

ACONDICIONAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE LA SEÑAL

1.- Determinar el error relativo en el amplificador inversor básico, teniendo en cuenta la tolerancia de las resistencias α , la tensión offset del AO V_{io} , y las corrientes de polarización, I_b , I_{io} . Compara

Resistencias:

Carbon film: 5%, 0,5 Watt, temperature coefficient 700 ppm/°C, (~0,03€)

Metal film: 1%, 0,5 Watt, temperature coefficient 50 ppm/°C, (~0,05€)

High precision wirewound: 0,1%, 0,2 Watt, temperature coefficient 5ppm/°C, (~4,00€)

Amplificadores operacionales:

Low-Cost, General Purpose Bipolar: LM741, $V_{io}=2\text{mV}$, $dV_{io}/dT=15\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, $I_b=80\text{nA}$, $I_{io}=20\text{nA}$, $dI_{io}/dT=0,5\text{nA}/^\circ\text{C}$, (~0,30€)

Low Cost, General Purpose JFET: TL082: $V_{io}=5\text{mV}$, $dV_{io}/dT=10\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, $I_b=50\text{pA}$, $I_{io}=25\text{pA}$, (~0,35€)

Precision Low offset: LF411: $V_{io}=0,3\text{mV}$, $dV_{io}/dT=7\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, $I_b=50\text{pA}$, $I_{io}=25\text{pA}$, (~5,00€)

Ultra-Low Input Current: LMC6001: $V_{io}=1\text{mV}$, $dV_{io}/dT=2,5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, $I_b=10\text{fA}$, $I_{io}=5\text{fA}$, (~4,00€)

2.- Los valores extremos de la tensión arterial en el brazo de un ser humano son de 50 mmHg a 200 mmHg. Si se desea una resolución de 3 mmHg, ¿cuál debe ser el margen dinámico de un sistema de medida de la tensión arterial? Si se dispone de un sensor de presión MPX50 (Motorola) que tiene un margen de medida de 0 KPa a 50 KPa, y una salida a fondo de escala de 60 mV, ¿qué funciones debe realizar el procesador analógico si su salida se lleva a un CAD cuyo margen de entrada es de 0 V a 1 V? Nota: 1 mmHg = 133 Pa.

3.- Una situación típica en los sistemas de adquisición de datos es tener un amplificador precedido de un multiplexor. Si las características de cada una de las ramas que entra al amplificador diferencial no son iguales, el CMRR se deteriora. Calcular el CMRR a 10 kHz para el sistema formado por un amplificador diferencial precedido por un filtro de paso bajo RC en cada terminal. El valor medio de las resistencias es $R=270\ \Omega$, y la máxima diferencia entre ellas es del 6% de R. Los condensadores se suponen iguales y de 23 pF (en un multiplexor los condensadores son capacidades parásitas y no tiene por qué ser muy diferentes; si fueran condensadores discretos su tolerancia sería elevada).

4.- Calcula la máxima frecuencia de muestreo para cada canal en un sistema de adquisición de datos secuencial de 8 canales analógicos que utiliza los siguientes dispositivos:

convertidor A/D de 12 bits (0-10 V) con $t_{\text{CONV}}=30\ \mu\text{s}$;

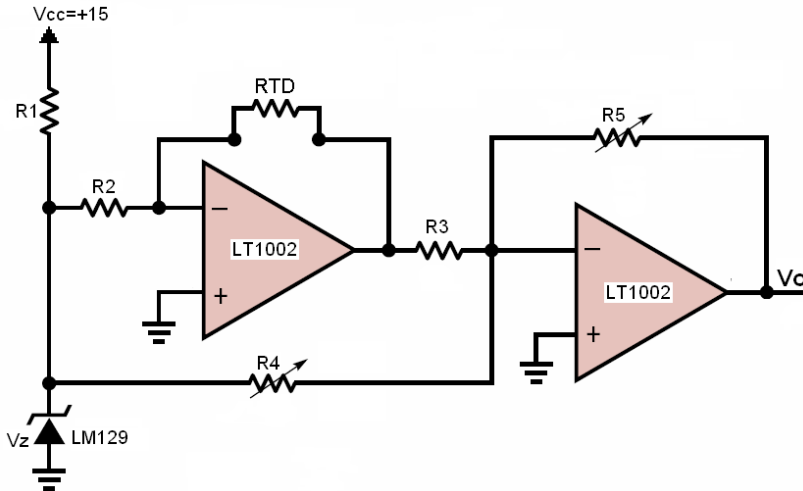
circuito de muestreo y retención con $t_{\text{SAMPLE}}=3,5\ \mu\text{s}$ y $t_{\text{HOLD}}=1\ \mu\text{s}$;

amplificador de ganancia programable por software con $t_{\text{AIGP}}=15\ \mu\text{s}$;

multiplexor con $t_{\text{MUX}}=350\ \text{ns}$.

