

**CRITERIOS DE DISEÑO DE CIRCUITOS ACTUADORES
("DRIVERS") PARA CONMUTADORES COMPLETAMENTE
CONTROLADOS.**

I.-REQUERIMIENTOS MÍNIMOS QUE DEBE CUMPLIR EL CIRCUITO ACTUADOR.

- 1.- Aislamiento de entrada: La etapa de entrada debe aislar el circuito actuador del dispositivo de control de potencia del circuito de control del equipo de electrónica de potencia.
- 2.- Aislamiento de fuentes: Las fuentes de alimentación del circuito actuador deben estar totalmente aisladas tanto de las fuentes de alimentación de los circuitos de instrumentación y control del equipo de electrónica de potencia como de la fuente de alimentación del circuito electrónico de potencia.

3.- La forma de onda del pulso aplicado debe buscar minimizar los tiempos de conmutación del dispositivo completamente controlado; por lo tanto los frentes de subida y bajada deben ser lo mas rápidos posibles.

4.- El circuito actuador debe incorporar la función de apagado de emergencia en caso de sobre corriente, para proteger al dispositivo completamente controlado de forma automática y autónoma.

5.- El circuito actuador debe incorporar la función de apagado de emergencia cuando se interrumpa la comunicación con el circuito de control central del equipo electrónico de control de potencia.

6.- El circuito actuador debe de ser lo más compacto, confiable y económico que sea posible.

7.- Por razones de seguridad los tres módulos funcionales de un sistema electrónico de control de potencia se deben energizar en secuencia, con un orden de prioridad estricto:

a.-Se energiza la alimentación del modulo de control central.

b.-Una vez estabilizado el módulo de control central se energiza la alimentación del módulo de los circuitos actuadores.

c.-Una vez estabilizados los circuitos actuadores aplicando las correspondientes señales de apagado a todos los dispositivos conmutadores de control de potencia se energiza el circuito de potencia del conversor.

II.-FORMA GENÉRICA DE LAS SEÑALES DE MANEJO A APLICAR.

Para los dispositivos completamente controlados existentes en el mercado, las señales de encendido y apagado son dos niveles de tensión (PowerMOSFETs, IGBTs y, en general, dispositivos con compuerta tipo MOS) o corriente (BJTs o GTOs), que deben tener las pendientes de subida y bajada lo más rápidas que sean posible.

Como referencia, las especificaciones indican que las pruebas de conmutación están hechas con fuentes cuyos tiempos de conmutación están en el orden de los 50ns para los dispositivos mas rápidos a los 200ns para los más lentos.

Los niveles exactos de amplitud de las señales de corriente o voltaje de control de encendido/apagado deben ser los indicados por el fabricante para el dispositivo específico que se debe manejar.

En el caso de los dispositivos controlados por voltaje tiende a haber una estandarización y las tensiones de encendido/apagado suelen ser simétricas, de $\pm 5V$, $\pm 12V$, $\pm 15V$ ó $\pm 25V$.

En general, para los dispositivos normalmente apagados ("normalmente abiertos"), que son la mayoría en el mercado, mantenerlos en el estado "encendido" (en "conducción", o "cerrados") requiere de la aplicación de un nivel positivo de tensión entre el terminal de compuerta y el de referencia del dispositivo, o de la inyección de una corriente de base positiva.

Cuando se retira esa señal positiva de encendido el dispositivo vuelve a su estado normal de apagado (bloqueo de corriente); para lograr que la transición de "encendido" a "apagado" sea lo mas rápida posible, en todos los dispositivos es necesario aplicar un pulso de voltaje o corriente negativo (según corresponda), y mantenerlo aplicado por lo menos hasta que se completa la transición de apagado.

En principio un dispositivo normalmente apagado debería permanecer apagado mientras el circuito actuador no le aplique el pulso positivo de encendido; sin embargo, dado que los circuitos electrónicos de control de potencia generan niveles de ruido eléctrico considerables, en general se considera conveniente mantener aplicada la señal de apagado durante todo el

intervalo de no conducción de los dispositivos para evitar que el ruido del circuito produzca posibles encendidos fuera de secuencia.

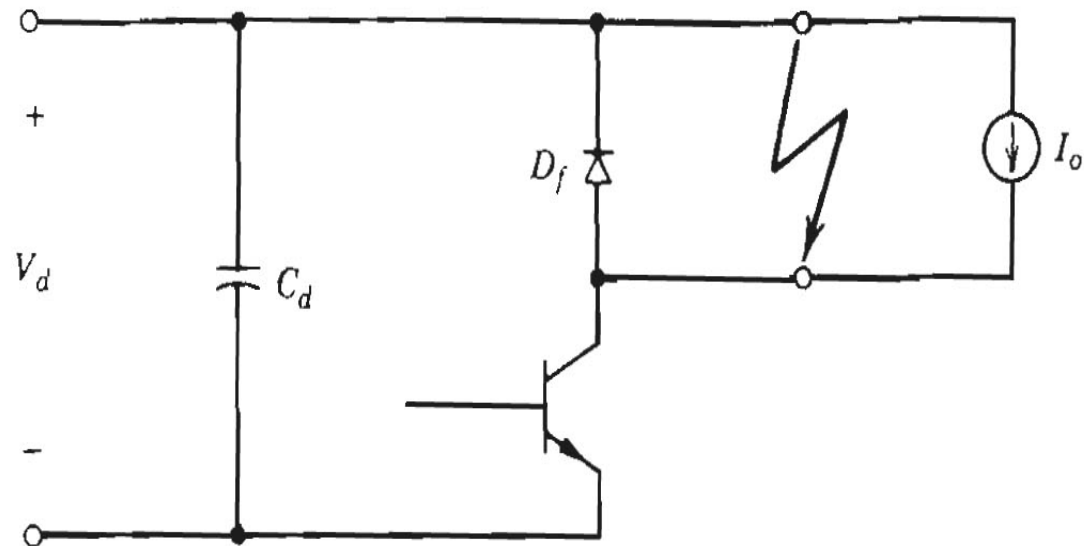
Cuando el dispositivo electrónico de control de potencia a controlar es del tipo "normalmente encendido" ("normalmente cerrado"), lograr el apagado requiere aplicarle un pulso de voltaje o corriente de amplitud predeterminada y de polaridad negativa.

En principio, salvo este cambio de signo, todo el argumento desarrollado en relación con los dispositivos normalmente encendidos es directamente aplicable a los normalmente apagados.

En la práctica implementar circuitos electrónicos de potencia con dispositivos normalmente encendidos presenta problemas operativos complejos, tanto en el momento del encendido del circuito como en caso de pérdida de las señales de control, y la tendencia es que estos dispositivos solo se usen en configuraciones en serie con dispositivos normalmente apagados, lo que requiere circuitos actuadores que produzcan simultáneamente las señales de manejo necesarias para ambos tipos de dispositivos.

III.-CONSIDERACIONES SOBRE LA AUTO-PROTECCIÓN CONTRA SOBRE CORRIENTES DE CARGA EN LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL DE POTENCIA.

Un problema que se puede presentar en forma imprevista en todo circuito electrónico de control de potencia es el cortocircuito en la carga, bien sea por una falla externa durante la operación normal del circuito, o por un error de cableado en el proceso inicial de comisionamiento del equipo o en cualquier reparación posterior.



Condición de cortocircuito en la carga.

Independientemente del tipo de conmutador completamente controlado que se esté considerando, asumiendo que la selección ha sido adecuada para la aplicación que se está diseñando, será cierto que la tensión máxima aplicable en el circuito a los terminales del dispositivo será menor que la tensión de bloqueo

máxima, ya que todo diseño debe tener un margen de seguridad de voltaje, y que la corriente de carga máxima será menor que la corriente máxima que puede llevar el dispositivo en estado estacionario, ya que todo diseño debe tener un margen de seguridad de corriente.

La primera línea de defensa contra esta posibilidad es limitar el máximo valor de la corriente que puede circular por el dispositivo controlado ajustando la intensidad de la señal de control aplicada por la etapa de salida del circuito actuador.

Dado que el peor caso de sobre carga es el corto circuito neto de la carga, este es el caso a considerar para definir la estrategia de protección; evidentemente, si el equipo puede sobrevivir a un cortocircuito en la

salida estará también protegido contra cualquier falla por sobrecarga menor.

La primera consecuencia de un corto circuito en la carga desde el punto de vista del conmutador a proteger es que la tensión entre sus terminales pasa a ser la tensión de la fuente de alimentación. Esto en si mismo no es dañino, puesto que el dispositivo debe haber sido seleccionado para tener una tensión superior a esta, tomando en cuenta espero caso de regulación de la tensión en la fuente (máximo voltaje esperado).

En términos de la SOA del dispositivo, operar en cortocircuito significa que la posición del punto de operación durante el corto circuito en el eje del voltaje (eje X) corresponde a la vertical del valor de la máxima

tensión de la fuente; su posición en el eje de la corriente (eje Y) depende del tipo de dispositivo y de la forma como esté definida la señal de manejo que se le aplica.

