

La importancia de los sistemas de conmutación

Los sistemas de conmutación son a menudo los menos valorados y donde menos atención se presta dentro del diseño. Prestamos gran atención seleccionando los sistemas de medida y generación de señales. Pero la elección del sistema de conmutación normalmente no va en consonancia con los instrumentos. No importa cómo sean de precisos los instrumentos de medida si las señales pasan a través de un diseño “mediocre” en la parte de conmutación. Los ingenieros, normalmente, están familiarizados con los instrumentos de medida, ya que los han utilizado durante sus años en la Universidad y/o depurando nuevos diseños. Por lo que les resulta sencillo elegir los instrumentos más adecuados para sus sistemas de test automáticos. Desafortunadamente, la parte de conmutación y enrutamiento a menudo está infra-valorada. La elección de sistemas de conmutación es más compleja ya que la gente suele tener menos experiencia en el diseño de sistemas de test. Están acostumbrados a mover las puntas de prueba a mano, conectando cuidadosamente las sondas al dispositivo bajo prueba. Un buen ingeniero de diseño seleccionaría el sistema de conmutación que más se asemeje a cómo realizaría las conexiones manualmente.



Foto 1.- Ejemplos de sistemas de RF de ASCOR-Giga-tronics

Existen una gran variedad de tipos de sistemas de conmutación: potencia, señales, diseños coaxiales, radiofrecuencia y/o microondas, y ópticos. Incluso dentro de cada categoría existen diferencias. Terminologías muy comunes en sistemas no ópticos son, rango de voltaje, rango de corriente, potencia soportada,...

- Máximo voltaje en conmutación: La máxima tensión que puede soportar el relé cuando conmuta. Los valores en AC y en DC no son siempre iguales, sea cauto. Este valor aplica durante el tiempo en el que el relé se está cerrando ya que toda la diferencia de potencial está en sus bornas cuando está abierto. Una vez que se cierra el contacto este valor ya no aplica.
- Máxima corriente en conmutación: La máxima corriente soportada por el relé en el momento de su cierre/apertura. Al exceder estos límites podemos dañar sus contactos, llegando incluso a fundirse.
- Máxima corriente soportada: Máxima corriente soportada de forma continua.
- Máxima potencia soportada: La máxima potencia soportada por el relé en el momento de su cierre/apertura. Se especifica en voltamperios (VA) para tensiones y corrientes AC y en vatios (W) para tensiones y corrientes DC. La potencia es el producto de la tensión y la corriente que se están conmutando. No debe exceder la máxima potencia soportada por los contactos. **Nótese** que la máxima potencia soportada NO es el producto de la máxima corriente soportada por el máximo voltaje soportado.

Conmutadores de potencia

Los conmutadores de potencia se consideran generalmente relés de potencia cuando exceden de los 60W y al menos 2A. Los sistemas de conmutación que soportan hasta 2A, típicamente utilizan pistas de circuito impreso en lugar de cables conductores para transportar dicha corriente. Ponga atención a la hora de seleccionar el dispositivo de conmutación de potencia, tenga en cuenta tanto la fuente como la carga. Si seleccionamos un conmutador que sólo cubra los requisitos de la carga podemos exponer al sistema a

daños severos si la capacidad de la fuente de alimentación es superior a la máxima corriente soportada por el conmutador o incluso a la soportada por las pistas de la PCB. La carga que se está alimentando podría estar en cortocircuito, lo que causaría daños irreversibles en la PCB.

A menudo los ingenieros se ayudan de fundas aislantes en los cables de potencia o los enrutan lo más alejados posible de fuentes de ruido para conseguir señales de alimentación limpias en el dispositivo bajo prueba. Después de esto incluyen conmutadores sin aislamiento en el sistema y se preguntan de dónde viene ese ruido presente en la línea de alimentación.

Algunos conmutadores disponen de aislamiento para continuar con la funda aislante de los cables de alimentación. Esta armadura también se utiliza para aislar el ruido que se pueda generar internamente en el conmutador y que, así, no llegue al dispositivo bajo prueba. Este ruido puede venir de las señales de alimentación que controlan los conmutadores o podría ser ruido de tierra originado en el chasis del conmutador.