EJERCICIO 1

Para medir temperatura entre 0 a 100°C se utiliza una Pt100 de clase A en el siguiente circuito.



INTERNATIONAL STANDARDS

Standard	Comment	
IEC 751	Defines Class A and B performance for 100Ω 0.00385 alpha Pt RTDs.	
DIN 43760	Matches IEC 751.	
BS-1904	Matches IEC 751.	
JIS C1604	Matches IEC 751. Adds 0.003916 alpha.	
ITS-90	Defines temperature scale and transfer standard.	
Parameter	IEC 751 Class A	IEC 751 Class B
R_0	100Ω ± 0.06%	100Ω ± 0.12%
Alpha, α	.00385 ± .000063	.00385 ± .000063
Range	-200°C to 650°C	-200°C to 850°C
Res., R_T^*	±(.06+.0008 T -2E-7T²)	±(.12+.0019 T -6E-7T²)
Temp, T^{**}	±(0.3+0.002 T)°C	±(0.3+0.005 T)°C

*Units are Ωs. Values apply to 100Ω Pt RTDs only. Scale by ratio of the R_s s to apply to other ice point resistances.

**Applies to all 0.00385 alpha Pt RTDs independent of ice point, R_0 .

$R_1 = 1.2\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 1\text{k}\Omega$

El LM129 establece una referencia $V_z = 6.9\text{ V}$.

El LT1002 es un CI con dos AO en el mismo chip.

1.- FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA

1.a- Considerando los AO ideales, determinar G y O en función de los componentes genéricos (sin dar valores) del circuito en la expresión $V_o = G * T + O$, donde V_o es la tensión de salida y T la temperatura medida en °C.

1.b- Determina G y O (valor y unidades) para que la salida vaya entre 0 y 5 voltios en el rango de temperatura de medida. Calcula el valor de R_4 y R_5 para que se verifique esa condición.

1.c.- Si a la salida se conecta un CAD de 8 bits, ¿cual es la resolución (en °C) del sistema de medida?

2.- ERROR ASOCIADO A LAS TENSIONES OFFSET DE LOS AO

2.a- Determina la expresión genérica (sin dar valores) del error en V_o asociado a las tensiones offset de los AO (V_{io1} y V_{io2}). Evalúa el error máximo suponiendo que $V_{io} = \pm 60\ \mu\text{V}$ y la diferencia máxima entre las V_{io} de los dos AO dentro del mismo CI es de $40\ \mu\text{V}$. Evalúa el error equivalente en la temperatura de medida.

3.- ERRORES EN EL SISTEMA DE MEDIDA

3.a- Supongamos que el sensor tiene una constante de disipación $\delta = 5\text{ mW/K}$. El error por **autocalentamiento** ¿es un error de offset y/o de ganancia? Indica la expresión genérica para ΔO y ΔG . Evalúa el error máximo (en °C) asociado al autocalentamiento.

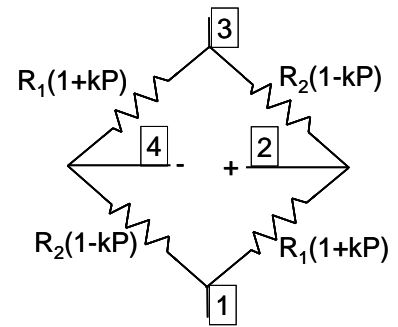
3.b- El error asociado a la **resistencia de los hilos de conexión** de la RTD al circuito, ¿es un error de offset y/o de ganancia? Indica la expresión genérica para ΔO y ΔG . Determina el error máximo (en °C) suponiendo que $R_{h1} = R_{h2} = 1\ \Omega$.

3.c- El error asociado a la **tolerancia de R_0** , ¿es un error de offset y/o de ganancia? Indica la expresión para ΔO y ΔG . Evalúa el error máximo (en °C) asociado a la tolerancia de R_0 .

EJERCICIO 2

Seleccionamos el sensor SCC05G para medir presiones diferenciales entre 0 y 5 psi.

El sensor consiste en un puente de Wheatstone con 4 galgas piezorresistivas como se indica en la figura, donde la alimentación se conecta entre los terminales 3 y 1, y la salida diferencial se toma entre los terminales 2 y 4. Una vez calibrado el sensor en las condiciones de referencia, determinamos que las características del sensor corresponden a los valores típicos (o promedios entre máx y mín cuando no se especifica un valor típico) de las especificaciones.



Suponemos que debido a imperfecciones en el proceso de fabricación hay pequeñas desviaciones en las dimensiones nominales de las resistencias, de modo que R_1 y R_2 no son idénticas, siendo $R_1=R_0-\Delta R_0$ y $R_2=R_0+\Delta R_0$. Indica el valor de R_0 , ΔR_0 y de K para que el sensor tenga las especificaciones típicas.

