

Los circuitos LinCMOS.

Circuitos integrados lineales en tecnología CMOS

La tecnología CMOS (Complementary Metal On Silicium) va ganando terreno también en los circuitos analógicos. Hoy en día, existen numerosas versiones CMOS de amplificadores operacionales, comparadores y temporizadores de uso común. Estos nuevos circuitos presentan ventajas significativas como son: una impresionante reducción del consumo, una velocidad de conmutación elevada y unas tensiones de alimentación muy bajas.

La digitalización está de moda. Circuitos que hasta el momento se ha desarrollado con tecnología analógica, se realizan ahora como digitales. Esto no quiere decir que el desarrollo de los componentes utilizados para circuitos analógicos haya cesado. Texas Instruments ha presentado una serie de circuitos lineales mejorados en tecnología CMOS, que, hasta el momento, había sido utilizada únicamente para la construcción de circuitos digitales.

Texas ofrece una versión CMOS

para circuitos convencionales como amplificadores operacionales, comparadores y temporizadores, que presentan unas características notablemente mejoradas en cuanto al consumo, velocidad y rango de alimentación. Estos circuitos integrados han aparecido en el mercado bajo el nombre de circuitos LinCMOS (LinCMOS en una marca registrada por Texas Instruments). En números anteriores de Elektor han aparecido montajes que utilizan estos nuevos circuitos, tales como el TLC271, el TLC272 y el TLC555.

La economía ante todo

La principal característica de los circuitos integrados LinCMOS es su reducido consumo, lo que los hace idóneos para montajes alimentados con pilas. Por ejemplo, es posible alimentar el amplificador operacional TLC25X con una tensión de 1 V y el temporizador TLC522 y los comparadores, con tensiones de sólo 2 V. Contrariamente a la idea extendida de que es mejor una alimentación basada en la red, estos tipos de alimentación presentan ventajas: primero, el precio de una alimentación juega un papel muy importante en el costo total de equipo, y segundo, una alimentación menor se traduce en una disipación menor, lo que alarga el periodo de vida de los componentes del circuito.

Al igual que sus homólogos CMOS, los circuitos LinCMOS poseen impedancias de entrada muy altas. La corriente de polarización de entrada de un amplificador operacional LinCMOS no es más que la corriente de fugas del transistor de la entrada, que es del orden de 1 pA (a 25 °C). Hay que señalar que esta corriente varía con la temperatura.

