

# EL42A - Circuitos Electrónicos

## Clase No. 6: Diodos para Propósitos Especiales

Patricio Parada

pparada@ing.uchile.cl

Departamento de Ingeniería Eléctrica  
Universidad de Chile

18 de Agosto de 2009

# Contenidos

Tipos Especiales de Diodos

Introducción

Celda Solar

Varactor

Diodos Ópticos

LED

Fotodiodos

Diodos Metálicos

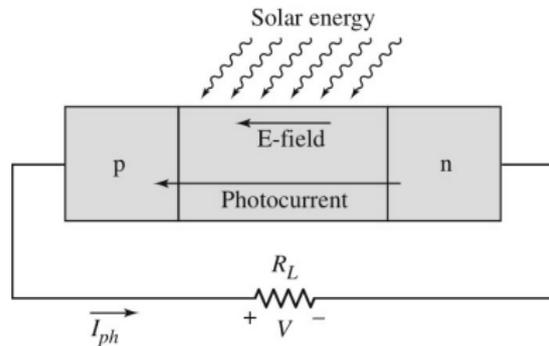
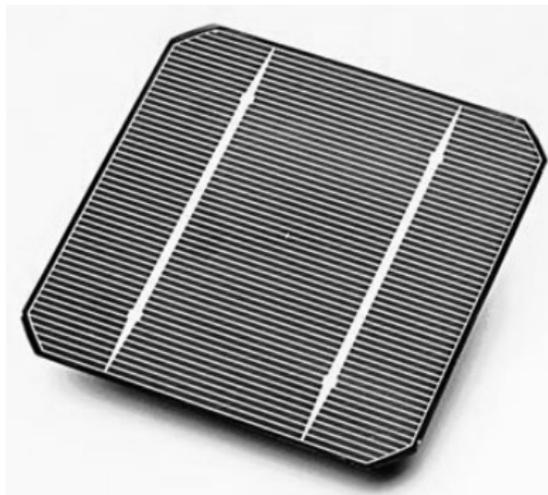
Diodo de Barrera Schottky

Diodo de Efecto Túnel

- ▶ Existen diodos especiales del tipo juntura  $pn$  que resultan útiles en otras aplicaciones en electrónica.
- ▶ La lista incluye los siguientes tipos:
  - ▶ Celda solar.
  - ▶ Fotodiodo
  - ▶ Diodo emisor de luz (LED)
  - ▶ Diodo de barrera de Schottky
  - ▶ Diodo de efecto túnel
  - ▶ Diodo varactor
  - ▶ Diodo láser

# Celda Solar I

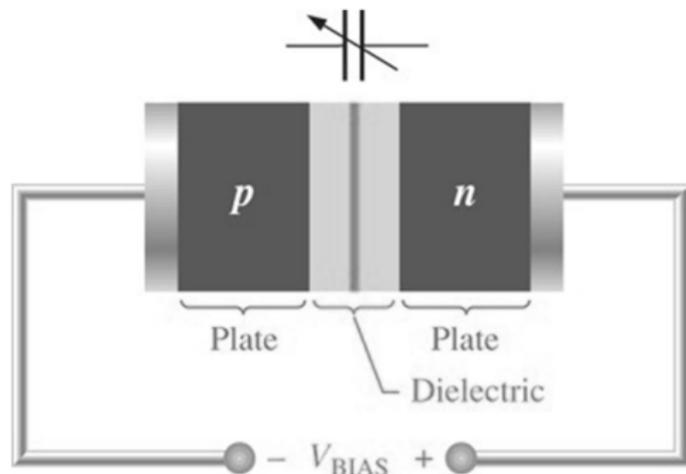
- La celda solar es un diodo de juntura  $pn$  que no requiere una fuente para operar.



- ▶ La energía solar que incide en la juntura genera una fotocorriente donde electrones y huecos abandonan rápidamente la juntura en dirección a la carga.
- ▶ La celda solar usualmente se construye de Silicio, pero también las hay de otros materiales, como GaAs y otros compuestos semiconductores de la III-V columnas de la tabla periódica.
- ▶ Existen diversos usos, entre los que se incluyen energización de satélites, sistemas de calentamiento de aguas, y, localmente, en autos de carrera como el Eolián.

## Varactor I

- ▶ Un efecto que aparece normalmente en la juntura de un diodo es de tipo capacitivo.
- ▶ La capacidad es proporcional al voltaje aplicado entre los terminales.
- ▶ El diodo varactor se utiliza como condensador controlado por voltaje.



