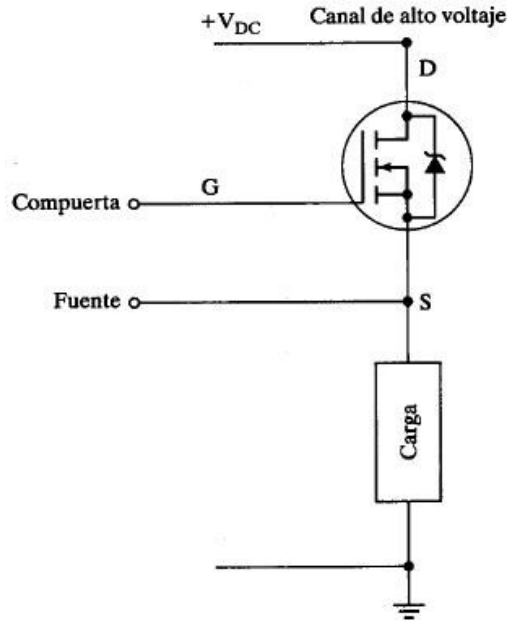


# Circuitos excitadores de compuerta

1. CI excitadores de compuerta
2. CI excitadores para convertidores
3. CI de alto voltaje para excitadores de motores

## **17.9 CI EXCITADORES DE COMPUERTA**

Los requisitos de excitación de compuerta que debe satisfacer un interruptor con MOSFET o con IGBT, como se ve en la figura 17.18,



**FIGURA 17.18**

Conexión de MOSFET de potencia al canal del lado de alto voltaje.

son los siguientes:

- El voltaje de compuerta debe ser de 10 a 15 V mayor que el voltaje de la fuente o el emisor. Como el excitador de

potencia se conecta al canal del voltaje principal +  $V_s$ , el voltaje de compuerta debe ser mayor que el del canal.

- El voltaje de compuerta, que se refiere a tierra en el caso normal, debe ser controlable desde un circuito lógico. Así, las señales de control deben desplazar su nivel hasta la terminal de alimentación del dispositivo de potencia, que en la mayor parte de las aplicaciones oscila entre los dos canales de  $V^+$ .
- En general, un dispositivo en el lado de baja potencia activa el dispositivo de potencia, alta, que está conectado con el alto voltaje. Así, hay un dispositivo de potencia en el lado de alta potencia y uno en el de baja. La potencia absorbida por los circuitos de activación de compuerta debería ser baja y no

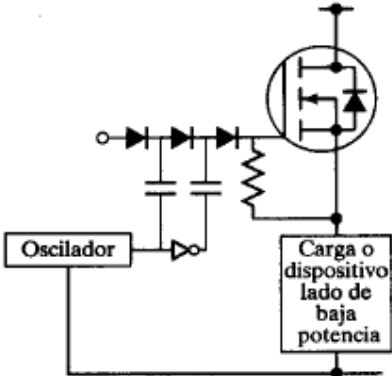
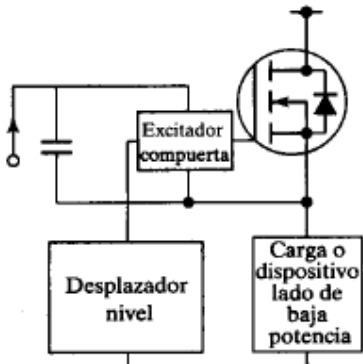
afectar en forma importante la eficiencia general del convertidor de potencia.

Hay varias técnicas esenciales, como las que se ven en la tabla 17.1

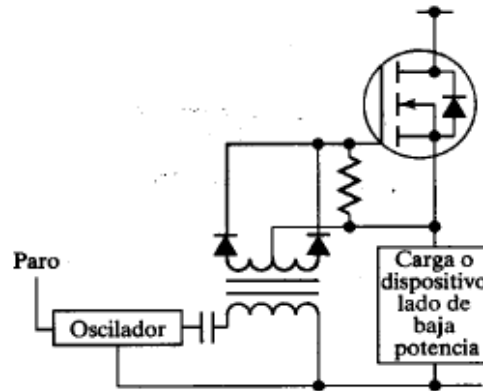
TABLA 17.1 Técnicas de excitación de compuerta, Ref. 2. (Cortesía de Grupo Siemens, Alemania)

