**PEDECIBA / PROINBIO / Facultades de Medicina y de Ingeniería - UdelaR**

***Curso: Instrumentación Electrónica para Biología Experimental***

**PLANIFICACIÓN**

**RESUMEN**

***Contenidos:*** *instrumentación basada en transductores y amplificadores operacionales de estado sólido, - caracterización de señales - uso de instrumentos de medición electrónicos - diseño y construcción de prototipos funcionales para uso en biología experimental.*

***Nivel de dificultad:*** *introducción a medidas electrónicas, 2º año de Ing. Electrónica*

***Duración:*** *13 semanas*

***Modalidad:*** *taller, teórico-práctico con laboratorio*

***Acreditación:*** *para maestría y dctorado*

**Dirigido a:** # docentes de los Departamentos de *Fisiología* y de *Biofísica* (**F.Med - UdelaR**)

# estudiantes de Maestría ó Doctorado de **PEDECIBA** y **PROINBIO**

**Profesor responsable (PR):**

**Dr. Leonardo NICOLA SIRI**

*Profesor Titular Ordinario (DE) -* Facultad de Ingeniería - UNER - ARGENTINA

*(Desarrolla su año sabático 2014-2015 en* F.Med. - UdelaR - URUGUAY*)*

*Docente - Investigador Categoría I* - Programa Nacional de Incentivos a la Investigación, Ministerio de Educación; ARGENTINA

*Ex Investigador con Grado 5*, PEDECIBA - URUGUAY

*Representante de UNER en el Núcleo Disciplinar Biofísica* - AUGM

**Profesor asistente: (a designar, deberá estar en funciones el 1º de Marzo de 2015)**

**Funciones a desempeñar:** colaborar con el **PR** en la redacción de las **GP** y las guías de los **TL**; colaborar con el **PR** en el montaje y puesta en marcha de los **TL**; realizar el acopio de equipamiento, componentes, cables, etc., necesarios para cada puesto de trabajo, en cada sesión de **TL**; asistir a los estudiantes en las actividades de ejercitación en clases de problemas o de laboratorio; en caso de necesidad, asistir al **PR** en las clases teóricas; atender consultas de los estudiantes, en forma presencial o mediante INTERNET; capacitarse para tomar a su cargo el curso en el futuro.

**Perfil deseable (no excluyente):** Graduado o estudiante avanzado de Ing. Electrónica, con experiencia docente, que haya enseñado Electrónica para no-electrónicos.

**Dedicación requerida:** 8 hs/semana, desde el 1º de Marzo al 31 de Julio de 2015

**Duración: •** 88 horas presenciales de cursado en 11 semanas

*distribuidas en 8 horas / semana en 2 días consecutivos de 4 hs*

• 16 horas para evaluación formativa en 2 semanas

***días y horarios a definir:***

**Inicio / fin:** 4 de Mayo / 31 de Julio - 2015

**Lugar:** Laboratorio de Medidas Electrónicas, Facultad de Ingeniería - UdelaR

**Modalidad:** Curso - taller, teórico - práctico

**Objetivos generales: *i)*** *Generar un espacio curricular para que estudiantes de PEDECIBA / PROINBIO y docentes de Fisiología y de Biofísica, adquieran habilidades instrumentales para medición de variables experimentales y registro de señales biológicas.*

***ii)*** *Proveer a los programas PEDECIBA y PROINBIO de una unidad de enseñanza -aprendizaje que pueda sostenerse en el tiempo, para atender futuras cohortes de alumnos.*

**Objetivos particulares:** Al finalizar el curso, los estudiantes

***i)*** *conocerán los fundamentos de la adquisición y cuantificación de señales mediante instrumentos electrónicos.*

***ii)*** *habrán desarrollado habilidades para el mejor aprovechamiento de equipos comerciales para adquisición y procesamiento de señales.*

***iii)*** *podrán realizar cálculos, y verificarlos experimentalmente, en circuitos de CC y de CA.*

***iv)*** *podrán aplicar teoría de circuitos en la modelización de sistemas biológicos.*

***v)*** *conocerán los principios de diseño de instrumentos de medida basados en transductores y amplificadores operacionales de estado sólido*

