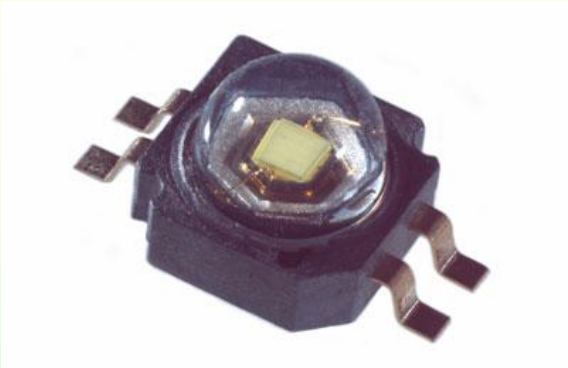
SISTEMAS ELECTRÓNICOS PARA ILUMINACIÓN

CIRCUITOS DE ALIMENTACIÓN PARA DIODOS LED.



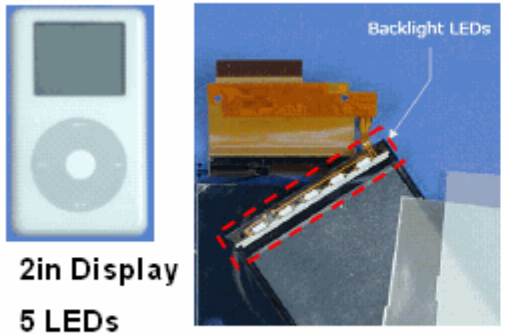
Manuel Rico Secades
Ángel Torres Pérez

APLICACIONES DE LOS LEDS:

1.ILUMINACIÓN DE FONDO (BACKLIGHT)

APLICACIONES DE LOS LEDS:

REPRODUCTORES MULTIMEDIA, CÁMARAS, PDA

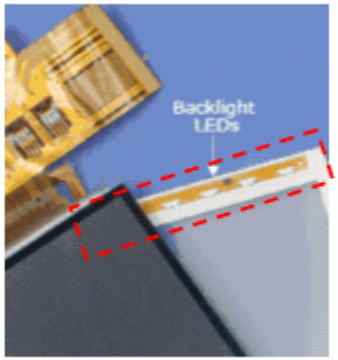


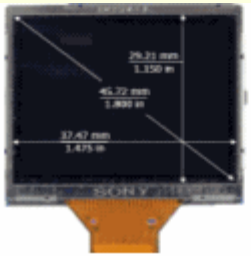
2in Display

5 LEDs

3.5in Display

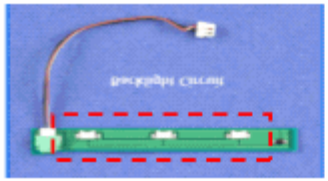
6 LEDs





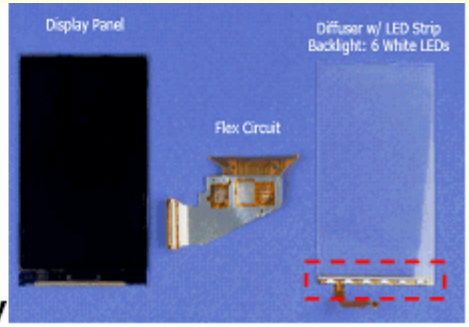
1.8in Display

3 LEDs



3.5in Display

6 LEDs

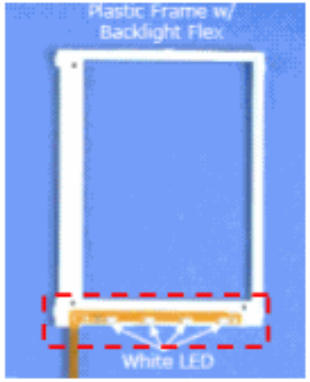


APLICACIONES DE LOS LEDS:

CONSOLAS

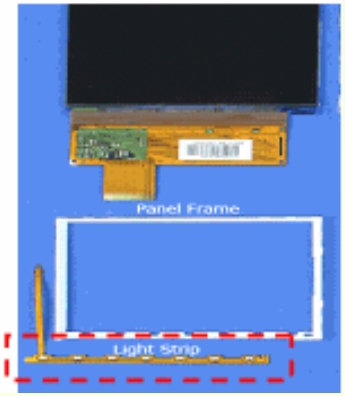
3in Display

4 LEDs



4.3in Display

7 LEDs



Display Size	LEDs
• 1.5in to 2.0in	2 to 4 LEDs
• 2.0in to 2.5in	4 to 6 LEDs
• 3.0in to 3.5in	4 to 7 LEDs
• 3.5in to 4.0in	5 to 10 LEDs
• 4.0in to 6.5in	5 to 10 LEDs
• 7.0in to 9.0in	10 to 16 LEDs

APLICACIONES DE LOS LEDS:

MONITORES, TV

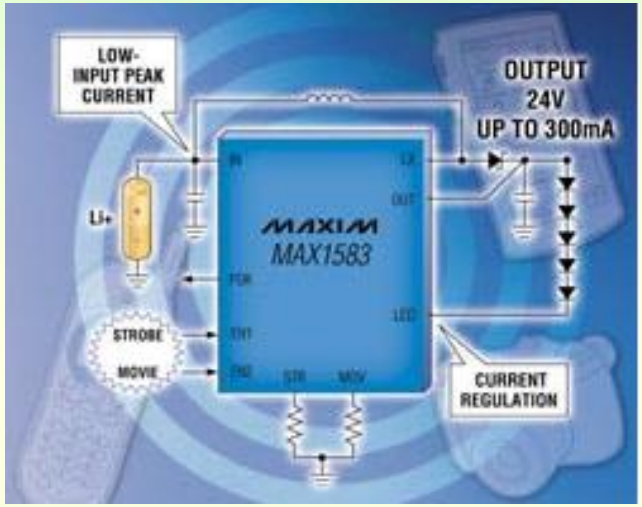
DISPLAYS CON MENSAJES

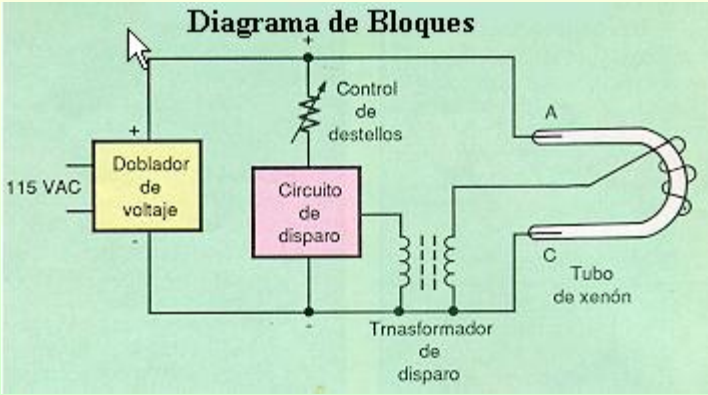
ELECTRODOMÉSTICOS

REMPLAZANDO OTRAS ALTERNATIVAS DE ILUMINACIÓN

APLICACIONES DE LOS LEDS:

SUSTITUCION DEL FLASH DE LÁMPARAS DE XENON POR LEDS



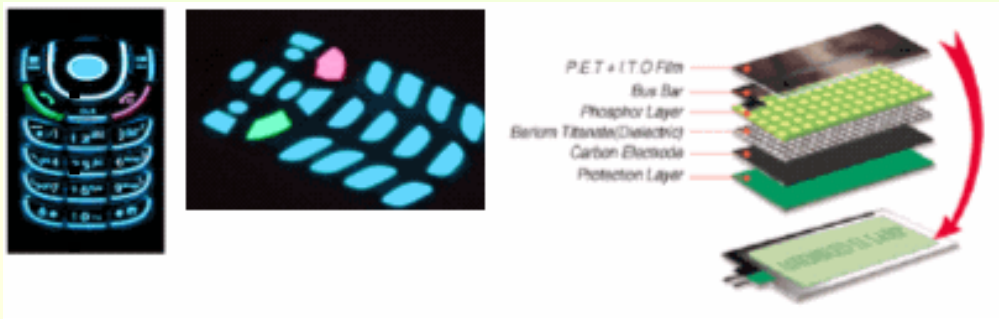


ALTERNATIVAS ANTERIORES A LOS LEDS:

Actualmente están totalmente remplazadas por los LEDs desde principios del 2000.

BACKLIGHTING

EL (Electroluminiscent lamp)



Ventajas

Fuente de luz uniforme
Puede cortar y dar forma facilmente
Existen varios colores, azul, amarillo verde.
Relativo bajo coste.
Agradable al tacto.

Desventajas

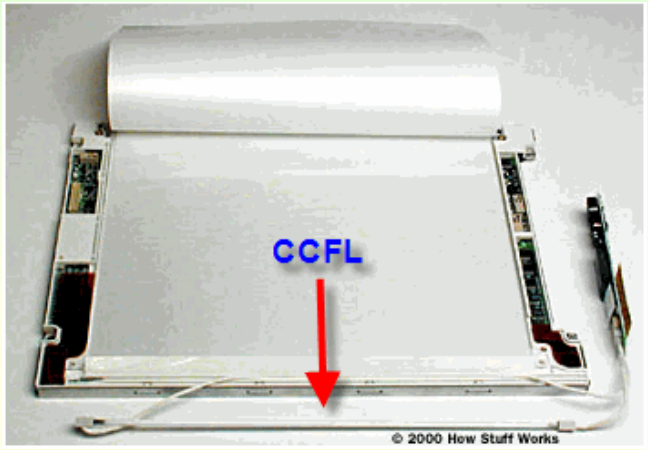
Mal rendimiento con humedades altas.
Necesita un inversor DC-AC (120VAC @400Hz)
Tiene poco brillo.
Poco tiempo de vida (3000~5000hrs al $\frac{1}{2}$ brillo)

ALTERNATIVAS ANTERIORES A LOS LEDS:

BACKLIGHTING

CFLD (Cold Cathode Fluorescent Lamp)

Parte frontal de un LCD Toshiba



Parte trasera de un LCD Toshiba

Ventajas

Fuente de luz uniforme
Color blanco y permite un gran brillo.

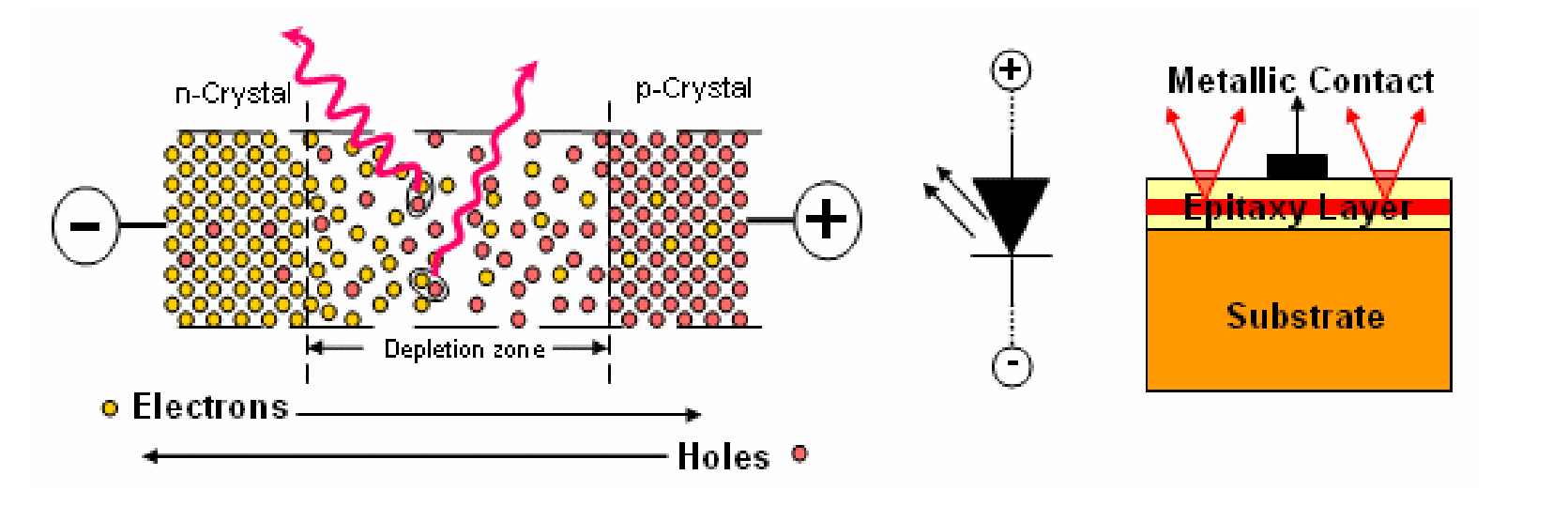
Desventajas

CCFL más caro que los LED y la EL
Necesita un inversor DC-AC (1000VAC @ 30kHz~40kHz)
Tiene poco brillo.
Poco tiempo de vida (20000~25000hrs)
Usa materiales perjudiciales para el medio ambiente

LEDS:

Emisión de color.

