

Electrónica de potencia

La electrónica de potencia es la rama de la electrotecnia que se encarga de manipular la energía eléctrica, modificando un conjunto determinado de sus variables características, para adecuarla a los requerimientos de un sistema que empleará la energía así manipulada para lograr un fin ulterior.

Variables modificables:

Tipo (AC ó DC)

Voltaje

Corriente

Potencia Activa

Potencia Reactiva

Frecuencia

Relación de fase

Número de fases

Contenido armónico

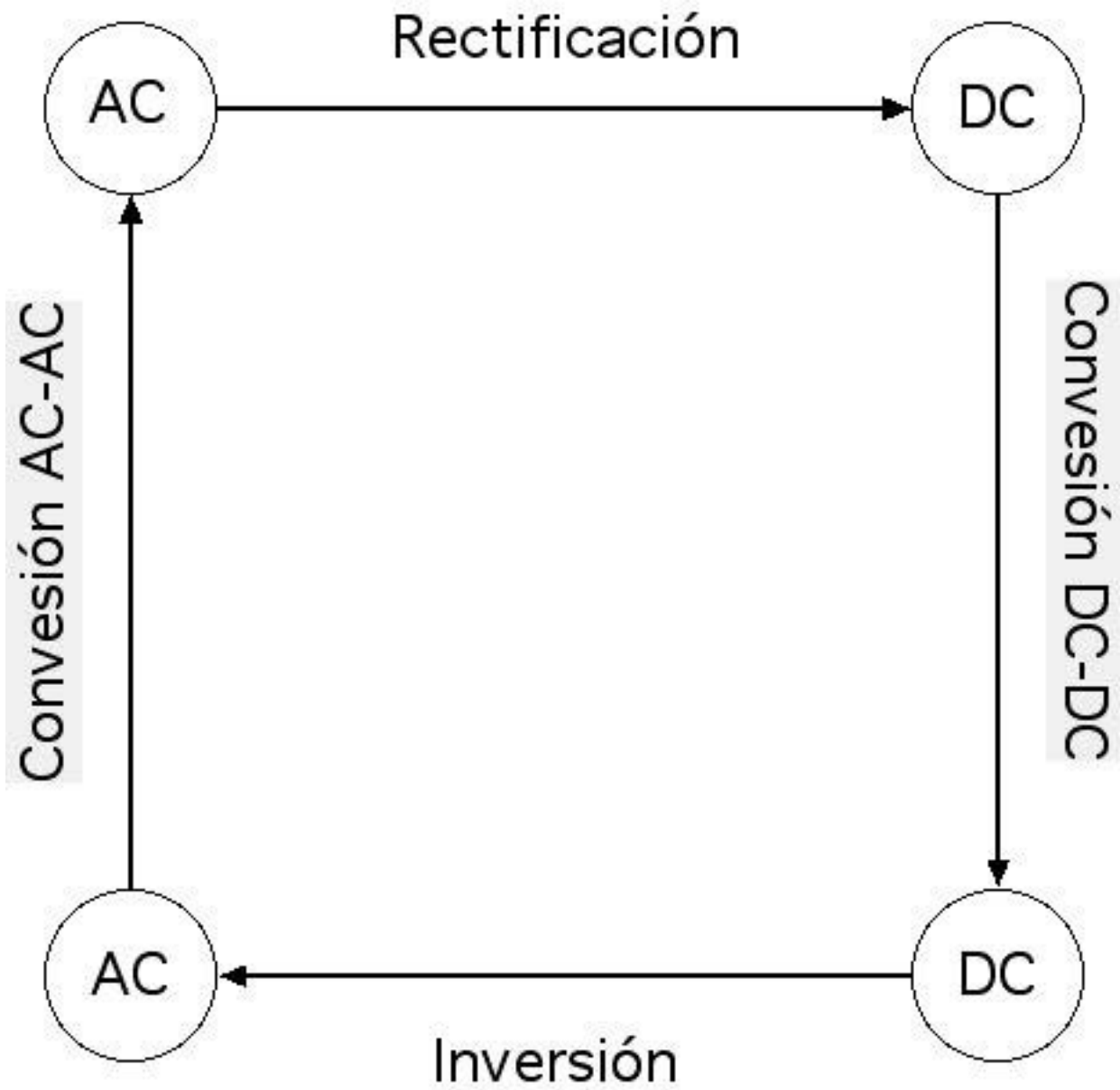
Usualmente desde el punto de vista de clasificación se considera que la variable de mayor importancia es el “tipo” de energía eléctrica (AC ó DC) presente a la entrada y a la salida del sistema conversor, lo que da origen a las siguientes transformaciones posibles:

