

# Prototipado de Circuitos Integrados a Partir de Esquemas Electrónicos

Patricia Ruiz

Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial, Escuela Superior de Ingeniería, Universidad Cádiz.

[patricia.ruiz@uca.es](mailto:patricia.ruiz@uca.es)

**RESUMEN:** El alumnado de los grados en Ingeniería Electrónica Industrial y en Ingeniería Eléctrica llegan a tercero sin haber realizado un circuito integrado. Este proyecto ha permitido a los estudiantes a probar distintas técnicas de impresión, revelado y atacado. Además, les ha permitido analizar el circuito y ver dónde están los fallos cuando el funcionamiento no es el adecuado y agudizar el ingenio para conseguir lo que quieren con cosas cotidianas que tienen a su alcance. Como resultado, a parte de consolidar los conceptos teóricos de manera práctica, han podido comprobar que aunque parece un proceso muy complejo, en realidad es factible y lo pueden realizar en sus casas. Eso les animará a crear circuitos de manera autónoma.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño industrial, esquemas electrónicos, diseño de circuitos, circuitos integrados, PCB.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto se desarrolla dentro de la asignatura de Dibujo Industrial (DI) que se imparte en el primer semestre del tercer curso, en varias titulaciones de la Escuela Superior de Ingeniería. Está compuesta por una parte teórica, y otra práctica. La carga de horas dedicadas a las prácticas es mucho mayor que la de teoría, siendo esta de 3,5h semanales frente a las 1,5 h de teoría. Además está dividida en distintos bloques, siendo uno de ellos la realización de croquis de esquemas electrónicos que darán lugar a la creación de circuitos integrados (CI).

Aunque sea una asignatura común a los distintos grados de ingeniería, los contenidos específicos difieren adecuándose a cada una de las titulaciones. En el caso que nos ocupa, nos vamos a dirigir al alumnado que está cursando dibujo industrial en dos grados concretos: grado en Ingeniería Electrónica Industrial y en el grado de Ingeniería Eléctrica.

Habitualmente cuando se llega al bloque de los esquemas electrónicos, se explica entre otras cosas cuál es el proceso para la realización de un circuito impreso, pero de manera teórica. Hasta ahora, además, en las clases prácticas se realizaban los esquemas electrónicos a mano alzada, y esto suponía una gran apatía por parte del alumnado. Esto se debe a varias cosas, en primer lugar, porque no creen que sea necesario realizar los esquemas a mano alzada, ya que hoy en día existen programas informáticos que lo realizan de manera automática. Por otro lado, aún siendo alumnos de tercer curso, nunca han realizado un circuito integrado real, por lo que cuando se les explican las distintas técnicas para crearlos ni si quiera las conocen, ni han oído hablar de ellas y además, al sólo verlo de manera teórica, les resulta algo lejano y complicado de hacer.

En realidad, existen técnicas muy sencillas y caseras que permiten de una manera muy práctica que los alumnos comprendan a la perfección como se realizan los CI. Hay que aprovechar que son estudiantes de tercer curso del grado en Ingeniería Electrónica Industrial y en Electricidad, que aún no han creado nunca un CI (y tampoco lo van a crear en ese curso) y que tienen muchas ganas de hacerlo. Por lo tanto, debemos fomentar en las

clases prácticas que son sesiones más largas, que los estudiantes disfruten a la vez que aprenden, consiguiendo así que los conceptos se queden y realmente lo aprendan.

En este proyecto de innovación docente se ha modificado la forma en la que se venían desarrollando las prácticas de la parte de electrónica, y en lugar de realizar distintos esquemas a mano alzada que realmente a ellos les interesa menos, han realizado sólo un par. El primero consiste en un esquema electrónico básico, para explicar la metodología. Una vez que ya conocen la metodología, se procede a realizar el esquema de aquel que luego prototiparán. Es fundamental, por tanto, que el circuito escogido para realizar el prototipo no sea muy complejo, ni contenga demasiados componentes.

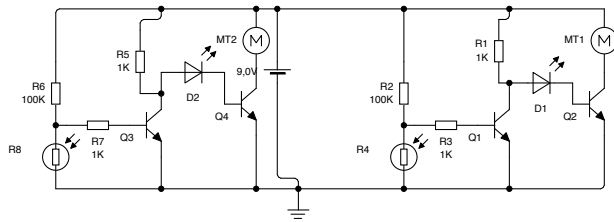
Este artículo se organiza de la siguiente manera. A continuación, se explica el circuito escogido y la razón del cambio con respecto a la propuesta original. La siguiente sección explica las distintas fases para la creación de la placa impresa, así como los componentes utilizados. Finalmente, mostramos como han integrado el circuito creado en un modelo funcional. Por último, la última sección presenta nuestras principales conclusiones y líneas de trabajo futuro.