Método	Circuito básico	Propiedades clave
Alimentación flotante de excitación de compuerta		Control total de compuerta durante periodos indefinidos de tiempo, impacto importante de la alimentación aislada sobre el costo (se requiere una por cada MOSFET en lado de alta), el desplazamiento de nivel de una señal con referencia a tierra puede requerir ingenio: el desplazador de nivel debe sostener el voltaje total, conmutar rápido con demoras mínimas de propagación y bajo consumo de potencia
Transformador de pulsos		Sencillo y efectivo, pero limitado en muchos aspectos, operación dentro de amplios ciclos de trabajo requiere técnicas complicadas, el tamaño del transformador aumenta en forma importante cuando la frecuencia disminuye; efectos parásitos importantes crean una operación menos que ideal, con formas de onda de conmutación rápida.

**TABLA 17.1** (Continuación)

Método	Circuito básico	Propiedades clave
Bombeo de carga		<p>Se puede usar para generar un voltaje “sobre el canal” controlado por un desplazador de nivel, o “bombear” la compuerta cuando el MOSFET se activa; en el primer caso se deben resolver los problemas de un desplazador de nivel; en el segundo caso, los tiempos de encendido tienden a ser demasiado largos para aplicaciones de conmutación. En ambos casos, se puede mantener activa la compuerta durante un tiempo indefinido. Las ineficiencias en el circuito de multiplicación de voltaje pueden requerir más de dos etapas de bombeo.</p>
Arranque		<p>Simple y económico con algunas de las limitaciones del transformador de pulsos: el ciclo de trabajo y el tiempo activado se restringen por la necesidad de refrescar el capacitor de arranque; si el capacitor se carga desde un canal de alto voltaje, la disipación de potencia puede ser importante; requiere desplazador de nivel con sus dificultades asociadas.</p>

## Excitación con portadora



Proporciona control total de compuerta durante un tiempo indefinido, pero está algo limitado en rendimiento de conmutación, que se puede mejorar aumentando la complejidad.

Tres tipos de circuitos pueden efectuar las funciones de excitación y protección de compuerta.

El primero es el acoplador de salida, necesario para proporcionar suficiente voltaje o carga de compuerta al dispositivo de potencia.



El segundo son desplazadores de nivel, necesarios para interconectar entre las señales de control a los acopladores de salida del lado de alta potencia y al de baja.

El tercero es la detección de condiciones de sobrecarga en el dispositivo de potencia, con las contramedidas apropiadas que se tomen en el acoplador de salida, al igual que la retroalimentación de estado de falla.

## **CI EXCITADORES PARA CONVERTIDORES**

Hay numerosos CI excitadores de compuerta disponibles en el comercio para controlar convertidores de potencia.

Entre ellos están el control por modulación de ancho de pulso (PWM), control por corrección de factor de potencia (PFC, de power factor correction), control por PWM y PFC combinados, control por modo de corriente, puente excitador, excitador servo, excitadores en medio puente, excitador por motor a pasos y excitador para compuerta de tiristor.

En la figura 17.19 se muestra el diagrama de bloques de un propulsor típico VH flotante de propósito general con excitador MOS de compuerta (MGD, de MOS-gate driver).