***vi)*** *podrán diseñar, construir y calibrar, prototipos funcionales de esos instrumentos.*

***vii)***  *conocerán, de manera elemental, los principios en que se basa la tecnología de digitalización de señales.*

***viii)*** *manejarán un esquema conceptual y un vocabulario, que permitirá concebir especificaciones de diseño de instrumentos de medición y transferir su construcción a personal especializado.*

**Metodología:** En este curso, el proceso de enseñanza - aprendizaje es promovido por las siguientes estrategias y actividades didácticas

***i)*** *Los contenidos del curso se agrupan en 4 Módulos conceptuales divididos en 11 Unidades Temáticas (ver “****Programa Analítico****”), los cuales se desarrollarán en exposiciones teóricas cortas (clases teóricas, conferencia participativa), seguidas inmediatamente por*

***ii)*** *resolución de problemas cualitativos y cuantitativos* ***en clase, por los alumnos****, supervisados por los docentes. Se ofrecerán instancias de consulta, presencial o vía INTERNET. Los ejercicios de resolución conceptual y numérica se organizan en 7 Guías de Problemas (****GP****).*

***iii)*** *La ejercitación se complementa mediante actividades experimentales en Laboratorio de Medidas Electrónicas (2-3 alumnos / puesto de trabajo), conducidos por los docentes. Las actividades experimentales se organizan en 9 Trabajos de Laboratorio (****TL****), cada uno presentando una situación problemática de medición diferente.*

***iv)*** *Los alumnos desarrollarán además, un Proyecto Final Integrador**(****PFI****) que será la base de la*

***v)*** *evaluación formativa.*

***vi)*** *Los estudiantes completarán el aprendizaje mediante lectura de material bibliográfico, fuera del horario áulico.*

***vii)*** *El aprendizaje se potenciará por la sinergia emergente del trabajo conjunto entre estudiantes con orientación biomédica y estudiantes con orientación a ingeniería. Se procurará que cada grupo de trabajo se integre con estudiantes de ambas orientaciones.*

**Evaluación:** La evaluación formativa es parte esencial de la metodología de este curso. Se realizará mediante un **Proyecto Final Integrador (PFI)**. A tal efecto, los alumnos deberán diseñar y construir un prototipo de un instrumento de medición basado en transductores, **que no se haya desarrollado durante el curso**, para una aplicación elegida por el alumno sobre un tema de su interés, acordado con los organizadores del curso. El diseño, construcción y validación en Laboratorio, se realizarán con la asesoría de los docentes del curso. El prototipo deberá funcionar dentro de las especificaciones de diseño, y será validado mediante ensayos en banco de pruebas electrónicas, con el instrumental utilizado durante el curso. La elaboración del **PFI** demandará 3-4 semanas, a partir de la semana 7ª. El diseño y los resultados de los ensayos, serán presentados y defendidos en una disertación pública, presentada frente al resto de los estudiantes del curso y sus docentes. Se calificará la bondad del diseño, la exactitud del funcionamiento, y la presentación y defensa oral del proyecto.

**Requisitos para la aprobación:** para aprobar el curso, los alumnos deberán:

1) asistir a no menos del 80% de las actividades teórico-prácticas presenciales*. Las inasistencias no podrán recuperarse.*

2) obtener una calificación mínima de ¿65%? en la presentación y defensa oral del **PFI**

3) los estudiantes que no hayan aprobado el curso en esta instancia, podrán realizar un nuevo **PFI** con presentación y defensa oral en fecha a convenir con los organizadores del curso.

**Programa Analítico:**

**Módulo “Teoría de Circuitos”**

**UT I: SISTEMAS DE MEDIDA**

Introducción a los sistemas de medida - Adquisición de señales - Procesamiento analógico de señales - Exhibición y almacenamiento de datos.

**UT II: MEDICIÓN DE VALORES CONSTANTES EN EL TIEMPO**

Resistencia - Circuitos resistivos - Leyes de Ohm y de Kirchoff - Cálculo de circuitos resistivos - Equivalentes de Thevenin y de Norton - Efecto Joule, disipación de potencia - Mediciones en circuitos de “corriente continua” - Utilización del “*tester*” - Mediciones en circuitos resistivos - Incertidumbres de medida.