Cristal con dopado tipo P → Ánodo.
Cristal con dopado tipo N → Cátodo

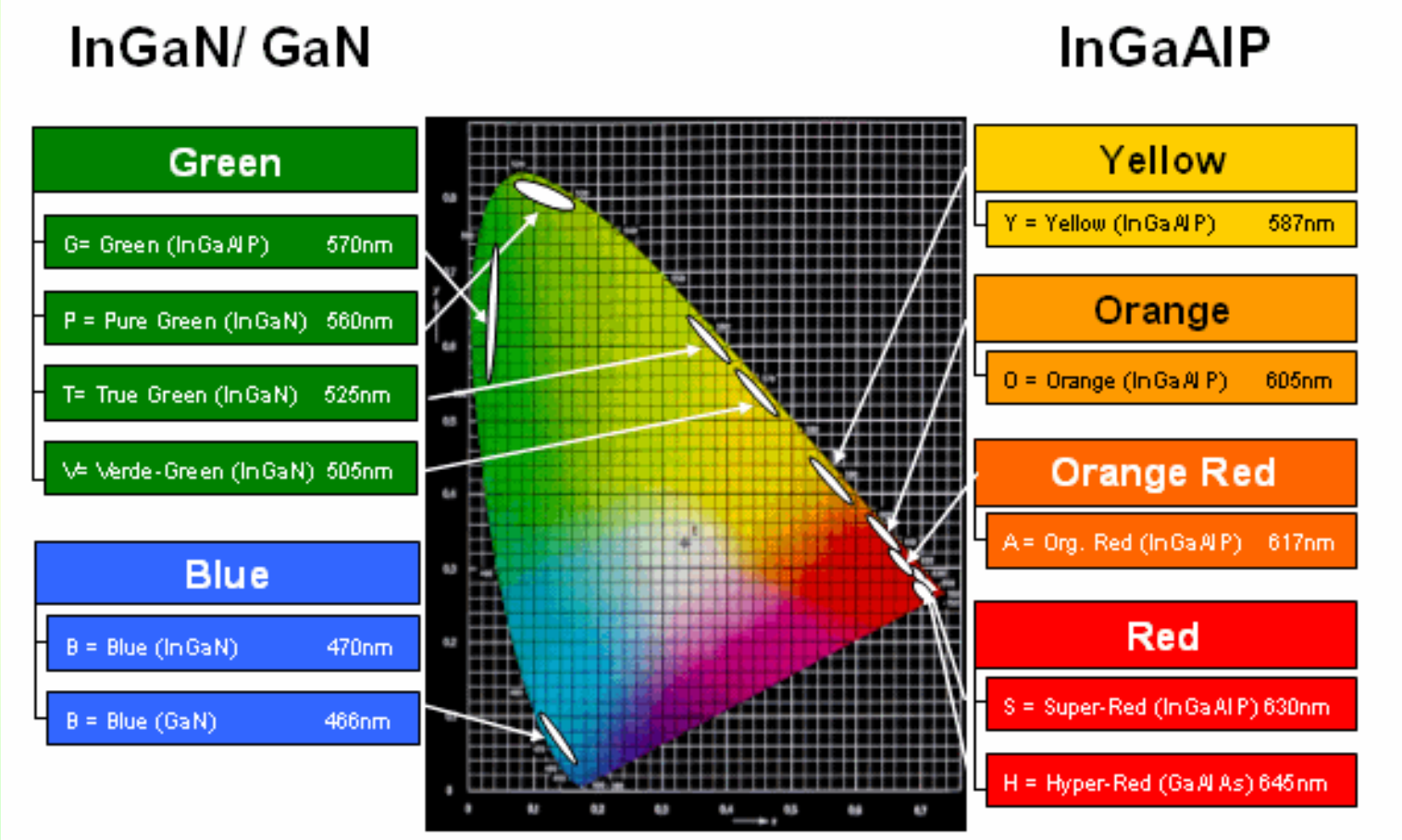


Cuando el diodo está polarizado directamente, las recombinaciones en la zona de deplexión emiten luz.

LEDS:

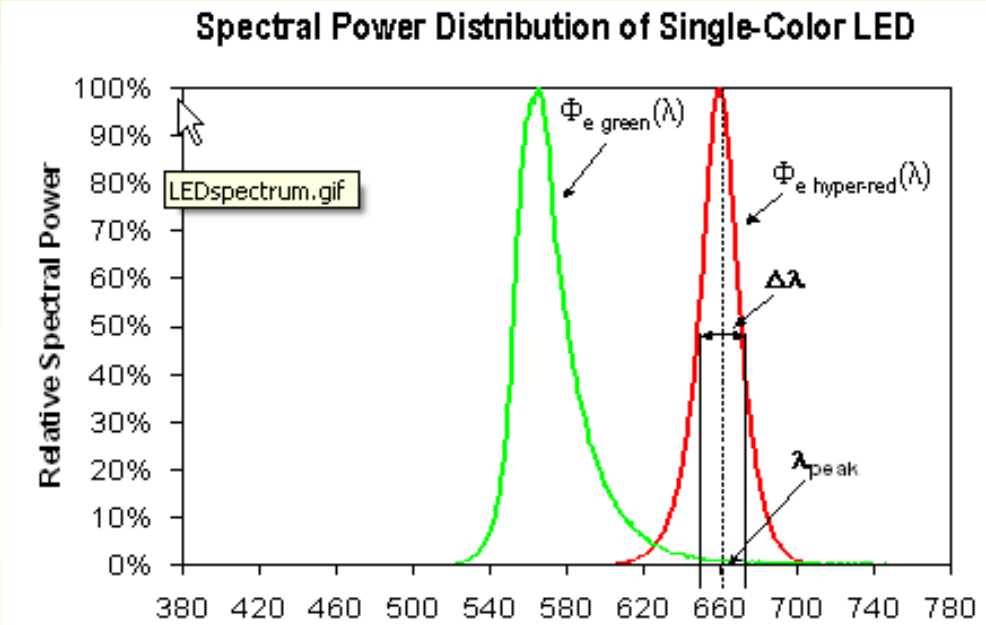
Emisión de color.

Según el tipo de material con el que se dopa se emiten distintos colores.



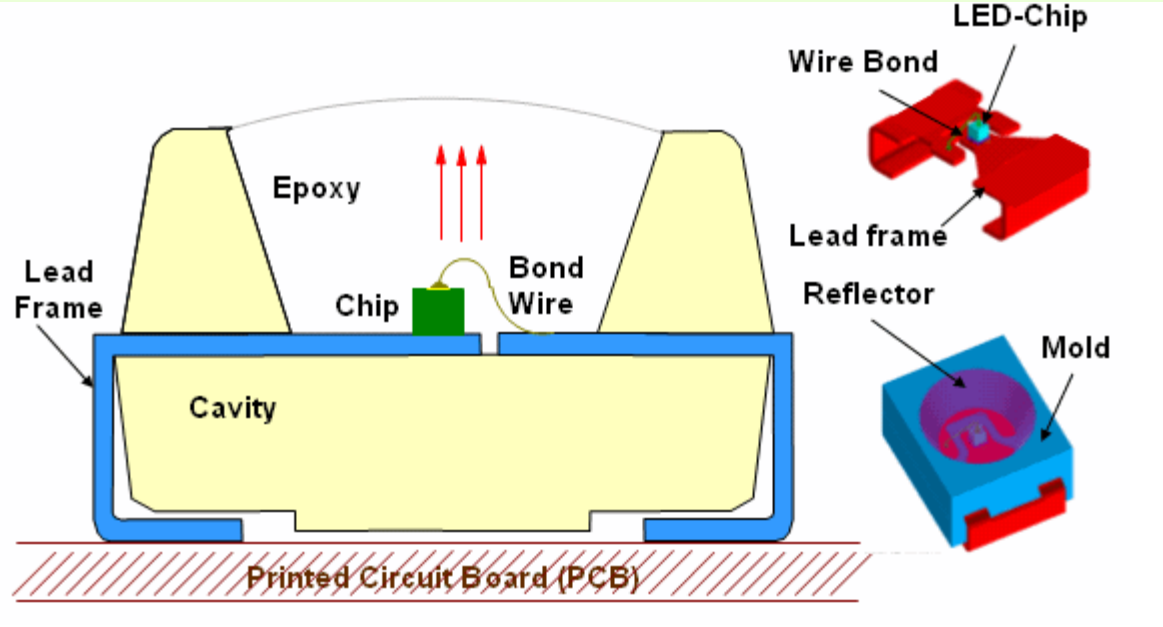
LEDS:

Emisión de color.



La longitud de onda donde es mayor la potencia radiada se llama el pico de emisión o la longitud de onda dominante. Para algunos LED el pico de emisión cambia según la corriente, provocando desplazamientos de color.

PARTES QUE COMPONEN LOS LEDS:

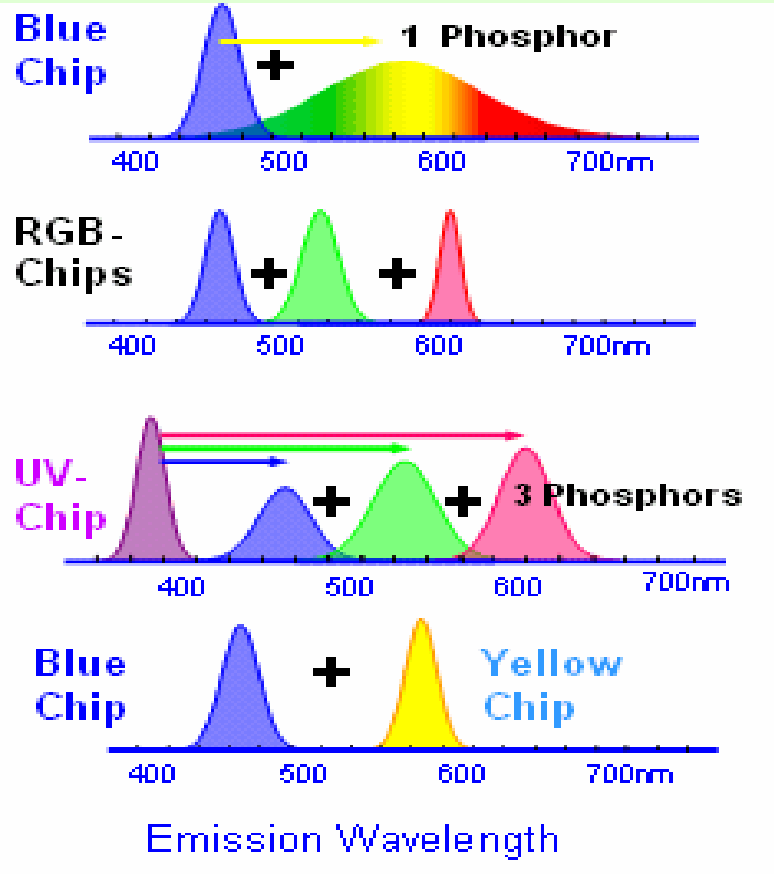


LED DE MONTAJE SUPERFICIAL.