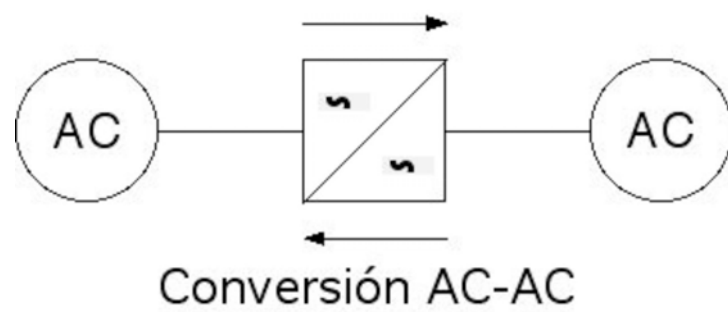
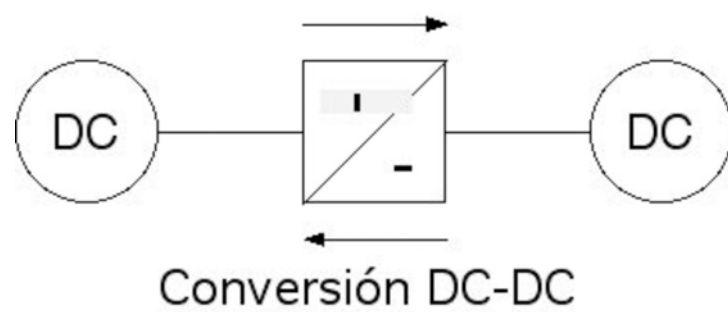
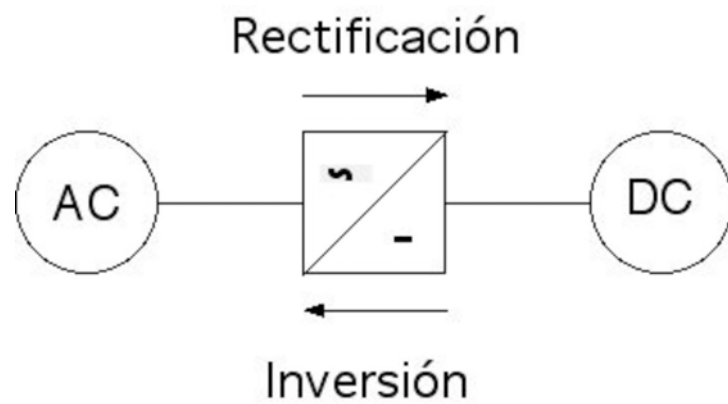
Conversión AC-DC: rectificación.

Conversión DC-AC: inversión.

Conversión DC-DC

Conversión AC-AC





Por convención se asume que el puerto de entrada es el situado a la izquierda del dibujo y el de salida es el situado a la derecha.

Si la energía fluye siempre del puerto de entrada al de salida, la conversión es unidireccional.

Si la energía puede fluir en ambas direcciones el conversor es bidireccional. En este caso la distinción entre el puerto de entrada y el de salida es arbitraria.

I- Conversión AC-DC (rectificación)

Transmisión de energía DC en alto voltaje (HVDC: High Voltage DC): muy alta tensión (400kV a 1MV+), alta corriente (kA), muy alta potencia (GW).

Electroquímica: alta corriente (kA+), baja tensión (V), alta potencia (MW+).

Sistemas de tránsito urbano:
tensiones medias (400 a 1500 V), alta potencia (MW+).

Control de motores DC industriales: amplia gama de potencias (desde fracción de HP hasta kHP), voltajes (decenas V a kV) y corrientes (A a kA).

Fuentes de alimentación para aplicaciones electrónicas: potencias bajas/medias (desde fracción de kW hasta decenas kW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

II-Conversion DC-DC

Control de motores DC de tracción en redes de tránsito urbano: tensiones medias (400 a 1500 V), potencia media/alta (kHP, posiblemente múltiples ejes motrices con motores individuales).

Control de motores DC industriales: potencias bajas/medias(desde fracción de HP hasta decenas HP), voltajes (50 V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

Fuentes de alimentación para aplicaciones electrónicas: potencias bajas/medias(desde fracción de kW hasta decenas kW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

Sistemas de energía DC: potencias bajas/medias(desde fracción de kW hasta decenas kW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta centenas A).

III-Conversion DC-AC (inversión)

Transmisión de energía DC en alto voltaje (HVDC: High Voltage DC): muy alta tensión (400kV a 1MV+), alta corriente (kA), muy alta potencia (GW).

Control de motores AC industriales/domésticos (de inducción, sincrónicos y "brushless"): amplia gama de potencias (desde fracción de HP hasta kHP), voltajes (120 V a kV) y corrientes (A a kA).

Fuentes de alimentación ininterrumpida (FAI/UPS) para aplicaciones electrónicas: amplia gama de potencias (desde 100+VA hasta MVA), voltajes (120 V a kV) y corrientes (A a kA).

Sistemas industriales de calentamiento inductivo o capacitivo: alta frecuencia (kHz a MHz), alta potencia (kW a MW).

Sistemas de generación de energías alternativas DC (fotovoltaica y celdas de combustible): potencias bajas/altas (desde fracción de kW hasta decenas MW), voltajes (V a centenas V) y corrientes (desde A hasta miles A).

IVa-Conversion AC-AC con cambio de frecuencia (cicloconversión)

Control de motores AC industriales (de inducción, sincrónicos):
muy altas potencias (kHP), voltajes (kV) y corrientes (kA).

Sistemas generadores de velocidad variable y frecuencia
constante (VSCF): frecuencia de salida fija (50/60 Hz,
generadores eólicos; 400 Hz, generadores aeronáuticos),
potencia media/alta (kW a MW).

