

# PBL EN ELECTRÓNICA DIGITAL: UN EJEMPLO

G. DONZELLINI<sup>1</sup>, D. PONTA<sup>1</sup>, J. GARCIA-ZUBIA<sup>2</sup> A. DEL MORAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DIBE - Departamento de Ingeniería Biofísica y Electrónica, Universidad of Genova, Genova, Italia,

<sup>2</sup>Facultad of Ingeniería, Universidad de Deusto, Bilbao, España  
ponta@dibe.unige.it, zubia@eside.deusto.es

*El Aprendizaje Basado en Problemas (o en Proyectos) –ABP– es un modelo de enseñanza/aprendizaje que involucra a los estudiantes en tareas de resolución de problemas. Las actividades de los docentes y estudiantes en un contexto ABP son diferentes de aquellas de la pedagogía clásica ya que ABP guía a los estudiantes de tal manera que ellos mismos construyan y gestionen su propio aprendizaje. El diseño digital se presta perfectamente a esta pedagogía ABP. Este trabajo es un claro ejemplo de la aplicación de la ABP al campo del Diseño Digital, utilizando como soporte el entorno de aprendizaje Deeds. Los estudiantes adquieren conocimiento y habilidades mediante el desarrollo de proyectos clasificados por temas y dificultad.*

## 1. Introducción

A pesar de los recientes avances en las teorías sobre educación y las basadas en las TIC, la educación universitaria permanece en muchos casos igual que desde que se establecieron las primeras universidades hace ya varios siglos. El modelo de transmisión dominante es todavía el mismo, los estudiantes universitarios están involucrados en un sistema de adquisición de conocimientos centrado en el profesor. La enseñanza técnica a nivel universitario tiene una tradición muy distinta desde que se crearon las primeras escuelas de ingenieros en Europa durante el siglo diecinueve. Por ejemplo, la Universidad de Génova se remonta al siglo trece, y sin embargo su primera escuela técnica, la Real Escuela Naval se establece en 1870. Anteriormente la difusión de estudios formales de ingeniería se obtenían fuera de las clases, por lo general incorporándose a comunidades de personas que ya estaban ejerciendo la profesión, adquiriendo y compartiendo conocimientos, información, procesos y prácticas. La interacción entre las diversas personas y objetos de su práctica diaria daba como resultado un aprendizaje natural y profundo.

El acelerado ritmo de crecimiento en la innovación tecnológica que la revolución industrial trajo ha mostrado las limitaciones en las diferentes maneras de aprendizaje y nos ha llevado al nacimiento de una educación técnica formal. Una escuela de ingenieros es, de hecho, muy eficaz a la hora de transmitir el conocimiento a un ritmo rápido y proporcionando la base teórica profunda necesaria para las nuevas tecnologías, aunque, a veces ocurre, sacrificamos los modelos de aprendizaje activos, en favor de los modelos de la enseñanza basada en la clase magistral, poco adecuada para transmitir al estudiante las competencias correctas que le ayuden a resolver problemas complejos de la vida profesional.

El aprendizaje Basado en Problemas (o en Proyectos) –ABP– puede ayudar a la hora de corregir este problema. ABP es un modelo de enseñanza/aprendizaje que involucra al estudiante en las tareas de resolución de problemas. Las actividades desempeñadas por los profesores y estudiantes en un contexto de ABP son diferentes de aquellas desarrolladas usando las pedagogías clásicas puesto que ABP guía al estudiante para que de una manera activa construya y gestione su propio aprendizaje. Este trabajo propone una metodología para aplicar ABP al campo del Diseño Digital, tanto en el contexto de aprendizaje presencial como en el de aprendizaje a distancia, utilizando en ambos casos el entorno de aprendizaje

Deeds [1]. Teniendo en cuenta que el uso educacional de Deeds, en una situación ya sea tradicional o mixta, es una práctica muy establecida. La metodología descrita en este trabajo representa un enfoque nuevo, dirigido a un aprendizaje mas activo e independiente.

## 2. El entorno Deeds

Deeds (Digital Electronics Education and Design Suite) [1] es un entorno de aprendizaje de electrónica digital que proporciona un conjunto innovador de herramientas y recursos para los profesores y estudiantes. Un equipo de investigadores del DIBE –Universidad de Genova, Italia– lo ha desarrollado como parte de sus actividades de investigación en el campo de aprendizaje cooperativo, a distancia y basado en proyectos. En la actualidad lo utilizan los estudiantes de primero y segundo de ingeniería de electrónica e informática en la Universidad de Genova como soporte a las actividades de laboratorio y cursos basados en proyectos. Deeds está formado por tres simuladores que cubren las redes lógicas combinacionales y secuenciales, diseño de máquinas de estados finitos, interfaz de microcomputadores y programación a nivel de ensamblador. Al estar totalmente integrados entre sí, permiten el diseño y simulación de complejas redes incluyendo una mezcla de lógica estándar, las máquinas de estados y los microcomputadores embebidos. Dichos simuladores están integrados dentro de un browser HTML, permitiendo la navegación por Internet en busca de paginas con información, ejercicios y prácticas de laboratorio. Para más información sobre Deeds, se puede visitar el sitio Web [2].