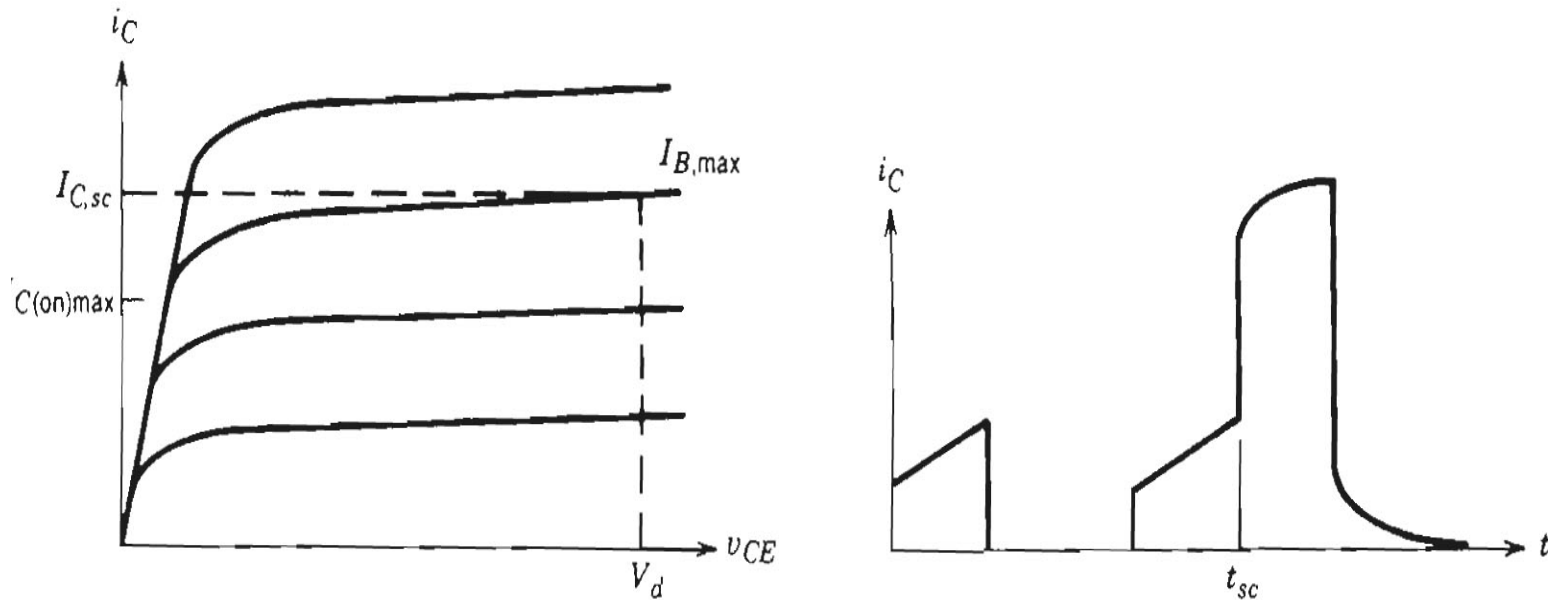
En los dispositivos que operan en avalancha, como el GTO y sus derivados, el valor de la corriente en conducción depende casi exclusivamente de las condiciones externas al dispositivo y no puede ser limitada por una acción de la señal de manejo. En este caso en general no es posible asegurar la auto protección del dispositivo.

En los dispositivos tipo "transistor", bipolar o FET, aunque en condiciones normales el nivel de la corriente de carga está definido por los parámetros del circuito externo, existe la posibilidad de fijar un límite máximo a

la corriente circulante en base al nivel de la señal de manejo y, por lo menos en teoría, es posible lograr la auto protección del dispositivo mediante un diseño adecuado del circuito actuador.

1.- Si el dispositivo controlado es un BJT, durante un cortocircuito el dispositivo opera en la zona activa, con una tensión CE igual a la tensión de alimentación del circuito de carga.

Para asegurar que el BJT no sufra una falla instantánea, el valor de la corriente inyectada en la base en condiciones normales de operación debe calcularse para que sea igual a la corriente de base que permite la circulación de una corriente de colector menor (o en todo caso igual) al valor de la corriente de pico máxima indicado por el fabricante, considerando la máxima ganancia β posible en las condiciones de operación durante la falla.



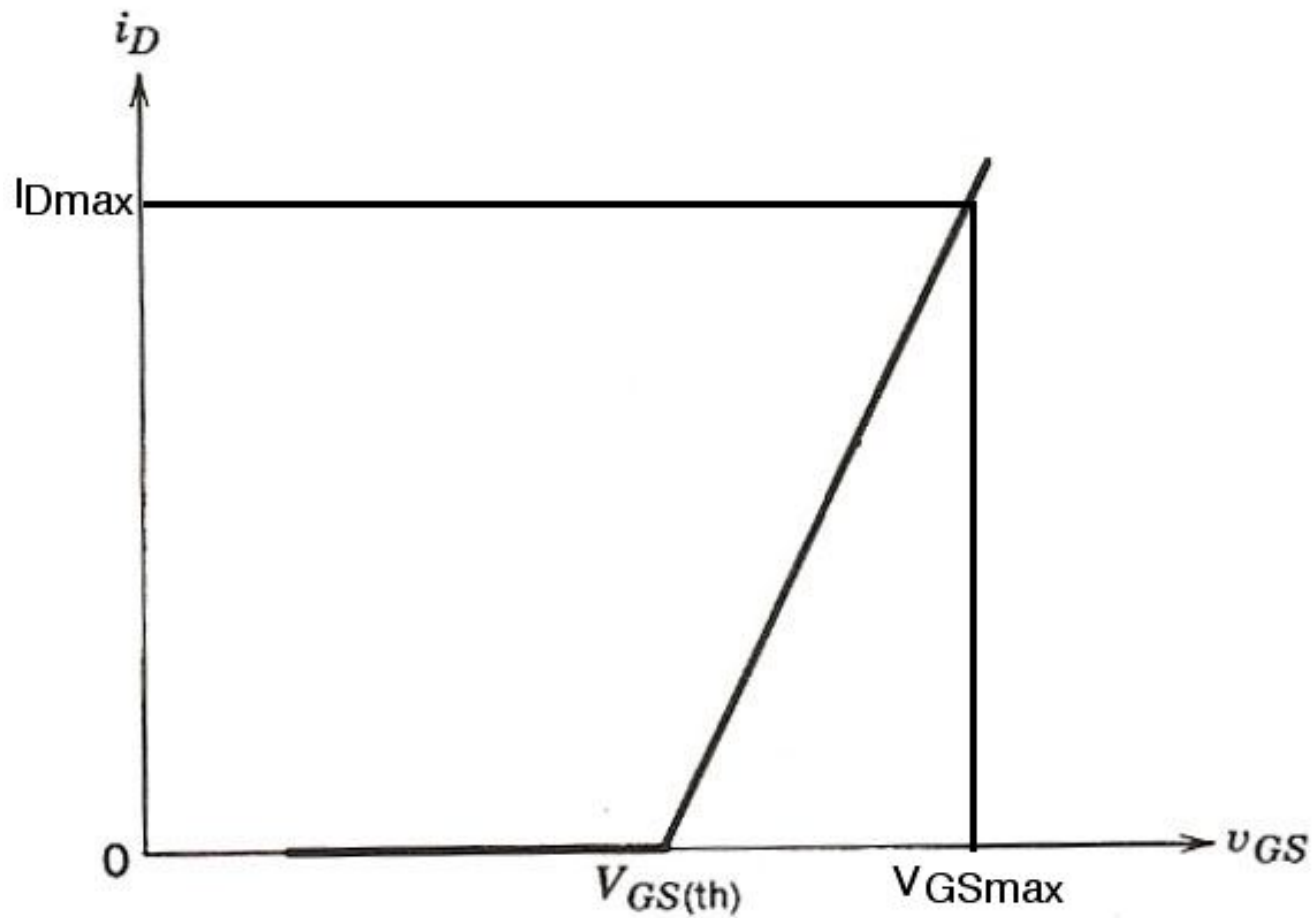
Ajuste de la corriente de base para limitar el valor de la corriente de cortocircuito (izquierda), y formas de onda observadas al ocurrir la falla.

Si se cumple este objetivo de diseño, en caso de cortocircuito en la carga la corriente en el dispositivo manejado subirá hasta el valor máximo permitido por la

señal de manejo, sin alcanzar, y mucho menos superar, el valor pico transitorio de corriente en el dispositivo, por lo que el punto de operación del dispositivo en la SOA estará en la esquina superior derecha, todavía dentro de la zona de seguridad transitoria, dado que la tensión será menor que la tensión máxima y la corriente menor que la corriente instantánea máxima.

2.- Si el dispositivo controlado tiene una compuerta tipo MOSFET, durante el corto-circuito operará en la zona de saturación, con una tensión entre los terminales de potencia igual a la de alimentación del circuito de carga.

Para asegurar que el dispositivo no sufra una falla instantánea en estas condiciones, la tensión de control aplicada en la compuerta debe ser ajustada en base a la curva de transferencia para que la máxima corriente en los terminales de potencia sea menor (o en todo caso igual) a la corriente pico indicada por el fabricante.



Ajuste de la tensión de control para limitar la corriente principal durante una falla de cortocircuito.

