

94F
①

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

U.B.A

- 1 .- DEPARTAMENTO : de FISICA
- 2 .- CARRERA de: a) Licenciatura en..... ORIENTACION.....
 b) Doctorado y/o Post-Grado en..... Doctorado.....
 c) Profesorado en.....
 d) Cursos Técnicos en Meteorología.....
 e) Cursos de Idiomas.....
- 3 .- 1er. CUATRIMESTRE/2do. CUATRIMESTRE Año: 2do. cuatrimestre de 1994
- 4 .- N° DE CODIGO DE CARRERA:
- 5 .- MATERIA. INSTRUMENTACION NUCLEAR N° DE CODIGO
- 6 .- PUNTAJE PROPUESTO : 5(cinco) puntos
- 7 .- PLAN DE ESTUDIO: 1957-1987
- 8 .- CARACTER DE LA MATERIA: Optativa
- 9 .- DURACION: Cuatrimestral
- 10 .- HORAS DE CLASES SEMANAL: 8(ocho) hs.
 - a) Teóricas.....⁴..... hs. d) Seminarios..... hs.
 - b) Problemas.....¹..... hs. e) Teórico-problemas..... hs.
 - c) Laboratorio..... hs. f) Teórico-prácticas.....³..... hs.
 - g) Totales Horas:.....⁸..... hs.
- 11.- CARGA HORARIA TOTAL:.....⁸.....hs.
- 12.- ASIGNATURAS CORRELATIVAS:
- 13.- FORMA DE EVALUACION: Examen Final
- 14.- PROGRAMA ANALITICO: (Se adjunta)
- 15.- BIBLIOGRAFIA: (Se adjunta)

FIRMA PROFESOR:

ACLARACION FIRMA: Dr. Alberto Filevich

FECHA:

P. D. D. S. S.
-2 SET 1994

FIRMA DIRECTOR: *[Firma]*
CARRERA DE FISICA

APROBADO POR RESOLUCION e) 1261/94

CURSO INSTRUMENTACION NUCLEAR

PROFESOR: Dr. A. Filevich

A DICTARSE EN: - Depto. de Física-

PERIODO: Agosto-Diciembre 1994

DURACION: 128 horas, a razón de 2 clases semanales de 4 horas c/u durante 16 semanas. Esta exigencia incluye trabajos de laboratorio y clases de problemas.

FORMA DE EVALUACION FINAL: Examen escrito.

TEMARIO

1. FUNDAMENTOS DE ELECTRONICA

- 1.1. Conceptos generales. Circuitos analógicos y digitales. Elementos de circuito pasivos y activos. Teoremas de Thévenin y Norton. Linealidad. Superposición. Respuesta a excitación sinusoidal. Reactancia. Impedancia. Respuesta a onda repetitiva. Serie e integral de Fourier. Respuesta en frecuencia. Ancho de banda.
- 1.2. Análisis del circuito RC. Frecuencia de corte. Constante de tiempo. Tiempo de respuesta. Relación entre respuesta en frecuencia (senoidal) y respuesta a escalón. Pasaaltos y pasabajos. Ancho de banda. Crecimiento y decaimiento de la respuesta al escalón vs ancho de banda. El circuito RLC. Posibilidad de oscilaciones. Analizadores de espectros.
- 1.3. El amplificador operacional. Circuito básico. Características típicas. Ventajas. Funciones obtenibles con diversos circuitos de realimentación: sumador, integrador, derivador, filtros activos. Respuesta en frecuencia del amplificador realimentado. Polos y ceros. Estabilidad. Sensibilidad a la carga y a la tensión.
- 1.4. Medición de corrientes pequeñas. Electrómetro "paralelo". Principios de funcionamiento. Tratamiento del ruido. Efectos de los parámetros de entrada.
- 1.5. Circuitos digitales. Variables lógicas. Tabla de Verdad. Funciones lógicas de una y de dos variables. Extensión a más variables. Compuertas.

Circuitos combinacionales. Circuitos secuenciales. Biestables. Monoestables. Astables.

- 1.6. Cables de interconexión. Cables coaxiales. Propagación de señales en un cable. Impedancia característica. Terminación. Terminación en extremo inicial y final. Reflexiones. Bifurcaciones a impedancia constante. Características de cables coaxiales comerciales. Blindajes y conexiones a "tierra". Prácticas recomendadas.
- 1.7. Instrumental modular "NIM" (Nuclear Instrumentation Modules). La norma TID-20893. Características mecánicas y eléctricas. El bastidor NIM y sus fuentes de alimentación de baja tensión. Niveles normalizados para señales analógicas y digitales.