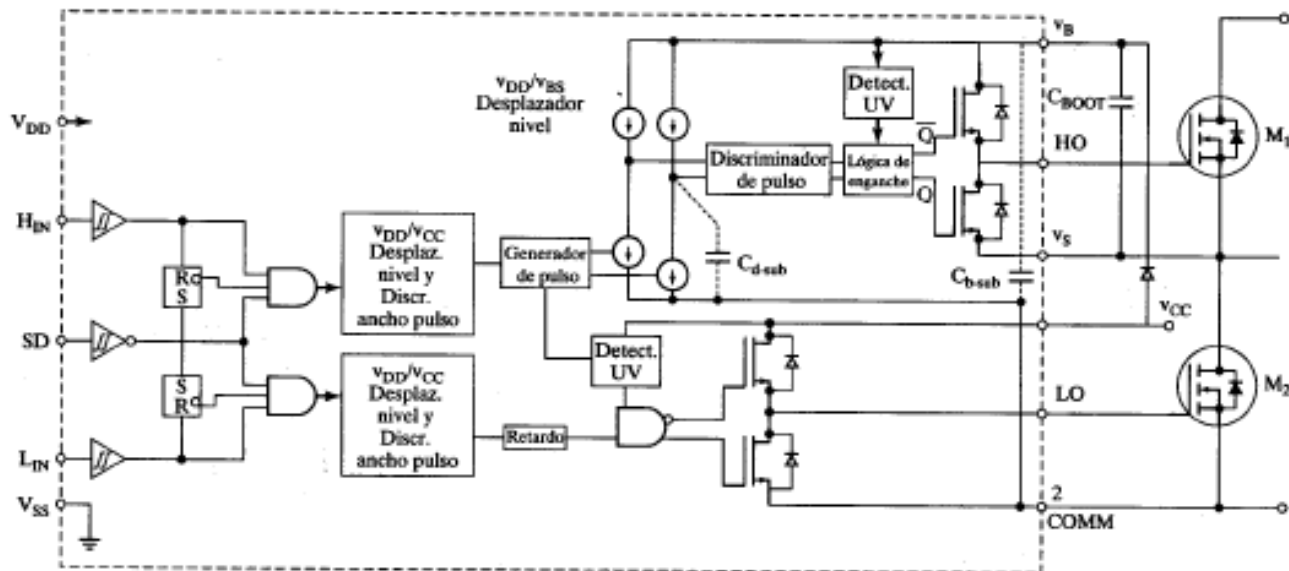


FIGURA 17.19

Diagrama de bloques de un propulsor disparado por MOS. Ref. 2. (Cortesía de International Rectifier, Inc.)

Los canales lógicos de entrada se controlan con señales compatibles con TTL/CMOS. Los umbrales de transición son distintos de un dispositivo a otro. Algunos MGD tienen el

umbral de transición proporcional al  $V_{DD}$  de alimentación lógica (3 a 20 V), y los acopladores Schmitt de disparo con histéresis igual a 10% de  $V_{DD}$  para aceptar entradas con largo tiempo de subida, mientras que otros MGD tienen una transición fija del 0 lógico al 1 lógico, entre 1.5 y 2 V. Algunos MGD sólo pueden excitar un dispositivo en el lado de alta potencia, mientras que otros pueden excitar uno en el lado de alta potencia y uno en el de baja. Otros pueden excitar un puente trifásico completo. Todo excitador en lado de alta potencia también puede excitar a un dispositivo en el de baja. Los MGD con dos canales de excitación de compuerta pueden tener comandos duales, y en consecuencia independientes, de entrada, o un solo comando de entrada con excitación complementaria y tiempo muerto predeterminado.

La etapa de salida del lado de baja potencia se implementa ya sea con dos MOSFET de canal N en configuración tótem, o con una etapa de inversor CMOS de canal N y uno de canal P. El seguidor de fuente funciona como fuente de corriente y como fuente común para disipar corriente. La fuente del excitador de baja se conecta en forma independiente con la terminal 2, por lo que se puede hacer una conexión directa a la alimentación del dispositivo de potencia para el retorno de la corriente de excitación de compuerta. De este modo se puede evitar que algún canal opere con bloqueo por bajo voltaje si  $V_{cc}$  es menor que un valor especificado (en forma típica, 8.2 V).

El canal del lado de alta potencia se ha incorporado a una "tina de aislamiento" capaz de flotar con respecto a la tierra común (COM). La tina "flota" en el potencial de  $V_s$ , que se establece por el voltaje aplicado a  $V_{cc}$  (15 V, en forma típica) y oscila entre los dos canales. La carga de compuerta para el MOSFET del lado de alta potencia la proporciona el capacitor de arranque  $C_B$ , que se carga con el voltaje de alimentación  $V_{cc}$  a través del diodo de arranque durante el tiempo en que el dispositivo está apagado. Como el capacitor se carga con una fuente de bajo voltaje, la potencia consumida para excitar la compuerta es pequeña. Por consiguiente, los transistores excitados por MOS presentan una característica de entrada capacitiva; esto es, al suministrar una carga a la compuerta, en lugar de una corriente continua, se puede encender el dispositivo.

En la figura 17.20 se ve una aplicación típica de un controlador PWM en modo de corriente.