En cualquiera de las dos alternativas debe recordarse que el dispositivo controlado solo puede permanecer en la condición de corriente máxima durante un tiempo severamente restringido, indicado por el fabricante en las características, por lo que además de limitar el valor de la corriente posible en cortocircuito, la protección del dispositivo controlado requiere que el circuito actuador incluya un circuito de protección que interrumpa la operación en caso de sobre corriente.

IV.-CONFIGURACIÓN BÁSICA DEL CIRCUITO ACTUADOR (DRIVER).

Dado que el circuito actuador debe adaptarse perfectamente a los requerimientos del dispositivo cuyo estado (conducción o bloqueo) debe controlar, el diseño del actuador debe realizarse procediendo desde la salida hasta la entrada, proceder a diseñar en sentido contrario suele llevar al incumplimiento de alguna de las condiciones básicas, lo que requiere realizar iteraciones de diseño adicionales.

A.-Configuración general de la etapa de salida.

La etapa de salida del circuito actuador debe ser capaz de:

1.-Aplicar al terminal de control del dispositivo a controlar dos niveles predefinidos de tensión o corriente, uno positivo y otro negativo, para fijar activamente el estado del dispositivo (conducción o bloqueo) en todo momento.

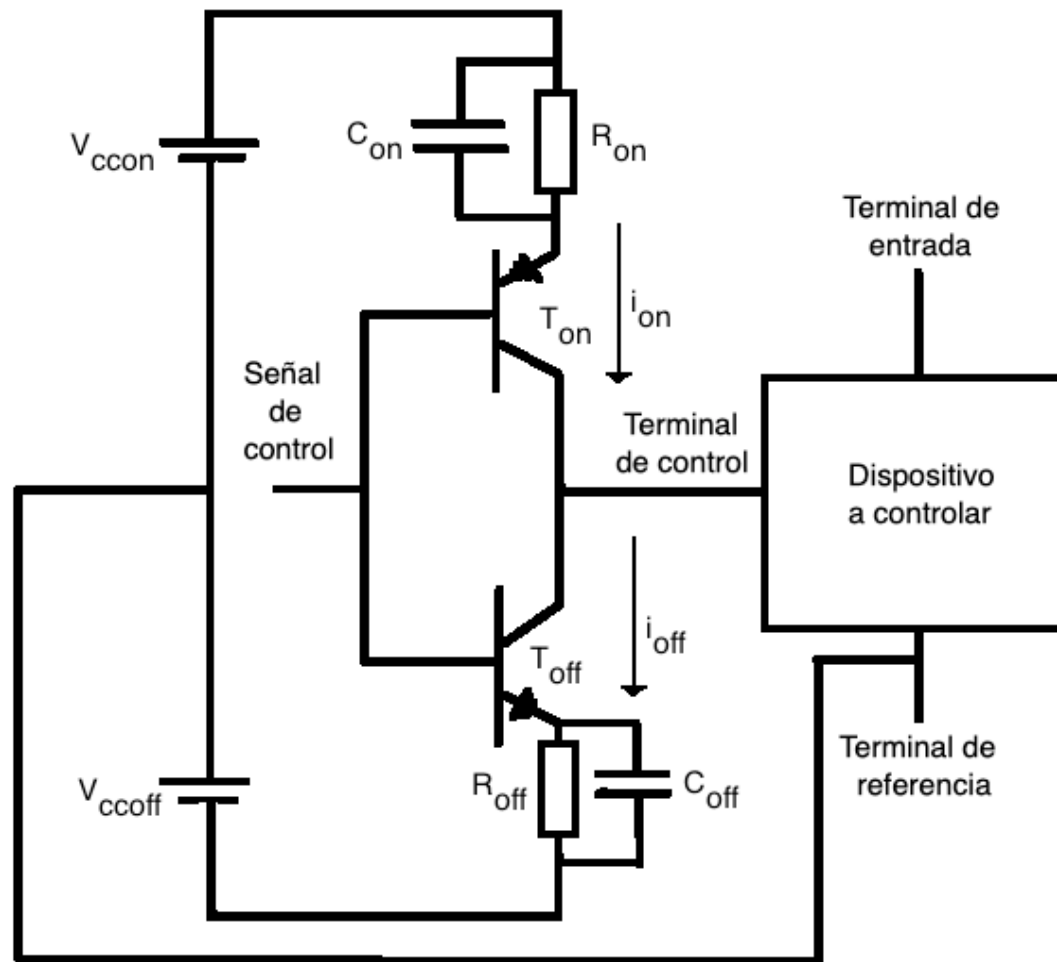
2.-Cambiar lo mas rápidamente posible de un nivel al otro, para lograr que las transiciones del dispositivo controlado entre los estados de conducción y de bloqueo sean lo mas rápidas posibles.

3.-Limitar automáticamente el nivel de corriente de carga en caso de falla.

Una forma simple y eficaz de lograr estos objetivos es el circuito mostrado en la figura en sus dos formas básicas,

implementado con una pareja de transistores BJTs o MOSFETs complementarios. La implementación con BJTs se ajusta mejor al control de dispositivos mandados por corriente y la implementación con MOSFETs al control de los dispositivos mandados por voltaje.

Activar el conmutador de potencia requiere activar el transistor PNP o el MOSFET tipo P; en ambos caso eso requiere que la señal de control aplicada a la salida tenga el nivel "bajo"; esto es, la etapa de salida trabaja con lógica negada.



Etapa de salida del circuito actuador implementada con un par complementario de BJTs. Configuración con lógica de control activa baja.

B.-Diseño de la etapa de salida con BJTs para controlar un dispositivo mandado por corriente.

El análisis que sigue considera la configuración con lógica de control activa baja mostrada en la figura. Si se intercambian los dos transistores del circuito de manejo, la etapa de salida del actuador trabaja con lógica activa alta. La operación es similar a la descrita aquí, pero el circuito es ligeramente mas inseguro.

1.-Se requiere conocer los siguientes valores: el valor de la corriente máxima de carga del dispositivo principal en condiciones normales de operación, I_{LM} , el valor pico de la corriente transitoria que puede soportar el dispositivo,

I_{CES} , y el valor de la ganancia de corriente en gran señal del dispositivo, β_g .

La condición de arranque del circuito es mantener aplicada la señal de apagado al dispositivo controlado hasta que se reciba del control central la orden de iniciar el ciclo de trabajo encendiendo el dispositivo controlado.

Por lo tanto inicialmente la señal de control debe estar en alto, el transistor T_{off} debe estar conduciendo y la compuerta del dispositivo controlado debe de estar conectada a la fuente V_{ccoff} a través del transistor T_{off} y la resistencia R_{off} .

2.-Se fija como objetivo de diseño el valor de la corriente máxima en cortocircuito que se va a permitir, I_{CCM} ; este valor debe cumplir con la siguiente relación:

$$I_{LM} < I_{CCM} < I_{CES}$$

3.- Definida I_{CCM} , la corriente de encendido en estado estacionario, $i_{on}(t)$, debe ser:

$$i_{on}(t) = \frac{I_{CCM}}{\beta_G}$$

Este valor asegura que, en caso de sobre carga de corriente el dispositivo controlado saldrá de saturación y la corriente de carga durante la sobre carga tendrá el

valor deseado, I_{CCM} , menor que el valor pico del dispositivo.

4.- Para encender el dispositivo controlado la señal de control debe tener un nivel "bajo", para saturar al transistor T_{on} . En estas condiciones, la corriente $i_{on}(t)$ en estado estacionario resulta:

$$i_{on} = \frac{V_{ccon} - V_{Tonsat} - V_{be}}{R_{on}}$$

De donde:

$$R_{on} = \frac{V_{ccon} - V_{Tonsat} - V_{be}}{i_{on}}$$

La corriente de base del transistor T_{on} , i_{BTon} , debe al menos ser igual a:

$$i_{BTon} = \frac{i_{on}}{\beta_{Ton}}$$

Donde β_{Ton} es la ganancia de corriente de Ton ; con este valor Ton operará en su zona activa, si se selecciona una corriente de base mayor operará en saturación.

Dado que se desea maximizar la velocidad de respuesta del circuito actuador, es preferible mantener los transistores de la zona activa, desde la cual el apagado es mas rápido que desde la zona de saturación.

El condensador C_{on} es opcional, y se incluye solo si se desea que el pulso de disparo tenga un sobre pico inicial.

El valor del sobre pico se puede limitar ajustando el circuito de base del transistor T_{on} , tal como se ha hecho con la corriente de base del BJT principal.

El sobre pico decae con una constante de tiempo τ_{on} dada por:

$$\tau_{on} = \frac{1}{R_{on}C_{on}}$$

Asumiendo la convención usual de que el pulso básicamente se ha reducido a cero en cinco constantes

de tiempo, si se desea que el sobre pico dure un tiempo t_{ons} , el valor aproximado del condensador C_{on} resulta:

$$t_{ons} = 5\tau_{on} = \frac{5}{R_{on}C_{on}} \Rightarrow C_{on} = \frac{5}{R_{on}t_{ons}}$$

5.- Para apagar el dispositivo controlado la señal de control debe aplicar un nivel "alto" al transistor de apagado, T_{off} .