Si alimentamos el sensor con una fuente de tensión V_{cc} , indica la expresión de la tensión diferencial de salida en función de los componentes R_0 , ΔR_0 , K , V_{cc} , y de la presión, indicando claramente la expresión para el offset y la sensibilidad. Para $V_{cc}=3\text{ V}$, ¿cuál es el valor del offset y la sensibilidad del sensor a 25°C ?

Este sensor tiene un coeficiente de temperatura de las resistencias de $+2200\text{ ppm}/^\circ\text{C}$ y un coeficiente de temperatura del span cuando se alimenta a tensión constante de $-2250\text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Teniendo en cuenta que la calibración se ha realizado a 25°C , si realizamos medidas de presión a 37°C , determina el error de offset $\Delta\theta$ y de sensibilidad ΔS cuando lo alimentamos con una fuente de tensión constante de 3Vdc y cuando lo alimentamos con una fuente de corriente constante de 1 mA . Indica el máximo error en la medida en unidades de presión en ambos casos.

EJERCICIO 3

Se desea implementar un termómetro clínico para medir temperaturas en un rango entre 30°C y 45°C con un termistor R_T (503ET-3) utilizando el circuito de la figura.

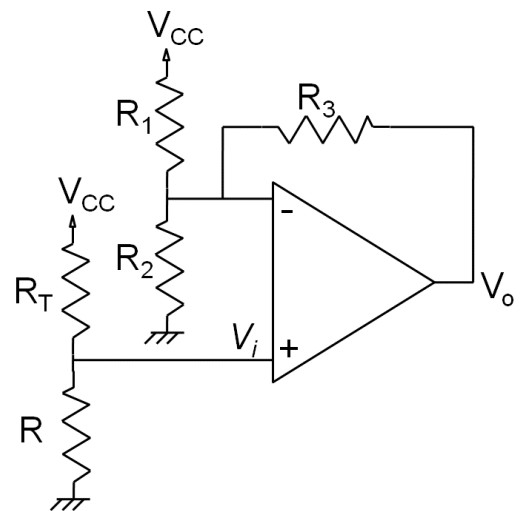
Características del termistor NTC 503ET-3 (NOTA 2):

$$R_{25} = 50.0k\Omega \pm 1\%;$$

$$B = 4086K \pm 1\%;$$

$$\text{Dissipation factor } \delta = 0.7 \text{ mW}^\circ\text{C};$$

$$\text{Thermal time constant } \tau = 6 \text{ s};$$



1.- Linealización de la característica:

a) Como referencia ideal de la función de transferencia se toma la función V_i linealizada en torno a 37°C. Indica la expresión genérica de V_i linealizada y particulariza numéricamente para $R = R_{T_{25}}$ y $V_{cc} = 10 \text{ V}$.

b) Indica la expresión genérica del error de linealidad absoluto normalizado a V_{cc} (error de linealidad absoluto/ $V_{cc} \cdot 100$), es decir, la función F1 representada en la figura.

c) Cuantifica el error de linealidad máximo en °C para $R = R_{T_{25}}$ y $V_{cc} = 10 \text{ V}$. Si se duplica el valor de V_{cc} , ¿cuánto vale el error de linealidad (en °C)?

2.- Indica la expresión genérica del error por autocalentamiento (en °C) y cuantifica el error que se produce cuando $V_{cc} = 10 \text{ V}$ y $R = R_{T_{25}}$. Si se duplica el valor de V_{cc} , ¿cuánto vale el error por autocalentamiento (en °C)?

3.- Con $R = R_{T_{25}}$ y $V_{cc} = 10 \text{ voltios}$, y considerando la expresión de V_i linealizada, selecciona los valores de R_1 , R_2 y R_3 para que la salida V_o en el rango de medida vaya de $V_o^{\min} = 0$ a $V_o^{\max} = 5 \text{ V}$.

