

XV JENUI. Barcelona, 8-10 de julio de 2009

ISBN: 978-84-692-2758-9

<http://jenui2009.fib.upc.edu/>

Videjuegos Retro: una propuesta motivadora para integrar diseño electrónico y programación

Antoni Pérez-Poch¹, Alejandro Moser Passani

¹EUETIB – Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona
Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics
Universitat Politècnica de Catalunya
c/ Urgell 187 ; 08036 – Barcelona
antoni.perez-poch@upc.edu

Resumen

En este artículo se describe la introducción de una propuesta de trabajo innovadora para los alumnos de Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica con intensificación en Informática y Telemática, en la EUETIB (Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Barcelona). La propuesta se realiza como síntesis final de la titulación a nivel de Trabajo Fin de Carrera, pero puede realizarse también como parte de alguna asignatura de la intensificación.

Los alumnos fabrican su propio videojuego retro a partir de unas especificaciones iniciales y el uso de un microcontrolador programable. El trabajo incluye diseño de hardware electrónico, programación en lenguaje ensamblador de los videojuegos implementados, así como fabricación y test del prototipo. Así, los alumnos aplican diferentes competencias propias de la intensificación que están cursando e integrarlas en un producto final, cuya característica lúdica hace que sea un objetivo altamente motivador.

El hecho de implementar un videojuego retro de características sencillas, pero totalmente jugable, permite que la dificultad del trabajo sea razonable para su realización en un curso académico. Además, posibilita que el alumno pueda diseñar el hardware del prototipo con un nivel de complejidad apropiado para sus conocimientos.

Los resultados iniciales son satisfactorios y se plantean propuestas para extender la experiencia en próximos cursos.

1. Introducción

Dentro de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica, el PFC (Proyecto Fin

de Carrera) está planteado con un objetivo finalista. Su objetivo en la EUETIB es ofrecer la oportunidad al alumno de poner en práctica los conocimientos y destrezas adquiridos durante la titulación. Se pretende que se produzca un producto final ingenieril que de solución técnica a un problema concreto relacionado con la Electrónica. Además, en la EUETIB se ofrece la posibilidad de una Intensificación que pretende añadirle una especialización en un área de conocimiento concreta.

En nuestro caso, la *Intensificación en Informática y Telemática* pretende dar al alumno unos conocimientos especializados en el ámbito informático y también en relación a la aplicación de la electrónica a las telecomunicaciones. Para tener esta intensificación el alumno debe cursar una serie de asignaturas optativas en la carrera, pero obligatorias para tener esta intensificación. Además, su PFC debe tener como temática principal una implementación de código informático o bien un desarrollo de aplicación en el campo de la telemática.

Para el caso que concierne a la informática, es deseable además que al diseño e implementación del software se añada un trabajo de diseño de hardware electrónico al proyecto. Dado que el número de horas totales que el alumno debe dedicar (del orden de 120 en el primer cuatrimestre de realización del proyecto y 330 en el segundo cuatrimestre) es limitado, es necesario establecer un compromiso entre las horas dedicadas a programación y diseño y realización del prototipo hardware.

Los videojuegos son un campo especialmente motivador para los alumnos. Sin embargo, la alta especialización gráfica y la complejidad hardware de los sistemas de videojuegos actuales hacen que sea difícil que un alumno pueda combinar en su trabajo las dos

partes mencionadas, software y hardware. Sin embargo, los sistemas de videojuegos denominados 'retro' (los que aparecieron en los años setenta y ochenta) presentan menor complejidad de desarrollo sin perder por ello su fondo de motivación al alumno.

Actualmente los microcontroladores ofrecen la posibilidad de recortar el tiempo de desarrollo hardware al integrar gran parte de la complejidad del que sería el circuito electrónico equivalente en un programa realizado en ensamblador.

