

SISTEMA LOGICO MULTINIVEL PARA PROCESO Y TRANSMISION DE DATOS

Wsewolod Warzanskyj Poliscuk, José L. Sanz González y
Luis M. Vicente López

Dpto. de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos
UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID

R e s u m e n

En este artículo se describen las diferentes partes que componen un sistema multinivel. Se esboza brevemente el proceso de diseño y cálculo de los elementos, y se termina sugiriendo posibles aplicaciones en procesamiento aritmético, multiplexación y transmisión digital.

A b s t r a c t

In this paper the multilevel system blocks are described. Also, the circuit design is sketched, and applications to arithmetic operations, multiplexing and digital transmission are outlined.

1. INTRODUCCION.

El objetivo de este artículo es dar a conocer un nuevo sistema basado en lógica multinivel (superior a la binaria) que cumpla los siguientes requisitos esenciales para poder ser fabricado y comercializado a escala industrial: fiabilidad, velocidad operativa y fácil integración con tecnologías actuales.

Este nuevo sistema se basa en un dispositivo diseñado y probado hace tiempo (Tesis Doctoral de uno de los firmantes) (1), al que llamaremos en lo sucesivo "Circuito Multinivel" y que consiste esencialmente en un circuito que puede suministrar a su salida, en respuesta a una tensión de entrada, diferentes niveles de tensión, dependiendo de unas señales de activación y de determinadas tensiones de referencia. En todos los casos, la tensión de salida asumirá el valor correspondiente a una de las mencionadas tensiones de referencia.

El sistema que se describe, basado en el Circuito Multinivel (CM), se podría utilizar en principio para las siguientes aplicaciones:

- Una unidad aritmética con base "programable", de dos dígitos, quedando pendientes del estudio las posibles ampliaciones a operaciones con un mayor número de dígitos.

- Un circuito multiplexor analógico, basado en el "CM" pero aplicando una filosofía de funcionamiento diferente al de la unidad aritmética.

- Otra posible aplicación se tendría en la transmisión digital de señales.

Las potenciales ventajas del sistema que se propone consistirían en el ahorro de circuitería, teniendo en cuenta que por un

solo circuito pueden transmitirse hasta diez señales diferentes (numeración decimal), frente a dos en el caso binario, y que el número de células de almacenamiento en base por ejemplo decimal es mucho menor que el de células binarias para la misma cantidad de información.

2.- CIRCUITO MULTINIVEL.

2.1. Principio de funcionamiento.

El circuito o célula multinivel, consta de un amplificador de corriente continua, sin inversión, de ganancia de tensión "A" ($A > 1$) que se realimenta a través de una impedancia no lineal " Z_p " que puede asumir un determinado número de valores escalonados intercalados entre otros de alta impedancia, (vease Fig.4) gobernados por la corriente que circula a través de ella (véase Fig.1).

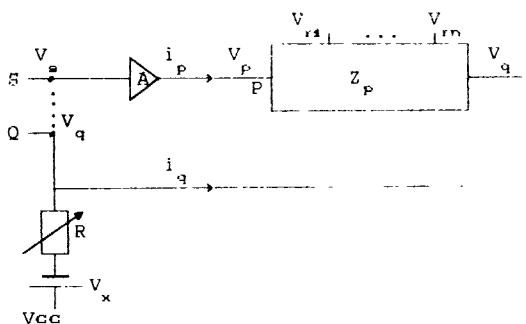


Fig.1.- Circuito Multinivel.

Dichos valores de Z_p son los que proporcionan los niveles para el soporte de la información.

El mecanismo para pasar de unos niveles de tensión a otros en la célula es el siguiente. Si por efecto de una variación provocada en V_p logramos que " Z_p " sea baja, aparecerá una fuerte realimentación positiva, formando un bucle inestable que elevará la tensión de la impedancia hasta conseguir un punto de equilibrio, que se alcanza cuando el valor de la impedancia sea elevado. En este estado (Z_p alta), existe muy poca realimentación entre la entrada y salida del amplificador, manteniéndose por lo tanto la tensión de salida estable. Si, en determinadas condiciones de polarización, se consigue mantener Z_p prácticamente infinita, la realimentación se interrumpe casi por completo, quedando el circuito perfectamente estable.