Unión con dopado tipo P → Ánodo.
Terminal negativo → Cátodo

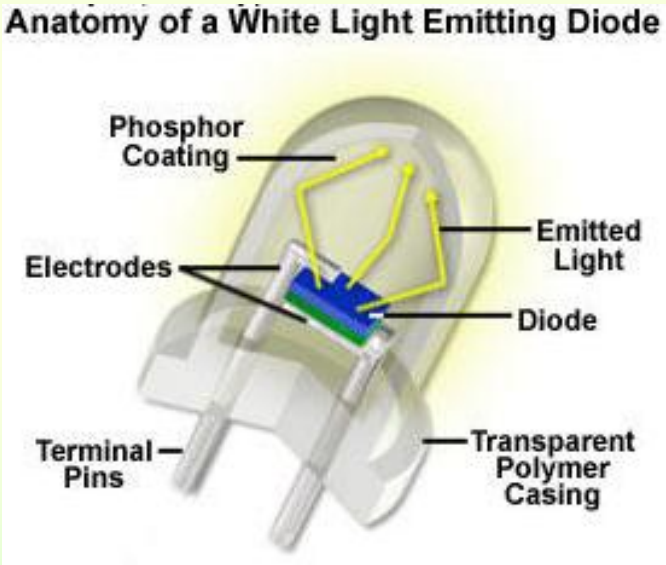
LEDS DE COLOR BLANCO:

4 Opciones para conseguir el color blanco



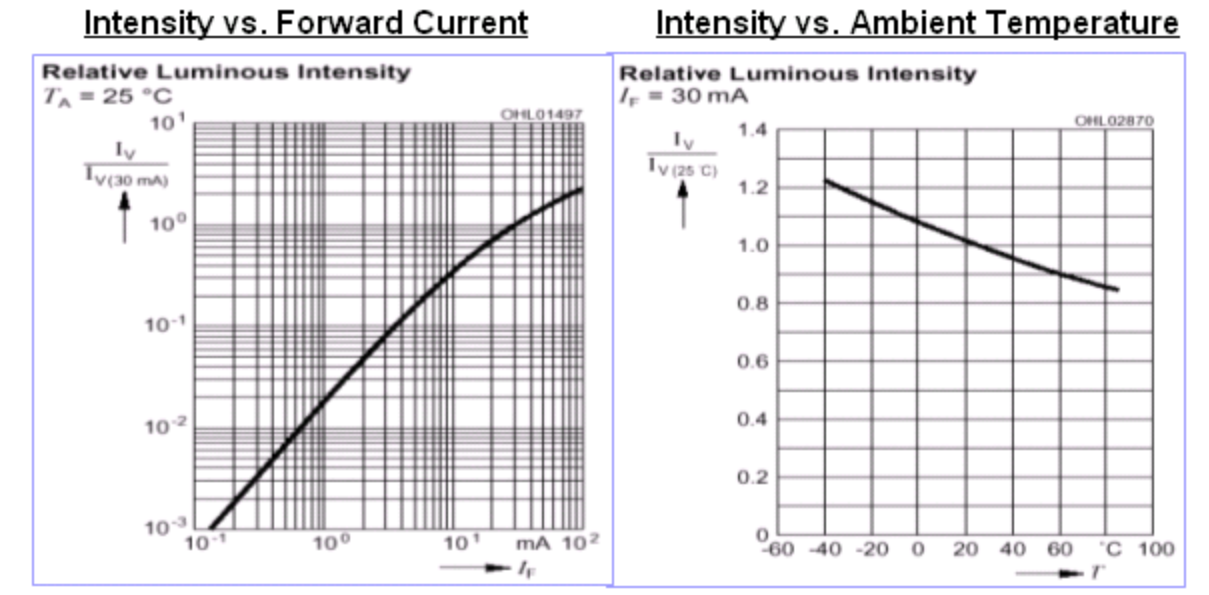
LA MÁS UTILIZADA ES LA PRIMERA.

LED AZUL(InGaN) MÁS UN FÓSFORO AMARILLO

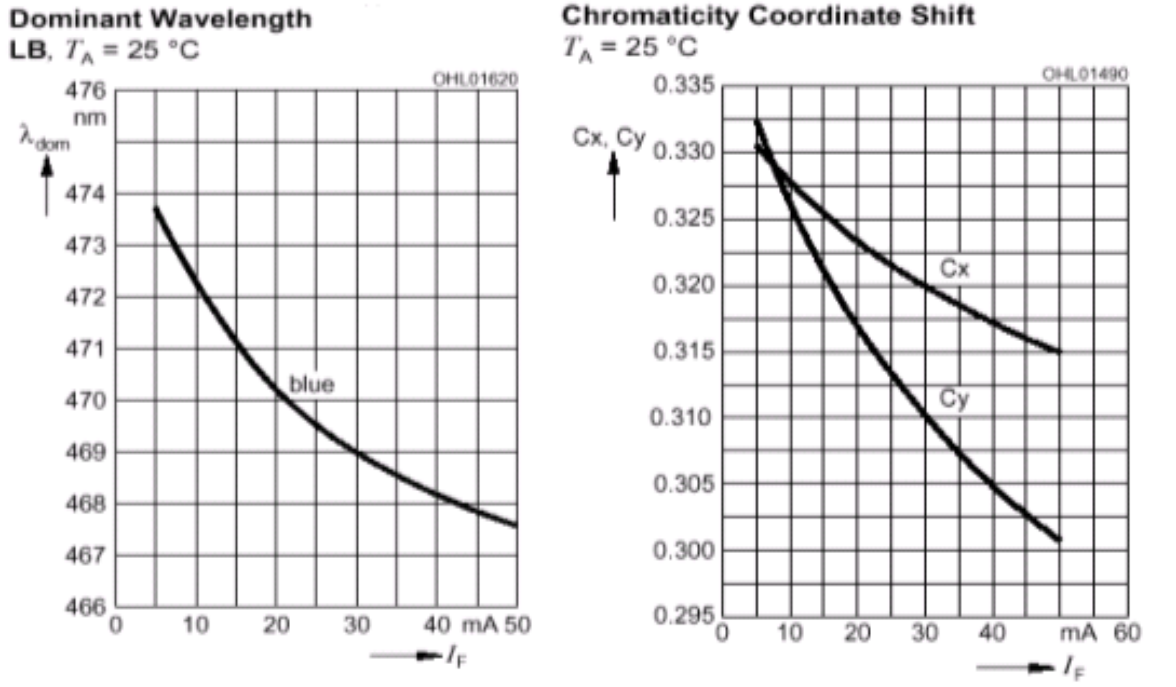


CURVAS CARÁCTERÍSTICAS:

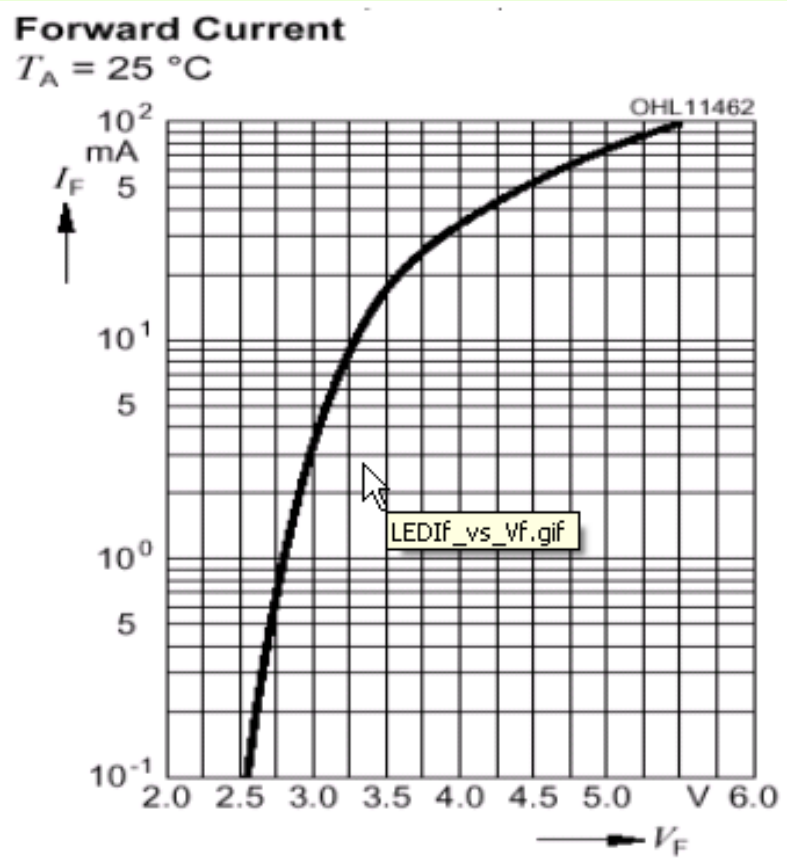
La intensidad luminosa del LED depende de la corriente y de la temperatura de la unión.



La longitud de onta de los LED de InGaN depende de la corriente que pasa por ellos.
Se recomienda utilizar PWM para hacer dimming de los LEDs basados en InGaN.



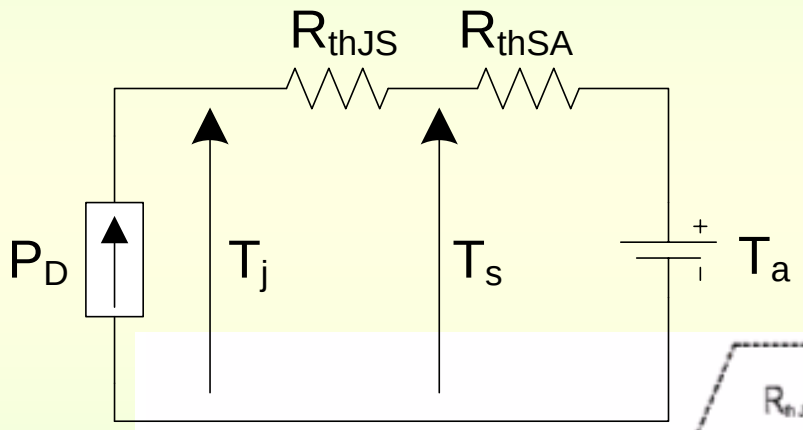
Cuando se polariza directamente el LED, la corriente y la tensión presentan una relación exponencial. Pequeñas diferencias en la tensión dan lugar a grandes corrientes, y por tanto a más intensidad luminosa Además la tensión de codo de los LEDs tiene una tolerancia a la hora de fabricarlos,por ello los LED se regulan en corriente y no en tensión.



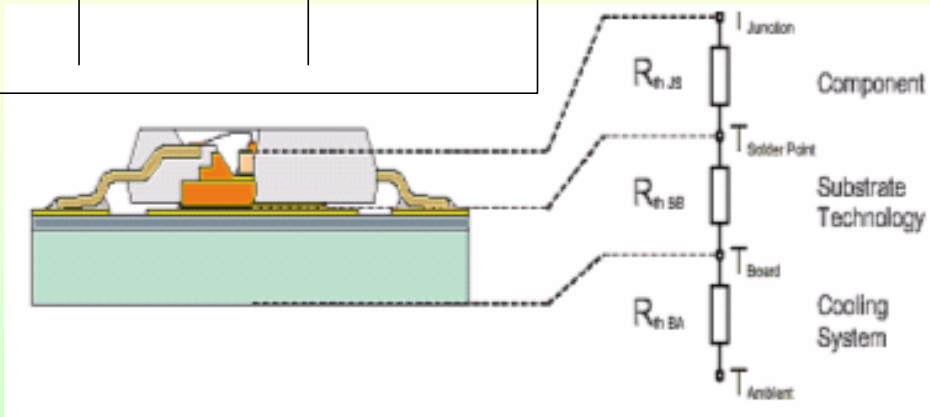
EFECTOS TÉRMICOS.

TEMPERATURA DE LA UNIÓN:

Temperaturas altas en la unión provocan que la intensidad luminosa sea menor, la tensión de codo sea menor, y provoca desplazamientos cromáticos en los LEDs blancos.



$$T_J = T_A + (R_{thJS} + R_{thSA}) * P_{LED}$$
$$T_J = T_S + R_{thJS} * P_{LED}$$
$$P_{LED} = V_f * I_f$$



- R_{thJS} (junction-solder point)
- R_{thSB} (solder point-board)
- R_{thBA} (board - ambient)
- P_{LED} LED power dissipated

EFECTOS TÉRMICOS.