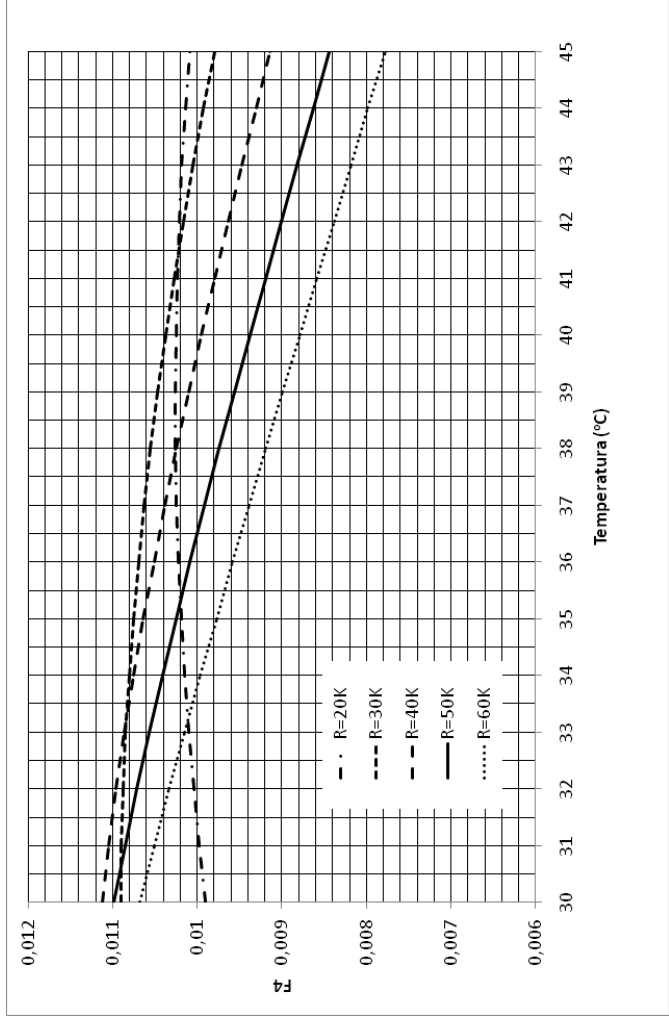
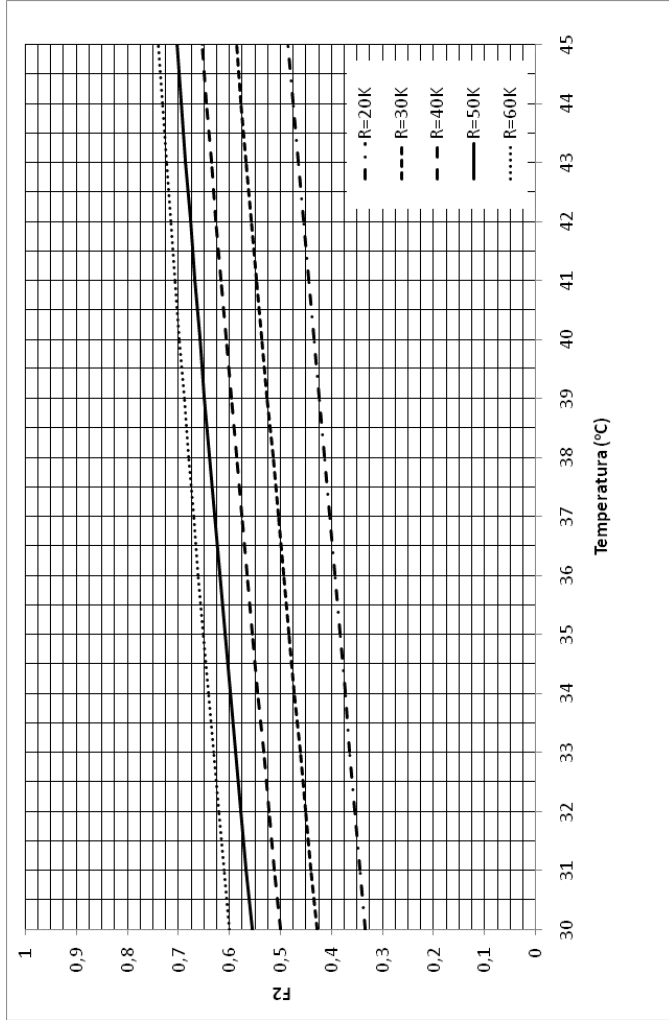
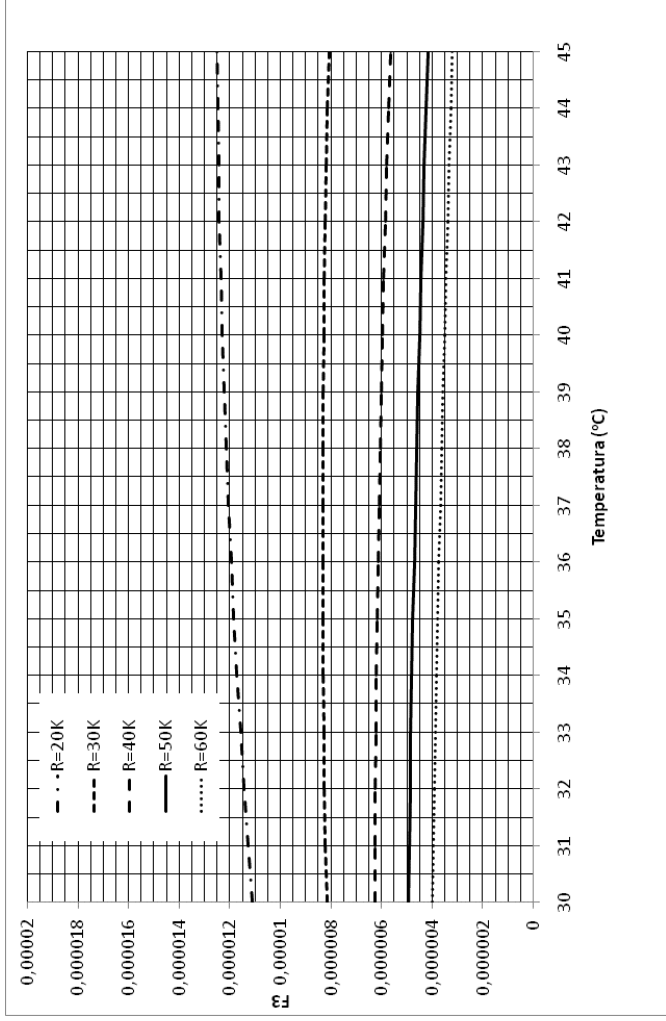
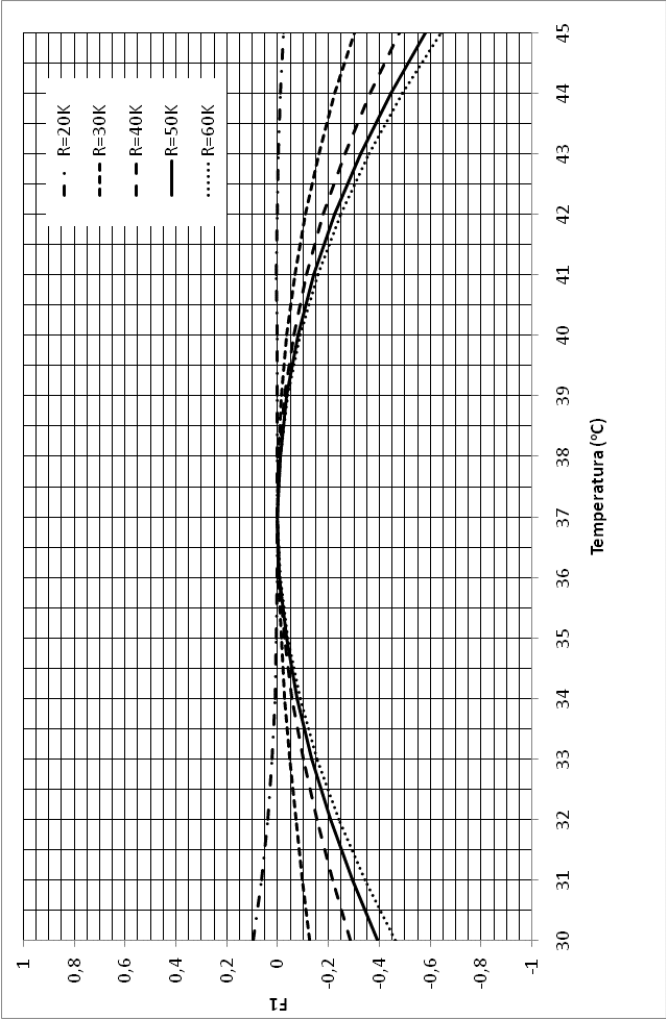
4.- Indica la expresión genérica del error (en °C) asociado a una tensión offset de entrada del A.O. v_{io} y cuantifica dicho error para $v_{io} = 1 \text{ mV}$ y $V_{cc} = 10 \text{ V}$ y $R = R_{T_{25}}$ y los valores de R_1 , R_2 y R_3 que hayas seleccionado. Si se duplica el valor de V_{cc} , ¿cuánto vale el error (en °C) asociado a esta tensión offset del A.O?