**UT III: MEDICIÓN DE SEÑALES VARIABLES EN EL TIEMPO**

Capacidad e inductancia - Circuito RC - Respuesta del circuito RC a excitación escalón - Estado transitorio y estado estacionario - Visualización de señales - Uso del osciloscopio y del generador de señales - Incertidumbres de medida.

**UT IV: CIRCUITOS DE “CORRIENTE ALTERNA”**

Señales armónicas - Período y frecuencia - Amplitud, valor “pico a pico”, valor eficaz - Reactancia e impedancia, reactancias capacitiva e inductiva, dependencia con la frecuencia - Representación mediante números complejos - Cálculo de circuitos con impedancia - Mediciones en circuitos de “corriente alterna” - Respuesta en frecuencia, diagramas de Bode, frecuencia de corte, escala en decibeles - Concepto de filtrado - Cálculo de filtros pasa bajos, pasa altos, pasa banda y elimina banda (“*notch*”) - Incertidumbres en el cálculo.

**Módulo “Circuitos Amplificadores”**

**UT V: AMPLIFICADORES DE ESTADO SÓLIDO**

La tecnología de “estado sólido” - El amplificador operacional ideal (“Op-Amp”) - Características del Op-Amp: función de transferencia, ganancia a circuito abierto, impedancias de entrada y de salida, ancho de banda - El amplificador operacional real (“OPA”) - Características del OPA, diferencias con el Op-Amp - Producto ganancia x ancho de banda - “*Slew rate”* - Saturación - Tensión de “*offset”* - Corriente de “*bias”.*

**UT VI: FUENTES DE ALIMENTACIÓN**

Alimentación con fuente unipolar y con fuente partida - Alimentación mediante baterías y desde la red eléctrica - Fuentes de baja tensión, transformadores, rectificación, filtros, regulación - Construcción de fuentes para aplicaciones prácticas - Medición de las características de la fuente: tensión continua, “*ripple*”, ruido de alta frecuencia, corriente de cortocircuito, regulación.

**UT VII: CIRCUITOS BASADOS EN OPAs**

Amplificador “seguidor de tensión” - Amplificadores inversores y no inversores con ganancia - Atenuadores - Amplificadores de suma - Amplificador diferencial, relación de rechazo del modo común - Limitaciones de los amplificadores diferenciales - Amplificador de instrumentación, ventajas y limitaciones - Amplificadores integradores y derivadores - Amplificador de transimpedancia (conversor corriente / tensón) - Cálculo, construcción y medición de características, en amplificadores basados en OPAs

**Módulo “Adquisición de señales”**

**UT VIII: INTRODUCCIÓN AL USO DE TRANSDUCTORES**

Concepto de “*transductor*” / circuito acondicionador de señal - Clasificación de transductores: mecánicos/ópticos/ electrónicos, activos/pasivos, resistivos/capacitivos/inductivos, otros tipos de transductores - Sistemas de control / actuadores.

**UT IX: MEDICIONES ANALÓGICAS UTILIZANDO TRANSDUCTORES**

El escenario de medición: origen de la señal, definición del mensurando, características de la señal, protocolo de medición, exhibición / almacenamiento permanente - Especificaciones de diseño - Elección del transductor - Diseño del circuito acondicionador de señal - Diseño del sistema completo - Realización del diseño - Calibración del sistema.

**UT X: APLICACIONES EN BIOLOGÍA EXPERIMENTAL Y FISIOLOGÍA**

Medidas de: desplazamientos, fuerza, temperatura, presión, intensidad luminosa, concentración de sustancias, etc. Registro de biopotenciales.

**Módulo “Introducción a los Instrumentos Digitales”**

**UT XI: DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES**

El conversor Analógico / Digital - Muestreo de señales continuas - Resolución temporal - Frecuencia de muestreo - Descomposición en frecuencias de la señal continua, componentes de Fourier - El teorema del muestreo - Frecuencia de Nyquist - Fltrado *“anti aliasing”* - Ancho de banda útil - Controladores y microprocesadores - Memorias - Comunicación con una PC - Programación - Procesamiento digital de señales - Utilización de Conversores Σ-Δ.

