

# Presentación

**Profesor: Càndid Reig**

Ubicación

Tutorías

Líneas de investigación

**Asignatura: Electrónica de Dispositivos**

Situación en el plan de estudios

Contenido

Requisitos

Sistema de evaluación = Tipo de examen ☹

Material de apoyo

## Sobre el profesor ...

Càndid Reig

Facultat de Física - Bloque D - 3er piso (4308)

tel: 96 316 0465

e-mail: [candid.reig@uv.es](mailto:candid.reig@uv.es)

web: <http://www.uv.es/~candid>

Horario de tutorias

Martes: 9:30 - 11:30

Viernes: 18:30 - 20:30

Doctor en Física (UV, 2000)

Temas de investigación:

Materiales para aplicaciones electrónicas

Sensores magnéticos

Dispositivos de microondas

## Sobre la asignatura ...

### Información básica

Electrónica de Dispositivos:

6 créditos = 3 créditos teóricos + 3 créditos de laboratorio

Aula: martes y jueves de 8:30 a 9:30

Laboratorio: en función del grupo

web: <http://www.uv.es/~candid/docencia/edispositivos>

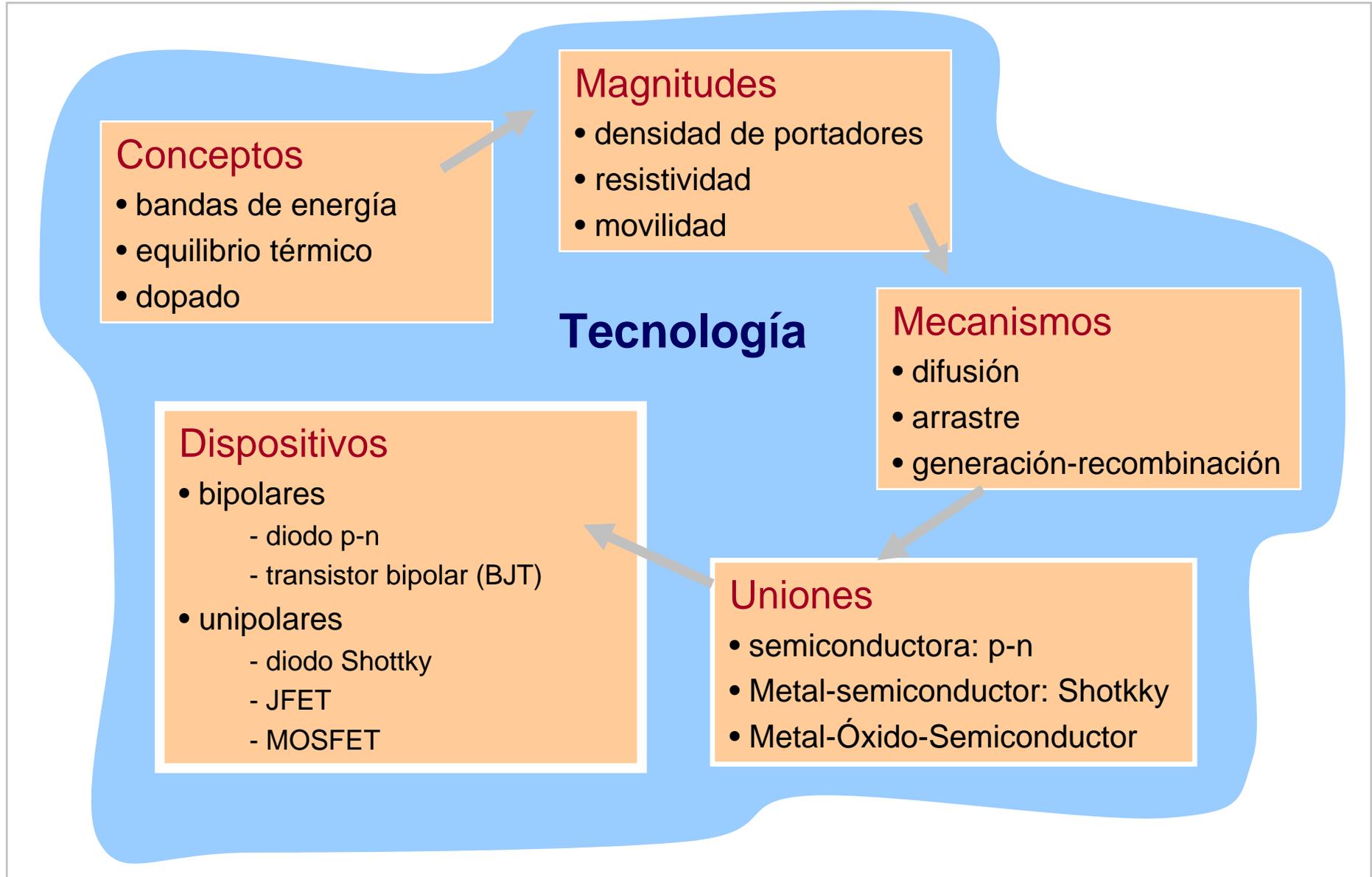
### Sistema de evaluación

parte teórica: 50% - parte laboratorio: 50%

Evaluación parte teórica: examen al final del cuatrimestre

Evaluación parte práctica: memorias: 50% / práctica final: 50%  
(... o examen final)

# Mapa conceptual de la asignatura



## ¿Qué vamos a aprender en esta asignatura?

- Nociones de física de semiconductores
- Estudio de las diferentes uniones: p-n, metal-semiconductor y MOS
- Análisis de los dispositivos electrónicos básicos: diodo de unión, diodo Shottky, transistor bipolar, JFET y MOSFET
- Introducción a la tecnología microelectrónica: procesos de fabricación

## ¿Qué necesitamos saber?

- Nociones de física
- Matemáticas básicas: derivadas, funciones exponenciales, ...
- Interpretación de gráficas
- Nociones de teoría de circuitos
- Nociones de electrónica analógica

## Más sobre la asignatura

- La parte teórica de la asignatura está estructurada en 14-16 temas, de forma que cada uno de ellos nos ocupe una o dos clases