Conmutadores de señal

Los conmutadores de señal son posiblemente los de uso más extendido. Los conmutadores permiten conectar una gran variedad de señales, tanto analógicas como digitales. En la conmutación de señales es donde se cometen la mayoría de los errores.



Foto 2.- Sistema de alta densidad de conmutación. ASCOR–Giga-tronics



Foto 3.- Programación gráfica.

Los ingenieros de test a menudo seleccionan generadores de señal e instrumentación de medida de altas prestaciones y los conectan al dispositivo bajo prueba utilizando sistemas de conmutación de baja calidad. Muchos ingenieros alegan que están midiendo señales de baja frecuencia y que no necesitan los mejores sistemas de conmutación disponibles en el mercado.

Un buen ejemplo podría ser el de una compañía médica que estuviera fabricando implantes electrónicos para el cuerpo humano. Realmente disponen de señales de baja frecuencia y potencia. Toda la instrumentación utilizada era de las marcas más reconocidas y de las más altas prestaciones. La parte de conmutación de señal estaba cuantificada en 5MHz de ancho de banda. Todo parecía correcto a simple vista, hasta la prueba en la que nada funcionó.

En el osciloscopio se podían observar niveles de ruido suficientemente elevados para disparar el barrido, viendo el reloj de referencia del controlador VXI. Se podía observar perfectamente la frecuencia de la red

(50Hz) en el chasis de la fuente de alimentación VXI del sistema. Todas estas medidas se realizaron conectándose al dispositivo bajo prueba a través del conmutador de 5MHz comentado. El error fundamental fue olvidar el uso de la tecnología de línea de transmisión para conectar el dispositivo bajo prueba a la instrumentación de medida.

En este caso, el conmutador hizo las veces de antena y acoplo todas las señales presentes en las tierras, fuentes de alimentación conmutadas, y señales inducidas por aire a la línea dónde se iba a realizar la medida. El sistema de conmutación debería ser una extensión de la línea de transmisión, y se debería comportar como si los conmutadores no estuvieran ahí, es decir, sin afectar a la señal.

Si el osciloscopio se hubiera conectado manualmente al dispositivo bajo prueba, el ingeniero conectaría automáticamente la sonda al punto de test y la masa a un punto de tierra cercano al dispositivo bajo prueba. Si el ingeniero no conectara el clip de masa a tierra, una señal lógica cuadrada se vería seriamente degradada. Esta degradación se debería prácticamente en su totalidad a la pobre conexión de la línea de transmisión.

Un factor determinante que no ha tenido en cuenta el ingeniero son los componentes de alta frecuencia de dicha señal. Muy a menudo se tiene en cuenta únicamente la parte fundamental de estas señales, y este valor es el que determina el límite del requerimiento del sistema. Estas señales suelen ser señales digitales con tiempos de subida muy rápidos que dan lugar a requisitos de anchos de banda superiores:

$$T_r = 0,35/\text{ancho de banda}$$

Los ingenieros piensan que el sistema de test no es tan bueno como su banco de pruebas (en el laboratorio). No se dan cuenta de que están utilizando un osciloscopio con un ancho de banda de cientos de megahercios, pero están utilizando un conmutador con 5MHz de ancho de banda. El punto débil del sistema es el conmutador. El objetivo es utilizar un conmutador con prestaciones suficientes como para no afectar a la señal.



Foto 4.- Soluciones PXI. ASCOR-Giga-tronics.

La conmutación coaxial es una subdivisión dentro de la conmutación de señales que destaca por disponer de una impedancia característica controlada. Se dispone de anchos de banda superiores y diafonías mucho menores. Estos conmutadores son ideales como compañeros de viaje de osciloscopios, contadores y fuentes de señal que presentan habitualmente impedancias características de 50 ohmios.

Gracias al gran crecimiento de señales en el mercado de telecom y video, tales como el HDTV y video de banda ancha, también se está convirtiendo en popular la impedancia característica de 75 ohmios. Para esta tecnología, existen necesidades en cuanto a conmutadores de altas prestaciones para bandas de microondas, pero hay que tener cuidado a la hora de diseñar el cableado hasta los dispositivos de conmutación a estas frecuencias.