TEMPERATURA DE LA UNIÓN:

Corrientes grandes por el LED originan:

- Sobrecalentamiento local.
- Temperaturas altas en la unión.
- Recombinaciones no radiantes

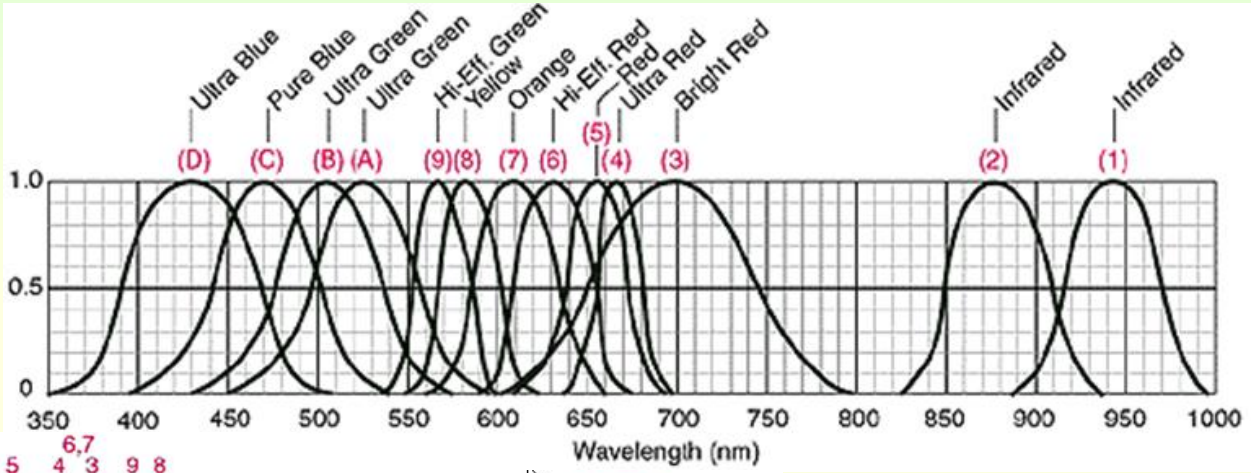
⇒DEGRADACIÓN FUERTE DE LA LUZ

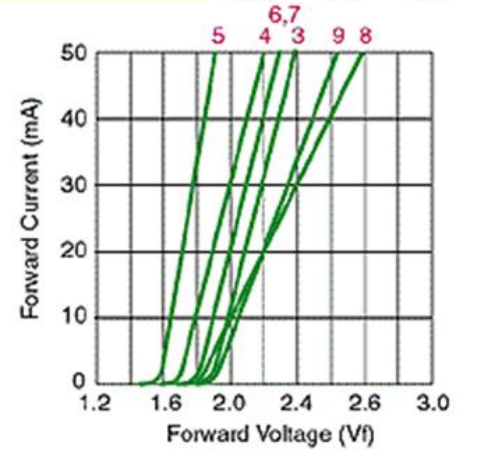
Temperaturas altas en la unión
=>RUPTURA DEL LED

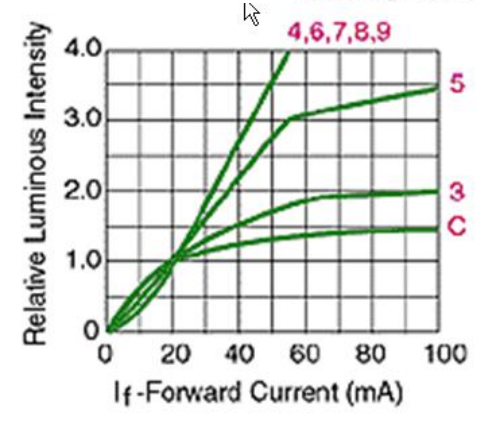
ES MUY IMPORTANTE RESPETAR LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.

DIODOS LED COMO CARGA:

Intensidad relativa vs Longitud de Onda (λ)

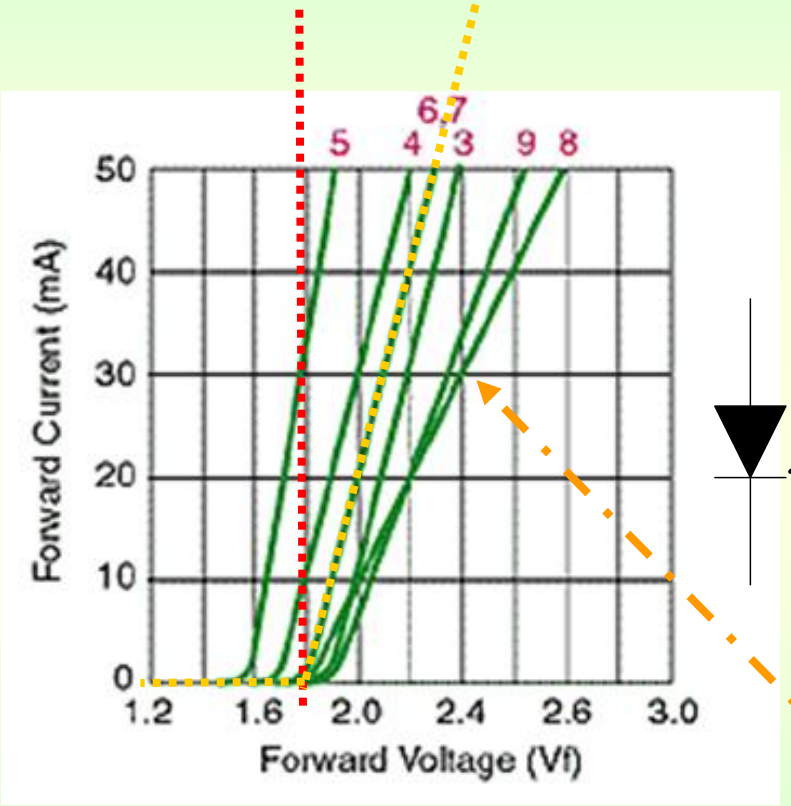


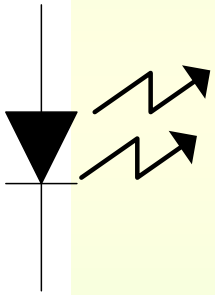


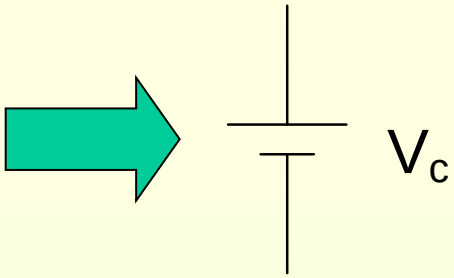


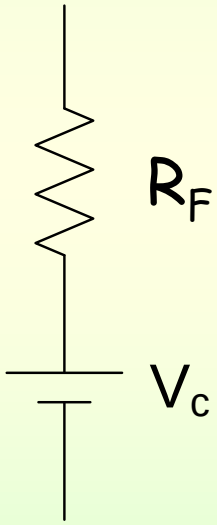
Wavelength Range (nanometers)	Perceived Color
340-400	Near Ultraviolet (UV; Invisible)
400-430	Violet
430-500	Blue
500-560	Green
560-620	Yellow to Orange
620-700	Orange to Red
Over 700	Near Infrared (IR; Invisible)

DIODOS LED COMO CARGA:





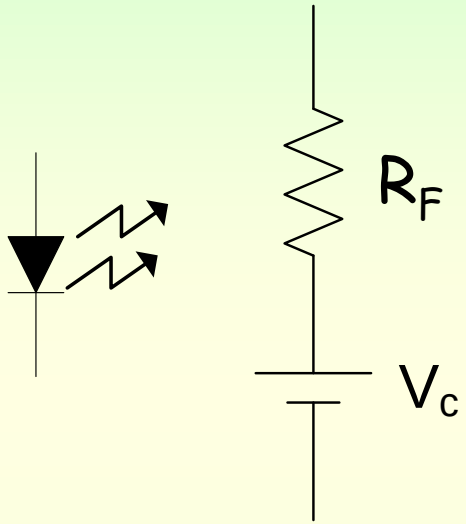




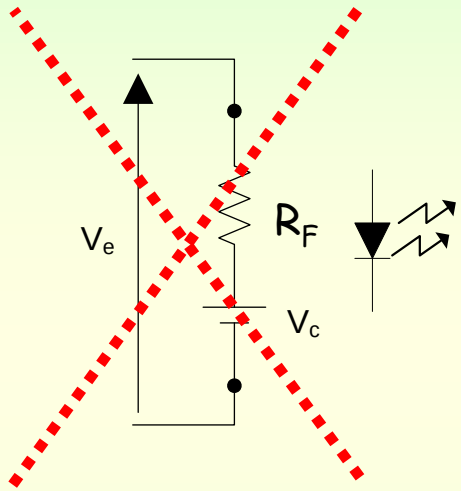
$$R_F = \frac{0.8V}{50mA} = 16\Omega$$

Circuitos con LED:

2ª Aprox



1er Circuito



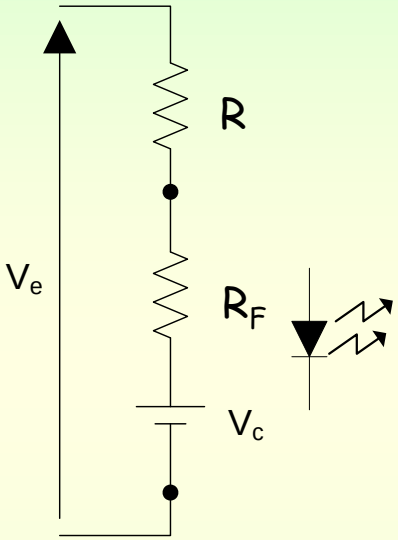
R_F es pequeña

Si $V_e > V_c$

$$i_D = \frac{V_e - V_c}{R_F}$$

I_D es grande con tensiones poco mayores a la tensión de codo

2° Circuito



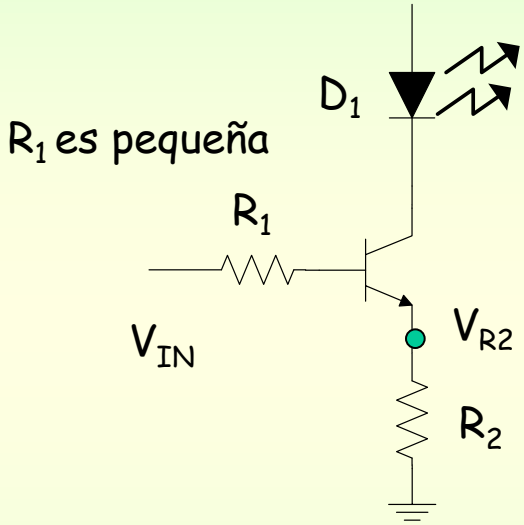
$$i_D = \frac{V_e - V_c}{R + R_F}$$

$R \gg R_F \qquad i_D \approx \dfrac{V_e - V_c}{R}$

Circuitos con LED:

Zona Lineal

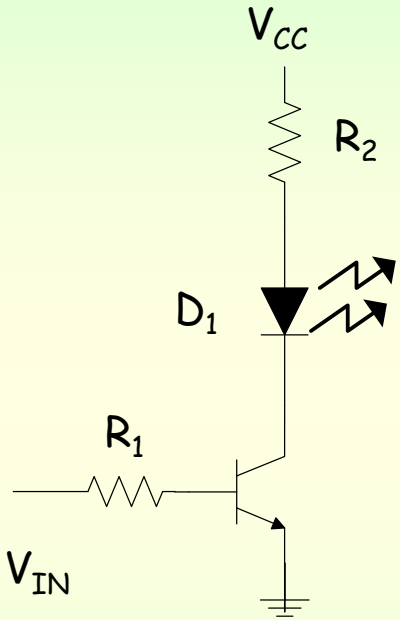
Amplificador de transconductancia



$$i_{D_1} = \frac{V_{IN} - 0.6}{R_2} \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$i_c = \frac{\beta}{\beta + 1} i_e$$

Zona Saturación



Si se tiene:

$$V_{CC} = 5V$$

$$V_{IN} = 5V$$

$$\beta = 100$$

¿Calcular R1 y R2 para que pasen 20 mA por el LED?