Un ejemplo de ello es el videojuego 'pong', un clásico de la era analógica de los videojuegos que consistía en un juego de ping-pong primitivo que utilizaba la propia televisión. Si bien la complejidad del circuito electrónico que forma una consola original de este tipo es elevada, esta complejidad se reduce si el circuito se implementa con un microcontrolador electrónico [1].

Además, esta opción de diseño de hardware tiene la ventaja de su flexibilidad con respecto al prototipo con componentes discretos. En efecto, es posible alterar el juego ofreciendo nuevas y variadas opciones, o incluso proponer juegos totalmente nuevos o basados en otros clásicos de la época. Con el uso del microcontrolador se puede dar opción a la creatividad del alumno, y que además se ejercite en la implementación de programas en un lenguaje específico que no ha sido cubierto antes en otras asignaturas.

En los siguientes apartados se describe un proyecto piloto de esta estrategia [2], con detalles de su diseño e implementación para que pueda ser reproducible por parte de los profesores y alumnos interesados en la materia.

El montaje desarrollado está formado por un hardware y un software. El hardware permite crear un vínculo con el exterior, permitiendo que los jugadores interactúen con él. Todo este hardware se controla mediante un software grabado en el microcontrolador. De esta manera se consigue que la unión de estos dos elementos funcionen, obteniendo así una videoconsola moderna pero con aspectos retro.

2. Metodología de trabajo

¿Cómo empezar a trabajar en nuestra docencia con los videojuegos Retro? La primera decisión consiste en plantearse qué objetivos didácticos se pretenden.

¿Deseamos realizar un Proyecto Fin de Carrera, una práctica de una asignatura? ¿O incluso basar toda la metodología de una asignatura en la realización de un proyecto, como se hace con PBL (*Project Based Learning*)?

El proyecto que se muestra en este artículo es de suficiente envergadura como para realizar dos proyectos fin de carrera enteros. Se trata de un trabajo que debe potenciar el trabajo autónomo del alumno, y sintetizar los conocimientos adquiridos durante la titulación.

En nuestro caso, dividimos la realización del PFC (Proyecto Fin de Carrera) en dos asignaturas cuatrimestrales:

- PFC-1: Anteproyecto.
- PFC-2: Realización del Proyecto.

2.1. Anteproyecto

La primera asignatura tiene 6 créditos de trabajo no presencial y autónomo. En él se pide que el alumno demuestre que será capaz de realizar físicamente el proyecto pedido en la segunda fase del PFC. Al final del primer cuatrimestre el alumno ha de ser capaz de:

- Haber definido los objetivos generales y específicos de su proyecto.
- Haber planteado diversas alternativas técnicas y justificar la elección de una de ellas como la más idónea.
- Describir la Ingeniería de Concepción de su futuro proyecto: ¿qué diseño va a tener? ¿con qué metodología de trabajo va a realizarse? ¿cuál es el esquema de bloques del diseño final?
- Realizar un Cronograma con la planificación detallada de su propio trabajo en la segunda fase.
- Realizar un análisis de puntos críticos e hitos del proyecto, mediante un Diagrama de Gantt o similar.

- Prever los recursos necesarios, tanto técnicos como económicos.

En resumen, se trata de realizar un ‘Anteproyecto llave en mano’. El anteproyecto debe ser suficientemente explicativo y detallado para que cualquier otro proyectista fuese capaz de desarrollar el proyecto entero.

Por supuesto, en un proyecto como éste donde se unen programación y diseño de hardware es necesario realizar un primer prototipo. En el PFC-1 se pide, pues, que el alumno demuestre que tiene unas mínimas destrezas con las herramientas de desarrollo que va a utilizar. ¿Conoce la familia de microcontroladores que va a usar? ¿Sería capaz de hacer un programa en bajo nivel sencillo, compilarlo y ejecutarlo? ¿Dispone del banco de desarrollo y sabe cómo hacerlo funcionar? Algunos alumnos han utilizado estas técnicas en asignaturas y otros no. Es importante hacer una selección previa del alumnado poniendo los requisitos que se crean oportunos. En caso que el alumno tenga carencias tiene el primer cuatrimestre para ponerse al día, antes de que el programa de trabajo del segundo cuatrimestre se le venga encima.

