

Abordaje Innovador en la integración de actividades curriculares del Área Digital de la carrera de Ingeniería Electrónica

Marcelo E. Romeo¹, Jorge E. Sinderman², Ricardo Armentano³, Franco Pessana⁴, Alejandro Furfaro⁵

Abstract — About fifteen years ago, the Electronic Engineering Department of the National Technological University of Buenos Aires was structured grouping the curricula in Knowledge Areas. One of them was the Digital Area. It was assumed that its contents should be changing continuously with the evolution of the technology so a particular coordination effort should be taken in order to provide to the students a complete understanding base to facilitate their performance in the first professional job or in the access to an investigator career. It was accepted that a real project (including circuit design, simulation, firmware, software design, prototype construction, testing and optimization) should be recommended as mandatory to promote the assignments. A common functional test should be applied to all the area students to simulate (as near as possible) the evaluation of their projects in a real world job or laboratory.

Index Terms — Digital projects, pre-job experience, teaching coordination.

PRESENTACIÓN

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) es una Universidad de gestión pública y gratuita y es la mayor Universidad Argentina dedicada a la Ingeniería.

Tiene una estructura federal distribuida en facultades regionales a lo largo de todo el País y que adoptan las particularidades regionales de las zonas donde se encuentran asentadas.

Los orígenes de la universidad datan del 14 de octubre de 1959 y desde su creación se exigió que el alumno tuviera actividad laboral en la especialidad que cursa.

Nuestro trabajo se basa en un proyecto de formación integral en el área de las técnicas digitales de los alumnos del Departamento de Electrónica de la Facultad Regional Buenos Aires, siendo esta regional una de las de mayor alumnado del país.

ANTECEDENTES

Hace aproximadamente 15 años que se dividieron las actividades académicas del Departamento de Electrónica en Áreas de conocimiento. Una de ellas fue la de Técnicas Digitales.

En 1995 se implementó un nuevo plan de estudios (plan 95) que disminuyó la duración de la carrera en un cuatrimestre y que propuso objetivos mínimos comunes para todas las regionales y facultaba a las mismas a elegir los contenidos específicos para cumplir con los requerimientos comunes.



FIG 1

Los programas analíticos de cada asignatura buscaban satisfacer los requerimientos particulares de cada zona del País, para que el profesional egresado pudiera reintegrar a la misma parte de los conocimientos y habilidades adquiridas en su formación como ingeniero.

En este plan se estableció una asignatura del área digital en cada nivel desde primero a quinto (FIG1).

¹ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires – Universidad Nacional de San Martín (meromeo@electron.frba.utn.edu.ar)

² Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires – Universidad Nacional de San Martín (jorgesinderman@gmail.com)

³ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires – Universidad Favaloro (armen@ieee.org)

⁴ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires – Universidad Favaloro (fpessana@favaloro.edu.ar)

⁵ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires – (afurfaro@electron.frba.utn.edu.ar)

La implementación específica en la Facultad Regional Buenos Aires asignó a las asignaturas anteriores roles específicos, buscando una integración vertical que se iniciase desde el concepto del bit y que llegase al desarrollo de un device driver para un Sistema Operativo Moderno, con un enfoque pertinente a Ingenieros Electrónicos. A saber:

