



Ministerio de Cultura y Educación  
 Universidad Nacional de San Luis  
 Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias  
 Departamento: Ingeniería  
 Area: Electrónica

(Programa del año 2010)  
 (Programa en trámite de aprobación)  
 (Presentado el 16/03/2011 10:09:36)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
Física Electrónica y Dispositivos Semiconductores	Ing. Elec. Electrónica	2/99	2010	1° cuatrimestre
Física Electrónica y Dispositivos Semiconductores	Ingeniería Electrónica	702-1 7/07	2010	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
OLIVA, ARISTOBULO ALBERTO	Prof. Responsable	P.Adj Semi	20 Hs
TRIMBOLI, ROBERTO DANIEL	Responsable de Práctico	A.1ra Semi	20 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	3 Hs	2 Hs	Hs	5 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
15/03/2010	25/06/2010	15	75

### IV - Fundamentación

La tecnología del estado sólido produjo grandes cambios en las últimas décadas, sosteniendo y construyendo el amplio campo de la electrónica, creando nuevas oportunidades y retos para el ingeniero electrónico. Actualmente es mas difícil entender y diseñar un circuito sin conocer en detalle el funcionamiento de los dispositivos que forman parte del mismo. Las nuevas tecnologías industriales y de investigación, se basan en productos semiconductores, es por esto que el conocimiento de sus fundamentos posibilitan un completo análisis y aplicación de los dispositivos electrónicos que será una herramienta fundamental para el futuro ingeniero en electrónica

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Comprender los principios de la física moderna, tendientes a interpretar el comportamiento y funcionamiento de los dispositivos electrónicos  
 Analizar la generación y el funcionamiento de partículas cargadas eléctricamente en diferentes medios físicos.  
 Adquirir conocimientos de las juntas semiconductores en todas sus formas , como elementos fundamentales de la microelectrónica.  
 Conocer e interpretar las características operativas y tecnologías de fabricación de los dispositivos electrónicos semiconductores.

## VI - Contenidos

### **UNIDAD TEMATICA 1: CONCEPTOS DE FISICA MODERNA, FUNDAMENTOS Y APLICACIONES**

Partículas y campos. Dispersión de partículas en cristales. Partículas y paquetes de ondas. Principio de incertidumbre de Heisenberg para la posición y el momento. Ejemplos del principio de Heisenberg. Relación de incertidumbre para el tiempo y la energía. Estados estacionarios y el campo de materia. Función de onda y densidad de probabilidad. Dualidad onda – partícula. Efecto fotoeléctrico. Radiación del cuerpo negro. Modelo atómico de Bohr. Ecuación del Schrödinger. Principio de exclusión de Pauli. Configuración electrónica de los elementos. Partícula libre. Pared de potencial. Caja de potencial. Pozo de potencial. Partículas en un potencial general. Penetración de una barrera de potencial.

### **UNIDAD TEMATICA 2: FUNDAMENTOS DE LOS SEMICONDUCTORES I**

Estructura cristalina. Ligadura covalente del C, Si y Ge. Rotura de ligaduras. Electrones de conducción y lagunas. Localización en el espacio de electrones y lagunas. Otras partículas libres del sólido cristalino. El concepto de la masa efectiva. Proceso de la conducción. Otros procesos electrónicos en los semiconductores ( Hall , Inyección, Recombinación, Difusión). Bandas de energía . Bandas de energía en el C, Si y Ge. Metales, aisladores y semiconductores.

### **UNIDAD TEMATICA 3 : FUNDAMENTOS DE LOS SEMICONDUCTORES II**

Distribución de los electrones en las bandas. Funciones de distribución. Distribución de Maxwell – Boltzmann para partículas que no interactúan entre si. Distribución de Fermi – Dirac para partículas que interactúan entre si. Concentración de electrones y lagunas en las bandas de conducción y de valencia. Relación de Einstein.

### **UNIDAD TEMATICA 4 : FUNDAMENTOS DE LOS SEMICONDUCTORES III**

Flujo de portadores de carga. Inyección de portadores minoritarios. Recombinación de excesos de portadores. Difusión. Ecuación de la continuidad. Tiempo de recombinación y longitud de difusión. Inyección estacionaria de portadores. Combinación de efectos: Difusión, corrimiento y recombinación. Tiempo y longitud de relajación dieléctrica.

### **UNIDAD TEMATICA 5 : FISICA DE LAS JUNTURAS P – N**

Juntura p-n. La juntura p-n en equilibrio. Diagramas de energía. La juntura p-n fuera del equilibrio. Corriente en la juntura p-n con polarización directa. Corriente de saturación inversa. Distribución de las corrientes. Nota sobre la neutralidad eléctrica. El diodo real. Capacidades de transición y de difusión. Dinámica de los diodos de juntura. Dinámica de los excesos de portadores minoritarios. Transitorio de conexión y de desconexión. Dinámica de las cargas almacenadas en la zona de carga espacial. Diodos comerciales: Interpretación de la información de los manuales.

### **UNIDAD TEMATICA 6: TRANSISTORES BIPOLARES**

Estructura física y modos de operación. Diagramas de energía. Concentración de portadores. Transistores pnp y npn. Símbolos y convenciones de circuitos. Representación gráfica de curvas características de transistores. El transistor como amplificador. El transistor con señales fuertes, Modelo Ebers-Moll . Corrientes en el transistor. características de entrada, salida y transferencia. El transistor en conmutación dinámica. Inyección directa. Inyección inversa. Comportamiento del transistor en la zona activa. EL transistor en saturación. Cargas almacenadas en las zonas de carga espacial de las junturas. Transistores comerciales: Interpretación de la información de los manuales.

