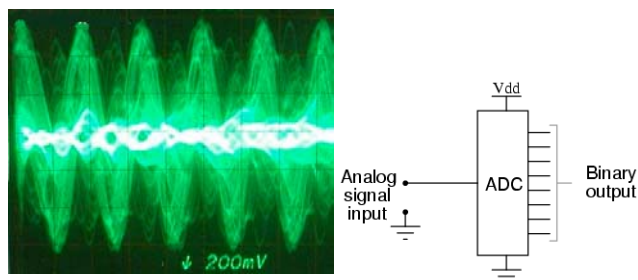


## Técnicas de Diseño para Bajo Ruido

### *Técnicas para reducir el Ruido en sistemas con circuitos ADC.*



Por el Departamento de Ingeniería de Electrónica Elemon S.A.

Generalmente puede parecer que el diseño para un sistema con un bajo nivel de ruido con un ADC (Conversor Analógico a Digital) de 12 bits de resolución o incluso para uno de 10 bits puede ser fácil.... **Esto es cierto, al menos que el diseñador ignore las reglas básicas que deben tenerse en cuenta para mantener el sistema en un bajo nivel de ruido.**

Por ejemplo, uno podría pensar que la mayoría de los amplificadores y resistores deberían trabajar eficazmente en entornos de 12-bit o 10-bit.

Sin embargo, la selección de un **dispositivo “pobre”** se convertirá en un factor importante en el éxito o fracaso del circuito.

Otro factor muchas veces ignorado y que puede contribuir significativamente en el tema “ruido” es el **ruido conducido** que puede estar presente en nuestro circuito impreso y que indefectiblemente podría ser parte de nuestra entrada en el ADC.

La forma más efectiva de remover este tipo de ruidos es mediante el uso de **un filtro pasa – bajos (anti – aliasing) antes de la entrada al ADC.** También es muy útil el empleo de **capacitores de “by-pass” del tipo multicapa** y la implementación de un **“plano de tierra” que generalmente contribuyen positivamente en la reducción de este tipo de ruido.**

La tercera fuente de ruido es el **“ruido radiado”.** Las fuentes principales de este tipo de ruido, son por lo general, Interferencias del tipo Electromagnéticas (**EMI**) o acoplamientos capacitivos de distintas señales entre pista y pista.

**Si estas 3 fuentes de ruido están “agendadas” en la mente del diseñador, entonces sí es cierto que diseñar un sistema con ADC de 12 Bits para “bajo ruido” es fácil!!.**

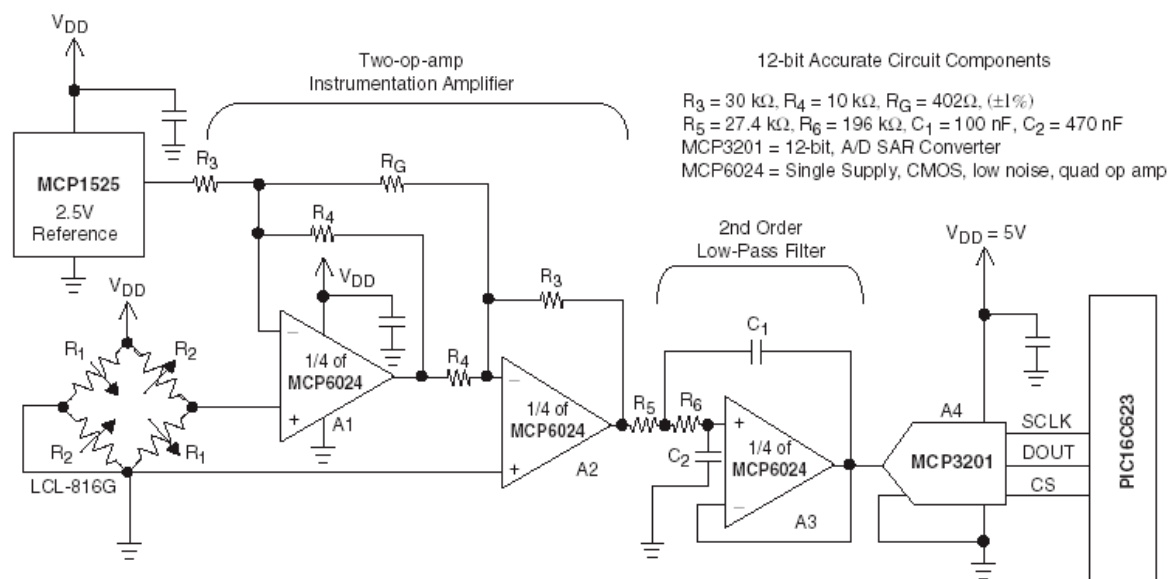
Un ejemplo de un circuito con un ADC de 12 Bits se pueden ver en la **Figura 1.**