IVb- Conversión AC-AC sin cambio de frecuencia (control de potencia AC)

Sistemas de transmisión de energía eléctrica flexibles (FACTS: Flexible AC Transmission Systems): muy alta tensión (400kV a 1MV+), alta corriente (kA), alta potencia (MW).

Control de temperatura por calentamiento resistivo en procesos industriales: potencia media/alta (kW a MW+)

Control de luminarias incandescentes (doméstico/industrial): potencia baja/alta (W a kW+)

Control de motores AC (inducción y universales): potencia baja/media (hasta HP+), tensión "doméstica" (120/220 V).



$$P_f(t) = V_f(t)I_f(t)$$

$$P_c(t) = V_c(t)I_c(t)$$

$$P_{controlador}(t) = P_f(t) - P_c(t) > 0$$

$$\eta_{sistema} = \frac{P_c(t)}{P_f(t)} < 1$$

$$\Delta V_{controlador}(t) = V_f(t) - V_c(t)$$

$$I_{controlador}(t) = I_f(t)$$

De esta situación general, resultan los siguientes condicionantes absolutos de la etapa de manejo de potencia en un circuito de electrónica de potencia

- 1.- Debe bloquear la máxima tensión posible en el sistema fuente-carga, con un margen de seguridad adecuado incluso durante las fallas previsibles.
- 2.- Debe conducir la máxima corriente posible en el sistema fuente-carga, con un margen de seguridad adecuado incluso durante las fallas previsibles.
- 3.- La potencia disipada debe ser la mínima posible.

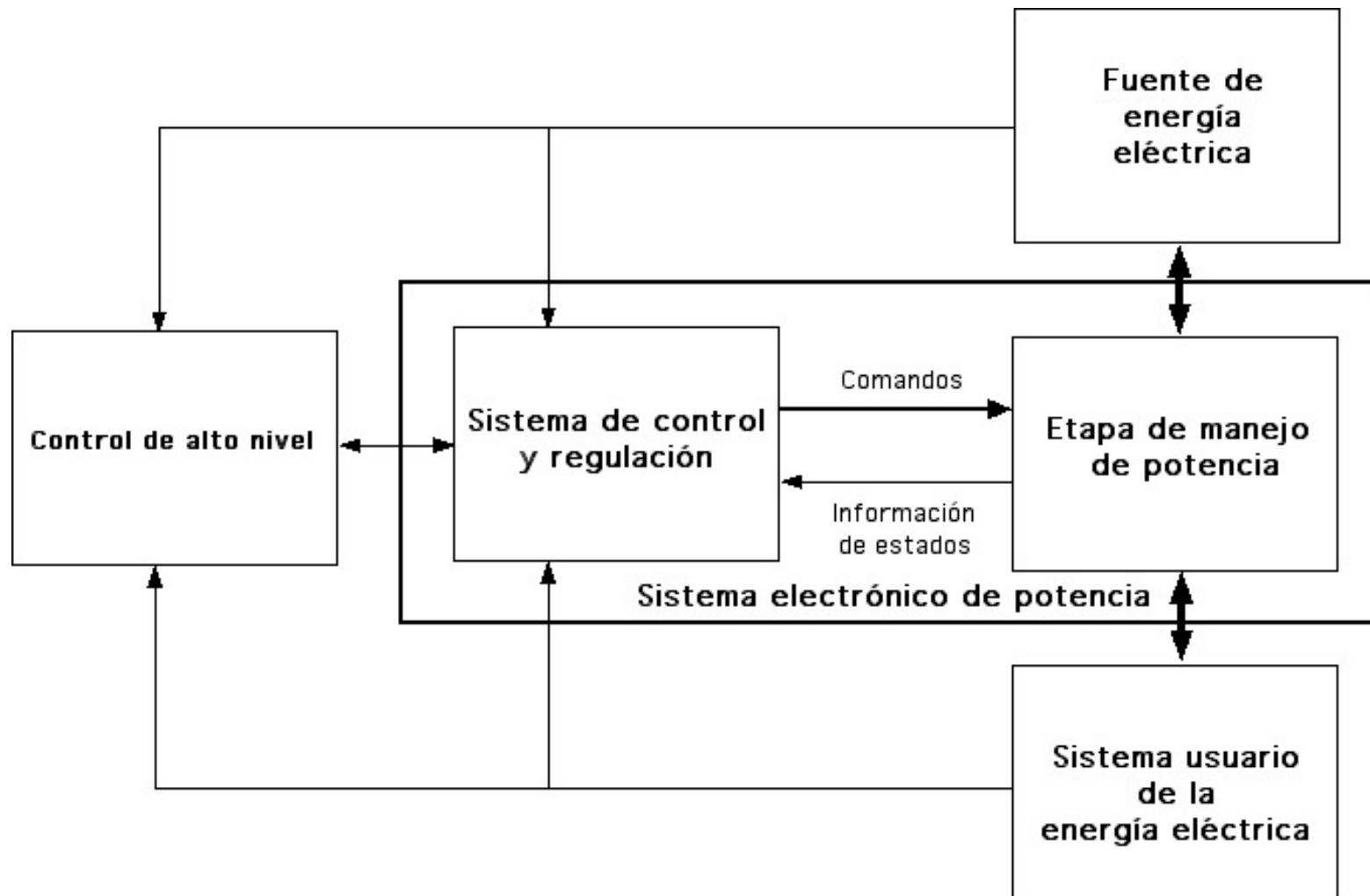
Minimizar la potencia disipada en el conversor es imprescindible por tres razones:

- 1.- La potencia se disipa principalmente (tal vez únicamente) como energía térmica, lo que aumenta la temperatura de los componentes. Este aumento nunca debe superar la temperatura crítica de operación (usualmente por debajo de los 150°C). De lo contrario los dispositivos pueden ser dañados irreparablemente.
- 2.- El costo de la energía disipada debe incluirse en los costos de operación del sistema, y si estos son excesivos el sistema no podrá operar.
- 3.- Por principio de buen diseño de ingeniería debe evitarse el desperdicio innecesario de energía, independientemente del costo de la misma.

