



## La caza de fantasmas con Karnaugh

F.J. González-Cañete<sup>a</sup>, M. Ruiz García<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Málaga, ETSI de Telecomunicación, Dpto. Tecnología Electrónica, fgc@uma.es

<sup>b</sup>Universidad de Málaga, ETSI de Telecomunicación, Dpto. Tecnología Electrónica, mcruiz@uma.es

### Abstract

This article describes an experience carried out in a basic subject related to design with digital circuits. The experience aims to provide students with an entertaining way of solving a digital design problem based on sensors and actuators through gamification, but with a descriptive and fun contextual perspective. The results obtained have been satisfactory according to the opinion of the students who were the target of the experience.

*Keywords:* digital electronics, gamification, Karnaugh maps, ghostbusters.

### Resumen

En el presente artículo se describe una experiencia realizada en una asignatura básica relativa al diseño con circuitos digitales. La experiencia pretende acercar al alumnado de forma entretenida mediante gamificación la resolución de un problema de diseño digital basado en sensores y actuadores, pero con una perspectiva descriptiva y de contexto divertida. Los resultados obtenidos han sido satisfactorios según la opinión del alumnado objetivo de la experiencia.

*Palabras clave:* electrónica digital, gamificación, mapas de Karnaugh, caza de fantasmas.

### 1. Introducción y objetivos

Una de las mayores preocupaciones presentes en las Escuelas de Ingeniería y, más concretamente en la ETSI de Telecomunicación de la Universidad de Málaga, radica en los altos índices de abandono que en ellas se producen en los primeros cursos. El escenario de la innovación docente que en este artículo se presenta se circunscribe en la asignatura denominada Tecnología Electrónica de primer curso del Grado en Ingeniería de Sistemas Electrónicos. En estas asignaturas de primer curso, en las que se inicia al alumnado en los conceptos básicos de la electrónica dentro de un grado especialmente orientado a dicha disciplina, la aproximación metodológica a seguir es esencial de cara a la facilidad (o dificultad) para interiorizar conceptos básicos necesarios para materias posteriores [1]. Además, y precisamente por ser de primeros cursos, el uso de una metodología docente incorrecta, se

identifica como una de las posibles causas de la alta tasa de abandono comentadas anteriormente [2].

Para mitigar dicho problema, se pretende crear unas condiciones adecuadas para el aprendizaje, potenciando la motivación por aprender además de fomentar la participación activa del alumnado en dicho aprendizaje evitando, en la medida de lo posible, metodologías tradicionales estrictas basadas en clases magistrales y realización de ejercicios meramente académicos alejados de diseños reales o aplicables al mundo real [3]. Posibles opciones de metodologías activas de aprendizaje para la electrónica básica que incentiven al alumnado y hagan el aprendizaje más atractivo además de eficiente pueden ser el uso de la clase invertida [4], del aprendizaje basado en proyectos [5], o de la gamificación [6].

La propuesta de actividad docente que se presenta en este artículo está ligada a las técnicas de gamificación y a la necesidad de usar recursos que ayuden al estudiante a mantener la atención activa que el aprendizaje significativo requiere.

La tradicional clase magistral es una metodología perfectamente válida, pero coincidimos con Medina Moya [7] en la necesidad de apoyar a la clase expositiva con otros recursos que ayuden al estudiantado a mantener la atención activa que el aprendizaje significativo requiere. En esta línea, se propone al alumnado la realización de un diseño de electrónica digital, pero con un entorno absolutamente sorprendente. Anteriormente se publicó una experiencia similar [8] en la que se buscaba diseñar un sistema para decidir si era adecuado un paseo romántico por la playa. Si bien la temática del diseño era propia para la edad del alumnado, en la experiencia que nos ocupa ahora se han incluido más elementos para la estimulación, como la creación de un entorno irreal, la temática del miedo y, sobre todo, los elementos cómicos. De este modo, el ejercicio tiene las siguientes fases claramente diferenciadas:

1. Fase de planteamiento. Se describe un entorno intrigante, imaginativo e irreal para atraer la atención del alumnado.
2. Fase de definición de variables. Como una historia original se presentan las variables para interesar al alumnado en el desarrollo del reto. En esta fase se usa la teatralización presentando sensores irreales necesarios para solucionar el problema propuesto. Además, se presentan fotos de los especiales actuadores de salida en los que se incluyen elementos cómicos.
3. Fase de especificación. Se continúa usando un lenguaje de intriga para describir la problemática del entorno, es decir, las condiciones que nos determinan el diseño digital a desarrollar. Se pretende estimular al alumnado para que estén interesados en realizar el diseño y así aprender de forma más eficiente.
4. Abstracción. Se convierten todas las especificaciones a notación binaria creando la tabla de verdad. Esta fase resulta muy divertida dado que todo se refiere a elementos irreales.
5. Caza con Karnaugh. Aparecen los mapas de Karnaugh, finalmente vamos a dar solución al problema, esto es, convertir la tabla de verdad a su equivalente en álgebra de Bool y así realizar una implementación simplificada y optimizada con puertas lógicas digitales.

