

# ALTERNATIVAS

serie: espacio pedagógico

## EDUCACIÓN Y CIENCIAS. Teorías y prácticas universitarias

### AUTORES/AS

Mirta S. E. Tarasconi de Montoya (Comp.)  
José Miguel Abraham  
María Lidia Azar  
Nelly Esther Mainero  
Nancy Tourn  
Adriana Vivas  
Ada Mónica Galán  
Nancy Peré  
Virginia Rodés  
María A. Moyano  
María F. Giordano  
Osvaldo Miguel  
Claudia A. Grillo  
Alicia G. Antonini  
Ester Ocampo  
Luis Marino  
Claudia Figari  
María I. Berrino  
María B. Bouciguez  
Liliana Irassar  
María C. Modarelli  
María R. Nolasco  
María M. Suárez  
Marcelo Mas  
Marina Miguez  
Silvia Loureiro  
Ximena Otegui  
Carolina Crisci  
Analia Leticia Mathiot  
Nora Muñoz  
Miguel A. De Bortoli

Karina Curione  
María del Carmen Rivera  
R. Moine  
G. Ferraris  
M. S. Gigena  
J. Natali  
Griselda Ballerini  
Angel Riva  
Marta Zambruno  
Nilda Mabel Vicente  
Beatriz Gandrup  
M. Nilda Chasvin  
M. I. Cervellini  
Ricardo Rouaux  
Miguel Muñoz  
Nora Mayer  
Nancy Rodríguez  
Eleonora Catsigeras  
Virgilio A. Cortinez  
Alina del Castillo  
Patricia Abreu  
Omar Gil  
Nelson Möller  
Juan Piccini  
Cecilia Saint Martín  
Juan P. Santágata  
Juan P. Oliver  
Fiorella Haim  
Sebastián Fernández  
Javier Rodríguez  
Pablo Rolando

# "PRÁCTICAS DE LABORATORIO NO PRESENCIAL EN DISEÑO ELECTRÓNICO DIGITAL"

1-039

Juan P. Oliver, Fiorella Haim, Sebastián Fernández, Javier Rodríguez, Pablo Rolando <sup>1</sup>  
Instituto de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República  
Montevideo - Uruguay  
jpo@fing.edu.uy, fiorella@fing.edu.uy, sebfer@fing.edu.uy, jrodri@fing.edu.uy,  
prolando@fing.edu.uy

**Resumen:** *Este artículo presenta las mejoras y resultados obtenidos en la reformulación del curso de Diseño Lógico realizada en el año 2004 con financiamiento de la Comisión Sectorial de Enseñanza.*

*La reformulación del curso se plantea debido a problemas de masividad que dificultaban la realización de los laboratorios y al deseo de acortar distancias entre la teoría y la práctica del diseño electrónico.*

*En el nuevo curso se modificaron los laboratorios y las formas de evaluación. Se pasó de un sistema clásico en el cuál un grupo de estudiantes prepara una práctica en su casa y la realiza en el laboratorio de la Facultad, a un sistema en el cual la realización de la práctica es domiciliaria y se expone lo realizado en una defensa.*

*Para esto fue necesario diseñar y construir una gran cantidad de kits hardware de bajo costo, que fueron entregados en préstamo a los estudiantes durante todo el semestre. En estos kits los grupos de estudiantes pudieron llevar a la práctica sus diseños y mostrarlos a los docentes en una defensa oral obteniendo así una calificación.*

*Todavía se está en una etapa de evaluación de los resultados de este nuevo curso, porque el mismo se dictó por primera vez en el primer semestre de 2004, pero podemos decir que el proyecto fue exitoso, se cumplieron ampliamente los objetivos planteados, se diseñaron y construyeron los kits, y se realizó la primer versión del curso con la nueva modalidad. Pudo apreciarse una muy buena receptividad por parte de los estudiantes y se obtuvieron buenos resultados académicos: un promedio de 22,5 sobre un total de 25 puntos.*