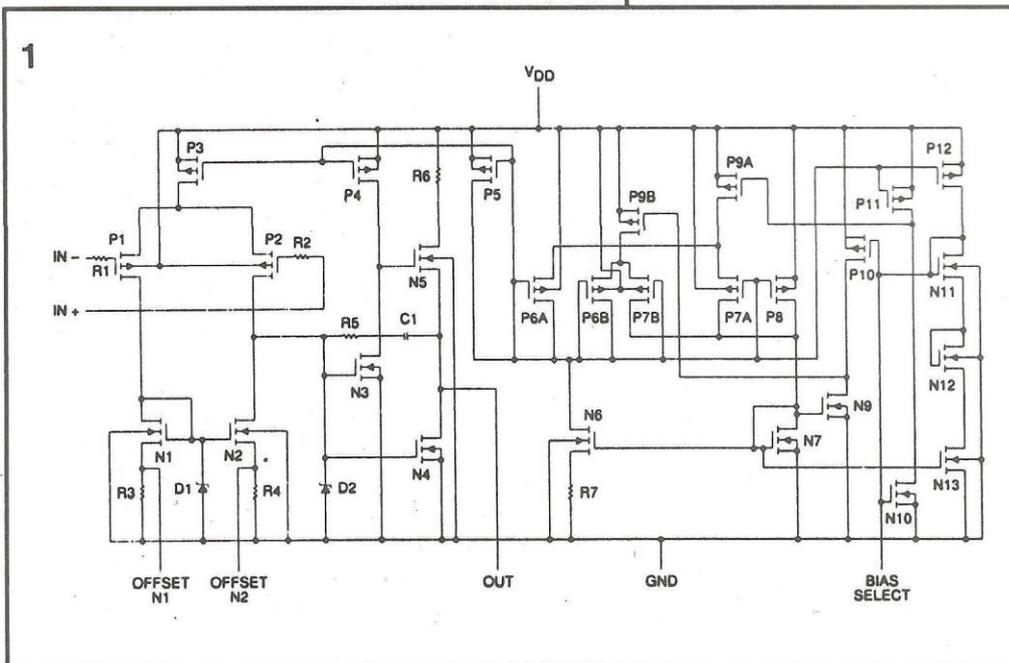


Figura 1. Estructura interna de un amplificador operacional de la familia TLC.

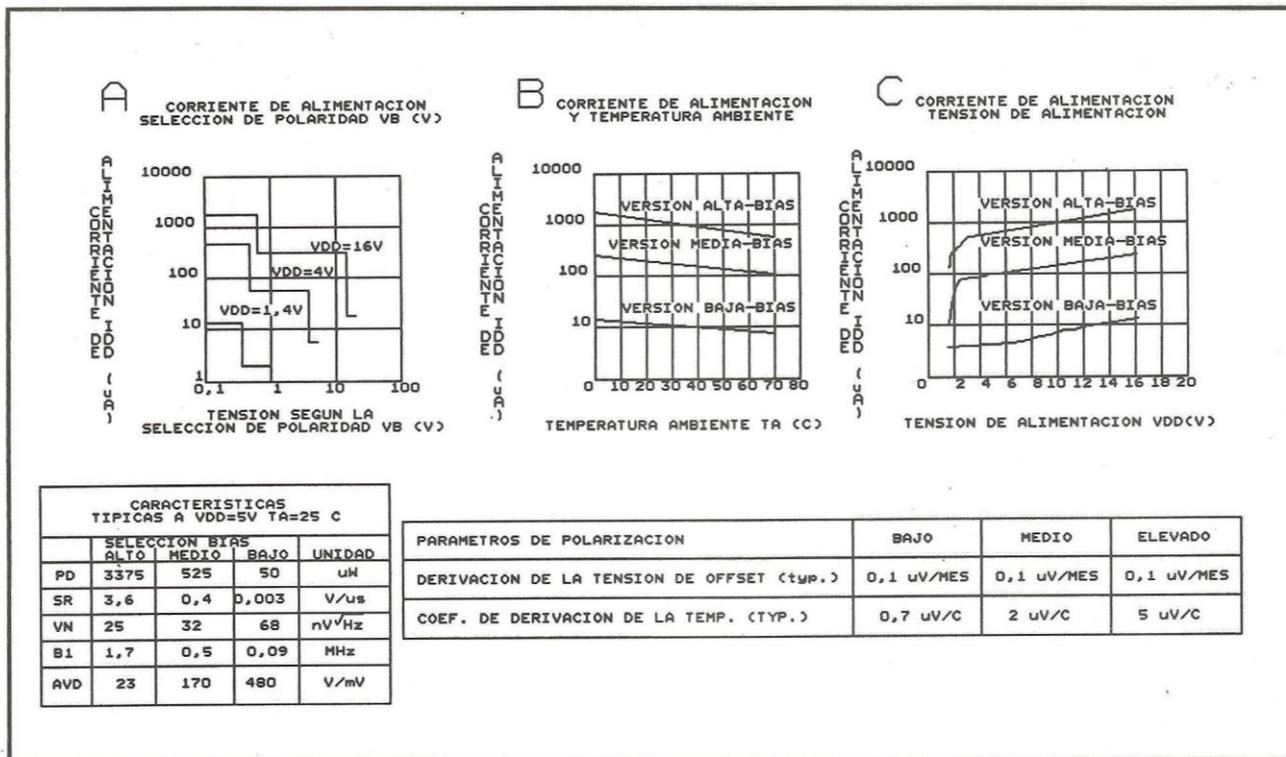


Figura 2. Es posible modificar las características del TLC251/271 variando el valor de la tensión aplicada a la entrada de selección de tensión de polarización.