El proceso de cálculo es equivalente al desarrollado para el encendido; en este caso se parte del valor deseado para la corriente inversa de base que se desea extraer del dispositivo controlado. Si este valor no es crítico, la resistencia R_{off} puede ser eliminada, lo que acelera el proceso de apagado, aunque la corriente instantánea inversa puede ser alta.

Como en el caso del sub-circuito de encendido, el condensador C_{off} es opcional, y se incluye solamente cuando se desea que la corriente de base de apagado del controlado tenga un sobre pico inicial.

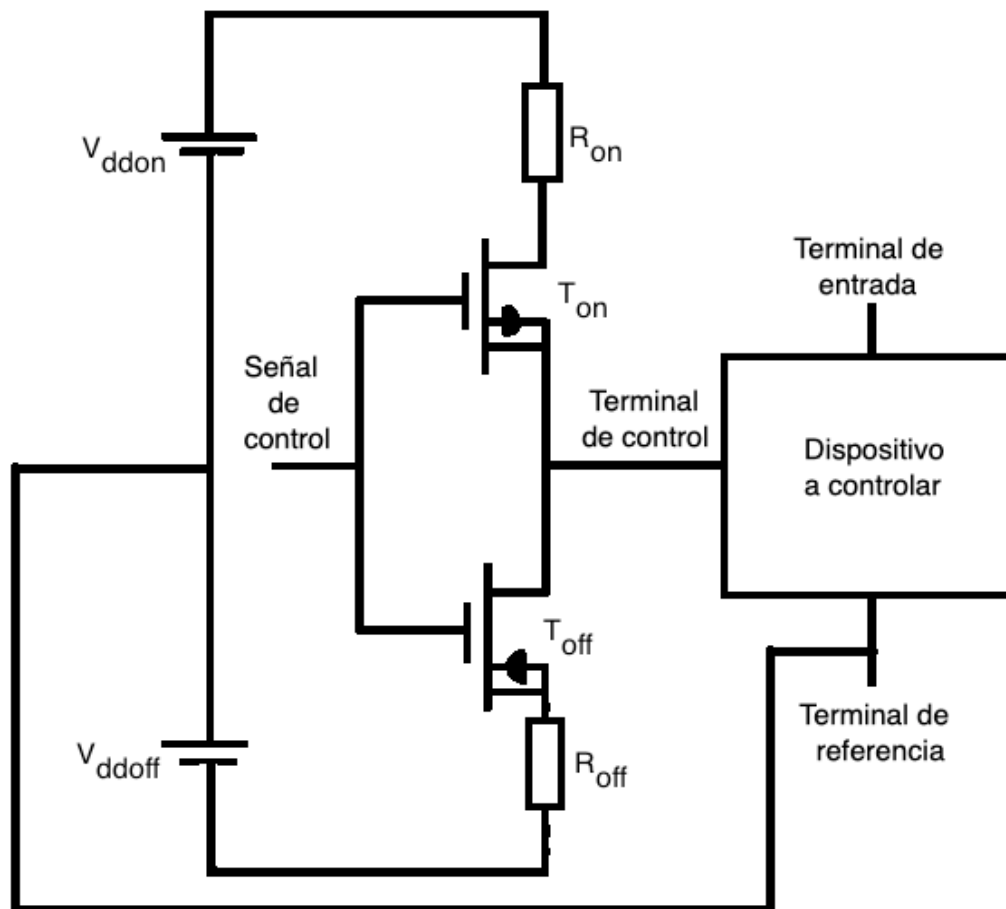
6.- controlado esta apagado, el sub-circuito de apagado está aplicándole una tensión negativa a la juntura BE. Esta tensión debe ser menor o igual al máximo valor de la tensión inversa indicada por el fabricante.

Una vez que se ha extraído toda la carga espacial acumulada en el dispositivo controlado, se cumple que:

$$V_{ccoff} + R_{off}i_bT_{off} = V_{ceT_{off}} + V_{EBTp}$$

Donde $i_{bT_{off}}$ es la corriente de base ya calculada para el transistor T_{off} , $V_{ceT_{off}}$ es la tensión colector-emisor de dicho transistor cuando se ha completado el proceso de apagado y ya no circula corriente inversa saliendo de la base del dispositivo controlado y V_{EBT_p} es la tensión inversa aplicada sobre la juntura de base-emisor del dispositivo controlado.

En general determinar exactamente cual es el reparto de las tensiones entre $V_{ceT_{off}}$ y V_{EBT_p} es complicado porque dependen de las características exactas de los dos dispositivos; en todo caso es innecesario, ya que lo único que hace falta es asegurar que la suma de ambos es menor que el valor crítico de tensión inversa del dispositivo controlado.



Etapa de salida del circuito actuador implementada con un par complementario de MOSFETs. Configuración con lógica de control activa baja.

C.-Diseño de la etapa de salida con MOSFETs para controlar un dispositivo mandado por tensión en compuerta.

El análisis que sigue considera la configuración con lógica de control activa baja mostrada en la figura. Si se intercambian los dos MOSFETs del circuito de manejo, la etapa de salida del actuador trabaja con lógica activa alta. La operación es similar a la descrita aquí, pero el circuito es ligeramente mas inseguro.

1.-Se requiere conocer los siguientes valores: el valor de la corriente máxima de carga del dispositivo principal en condiciones normales de operación, I_{LM} , el valor pico de la corriente transitoria que puede soportar el dispositivo, I_{DS} , la función de transferencia V_G/I_D y los valores

máximos de tensión de compuerta positiva y negativa de dicho dispositivo V_{GMon} y V_{GMoff} .

La condición de arranque del circuito es mantener aplicada la señal de apagado al dispositivo controlado hasta que se reciba del control central la orden de iniciar el ciclo de trabajo encendiendo el dispositivo controlado.

Por lo tanto inicialmente la señal de control debe estar en alto, el MOSFET T_{off} debe estar conduciendo y la compuerta del dispositivo controlado debe de estar conectada a la fuente V_{doff} . Esto implica que la capacidad de entrada del dispositivo controlado, C_e , estará cargada a la tensión $-V_{doff}$.

2.- Conocidos $V_{GM_{on}}$ y $V_{GM_{off}}$, se asigna $V_{ddon} = V_{GM_{on}}$ y $V_{ddoff} = V_{GM_{off}}$ (usualmente además ambos voltajes tienen el mismo valor absoluto).

3.- Cuando se recibe la orden de encender el dispositivo principal la señal de control cambia al estado "bajo", lo que apaga T_{off} y, simultáneamente, enciende T_{on} .

El encendido de T_{on} conecta la capacitancia de entrada del dispositivo controlado, C_e , al extremo inferior de la resistencia R_{on} , con lo que la tensión instantánea sobre dicha resistencia, V_{Ron} , despreciando la caída en la resistencia DS del MOSFET es:

$$V_{Ron} \approx V_{don} - V_{doff} = 2V_{don}$$

Y el valor pico de la corriente, i_{Ron} es:

$$i_{Ron}(0^+) \approx \frac{2V_{don}}{R_{on}}$$

La constante de tiempo del circuito R_{on} - C_e es, τ_{on} es:

$$\tau_{on} = \frac{1}{R_{on}C_e}$$

En primera aproximación (ignorando el efecto de las otras capacitancias del dispositivo controlado), al cabo de unas cinco constantes de tiempo el condensador C_e estará totalmente cargado a la tensión V_{don} , la corriente

i_{Ron} se habrá anulado y el proceso de encendido del dispositivo controlado habrá terminado.

4.- Cuando se recibe la orden de apagar el dispositivo principal la señal de control cambia al estado "alto", lo que apaga T_{on} y, simultáneamente, enciende T_{off} .