## 1. Introducción

Este artículo presenta las mejoras y resultados obtenidos en la reformulación del curso de Diseño Lógico realizada en el año 2004 con financiamiento de la Comisión Sectorial de Enseñanza (Incorporación de Innovaciones en materia de Enseñanza de grado, Llamado 2002)

El curso de Diseño Lógico [6] es obligatorio para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica y opcional para Ingeniería en Computación. Se dicta desde 1990, es cursado por estudiantes del 5to semestre (para Ing. Eléctrica), y es el primer curso en donde los estudiantes ven temas específicos de la opción elegida. En el nuevo plan de estudios 1997 este curso se semestralizó y su aprobación es por parciales. Este nuevo curso se dictó por primera vez en el año 1999. Tenía una carga horaria de: 3 horas semanales de teórico, 1 hora y media semanal de ejercicios y un laboratorio de 8 horas totales en el semestre (16 semanas). Uno de los objetivos del curso es que los estudiantes aprendan a diseñar un circuito digital a partir de una especificación no formal, es decir de una descripción verbal o escrita. Enseñar a diseñar implica que el estudiante aprenda no sólo lo que se da en las clases o lo que puede encontrar en la bibliografía sino que se enfrente a todas las etapas del diseño de circuitos que permiten resolver problemas reales. Para esto es fundamental contar

---

<sup>1</sup> Además de los autores participaron en el proyecto:  
Lyl Ciganda, IIE; Nancy Peré y Virginia Rodés, Unidad de Enseñanza, FI

con laboratorios bien equipados y con prácticas que permitan una mejor aplicación del conocimiento.

Debido al creciente aumento en la cantidad de estudiantes el dictado o agregado de nuevas prácticas de laboratorio presentaba varias dificultades:

- problemas locativos: horarios libres del laboratorio
- problemas de horarios de los estudiantes
- problemas de horarios de los docentes: para cada laboratorio presencial son necesarios tres docentes durante toda la práctica.
- problemas de coordinación del curso: una misma práctica no puede repetirse por más de tres semanas porque no habría tiempo para realizarla

Para resolver estos problemas se buscó una alternativa en la cual gran parte del trabajo de laboratorio se realice en la casa de los estudiantes. Esta alternativa no es nueva, es bien conocido el trabajo fuera de horario de clases; pero en este caso no se quería perder el contacto con la electrónica. El objetivo final es diseñar un circuito electrónico, y no queríamos que el laboratorio terminara en una simulación (con algún software de diseño digital que incluyera un simulador), sino que cubriera todas las etapas hasta llegar a un circuito funcionando. Este puede parecer un punto trivial, porque puede suponerse que un circuito que se comportó bien en la simulación va a funcionar tal cual lo simulado; pero la realidad muchas veces nos dice que esto no es así. Con circuitos reales se presentan problemas no vistos o no simulados adecuadamente.

La solución adoptada fue cambiar la forma de realizar los laboratorios y las formas de evaluación, sin modificar las clases teóricas y de ejercicios, buscando poder seguir realizando laboratorios de calidad en condiciones de masividad. La financiación de este proyecto permitió reformular el curso de Diseño Lógico incorporando 54 kits de hardware que se entregan en préstamo a los estudiantes, nuevas prácticas y nuevas formas de evaluación. La realización de prácticas en la casa de los estudiantes permitiría resolver varios de estos problemas e incorporar una o dos prácticas más con el mismo equipo docente. Esto se debe fundamentalmente a que se destrabaría las simultaneidades que se tienen que dar en los laboratorios presenciales: un local + tres docentes + 30 estudiantes.