$$F1 = \frac{\text{Error}_{\text{absoluto de linealidad}}}{V_{cc}} \cdot 100 (\%)$$

$$F2 = \frac{R}{R + R_T} \text{ (adimensional)}$$

$$F3 = \frac{R_T}{(R + R_T)^2} (\Omega^{-1})$$

$$F4 = \frac{R \cdot R_T}{(R + R_T)^2} \frac{B}{T^2} (\text{K}^{-1})$$



EJERCICIO 4

Para medir la humedad relativa del aire en un recinto donde puede variar entre el 10% y el 90%, se dispone de sensor capacitivo (Philips 2322 691 90001) cuyas especificaciones se indican a continuación.

Humidity sensor

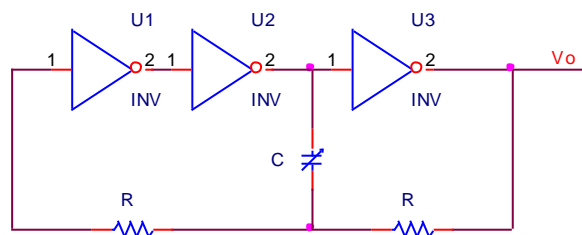
2322 691 90001

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Unless otherwise stated, measurements are in accordance with "IEC publication 539". Stability is in accordance with "CECC 43000" and "IEC 68-2".

PARAMETER	VALUE	UNIT
Humidity range (RH)	10 to 90	%
Capacitance at +25 °C; 43% RH; 100 kHz	122 ±15%	pF
Tan δ at +25 °C; 100 kHz; 43% RH	≤0.035	
Sensitivity between 12 and 75% RH	0.4 ±0.05	pF/%RH
Frequency range	1 to 1000	kHz
Temperature dependence	0.1	%RH/K
Response time in minutes (to 90% of indicated RH change at +25 °C, in circulating air):		
between 10 and 43% RH	<3	
between 43 and 90% RH	<5	
Hysteresis (for RH excursion of 10 to 90 to 10%)	≈3	%
Maximum AC or DC voltage	15	V
Storage humidity range (RH)	0 to 100	%
Ambient temperature range:		
operating	0 to +85	°C
storage	-25 to +85	°C
Mass	≈1.3	g

El sensor se pone en un oscilador de relajación con tres inversores CMOS donde el umbral de cambio de estado de cada inversor es del orden de la mitad de la tensión de alimentación ($V_{cc} = 5$).



Determinar el periodo de oscilación en función de los componentes del circuito.

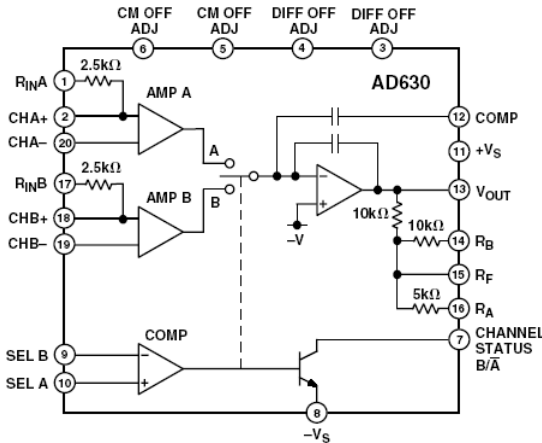
Si el oscilador se diseña para que oscile a 100 kHz cuando HR=43% y la relación entre su frecuencia y la humedad se aproxima por una recta, ¿cuál es el máximo error cometido debido a que en realidad la frecuencia no varía linealmente con la humedad relativa?

EJERCICIO 5

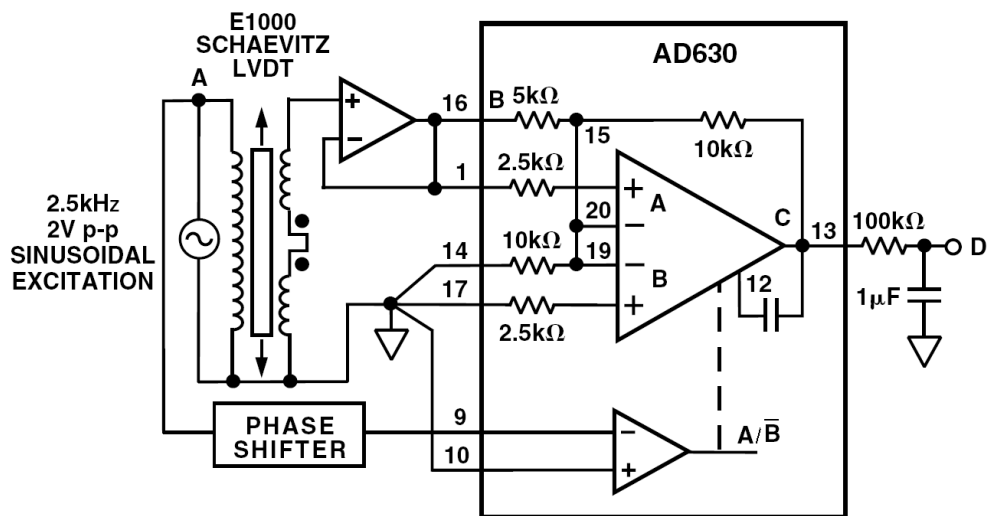
Para el acondicionamiento del LVDT E1000 cuyas características indicamos, proponemos un circuito basado en el integrado AD630 cuyo esquema simplificado se muestra en la figura.