Las entradas de los circuitos integrados están dotadas con redes de protección que evitan que éstos se dañen por efecto de las cargas estáticas.

Amplificadores operacionales

Los amplificadores operacionales son los circuitos integrados más utilizados en la electrónica. Por esta razón, fueron los primeros en aparecer en tecnología LinCMOS: el TLC251/271 (amplificador operacional simple), el TLC252/272 (un doble amplificador operacional) y el TLC254/374 (cuádruple). Estos circuitos integrados pueden reemplazar a los convencionales 742/3140, MC1458/CA3240 y LM324. Examinando la estructura del TLC271 se puede observar que además de las dos entradas habituales, la salida y las dos entradas de alimentación, existe una entrada que sirve para ajustar la tensión de polarización (Bias Select). El consumo de corriente del circuito está en función del nivel de tensión

que se aplique en esta patilla (figura 2). Hay que señalar que fijar un nivel de consumo débil supone una velocidad menor. El consumo menor (10 A típico) se obtiene cuando se conecta esta patilla a la línea de alimentación positiva. Con esta configuración sólo se pueden obtener velocidades pequeñas (un "slew-rate" de 0'04 V/s con una banda de paso de ganancia uno situada a 100 kHz). Esta lentitud tiene justificación porque la velocidad sufre el efecto de multitud de capacidades internas. Con las corrientes de alimentación bajas, las corrientes de carga y de descarga juegan un papel relativamente más importante que con corrientes elevadas. La elección de este tipo de configuración (modo "low bias" dependerá del tipo de aplicación. En modo de tensión de polarización medio ("medium bias") el consumo de corriente y la velocidad son quince veces mayores ("slew-rate" de 0'6 V/s, y una frecuencia de 0'7 MHz). Las prestaciones, en este caso, son comparables a las de un 741 convencional (velocidad de

subida de flanco del orden de 0'5 V/s) con la diferencia de que consume 10 veces más (1'7 mA para el 741 y 150 A para el TLC271).

En modo de tensión de polarización alta ("high bias") el consumo de corriente alcanza 1 mA, pero se dispone de un operacional muy rápido (4'5 V/s y 2'3 MHz). Las versiones doble (TLC252/272) y cuádruple (TLC254/274) no disponen de entrada de tensión de polarización, estando fijado el valor en el momento de la fabricación. En estos circuitos se puede reconocer el nivel de tensión de polarización observando su referencia: el TLC27L2 representa la versión de baja tensión de polarización; el TLC27M2, la de media, y si no tiene ninguna letra intermedia (TLC272), es una versión de tensión de polarización elevada.

Alimentación y capacidad de carga

La tensión de alimentación máxima de los amplificadores opera-

Relación entre la tensión de salida V_{OM} y la corriente de salida I_O según la tensión de alimentación V_{DD}

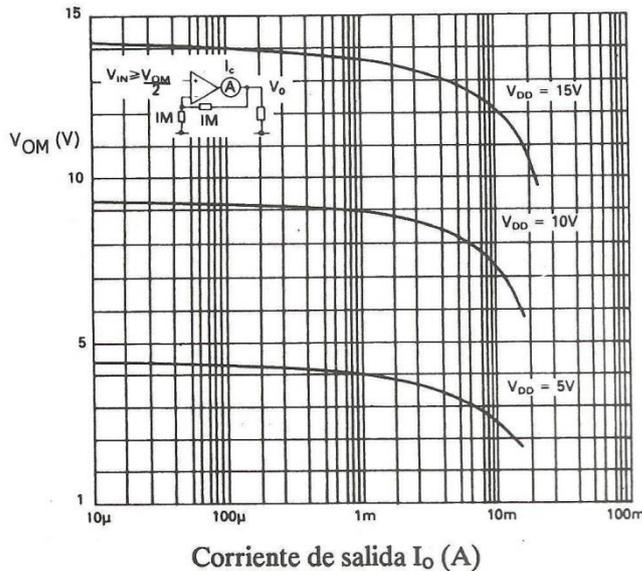


Figura 3. Curva característica en función de la carga.

cionales CMOS es inferior a la que admiten sus equivalentes bipolares: 18 V para los CMOS y 36 V para los bipolares.