## 3. ABP con Deeds: un ejemplo

El uso de Deeds para el desarrollo de un proyecto de diseño digital, propuesto como ABP, es el contenido de este capítulo. Los grupos de alumnos se descargan por lo general una descripción funcional y un conjunto especificaciones del sistema que deben diseñar desde el Sistema de Gestión de Aprendizaje que contiene la práctica ABP. En ABP se evita proporcionar instrucciones y explicaciones detalladas. En su lugar, el proyecto a desarrollar es solo un elemento de un conjunto de problemas de variada dificultad, unidos por el hecho de que exploran diferentes facetas del problema principal. El estudiante puede moverse libremente dentro del problema y elegir si atacar directamente el problema principal o reforzar sus conocimientos enfocando primero las partes más simples.

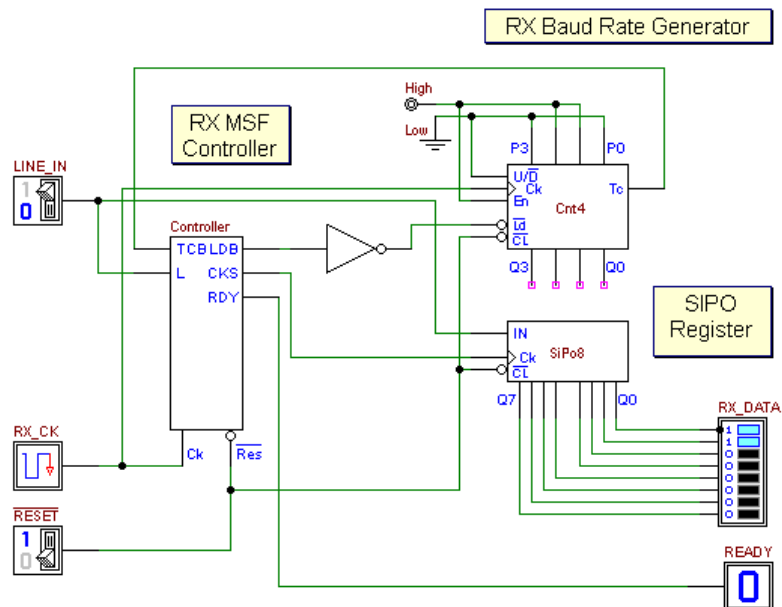
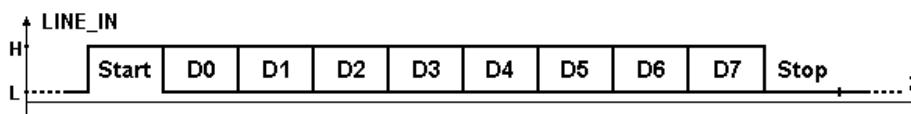