2. DETECTORES

- 2.1. Diferentes tipos de radiaciones y fuentes que las producen. Partículas con y sin carga. Interacción de la radiación con la materia. Mecanismos de frenamiento. Teoría de Bethe. Pico de Bragg. Métodos actuales de cálculo de pérdida de energía, programas tipo "Montecarlo" (TRIM). Tiempo de frenamiento. Straggling. Comparaciones entre secciones eficaces. Radiación electromagnética. Neutrones. Efecto y detectores Čerenkov.
- 2.2. Modelo ideal de un detector. Definiciones y parámetros fundamentales. Principios de funcionamiento. Información que producen los detectores. Modo continuo y modo pulsado. Resolución en energía. Factor de Fano. Resolución temporal. Tiempo muerto. Eficiencia.
- 2.3. Detectores gaseosos. Cámaras de ionización. Difusión, transferencia de carga, movilidad. Criterios de diseño. Anillos de guarda. Cámaras para dosimetría. Cámaras que operan con pulsos. Grillas de Frisch. Multiplicación gaseosa. Detectores proporcionales, curvas características. Detalles constructivos y gases usados comúnmente. Problemas de carga espacial. Resolución en energía. Formas del pulso. Detectores gaseosos sensibles a la posición. Multifilares. Detectores Geiger-Müller (GM). Plateau. Apagado de la descarga en detectores GM.
- 2.4. Detectores de centelleo. Principios básicos de funcionamiento. Mecanismos del centelleo. Fosforescencia y fluorescencia. Materiales inorgánicos y

orgánicos. Estudio comparativo: Plásticos, Líquidos, Vidrios, Gases. Aplicaciones. El tubo fotomultiplicador. Características. Montaje físico. Forma del pulso. Resolución en energía y tiempo. Ruido. Espectroscopía de centelleo. Espectros típicos. Pico fotoeléctrico. Backscattering. Canto Compton. Escape. Filtros anti-Compton.

- 2.5. Detectores de estado sólido. Estado sólido de la materia. Teoría de bandas. Energía de los portadores. Gap. Silicio y Germanio. Transporte de cargas. Movilidad. Efecto de impurezas y defectos cristalinos. Materiales N y P. Compensación, atrapamiento, recombinación. Contactos óhmicos y rectificantes. Ionización y colección. Mecanismo de producción de la señal. Forma del pulso. Ruido. Resolución. Detectores de juntura rectificante. Juntura difundida. Barrera de superficie. Implantación de iones. Detectores de transmisión. Epitaxiales. Aplicaciones. Detección de productos de fisión, efectos de plasma.
- 2.6. Detectores de estado sólido para radiación electromagnética. Tipos de impurezas. Compensación de monocristales de germanio y silicio mediante difusión y corrimiento de litio. Detectores PIN tipo Ge(Li). Forma del pulso. Resolución en energía y tiempo. Detectores para radiación electromagnética de baja energía: Si(Li). Resolución. Ventanas para RX. Diferentes configuraciones del crióstato. Detectores de germanio hiperpuro. Métodos de purificación. Configuración PIN en GeHP. Contactos. Diferentes geometrías. Resolución. Eficiencia. Mantenimiento de detectores Ge(Li) y GeHP.
- 2.7. Detección de neutrones. Reacciones útiles para neutrones rápidos y lentos. Curvas de secciones eficaces. Detectores de BF₃. Construcción. Eficiencia. Detectores proporcionales con recubrimientos de boro. Centelleadores con boro. Detectores que emplean otras reacciones. Detectores de fisión. Características comparativas. Cámaras de fisión. Sensibilidad a radiación gama. Compensación. Detectores autoenergizados. Materiales usados. Eficiencia. Compensación. Detectores que usan moderación de neutrones rápidos, dosímetro esférico. Principios de funcionamiento. Curvas características. Calibración. Contador "largo". Diferentes configuraciones. Detectores que se basan en reacciones con neutrones rápidos. Detectores que usan "radiadores de hidrógeno". Espectroscopía de neutrones.
- 2.8. Instrumentación para reactores. Instrumentos externos e internos al núcleo. Electrómetro logarítmico. Aplicación a la medición del flujo neutrónico de un reactor. Concepto de Período. Periodómetro.

3. SISTEMAS ESPECTROSCÓPICOS

Visión de conjunto de la cadena de detección y sus bloques funcionales para las aplicaciones típicas: contaje, espectros de energía, espectros de tiempo, coincidencias, mediciones mono y multiparamétricas.

3.1. Ruido en sistemas espectroscópicos.

- 3.1.1. El circuito de entrada. Parámetros del detector y elementos asociados. Apilamiento. Tratamiento del ruido mediante transformadas integrales (Laplace). Deficit balístico. Preamplificador sensible al voltaje. Preamplificador sensible a la carga. Rango dinámico. Ruido. Realimentación óptica.
- 3.1.2. Conformación del pulso. Unipolar y bipolar. CR-RC, CR-CR-RC, DL, DL-DL, doble cúspide, gaussiana y semigaussiana. Cancelación de polos y ceros. Necesidad de restaurar la línea de base. Circuito de Robinson.
- 3.1.3. Optimización de la relación señal/ruido mediante conformación. Ruido blanco: Johnson, shot. Densidad espectral. Ruido no-blanco: zumbido, RFI, microfonismo, ruido 1/f. Ruido en el FET. Comportamiento de la primera etapa frente al ruido. Efecto de la conformación en la cadena amplificadora. Banda pasante. Optimización.