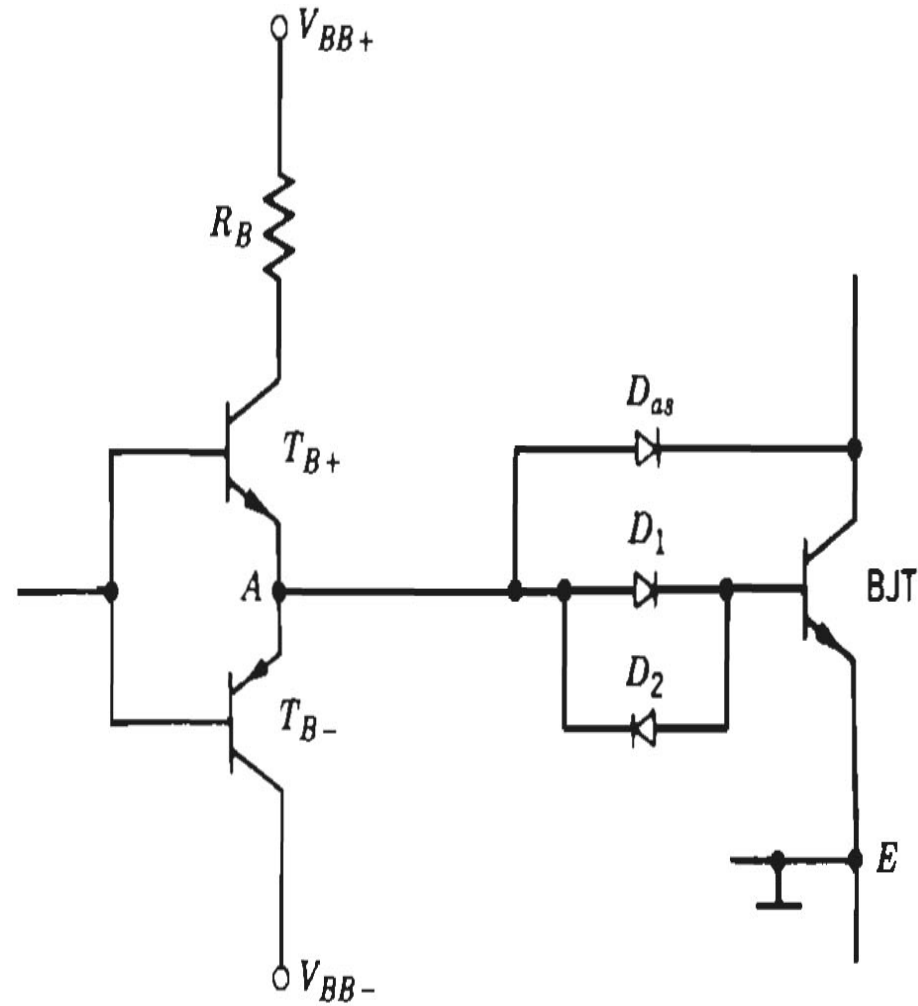
El encendido de T_{off} conecta la capacitancia de entrada del dispositivo controlado, C_e , al extremo superior de la resistencia R_{off} .

Esto inicia un proceso equivalente al de encendido, que concluye cuando la capacidad C_e queda cargada a la tensión V_{doff} con el dispositivo controlado totalmente apagado.

V.- LIMITADOR DE LA SATURACIÓN PROFUNDA.

Si el dispositivo controlado es un BJT de potencia y se desea optimizar el proceso de conmutación, el circuito actuador debe evitar que el dispositivo controlado entre en saturación profunda.

Esto se logra automáticamente modificando la etapa de salida mediante un "Baker Clamp", que es un arreglo de diodos auxiliares que reduce la corriente inyectada en la base en función de la tensión colector-emisor de saturación.



Configuración básica de un arreglo tipo "Baker Clamp" para evitar la saturación profunda del BJT de potencia.

En estas condiciones la corriente i_{ceTB+} se divide en dos, una circula por el diodo D_1 y la base del BJT y la otra por el diodo auxiliar D_{as} y el canal CE del BJT de potencia.

El nivel de saturación del BJT de potencia se puede ajustar hasta cierto punto colocando más de un diodo en la posición D_1 , o colocando una resistencia adecuada en serie.

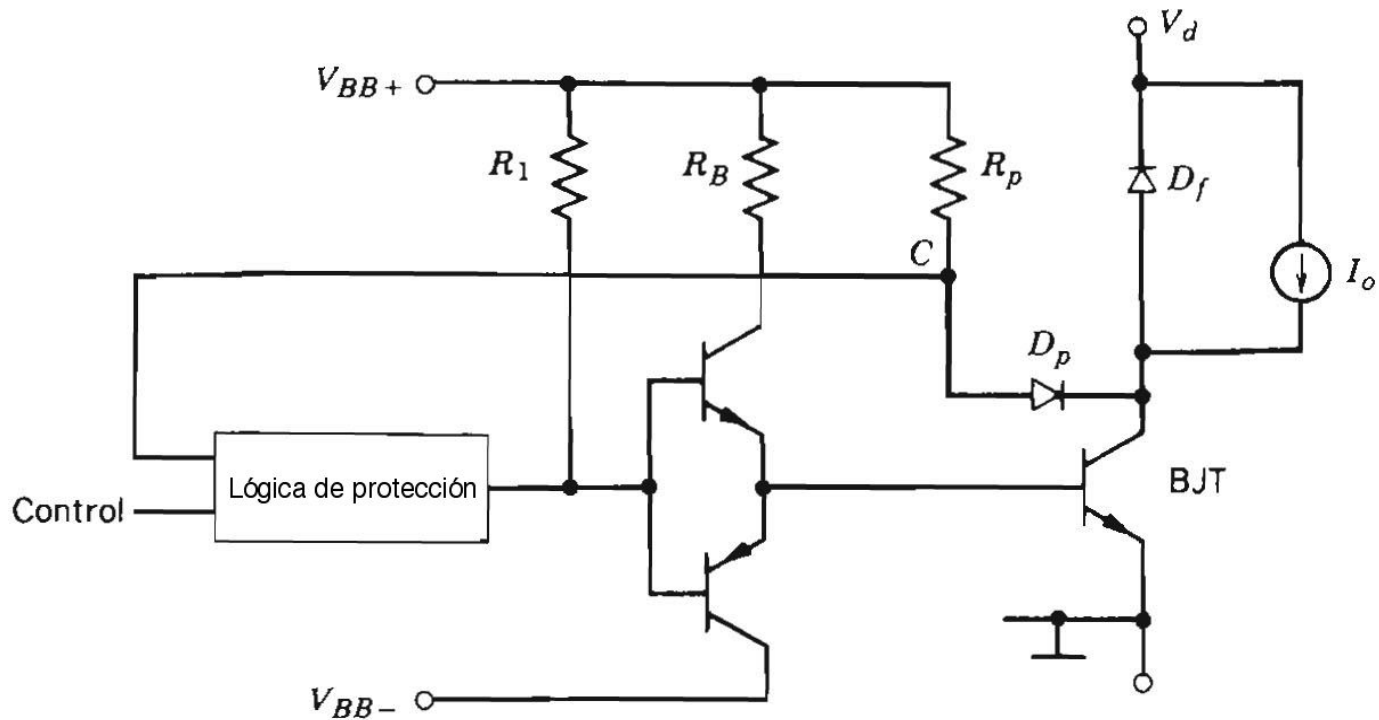
El diodo auxiliar D_2 es necesario para permitir un camino a la corriente de apagado del BJT.

VI.-Detección de la condición de sobre corriente (detección de cortocircuito).

Aunque la etapa de salida del circuito actuador limite la sobre corriente a un valor que no cause la destrucción inmediata del dispositivo controlado ese punto de operación solo es tolerable durante un intervalo de tiempo corto (el valor máximo depende por supuesto del modelo exacto del dispositivo), por lo tanto, para evitar daños permanentes, es preciso que en el circuito actuador del dispositivo exista un mecanismo que detecte la aparición de la falla de sobre corriente en la carga y asegure que se proceda al apagado del dispositivo conmutador en un tiempo menor al máximo permitido en la situación de sobre corriente.

Dado que el tiempo de respuesta debe ser el mas rápido posible, el circuito detector debe ser lo mas sencillo posible, lo que se logra simplemente comparando la tensión entre los terminales de salida con la tensión esperada durante la operación normal: una falla por sobre carga de corriente causa un aumento en la tensión en el dispositivo, que debe disparar la protección contra cortocircuito en la carga.

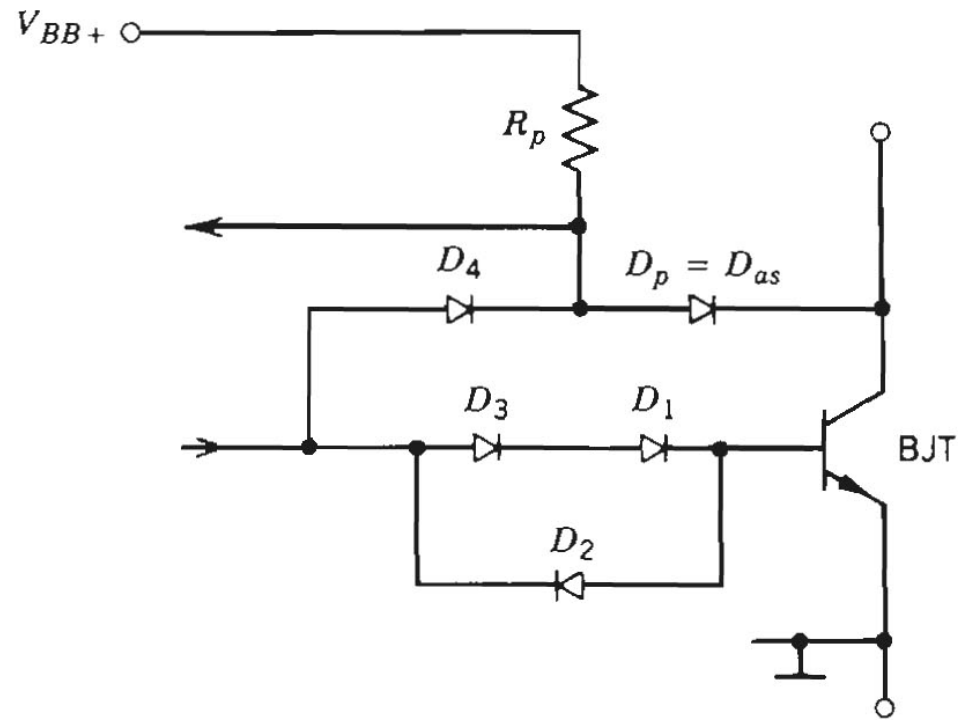
Esta tensión se mide mediante un diodo auxiliar, que transmite la información a el bloque de lógica de protección, el cual, en caso de falla, interrumpe la salida de la etapa de manejo.