En nuestro caso, optamos por una tutorización del proyecto presencial y semanal, de manera que se lleva un registro de los avances del alumno a lo largo del curso.

Esta parte de evaluación continua cuenta un 40% de la nota final del PFC-1, y la entrega final un 60%. En la entrega final el alumno debe presentar una memoria con los contenidos mencionados anteriormente, además del prototipo.

En el caso concreto que nos ocupa, ¿qué pautas específicas recomendamos para el alumno?

Creemos que el proyecto debe ser en primer lugar, bien dimensionado. Ni demasiado fácil ni demasiado extenso. La mayoría de consolas de videojuegos actuales son extraordinariamente complejas. Queda fuera de lugar realizar una videoconsola como un proyecto fin de carrera.

Sin embargo, los videojuegos Retro como el proyecto que presentamos en este artículo son suficientemente sencillos para poder incluir ambas cosas: la programación del videojuego y el diseño electrónico de la propia consola. Los

microcontroladores son de gran utilidad, ya que reducen la complicación del diseño de hardware, y permiten evaluar la destreza de programación a bajo nivel del alumno.

Para el PFC-1 proponemos pues, que como mínimo, el alumno realice, no necesariamente en orden secuencial:

- Diseño del programa-juego a realizar.
- Realización de rutinas básicas.
- Pruebas con el simulador de programación del microcontrolador. Entrenamiento con el kit de desarrollo.
- Análisis y elección del microcontrolador óptimo para el programa escogido.
- Análisis y elección del display a utilizar: leds individuales, matriz de leds, etc.
- Diseño de bloques del circuito electrónico que formará la consola.
- Diseño inicial de la placa de circuito a impreso, sin optimizar.

El profesor-tutor deberá evaluar al final el PFC-1 haciéndose la pregunta: ¿a la vista del trabajo realizado, el alumno será capaz de realizar la videoconsola con el juego funcionando, en el segundo cuatrimestre? Si la respuesta es que no, deberemos esperar otro cuatrimestre para abordar la tarea de realizar el PFC-2. Si la respuesta es que sí, pasaremos con entusiasmo a la siguiente fase.

2.2. Realización del proyecto.

Abordamos ahora la tarea de tutorizar al alumno hasta la finalización del videojuego.

Como hemos comentado, el punto crítico creemos que es el de dimensionar correctamente el proyecto de manera que sea factible realizarlo por parte del alumno. Esta tarea ya está hecha en este momento. Ahora el alumno debe ejecutar el anteproyecto que él mismo ha presentado.

El profesor tutor tendrá un doble rol, por un lado el del cliente final, que quiere que su trabajo esté acabado en la fecha prevista, y con unos mínimos criterios de calidad.

Por otro lado, el profesor tutor estará atento a hacer recomendaciones al alumno y orientarlo,

es decir hará de gestor del proyecto por encima de la planificación acordada.

En la evaluación del PFC-2, como es tradicional, hay un tribunal, que en nuestra Escuela está formado por dos profesores de la propia área de conocimiento y un profesor de otra área de conocimiento distinta. El profesor tutor no forma parte del tribunal, pero es habitual que su opinión sea escuchada por el tribunal y tenida en consideración.

Por todo ello, continuamos con la política de evaluar periódica y presencialmente al alumno, una vez por semana, en base a objetivos parciales establecidos previamente.

Además, el alumno ha de presentar una memoria que está estandarizada según unas pautas publicadas por la escuela. Como mínimo, la memoria debe contener:

- Los apartados del Anteproyecto que sean relevantes para el producto final.
- Descripción de la Ingeniería de Detalle: qué componentes se han utilizado, cuál es el circuito utilizado, qué subprogramas forman parte del código y cuál es su estructura.
- Un apartado de bibliografía y conclusiones.
- Anexos con los planos del circuito impreso, las hojas de referencia de los componentes y el código utilizado.
- Aspectos legales: Normativas de aplicación.