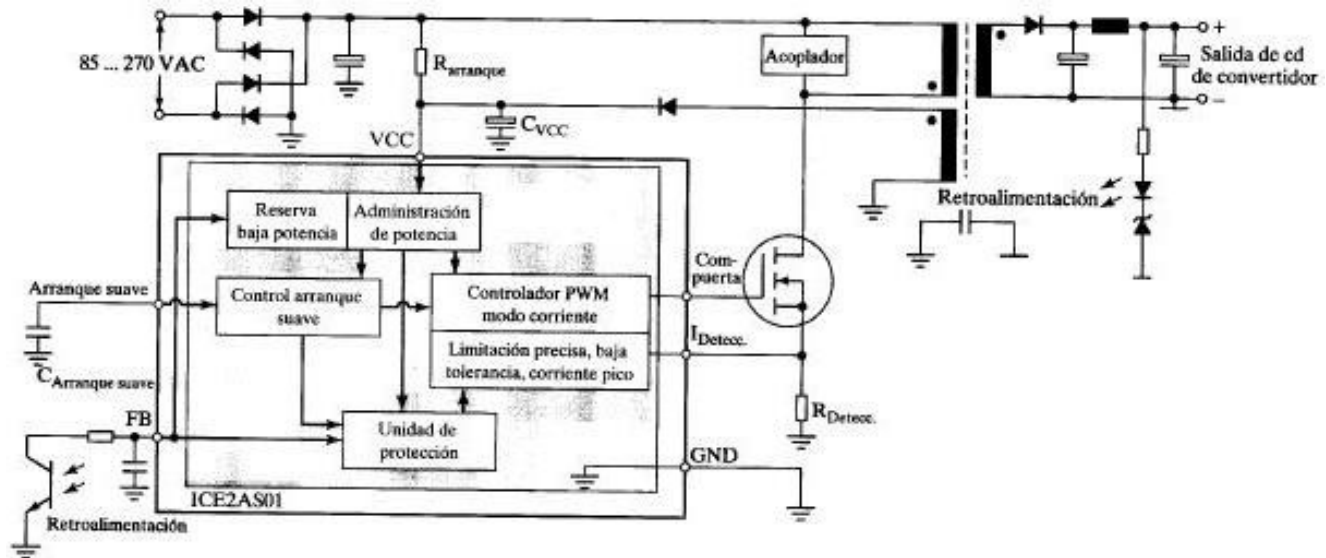


FIGURA 17.20

Aplicación típica de CI de control de modelo de corriente para alimentación de potencia en modo conmutado. Ref. 4. (Cortesía de Grupo Siemens, Alemania.)



Entre sus propiedades están baja potencia en estado de reserva, arranque suave, detección de corriente pico, bloqueo por bajo voltaje en la entrada, desconexión térmica y protección contra sobrevoltaje, así como una alta frecuencia de conmutación, de 100 kHz.

# CI DE ALTO VOLTAJE PARA EXCITADORES DE MOTORES

La electrónica de potencia juega papeles clave en los modernos propulsores de motor, donde se requieren técnicas avanzadas de control, de alto rendimiento, junto con otras funciones de arranque y protección.

Entre sus propiedades están excitación de compuerta con protección, carga de canal de cd con arranque suave y detección lineal de corriente de fase del motor, así como algoritmos de control de volts o hertz a control vectorial sin sensor o servocontrol. El diagrama de bloques de un excitador típico, con sus funciones asociadas, se ve en la figura 17.21.