De la tercera condicionante resultan las siguientes conclusiones genéricas aplicables a la topología de cualquier circuito de electrónica de potencia:

1.- Idealmente los elementos activos deben operar siempre en régimen de baja pérdida (corte/saturación). La operación en la zona de altas pérdidas (región lineal) de sus curvas características solo será permisible en régimen transitorio durante la conmutación.

2.- El uso de resistencias en serie con el flujo principal de energía debe ser minimizado. Hasta donde sea posible estos elementos nunca deben colocarse en el camino principal de la corriente.



Estructura general de un sistema conversor de energía.

Las flechas indican el sentido del flujo de energía o información, y el grosor de las líneas los niveles de potencia relativos.

Por razones tecnológicas evidentes no es conveniente (ni tal vez siquiera posible) interconectar directamente elementos con niveles de potencia en sus terminales significativamente distintos, lo que obliga a mantener una separación galvánica entre tres subconjuntos dentro del sistema electrónico de potencia:

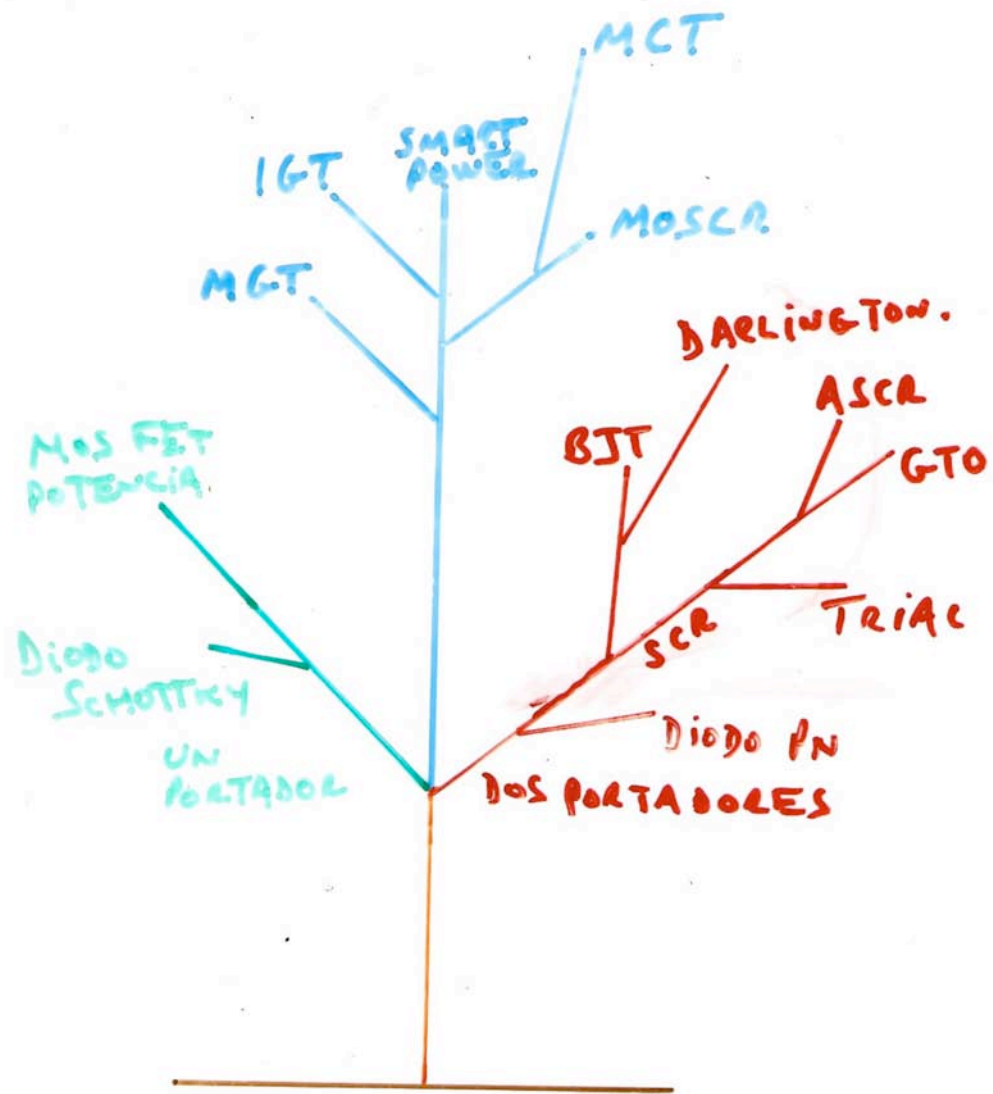
- 1.- Subconjunto de “alta” potencia (los elementos de conexión directa entrada-salida).
- 2.- Subconjunto de “media” potencia (los elementos de interconexión entre “potencia” e “información”).
- 3.- Subconjunto de “baja” potencia (los elementos de manejo de información).