Figura 1. La arquitectura del receptor serie asíncrono propuesto

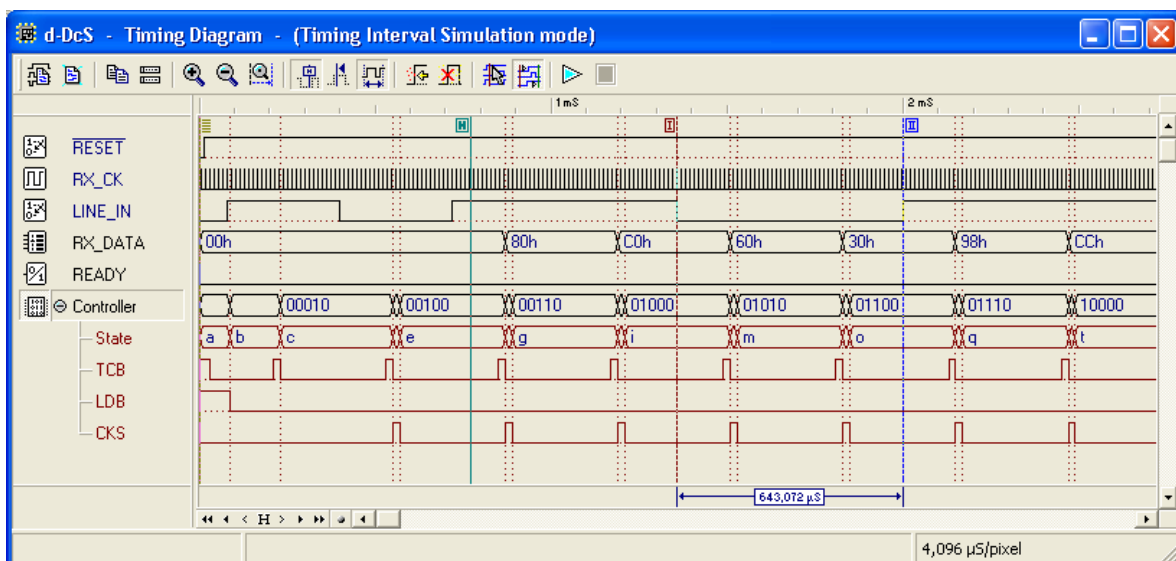
Un tema que se presta fácilmente al estudio y aprendizaje de varios aspectos del diseño digital es la comunicación de datos en serie. Por ejemplo, presentamos aquí un problema que tiene como objeto el diseño de un receptor serie asíncrono de 8-bits. Debido a que este problema se puede atacar de varias maneras y asumiendo que el estudiante todavía no ha desarrollado la capacidad de enfocar un problema de una manera independiente, proponemos como punto común de entrada la arquitectura del sistema, de la que tienen que diseñar la unidad de control (Fig. 1).

El conjunto de especificaciones que hay que satisfacer, tales como el formato de los datos en serie (Fig. 2) se le entrega al estudiante.



**Figura 2.** Ejemplo de las especificaciones de la entrada serie asíncrona

Utilizando Deeds, se puede diseñar el controlador como FSM. Cuando el estudiante desee comprobar el diseño, utilizando el Simulador de Máquina de Estado Finito sintetiza el controlador como un bloque de circuito y entonces lo introduce en la arquitectura y simula el sistema completo con el Simulador de Circuitos Digital. La Figura 3 muestra un resultado típico como diagrama de tiempos.



**Figura3.** Simulación d-DcS del receptor serie asíncrono

Es posible que antes de resolver el problema completo, el estudiante desee familiarizarse con problemas más simples, pero relacionados con la comunicación de datos en serie. El problema de la Fig. 4 le pide que diseñe un receptor serie síncrono, cuya arquitectura se ha visto simplificada por la eliminación del generador del reloj de muestreo. El protocolo de señales en serie es el mismo, pero el sistema ahora utiliza un reloj de muestreo externo.

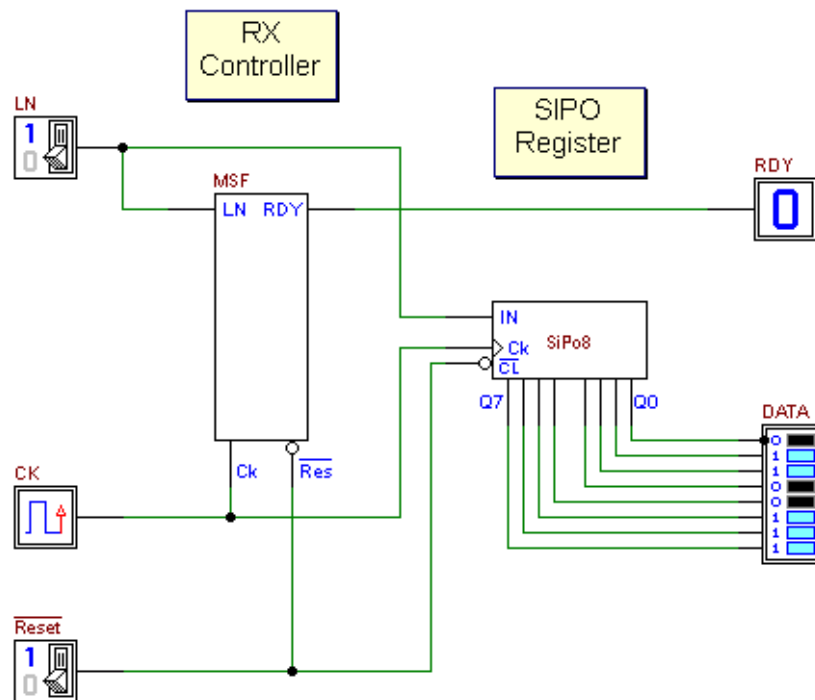


Figura 4. Un receptor síncrono serie

Igual que en el caso anterior, la tarea del estudiante es el diseño del algoritmo de control. Hay que indicar que el problema no es un subconjunto del problema anterior sino que tiene especificaciones diferentes, para evitar repeticiones y mantener la atención del estudiante. La Fig. 5 representa el diagrama de tiempos de la solución.