En las condiciones normales de funcionamiento, los puntos S y Q están unidos y debe cumplirse (la ganancia en lazo cerrado igual a la unidad) la condición

$$V_p = V_s = V_q \quad (3)$$

En la Fig.4, se indica la curva (ideal) de variación de V_q con V_s . Por otra parte, utilizando valores incrementales se verifica

$$i_p = -i_q \quad (4.a)$$

$$V_q = -R i_q = R i_p \quad (4.b)$$

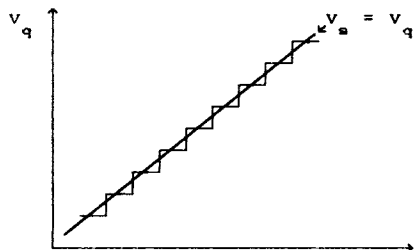


Fig 4.

v_q resulta proporcional a i_p y la Fig.4 y representa al mismo tiempo la transadmitancia i_p/v_s (la inversa de Z_p , salvo un factor de escala). En los puntos en que la recta ideal corta los tramos horizontales de la curva real, se tiene $Z_p = \infty$ y la red es estable. Por el contrario, en los puntos en que la característica media corta los tramos verticales de la curva dinámica $Z_p = 0$, lo cual determina la zona de inestabilidad.

En las condiciones de equilibrio y en circuito cerrado se cumple $V_s = V_q$ y la característica dinámica (línea quebrada) debe oscilar en torno a la recta de pendiente unidad, que corresponde a la resistencia de carga media, a la que denominaremos R_{pm} . Su valor se determina por la relación

$$R_{pm} = (V_{k+1} - V_k) / \Delta I$$

$V_{k+1} - V_k$ es el incremento de tensión entre dos estados estables de la célula o ΔV_p , con lo cual

$$R_{pm} = \Delta V_p / \Delta I$$

En el k-esimo punto de equilibrio se cumple $i_p = k \Delta I$. Al mismo tiempo, llamando v_p al valor incremental de V_p , se tiene

$v_p = k \Delta V_p$, manteniéndose la relación de proporcionalidad:

$$i_p = v_p / R_{pm} \quad (5)$$

Asimismo, el valor incremental v_q de V_q satisface la relación:

$$v_q = -R i_q = R i_p$$

o bien

$$v_q = R/R_{pm} v_p \quad (6)$$

En circuito cerrado, el punto Q se cortocircuita con el punto S, resultando $v_s = v_q$. Sustituyendo en (1) el valor de V_q , dado en (6), junto con (4) y prescindiendo, como procede, de los términos constantes, se llega a la ecuación

$$1 = (1 + R_a/R_b)R/R_{pm} - R_a/R_{pm}$$

O sea

$$R = R_{pm} + R_a / (1 + R_a/R_b) \quad (7)$$

y que es la ecuación básica del circuito multinivel.

En un montaje práctico se ha ensayado los valores

$$R_a = 620 \Omega$$

$$R_b = 2k2 \Omega$$

y con $R_{pm} = 1k \Omega$ se ha obtenido

$$R = 1k264 \Omega$$

Su valor exacto se ajusta con un potenciómetro.

Para calcular R_{pm} se volverá a la ec (1).

Pongamos:

$$V_p = v_p + V_{po}$$

$$V_q = v_q + V_{qo}$$

con V_{po} y V_{qo} constantes. Puesto que, de acuerdo con (7)

$$v_p - (1 + R_a/R_b)v_q + R_a i_p = 0$$

la ecuación (1) da

$$V_{po} = (1 + R_a/R_b)V_{qo} + (R_a/R_{pm})V_{qo} - R_a(1/R_b + 1/R_{pm})V_b + (R_a/R_{pm} - 1)V_{\gamma} \quad (8)$$

En (8) se fijan, por consideraciones prácticas, V_b y V_{qo} . Las tensiones (mínimas) V_{po} y V_{so} , ($V_{so} > V_{\gamma} + V_{rn}$, vienen determinadas por la exigencia de no saturación de T_n). Por otra parte, V_b debe ser al menos un voltio más negativa que V_{po} (para evitar la saturación de T_2).

V_{po} se elegirá por la condición de que V_p esté centrada sobre el potencial de masa (para minimizar la disipación).