Performance and Electrical Specifications @ 2.5 kHz

E Series Model Number	Nominal Linear Range		Linearity ($\pm\%$ full range)	Sensitivity mV out/V in Per		Impedance Ohms		Phase Shift Degrees
	inches	mm		0.001 in	mm	Pri	Sec	
E 1000	± 1.00	± 25.4	0.5	0.76	30	525	690	+3.7



Con una alimentación de $V_s = \pm 15V$ y con las conexiones que se indican abajo, el AD630 se comporta como un amplificador compuesto en el que, dependiendo de la salida del comparador, se selecciona la configuración asociada a A (para la salida del comparador en baja) o la configuración asociada a B (salida en alta).

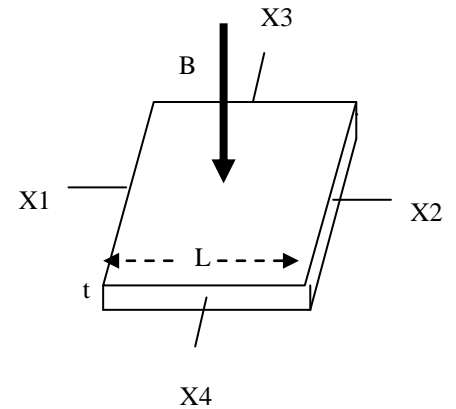


- 1) ¿Para qué es necesario el A.O conectado entre el LVDT y las patillas 1-16 del AD630?
- 2) ¿Para qué se pone el bloque PHASE SHIFTER (desplazador de fase)? ¿Cómo se modificaría el resultado sin este bloque?
- 3) ¿Cuál es la ganancia de la configuración A del AD630? ¿Y de la configuración B?
- 4) ¿Cuál es la misión de la red RC a la salida del AD630? Indica su función de transferencia.
- 5) Considerando que la señal en el punto A es una sinusoidal perfecta de amplitud 1 V (2Vp-p), frecuencia 2.5 kHz y desfase nulo, dibuja la forma de la señal (indicando claramente la amplitud de la señal) en los puntos B (patilla 16-1), C (patilla 13) y D (salida) para el máximo desplazamiento positivo (hacia arriba) y negativo del núcleo central.

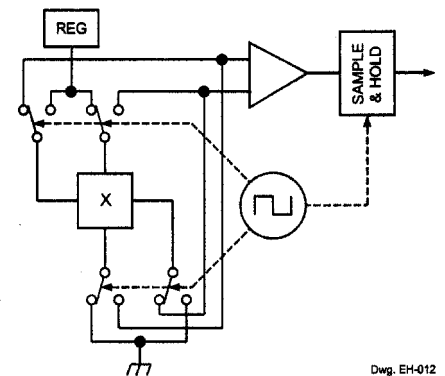
EJERCICIO 6

El sensor 3240 de Allegro MicroSystems Inc. se trata de un conmutador de efecto Hall de precisión, estabilizado por chopper.

1.- Consideramos una placa Hall cuadrada ideal de lado L y espesor t , fabricada con Si tipo n con resistividad ρ_n . Cuando se alimenta la placa con una tensión V_s entre los contactos X1 y X2 ¿cuál es la magnitud y signo de la tensión Hall generada entre los contactos X3 y X4 en presencia de una densidad de flujo magnético B entrante?, ¿Y cuando B es saliente?. Si se alimenta la placa Hall entre X3 y X4, ¿cuál es la tensión Hall generada entre los contactos X1 y X2 para un campo magnético entrante y saliente?



2.- Uno de los principales problemas de las placas Hall es la presencia de tensiones offset. Para eliminar su efecto, este sensor propone la técnica de cancelación de offset dinámica mediante conmutadores controlados por una señal de reloj, tal como se esquematiza en la figura. Para analizar el efecto del offset en este circuito consideremos que la placa Hall se puede tratar como un puente de Wheatstone alimentado en tensión, donde una de las resistencias es ligeramente diferente de las demás. ¿Cuál es la tensión de salida debida al offset en las dos posiciones de los contactos?