- ▶ Recibe los nombres de **varicap** y **diodo sintonizador**.
- ▶ Se utilizan en comunicaciones principalmente, en sintonizadores VHF, UHF, comunicaciones satelitales y telefonía celular.



- ▶ El diodo varactor opera en la región de polarización inversa.

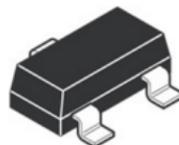
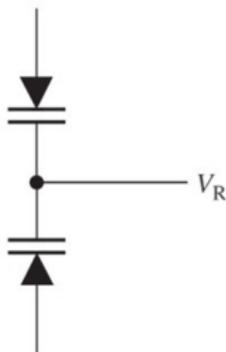
$$C = \frac{A\epsilon}{d}.$$

- ▶ A medida que aumenta el voltaje de polarización inversa aumenta la separación entre las placas, lo que reduce la capacidad del condensador.
- ▶ Rangos típicos: pF a 100 pF.
- ▶ **Relación de Capacitancia:**

$$\alpha_C = \frac{C(V_{\max})}{C(V_{\min})}.$$

- ▶ Los diodos varactores son diodos de unión hiperabrupta, esto es, las regiones con dopaje tipo  $n$  y tipo  $p$  son uniformes lo que hace el cambio sea muy abrupto en la interfaz entre ambas regiones.
- ▶ Conexión **back-to-back**: En algunas aplicaciones de radio, la utilización de un solo varactor puede introducir distorsión armónica debido a que la señal de entrada puede polarizar en forma alterna el diodo en directa y en inversa.
- ▶ La conexión b2b corrige este efecto:

# Varactor V



SOT23

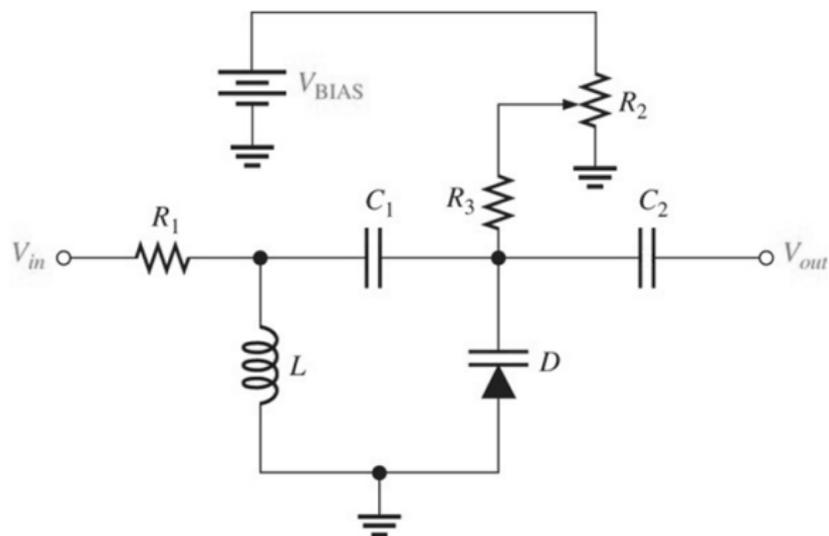


SOD523

- ▶ Los diodos son excitados en forma alternada a una alta y baja capacitancia que generará una capacitancia neta constante.

- ▶ El integrado SOT-23 implementa la configuración b2b de dos varactores Zetex 832A.
- ▶ El integrado SOD-523 implementa la configuración como diodo único (sin el tercer terminal  $V_R$ ).

## Aplicación: Sintonizador Pasabanda I

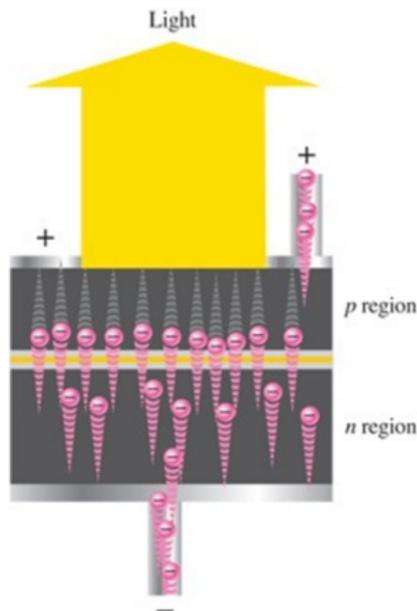


- ▶ El varactor aporta la capacitancia variable al filtro resonante de la figura.
- ▶ Las capacitancias  $C_1$  y  $C_2$  se utilizan para eliminar los efectos de la polarización del circuito, por lo su efecto es despreciable en lo que respecta a la frecuencia de oscilación.

$$f_r \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

## Diodo Emisor de Luz I

- ▶ Operación: Durante la polarización en directa la recombinación de electrones y huecos se liberan fotones, a través de una “ventana” de material semiconductor que queda expuesta.
- ▶ Se agregan impurezas para seleccionar la longitud de onda de la luz emitida.
- ▶ Colores típicos son rojo y verde, aunque también los hay en el espectro infrarrojo.