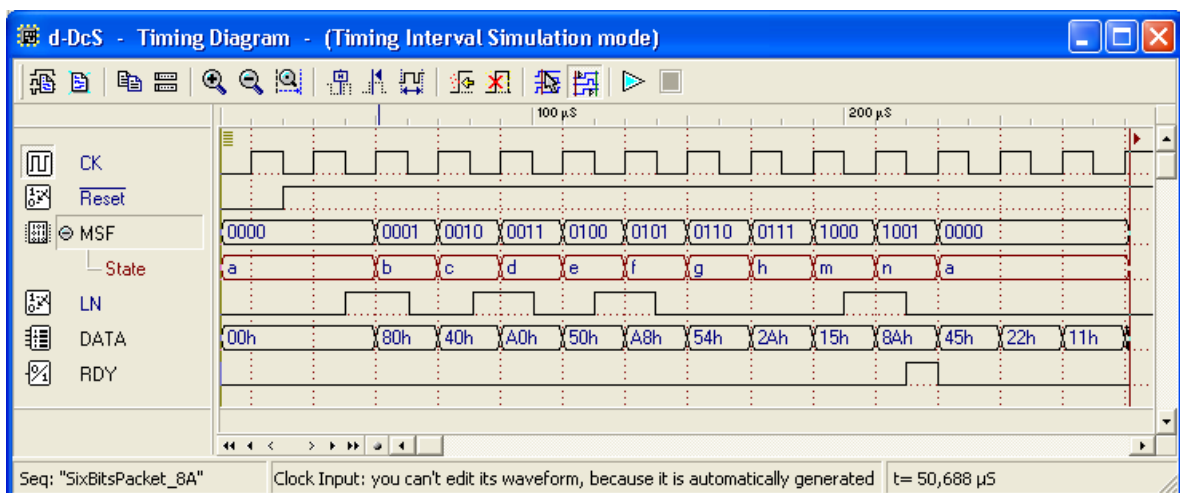


Figura 5. Simulación d-DcS del receptor síncrono serie

Por supuesto, las soluciones al problema se presentan aquí para la conveniencia del lector. En la práctica pedagógica del ABP no publicamos ninguna respuesta ya que esperamos que los estudiantes comprueben sus diseños utilizando los simuladores Deeds. Que un problema esté correcto quiere decir que el diseño final funciona de acuerdo con las especificaciones iniciales. Este objetivo se consigue mediante sucesivas fases de diseño y verificación. Pedagógicamente hablando, intentamos retirar el concepto de “solución” cuando hablamos de sistemas digitales. No es una solución sino un diseño y en casi todos los casos no es uno único. El papel del simulador es por lo tanto central en nuestro enfoque ABP, puesto que hace que el estudiante sea autónomo en su trabajo, retirando la necesidad de tener a alguien comprobando y verificando los proyectos. La idea de proporcionar un conjunto de ejercicios de dificultad cada vez menor esta bien documentado y no muestra límites por debajo ya que todos los problemas pueden hacer referencia siempre a uno mas simple. Por ejemplo, el siguiente problema (un receptor serie de “un bit”, Fig. 6) reduce el proceso de adquisición de datos en serie a su más simple aspecto, permitiendo al estudiante concentrarse en los principios fundamentales.

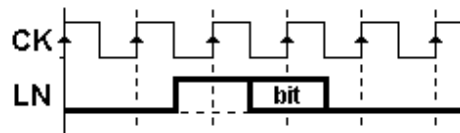


Figura 6. La simple secuencia del receptor de "un bit"

En este caso, el sistema no necesita componentes externos, al utilizar directamente las entradas y salidas de la unidad de control. El diseño viene representado mediante el algoritmo FSM (Fig. 7), a la vez que omitimos aquí el diagrama de tiempos.