- Se pretende que, en lo posible, cada tema sea autocontenido
- Al inicio de cada tema se ubicará el mismo en el conjunto de la asignatura
- Al final de cada uno de ellos se hará un compendio y se recomendarán las lecturas y/o actividades necesarias para fijarlo y para abordar el siguiente
- En cada tema se señalarán las *referencias* de donde se ha extraído la materia
- En cada tema puede (o no) haber ...

Teoría

Ejercicios, ejemplos, problemas, ...

Notas sobre tecnología

Hojas de datos, anexos, ...

# Más sobre la asignatura

introducción a los semiconductores

dispositivos de dos contactos

dispositivos de tres contactos

¡aún hay más!

<i>Tema</i>	<i>Día</i>
Presentación	14-febrero (martes)
▶ Electrones, energía, átomos y sólidos	16-febrero (jueves)
▶ Semiconductores intrínsecos y extrínsecos	21-febrero (martes)
▶ Técnicas de dopado	23-febrero (jueves)
▶ Fenómenos de transporte de carga	28-febrero(martes)
Problemas	2-marzo (jueves)
Problemas	7-marzo (martes)
▶ La unión pn	9-marzo (jueves)
▶ La unión pn polarizada	14-marzo (martes)
<b>FALLAS</b>	
▶ El diodo real. Circuito equivalente del diodo	21-marzo (martes)
▶ Uniones metal semiconductor. Deposición de metales	23-marzo (jueves)
Problemas	28-marzo (martes)
Problemas	30-marzo (jueves)
Problemas	4-abril (martes)
Problemas	6-abril (jueves)
▶ Transistor bipolar: introducción	11-abril (martes)
▶ Transistor bipolar: corrientes	13-abril (jueves)
<b>PASCUA</b>	
▶ Transistor bipolar: efectos reales	25-abril (martes)
Problemas	27-abril (jueves)
Problemas	2-mayo (martes)
▶ Transistor de efecto campo	4-mayo (jueves)
▶ Unión MOS. Oxidación.	9-mayo (martes)
Problemas	11-mayo (jueves)
▶ Transistor MOSFET	16-mayo (martes)
Problemas	18-mayo (martes)
Problemas	23-mayo (martes)
▶ Tecnología microelectrónica	25-mayo (jueves)
▶ Dispositivos fotónicos	30-mayo (martes)
Repaso	1-junio (jueves)