**Ejercitación - Guías de Problemas:**

GP 1: Análisis de circuitos de CC

GP 2: Análisis de transitorios en Circuitos RC

GP 3: Análisis de circuitos de CA´en estado estacionario

GP 4: Análisis de circuitos de CA - Filtros pasivos

GP 5: Diseño de circuitos con amplificadores operacionales - aplicaciones

GP 6: Análisis de transductores - Hojas de datos

GP 7: Diseño de instrumentos analógicos - aplicaciones

**Ejercitación - Trabajos de Laboratorio:**

TL 1: Mediciones en Circuitos de CC

TL 2: Caracterización de transitorios en circuitos RC

TL 3: Mediciones en Circuitos de CA

TL 4: Caracterización de filtros mediante Diagramas de Bode

TL 5: Circuitos con OPAs I - Seguidor de tensión, Amplificadores con ganancia / atenuación

TL 6: Circuitos con OPAs II - Amplificador sumador, Amplificador derivador / integrador, Conversor corriente / tensión (amplificador de transimpedancia)

TL 7: Circuitos con OPAs III - Amplificador diferencial, Amplificador de instrumentación, Amplificador multietapas

TL 8: Diseño de un Termómetro electrónico

TL 9: Diseño de un Manómetro electrónico

**Bibliografía:** (se completará con bibliografía disponible en bibliotecas accesibles a los alumnos)

**NOTA:** en cada UT se indicará a los alumnos cuales capítulos de los libros conviene revisar. Resaltado: se indican los libros que están disponibles en formato digital, están copiados en la carpeta “DICTADO 2015” de DROPBOX.

1. [Ramón PALLÁS ARENY](http://www.google.com.uy/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Ram%C3%B3n+Pall%C3%A1s+Areny%22&source=gbs_metadata_r&cad=6) (2006) **Instrumentos electrónicos básicos**

Ed. Marcombo ISBN 8426713904, 9788426713902

Se utilizará en UT I, UT II, UT III, UT IV

1. Wasif NAEEM (2009) **Concepts in Electric Circuits**

Ed. W. Naeem & Ventus Publishing ApS ISBN 978-87-7681-499-1

***Disponible en formato .pdf en bookboon.com (distribución libre)***

Se utilizará en UT II, UT III, UT IV

1. Ramaswamy PALANIAPPAN (2010) **Biological Signal Analysis**

Ed. R. Palaniappan & bookboon.com ISBN 978-87-7681-539-3

***Disponible en formato .pdf en bookboon.com (distribución libre)***

Se utilizará en UT II, UT III, UT IV

1. Valery VODOVOZOV (2010) **Introduction to Electronic Engineering**

(Introducción a la tecnología electrónica de estado sólido)

Ed. V. Vodovozov & bookboon.com ISBN 978-87-7681-539-4

***Disponible en formato .pdf en bookboon.com (distribución libre)***

Se utilizará en UT IV, UT V, UT VI, UT VII

1. [Ramón PALLÁS ARENY](http://www.google.com.uy/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Ram%C3%B3n+Pall%C3%A1s+Areny%22&source=gbs_metadata_r&cad=6) (1993) **Adquisición y Distribución de Señales**

Ed. Marcombo ISBN 978-84-267-0918-9

Se utilizará en UT VIII, UT IX

1. [Ramón PALLÁS ARENY](http://www.google.com.uy/search?hl=es&tbo=p&tbm=bks&q=inauthor:%22Ram%C3%B3n+Pall%C3%A1s+Areny%22&source=gbs_metadata_r&cad=6) (2005) [**Sensores y Acondicionadores de Señal 4ª**](http://www.todostuslibros.com/libros/sensores-y-acondicionadores-de-senal-4a_978-84-267-1344-5) **Ed.**