### **UNIDAD TEMATICA 7: TRANSISTORES DE EFECTO DE CAMPO**

Estructura y operación física del MOSFET del tipo de enriquecimiento. Curvas características de tensión Vs. Corriente del MOSFET de enriquecimiento. El MOSFET del tipo de agotamiento. El MOSFET como amplificador. Capacitancias internas del MOSFET y modelo para alta frecuencia. Transistor de unión de efecto de campo JFET. Dispositivos de arseniuro de galio (GaAs) El MESFET. Interpretación de la información de los manuales.

### **UNIDAD TEMATICA 8: SEMICONDUCTORES ESPECIALES**

Diodos especiales ( Túnel, inverso, LED, Zener, Schottky) . Diodo láser. Microondas en el estado sólido. Diodos IMPATT. Diodos de efecto GUNN . Rectificador controlado de silicio (SCR) . Fototiristor ( LASCR) . Diac. Transistor unijuntura. Triac. IGBT. Interpretación de la información de manuales de los fabricantes.

## **UNIDAD TEMATICA 9: TECNOLOGIA DEL ESTADO SOLIDO Y FABRICACION DE LOS CI's**

Obtención del silicio monocristalino. Refinación. Oxidación. Difusión. Epitaxia. Litografía. Tecnología Planar. Circuitos integrados. Procesos de integración en escala muy grande. Distribución en un chip de VLSI.

## **UNIDAD TEMATICA 10: VALVULAS GASEOSAS – TUBOS DE VACIO**

Válvulas de vacío. Diodos de vacío. Triodos de vacío. Tetrodos de vacío. Pentodos y tubos de potencia de haz. Tubo de rayos catódicos. Válvula de vacío de alta potencia.

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Resolución de problemas correspondientes a las unidades dictadas

Unidad N° 1: Conceptos de física moderna

Efecto fotoeléctrico - Radiación del cuerpo negro - Modelo del átomo de Bohr - Barrera y pozo de potencial

Unidad N° 2: Características de los semiconductores

Electrones y huecos en los semiconductores - Bandas de energía - Masas efectivas - Densidad de estados - Funciones de distribución de los portadores - Densidad de portadores

Unidad N° 3: Transporte de Portadores

Transporte de portadores por corrimiento - Conducción - Transporte de portadores por difusión - Corriente total

Unidad N° 4: Junturas p-n

Determinación de los parámetros electrostáticos de los diodos - Cálculo de las corrientes en los diodos - Determinación de las capacidades en los diodos

Unidad N° 5: Transistores bipolares y unipolares

Determinación de los parámetros de los transistores BJT y MOSFET Cálculo de las corrientes y características de funcionamiento

## **VIII - Régimen de Aprobación**

No se aceptan alumnos que no estén en condiciones de regulares.

Para obtener la regularidad y poder rendir el examen final como alumno regular será necesario:

-Asistencia al 80 % de las clases

-Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos.

-Haber aprobado la totalidad de los exámenes parciales.

Se tomarán 2 parciales, a lo largo del desarrollo de los contenidos del cuatrimestre.

-Los alumnos tendrán derecho a un máximo de una recuperación de cada parcial, caso contrario quedará libre.

## **IX - Bibliografía Básica**

[1] Física – Alonso – Finn – Ed. Addison - Wesley

[2] Fundamentos de microelectrónica, nanoelectrónica y fotonica -Albella Martin J.M. -Martinez Duart J.M.-Ed. Pearson Prentice Hall

[3] Electrónica del estado sólido - Angel Tremosa - Ed. Marymar

[4] Dispositivos semiconductores – Jasprit Singh – Ed. Mc Graw Hill

[5] Física básica de semiconductores – Robles Viejo, Fco. Romero Colomer Ed. Paraninfo

[6] Circuitos microelectronicos – Sedra / Smith - Ed. Oxford University Press

## **X - Bibliografía Complementaria**

[1] Feynman Física – Vol III Mecánica cuántica – Richard P. Feynman – Ed. Fondo Educativo Interamericano

[2] Física Electrónica y microelectrónica – Luis Rosado

- [3] Física Electrónica - Hemenway
- [4] Microelectrónica - Millman
- [5] Dispositivos electrónicos - Floyd – Ed. Limusa
- [6] Microelectronics Devides and Circuits – Clifton G. Fonstad – Ed. Mc Graw Hill
- [7] Paginas Web indicadas en clase

### **XI - Resumen de Objetivos**

Se pretende que los alumnos ,al final del curso, adquieran la capacidad para comprender el funcionamiento y las características de los dispositivos semiconductores para seleccionarlos y utilizarlos adecuadamente en su futura actividad profesional.

### **XII - Resumen del Programa**

- I) Revisión de conceptos de física moderna : Mecánica cuantica , Estadística termodinámica.
- II) Fundamentos de los Semiconductores : Cristales, Bandas de Energía, Densidad de estados, Densidad, distribución y transporte de portadores, Generación y recombinación de portadores
- III) Junturas p – n: Estructura y análisis de los diodos, Polarizacion y corrientes en el diodo de juntura, Fotodiodos y dispositivos opto electrónicos, Celdas solares.
- IV) Transistores Bipolares
- V) Transistores de Efecto de Campo (JFET Y MOSFET)
- VI) Otros dispositivos semiconductores
- VII) Tecnologías de fabricación del estado sólido y circuitos integrados

### **XIII - Imprevistos**

-

### **XIV - Otros**

<b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b>	
	<b>Profesor Responsable</b>
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	