Etapa de salida del circuito de manejo con protección de sobre corriente.

Para simplificar el dibujo se ha omitido el posible Baker Clamp limitador de la sobre saturación del BJT de potencia.

El detector de sobre corriente es aplicable igualmente a los dispositivos controlados por compuerta aislada.



Configuración para combinar las funciones de toma de información para el protector de sobre corriente y limitación de la saturación profunda.

Dado que la velocidad de respuesta es fundamental, es necesario que el circuito de detección y control de sobre corriente sea implementado por hardware, no por programa; por razones evidentes de seguridad el circuito de protección debe tener autoridad absoluta para apagar al dispositivo conmutador, debe estar completamente implementado en el circuito actuador, y debe ser totalmente independiente de los circuitos de control de alto nivel que pueden existir en el equipo.

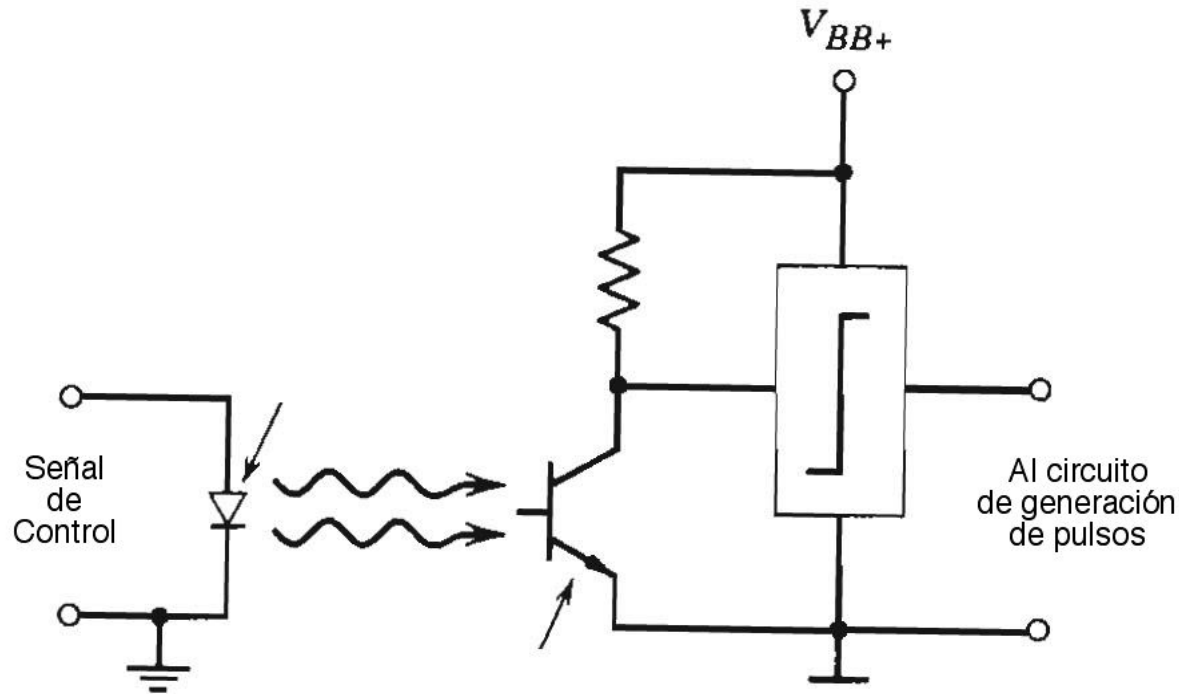
Por supuesto, una vez que se haya producido la interrupción de la operación normal por haberse detectado y bloqueado una falla por sobre corriente, el circuito actuador deberá informar del hecho al nivel de control superior, para que se tomen las medidas correspondientes.

VII.- Aislamiento de entrada y de fuentes.

La condición de proporcionar aislamiento de entrada se suele cumplir incluyendo como primera etapa en el circuito actuador un dispositivo de opto-acoplamiento.

Un opto acoplador integrado, en un circuito impreso bien diseñado puede proporcionar aislamiento frente a tensiones del orden de los dos o tres kilovoltios.

De ser necesario, se pueden lograr aislamientos mayores, al nivel que se desee, incluyendo en el circuito un foto-emisor y un foto-receptor que unidos por una longitud adecuada de fibra óptica.



Etapa de aislamiento óptica.

Actualmente se están proponiendo soluciones basadas en los llamados "circuitos de aislamiento digital" ("digital isolators"), en los cuales el acople es de tipo capacitivo. estos dispositivos suelen ofrecer mayor

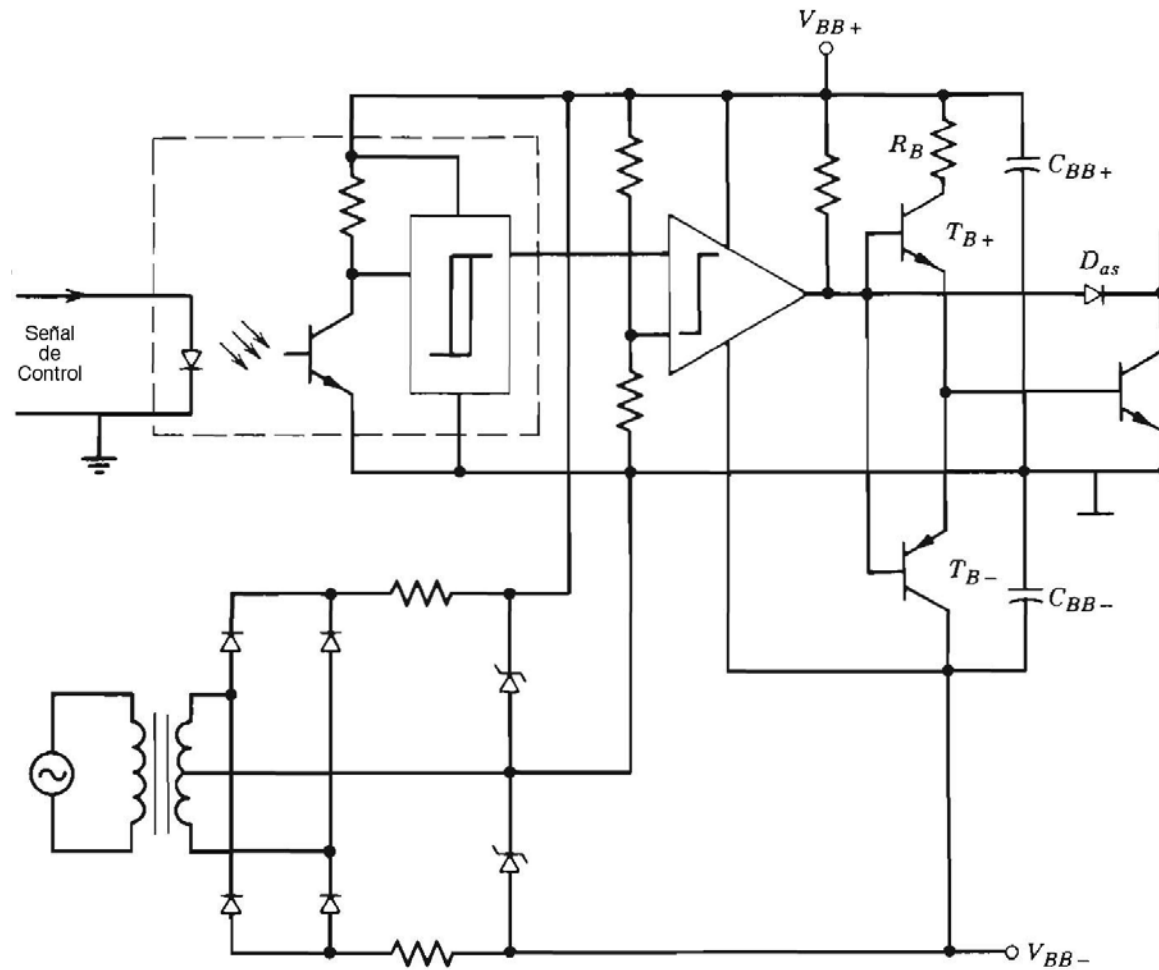
velocidad de transmisión de datos, y transmisión bidireccional.

Cada circuito actuador debe constar de su propia fuente doble completamente aislada galvánicamente de las demás fuentes en el circuito electrónico de control de potencia.

Esto se puede lograr mediante un diseño de fuente discreta, pero cada vez está siendo mas usual emplear conversores DC/DC integrados para cumplir con las condiciones de regulación necesarias.

Aunque en principio es posible usar transformadores de frecuencia de línea, la solución mas conveniente en

términos de peso y volumen es emplear convertidores de alta frecuencia y transformadores de ferrita.



Configuración mínima de un circuito actuador para un solo dispositivo de control de potencia, sin subcircuito detector de falla por sobrecorriente.