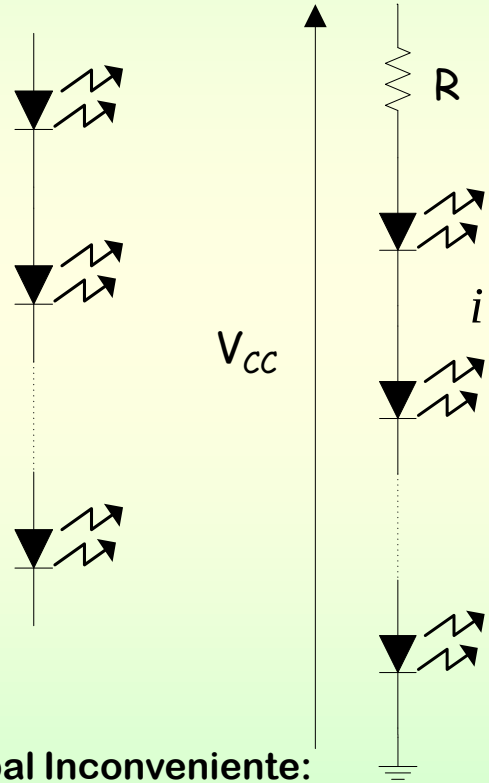
$$i_B = \frac{V_{IN} - 0.6}{R_1} \qquad i_C' = \beta \cdot i_B$$

$$i_C' \square \frac{V_{CC}}{R_2} \Rightarrow i_C = i_{D_1} = \frac{V_{CC}}{R_2}$$

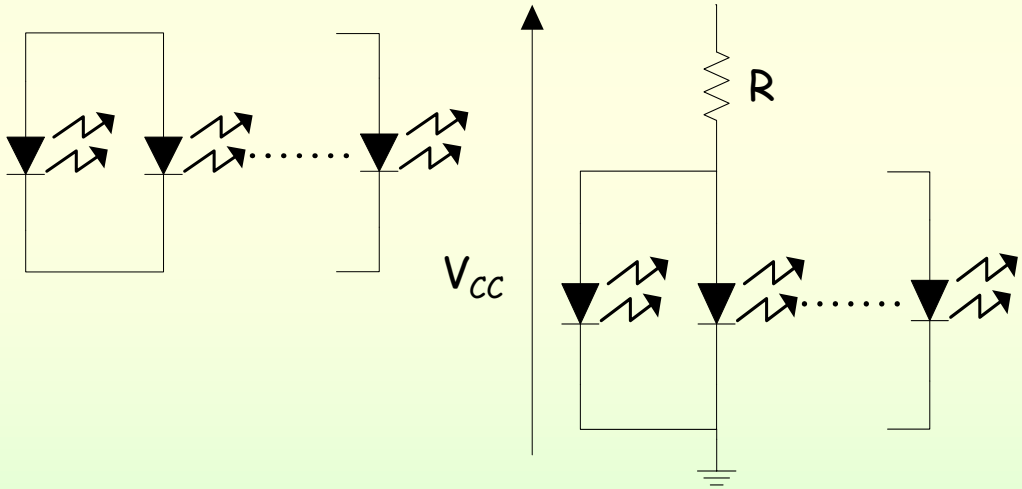
Circuitos con LED: Conexión de varios LEDs

SERIE
- Pasa la misma corriente
- Mismo flujo luminoso

PARALELO
- No pasa la misma corriente (Distintas tensiones de codo y resistencia directa).
- Distinto flujo luminoso



$$i \approx \frac{V_{CC}}{R}$$



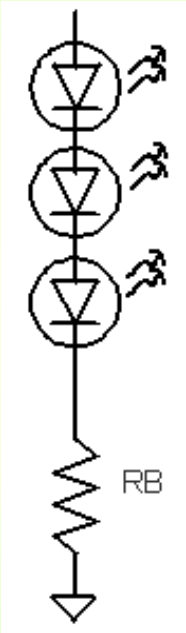
Principal Inconveniente:
Si se estropea uno dejan de funcionar los otros

Principal ventaja:
Si se estropea uno funcionan los otros

Circuitos con LED:

SERIE
- **Pasa la misma corriente**
- **Mismo flujo luminoso**

Tiras de LED conectados en serie:



Ventajas:

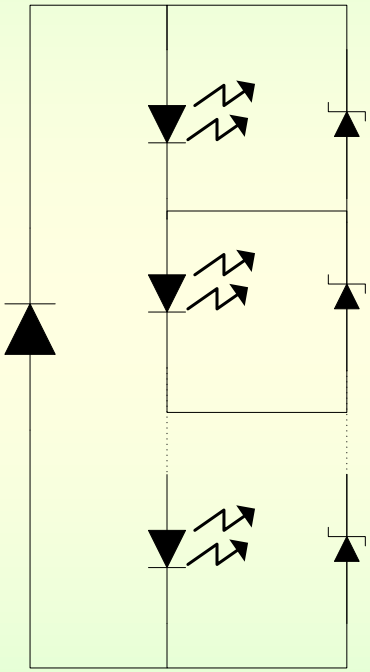
Pasa la misma corriente por todos los LED, misma intensidad luminosa por todos.
Más eficiente.
Pérdidas = VBalasto * ILED
Puede implementar facilmente con una topología elevadora.

Desventajas:

Se necesita elevar mucho la tensión si se ponen muchos led, problemas de EMI.
Los semiconductores deben soportar mucha tensión, más caros.

Circuitos con LED: Conexión de varios LEDs

Si se estropea uno funcionan los otros



LED LAMP.
Remplazan a las bombillas incandescentes y halógenas

Manuel Rico Secades
Ángel Torres Pérez

Circuitos con LED:

PARALELO
- **No pasa la misma corriente (Distintas tensiones de codo y resistencia directa).**
- **Distinto flujo luminoso**

Tiras de LED conectados en paralelo:

Ventajas:

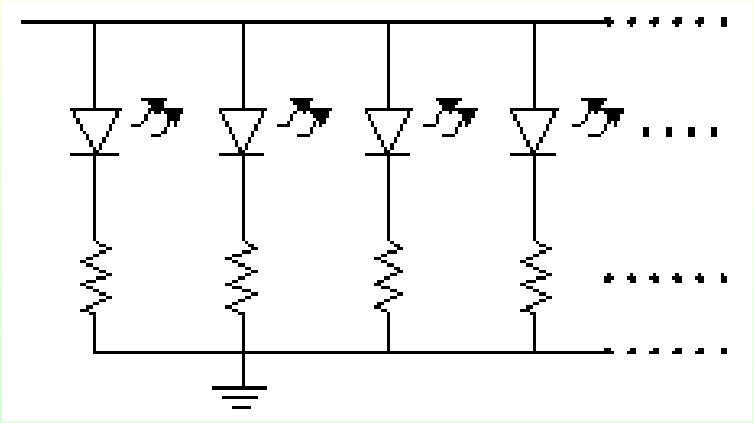
Es interesante si se utilizan bombas de carga

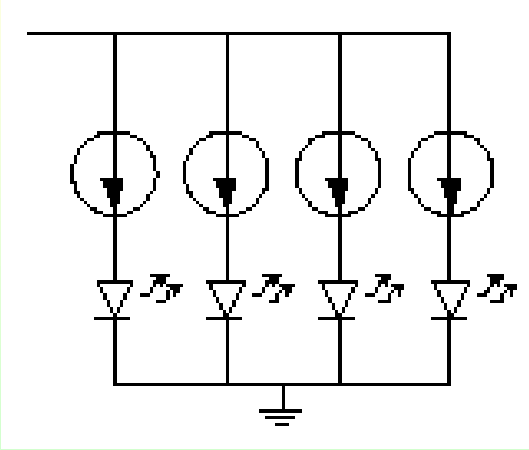
Se pueden utilizar semiconductores de poca tensión, más barato.

Desventajas:

Debe regularse la corriente de cada LED, para asegurar que todos emiten con la misma intensidad luminosa.

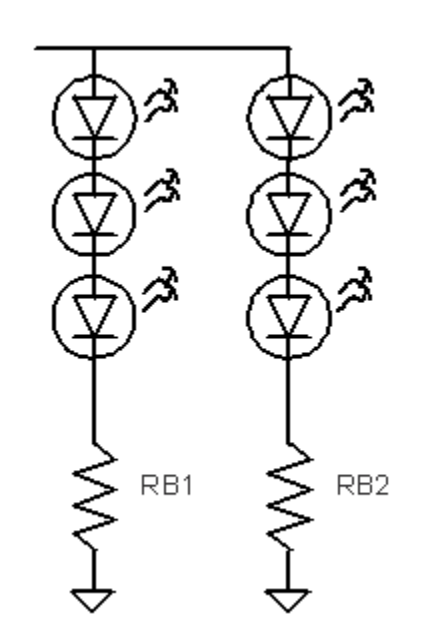
Pérdidas = N * VBalasto * ILED





Circuitos con LED:

Tiras de LED en serie y conectadas en paralelo:



Ventajas:

Es interesante si se desean utilizar muchos LED.

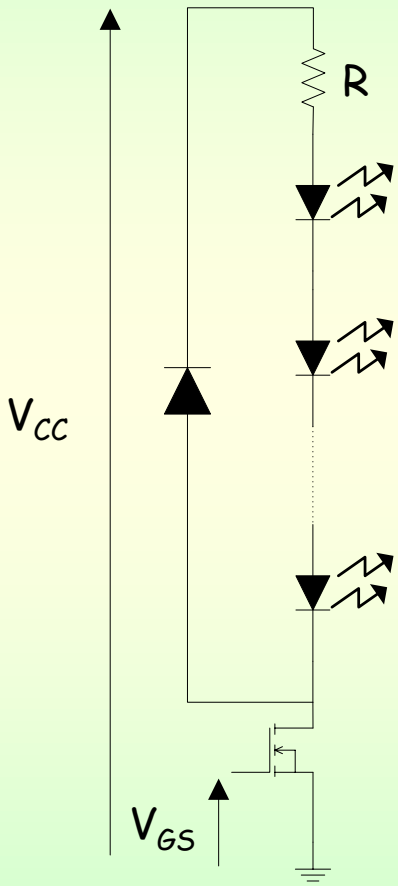
Solo una rama está regulada en corriente. La caida de tensión en los otros diodos fija la corriente en las otras ramas.

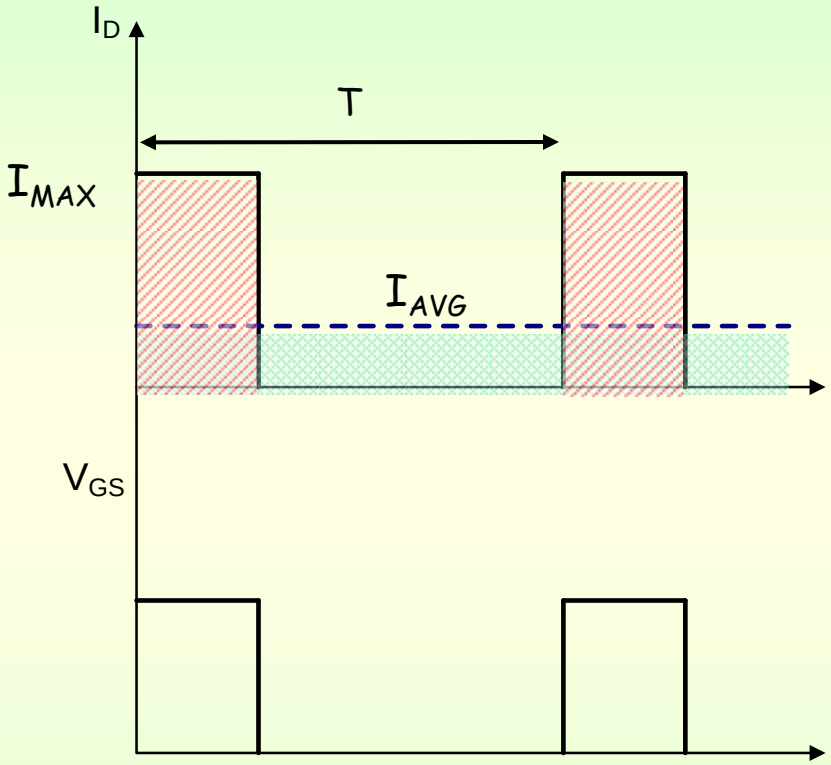
Desventajas:

Las diferencias de tensión de los diodos hace que se perciba mayor brillo en unas ramas que en otras.

NOTA: El ojo humano empieza a percibir diferencias en el brillo, cuando entre las ramas hay una diferencia de corriente de un 3%.

ESTRATEGIAS DE DIMMING





$$I_{AVG} = I_{MAX} \cdot D$$

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Se supone:

Tensión de entrada es DC, con un determinado rizado de tensión.

Por ejemplo, si la corriente de entrada es AC, debe rectificarse.

El problema se resuelve utilizando estrategias de conversión DC/DC.

1) Reguladores lineales

2) Convertidores DC/DC

-- Convertidores sin aislamiento
- Reductor
- Elevador
- Elevador-Reductor

-- Convertidores con aislamiento
- Flyback
- Forward

-- Bombas de carga.