La figura 3 representa la característica de salida (carga en relación a masa). Es posible bajar a 0 V una salida sin carga o cargada con relación a masa. Por el contrario, no se podrá efectuar un control hacia la tensión positiva si la carga está conectada a alimentación o si existe una resistencia que fuerze el nivel alto. Con tensiones de salida pequeñas, esta resistencia presenta un consumo de corriente elevado. La ganancia en lazo abierto a una tensión de salida próxima a la de alimentación, también disminuye debido a que el transistor N5 (figura 1) deja de conducir. Si fuera necesario atacar a cargas grandes, sería necesario que la corriente de drenador fuera superior a la de surtidor.

Cuando se quiera disponer de corrientes de salida elevadas sin utilizar componentes adicionales, será preferible conectar la carga a la línea positiva de la tensión de alimentación.

Las salidas de estos circuitos integrados están protegidas contra cortocircuitos.

Compensación en frecuencia

Para aplicaciones de baja potencia, el consumo de corriente depende principalmente del valor de las resistencias del lazo de reali-

mentación y la de carga. Como se puede deducir, el valor de estas resistencias debe ser alto.

Trabajando con señales alternas, habrá que tener más cuidado al diseñar el circuito impreso para estos integrados que para los amplificadores operacionales bipolares ya que le afectan más las impedancias de entrada y las capacidades parásitas (representadas como C_{stay} en la figura 5). Si para algunas aplicaciones fuera necesario alargar la banda de paso, será necesario intercalar un condensador en el lazo de realimentación.

Cuando se va a trabajar con las señales continuas, no habrá ningún problema que atender debido al bajo valor de la corriente de polarización de entrada.

Comparadores

Existen versiones LinCMOS de comparadores convencionales. Por ejemplo, los TLC393 y TLC372 son compatibles pin a pin con el LM393 (un doble comparador). Para el LM339 (cuádruple

LinCMOS (nivel de polarización)					
Parametro	Bipolar1	BIFET2	Bajo	Medio	Alto
V_{cc} MAX REC	± 15	± 15	16	16	16
V_{cc} MIN REC	± 5	± 5	1	1	1
V_{cc} SPECIFD	± 15	± 15	10**	10**	10**
V_{IO} MV	1-10	3-20	2-10	2-10	2-10
αV_{IO} μ V/deg C	5-20*	10	0.7	2	5
I_{IO}	2-750 nA	5 p-2 nA	1-300 pA	1-300 pA	1-300 pA
I_{IB}	20-800 nA	30 p-10 nA	1-600 pA	1-600 pA	1-600 pA
V_{ICR} V	± 13 ou $V_{cc} - 1.5$	± 12	-0.2 à 9	-0.2 à 9	-0.2 à 9
V_{OM} IN 10 kohms	24-26 ou $V_{cc} - 1.5$	24-77	0-7,8 RL = 1 M	0-7,8 RL = 100 k	0-7,8 RL = 10 k
A_{VD} V/mV	15-200	15-200	20-500	15-280	7,5-40
CMRR dB	70-90	70-76	70-88	70-88	65-82
I_{CC}	0,5-3,3 mA	1,4-2,8 mA	10-40 μ A	150-400 μ A	1-2,2 mA
B_1 MHz	0,7-1	3	0,1	0,7	2,3
SR V/ μ S	0,5	13	0,04	0,6	4,5
en nV/Hz	22*	18	70	38	30
@ 1 kHz					
en pA \sqrt{Hz}	0,55*	0,01	0,013*	0,013*	0,013*
@ 1 kHz					

1) Bipolar mA741 / MC1458/LM324

2) biFET: serie TL080

* Valores típicos no especificados.

** Los tipos TLC25X estan especificados para 1 V.

Tabla 1. Comparación de las diferentes técnicas de fabricación de los amplificadores operacionales.

comparador) existen los equivalentes TLC339 y TLC374. Como en el caso de los amplificadores operacionales, el consumo y las corrientes de entrada son sensiblemente menores (valor típico de 5 pA). La tensión de alimentación máxima es, también en este caso, de 18 V.