► Materiales típicos:

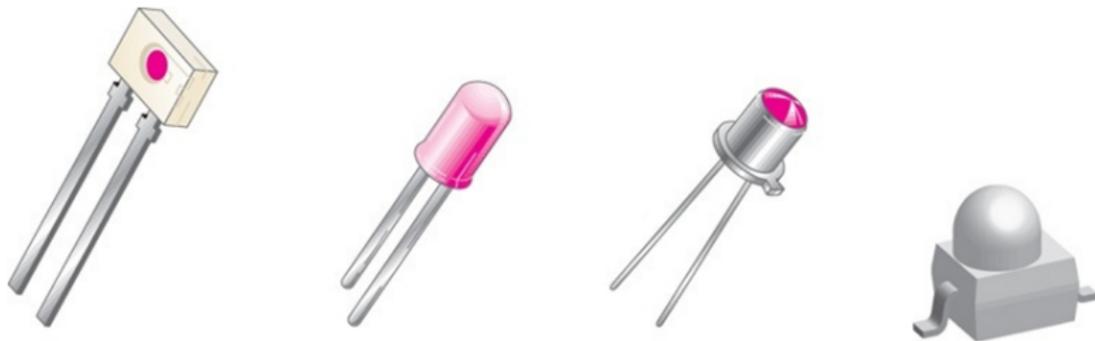
- ▶ GaAs (arseniuro de galio) para leds inforrojos.
- ▶ GaAsP (fosfuro arseniuro de galio) para leds rojos
- ▶ GaP (fosfuro de galio) para leds verdes
- ▶ InGaAlP (fosfuro arseniuro de galio-aluminio) para leds rojo, naranja, amarillo y verde.
- ▶ SiC (carburo de silicio) para Leds azules y GaN (nitruro de galio) para leds azules ultrabrillantes.



- ▶ Polarización en directa de un LED:  $V_D$  1,2 a 3,2 [V], según el material.
- ▶ Ruptura ocurre con voltajes inversos del orden de 3 a 10 [V].

## Diodo Emisor de Luz III

- ▶ La potencia lumínica de un led es directamente proporcional a la corriente que circula por él.

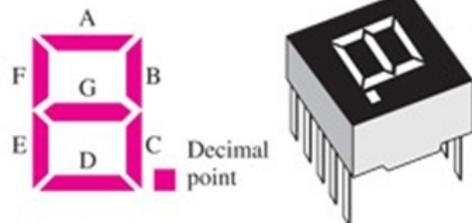


## Aplicación: Visualizador LED 7 Segmentos I

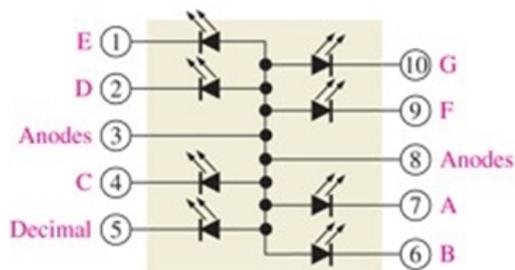
- ▶ Es un visualizador que combina 7 leds para formar cualquier dígito decimal y el punto decimal.
- ▶ Dos tipos de configuraciones:
  - ▶ Cátodo común
  - ▶ Ánodo común



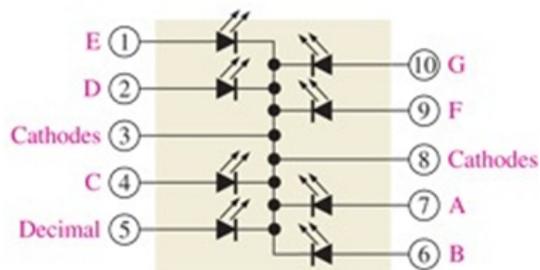
## Aplicación: Visualizador LED 7 Segmentos II