## **2. Objetivos del proyecto**

### ***Objetivos generales***

1. Mejorar la calidad de la enseñanza en el curso básico de electrónica digital, en uno de los aspectos más importantes de la misma que es la práctica en laboratorios.
2. Diseñar un laboratorio semipresencial utilizando una herramienta tecnológica que permite pasar a esta modalidad.
3. Lograr que los estudiantes apropien conocimientos con significado con la utilización práctica de los mismos en una modalidad diferente que la utilizada hasta ahora.
4. Poder afrontar un crecimiento en la matrícula sin aumento de horas docentes.

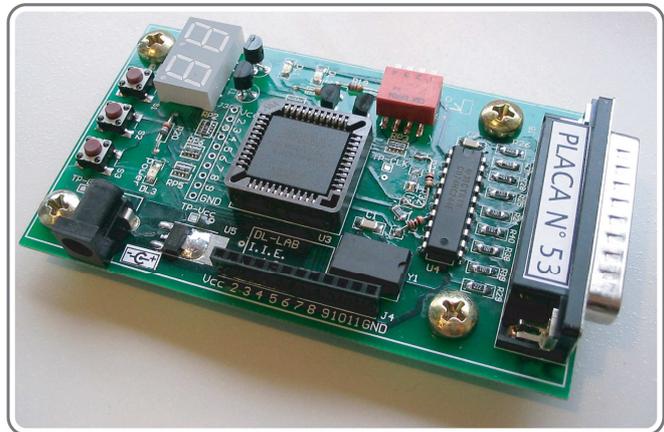
### ***Objetivos específicos***

1. Desarrollar e implementar un ciclo de laboratorios para Diseño Lógico con la premisa que gran parte del mismo pueda ser realizado en el domicilio de los estudiantes o en las salas de computadoras con las que cuenta la Facultad en el caso que el grupo de estudiantes no disponga de computador.
2. Aumentar la cantidad de las prácticas a realizar.
3. Diseñar un kit hardware de bajo costo que pueda ser entregado a cada grupo de estudiantes durante todo el semestre del curso.
4. Rediseñar las practicas de laboratorio así como documentos guía para cada una de ellas.
5. Diseñar formas de evaluación de aprendizaje y los controles de conocimiento para otorgar la aprobación del laboratorio.
6. Implementar un sistema de seguimiento y apoyo vía Internet.

### 3. Metodología

La primera parte del proyecto consistió en el diseño, selección de componentes y construcción de los kits hardware consistentes en: una placa de desarrollo, un manual de usuario [4] y una fuente alimentación. Desde hace unos cuantos años se utilizan en los laboratorios circuitos de lógica programable [2][1] en lugar de circuitos integrados discretos. La utilización de lógica programable ha demostrado ser muy efectiva, ya que evita problemas tecnológicos y de cableado, y permite que un diseño se lleve rápidamente del papel al circuito. El objetivo entonces fue diseñar una placa que contara con un chip programable, y tuviera algunos elementos de entrada salida como para poder implementar allí una variada gama de diseños, pero manteniéndose en un costo muy reducido para poder fabricar una gran cantidad de estos kits. Las placas diseñadas cuentan con el chip programable, alimentación, reloj, displays de 7 segmentos y leds para observar salidas, pulsadores y switches para ingresar entradas, y conectores de expansión conectados a los pines del chip. La placa se fabricó en el exterior, pero el diseño armado y testeado de todas las placas se realizó en el IIE.

La segunda parte del proyecto comprendió el diseño de las prácticas a ser realizadas por los estudiantes. Se buscaron prácticas escalonadas, en las cuales los diseños hechos fueran reutilizados en las prácticas siguientes. De esta forma se logra construir diseños de mayor tamaño y complejidad, pero utilizando bloques que son conocidos porque fueron diseñados de antemano por los propios estudiantes.



La tercer parte fue finalmente la puesta en marcha del curso. Para esto se realizaron reuniones de coordinación entre los docentes de la asignatura y se contó con el apoyo de la unidad de enseñanza, cuyos integrantes observaron algunas instancias de evaluación de conocimientos.