Con V_{γ} , R_a y R_b asimismo conocidas, queda por determinar R_{pm} . Con este fin se reordenará (8) con el resultado

$$R_o = (V_{oo} - V_b + V_\gamma)R_a / (V_{oo} - (1 + R_a/R_b)V_{oo} + (R_a/R_b)V_b + V_\gamma) \quad (9)$$

Fijando

$$\begin{aligned} V_{oo} &= -12V & V_\gamma &= 0,51V \\ V_b &= -5,5V & R_a &= 620\Omega \\ V_{po} &= -4,5V & R_b &= 2K2\Omega \\ V_{ao} &= 5,5V \end{aligned}$$

se cumple

$$R_o = 295\Omega$$

En el montaje se eligió $R_o = 300\Omega$.

En el montaje experimental habrá que ajustar R y V_x de acuerdo con la curva característica de la Fig.4.

3. APLICACIONES.

3.1. Unidad aritmética como procesador de datos.

La Unidad aritmética que se expone puede operar en cualquier base de numeración, superior a la binaria. Realiza sumas, restas, multiplicaciones y divisiones entre números de dos cifras. La técnica de cálculo es muy parecida a la que realiza un operador humano. Así, cuando se trata de sumar A a B, se añade a uno de los sumandos todas las unidades que contiene el otro. En la resta, se trata de ver cuántas unidades tiene el minuendo en exceso a las del sustraendo. En la multiplicación, cuántas veces se debe sumar el multiplicando por sí mismo y, en la división, cuántas veces contiene el dividendo al divisor. Las órdenes son codificadas en sistema multinivel; así, un determinado nivel dará la orden de introducir los datos, otro efectuar la suma, etc. El sistema se sincroniza con un reloj maestro. Lo primero que debe hacer la U.A. es permitir que los datos presentes en las líneas de entrada pasen a la células; esto se logra mediante una orden "1" que actúa sobre un circuito de control, unido a la célula multiestable, formando entre ambos el conjunto llamado "multiestable de secuencia ascendente y descendente". Como su nombre indica, el conjunto en cuestión ofrece a la célula multinivel, además de adquirir unos niveles determinados, la posibilidad de ascender/descender a un nivel inmediato. Una vez hecho esto, si le llega la orden de suma, elige el sumando de menor nivel (menor tensión de los dos sumandos), y lo programa en secuencia descendente (sumando 1), a la vez que el otro sumando (2) queda programado en secuencia ascendente. Seguidamente y en sincronismo con el reloj, va decreméntándose el nivel del sumando 1, a la vez que se incrementa el sumando 2, hasta que el sumando 1 llega al nivel cero. El resultado de la suma se almacena en el sumando 2.

En la resta, el proceso es parecido, pero como la resta no es conmutativa, desde el primer momento se distingue el "minuendo" del "sustraendo", siendo la forma de operar como sigue. Una vez introducidos los datos, se aplica la orden de resta

(nivel 3) y, con ello, se programan tanto el minuendo como el sustraendo en secuencia descendente, decreméntando sus niveles sincronamente, hasta detectar un nivel cero en una de las células. El resultado de la resta queda indicado por el nivel residual en la célula distinta de cero; si dicha célula es el minuendo, la resta es positiva, mientras que en caso contrario, la resta tiene signo negativo, con el consiguiente mensaje de signo.

En cuanto a la multiplicación y la división, el proceso no es más que una generalización de la suma y la resta, y se opera de forma análoga.

3.2. Multiplexor analógico. Principio de funcionamiento.

La filosofía del multiplexor, es la siguiente (ver Fig.5). La salida del circuito, debe tener el mismo nivel de tensión que una de las múltiples entradas ($V_1 \dots V_n$), independientemente de su valor. Esto se realizará mediante unas tensiones de control ($V_{b1} \dots V_{bn}$), una para cada línea, de las que sólo una estará activada (la correspondiente a la tensión de entrada que se quiere obtener a la salida).

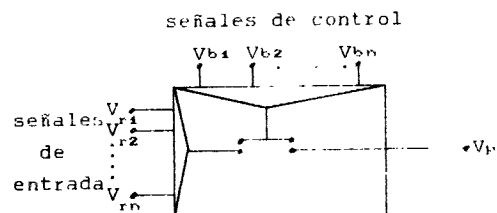


Fig.5.- Multiplexor Analógico.

El multiplexor que se propone, se basa en el circuito Multinivel del que ya conocemos su funcionamiento interno. La forma de operar para trabajar con el como multiplexor es la siguiente.