Debido a que la mayor parte de las salidas son de drenador abierto, es posible interconectarlos para realizar funciones lógicas. Excepto en algunos casos como el TLC3702 y el TLC3404 que disponen de salidas totem-pole, será necesario utilizar resistencias de "pull-up", es decir, que fuercen la señal a nivel alto.

Los comparadores no disponen de los tres modos de polarización de los que se ha hablado en los amplificadores operacionales. Los circuitos tienen prefijado el consumo y, por lo tanto, la velocidad de conmutación. Por ejemplo, el TLC393 consume una corriente típica de 22 A (frente a los 0'8 mA del LM393) y tiene una velocidad de conmutación de 2'5 s/V (1'3 s/V en el caso del LM393). El gran consumo de un TLC372 (0'3 mA típico) se traduce en una velocidad de 650 ns/V.

Texas Instruments no ha dejado muy claro el tema concerniente a las tensiones de alimentación, ya que en algunos casos habla de un rango de 2 V a 18 V, y en otros, de 3 V a 18 V. Para evitar problemas, es conveniente ceñirse a este último rango.

Como la tensión de entrada en modo común es de 0 V, estos componentes se pueden utilizar en aplicaciones con alimentación única (no simétrica).

Temporizadores

Existen versiones de temporizado-

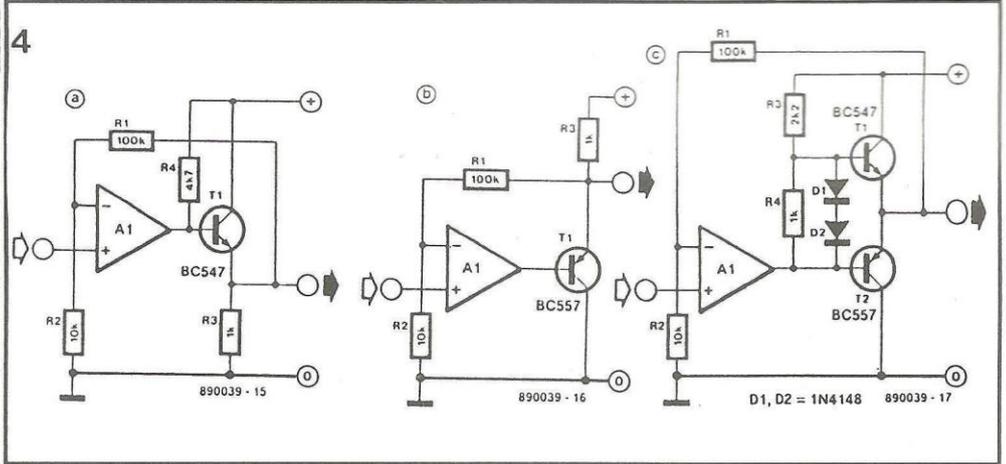


Figura 4. Circuito auxiliar utilizando grandes corrientes de salida: (a) drenado con una carga conectada a masa, (b) a positivo y (c) conectado simétricamente.

TABLA 2								
COMPARADORES								
	TENSION DE OFFSET DE ENTRADA (mV)	CORRIENTE DE OFFSET DE ENTRADA (pA)	CORRIENTE DE POLARIZACION A 25 C (pA)	TIEMPO DE REPUESTA (μs)	CORRIENTE DE ALIMENTACION (μA)	RANGO DE TENSIONES DE ALIMENTACION (V)		TIPO DE SALIDA
						MIN	MAX	
DOBLE								
TLC372	12,0	1	500	0,65	750	3	16	DRENADOR ABIERTO
TLC393	10	1	500	2,10	50	3	16	DRENADOR ABIERTO
TLC3702	10	1	500	2,30	50	3	16	TOTEM POLE
CUADRUPLE								
TLC374	12,0	1	500	0,65	1000	3	16	DRENADOR ABIERTO
TLC339	10	1	500	2,10	100	3	16	DRENADOR ABIERTO
TLC3704	10	1	500	2,30	100	3	16	TOTEM POLE