- Informática I: Introducción a los sistemas digitales de cómputo. Comprende desde la definición del bit hasta la descripción y primer análisis de la arquitectura de las computadoras y las bases de la programación estructurada con lenguajes de alto nivel introduciendo conceptos de buenas prácticas de programación e Ingeniería de Software. Al respecto se decidió en forma conjunta que el lenguaje preponderante en toda la carrera sería el C y cuando fuera posible, una programación orientada a objetos mediante C++.
- Informática II: Profundización de la práctica de programación, abordando algoritmos de complejidad creciente, y manejo de estructuras de datos complejas. Interacción con el hardware desde lenguajes de alto nivel. Desarrollo de aplicaciones en entornos Visuales, para su instalación en sistemas embebidos o en Computadoras Personales con Sistemas Operativos Avanzados. Para la implementación de estos paradigmas se parte del lenguaje C visto en Informática I, pero tendiendo en forma creciente al empleo del concepto de programación orientada a objetos, abordando en particular el lenguaje C++.
- Técnicas Digitales I: Álgebra booleana, códigos binarios, lógica combinatorial y secuencial, familias lógicas, circuitos integrados de mediana escala de integración. Presentación de los lenguajes descriptores de hardware y empleo de VHDL para la descripción y simulación de circuitos lógicos
- Técnicas Digitales II: Introducción a los microprocesadores y microcontroladores. Estudio de los componentes de hardware de un sistema de cómputo. Análisis y programación de máquinas de estado empleando microcontroladores. Diseño de sistemas de hardware basados en microcontroladores y su firmware básico para manejo de periféricos. Programación de dichos sistemas en lenguaje C y ensamblador. Introducción al concepto de sistemas embebidos.
- Técnicas Digitales III: Arquitecturas de cómputo avanzadas de 32 bits, con capacidades para hostear sistemas operativos multitarea. Estudio de estos procesadores a nivel de System Programming, con práctica de programación avanzada para crear un mini kernel de trabajo. Estudio de la aplicación de estos sistemas de hardware en el diseño de Sistemas Operativos Modernos, con especial foco en el uso por parte del Sistema Operativo de los recursos del

procesador. Diseño de Device Drivers para manejo de hardware en estos entornos, en especial aquellos que permitan capturar señales o imágenes para su posterior procesamiento. Implementación de protocolos de Networking standard. Uso de los recursos Multimedia para el desarrollo de aplicaciones en dichos entornos que permitan procesar señales e imágenes..

Se creó el cargo de Director del Área de Técnicas Digitales y a partir de entonces se coordinaron reuniones periódicas con los directores de cátedra en las que se analizaron los contenidos de cada una de las asignaturas.

Como resultado de tales reuniones, se detectaron reiteraciones en el dictado de temas en distintas asignaturas y se reformularon los contenidos de los programas analíticos a fin de optimizar el dictado de los temas y la concreción de los objetivos generales y particulares de cada asignatura del área.

PRIMERA INNOVACIÓN: DESARROLLO DE PROYECTOS

Algunos años atrás se había iniciado experimentalmente el desarrollo de prototipos como obligación para la firma de las asignaturas Técnicas Digitales II y Técnicas Digitales III.

Ese prototipo lo realizaban los alumnos en forma grupal y constaba de:

- Selección del proyecto: en común acuerdo entre la cátedra y los alumnos.
- Desarrollo y modelización de un circuito.
- Desarrollo, simulación y optimización de un programa asociado con el circuito anterior.
- Optimización de circuito y programas
- Desarrollo de documentación completa (manuales técnicos, del usuario y de mantenimiento).

El objetivo fue que el alumno se encontrara por primera vez con la necesidad de implementar un desarrollo de moderada complejidad y que el mismo fuera realizado con la tutoría y orientación del cuerpo docente y no con la exigencia del gerente de una empresa.

Se decidió extender esa experiencia exitosa a Informática II de manera de aumentar considerablemente la cantidad de horas de proyecto que el alumno debía encarar⁶.

SEGUNDA INNOVACIÓN: AMPLIACIÓN DE LAS ASIGNATURAS INTEGRANTES DEL PROYECTO

Posteriormente se incorporaron al Área otras asignaturas como ser Análisis de señales y Sistemas del segundo nivel y

⁶ Estas horas de proyecto fueron relevantes en el proceso de acreditación de la carrera de Ingeniería por parte de la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU).

las electivas del sexto nivel Técnicas Digitales IV, Procesamiento Digital de Señales en Tiempo Real y Procesamiento Digital de Imágenes íntimamente vinculadas entre sí como se destaca en la FIG 2.