## ELECCIÓN DEL CIRCUITO A REALIZAR

Inicialmente en la solicitud presentada en la convocatoria de proyectos de innovación docente de la Universidad de Cádiz, se propuso la realización de un contador digital que mostraba en un display una cuenta (del 0 al 9). El principal motivo era que consistía en un circuito sencillo, fácil de comprender y que con pocos elementos. Sin embargo, tras analizar distintas posibilidades, se pensó que ese tipo de prácticas podía quedar un poco corta, ya que era sólo el circuito integrado por lo que se buscó financiación adicional para poder realizar un producto, no sólo un circuito. El Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial compró la insoladora y eso sirvió para poder modificar la práctica.

Finalmente la práctica a realizar consistió en un robot seguidor de luz. El circuito consiste en un robot, equipado con dos ruedas y motores relacionados de manera cruzada con dos resistencias fotosensibles. De manera que, al

detectar luz una resistencia, el motor opuesto se pone en funcionamiento y hace girar el robot en esa dirección. En la Figura 1 podemos ver el esquema del robot seguidor.



**Figura 1. Esquema electrónico del robot seguidor de luz.**

En la Figura 1 podemos ver que el circuito está compuesto por 2 motores (*M*); 6 resistencias de distintas magnitudes (*R1*, *R2*, *R3*, *R5*, *R6* y *R7*); 2 resistencias fotosensibles (*R4* y *R8*); 4 transistores npn (*Q1*, *Q2*, *Q3* y *Q4*); 2 diodos led (*D1* y *D2*) y 1 fuente de alimentación (pila de 3,5 v). Además de esto, el robot seguidor de luz también necesita cableado y ruedas para realizar el desplazamiento.

## PROCEDIMIENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL CIRCUITO INTEGRADO.

Se dividió a los alumnos en grupos de máximo 5 personas, ya que si el grupo era muy elevado no participarían todos por igual y la práctica no tendría tanto impacto en los estudiantes. Los grupos tampoco podían ser de menos de 3 personas, ya que no disponíamos de tanto material. Es importante resaltar que gracias a este proyecto y la ayuda económica recibida, todo el material necesario se le proporcionó al alumnado y no tuvieron que realizar ningún desembolso. La práctica tuvo lugar en la última semana de clase, es decir, a mediados de enero y el aula utilizada para el desarrollo de la práctica fue el Taller de Diseño que pertenece al área de conocimiento al que pertenece la profesora coordinadora. Dicho Taller está dotado de un gran número de máquinas y herramientas para la creación de productos, así como de una gran variedad de material. Esto fue fundamental para el correcto desarrollo de la práctica.

Antes de poder imprimir el circuito en las placas fotorresistentes, los alumnos tuvieron que cortar las placas con las medidas adecuadas. Además, se les indicó que cortaran algunos trozos más para realizar distintas pruebas (ver Figura 2).

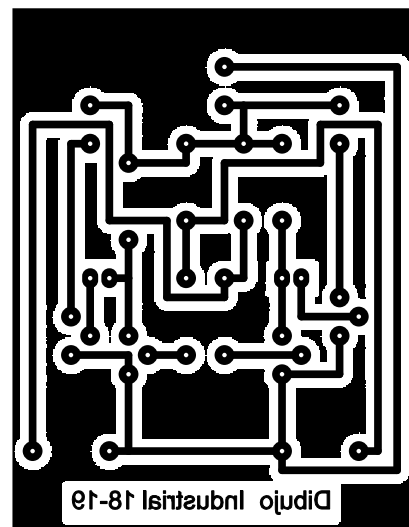


**Figura 2 Grupo de estudiante cortando las placas.**

### I. Técnicas de impresión

Una vez decidido el circuito a realizar, como ningún grupo quiso hacer un diseño propio, la profesora encargada se ocupó de realizar el trazado de pistas del circuito mostrado en la Figura 1. Dicho circuito se muestra en la Figura 3.