Los generadores de corriente que, en la célula multinivel estaban entregando una corriente constante, que se cerraba a través del diodo o del emisor del transistor, según fuera la tensión en el punto P menor o mayor que la del punto Q, no entregarán en el presente caso corriente alguna, excepto uno de ellos. De este modo queda cortado el camino de realimentación entre los demás pares diodo-transistor. Conectando ahora las bases de esos transistores (en las que antes teníamos las tensiones de referencia), a unas tensiones arbitrarias, sólo una de ellas (la que ataca al transistor del par diodo-transistor con el generador de corriente activado), se realimentará por el amplificador fraccional a través de la línea Q (debido a la conducción de dicho transistor). De esta forma se consigue que la línea P varíe su tensión hasta que una de las tensiones de entrada se transmita a la salida (línea P) mediante la corriente de control (la del generador de corriente en funcionamiento). Se observa que, en este montaje, el potencial de la línea Q varía

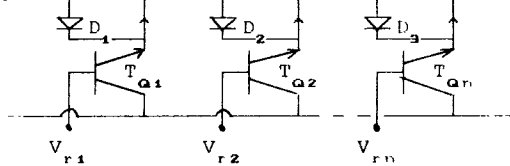


Fig. 6.- Detalle del Multiplexor Analógico

3.3. Modulación multinivel. transmisión de datos.

Como se sabe, la transmisión de información digital se puede hacer usando diversas técnicas de modulación, entre las que podemos destacar: FSK, ASK, PSK, QAM, etc. Cada una de ellas se aplica con ventajas frente a las demás en determinados campos. Por ejemplo, FSK parece más ventajosa en la transmisión satélite-tierra, y PSK es preferible en transmisiones tierra-satélite; QAM está extendida en transmisión por modem (normativa V.32 del CCITT).

Cuando se desea transmitir información digital binaria por un canal, el número de símbolos a utilizar en el mismo (número de señales distintas) debe ser una potencia de 2; puesto que, si se codifican bloques de n bits se necesitan 2^n señales distintas. Sin embargo, en un proceso de optimización de un sistema de comunicaciones puede que el número óptimo de diferentes señales del canal no sea potencia de 2 (por ejemplo, 10) y haya que elegir la potencia de 2 más próxima (en este caso 8), perdiéndose eficiencia en el sistema. Con un sistema multinivel de procesado y almacenamiento de información se podría elegir para cada sistema particular la base de numeración de modo que coincidiera con el número de señales del canal, por ejemplo QAM-10. De esta forma se conseguiría una adaptación perfecta de los sistemas de procesamiento a los canales de transmisión. Los autores consideramos que este tema debiera ser investigado con más detalle en el futuro.

4. CONCLUSIONES.

En el presente artículo sólo se ha pretendido exponer una filosofía diferente a la de procesar los datos de forma binaria, así como mostrar un circuito real que puede realizar con eficacia dicha forma de procesado. Es verdad que, actualmente, la implementación de la Unidad Aritmética que presentamos no puede competir en rapidez con sus

fraccional y su aplicación a un circuito multiestable", Revista de Telecomunicación, 72, pp.9-18, 1963.

[3] -----, "Un Nuevo Sistema de Puertas Lineales Incorporado al RADOM", Junta de Energía Nuclear, 1971.

[4] J. Gutierrez Rios, "Equipo de transmisión y proceso de datos en base decimal para comunicaciones por satélite", ETSI de Telecomunicación, Proyecto Fin de Carrera, 1977.

BIOGRAFIAS DE LOS AUTORES

Wsewolod Warzanskyj Poliscuk. Ver: "Relativistic Dynamics and Electromagnetic Field"; en estos anales.



José L. Sanz González. nacido en Orense (España) en 1951, Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid y Profesor Titular de Universidad en la ETSI Telecomunicación- UPM. Sus trabajos de investigación los realiza en las áreas de procesado de señal y transmisión digital. Es coautor de dos libros y de varios artículos publicados en revistas técnicas y Actas de congresos.



Luis M. Vicente López. Nació en Salamanca (España) en 1964. Ingeniero Superior de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Realiza cursos de Doctorado en el Departamento de Electromagnetismo y Teoría de Circuitos de la misma Universidad, así como colabora en el laboratorio de Redes del mismo Dpto.