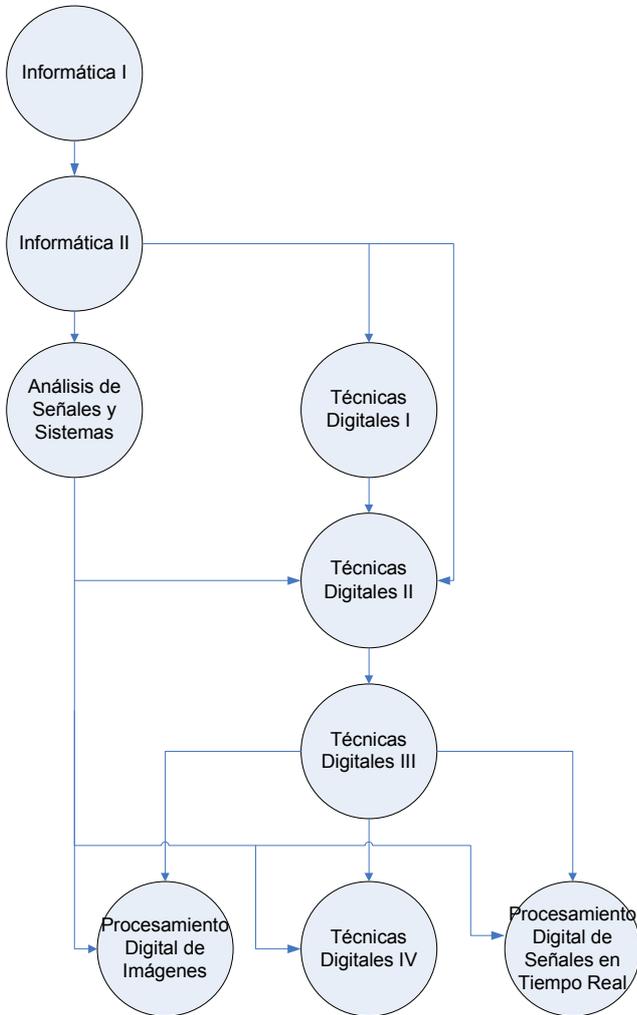


FIG. 2

De esta manera se buscó ampliar los contenidos coordinados incorporando asignaturas de temática muy específica y orientada a los alumnos que busquen especializarse en el tema. Indudablemente, estas asignaturas forman parte del área digital y enriquecen el contenido de la misma.

TERCERA INNOVACIÓN: VINCULACIÓN HORIZONTAL DENTRO DE CADA NIVEL.

Habiendo dispuesto desde el comienzo de una adecuada integración vertical de contenidos, se planteó una integración horizontal entre las asignaturas del mismo nivel, de manera que el alumno se encontrara con una única identidad en el proceso de aprendizaje.

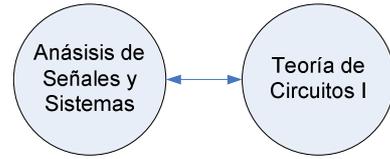


FIG. 3.

En tal sentido, se interrelacionó a Análisis de Señales y Sistemas con Teoría de Circuitos I para que no se repitiera el dictado de los temas vinculados con las herramientas transformadas para el análisis de circuitos pasivos, como se observa en el diagrama de la FIG.. 3.

.De la misma manera, en el cuarto nivel, se integraron en los proyectos finales de Técnicas Digitales II los contenidos fundamentales de las asignaturas contemporáneas (FIG. 4).

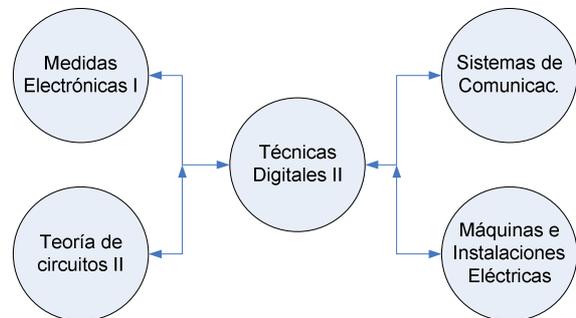


FIG 4.