Tipos de dispositivos electrónicos de control de potencia, según la capacidad de control de estado:

1.- No controlados: El estado del dispositivo (encendido/apagado) depende exclusivamente de las condiciones definidas en el circuito externo (diodos).

2.- Semicontrolados: El paso del estado de no conducción al de conducción (encendido) depende de las condiciones definidas en el circuito externo y de la acción de un terminal auxiliar de control. El paso del estado de conducción al de no conducción (apagado) solo depende de las condiciones definidas en el circuito externo (SCR/Tiristores).

3. Completamente controlados: El estado del dispositivo (encendido/apagado) depende de las condiciones definidas en el circuito externo y de las acciones de un terminal auxiliar de control (BJT-MOSFET-IGBT-GTO).



“Árbol genealógico” de los principales dispositivos electrónicos de control de potencia

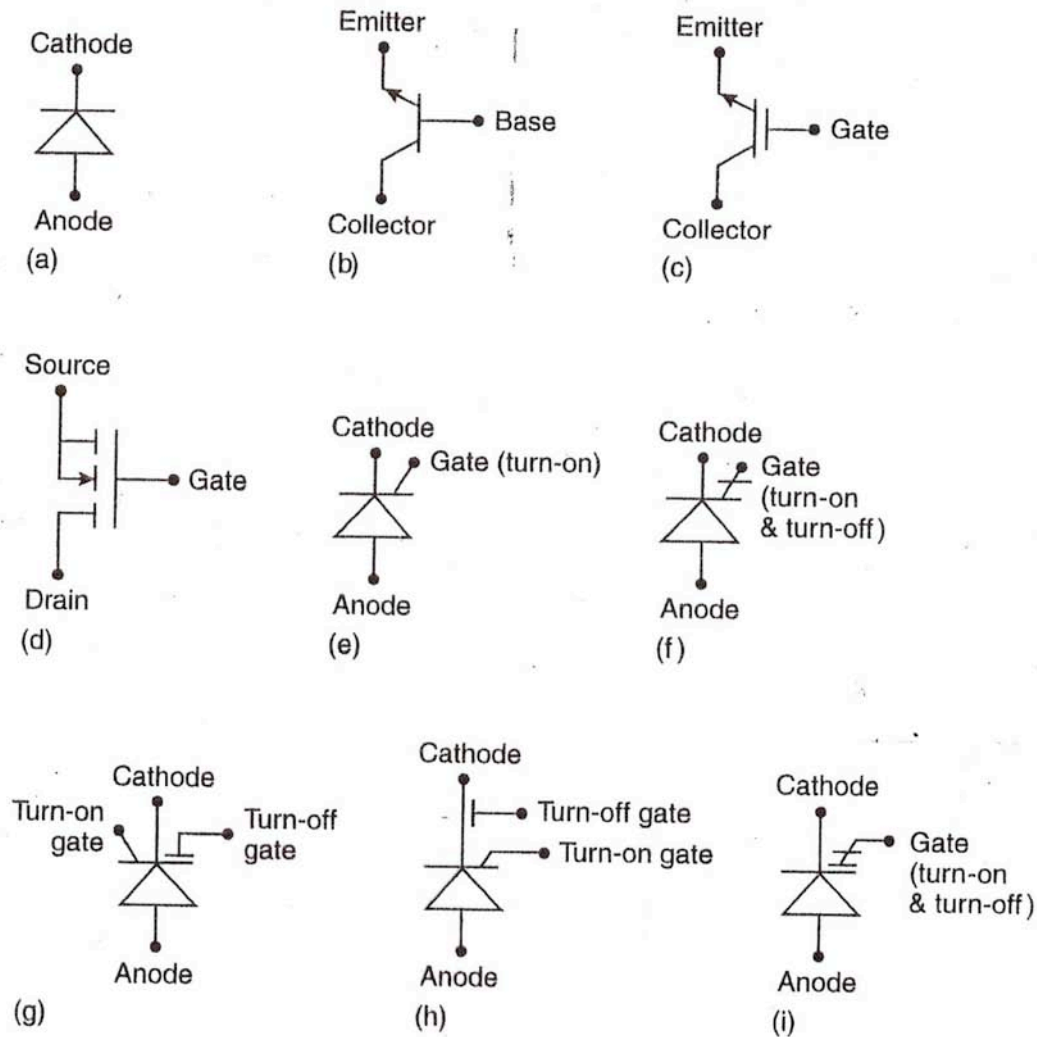
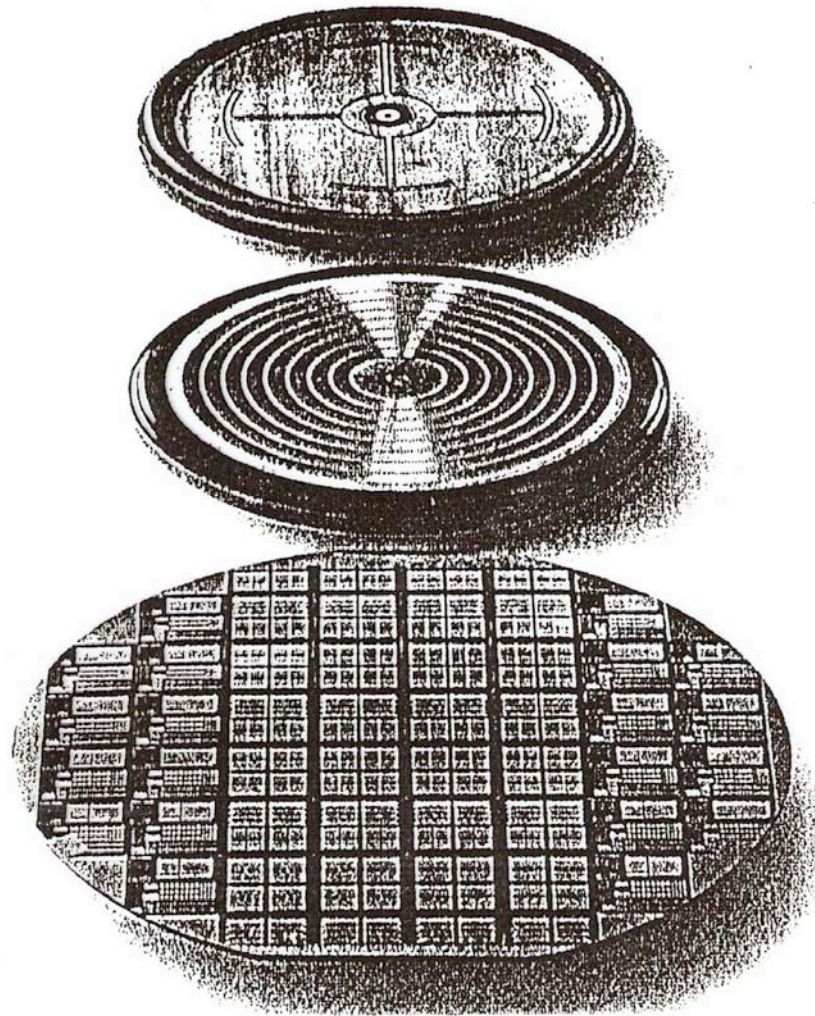