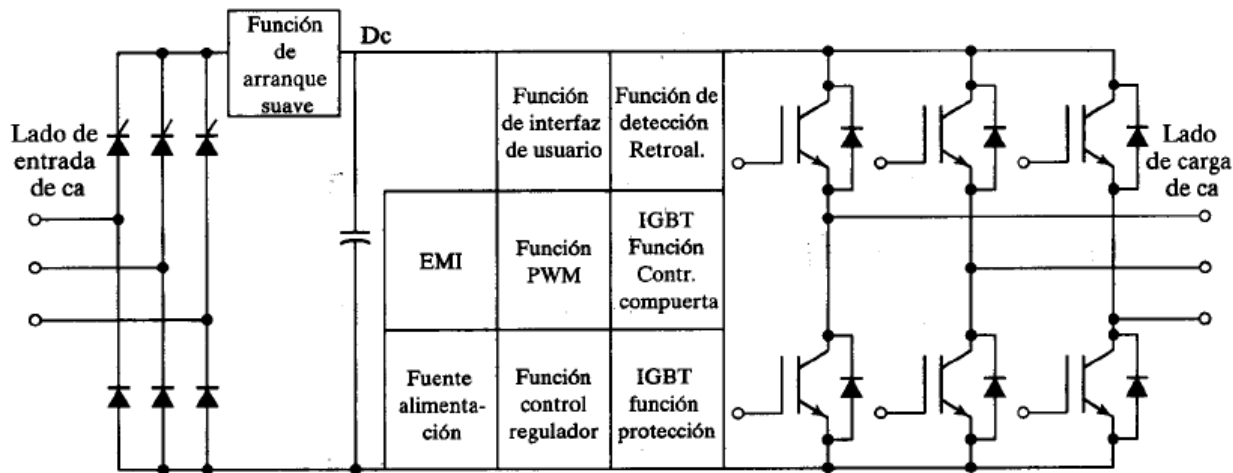


FIGURA 17.21

Diagrama funcional de bloques de un propulsor alimentado por inversor. Ref. 5. (Cortesía de International Rectifier, Inc.)

Cada función satisface requisitos únicos, pero también deben acoplarse entre sí para que el sistema completo trabaje como un conjunto. Por ejemplo, las funciones de excitación IGBT por compuerta y de protección deben estar sincronizadas, y

se deben adaptar la detección de retroalimentación, el control de regulador y la PWM.

Los propulsores de motor requieren funciones como protección y parada suave para la etapa de inversor, detección de corriente, conversión de analógico a digital para usarla en el algoritmo de control de corriente en lazo cerrado; carga suave del capacitor del canal de cd y una etapa de convertidor de entrada que sea casi a prueba de balas. La simplicidad y el costo son factores importantes para aplicaciones como compresores para refrigerador, compresores para acondicionador de aire y máquinas lavadoras con accionamiento directo.

Las demandas de mercado para propulsores de motores industriales, electrodomésticos y accionamientos industriales ligeros han conducido al desarrollo de CI de alto voltaje para propulsores de motor, llamados procesadores de conversión de potencia (PCP, de power conversion processor) por los fabricantes de dispositivos de potencia.

La arquitectura de la familia de CI se puede clasificar en tres tipos:

- 1) procesamiento de conversión de potencia en dos niveles,
- 2) procesamiento de conversión de potencia en un nivel y
- 3) procesamiento de conversión de potencia en modo mixto.

## **Procesamiento de conversión de potencia en dos niveles.**

Las funciones de procesamiento de señal se implementan dentro de un nivel de alimentación aislada de bajo voltaje, alejado del nivel de potencia. Todos los dispositivos de potencia están contenidos dentro del nivel de alimentación de alto voltaje, que está conectado en forma directa con la alimentación de ca. A continuación se usan diversas tecnologías para conectar los dos niveles. Los excitadores de compuerta se alimentan a través de optoacopladores y sensores de efecto Hall, y la función de arranque suave se implementa con relevador. También se necesita un voluminoso transformador de varios devanados, para alimentar las diversas fuentes aisladas para las diferentes

funciones. Esta clase de arquitectura, como la de la figura 17.22, se está volviendo obsoleta.