La señal de entrada es originada en una celda de carga resistiva LCL – 816 – G. Los pines de salida diferencial de la celda de carga están conectadas a dos amplificadores operacionales de instrumentación discretos (A1, A2, R3, R4 y RG).

La señal luego viaja a través de un filtro pasa - bajo de segundo orden formado por A3, R5, R6, C1 y C2.

Este filtro pasa – bajos elimina los ruidos de alta frecuencias no deseados.

Finalmente, la señal se acopla a un ADC de 12 Bits (A4, MCP3201).

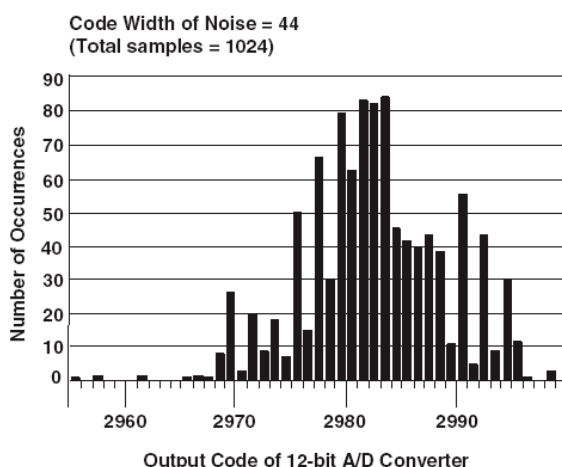


**Figura 1.-** Aplicación típica de un sistema de bajo ruido con ADC de 12 Bits .

El conversor se configura de modo que acepte señales de entrada entre 0V y 5V.

La salida del conversor ADC se envía al microcontrolador PIC16C623 o cualquier otro MCU similar.

**Si este circuito es construido sin tener en cuenta las técnicas de bajo ruido**, es muy probable que el mismo produzca una salida similar a la de la **figura 2**.



**Figura 2.- Códigos de salida de un ADC de 12 Bits.**

Aquí se han tomado 1024 muestras de la salida del ADC MCP3201 a una tasa de muestreo de 30 KSPS. En la figura se pueden observar que las muestras de salida presentan un “ruido” de codificación de **44 códigos de ancho** centrados alrededor del código **2982**. De esta información, se deduce que el sistema presenta una precisión de **5,45 Bits**, con lo que claramente no es un muy buen circuito ni siquiera para un sistema de 10 Bits de resolución. La placa fue construida con la siguiente configuración:

**R3 = 300 k**

**R4 = 100 k**

**RG = 4020**

**A1 = A2 = Alimentación Simple, Amplificador OP CMOS, MCP604**

**No se incluyó un filtro anti-aliasing Pasa – Bajos.**

**No se incluyeron capacitores de “By – Pass”**

**No se utilizó “plano de tierra”**

Si se procede a la modificación de este circuito y su correspondiente placa impresa, podremos esperar una solución satisfactoria para 12 Bits de resolución.

