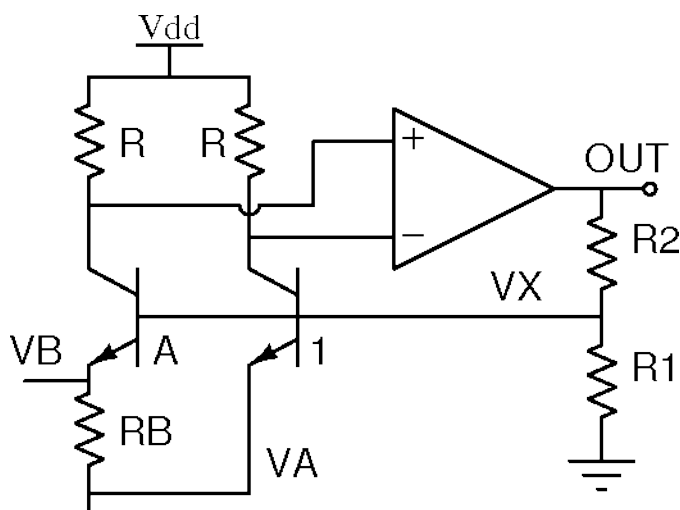
Referencias de tensión

Métodos de construcción

Hay tres técnicas: Bandgap, Zener enterrado y XFET. Veremos las dos primeras.

Band-gap

Basada en celda de Brokaw.



- Dos transistores NPN de distinta área y con la misma corriente de colector, I_C .

$$\begin{aligned}
 V_A &= 2 \cdot R_A \cdot I_C \\
 V_{RB} &= R_B \cdot I_C \quad \longrightarrow \quad V_B = (2 \cdot R_A + R_B) \cdot I_C
 \end{aligned}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

BE,1 BE,A B-C

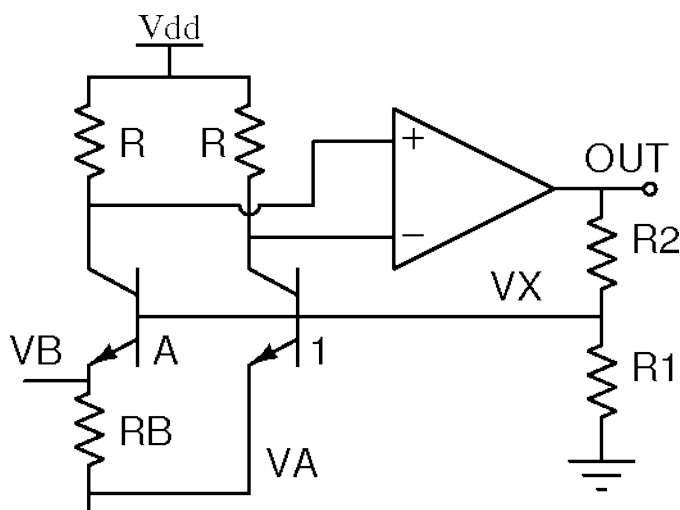
Referencias de tensión

Métodos de construcción

Hay tres técnicas: Bandgap, Zener enterrado y XFET. Veremos las dos primeras.

Band-gap

Basada en celda de Brokaw.



$$V_A = 2 \cdot R_A \cdot N \cdot V_T \cdot \ln(A)$$

$$V_{BE,1} = N \cdot V_T \cdot \ln(I_C / I_S)$$

$$V_X = V_A + V_{BE,1}$$



Se cancelan si $V_{BE,1} = 1.23 \text{ V}$ en Si

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

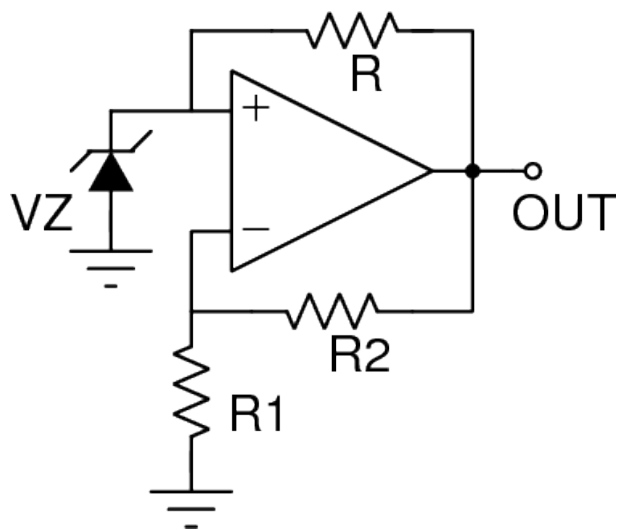
Cartagena99

Referencias de tensión

Métodos de construcción

Hay tres técnicas: Bandgap, Zener enterrado y XFET. Veremos las dos primeras.