Configuraciones de conmutación

Multiplexores

Los conmutadores de multiplexión, llamados arboles, son una colección de conmutadores o relés referidos a un punto común. Se usan normalmente para conectar un terminal común, por ejemplo de una fuente de alimentación, a un cierto número de puntos.

Si solo se conmuta un camino cada vez, se considera un conmutador de un polo. Si se conmutan n caminos a la vez será de n polos. Un diseño de conmutadores de n polos es útil para fuentes de alimentación o generadores pero no son idóneos para dispositivos de medida.

No desearía conmutar varias fuentes a un voltímetro común, el resultado sería obvio. Pero en módulos de conmutación VXI, algunos paquetes de software Plug-&Play permiten al usuario intentarlo, sean configuraciones de un polo o de varios. Esto permite utilizar el conjunto para cualquier aplicación.

Multiplexores conectados cara a cara permiten formar una sola configuración. Por ejemplo, si tenemos 12 instrumentos que han de conectarse a tres puntos de un dispositivo. La figura 1 muestra una forma simple de usar un multiplexor de 12 a 1, comúnmente llamado 12x1, y un multiplexor de 1 a tres (1x3).

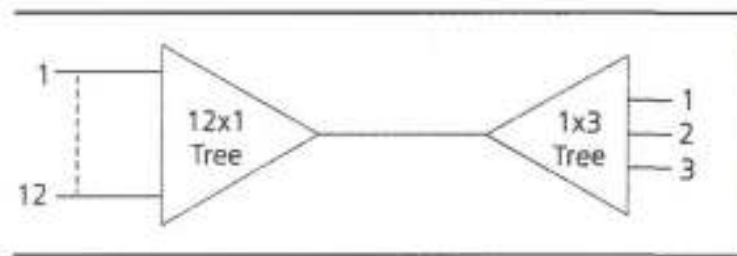


Figura 1.- Multiplexor 12x1x3

Los comunes se conectan juntos para formar un multiplexor 12 a uno-uno a 3 (12x1x3). Los beneficios son, normalmente, mayores prestaciones en términos de ancho de banda. Sin embargo, solo puede pasar una señal entre el instrumento y el dispositivo, debido al único camino común.

Matrices

Matrices de conmutación son configuraciones rectangulares de conmutadores o relés conectados para formar filas y columnas. Las matrices son más versátiles que los multiplexores. Al conectar una columna con una fila, se forma un camino. Por ejemplo, consideremos una matriz con 8 filas de entrada y 16 columnas de salida. Será una matriz de 8x16.

Cada columna cuenta con 8 relés para conectarse a una fila. Otra forma de verlo es que cada fila cuenta con 16 relés para conectarse a una columna. No tiene nada que ver con un multiplexor 8x1x16. La matriz ya no tiene la limitación de los multiplexores de tener un solo camino a la vez. La matriz 8x16 puede tener hasta 8 caminos a la vez.

Para poder hacer una matriz de 8x16 usando multiplexores se requieren el equivalente a 8 multiplexores 16x1 y 16 multiplexores de 1x8 cableados entre ellos. Como en caso de los multiplexores, cuando solo una fila se puede asignar a una columna se considera una matriz de un polo o de tipo bloqueado. Una matriz que pueda conectar múltiples filas a una columna o viceversa se considera no bloqueada o de n polos.

Las matrices son más complejas y caras que los multiplexores debido a que utilizan muchos más relés. Una matriz de 8x16 requiere 128 relés comparado con los 24 de un multiplexor 8x1x16. Con matrices, el ancho de banda sufre debido a la complejidad asociada a la conexión de múltiples filas a múltiples columnas, lo que resulta en variaciones del ancho de banda dependiendo del camino, variando las características de la línea de transmisión.

La matriz deja líneas no terminadas, lo que provoca reflexiones y degrada las prestaciones de los caminos. Algunos fabricantes definen los anchos de banda de sus matrices usando valores típicos, como parte de sus especificaciones, cosa que puede ser engañosa.

Lo mejor sería fijar el ancho de banda en el peor de los casos. Así, al menos se sabría que todos los caminos igualan o mejoran esas especificaciones. Un sistema de conmutación con anchos de banda especificados como típicos pueden tener caminos con peores valores, pero no se sabe cuales.