# Relación de prácticas

- Práctica 1:** Determinación experimental de la característica I-V del diodo de unión
- Práctica 2:** Medida de la resistencia dinámica del diodo de unión. Cálculo del punto Q.  
El diodo de unión como rectificador
- Práctica 3:** Aplicaciones del diodo de unión
- Práctica 4:** Características del diodo Zener
- Práctica 5:** Ganancia en corriente para la configuración en emisor común
- Práctica 6:** Obtención experimental de las curvas características del transistor  $I_C$ - $V_{CE}$  en la configuración de emisor común
- Práctica 7:** Obtención experimental de las curvas características del transistor  $I_B$ - $V_{BE}$ .  
Característica de transferencia estática. Características de la configuración de emisor común
- Práctica 8:** Transistor de unión de efecto campo
- Práctica 9:** Características estáticas del MOSFET
- Práctica 10:** **¡ EXAMEN !**

# Bibliografía

- [1] Kanaan Kano, *“Semiconductor Devices”*, Prentice Hall 1998.
- [2] Sze, S.M., *Semiconductor Devices. Physics and Technology*. John Willey&Sons.
- [3] Streetman, B.G., *Solid State Electronic Devices*, 4<sup>th</sup> Edit. Prentice Hall 1995.
- [4] Pierret, R., *Semiconductor Fundamentals, Second Edition*, Addison-Wesley.
- [5] Neudeck, G.W., *The PN Junction Diode*, Addison-Wesley.
- [6] Neudeck, G.W., *The Bipolar Junction Transistor*, Addison-Wesley.
- [7] Pierret, R., *Field Effect Devices*, Addison-Wesley.
- [8] R.C. Jaeger, *Introduction to microelectronic fabrication*, Addison-Wesley

# Prehistoria de la electrónica de dispositivos

**1883** T. A. Edison: observación del efecto termoiónico (válvula de vacío)

**1905** A. Einstein: efecto fotoeléctrico

Gertel y Elstel: primera célula fotoeléctrica

**1907** Lee de Foret: primer dispositivo amplificador: el triodo (válvula de vacío de 3 electrodos)



**1915** Uso del cristal de galena como detector de señales

**1920** Utilización de rectificadores de selenio y óxido de cobre  
Desarrollo de válvulas de vacío con 4 y 5 electrodos