Para imprimir el circuito en la placa hay distintas técnicas. Los estudiantes utilizaron dos de ellas. En uno de los trozos de prueba se dibujó un circuito con rotuladores permanentes comprados para tal fin. Dicha placa se introdujo en la insoladora de rayos ultravioletas. La otra técnica utilizada para la impresión del circuito en la placa fue utilizar el trazado de pistas de la Figura 3 utilizando también la insoladora (requisito necesario al tener placas fotorresistentes). Se les ha explicado que existe otra forma que es dejarlo al sol durante muchas horas (ya que la insoladora es una caja de luz ultravioleta), pero dada la localización de la práctica (en el interior de un aula) y el tiempo tan prolongado que es necesario para hacerlo con luz solar no era viable en este caso, pero sí para otras circunstancias. En ambos casos, tras usar la insoladora es necesario proteger la placa del sol y de la luz, por lo que las dejamos dentro de unos trapos.



**Figura 3. Trazado de pistas correspondiente al circuito mostrado en la Figura 1, el robot seguidor de luz.**

### II. Técnica de revelado.

Para revelar el circuito utilizamos una mezcla de agua del grifo con sosa cáustica, 2 cucharadas por cada 250 ml de agua aproximadamente. Hicimos distintas soluciones con distintas concentraciones para que vieran que aquellas que tiene mucha sosa hacían imposible el revelado.

Los resultados dejaron patente que la segunda técnica, es decir la que hace uso de la transparencia era mucho más efectiva que la del rotulador permanente.

### III. Técnicas de corrosión de la placa

Una vez que tenemos revelado el circuito en la placa, es necesario pasarla por ácidos corrosivos de manera que todo el cobre sobrante de la placa desaparezca y nos quedemos sólo con aquellas parte que nos interesan, es decir las pistas. Para ellos utilizamos distintas técnicas (ver Figura 4).

- i) Cloruro de Hierro
- ii) Peróxido de hidrógeno 110 volúmenes + sulfaman
- iii) Agua oxigenada + sulfaman
- iv) Oxigenada de la casa del peluquero al 40% + sulfaman

Los distintos trozos que habíamos cortado e insolado para realizar pruebas las utilizamos aquí. El atacado ácido se come el cobre de la placa por la parte que no está protegida (quedando finalmente las pistas).



**Figura 4. Grupo de estudiantes probando distintas técnicas de atacado**

Tras utilizar las distintas técnicas los estudiantes se dan cuenta de cuál es más efectiva y por qué.

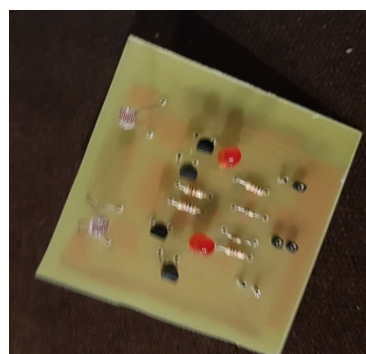
Tras esto, ya tenemos la placa de circuito, ahora falta añadir los componentes. Para ello, es necesario taladrar la placa para poder introducir los componentes y soldarlos después. Utilizan la dremel con brocas especiales para taladros tan finos, ya que utilizar las brocas que vienen por defecto habría producido taladros excesivamente grandes y habrían hecho inservible el circuito.

El siguiente paso es el soldeo. Hay que soldar todos los componentes en sus posiciones correspondientes y con cuidado de no quemarlos. El exceso de tiempo sobrecalentando los dispositivos podría dañarlos. En la Figura 5 se puede ver a un grupo de estudiantes soldando los componentes a la placa.



**Figura 5. Grupo de estudiante soldando los componentes a la placa de circuito impreso.**

Una vez que tenemos el circuito soldado ya podemos decir que tenemos nuestro circuito impreso. La imagen resultante sería la que se observa en la Figura 6.