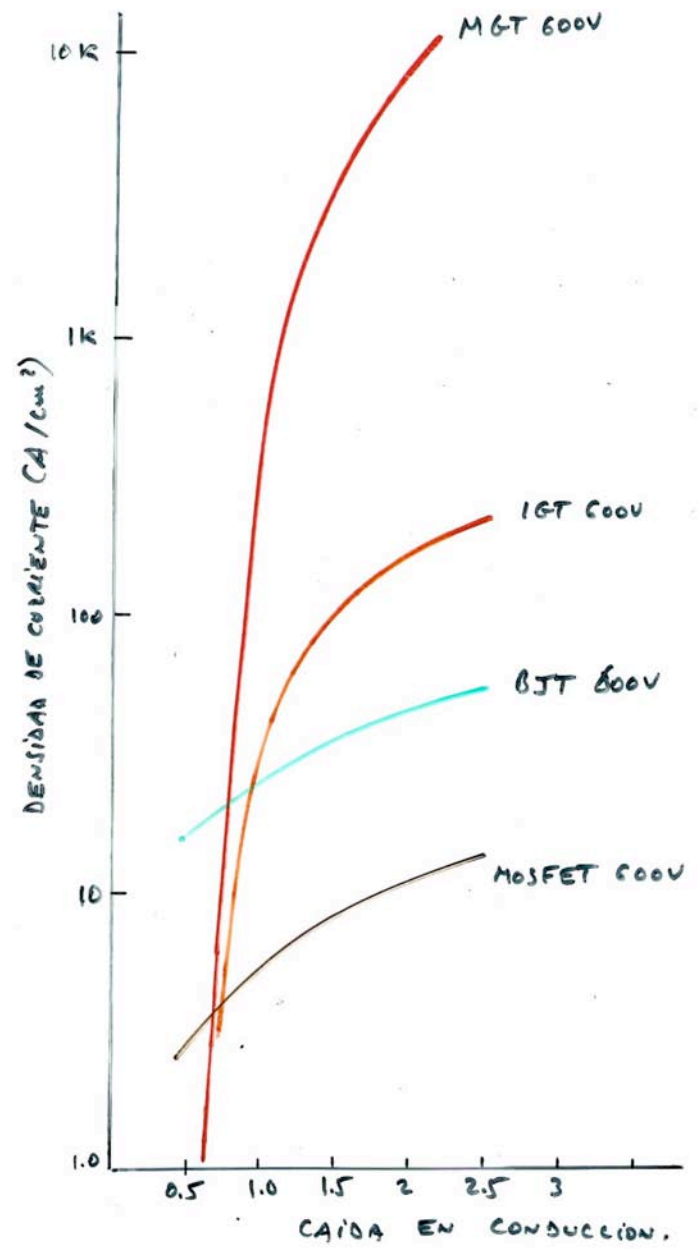
Figure 2.1 Power semiconductor devices: (a) Diode, (b) Transistor, (c) Integrated Gate Bipolar Transistor (IGBT), (d) MOS Field Effect Transistor (MOSFET), (e) Thyristor, (f) Gate Turn-Off (GTO) Thyristor- and Gate-Controlled Thyristor (GCT), (g) MOS Turn-Off Thyristor (MTO), (h) Emitter Turn-Off (ETO) Thyristor, and (i) MOS-Controlled Thyristor (MTO).