**1923** Schottky: primer estudio teórico de los semiconductores

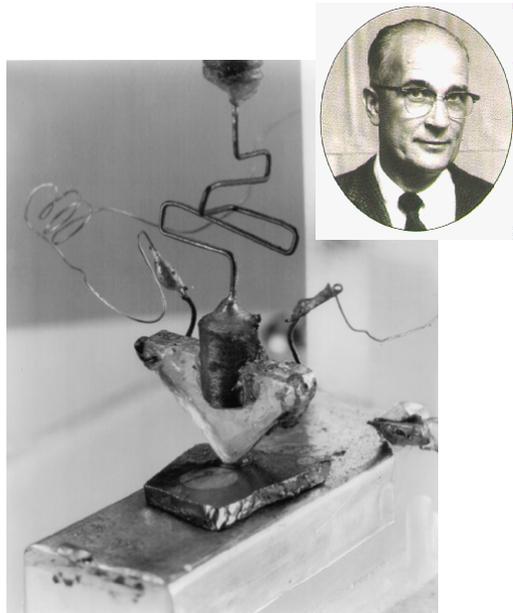


**1940** Estudio de detectores de radar de estado sólido

Ventajas de los dispositivos semiconductores frente a las válvulas de vacío

- dimensiones reducidas → posibilidad de integración
- bajo consumo
- posibilidad de fabricación masiva → bajo coste
- Funcionamiento a altas frecuencias

# Historia de la electrónica de dispositivos

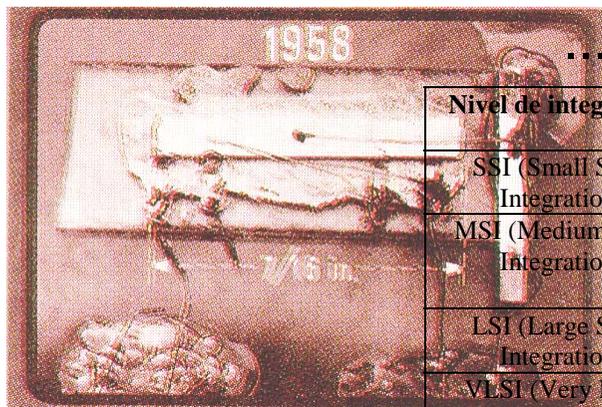


La invención y desarrollo del **transistor bipolar** de difusión se llevó a cabo en los *Bell Telephone Laboratories*, por los ingenieros *W. Shockley*, *J. Bardeen* y *W. Brattain*. Recibieron por ello el premio Nobel de Física en 1956.

**1952** Shockley desarrolla el JFET

**1958** Esaki aplica el efecto túnel a un dispositivo

**1963** Holfstein y Heiman desarrollan el primer dispositivo **MOS**



... y empieza la carrera por la **integración**

Nivel de integración	Fechas de introducción	Nºpuertas/chip	Aplicaciones (ejemplo)
SSI (Small Scale Integration)	Comienzos de los 60	3-30	Puertas lógicas básicas
MSI (Medium Scale Integration)	A mediados y finales de los 60	30-300	Memorias 256 bits Sumadores de alta velocidad
LSI (Large Scale Integration)	Comienzos de los 70	300-3000	RAM 1-16K Calculadoras
VLSI (Very Large Scale Integration)	Finales de los 70	>30.000	RAM 64k

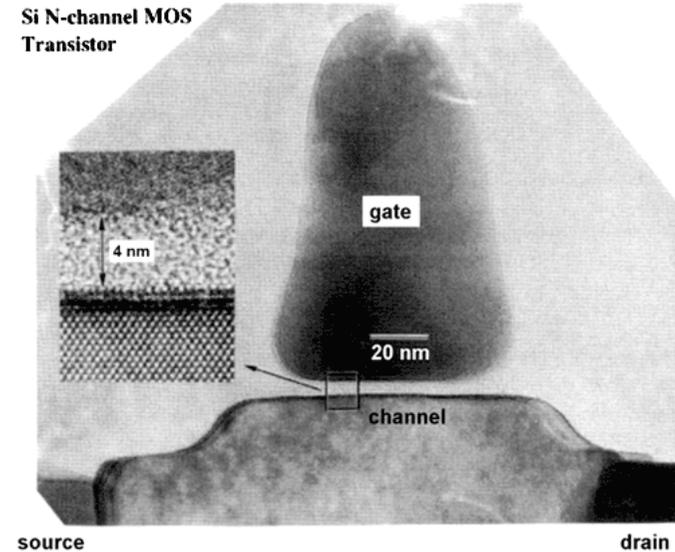


# Actualidad de la electrónica de dispositivos



## En **electrónica digital**:

- Menor tamaño
- Mayor integración
- Menor coste
- Menor consumo
- Mayor velocidad