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

	Reg Lineal	Convertidor conmutado con bobina	Bombas de carga
Eficiencia	20-60%	90-95%	75-90%
PCB área	Poca, 2 condensadores	Grande, por la bobina	Poca, 3-4 condensadores
Ruido	Muy poco	Elevado	Moderado
Rizado	Muy poco	Alto	Moderado
EMI	Muy poca	Bastante	Poca
Coste	Bajo	Más Alto	Alto

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Después de ver las alternativas, se debe decidir entre utilizar bombas de carga o un convertidor conmutado con bobina

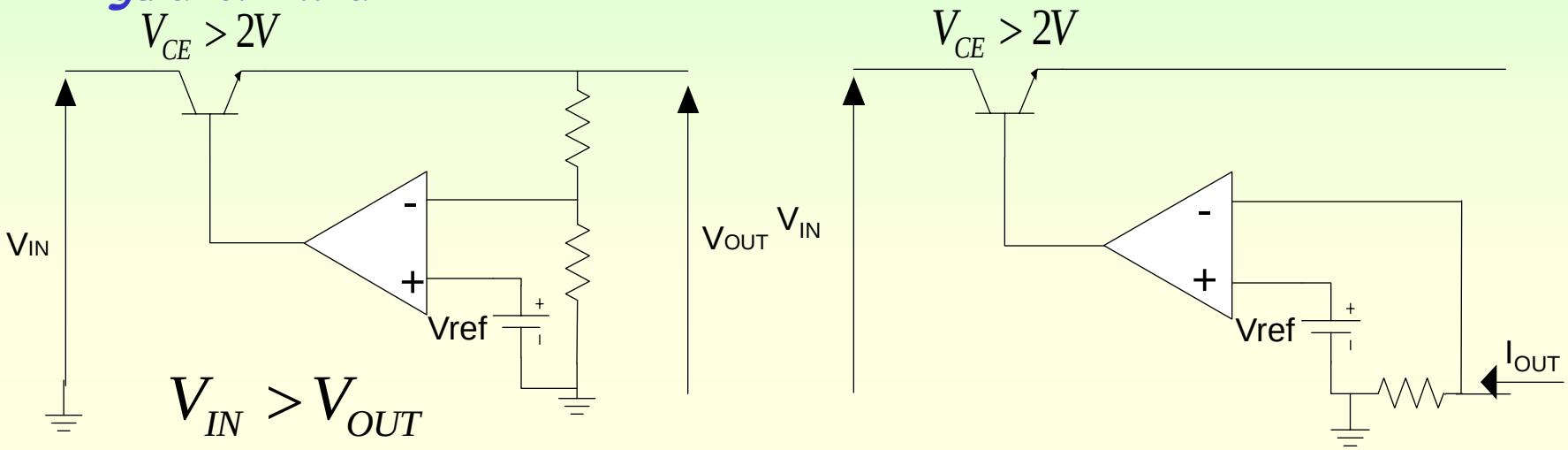
Parámetros para decidirse por una de las 2 alternativas:

1. *Convertidor conmutado con bobina es mejor:*
   - Si se desea elevar mucho.
   - Normalmente se utiliza con LEDs en serie.
   - El voltaje deseado no es un múltiplo del voltaje de la entrada
   - Cuando la eficiencia es más importante que el tamaño.

2. *La bomba de carga es mejor:*
   - Evita el coste de la bobina, el tamaño y la EMI radiada.
   - La tensión deseada es múltiplo de la entrada.
   - Cuando el número de LEDs es pequeño.
   - Como el voltaje a elevar no suele ser muy alto se utiliza tecnología CMOS que es barata.

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Regulador lineal



En el transistor cae la tensión para conseguir V_{out}

Reguladores Lineales

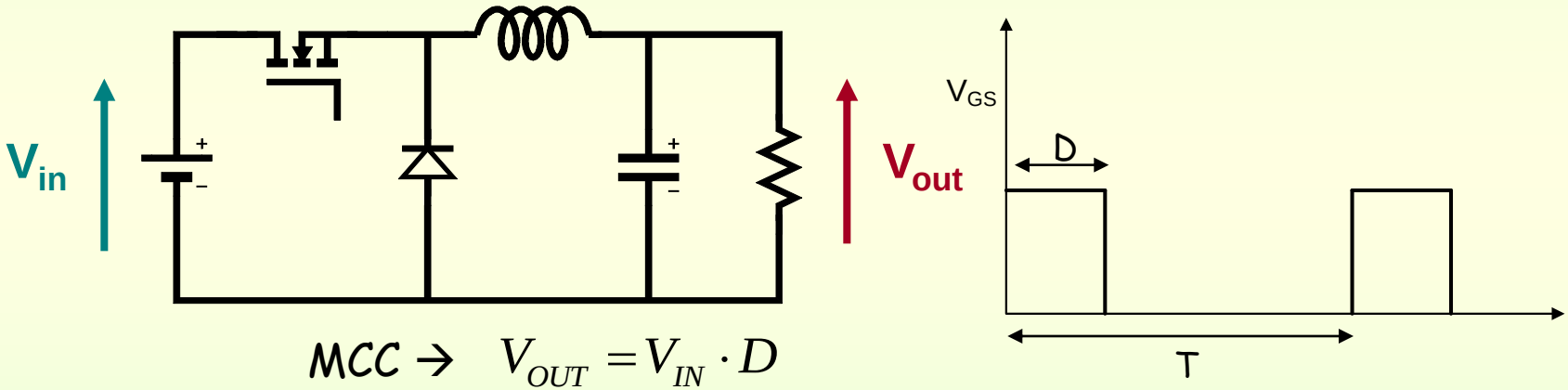
- **Baratos, Sencillos, Robustos, Sin EMI**
- **Voluminosos, pesados, mal rendimiento**

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Convertidores DC/DC

Sin aislamiento

Reductor (BUCK)



MCC → $V_{OUT} = V_{IN} \cdot D$

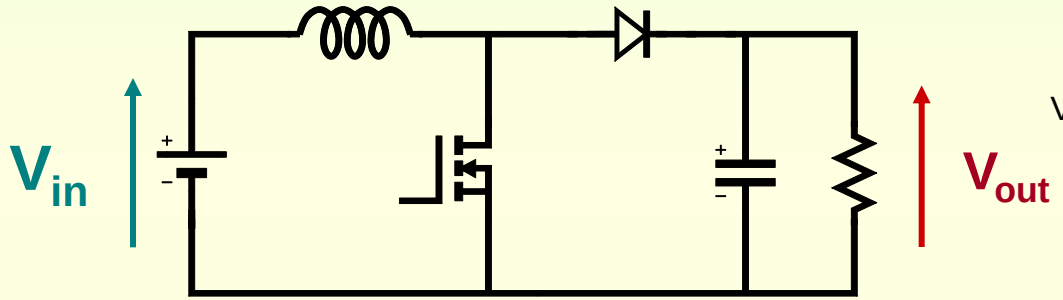
BUCK
- **Sencillo**
- **Robusto**
- **Buenas prestaciones dinámicas**
- **Muy eficiente**

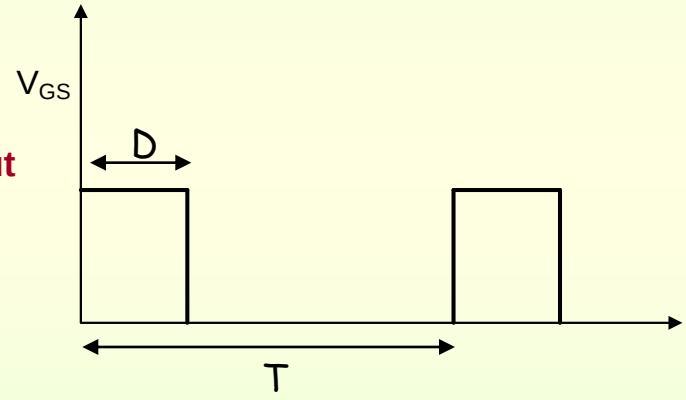
ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Convertidores DC/DC

Sin aislamiento

Elevador (BOOST)





$$MCC \rightarrow V_{OUT} = V_{IN} \cdot \frac{1}{1-D}$$

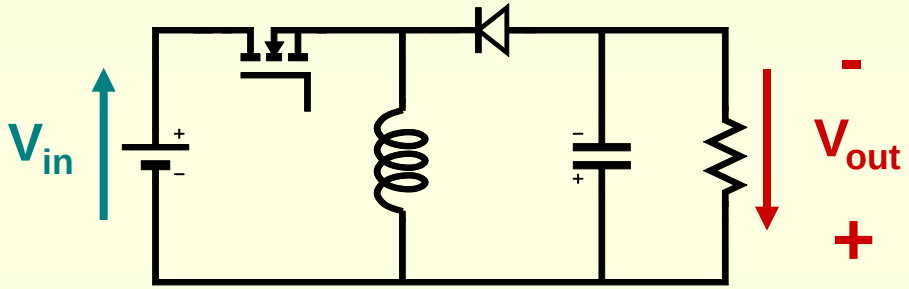
BOOST
- **Sencillo**
- **Robusto**
- **Muy eficiente**
- **Trabaja bien con rangos de tensión amplios**

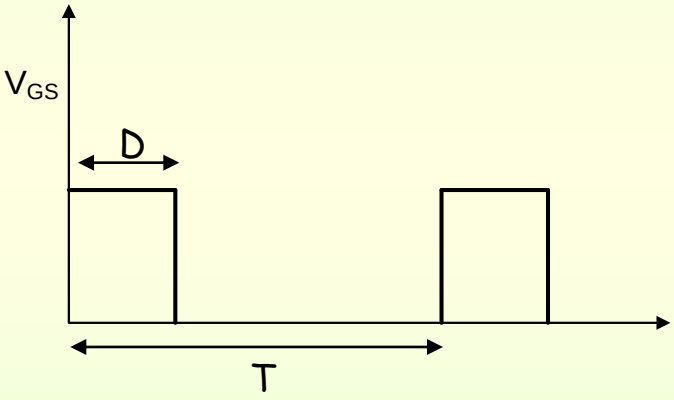
ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{CC})

Convertidores DC/DC

Sin aislamiento

Reductor-Elevador (BUCK-BOOST)





$$MCC \rightarrow V_{OUT} = V_{IN} \cdot \frac{D}{1-D}$$

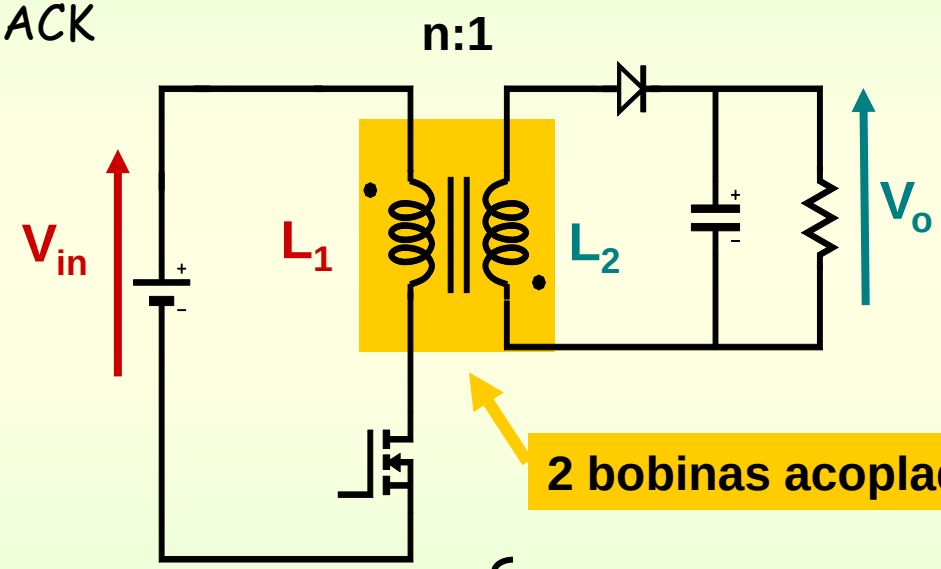
BUCK-BOOST
- **Sencillo**
- **Robusto**
- **Trabaja bien con rangos de tensión amplios**
- **Mayores esfuerzos en los semiconductores que los otros**

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Convertidores DC/DC

Con aislamiento

FLYBACK



$$MCC \rightarrow V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{n} \cdot \frac{D}{1-D}$$