De esta forma, los alumnos en forma grupal, podían desarrollar proyectos vinculados con:

- Máquinas e Instalaciones Eléctricas: Control de motores monofásicos ó trifásicos empleando microcontroladores (de altas prestaciones) para la implementación de la ecuación característica del motor o uno más sencillo para su manejo con modulación del ancho de pulso.
- Medidas Electrónicas I: Sistemas de adquisición de datos e instrumentos de medición. Empleo de diversos transductores y técnicas de medición.
- Teoría de Circuitos II: Diseño de los filtros analógicos (y actualmente también digitales) asociados con los circuitos de acondicionamiento de señales.
- Sistemas de comunicaciones: Manejo de distintos dispositivos comunicados digitalmente como SPI e I2C. Uso de diversos modems (de audio, GPRS, etc).

Cabe destacar que la vinculación intercátedra se logró tan profundamente que en algunos casos se forma un tribunal evaluador de los proyectos constituido por los profesores de varias cátedras y los alumnos exponen simultáneamente el proyecto y cada docente evalúa la parte del mismo propia de su asignatura.

En este nivel se han encarado actividades mancomunadas fundamentalmente con la asignatura Práctica Profesional Supervisada para el caso en que las actividades encaradas por los practicantes así lo requieran, y con Electrónica Aplicada III y Medidas Electrónicas II en un conjunto de aplicaciones desarrolladas sobre modems GPRS como se observa en el diagrama de la FIG. 5.

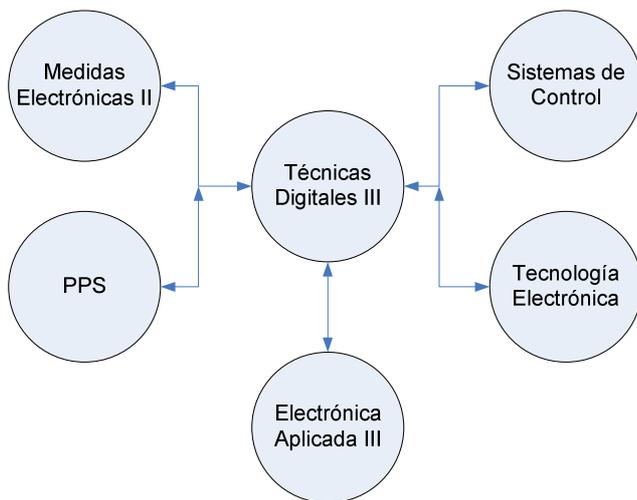


FIG 5.

CUARTA INNOVACIÓN: FORMACIÓN TEMPRANA DE RECURSOS HUMANOS

La inclusión de la asignatura Análisis de Señales y Sistemas (ASyS) dentro del Área Digital, como se enunciara precedentemente, tuvo un doble objetivo: en primer lugar, como aglutinante de las asignaturas horizontales del segundo y tercer nivel de la carrera y en segundo lugar, como semillero de ayudantes alumnos dentro de la cátedra y potenciales jóvenes investigadores y futuros doctorandos.

Refiriéndonos al primer objetivo, los contenidos curriculares de ASyS conjugan la matemática aplicada (ecuaciones diferenciales, álgebra y matemática de variables complejas, series, transformadas de Fourier, Laplace, Z y procesos estocásticos) con sistemas físicos de diferente naturaleza (mecánicos traslacionales, rotacionales, calóricos, eléctricos y de fluidos).

Esta conjunción permite la modelización, análisis y resolución de cualquier sistema físico y su pasaje al dominio discreto (Digital).