Zener enterrado



- Polarizada desde la salida: Se elimina influencia de alimentación.
- La tensión de salida se controla con las resistencias de realimentación.

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) \cdot V_Z$$

- El zener se construye en el interior de la oblea de silicio, lejos de los defectos de superficie.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Referencias de tensión

¿Qué referencia elegir?

Tensión de alimentación:

- Mucho mayor en Zener enterrado (al menos 8 V para romper el diodo zener).

Ruido en la salida

- Mucho menor en Zener enterrado

Medida de temperatura

- En una celda Brokaw, la tensión V_{RA} es proporcional a la temperatura y puede usarse para determinar la temperatura del sistema.
- Algunos micros llevan integrada una



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Captura de pantalla en BQ Aquarius

Referencias de tensión

Un par de puntos para terminar

Referencias tipo Shunt

- Funcionamiento similar a diodos Zener, y como tal se suelen representar.
- Opuestas a las más normales: Referencias tipo serie
- Utilizada en algunos contextos:
 - Cuando la tensión de alimentación es muy alta
 - Cuando se requiere bajo consumo de corriente en estática
 - También se basan en celdas tipo Bandgap

Reguladores de tensión lineales

- Muy populares: Dan una tensión fija para alimentar circuitos.
- Optimizados para dar mucha corriente, para disipar potencia, para trabajar con tensiones muy altas, etc.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

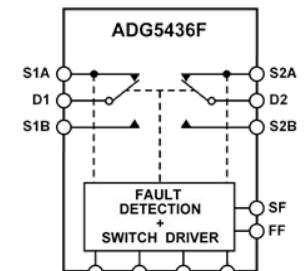
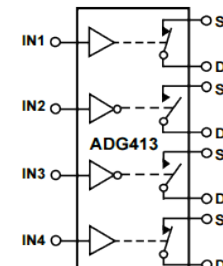
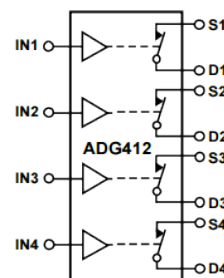
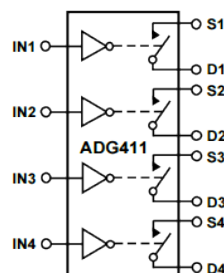
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Conmutadores analógicos

También conocidos como "*analog switches*".

Motivación

- Equivalentes a multiplexores digitales
- Resistencias controlables digitalmente: ON ("baja") y OFF ("infinita")
- Nomenclatura:
 - 1x, 2x, 4x: Número de canales por chip.
 - NO, NC: Normalmente abiertos / Normalmente cerrados
 - SPST: Single Pole/single through
 - SPDT: Single Pole/Double through



Cartagena99

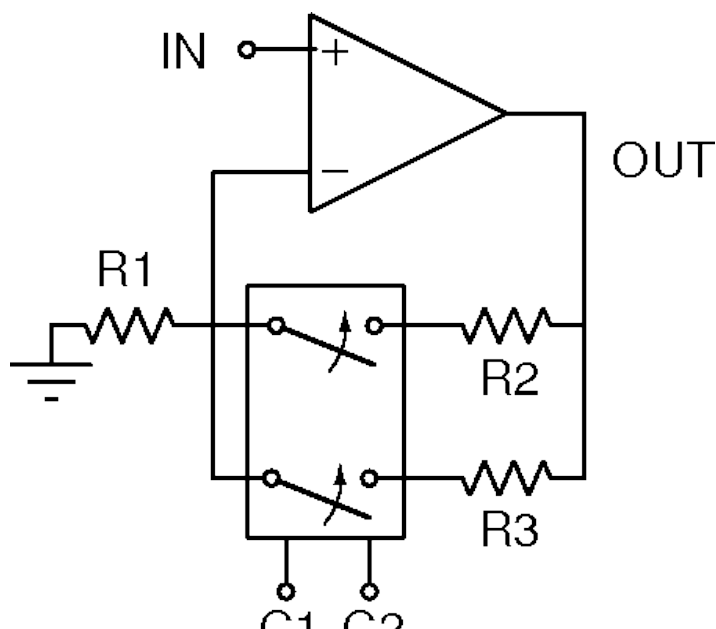
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Conmutadores analógicos

¿Por qué interesan en instrumentación?