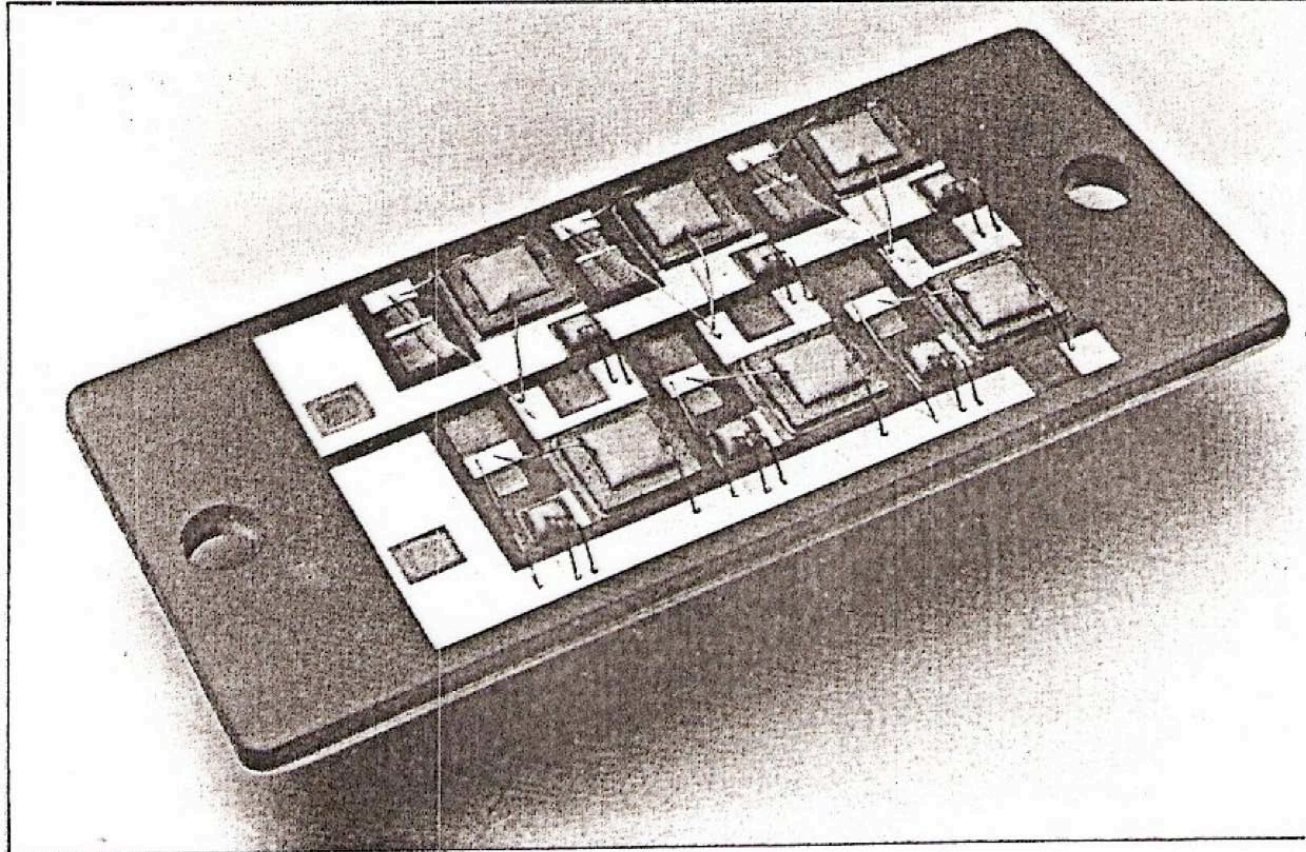


Arriba: SCR

Medio: GTO

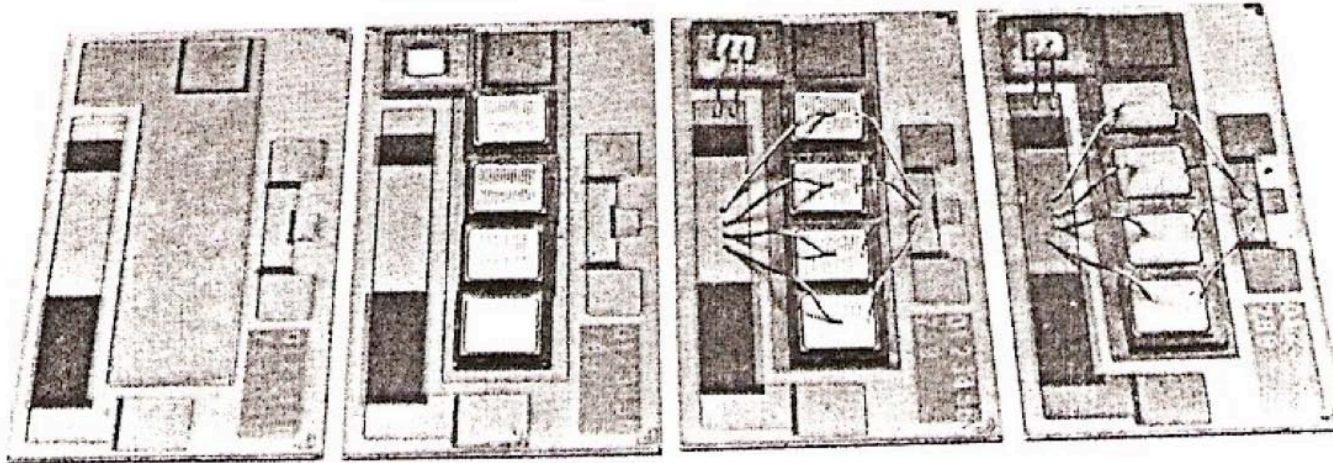
Abajo: IGBTs en una oblea antes de la separación en componentes individuales.