3.2. Componentes de los sistemas espectroscópicos.

En cada caso y para las diversas alternativas se presentan el principio de funcionamiento, características, limitaciones y ventajas comparativas; se dan criterios de selección y se analizan las especificaciones de productos comerciales típicos.

- 3.2.1. Fuentes de alta tensión. Rango de salida (V, I, ajuste). Ruido y zumbido. Estabilidad con la temperatura, la alimentación y la carga. Circuitos de protección.
- 3.2.2. Preamplificadores. Su necesidad. Preamplificador sensible a voltaje. Preamplificador sensible a carga. Bases y preamplificadores para fotomultiplicadores.
- 3.2.3. Amplificadores. Amplificadores para espectroscopía de energía y tiempo. Diversos tipos: lineal, rápido, expansor, con compuerta, integrador, con línea de retardo, sumador, inversor. Circuitos adicionales: restauradores de línea de base, eliminadores de apilamiento.

- 3.2.4. Discriminadores. Analizador monocanal de altura de pulso. Umbral, ventana, presentación de la salida en el pico y en el flanco de bajada. Discriminadores para análisis temporal. Indicación de tiempo en el analizador monocanal. Errores por ruido (jitter), por forma y amplitud de pulso (walk) y por estabilidad del sistema (drift). Diversas técnicas para indicación de tiempo: en flanco ascendente, en cruce por cero, fracción constante, rechazo de pulsos lentos, compensado por altura y tiempo de crecimiento.
- 3.2.5. Convertidor de tiempo a altura de pulso (TAC).
- 3.2.6. Generadores de retardos. Activos y pasivos. Simples (retardo) y múltiples (retardo y compuerta). Modos de operación: redisparables y no-redisparables. Veto de la salida.
- 3.2.7. Circuitos de coincidencias. Tiempo de resolución. Coincidencias en tiempo real. Reconfiguración de la salida. Anticoincidencias. Veto. Coincidencia "n-de-m". Coincidencia por mayoría. Modo de operación "suma lógica" (OR). Técnica de coincidencias rápido-lenta para mediciones de tiempo de alta resolución.
- 3.2.8. Compuertas lineales y reconfiguradores analógicos del pulso.
- 3.2.9 Adaptadores de nivel y expansores de entradas y salidas. Convertidores de niveles lógicos (NIM rápido/NIM lento/TTL). Expansor de entradas y salidas lógicas (logic fan-in/fan-out). Expansor de entradas y salidas analógicas (linear fan-in/fan-out).
- 3.2.10 Generadores de pulsos de prueba. Generadores de pulsos analógicos (pulso exponencial). Calibración en energías del rango de medición. Verificación de estabilidad durante la medición. Simulación de sobrecarga del circuito de entrada. Generadores de pulsos pseudo-aleatorios para simular alto régimen de conteo. Generadores de pulsos lógicos. Uso de generadores de retardo como fuentes de pulsos lógicos. Módulo calibrador del TAC. Uso como fuente pseudo-aleatoria de pulsos analógicos.

3.3. Registro y presentación de datos.

- 3.3.1. Contadores y relojes. Contaje máximo admisible. Resolución entre dos pulsos consecutivos. Rebasamiento (overflow). Salida visual y/o impresa. Cascada de contadores. Controlador-secuenciador para un conjunto de contadores.

- 3.3.2. Impulsímetros. Analógicos y digitales. Fluctuación en la indicación vs. velocidad de respuesta. Salida para registrador analógico. Obtención de espectro mediante el uso de un analizador monocanal y un generador de rampa.
- 3.3.3. Convertidores analógicos a digitales. Convertidor analógico-a-digital de voltajes (ADC). Conversión por rampa (Wilkinson) y por aproximaciones sucesivas. Tiempo de conversión. Ganancia de conversión. Modos de operación: determinación automática del pico y muestreo con control externo. Conversión de tiempos. Modalidad "arranque-parada" (TAC + ADC). Relojes digitales. Modalidad "múltiples paradas". Módulos para mediciones de tiempo de vuelo (TOF). Multiescalímetro.
- 3.3.4. Analizadores multicanales y sistemas con computadoras. Acumulación y presentación de los datos digitalizados. Analizadores multicanales. Principales características. Modos de funcionamiento: análisis de altura de pulsos o de tiempos ("suma 1 a memoria"), multiescalímetro, modo lista. Analizadores bidimensionales. Limitaciones. Necesidad de procesamiento de los datos acumulados. Sistemas n-dimensionales basados en computadora. Requerimientos que se plantean sobre la computadora. Interfases instrumental-computadora. Sistemas CAMAC. Conceptos básicos. Bastidor. Módulos. Controlador. Direccionamiento (C,N). Registros internos (A). Funciones (F). Comandos (CNAF). Pedido de atención (LAM). Sistemas IEEE-488.

TRABAJOS PRACTICOS

1. Transmisión de señales por cables.
2. Detectores Geiger-Müller
3. Espectrometría con detectores de centelleo NaI(Tl).
4. Espectrometría con detectores de barrera de superficie.
5. Espectrometría con detectores de germanio hiperpuro (HPGe).
6. Coincidencias NaI(Tl)-HPGe

PD