En el caso que nos ocupa es importantísimo tener el prototipo hardware realizado cuanto antes. De esta manera la tarea de hacer pruebas con el programa del microcontrolador se simplifica. Algunos microcontroladores disponen de un kit de desarrollo con simulador, pero muchas veces al pasar el diseño al prototipo real aparecen nuevos problemas técnicos que hay que abordar.

No hay que olvidar las pruebas o test de funcionamiento y usabilidad, que deben ser debidamente diseñadas y detalladas en la memoria. El alumno al final ha de ser capaz de describir el ciclo entero de vida del proyecto, desde su concepción a partir de los requisitos de

un jugador de la videoconsola, hasta su prueba real con la retroalimentación correspondiente.

La memoria final debe incluir también una Guía del Usuario del videojuego, y un Presupuesto completo.

La evaluación final se basa en la defensa tradicional del PFC mediante una exposición oral y preguntas, junto con una demostración práctica del elemento hardware implementado.

2.3. Otras propuestas didácticas

A pesar de que nuestra experiencia se basa en un Proyecto Fin de Carrera, creemos como hemos comentado anteriormente que también se puede adaptar a parte o una asignatura entera.

En este sentido, se puede programar como un proyecto por partes para una asignatura de Diseño de Hardware Electrónico. La realización de estas prácticas pueden plantearse a partir de guiones realizados adhoc, de manera que los alumnos vayan construyendo incrementalmente la placa, y posteriormente se puede programar también el microcontrolador.

También puede ser adecuado para una asignatura de Informática Industrial, o Programación de Microcontroladores. Proponemos aquí que la placa del videojuego se entregue ya realizada a los alumnos, y que éstos se centren en las tareas de programación.

Finalmente, aquí se ha planteado el proyecto como algo de realización individual, pero estimamos que tiene suficiente entidad para como realizarlo en parejas, o bien en grupos mediante metodología cooperativa. Por ejemplo, cada grupo podría programar un juego determinado y realizar al final una competición entre ellos.

Una opción que parece muy razonable para una asignatura de últimos cuatrimestres es basarla en un proyecto como éste, de manera que la evaluación de toda la asignatura se basa en la implicación de varios alumnos. Para ello el profesor debe establecer objetivos parciales, mecanismos periódicos de evaluación y autoevaluación formativa e interacciones de cooperación. Se trata de la metodología de aprendizaje basada en proyectos (PBL, Project Based Learning), que cada vez podemos encontrar más a menudo en nuestras universidades.

3. Descripción de una experiencia práctica.

A continuación mostramos un ejemplo que puede servir de guía para el docente que quiera aplicar esta idea. Para más detalles pueden consultarse las referencias mencionadas en la bibliografía [1,2].

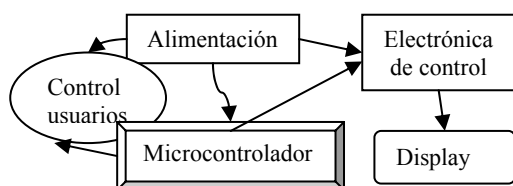


Figura 1. Diagrama de bloques del hardware

Pasamos a describir el esquema de los elementos generales de los que consiste todo el conjunto del hardware de nuestro prototipo. En el hardware se distinguen dos partes claramente determinadas por las funciones que realizan:

- La parte de control, que se encarga como su nombre indica de controlar todos los elementos presentes en el circuito.
- El circuito que se encarga de la visualización del videojuego, que está formada por cuatro matrices de leds de cinco filas por siete columnas.

3.1. Diseño del hardware

El elemento más importante del esquema de la placa de control es el microcontrolador 18F452, que con sus 32 Kbyte de memoria de programa, y sus entradas analógicas de 10 bits es el encargado de albergar y ejecutar el programa que controla el resto del hardware para hacer posible el funcionamiento de esta videoconsola.