Prestaciones de un sistema de conmutación

Si se unen dos árboles de relés o matrices de 10MHz no se obtiene un sistema mayor de 10MHz. Una buena regla es que el tiempo de subida resultante de un circuito es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los tiempos de subida de los elementos individuales.

Por ejemplo, si se unen dos matrices de conmutación cuyo tiempo de subida es de 1nseg, resultará un sistema de conmutación con un tiempo de subida de 1.4 nseg. . Esto puede resultar mucho más complicado dependiendo de cómo reaccionen las matrices al conectarse: pueden aparecer reflexiones debido a las líneas no terminadas y faltas de adaptación de impedancias.

Sistemas de conmutación para instrumentación

Un conmutador ideal tiene una resistencia nula en el contacto, ancho de banda infinito y diafonía nula. Por supuesto, no es práctico pero se puede intentar diseñar un sistema de conmutación balanceado. Esto quiere decir que el diseño de la conmutación sea simétrico. El número de relés usados para conectar cualquier segmento entre la instrumentación y el dispositivo bajo prueba es el mismo.

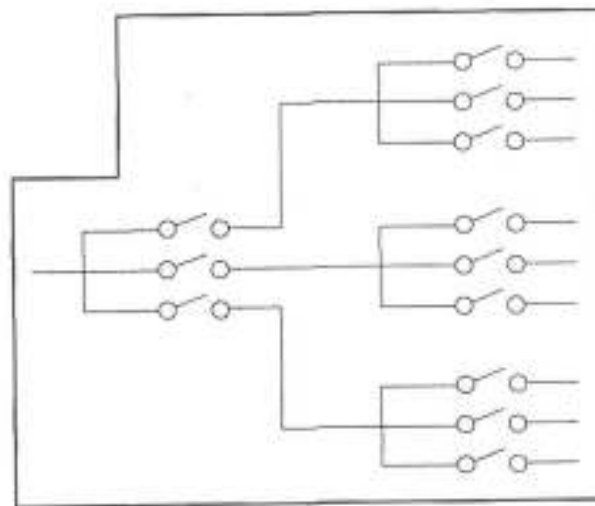


Figura 2. Diseño simétrico o balanceado.

Con esta técnica se mantiene constante la resistencia del camino, y las pérdidas del sistema son constantes y predecibles. Utilizaremos el caso peor para contemplar el ancho de banda. Evitaremos diseños en cascada ya que se perdería el control de los objetivos del diseño, a no ser que se conozcan las características de los elementos de conmutación en cascada. Las figuras 2 y 3 muestran ejemplos de circuitos de conmutación balanceados y en cascada, respectivamente.

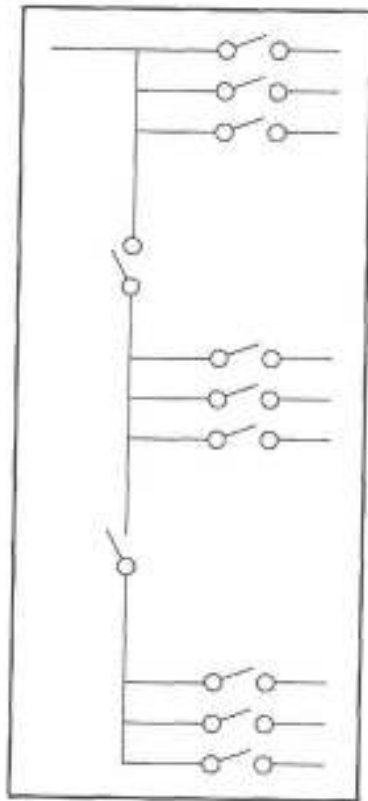


Figura 3.- Diseño en cascada.

La figura 4 es un ejemplo sencillo de sistema de conmutación que pudiera ser utilizado para instrumentación. Consiste en multiplexores y matrices y está segmentado en secciones de baja y alta frecuencia.