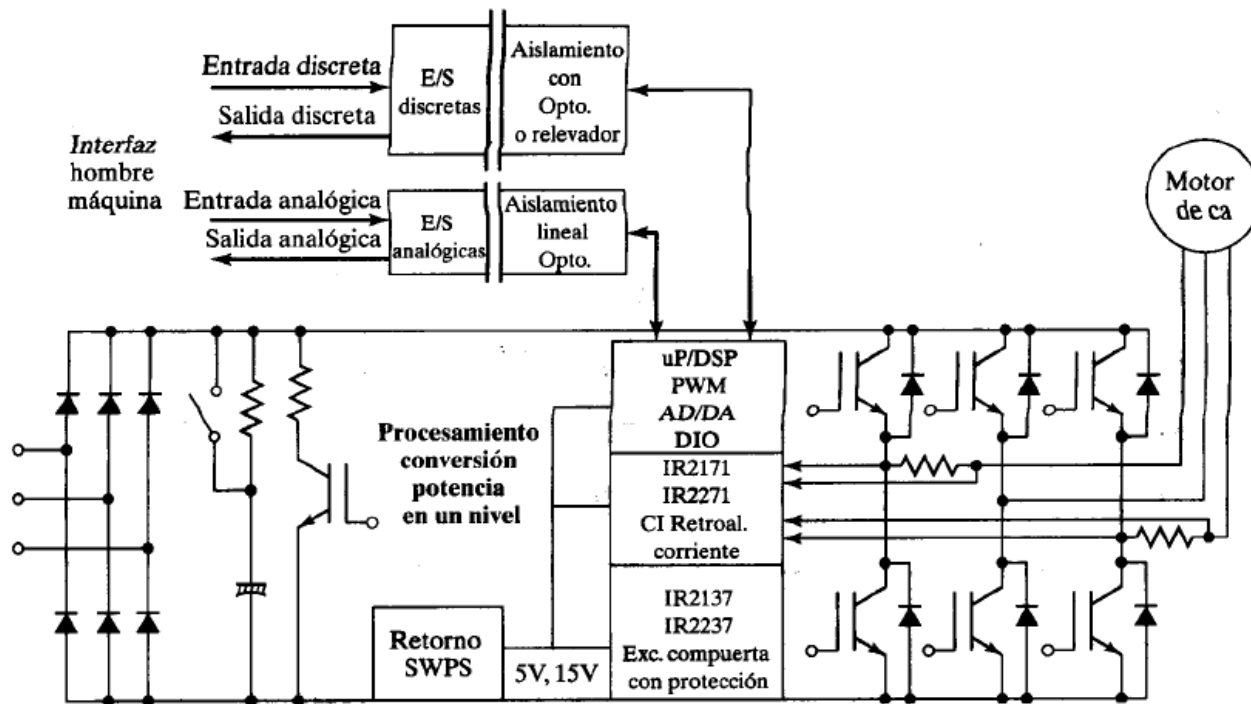


FIGURA 17.22

Arquitectura de procesamiento de conversión de potencia en dos niveles. Ref. 5. (Cortesía de International Rectifier, Inc.)

## **Procesamiento de conversión de potencia en un nivel.**

Todas las funciones de excitación de compuerta, protección, detección para retroalimentación y control se implementan en el mismo nivel del canal de alimentación de alto voltaje, y todas las funciones se acoplan entre sí en el mismo nivel eléctricamente conectado. La protección es localizada y es más efectiva. La distribución de la tarjeta es más compacta, lo que contribuye a menor EMI y menor costo del sistema total. Este tipo de arquitectura (como el de la figura 17.23) es compacto, y muy efectivo para propulsores de propósito especial, como electrodomésticos y propulsores industriales pequeños, de menos de 3.75 kW; se llaman microinversores o micropropulsores.