Permiten cambiar a voluntad la estructura del circuito adaptando sus características a la medida.



*Dos señales de control permiten adaptar el diseño para obtener hasta **tres** ganancias distintas.*

También se pueden multiplexar señales, cambiar signos, etc.

Sin embargo, la resistencia

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

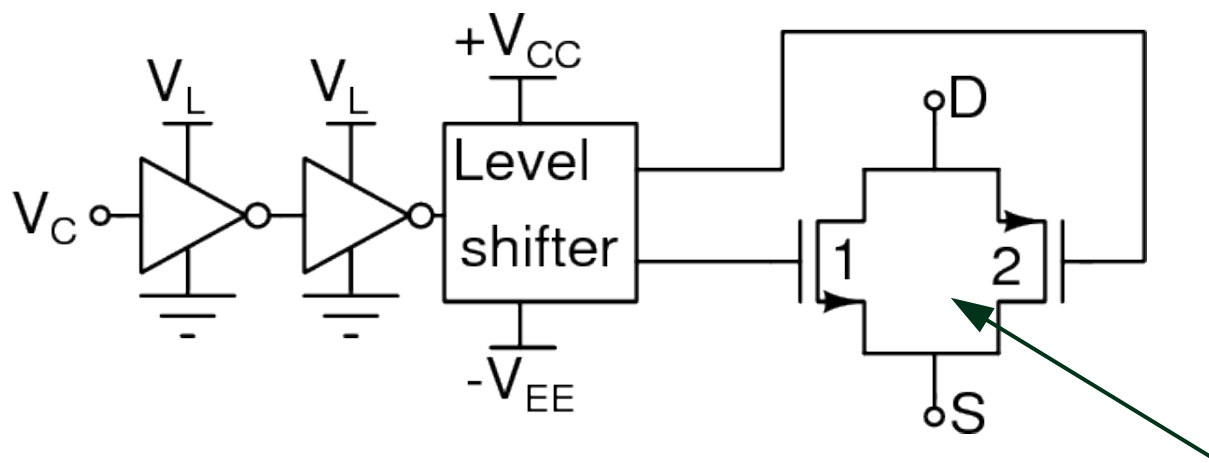
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

Conmutadores analógicos

Construcción

Se construyen con un NMOS y un PMOS en paralelo. Se dividen en "de Alta Tensión" y "de Precisión".



Normalmente, $V_D \approx V_S \rightarrow$ **ZONA LINEAL**

Sustratos a alimentaciones (Alta tensión)