Una parte también importante del circuito es la que permite interactuar a los jugadores con el juego. Por un lado se encuentran los joysticks que permiten a los jugadores mover las raquetas por el campo así como también seleccionar el juego deseado.

Y por otra parte se encuentran los diferentes interruptores y pulsadores con los que se pueden

controlar diversos aspectos de los juegos como la velocidad de juego, la selección de los juegos, selección de dificultad y reinicio de la consola.

Para el desarrollo se han usado técnicas habituales en el diseño de placas de microcontroladores y lenguaje ensamblador descritas en la bibliografía [3,4,5].

Los elementos que se encuentran en la placa de control son componentes estándar como por ejemplo el regulador 7805 que se encarga de asegurar que la alimentación del circuito sea de 5 V casi perfecta. También se encuentran los interruptores y pulsadores con los que el usuario puede interactuar con el juego. Están conectados de tal manera que mientras el contacto esté abierto el micro reciba un nivel alto, y al cerrar dicho contacto reciba un nivel bajo.

En la placa donde se encuentra la pantalla por donde se mostrara los juegos intervienen pocos elementos haciendo bastante sencillo su comprensión. En la figura 2 se muestra el conexionado de las matrices que componen la pantalla. Como se puede observar cada matriz solo dispone de una conexión para cada una de sus filas enteras y otra para cada columna entera, pudiendo controlar sus leds con coordenadas.

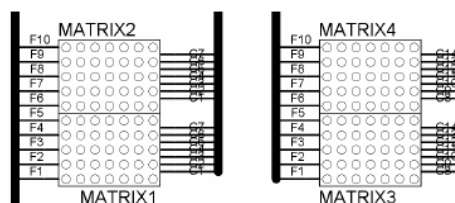


Figura 2. Matrices de leds

Para poder visualizar la puntuación de los jugadores en cada uno de los juegos se han utilizado 2 displays de 7 segmentos de color rojo.

3.2. Programación y desarrollo del software.

El software desarrollado se ha escrito con lenguaje ensamblador para optimizar el código. El programa completo consta de 3 juegos míticos en los inicios del mundo de las videoconsolas. Entre ellos encontramos los conocidísimos Pong, Fútbol y Arkanoid.

Al encender la consola lo primero que

aparece por pantalla es el menú de selección de juego. La siguiente figura muestra un ejemplo del menú de selección.



Figura 3. Pantalla de inicio.

Cuando el jugador selecciona el juego del Pong el software inicia una serie de rutinas iniciales de control de variables, donde da valores determinados para poder ejecutar correctamente el juego. En este juego las interacciones posibles son las siguientes:

- 2 jugadores simultáneos. El juego está diseñado para que jueguen 2 personas, una contra la otra.
- Opción de 2 velocidades de juego. Se permite elegir la velocidad lenta o rápida.
- Posibilidad de reiniciar la consola. Se permite finalizar el juego cuando se desee e ir al menú de selección.
- Saque de la bola. Permite realizar el saque de la bola.

La figura siguiente muestra la consola ejecutando el juego del Pong. En los extremos se ven las palancas de juego, y en la parte superior derecha el display con la puntuación del juego.



Figura 4. Juego Pong en acción.

En el caso que el jugador seleccione el juego del Fútbol el puntero del programa saltará a la posición donde se encuentra el código del juego. Este juego es bastante parecido al Pong, ya que mantiene las mismas opciones de interacción con el usuario y mantiene su aspecto visual en parte.

La gran diferencia es que se han dotado a cada jugador de unas raquetas extras, simulando a delanteros de fútbol. Ahora cada jugador, aparte de disponer de la raqueta de portero que mantiene el aspecto de las del Pong, dispone de una raqueta delantera. Aunque parezca una versión muy parecida al Pong, ésta proporciona una jugabilidad más entretenida y difícil de controlar, haciéndola más amena. La figura 10 muestra el campo de juego del Fútbol.