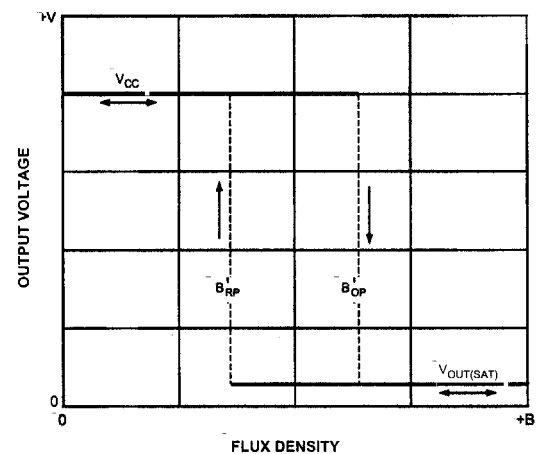
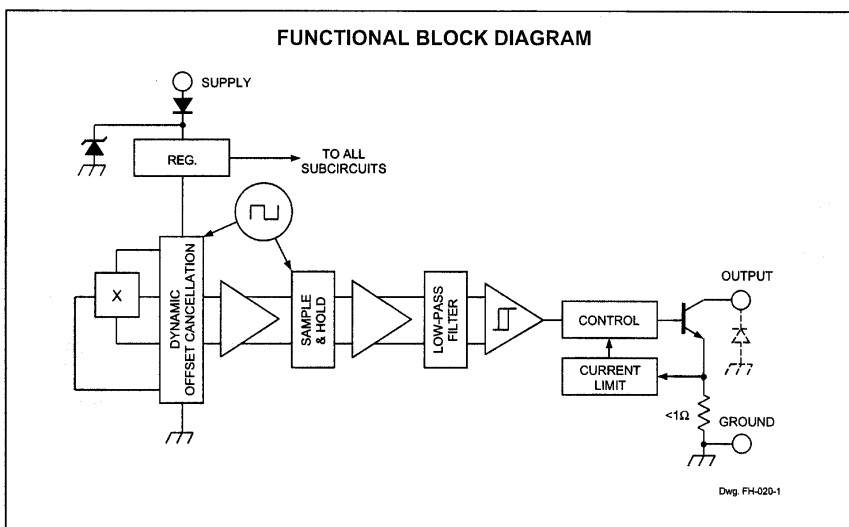


Dwg. EH-012

3.- Consideremos que la tensión de salida es una superposición lineal de la tensión Hall, V_H , y la tensión offset, V_{off} . En sincronismo con la señal de reloj, dibuja las señales que hay a la salida de cada uno de los bloques del circuito, cuando el campo magnético externo es $B > B_{OP}$ y cuando $B < B_{RP}$. ¿Qué ocurre cuando el campo está comprendido entre B_{OP} y B_{RP} ?

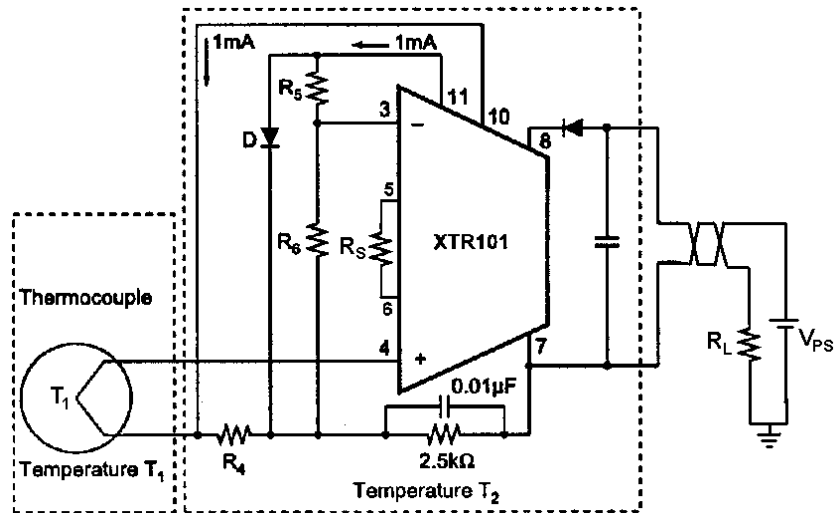
Indica cuál es la misión de cada bloque en el tratamiento de la señal, cuál debe ser la frecuencia de corte del filtro y cuál debe ser el ciclo de histéresis del disparador de Schmitt.

Nota: Se debe colocar una resistencia externa entre la salida OUT y alimentación V_{cc} .



EJERCICIO 7

El transmisor XTR101 se utiliza para acondicionar y transmitir la señal procedente de un termopar tipo J (consideralo lineal con coeficiente Seebeck de $58 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) con compensación de la unión fría mediante un diodo (Alrededor de $T_2=+25^\circ\text{C}$, la tensión umbral del diodo es $V_D=0.6 \text{ V}$ y su variación con la temperatura es de $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$) tal como se indica en la figura.



- 1) Indica la expresión de la tensión de entrada entre las patillas 3 y 4 (e_{IN}) en función de los componentes del circuito y las temperaturas de la unión caliente (T_1) y unión fría (T_2) del termopar.
- 2) Determina el valor de las resistencias R_4 , R_5 , R_6 y R_S para cumplir las siguientes condiciones:
 - Compensar las variaciones de temperatura en la unión fría. Indica la polaridad del termopar.
 - La corriente de salida (I_L) correspondiente a un rango de temperatura de medida T_1 entre 0 y 1000°C sea de 4 a 20 mA.
- 3) Evalua el error en $^\circ\text{C}$ asociado al error de la corriente offset de salida, al voltaje offset y a las corrientes de polarización y de offset de entrada para $T_2=+25^\circ\text{C}$ (Toma los valores típicos del XTR101AG)