El contenido integrador de ASyS es un aspecto motivador por parte del alumno, el cual es apoyado por la cátedra y los potenciales jóvenes investigadores son invitados a continuar su formación dentro de la cátedra, en una escuela de ayudantes⁷, donde no sólo amplían sus

⁷ Esta formación en la docencia e investigación, continúa en el quinto nivel de la carrera, con las asignaturas Técnicas Digitales IV y Procesamiento Digital de Imágenes, que en conjunto con ASyS están

conocimientos en estos temas, sino adquieren la destreza para desenvolverse como docentes y su incipiente formación como investigadores, segundo objetivo de la cátedra.

Esta política en la formación de recursos humanos en la docencia e investigación se ha seguido en toda el área con notable éxito y seguramente por afinidad con la temática, se han reclutado excelentes alumnos para que desarrollen su actividad en el área. Puede observarse que la edad promedio del plantel auxiliar es baja, con lo cual se ha obtenido una generación de recambio con una filosofía de trabajo coherente.

QUINTA INNOVACIÓN: ENTORNO DE DESARROLLO

Con el objetivo de evitar discontinuidades importantes entre el entorno de trabajo en el laboratorio y en su hogar, se ha buscado en todos los casos que el alumno pueda replicar en su propio lugar de estudio, el entorno de trabajo con que se cuenta en la Universidad.

Por tal motivo se han desarrollado las actividades prácticas con herramientas de software libres o en su defecto con las versiones de evaluación gratuitas.

Respecto de las herramientas de hardware, se han desarrollado kits de evaluación y desarrollo sobre varios microcontroladores difundiendo libremente la documentación completa de forma que el alumno pueda llegar a producir sus propios kits y continuar fuera del laboratorio su experimentación a muy bajo costo.

SEXTA INNOVACIÓN: ACTUALIZACIÓN CONTINUA DE CONTENIDOS.

El mundo de las técnicas digitales vive en continua evolución. Por ese motivo, se han interpretado los contenidos mínimos propuestos por el plan de estudios de la manera más flexible posible, a fin de formar un egresado con las mejores herramientas actualizadas para desempeñarse en su vida profesional.

En ese sentido, se han incorporado diversas asignaturas electivas que le permiten al estudiante elegir su propio perfil tecnológico según sus expectativas y preferencias.

Entre ellas se destacan Técnicas Digitales IV, Procesamiento Digital de Imágenes y Procesamiento Digital de Señales en Tiempo Real que pretenden facilitar al egresado su inserción en el cada día más competitivo mundo del procesamiento digital de señales. Todas ellas requieren de una fuerte vinculación con Análisis de Señales y Sistemas con la que comparten herramientas y docentes.

Análogamente se incorporaron los lenguajes descriptores de hardware, (en particular VHDL) que desde Técnicas Digitales I forma al alumno para que en Técnicas

inmersas dentro de un grupo consolidado de investigación dentro de nuestro Departamento de Electrónica, formando habilidades y destrezas para su proyecto final y apuntando a su formación posterior, el Doctorado.

Digitales II pueda elaborar y simular decodificaciones particulares con dispositivos lógicos programables. Esta prevista su incorporación en las asignaturas Técnicas Digitales III y en Tecnología Electrónica.

Asimismo, se ha fijado para el año 2010 la adecuación de los contenidos de Técnicas Digitales II y III de forma tal de lograr una homogeneización de contenidos.

En ese sentido, se proyecta que en Técnicas Digitales II se empleen exclusivamente microcontroladores (con preeminencia de los de 32 bits frente a los de 8 bits) mientras que en Técnicas Digitales III se traten los microprocesadores, desde los elementales a los más poderosos.

RESUMEN FINAL

Se ha buscado formar al alumno del siglo veintiuno con todo el bagaje de conocimientos que le permita desempeñarse en la actividad laboral industrial o en la investigación científica, con la seriedad que un profesional debe poner de manifiesto.

Se ha pretendido recrear el ámbito de trabajo reemplazando al director de proyecto por un tutor experimentado que encauce el desarrollo dejándole la secuela metódica para que la pueda aplicar en forma independiente en su vida profesional.