Se tuvieron que resolver un sin número de detalles simples pero nuevos, como por ejemplo diseñar mecanismos de préstamo de las placas al inicio del curso y su devolución al final; diseñar un tutorial de uso del software de diseño Max+Plus II [5] y programación de las placas; implementar mecanismos ágiles de consulta y evacuación de dudas ya sea en clase o vía Internet. Para el préstamo de las placas se adoptó un sistema en el cuál el grupo de tres estudiantes que llevaba una placa prestada se hacía responsable de devolverla en las mismas condiciones o en su defecto pagar el costo de la reparación de la misma. Este hecho fue comprendido por los estudiantes que en su totalidad aceptaron las reglas.

### 4. Antes y después

- **Cantidad de prácticas:** El curso de Diseño Lógico incluía 2 sesiones de laboratorio de 4 horas cada una por grupo de estudiantes, mientras que el curso actual de Diseño Lógico incluye 3 prácticas [3] que cada grupo de 3 estudiantes puede realizar en su casa. Se establece una semana para que cada grupo muestre su diseño y lo defienda en 45 minutos ante un docente de la asignatura.
- **Material de laboratorio:** Se contaba con 9 placas para usar en el laboratorio del IIE y ahora se cuenta con 54 kits de mejor calidad, más prestaciones, y que queda en poder de los estudiantes todo el semestre.

- *Temas:* En la primer sesión se realizaba una práctica de circuitos combinatorios y en la segunda una de circuitos secuenciales modo reloj. Ahora se agregó una tercer práctica de circuitos secuenciales RTL.
- *Metodología:* Los grupos de 3 estudiantes tenían que resolver un problema, diseñar una solución y dibujar el circuito en el software Max+Plus II antes del concurrir al laboratorio. Ahora además tienen que programar los chips y hacer todas las pruebas de funcionamiento para después realizar una defensa de su trabajo frente a un docente.
- *Evaluación:* Una vez en el laboratorio, se hacía un mini cuestionario individual para controlar que todos hubieran hecho la práctica, y a continuación cada grupo programaba un chip. El laboratorio no tenía calificación, solo se aprobaba o reprobaba. Ahora cada una de las 3 prácticas lleva puntos individuales asignados por el docente en base al diseño, la defensa y el informe presentado.
- *Aprobación del curso:* Antes se exoneraba la asignatura si se aprobaba el laboratorio, se tenía más de 65% sumando los dos parciales y un mínimo de 50% en el segundo parcial; se ganaba el curso si se aprobaba el laboratorio y se tenía más de 25 puntos entre los dos parciales y se reprobaba el curso si se reprobaba el laboratorio y/o no se alcanzaban los 25 puntos entre los dos parciales. Ahora para exonerar hay que aprobar el laboratorio (asistir a las 3 prácticas y obtener un mínimo de 15 puntos) y obtener más de 65 puntos entre las evaluaciones de las prácticas y la evaluación escrita final; para ganar el curso hay que aprobar el laboratorio y tener un mínimo del 25 puntos sumando las evaluaciones y se recursa si se reprueba el laboratorio y/o no se alcanzan los 25 puntos sumando las evaluaciones.

Antes cada grupo de 3 estudiantes estaba en contacto con la placa de desarrollo por menos de 8 horas en todo el curso mientras que ahora cada grupo de 3 estudiantes tiene en su casa la placa de desarrollo durante todo el semestre. Esto influye en el entusiasmo de los estudiantes (para muchos de ellos esta es la primera vez que tienen componentes electrónicos en sus manos) y en su capacidad para implementar y testear sus diseños en forma más independiente.

## **5. Aprendizaje durante la evaluación**

El cambio en la forma de evaluación permite que el aprendizaje se haga en forma continua, ya que para cada práctica los estudiantes deben repasar los conceptos transmitidos en el teórico. Además, permite la interacción de estudiantes y docentes durante la evaluación siendo la instancia de evaluación también una instancia de aprendizaje. Por ejemplo se permite que el estudiante analice los errores en el momento, que aprenda de ellos, y si es posible que los corrija ahí mismo.