$$R_{DN} \approx \frac{1}{\mu_n C_{ox} (V_{GS} - V_{th})}$$

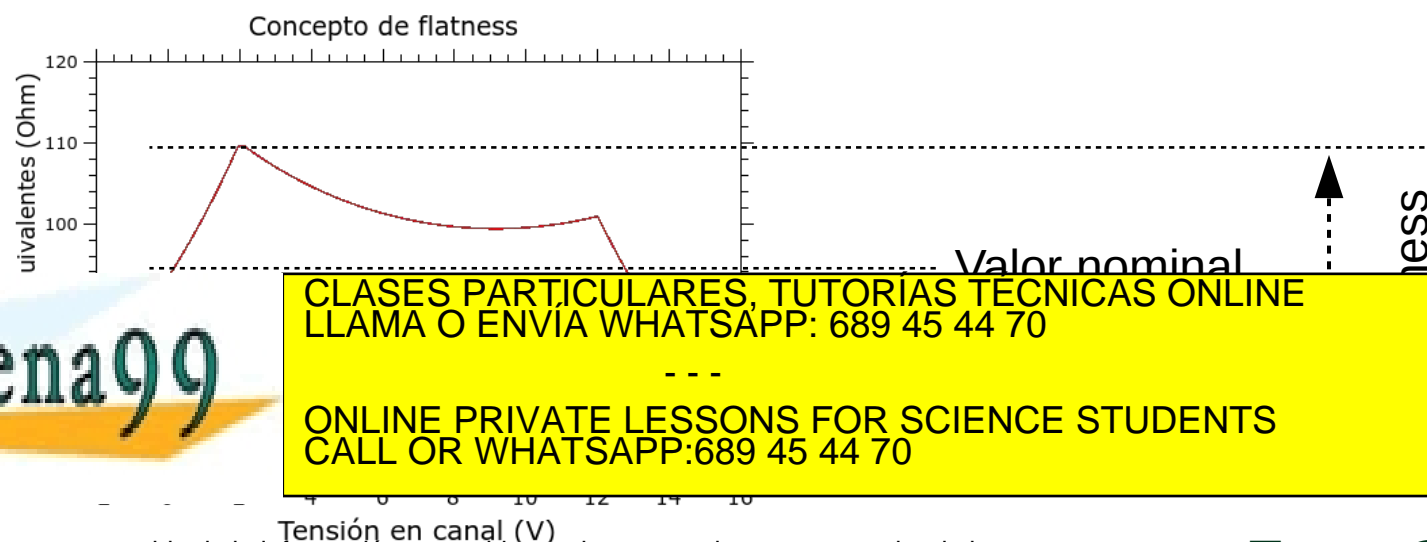
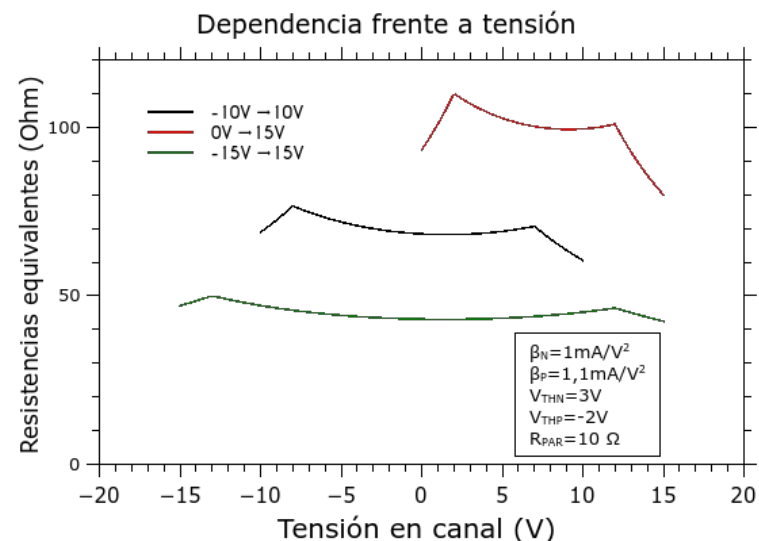
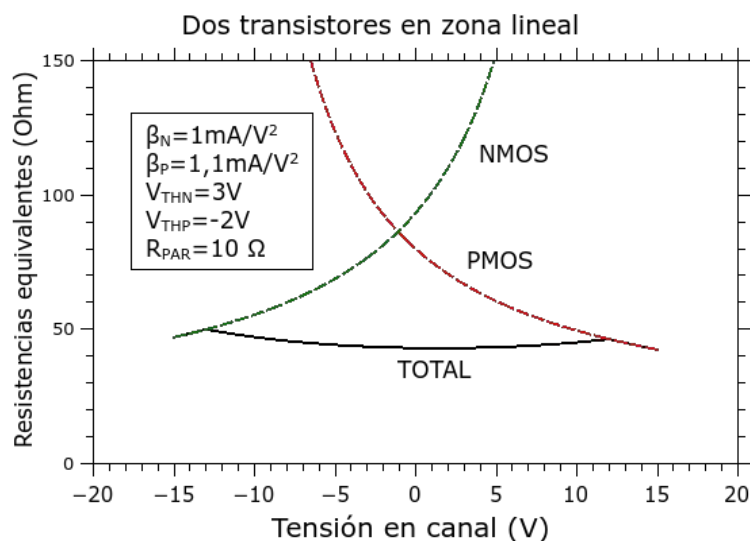
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Conmutadores analógicos

Construcción



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Tensión en canal (V)

Conmutadores analógicos

Características eléctricas de interés

- **Resistencia media y flatness:** Deben considerarse como resistencia parásita más una tolerancia.
- Dependencia de tensiones de alimentación
- Corrientes de fuga
- **Inyección de carga:** La carga almacenada en la puerta de los MOS del canal ON salta al circuito al pasar a OFF.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

¿Y qué más hay por ahí?

Una disciplina en plena evolución

Los elementos son como los seres vivos: Nacen y desaparecen si no evolucionan o si otras variedades los reemplazan.

- Ya nadie usa analog switches bipolares, amplificadores de aislamiento ópticos, ... : **Discontinued, Not recommended for new designs, obsolete.**
- Dispositivos que tener en cuenta:
 - Amplificadores con control de offset (Chopper)
 - Amplificadores con ganancia programables (PGA)
 - Amplificadores operacionales con ganancia en corriente
 - FPAA (Field Programmable Analog Arrays)
 - ...

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70