2 bobinas acopladas

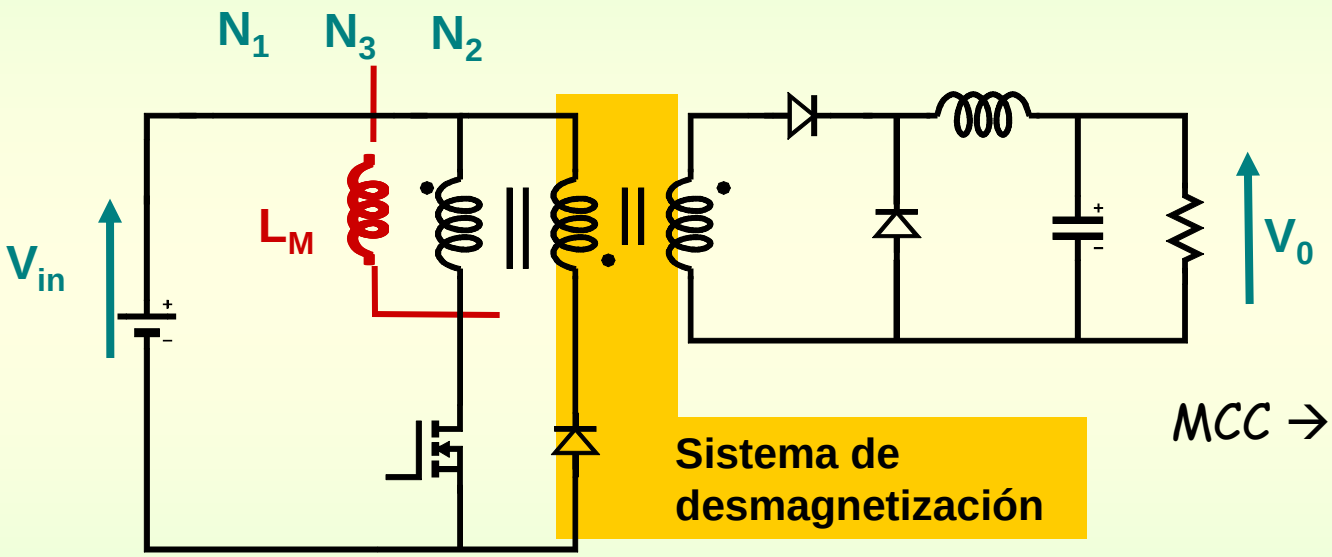
FLYBACK
- **Sencillo**
- **Robusto**
- **Protección gracias al aislamiento**

ESTRATEGIAS PARA CONSEGUIR LA TENSIÓN (V_{cc})

Convertidores DC/DC

Con aislamiento

FORWARD

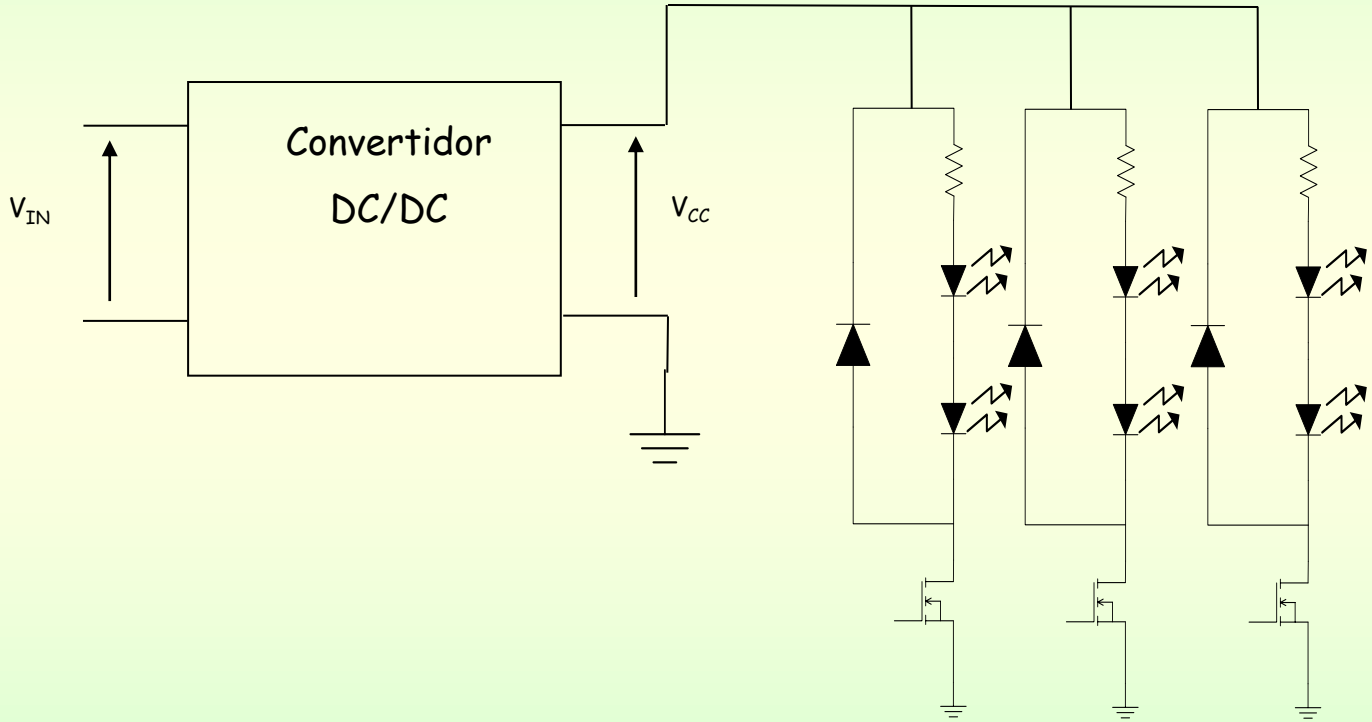


MCC → $V_{OUT} = \frac{V_{IN}}{n} \cdot D$

FORWARD
- Complejo
- Protección gracias al aislamiento

ESTRATEGIAS PARA HACER DIMMING

1) FORMA :
Se utiliza un convertidor DC/DC para tener la tensión deseada V_{CC}

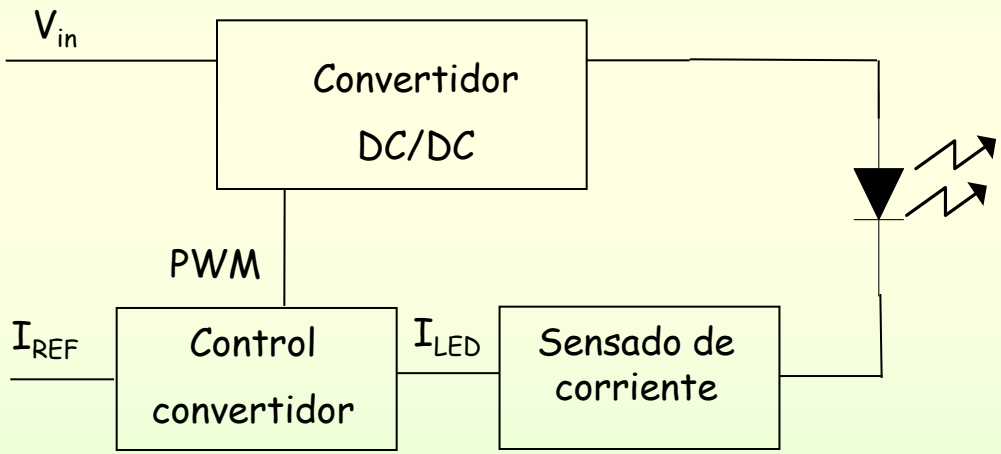


Control de la corriente en lazo abierto, no hay sensado de corriente, ni se corrige el duty en función de la corriente media por los LEDs. Por ejemplo, no se modifican las desviaciones de corriente por la Tª.

ESTRATEGIAS PARA HACER DIMMING

2) FORMA :

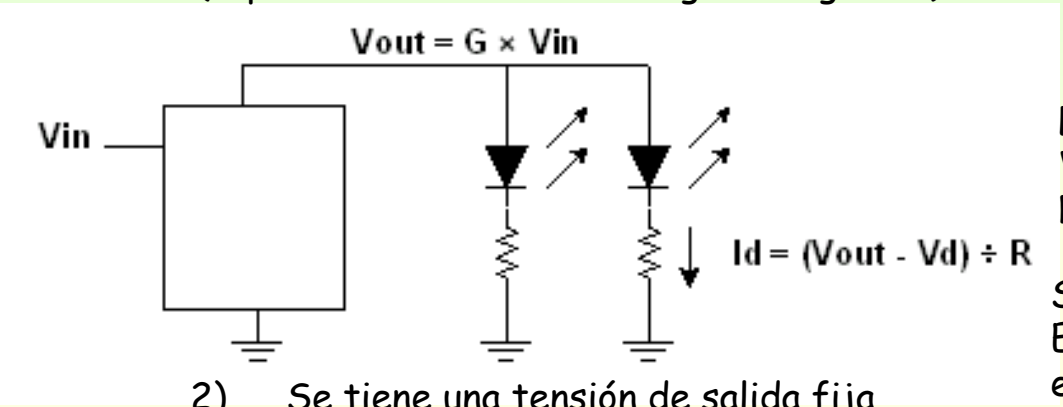
Se utiliza un convertidor DC/DC, controlado por corriente.
Se necesita sensar la corriente por los LEDs.
Control en modo corriente a frecuencia variable (Imax-Toff, Imax-Ton, Histéresis), o
Utilizando control en modo corriente a frecuencia fija.



ESTRATEGIAS DE DIMMING CON LEDS EN PARALELO:

A) La corriente por los LED no es la misma, por tanto el flujo luminoso tampoco lo es:

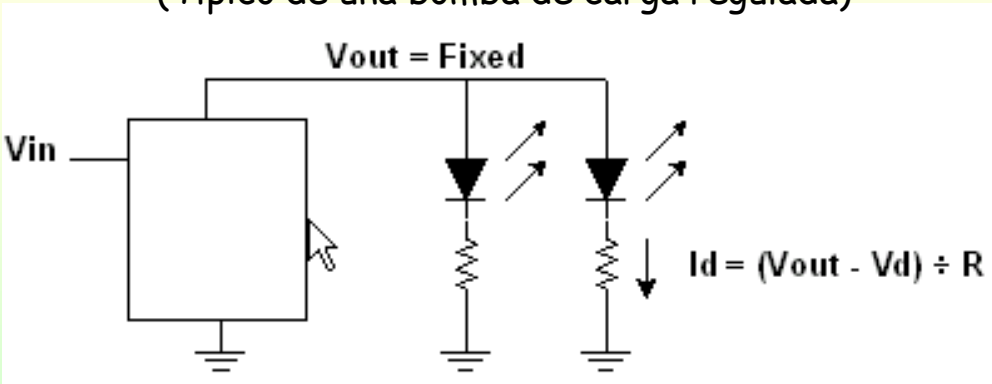
1) Se tiene una tensión de salida no regulada múltiplo de Vin.
(Típico de una bomba de carga no regulada)



Las resistencias fijan la corriente
Vin es fija
No es bueno el ajuste de brillo.

Se hace Dimming variando Vout.
En este caso no hay realimentación y es en bule abierto

2) Se tiene una tensión de salida fija
(Típico de una bomba de carga regulada)

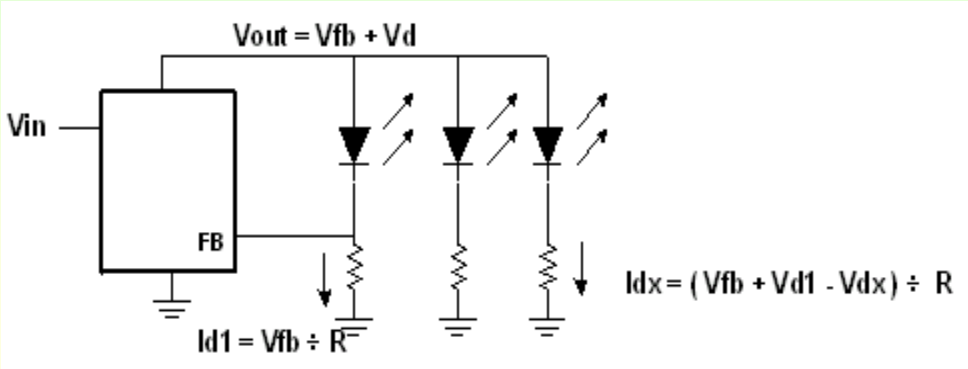


Las resistencias fijan la corriente
Vin puede variar
No es bueno el ajuste de brillo.
No se puede hacer Dimming, a no ser que se haga con PWM.