(a) LED segment arrangement and typical device



(b) Common anode

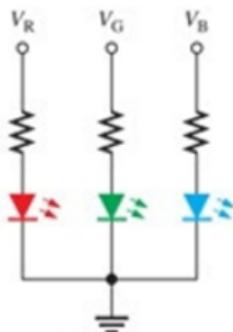


(c) Common cathode

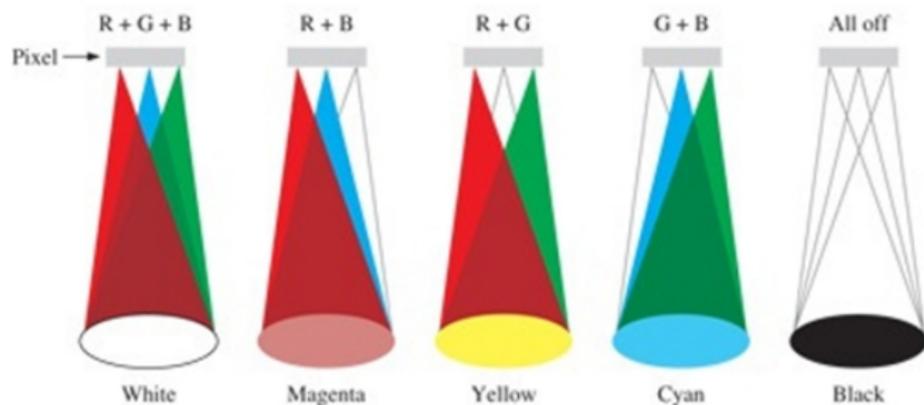
# Aplicación: Pantalla LED I



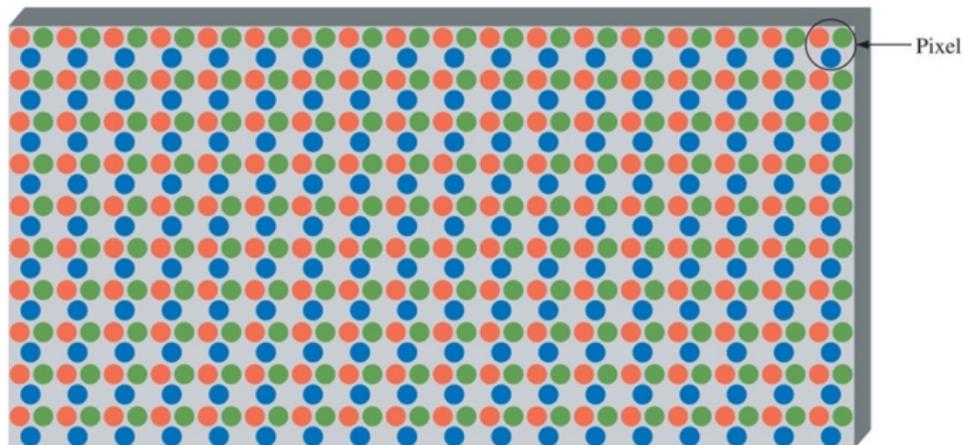
(a) Basic pixel



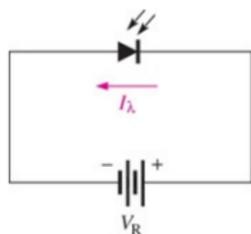
(b) Pixel circuit



## Aplicación: Pantalla LED II



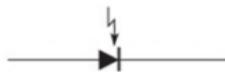
- ▶ Opera en polarización inversa, y produce una corriente  $I_\lambda$  tal como lo muestra la figura