VIII.-Circuitos actuadores para dispositivos de control de potencia en configuración “puente”.

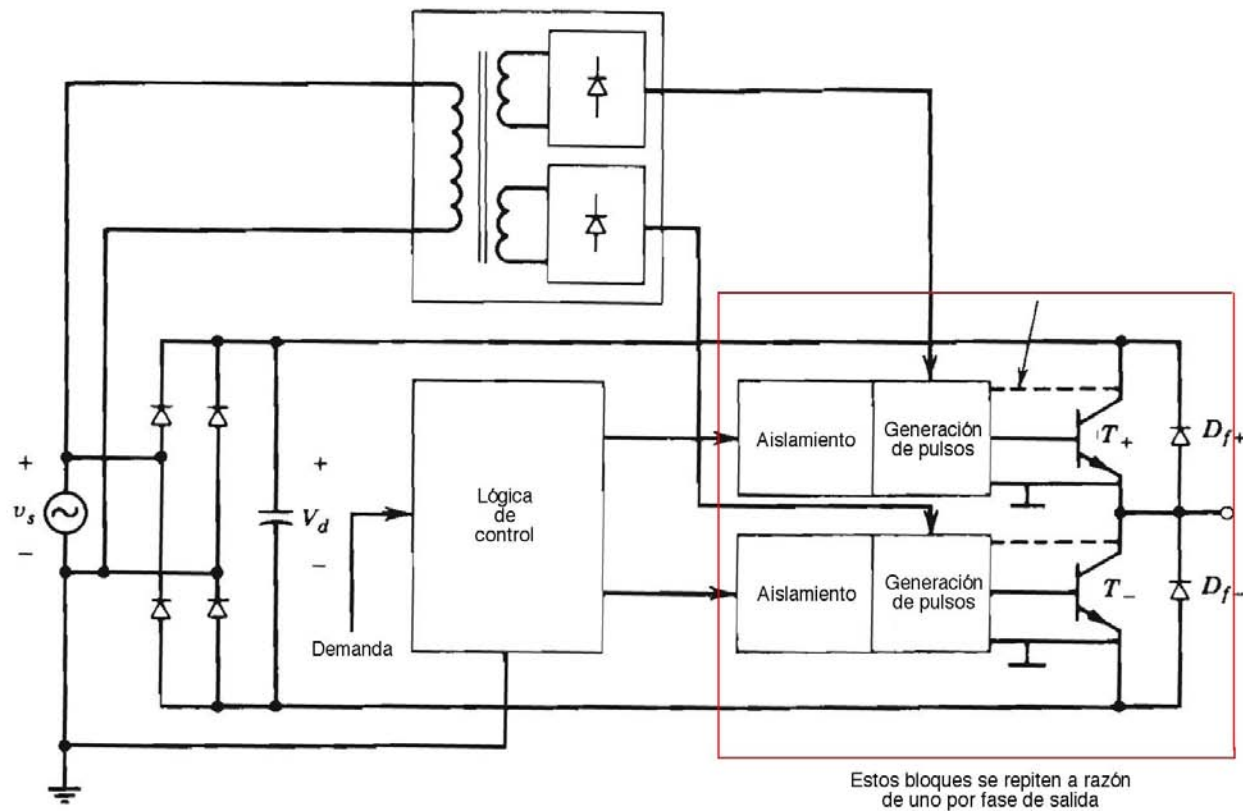
En muchas aplicaciones los dispositivos de control de potencia operan agrupados por parejas en configuración puente o medio puente.

Por razones evidentes, en condiciones de operación solo uno de los dos dispositivos en cada columna del puente puede estar encendido en un momento dado (operación en contra fase), porque de lo contrario se produciría un cortocircuito en la fuente de alimentación del circuito de carga.

En este caso es usual emplear una señal de control única, de lógica binaria, para comandar a cada pareja que

debe operar en contra-fase, asociando un nivel lógico (por ejemplo “1”) a la condición en la cual debe estar encendido el dispositivo superior del puente y el otro nivel lógico (por ejemplo “0”) a la condición en la cual debe estar encendido el dispositivo inferior de la columna del puente.

El circuito actuador debe incluir la capacidad de manejar simultáneamente a los dos dispositivos principales



Circuito básico actuador para dos dispositivos de control de potencia conectados en configuración puente.

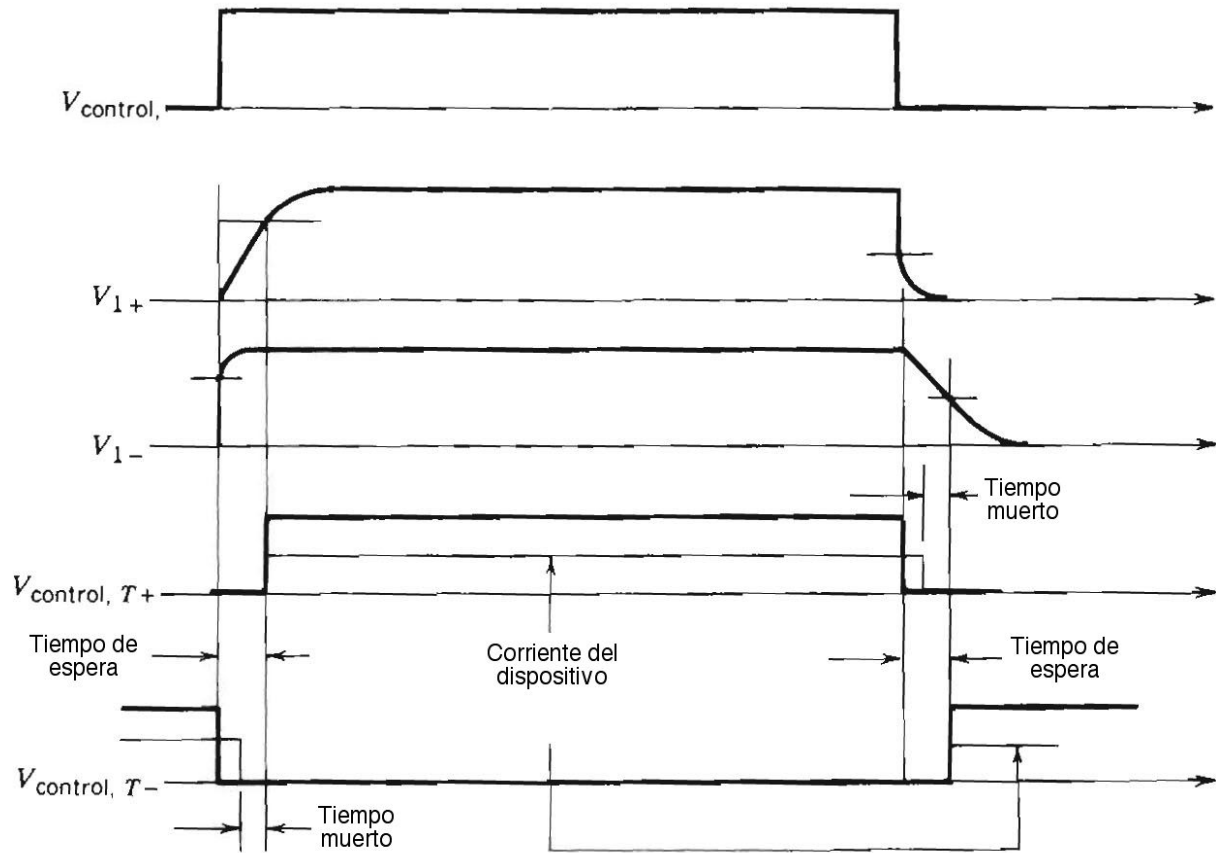
IX.- Generación de los tiempos de espera entre conmutaciones.

Dado que los dispositivos de control de potencia no son capaces de conmutar instantáneamente, controlarlos con una sola señal lógica sin consideraciones adicionales implicaría que en cada conmutación se produciría un cortocircuito transitorio en la columna inversora cuando el proceso de apagado del dispositivo saliente ocurriese simultáneamente con el de encendido del dispositivo entrante (el llamado "solapamiento").