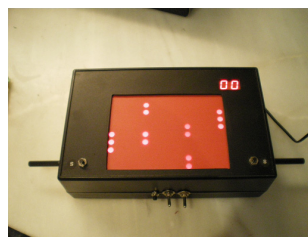


Figura 5. Juego Fútbol

El tercer y último juego consiste en el Arkanoid. Se trata de un juego en el que mediante una bola se ha de ir derribando los distintos ladrillos que conforman las estructuras de cada pantalla. La finalidad del juego es derribar todos los ladrillos de todas las pantallas evitando perder vidas. El juego finaliza al llegar a los 99 puntos. La bola se controla mediante una plataforma similar a la de los otros juegos.

Las interacciones entre el usuario y la consola cambian ligeramente respecto a los otros juegos:

- Juego para un solo jugador. El juego solo dispone de un joystick.
- Botón de saque. Opción igual para todos los juegos.
- Pulsador de reinicio.
- Velocidad rápida y lenta

- Dificultad fácil o difícil. Esta opción es solo para el Arkanoid. La pala del jugador se hace más grande o más pequeña.

En este juego la estructura sigue siendo la misma, aunque las instrucciones son totalmente distintas. Ahora aparte de controlar una raqueta, y el movimiento de la bola, y que el jugador no falle se le añade el control de pantallas. El programa tiene que cargar cada pantalla cogiendo los datos de una tabla.

La parte más complicada y destacada del juego es el control de choque, ya que en este caso tiene que mirar si choca con algún ladrillo dependiendo la dirección y sentido de la bola. Se puede decir que de los 3 juegos éste es el más complejo, debido a la interacción que se ha de conseguir con las diferentes pantallas. En la siguiente figura se puede ver una pantalla del juego.



Figura 6. Juego Arkanoid

Como vemos, la propuesta presentada es suficiente flexible para complicar más o menos la tarea tanto del diseño de hardware como de programación. Existen numerosos juegos básicos que pueden también implementarse. El profesor podrá adaptar esta propuesta al nivel y ámbito docente que corresponda, y podrá además ofrecer retos de creatividad a los alumnos proponiendo que diseñen nuevos juegos con los que entretener a sus amigas y amigos.

4. Conclusiones

Se ha descrito una propuesta de trabajo para los alumnos de Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial consistente en un

prototipo de videojuego de era retro desarrollado con un microcontrolador específico.

Este desarrollo cumple las condiciones que se requieren para un PFC de la titulación con la intensificación en Informática y Telemática.

Esta propuesta aúna competencias de programación y de diseño de hardware por parte del alumno, aplicadas a un producto final de temática altamente motivadora.

De la evaluación sobresaliente del proyecto por parte del tribunal evaluador, y la elevada motivación conseguida en los alumnos involucrados se desprende que esta aproximación es un buen camino a seguir.

En próximos cuatrimestres nos planteamos ampliar el espectro de PFCs propuestos con esta temática, e introducir el microcontrolador utilizado en prácticas de otras asignaturas de la intensificación.

Esta aproximación es perfectamente realizable y ampliable por parte de otros alumnos y docentes de nuestras universidades, dado el carácter estándar y accesible del material requerido para su desarrollo.

El mundo de los videojuegos Retro se presenta en este artículo como una oportunidad para abrir puertas a la creatividad de nuestros alumnos, alumnas y docentes de la ingeniería.

Bibliografía

- [1] 'Pocket Pong. Un juego antiguo con hardware moderno'. Elektor, N° 291, págs 58-61, 2004 . ISSN 0211-397X.
- [2] 'Videoconsola con microcontrolador'. Alejandro Moser Passani, Proyecto Fin de Carrera. EUETIB.
- [3] 'Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones'. José María Usategui. Ed. Paraninfo.
- [4] 'Microcontroladores PIC, La solución en un Chip'. E. Martín Cuenca y I. Angulo Martínez. Ed. Paraninfo.
- [5] 'Programación en ensamblador', Francisco Charte Ojeda. Ed. Anaya, 2003.