## **6. Resultados**

El IIE cuenta ahora con un conjunto de 54 kits de lógica programable funcionando. El grupo de electrónica aplicada adquirió a lo largo del proyecto experiencia y habilidades en temas de diseño de placas, componentes electrónicos, chips programables, montaje superficial. Los estudiantes tuvieron a su disposición durante todo el semestre una placa de desarrollo para programar sus diseños. Esta generación en promedio tuvo un dominio de la herramienta de diseño y programación de chips cualitativamente superior al de las anteriores.

## **7. Conclusiones**

A la fecha se cuenta con una evaluación primaria cualitativa a partir de charlas con los estudiantes y los resultados de los laboratorios. Posteriormente se contará con los resultados finales del curso y con una encuesta, confeccionada junto con la Unidad de

Enseñanza, que se realizara el día del parcial final. Por lo tanto las conclusiones todavía son preliminares.

Desde el punto de vista docente el nuevo curso fue exitoso, se cumplieron ampliamente los objetivos planteados, se diseñaron y construyeron los kits, y se realizó la primer versión del curso con la nueva modalidad. Se pudo apreciar una muy buena receptividad por parte de los estudiantes frente a este nuevo método de dictado del curso. En general trabajaron muy bien, y con independencia, demostrando un gran dominio de la herramienta de software y de la tecnología involucrada. Expusieron y defendieron sus diseños, y ahí se notaron dificultades en la expresión oral.

Un resultado no menor es que luego de finalizado el curso todas las placas están en perfecto estado, lo que habla del grado de responsabilidad con que pueden trabajar nuestros estudiantes. En cuanto a las calificaciones obtenidas en los laboratorio, el promedio fue de 22,5 puntos sobre un total de 25.

Cabe destacar además que además de la "ganancia" en horas docentes el nuevo sistema tiene otras ventajas para nada despreciables:

- No necesita de tres docentes simultáneamente
- No necesita un gran local
- Flexibiliza los horarios tanto para docentes como para los estudiantes
- Permite hacer más prácticas en menos tiempo

Estas propiedades hacen que el nuevo sistema sea mucho más escalable, ya que para atender más estudiantes sólo hay que escalar horas docentes y kits hardware.

Haber tenido varias instancias de evaluación en las prácticas de laboratorio permitió tener una rápida realimentación, posibilitando que en los teóricos y clases de ejercicio se hiciera hincapié en aquellos temas que presentaron una mayor dificultad para los estudiantes.

## **8. Agradecimientos**

Este trabajo fue financiado por la Comisión Sectorial de Enseñanza de la Universidad de la República, Incorporación de Innovaciones en materia de Enseñanza de grado, Llamado 2002. Posteriormente se obtuvo un nuevo financiamiento para continuar el proyecto durante el año 2004.

- Al Altera University Program por sus donaciones de software y hardware, especialmente por la donación de 100 licencias para toda la Facultad.
- A Marina Miguez y Nancy Peré por sus valiosos aportes durante la elaboración del proyecto.
- A los funcionarios del Taller del IIE por su colaboración en el montaje de las placas.

## **9. Bibliografía y referencias**

- [1] J. O. Hamblen, M. D. Furman, "Rapid Prototyping of Digital Systems", Kluwer Academic Publishers, 2001
- [2] J. F. Wakerly, "Digital Design Principles and Practices", Third Edition, Prentice-Hall, 2000
- [3] Letras de las prácticas <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/dislog/#lab>
- [4] Manual de usuario la placa  
[http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/dislog/material/manual\\_dllab.pdf](http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/dislog/material/manual_dllab.pdf)
- [5] Max+PlusII  
<http://www.altera.com/products/software/pld/products/maxplus2/mp2-index.html>
- [6] Página web del curso de Diseño Lógico <http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/dislog/>