- Alumina, Aluminium nitride
- Cu, Pd Ag, Au thick film
- Insulated metal substrate
- Thermal management

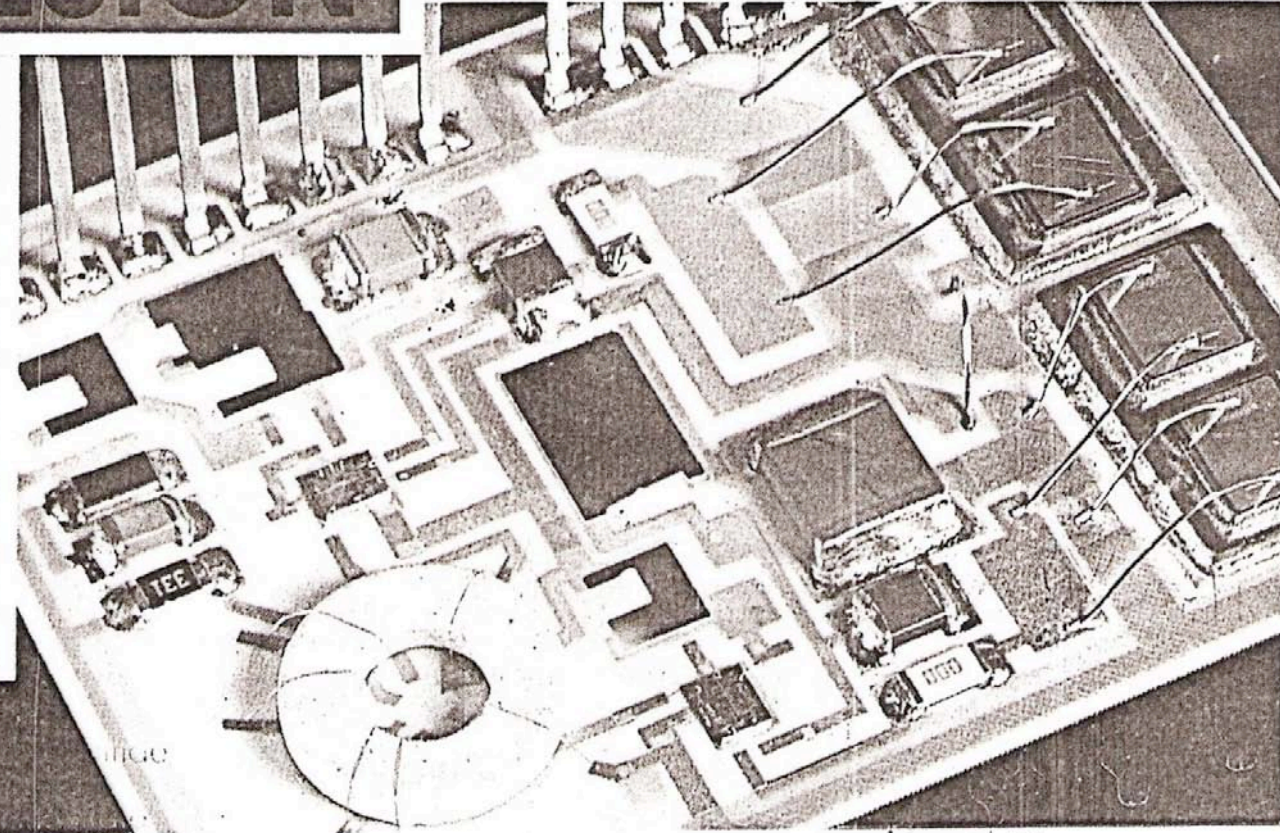
Circuitos de potencia “híbridos” sobre sustrato capaz de proporcionar aislamiento eléctrico con buena conductividad térmica



- . IGBT, Mos, Bipolar, Thyristor, Diode
- . Close relationship with semiconductor suppliers
- . Ratings up to 1200V / 200A

Distintas etapas de elaboración de un híbrido de potencia

CUSTOM DESIGN



- Aluminized AlN
- Cu, Pd, Ag, Sn
- Insulated metal
- Thermal management

Power half bridge with Asic gate driver and pulse transformer

Híbridos “inteligentes” con inclusión de circuitos de potencia intermedia en el empaque de potencia.