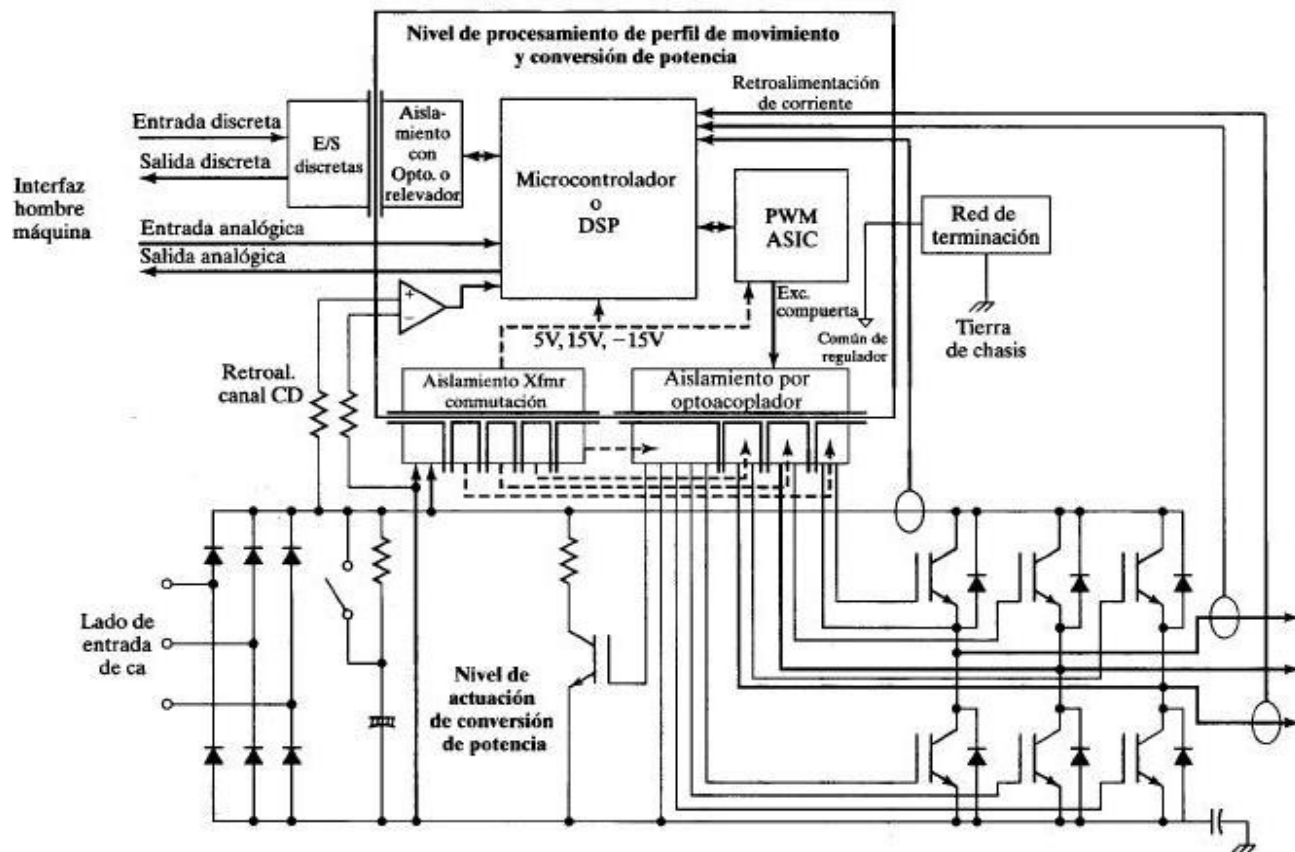


FIGURA 17.23

Arquitectura de procesamiento de conversión de potencia en un nivel. Ref. 5. (Cortesía de International Rectifier, Inc.)

## **Procesamiento de conversión en modo mixto.**

El procesamiento de conversión de potencia se hace en forma principal al nivel de alimentación de alto voltaje. Se usa un segundo nivel de procesamiento de señal para perfilado de movimiento y comunicación. Este segundo nivel ayuda a facilitar las conexiones de red y de tarjeta en propulsores de propósito general. También simplifica la conexión a un codificador, para detección de posición en los servopropulsores.

Los dos niveles de procesamiento se conectan a través de un canal serial aislado. Este tipo de arquitectura se muestra en la figura 17.24. En la tabla 17.2 se presenta una comparación entre las diversas arquitecturas de conversión de potencia.