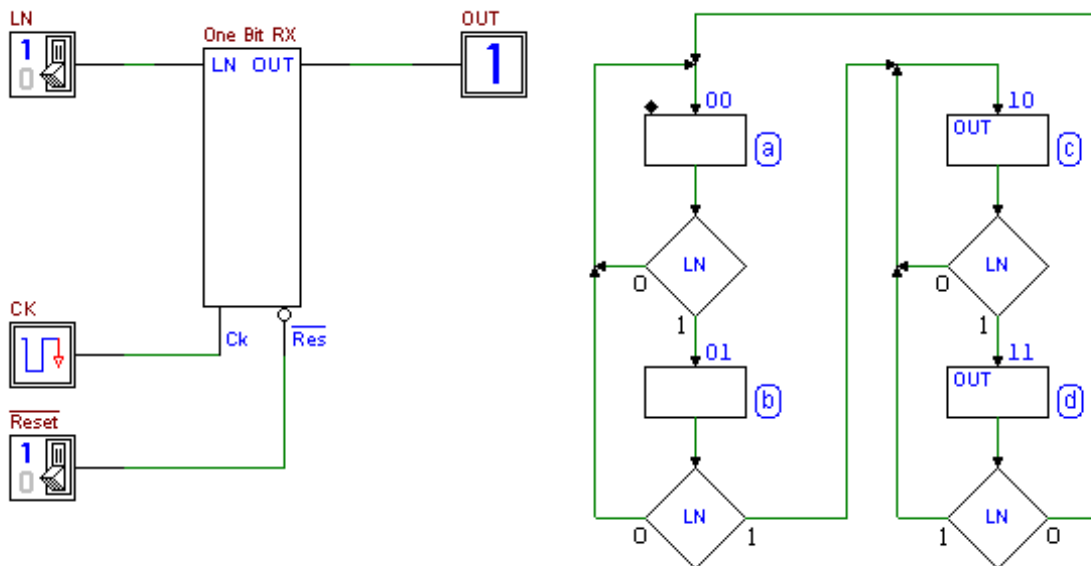


Figura 7. Una posible solución al receptor simple de "un bit"

#### 4. Conclusiones

Presentamos aquí un resumen de las características principales del enfoque ABP.

- Un trabajo de ABP desarrolla los objetivos típicos del diseño digital utilizando un enfoque de resolución de problemas múltiple. Este trabajo muestra el procesado de datos en serie, siendo otros posibles temas sistemas de numeración digitales, aritmética binaria, sistemas controlados por FSM, sistemas de microcomputadores, entre otros.
- La adquisición del conocimiento y de las habilidades tienen lugar mediante el desarrollo de problemas catalogados según la material y su grado de dificultad. Tenemos disponible un repositorio bastante amplio de estos problemas. Hay una total libertad de navegación entre los problemas individuales.
- Los temas teóricos se atacan cuando se necesitan mediante enlaces a un repositorio de material de aprendizaje y referencia.
- Los estudiantes pueden autocomprobar sus resultados mediante la simulación y corregir así sus errores de manera autónoma. Esto asegura la consistencia y el trabajo basado en problemas.
- La integración de cursos ABP en el Sistema de Gestión del Aprendizaje proporciona a los profesores y alumnos un valor añadido para ambos.
- Deeds se ha diseñado específicamente para dar apoyo al Aprendizaje Basado en Problemas no solo en un contexto local sino en un entorno deslocalizado geográficamente. Por lo tanto, se presta muy bien para su implantación en la enseñanza presencial y a distancia, teniendo la posibilidad de ampliar el proyecto a un contexto entre instituciones o incluso internacional.

#### 5. Resultados y evaluación

Deeds, como soporte a los métodos tradicionales de enseñanza, se ha utilizado ampliamente en nuestras instituciones por miles de estudiantes de primero y segundo curso de los estudios de ingeniería en informática. Este proyecto ha tenido un gran éxito como lo demuestran los procedimientos de evaluación durante todos estos años. Como herramienta para cursos ABP, Deeds se ha utilizado en NetPro (Network Based Project Learning)[3] [4], un proyecto europeo dentro del programa Leonardo DaVinci, tanto para cursos locales como para cursos internacionales. La experiencia de estudiantes y de profesores ha sido muy estimulante. Varios los colegas de distintas universidades europeas han adoptado Deeds en su enseñanza.

#### Referencias

- [1] D. Ponta, G. Donzellini *A Learning Environment for Digital Electronics*, proceedings of TAEE2004, Congreso sobre tecnologías aplicadas a la enseñanza de la electrónica, Valencia, Spain, July 14-16, 2004
- [2] Deeds Website: <http://www.esng.dibe.unige.it/netpro/Deeds/>
- [3] D. Ponta, G. Donzellini, H. Markkanen, *Electronic Systems Design: an experiment of Project Based Learning on Network*, *European Journal of Engineering Education*, Vol. 26, N. 4, 1, pp. 375-390 (2001)
- [4] D. Ponta, G. Donzellini, *Internet Based Project Learning for Electronics*, proceedings of TAEE2004, Congreso sobre tecnologías aplicadas a la enseñanza de la electrónica, Valencia, Spain, July 14-16, 2004