Como primer paso, se utilizarán **dispositivos de bajo ruido**. Por ejemplo, los resistores tendrán **valores 10 veces más bajos**, con lo que se mantendrá la ganancia de los amplificadores pero se **reducirá el factor de ruido en unas 3 veces aproximadamente**.

Adicionalmente, se  **cambiarán los amplificadores Operacionales** de los MCP604 a los MCP6044. Mientras que los MCP604's presentan una densidad en la tensión de ruido a 1Khz de 29 nV / Raiz cuadrada de HZ, los MCP6044 presentan 8,7 nV / Raiz Cuadrada de Hz, lo que significa **una mejora de 3 veces en el nivel de ruido.**

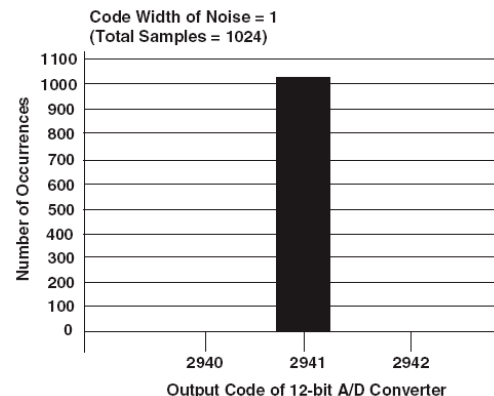
Como tercera modificación, se **agregará un plano de tierra en todo el circuito impreso (PCB)**, no en forma horizontal al camino de la señal sino en forma “paralela” a la misma.

Con solo estos 3 cambios, el circuito de la **Figura 1**, mejoró el histograma de los códigos de salida de **unos “groseros” 44 “códigos de ruido” a solo 9 códigos!!** .... Estos cambios convierten a dicho circuito en **un sistema de 9 Bits ....**

**Esto suena bien... pero no olvidemos que queremos un sistema de 12 Bits de resolución en esta aplicación!!!.**

Agregándole un filtro de segundo orden (A3, R5, R6, C1 y C2), hemos mejorado la performance de nuestro sistema. Si además le agregamos capacitores de “By – Pass” en lugares precisos, convertimos al sistema en uno de 12 bits como lo habíamos buscado.

Esto se puede ver en la **Figura 3**, donde se recogen 1024 muestras a una tasa de 30 KSPS y donde todas las muestras son equivalentes al **código 2941.**



**Figura 3.- Códigos de salida de un ADC de 12 Bits con el circuito corregido con técnicas para bajo ruido.**

De esta forma queda demostrado que es muy sencillo diseñar un sistema para obtener una conversión Analógica / digital de 12 Bits de resolución efectiva, si se aplican unas pocas técnicas de bajo ruido. Estas se pueden resumir como:

- 1) **Examine sus dispositivos (resistores y amplificadores) para estar seguros que los mismos tienen los valores que garanticen un “bajo ruido”.**
- 2) **Utilice un plano de tierra siempre que sea posible.**

- 3) **Incluya un filtro “Pasa – Bajos” en el camino de la señal analógica antes de ingresar al ADC, y finalmente siempre utilice capacitores cerámicos multicapa como “By – Pass” donde sea posible, ya que no solo garantizan una reducción de ruido, sino que además introducen “estabilidad” al circuito ante posibles oscilaciones de alta frecuencia.**



ELECTRONICA ELEMON S.A.  
Capdevila 2707, Villa Urquiza  
C. A. de Buenos Aires, C1431FKA  
Argentina

[capacitacion@elemon.com.ar](mailto:capacitacion@elemon.com.ar)

[soporte@elemon.com.ar](mailto:soporte@elemon.com.ar)

[ventas@elemon.com.ar](mailto:ventas@elemon.com.ar)

Encontranos en FACEBOOK:

<https://www.facebook.com/pages/Electronica-Elemon/119727961396798>