Ed. Marcombo ISBN 978-84-267-1344-5/

Se utilizará en UT IX, UT X

1. Weiji WANG (2012) **Introduction to Digital Signal and System Analysis**

Ed. W. Wang & bookboon.com ISBN 978-87-403-0158-8

***Disponible en formato .pdf en bookboon.com (distribución libre)***

Se utilizará en UT XI

1. Rivka SHERMAN-GOLD (Editor) (2012) **The Axon Guide: Electrophysiology and Biophysics Laboratory Techniques, 3rd ed.**

Ed. by Molecular Devices, LLC., Sunnyvale, CA, EEUU 1-2500-0102 D

***Disponible en formato .pdf (distribución libre) en:***

[***http://ebookbrowsee.net/axon-guide-3rd-edition-pdf-d377280993***](http://ebookbrowsee.net/axon-guide-3rd-edition-pdf-d377280993)

Se utilizará en UT II, UT III, UT VII, UT VIII, UT IX, UT X, UT XI

**Cronograma de 13 semanas:**

**1er Semestre de 2015 - Distribución de temas y actividades**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Semana #**  **fechas** | **Teoría**  **~ 2 h./sem.** | **Problemas**  **~ 2 h./sem.** | **Laboratorio**  **4 h./sem.** |
| 1 04-08 / Mayo | UT I: Sistemas de Medida  UT II: Medición de Valores Constantes en el Tiempo | GP 1: Circuitos de CC | TL 1: Mediciones en Circuitos. de CC |
| 2 11-15 / Mayo | UT III: Medición de Señales Variables en el Tiempo | GP 1: Circuitos de CC  GP 2: Circuitos RC | TL 2: Transitorios en circuitos RC |
| 3 18-22 / Mayo | UT IV: Circuitos de “Corriente Alterna” | GP 3: Circuitos de CA´- | TL 3: Mediciones en Circuitos de CA |
| 4 22-29 /Mayo | UT V: Amplificadores de Estado Sólido  UT VI: Fuentes de Alimentación | GP 4: Circuitos de CA - Filtros | TL 4: Filtros - Diagramas de Bode |
| 5 01-05 / Junio | UT VII: Circuitos Basados en OPAs | GP 5: Diseño de amplificadores | TL 5: Seguidor de tensión,  Amplificadores con ganancia / atenuación |
| 6 08-12 / Junio | UT VII: Circuitos Basados en OPAs | GP 5: Diseño de amplificadores | TL 6: Sumador, derivador / integrador, conversor corriente / tensión |
| 7 15-17 / Junio | UT VIII: Introducción al Uso de Transductores  UT IX: Mediciones Analógicas Utilizando Transductores | GP 6: Transductores - Hojas de datos | TL 7: Amplificador diferencial,  Amplificador de instrumentación (INA), Amplificador multietapas |
| **En la semana 7ª se asignarán los temas para el PFI** | | | |
| 8 22-26 / Junio | UT X: Aplicaciones en Biología Experimental y Fisiología | GP 7: Diseño de instrumentos analógicos | TL 8: Termómetro electrónico |
| 9 29 Junio / | UT XI: Digitalización de Señales | GP 7: Diseño de instrumentos analógicos | TL 9: Manómetro electrónico |
| 03 Julio |
| 10 06-10 / Julio | Demostraciones en Laboratorios de Biología Experimental | | Pruebas de banco del PFI |
| 11 13-17 / Julio | Demostraciones en Laboratorios de Biología Experimental | | Pruebas de banco del PFI |
| 12 20-24 / Julio | **Evaluación formativa: etapa I - consultas y finalización del PFI** | | |
| 13 27-31 / Julio | **Evaluación formativa: etapa II - presentación y defensa oral del PFI** | | |

**Recursos requeridos:**

**NOTA:** *se montarán hasta 6 puestos de trabajo en Laboratorio, 2-3 alumnos / puesto de trabajo; el No de puestos dependerá del No de alumnos inscriptos (hasta un máximo de 18 almnos).*

**1) Personal docente:** 1 Profesor Responsable (LNS, financiado por UNER - año sabático)

1 Profesor asistente (10 hs./semana, 5 meses, financiado por xxxxxxxx)

**2) Espacio físico:** 1 **aula** para teoría / problemas, capacidad para 18 alumnos, equipada con pizarrón, pantalla de proyección, cañón para proyectar (*power point*) desde una PC o NOTEBOOK