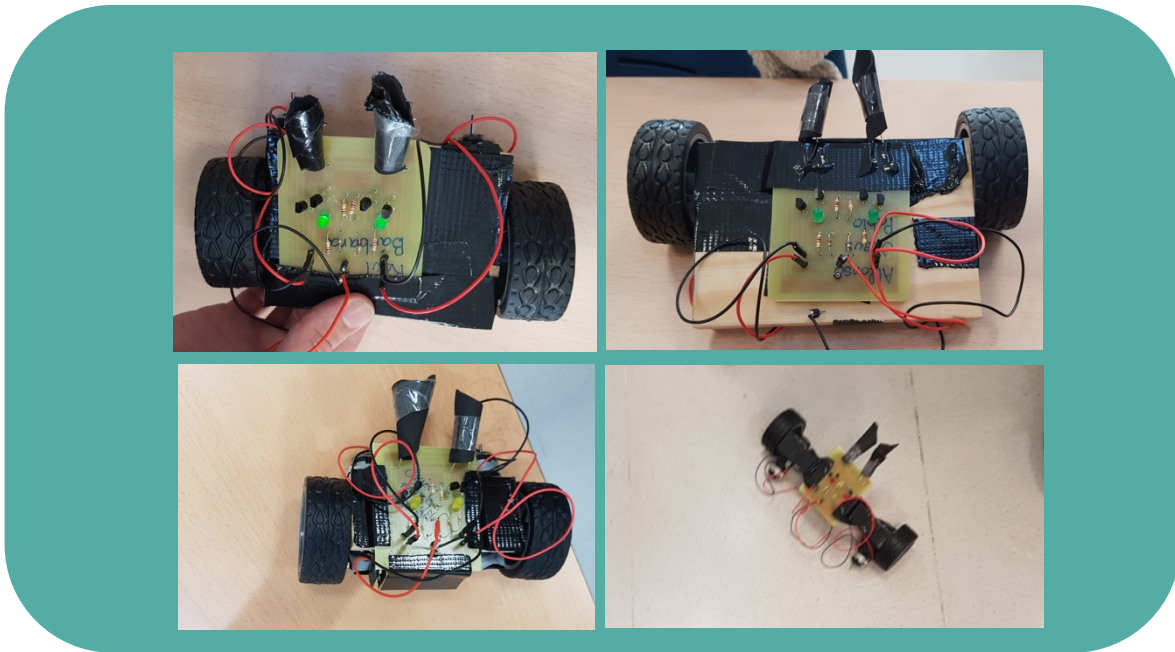


**Figura 6. Circuito impreso del robot seguidor de luz**

Antes de continuar con la realización del robot es necesario comprobar su correcto funcionamiento. Para ello conectamos la batería (pila de 3.5 v) y comprobamos que funciona como debería. En caso contrario es necesario comprobar todas las conexiones y las pistas hasta encontrar el fallo.

Una vez que el circuito funciona, los estudiantes haciendo uso de todo el material disponible en el taller, han fabricado su propio robot. Aquí han agudizado el ingenio ya que no se les ha dado ningún tipo de guía y tenían que balancear los pesos para poner la batería y gestionar cómo acoplar las ruedas y los motores. El resultado ha sido sorprendente y muy satisfactorio. En la Figura 7 se pueden ver imágenes de algunos de los modelos resultantes. Existen también vídeos de todos ellos funcionando.

Tras finalizar la práctica, se realizó una encuesta de satisfacción a los estudiantes. En ella se les preguntaba qué les había parecido la práctica, qué habían aprendido con ella, en qué creían que se podía mejorar y si consideraban que debía repetirse. Los resultados fueron abrumadores. El 100% del alumnado contestó que les había encantado y que había que repetirla todos los años. En qué habían aprendido, las



**Figura 7. Imágenes de algunos robot seguidor de luz**

respuestas fueron más variadas pero todos coincidían en que la práctica les había hecho entender cómo funcionaba el proceso de impresión fotosensible, y que se pueden fabricar circuitos impresos de manera sencilla y casera. La gran mayoría de alumnos también dijeron que era importante cambiar la fecha de realización de la práctica ya que era justo antes de los exámenes y hubieran preferido hacerla a principio de curso.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido subvencionado por la Universidad de Cádiz, mediante el proyecto de innovación docente sol-201800112619-tra.

#### **CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

En este proyecto de innovación docente se ha realizado el prototipado de un robot seguidor de luz. Los alumnos de los grados en Ingeniería Electrónica Industrial e Ingeniería Eléctrica han realizado por primera vez, desde que han comenzado sus estudios, un circuito impreso. Se les ha mostrado distintas técnicas caseras para la impresión, el revelado y el atacado de un circuito, y han vivido con cada una de ellas y tanto sus virtudes como sus carencias.

Además, una vez que tenían el circuito funcionando, han utilizado el ingenio, para ser capaces de montar un robot con el material que tenían a su alcance, pero sin tener ninguna guía. No era sencillo, ya que tenían que ser capaces de colocar una batería cuyo peso influye en la estabilidad del robot, así como colocar los motores y las ruedas correctamente para que la marcha la haga recta.

La experiencia ha sido muy satisfactoria, el alumnado ha disfrutado mucho durante la práctica y ha aprendido técnicas que tardaran mucho más en olvidar que simplemente explicados en una clase teórica.

En vistas a mejorar, habría que modificar el temario para poder adelantar la fecha de la práctica, así como involucrar más al alumnado para que elaboren cada uno su propio circuito y por tanto la realización del trazado de pistas.