## **2. Diseño de la actividad**

### **2.1. Contexto de la innovación y problemática concreta a resolver**

Esta actividad se ha realizado dentro de la asignatura Tecnología Electrónica del grado Ingeniería de Sistemas Electrónicos, que cuenta con un total de 6 créditos (60 horas presenciales), de los cuales 4,2 se realizan en grupo grande en el aula y 1,8 en grupos reducidos en el laboratorio docente. Se trata de un grado con atribuciones profesionales y, por tanto, con sus competencias reguladas por la orden CIN/352/2009. La actividad pretende incidir en dos de las competencias cuyo desarrollo parcial tiene asignada la asignatura, una de formación básica y otra de formación general.

Respecto a la competencia de formación general, se trata de la capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas.

Respecto a la competencia de formación básica, uno de los objetivos de aprendizaje que comprende es que el alumnado conozca, sepa manejar y sepa aplicar los conceptos básicos de lógica digital: álgebra de Boole, tablas de verdad y simplificación de funciones mediante mapas de Karnaugh. Dentro del álgebra de Boole, el análisis de los minitérminos y maxitérminos, así como la simplificación con mapas de Karnaugh se ha ido introduciendo paulatinamente con ejercicios en los que se iba aumentando la complejidad. Se ha venido observando que este proceso resultaba un tanto pesado para el alumnado: demasiadas tablas llenas de unos y ceros, siempre la misma dinámica y, normalmente, sin que el alumnado tuviera una motivación intrínseca para conseguir la solución de los ejercicios, especialmente cuando los ejercicios se centran en resolver un ejercicio basado en funciones lógicas que no tienen relación con ninguna magnitud física o a la que se le ve alguna aplicabilidad a la solución de un problema del mundo real.

### **2.2. Objetivos de la actividad**

En el contexto recién descrito y el afán de solventar en parte los problemas descritos, la actividad se diseñó con los siguientes objetivos:

Docentes (desde el punto de vista de la adquisición de las competencias)

1. Convertir un enunciado del mundo real con una serie de requerimientos a una abstracción lógica optimizada para ser implementada como un circuito real.
2. Optimizar el diseño empleando las técnicas adecuadas para ello.
3. Proyectar estas habilidades en el desarrollo de diseños más complejos en asignaturas futuras.
4. Desarrollar la capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones y creatividad

De mejora de la metodología tradicional

1. Conseguir que el alumnado se interese por la técnica de los mapas de Karnaugh planteando su uso para la resolución de un problema no electrónico.
2. Acercar los enunciados tradicionales de diseño al entorno de vida del alumnado, estimulando su creatividad y su deseo de aprender.

3. Estimular la participación del alumnado.

### **3. Descripción de la actividad y resultados**

Para desarrollar los objetivos planteados se desarrolla una actividad con las siguientes fases:

1. Fase de planteamiento. El entorno irreal que se usa para plantear la actividad es el siguiente:

“Una empresa, encargada de ahuyentar fantasmas de casas encantadas tiene un importante trabajo en una enorme casa. Se cuenta con la especial información de cuatro sensores especiales para detectar presencias del otro mundo.”

Objetivo: Motivar al alumnado atrayendo su atención.

2. Fase de definición de variables. Se presentan sensores irreales absolutamente necesarios para detectar a los fantasmas. Estas son las variables de entrada del sistema:

- Un sensor de movimiento paranormal.
- Un detector de psicofonías.
- Un sensor de temperatura.
- Un sensor de material ectoplásmico

En segundo lugar, se describen los cómicos actuadores que echarán a nuestros fantasmas o entes indeseables:

- Un martillo pilón anti fantasmas que golpea al alma en pena para hacerlo desistir de sus intentos de asustar al personal.
- Un equipo de música Dolby Surround 13.1 con el último disco de Camela (infalible a la hora de ahuyentar seres ectoplásmicos).
- Una caldera para subir la temperatura (de todos es sabido que a los fantasmas les gusta el frío).

3. Fase de especificación.

Es el momento de establecer cuándo se activan cada una de las salidas en función de las variables de entrada. Todo esto se realiza en un entorno creativo y con muchos elementos cómicos, tratando de motivar al alumnado y de hacer que mantenga la atención en el problema a resolver.

El funcionamiento del sistema será el siguiente:

- Tendremos que encender la calefacción para subir la temperatura cuando se detecte que la temperatura baja por debajo de un nivel establecido siempre y cuando no haya material ectoplásmico, ya que se comporta con el calor como los gremlins con el agua. Para estar seguros de que la bajada de temperatura ha sido causada por un fantasma y no por una ventana mal cerrada tendremos también que detectar movimiento.