1 **laboratorio** para medidas electrónicas, equipado con 6 mesas (1 mesa / puesto de trabajo, cada una con 4 tomacorrientes de 220 VAC 50 Hz y línea de tierra), pizarrón, pantalla de proyección, cañón para proyectar (*power point*) desde una PC o NOTEBOOK

**3) Equipamiento:** (1 set para cada puesto de trabajo)

1 **osciloscopio** (de preferencia analógico), 2 canales, sensibilidad 5 mV/cm (de preferencia 1 mV/cm), ancho de banda 2 MHz, con sincronía (interna, línea, externa), entradas BNC

1 **generador de señales**, formas de onda senoidal, rectangular, triangular, salida de sincronía, amplitud calibrada y variable (la mínima de preferencia 1 mV pap, la máxima aprox. 10 V pap), nivel de DC variable (mismo rango que la amplitud), rango de frecuencias 0,01 Hz - 100 KHz, salidas BNC

1 **multímetro digital**, alcances 500 VAC, 20 VDC, 1 A, óhmetro, medidor de capacidad, indicador de continuidad, con puntas de prueba

**1 fuente DC partida**, +/- 12 ó 15 VDC con punto medio,1 A, filtrada y regulada, salidas banana hembra

2 **cables blindados BNC-BNC**

2 **cables blindados BNC - cocodrilo**

1 **conector BNC “T”**

2 **puntas de prueba** para osciloscopio, atenuación X1 y X10, capacidad ajustable

3 **cables sin blindar banana macho - cocodrilo** (para la fuente)

3 **cables sin blindar** (banana-banana, banana-cocodrilo, cocodrilo-cocodrilo)

1 **plaqueta de experimentación** símil “Protoboard”

**4) Herramientas de mano:** (1 set para cada puesto de trabajo)

1 **pinza de puntas chatas**, tamaño “pequeño” para electrónica

1 **alicate de corte**, tamaño “pequeño” para electrónica

1 **soldador tipo lápiz**, 20-25 W, punta cerámica, para electrónica

1 **set de destornilladores “de relojero”**, punta plana y punta Philips, mango aislado

1 **destornillador “perillero-buscapolos”**, mango aislado

1 **rollo de estaño**, 10 m, ϕ 1 mm, para electrónica

**5) Componentes electrónicos: (para cada puesto de trabajo,** XXX: valores a definir**)**

**1 set de resistencias:** ½ W, valores XXX, 10 de cada valor

**1 set de 10 capacitores cerámicos**, 0.1 μF

**1 set de 10 capacitores de tantalio**, valor XXX

**1 set de capacitores**, 5 de cada valor: valores XXX,

**1 set de potenciómetros de 20 vueltas, para “protoboard”,** 1 de cada valor: 500Ω, 1kΩ, 5 kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ

**5 amplificadores operacionales μA 741**, encapsulado DIL

**3 amplificadores operacionales TL 084,** encapsulado DIL

**2 amplificadores de instrumentación INAxxx,** encapsulado DIL

**1 termistor NTCxxx**

**1 sensor de presión Honeywell SX05DN**

**3 pilas 1,5 V, con conectores, o cables soldados a los terminales metálicos de la pila (para el TL 1).**

**NOTA:** *como alternativa, la “protoboard”, las herramientas de mano y los componentes electrónicos pueden ser provistos por los estudiantes, y quedan de su propiedad.*

**6) Miscelánea:** **Cable aislado**, 3 colores (rojo, negro, verde), ϕ 1.5 mm, 15 m

**Cable “telefónico” de 20 ó 30 pares** (alambre, multicolor), 150 cm

1 **set de herramientas para uso general** en Laboratorio: destornillador plano, destornillador Philips, pinza de fuerza,

1 **rollo de cinta aisladora plástica** (2 cm x 20 m)

**7) Bibliografía:** al menos un ejemplar de cada libro, disponible para consulta por los alumnos.