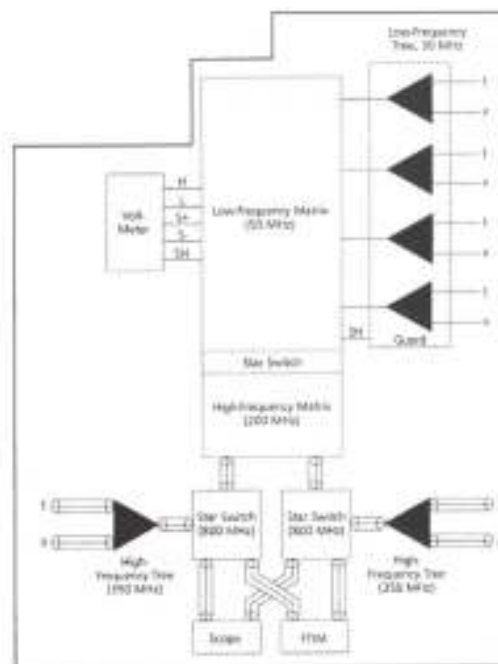


Figura 4.- Ejemplo de sistema de conmutación.

La sección de baja frecuencia es una matriz y una serie de árboles que conectan un gran número de puntos de baja frecuencia al voltímetro u otra instrumentación de baja frecuencia. Los árboles de baja

frecuencia (30MHz en el peor de los casos) son balanceados, es decir, todas las entradas al punto común del árbol atraviesan el mismo número de relés.

Estos arboles se conectan a la matriz (50MHz en el peor de los casos) que es también balanceada ya que el número de relés usado en cualquier conexión de fila a columna es el mismo. El ancho de banda combinado es mayor de 15MHz, que excede con mucho el ancho de banda típico de un voltímetro de verdadero valor eficaz o de medida de AC.

En la parte inferior del diagrama están los arboles coaxiales de alta frecuencia para llevar las señales de altas prestaciones de los dispositivos bajo prueba a la instrumentación de alta frecuencia como osciloscopios y contadores. Se trata de conmutadores de impedancia controlada con amplios anchos de banda y baja diafonía. Los cables son coaxiales adaptados en impedancia.

El conmutador en estrella de 800MHz funciona como conmutador intermedio para unir varios árboles de alta frecuencia al osciloscopio o contador. De hecho, es un conmutador de aislamiento para mantener las prestaciones del camino y desconecta las otras líneas que resultarían líneas no terminadas.

La simple observación de este ejemplo demuestra su versatilidad. El camino de la señal de alta frecuencia conecta el árbol de 350MHz, a través de una estrella de 800MHz, a una matriz de 200MHz, para acceder a un conmutador de aislamiento que lleva a un conmutador de baja frecuencia, 50MHz, y conectar a un DMM de 1MHz. La degradación en frecuencia debida al camino es casi nula.

Las resistencias del camino son las mismas por lo que la atenuación puede calcularse. Es mucho mejor tener pequeñas variaciones en resistencia en varios caminos que diseñar un sistema de conmutación donde cada camino utilice un número diferente de relés, y donde cada camino tenga un ancho de banda y factor de atenuación diferente. Por ello es importante diseñar sistemas de conmutación balanceados.

Conclusión

La conmutación en entornos de instrumentación no es tan simple como suele pensarse. Debido a que el sistema de conmutación se coloca entre el instrumento y el dispositivo bajo prueba, las prestaciones del sistema serán afectadas por el sistema de conmutación, a no ser que sus prestaciones superen claramente las del instrumento. El resultado final del diseño de un sistema automático de prueba (ATE) depende de la correcta conexión de la instrumentación al dispositivo bajo prueba, basada en el diseño del sistema de conmutación y las líneas de transmisión.

Si se necesita toda la precisión de un DMM de 6.5 dígitos, deberá elegir el sistema de conmutación correcto, o si no, elija un DMM de 3.5 o 4.5 dígitos y ahorre inversión. Si elige un sistema de conmutación inapropiado los dígitos de menor peso de los 6.5 disponibles, no tendrán validez alguna, debido a la pérdida de ancho de banda, jitter o ruido. El conmutador correcto es tan importante o más que la instrumentación misma.

Adler Instrumentos S.L.

C/ Antonio de Cabezón, 83. Planta 2

28034 Madrid

Tel: 91-3584046

Fax: 91-3581383

www.adler-instrumentos.es