■ LAS SALIDAS EN TOTEM POLE SON COMPATIBLES HCMOS Y TTL

890039-20

Tabla 2. Comparadores de la familia linCMOS

res CMOS en diferentes presentaciones. El TLC555 (temporizador simple) y el TLC556 (temporizador doble) pueden sustituir a los (LM/NE)555 y 556 convencionales

dentro de un rango de tensiones de alimentación de 2 a 18 V. Para una alimentación todavía menor (hasta 1 V), se podrán utilizar los TLC551 y TLC552.

TABLA 3							
TEMPORIZADORES							
CORRIENTE DE ALIMENTACION (μA)	DISIPACION (mW)	RANGO DE TENSIONES DE ALIMENTACION (V)		FRECUENCIA MAXIMA (MHz)	DURACION MAXIMA DE LA TEMPORIZACION	ERROR MAXIMO DE LA TEMPORIZACION	CORRIENTE DE SALIDA (mA)
		MIN	MAX				
SIMPLE							
TLC551	350	1	18	2,1	HORAS	3%	+10/-100
TLC555	350	2<3	18	2,1	HORAS	3%	+10/-100
DOBLE							
TLC552	1000	1	18	2,1	HORAS	3%	+10/-100
TLC556	1000	2<3	18	2,1	HORAS	3%	+10/-100

■ RANGO DE TEMPERATURA PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

890039-21

Tabla 3. Características de los circuitos temporizadores disponibles en linCMOS.

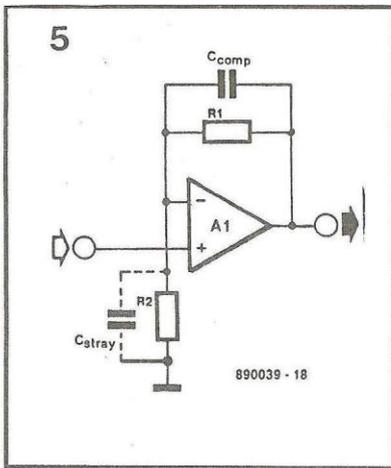


Figura 5. Se pueden compensar los efectos de las capacidades de entrada y del cableado (C_{stray}) añadiendo un condensador.

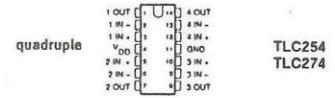
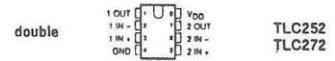
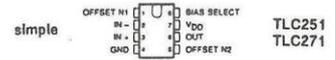
Otras ventajas que presenta este circuito son un reducido consumo y un dominio de frecuencias mucho más amplio. La frecuencia máxima admisible es diez veces mayor (2'1 MHz frente a los 200 KHz de

un 555 convencional) debido a que no se producen saturaciones. Para frecuencias bajas (de 20 kHz a algunas centenas de kilohertzios), el TLC555 permite una mayor definición con ayuda de componentes externos.

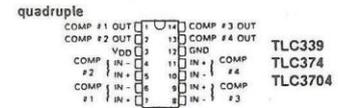
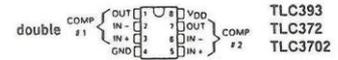
Debido a que las impedancias y las corrientes de pérdidas son menores que en el caso del 555 bipolar, se pueden conectar en las entradas correspondientes del temporizador redes RC de valores muy elevados. Esto permite obtener temporizaciones de hasta varias horas.

(ver) artículo 555, 555GTI y 555 turbo publicado en Delek, especial diciembre 1.990.

Amplificadores operacionales



Comparadores



Temporizadores

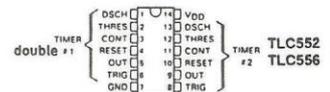
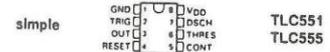


Figura 6. Patillajes de los diferentes circuitos linCMOS descritos en este artículo.