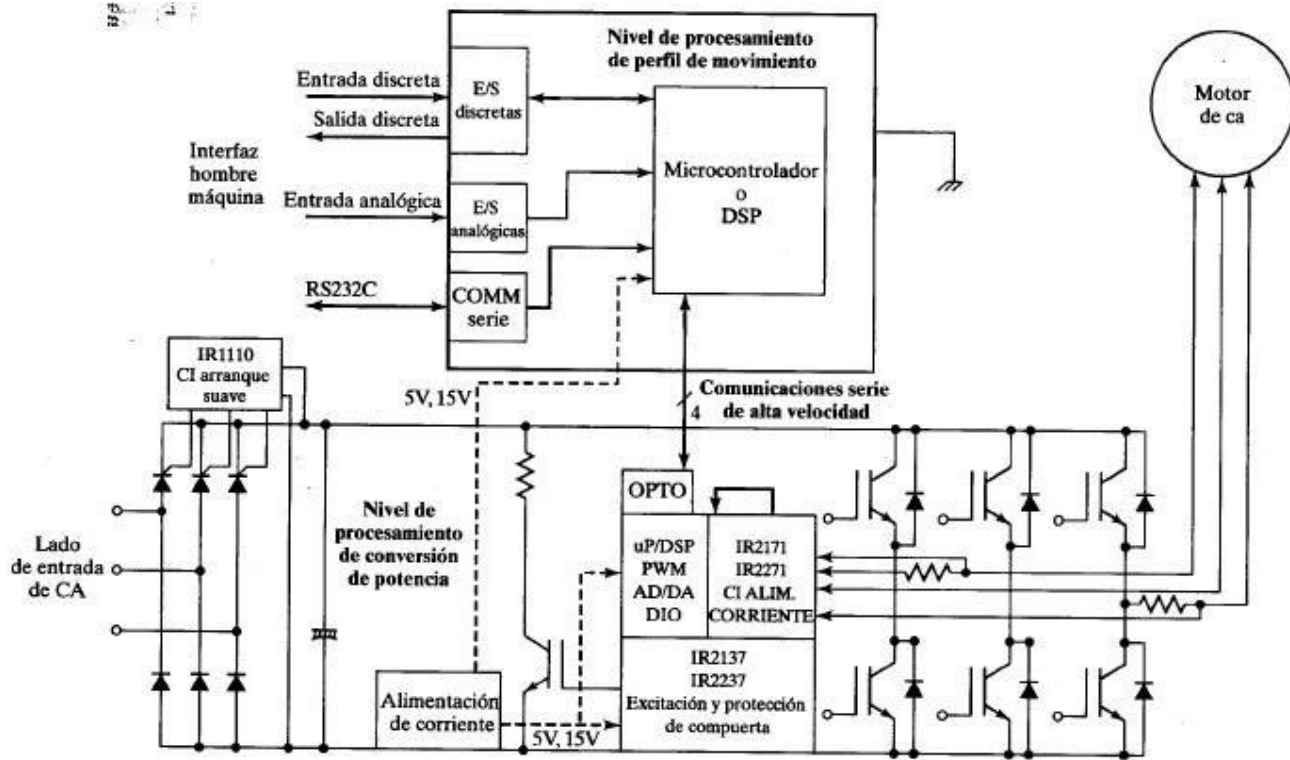


FIGURA 17.24

Arquitectura de procesamiento de conversión de potencia en un nivel. Ref. 5. (Cortesía de International Rectifier, Inc.)

**TABLA 17.2** Comparación de arquitecturas de conversión de potencia con dos niveles y con un nivel

Arquitectura de dos niveles	Arquitectura de un nivel
Conversiones de movimiento y potencia procesadas juntas	Conversiones de movimiento y potencia procesadas por separado
Aislamiento con optoacopladores (señales sensibles de alta velocidad)	Aislamiento con interfaz digital (señales de alto margen de ruido)
Tiempo muerto grande	Tiempo muerto pequeño
Alimentación con conmutación compleja	Alimentación sencilla con retorno <i>flyback</i>
Grandes sensores de corriente de Hall	Pequeños sensores de corriente de HVIC
Protección al nivel de señal	Protección al nivel de potencia
Gran tamaño y mayor EMI	Tamaño menor y menos EMI

Una de las propiedades clave de la arquitectura de conversión de potencia en modo mixto es la integración de las funciones de encendido de compuerta, protección y detección. La integración se implementa en un circuito integrado con

tecnología de alto voltaje (HVIC, de high-voltage integrated circuit). Los circuitos integrados de detección multifuncionales incorporan la retroalimentación de corriente y voltaje con información tanto de amplitud como de fase, pueden simplificar los diseños de los propulsores de motor de ca o de cd sin escobillas (BLDC, de brushless DC). La meta final es la integración monolítica de las funciones de excitación de compuerta, protección, detección lineal de corriente y otras más, en una sola pieza de silicio, usando tecnología de HVIC. Así, todas las funciones de conversión de potencia en propulsores de motor robusto, eficientes, económicos y compactos se debería integrar, en el caso ideal, en forma modular, con un protocolo serial de comunicaciones definido en forma adecuada, para control local o remoto.