(a) Reverse-bias operation using standard symbol



(b) Typical devices

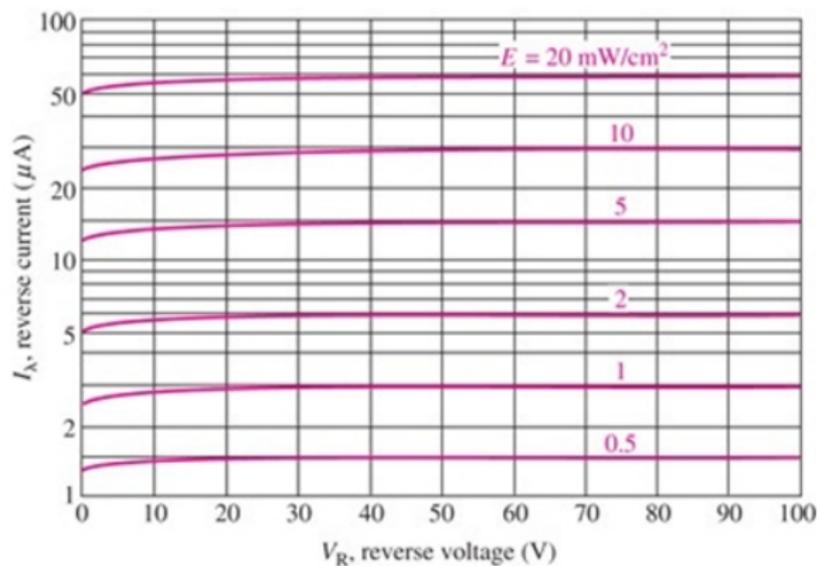


(c) Alternate symbol

- ▶ La luz incide en el material semiconductor a través de una pequeña ventana.

- ▶ La corriente  $I_\lambda$  es del orden de decenas de  $\mu\text{A}$  cuando queda expuesto a luz.
- ▶ En la gráfica se dibuja la curva  $V_R$  vs.  $I_\lambda$  para distintos valores de irradiancia  $E$ .

## Fotodiodo III



- ▶ Si  $E = 0,5 \text{ [mW}^2/\text{cm}^2]$ , para  $V_R = 10 \text{ [V]}$  la corriente  $I_\lambda = 1,4 \text{ }\mu\text{A}$ . La resistencia del dispositivo es aproximadamente

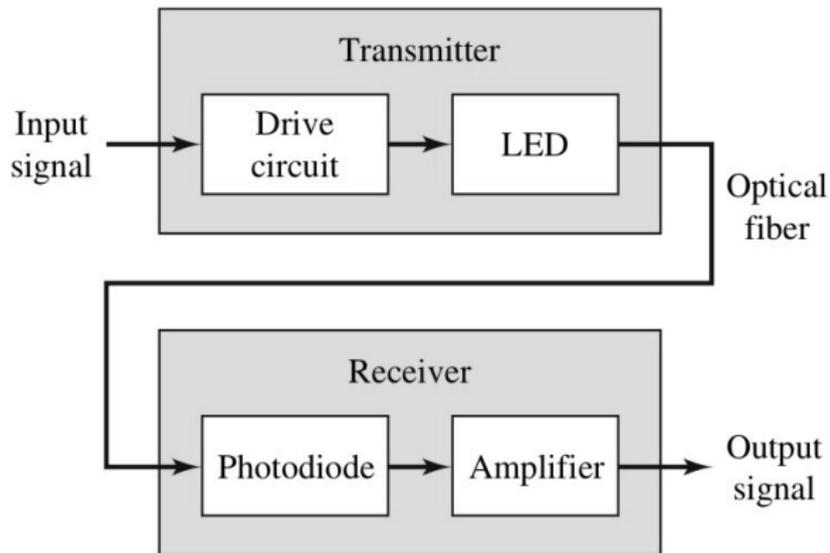
$$R_R = \frac{V_R}{I_\lambda} = 7,14 \text{ M}\Omega.$$

- ▶ Si  $E = 20 \text{ [mW}^2/\text{cm}^2]$ , para  $V_R = 10 \text{ [V]}$  la corriente  $I_\lambda = 55 \text{ }\mu\text{A}$ . La resistencia del dispositivo es aproximadamente

$$R_R = \frac{V_R}{I_\lambda} = 182 \text{ k}\Omega.$$

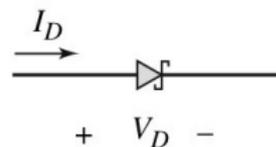
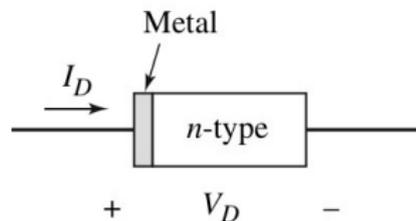
- ▶ Un fotodiodo puede utilizarse como resistencia variable controlado por iluminación.

# Aplicación: Sistema Óptico de Comunicaciones



## Diodo Schottky I

- ▶ Es un diodo donde un material ligeramente dopado de tipo  $n$  se pone en contacto con una capa de metal (aluminio por ejemplo).
- ▶ Su curva característica es muy similar a un diodo  $pn$ .
- ▶ Dos diferencias con diodos  $pn$ :
  - ▶ Tiempo de conmutación entre polarización directa e inversa es mucho menor en un diodo Schottky.
  - ▶ La corriente de saturación en inversa  $I_S$  es mayor que la de un diodo de juntura  $pn$  para la misma área.