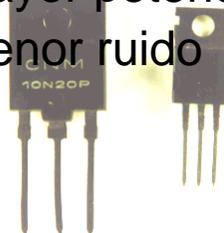
## En **optoelectrónica**:

- Nuevos materiales
- Nuevos dispositivos
- Nuevas aplicaciones



## En **electrónica analógica**:

- Mejores técnicas de fabricación
- Nuevos dispositivos
- Mayor frecuencia
- Mayor potencia
- Menor ruido



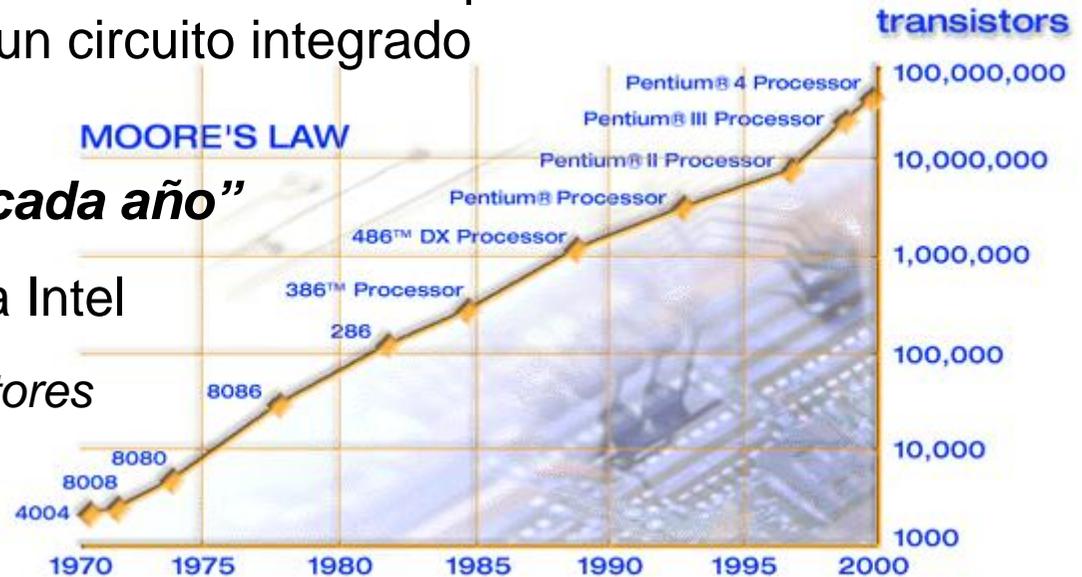
# Futuro de la electrónica de dispositivos

En 1965, Gordon Moore advierte el crecimiento exponencial del número de transistores en un circuito integrado

**“El número de transistores por chip se duplica cada año”**

Por 1970, Gordon Moore funda Intel

... realmente, el número de transistores por chip se duplica cada 18 meses



como el tamaño de chip se mantiene ...

## Límites físicos:

1. En 2010 se llegará al transistor monoatómico
2. En 2020 la velocidad de transmisión superará a la de la luz

... y después?

# Y el próximo día ...

## Tema 1: **Electrones, energía, átomos y sólidos**

- El modelo de Bohr
- Mecánica cuántica. Dualidad onda corpúsculo. Ecuación de Schrödinger en un átomo hidrogenoide. Números cuánticos
- Formación de la estructura de bandas de energía en un sólido
- Modelo de enlace covalente
- Metales, aislantes y semiconductores
- Materiales usados en electrónica. Cristales. Crecimiento cristalino

### Bibliografía

K. Kano: Tema 1 y Tema 2

S. M. Sze: Tema 1

B. G. Streetman: §1.1, §1.2, §1.3, §2.3, §2.4, §3.1