- En el caso de que se detecte movimiento y baje la temperatura (claro síntoma de la presencia de un espectro) conectaremos la música, aunque también lo haríamos si se detecta una psicofonía (para acallar las voces de ultratumba con “otras voces”) o si se detecta material ectoplásmico (que será disuelto por las ondas sonoras)
  - Por último, se activará el martillo si se detecta movimiento (arreándole al ente del más allá un golpe místico que haga temblar su ser) pero siempre que no haya material ectoplásmico, lo que causaría que se despedazara generando pequeños fantasmillas indeseables.
4. Abstracción. En este punto se mueve al alumnado a realizar el primer esfuerzo importante en un diseño digital, convertir un enunciado del mundo real a valores lógicos, identificando señales de entrada y de salida y relacionándolas en tablas de verdad. La irrealidad del sistema ayuda a que el proceso sea un aprendizaje divertido.
  5. Caza con Karnaugh. Esta es la fase más importante en el diseño, usar los mapas de Karnaugh para simplificar las tablas de verdad y poder obtener funciones simplificadas y así poder implementar mediante el menor número de puertas lógicas las funciones obtenidas que nos permitan cazar a los fantasmas.

#### **4. Resultados**

Esta experiencia se realizó como parte del bloque de clases de electrónica digital dentro de la asignatura Tecnología Electrónica. Al concluir, se le pidió al alumnado que, de forma anónima, señalara los aspectos positivos y negativos de esta docencia. No se señala nada negativo, sino todo lo contrario, muestran su gran aceptación de este tipo de clases con expresiones personales como:

- “Los juegos te ayudan a comprender mejor y te divierten”
- “Clases amenas por los juegos realizados”
- “El dinamismo en clase ha ayudado a toda la clase a estudiar”
- “Tengo muchas clases favoritas, la clase embrujada fue top”

Estos resultados nos confirman el efecto positivo de todos los elementos de estimulación de esta experiencia para el seguimiento y aprendizaje de la asignatura.

#### **5. Conclusiones y líneas futuras**

El objetivo de esta experiencia es el aprendizaje y puesta en práctica del proceso de conversión de un enunciado del mundo real, con una serie de requerimientos, a una abstracción lógica optimizada para ser implementada como un circuito real basado en puertas lógicas digitales. En este proceso se incluyen elementos sorprendentes, creativos y cómicos para atraer la atención del alumnado y estimular así su participación.

Los resultados obtenidos son muy buenos, el alumnado manifiesta como la experiencia les ayuda a aprender y hace que realicen los ejercicios de buen grado. Por este motivo estamos

animados a continuar realizando la experiencia con objeto de valorar si esta buena acogida por parte del alumnado se continúa en el tiempo.

Adicionalmente, este mismo ejercicio se realizará en la asignatura que continúa a Tecnología Electrónica, denominada Diseño Digital, una asignatura obligatoria de segundo curso. En esta asignatura se volverá a plantear este ejercicio, pero se realizará la solución siguiendo dos tipos de implementaciones diferentes. Mientras que en la experiencia que nos ocupa en el presente artículo se realiza la implementación usando puertas lógicas digitales, en la asignatura Diseño Digital se realizará una implementación usando por un lado memorias ROM que almacenan los valores de las tablas de verdad obtenidas y por otro usando el lenguaje de descripción hardware VHDL.

## 5. Agradecimientos

El presente trabajo ha sido financiado en parte por el Proyecto de Innovación Educativa PIE-163 (Tutorización y orientación profesional en GISE) y por el I Plan Propio Integral de Docencia, ambos de la Universidad de Málaga.

## 6. Referencias

- [1] Herman, G. L., Loui, M. C., & Zilles, C. (2011). Students' misconceptions about medium-scale integrated circuits. *IEEE Transactions on Education*, 54(4), 637–645. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2104361>.
- [2] López-Cózar Navarro, C., Benito Hernández, S., & Priede Bergamini, T. (2020). Un análisis exploratorio de los factores que inciden en el abandono universitario. *REDU: Revista de Docencia Universitaria*, 18(2). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7692557.pdf>
- [3] Fernández March, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio Siglo XXI*, 24(0), 35–56.
- [4] Yelamarthi, K., & Drake, E. (2015). A Flipped First-Year Digital Circuits Course for Engineering and Technology Students. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 179–186. <https://doi.org/10.1109/TE.2014.2356174>
- [5] Jordana, J., & Robert, F. J. (2015). A course on digital electronics based on solving design-oriented exercises by means of a PBL strategy. *International Journal of Engineering Education*, 31(1), 238–247. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84921859681&partnerID=40&md5=be9c3e1f1f2496821682d9ceb00846ea>
- [6] Dochtsis, R., Kotsifakos, D., & Douligeris, C. (2021). An Escape Room Game for Learning Digital Electronics in Vocational Education and Training (VET) BT - Internet of Things, Infrastructures and Mobile Applications (M. E. Auer & T. Tsiatsos (eds.); pp. 664–674). Springer International Publishing.
- [7] J. L. Medina Moya y B. Jarruta Borrascas (2013), *Enseñanza y aprendizaje en la educación superior*, Síntesis.
- [8] Ruiz García, M. y García Berdonés, Carmen; Un paseo romántico por la playa: jugando con los mapas de Karnaugh; XXVIII Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, 2021