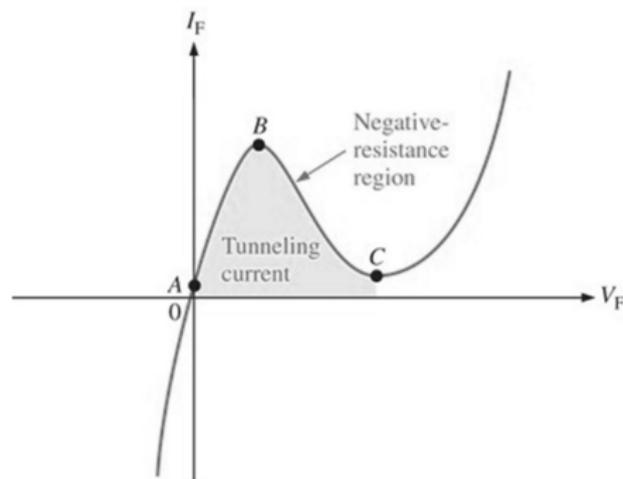


- ▶ Principales aplicaciones:
  - ▶ Radio de alta frecuencia
  - ▶ Conmutación rápida
  - ▶ Familia TTL - LS (Low-power Schottky).

- ▶ La curva característica del diodo tunel tiene una región donde la pendiente es negativa.
- ▶ Esta propiedad tipo “resistencia negativa” lo hace particularmente útil en el diseño de circuitos osciladores y aplicaciones en microondas.
- ▶ Se construye de Arseniuro de Galio (GaAs) o Galio dopando las regiones  $p$  y  $n$  en forma mucho más intensa que un diodo rectificador convencional.
- ▶ Un efecto particular que se presenta en el diodo túnel es que puede conducir en inversa y no existe el efecto de ruptura típico de un diodo convencional rectificador.

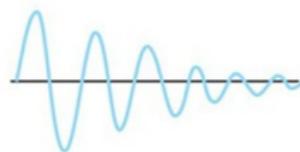
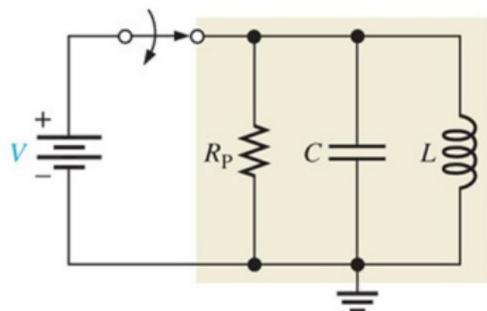
## Diodo de Efecto Túnel II

- ▶ Los electrones atraviesan la juntura  $pn$  como si fuera un túnel, con pequeños valores de voltaje de directa (puntos A a B).
- ▶ Finalmente, a partir del punto C el diodo comienza a comportarse como un diodo convencional.

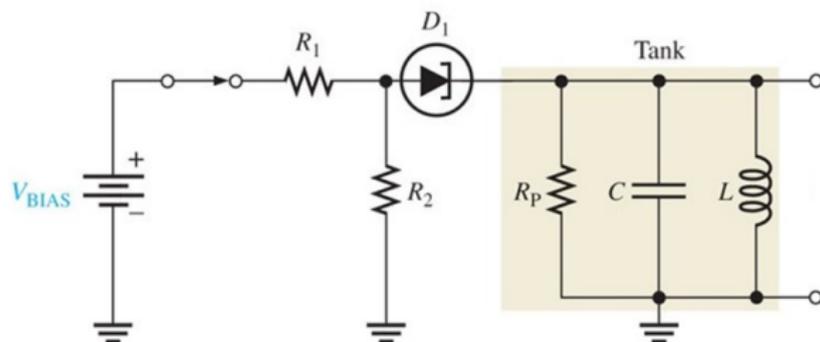


## Aplicación: Circuito Resonante I

- ▶ En un circuito oscilador  $LC$  convencional es usual que amortiguación debido a la resistencia de la bobina y el condensador.
- ▶ Ello hace necesario incluir una resistencia en paralelo  $R_p$  que representa este efecto.
- ▶ La respuesta completa del circuito oscilador es la de la figura.



## Aplicación: Circuito Resonante II



## Aplicación: Circuito Resonante III

- Podemos agregar un diodo túnel que contrarreste las pérdidas resistivas.