PROBLEMÁTICA DE LOS LEDS EN PARALELO:

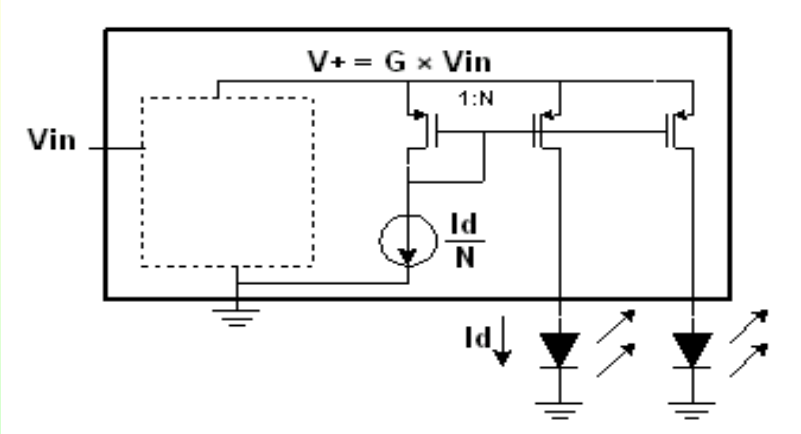
A) La corriente por los LED no es la misma, por tanto el flujo luminoso tampoco lo es, pasos:

3) Se tiene una tensión de salida regulada en corriente.



Tensión de FeedBack fija la corriente.
Sólo la primera rama está regulada
La corriente en las otras ramas varía con Vd
Si D1 falla, V+ se dispara, destruiría los otros LED
Se hace Dimming Variando la referencia de corriente en la primera rama.

4) Controlando la corriente en la primera rama, los espejos de corriente aseguran la misma corriente en las otras ramas

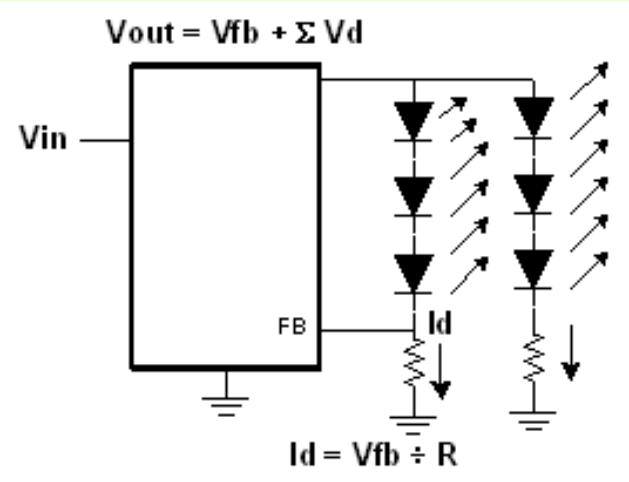


La corriente por los LED es la misma, independientemente de la tensión de los LED.
Diseño robusto—> Si 1 LED Falla, los otros siguen funcionando.

Se hace Dimming controlando la corriente del primer espejo de corriente.

PROBLEMÁTICA DE LOS LEDS EN PARALELO:

5) Se tiene una tensión de salida regulada en corriente, con LEDs en serie y paralelo.



Sólo la primera rama está controlada en corriente
Estadísticamente las otras ramas también tendrán un buen ajuste en corriente
Tensión a soportar de los semiconductores VLED*NLED+Vfb
Diseño no destructivo: si falla un LED en la primera rama los otros funcionarían.

EFICIENCIA

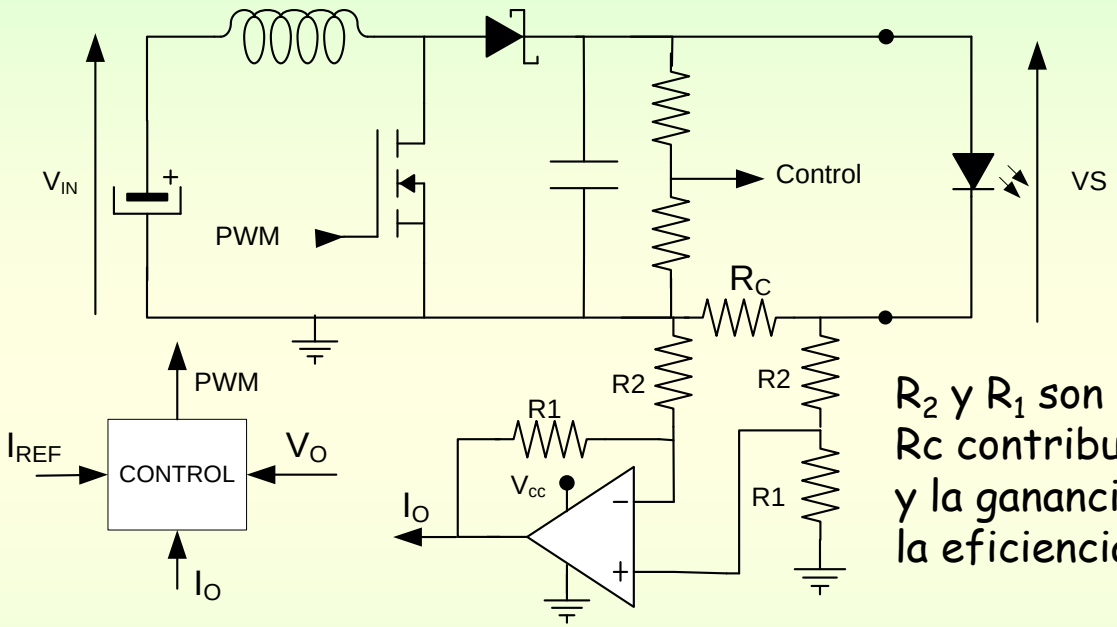
La Eficiencia del driver de LEDs no es la misma que la del convertidor DC/DC. Ya que en la eficiencia del convertidor no se tiene en cuenta las pérdidas de los componentes pasivos que se utilizan para regular la corriente por los LED.

$$\eta_{Balasto} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{IN} \cdot I_{IN}}$$

Si se regula en corriente, el valor de las resistencias debe ser pequeño, para que la eficiencia sea alta.

En la siguiente transparencia se comenta las ventajas e inconvenientes de utilizar un convertidor controlado en corriente, frente el dimming clásico con PWM.

EFICIENCIA

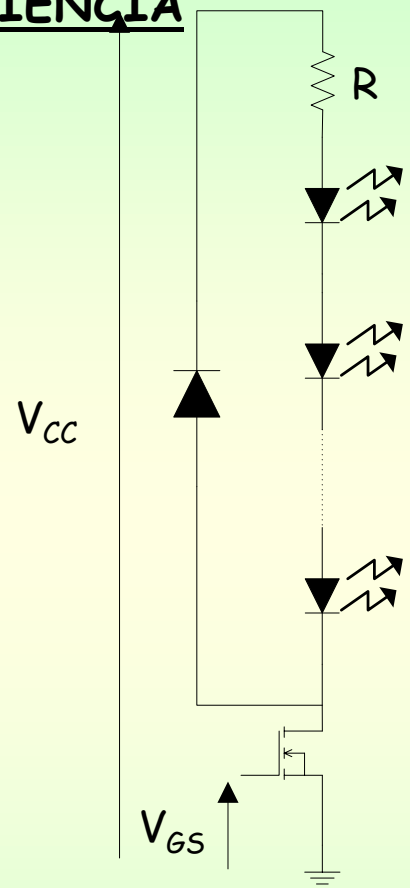


$$\eta_{Balasto} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{IN} \cdot I_{IN}}$$

R_2 y R_1 son grandes, no hay muchas pérdidas.
Rc contribuye a las pérdidas, debe ser pequeña, y la ganancia diferencial grande para maximizar la eficiencia.

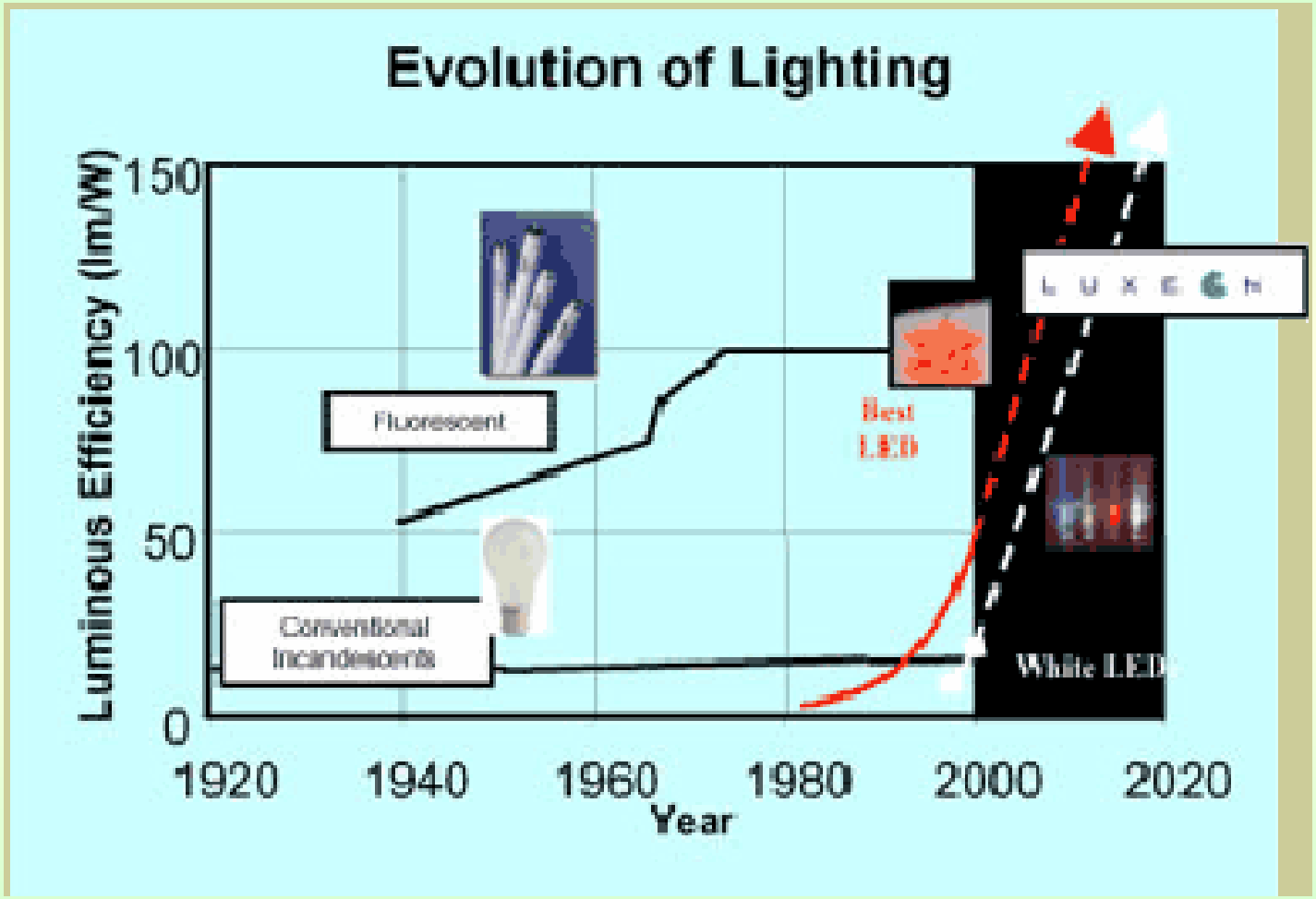
Este es el esquema más eficiente.
1 sólo transistor que controla el convertidor y puede hacer dimming
Problema: Si se necesitan controlar distintas ramas, se tienen que usar más convertidores, más bobinas, más tamaño. No obstante se pueden integrar bobinas con varios devanados en un mismo núcleo ahorrando espacio.

EFICIENCIA



$$\eta_{Balasto} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{IN} \cdot I_{IN}}$$

R es pequeña y contribuye a las pérdidas. Aunque la eficiencia del convertidor sea grande, la eficiencia global se ve mermada por R.

Este esquema es menos eficiente.
1 transistor que controla el convertidor y otro para hacer dimming
Ventaja: Si se necesitan controlar distintas ramas, sólo se necesitan más transistores.

FUTURO DE LOS LEDs