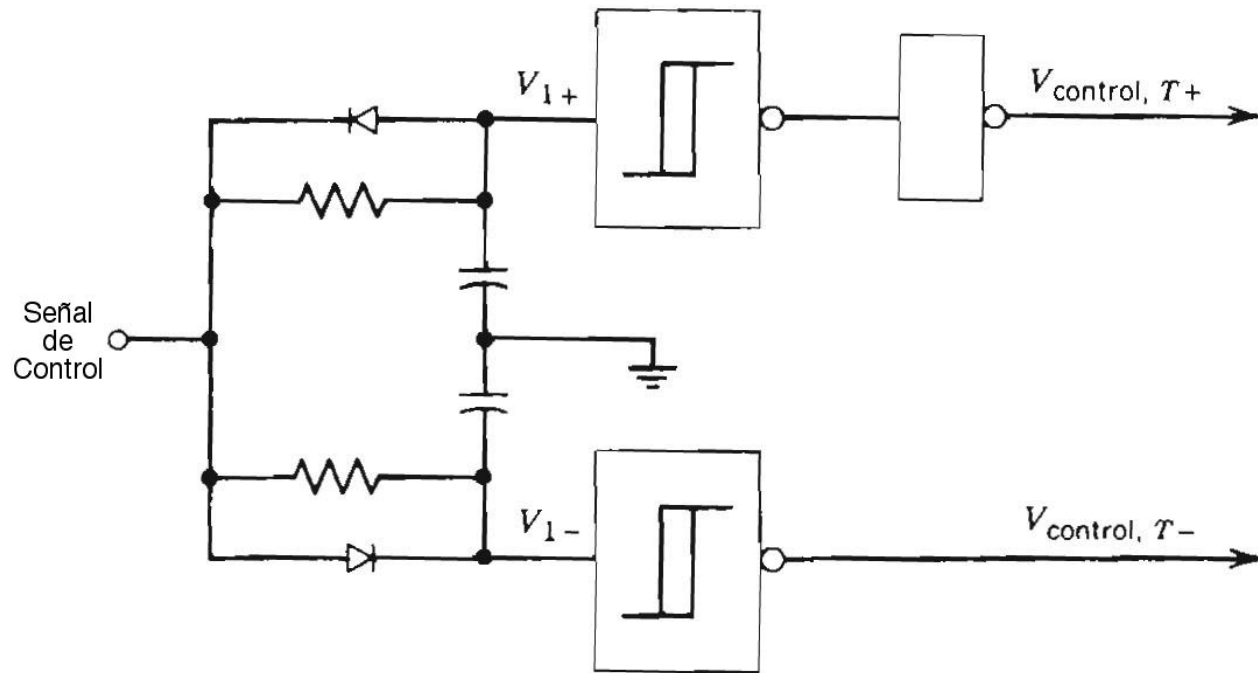
Para evitar esta situación perniciosa, se debe incluir un sistema que automáticamente genere un tiempo muerto de duración definida entre la aplicación de la orden de apagado al dispositivo saliente y la de encendido al

dispositivo entrante, para asegurar que no se produzca el solapamiento en conducción de los dos bajo ninguna circunstancia.

Nuevamente, por razones de seguridad operativa, es conveniente que el sub-circuito anti-solapamiento esté implementado en hardware, y se encuentre localizado en la tarjeta del circuito actuador común a los dos dispositivos controlados de cada columna del puente.



Formas de onda requeridas para evitar los solapamientos en conducción.



Circuito básico para introducir los tiempos de espera necesarios para evitar el solapamiento en conducción de los dos dispositivos en la configuración puente manejados por una sola señal lógica de control.

En la configuración propuesta en la figura, configurada para operar con un nivel "1" lógico para encender el dispositivo controlado "de arriba" en la columna inversora, la aplicación de una señal alta es detectada sin retraso por el comparador inferior, que propaga la orden de apagar al dispositivos "de abajo" que en ese momento estaba conduciendo, mientras que el circuito RC superior introduce el retardo necesario para que la orden de encendido del dispositivo "de arriba" se aplique una vez que ha concluido el proceso de apagado del dispositivo "de abajo".

De la misma manera, cuando la señal de control baja, la señal de apagado se aplica de inmediato al dispositivo "de arriba", mientras que el circuito RC inferior introduce el retardo necesario para que la orden de encendido del

dispositivo "de abajo" se aplique una vez que ha concluido el proceso de apagado del dispositivo "de arriba".

X.- Consideraciones finales.

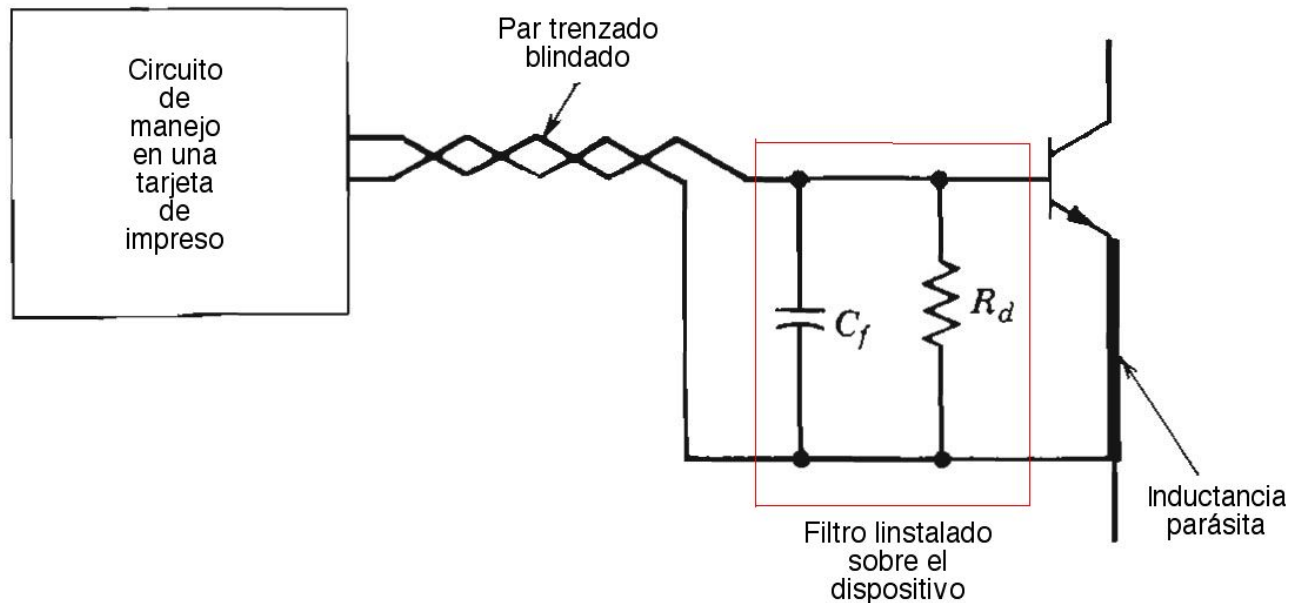
- 1.- Los bloques descritos incluyen las funciones mínimas necesarias para implementar un circuito actuador de dispositivos de control de potencia completamente controlados.
- 2.- No se ha incluido la posibilidad de que el circuito actuador de información al sistema de control central sobre el estado de los dispositivos de potencia, por ejemplo cuando se produce una interrupción de la operación en caso de falla por sobre-corriente. De

incluirse este tipo de funciones las señales enviadas al control central deben estar también opto acopladas para asegurar el aislamiento requerido.

3.- En este momento existen en el mercado circuitos que implementan una variedad de las funciones requeridas en el circuito actuador. Esto debe de tomarse en cuenta al proceder al diseño de estos circuitos, ya que usualmente es más eficiente, tanto desde el punto de vista del esfuerzo de diseño como desde el punto de vista de los gastos de construcción de los circuitos emplear el máximo nivel de integración posible.

4.-Idealmente los circuitos actuadores deberían estar lo más cercanos posibles al dispositivo de potencia controlado, para minimizar los lazos inductivos y los

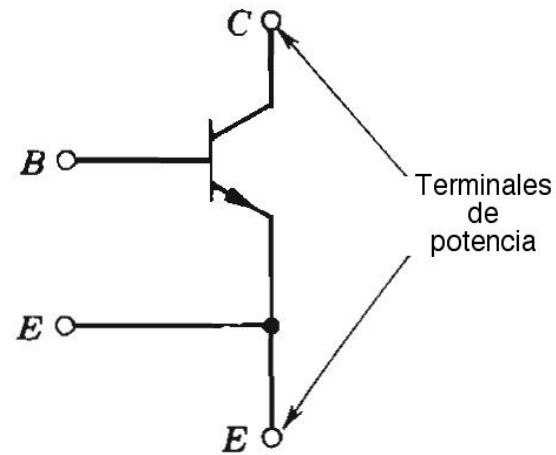
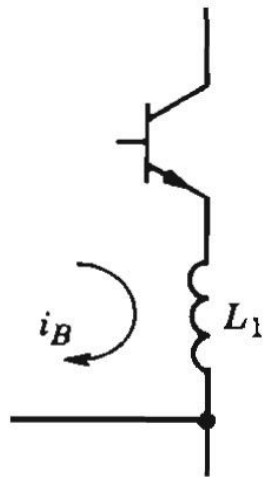
problemas de ruido asociados con estos. Cuando es imprescindible que el impreso que contiene el circuito actuador esté separado del dispositivo de potencia, es preciso tomar precauciones contra el ruido, llevando las señales de manejo por cables trenzados y blindados e incluyendo un filtro pasivo RC directamente sobre los terminales de control del dispositivo manejado.



Técnica de cableado adecuada para las señales de manejo cuando el circuito de manejo y el dispositivo de potencia están separados por necesidad del montaje del equipo.

5.-Si el dispositivo de potencia no ofrece terminales de control y terminales de potencia separados, el efecto de acople de la corriente principal al circuito actuador se

debe minimizar conectando el cable de control lo más cercano posible al terminal de salida del dispositivo de potencia.



Inductancia parásita del cableado que permite el acople de ruido pulsante en el circuito de control del dispositivo (izquierda). Configuración ideal con cuatro terminales para el encapsulado del dispositivo electrónico de control de potencia (derecha).