



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA TELEMÁTICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO Y
GESTIÓN DE USO MEDIANTE TARJETAS
DE PROXIMIDAD**

Autor: Ignacio Díaz-Guardamino García

Director: Lippold Haken

Madrid

Junio 2018

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Diseño y construcción de un sistema de control de acceso
y gestión de uso mediante tarjetas de proximidad

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2017/18 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Ignacio Diaz-Guardamino García

Fecha://

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Lippold Haken

Fecha://

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. _____

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: _____, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a de de

ACEPTA

Fdo.....

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA TELEMÁTICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO Y
GESTIÓN DE USO MEDIANTE TARJETAS
DE PROXIMIDAD**

Autor: Ignacio Díaz-Guardamino García

Director: Lippold Haken

Madrid

Junio 2018

Agradecimientos

A mi familia y amigos, por el apoyo necesario para completar tanto el grado como este proyecto.

A el director del proyecto, Lippold y a la Universidad de Illinois por los medios y la ayuda para completar este proyecto.

A la Universidad Pontificia Comillas y a su personal docente por aportarme la formación y los conocimientos sin los cuales este trabajo no hubiera sido posible.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO Y GESTIÓN DE USO MEDIANTE TARJETAS DE PROXIMIDAD

Autor: Ignacio Díaz-Guardamino García.

Director: Lippold Haken.

Entidad Colaboradora: University of Illinois at Urbana–Champaign.

RESUMEN DEL PROYECTO

Se ha diseñado y construido un reloj de fichar para controlar las horas de entrada y salida con sistema de gestión de acceso, orientado al control de estudiantes. Funciona con las tarjetas de universidad existentes y puede generar los informes de asistencia en papel o en formato digital a través de wifi.

Palabras clave: RFID, reloj de fichar, tarjeta de proximidad, control de asistencia.

1. Introducción

Hay situaciones en el ámbito universitario que requieren un control de asistencia flexible, una asignatura puede requerir unas horas de trabajo, pero no necesariamente con el profesor delante. Un claro ejemplo de esta situación son las asignaturas de laboratorio, que, además de objetivos, es necesario cumplir unas horas determinadas de asistencia.

Además, estos laboratorios se quieren mantener cerrados al público, pero los alumnos matriculados en la asignatura en concreto tienen que poder acceder al laboratorio, aunque no esté el profesor delante.

2. Definición del proyecto

Este Proyecto consiste en la creación de un sistema compacto y fácil de utilizar que permita al profesor estar al corriente del tiempo que pasan sus alumnos trabajando. Esto se consigue haciendo a los estudiantes pasar sus tarjetas por un lector al entrar y salir del aula. El sistema mostrará en la pantalla el tiempo que se ha pasado en el laboratorio en el periodo actual. Al final de cada periodo, se creará un informe con el número de estudiante de cada alumno y el tiempo que ha pasado en el laboratorio.

El sistema también será capaz de abrir la puerta del laboratorio a los alumnos matriculados en la asignatura siempre y cuando esté conectado a una puerta con cerradura electrónica.

3. Descripción del sistema

El Sistema utiliza un microcontrolador ARM cortex M0 para gestionar los distintos periféricos conectados.

Estos periféricos son:

1. Un lector de tarjetas HID que se comunica con el microcontrolador con un bus de dos cables.

2. Una pantalla de tipo LCD para mostrar información a los usuarios. Esta pantalla se conecta con el microcontrolador utilizando el protocolo SPI.
3. Opcionalmente se puede utilizar una impresora térmica o un módulo Wifi.
La impresora generará un informe de asistencia en papel con los números de estudiante de cada alumno y el tiempo que ha pasado en el aula.
El módulo Wifi enviará los datos de acceso por internet a un servidor local o bien en la nube.
Ambos módulos se comunican en serie por el protocolo RS232

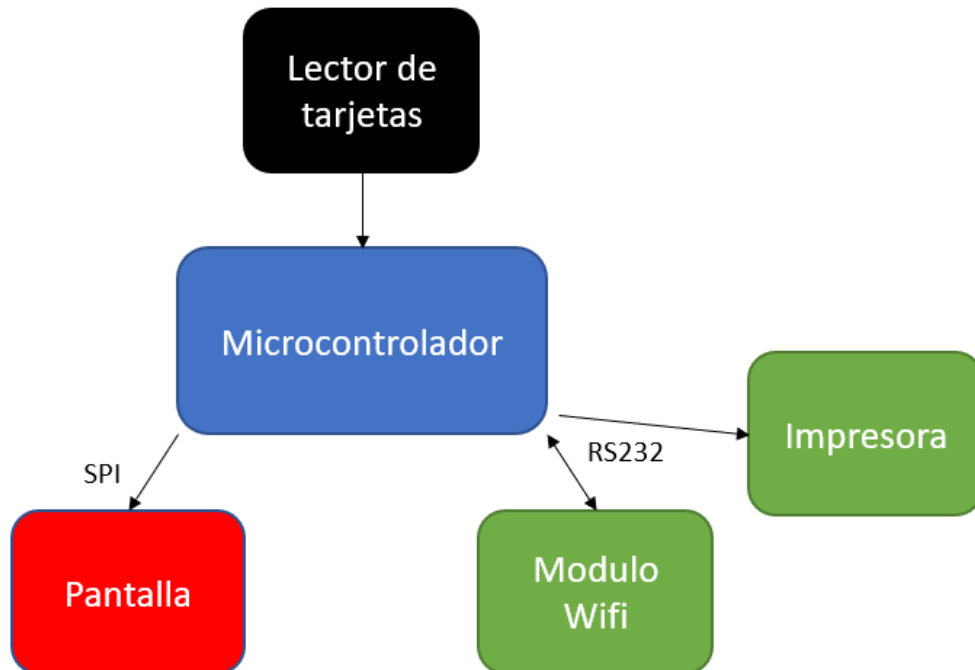


Ilustración 1 – diagrama de bloques de las comunicaciones en el dispositivo

Además, el dispositivo también incluye un módulo de relé para accionar la cerradura electrónica e interruptores en la parte posterior para la configuración del dispositivo.

4. Resultados

- El resultado de este proyecto es un producto funcional, fácil de utilizar y capaz de contar el tiempo que pasa cada estudiante en el laboratorio.
- Una placa de circuito impreso alberga todos los componentes excepto el lector y la impresora térmica en caso de que se utilice.

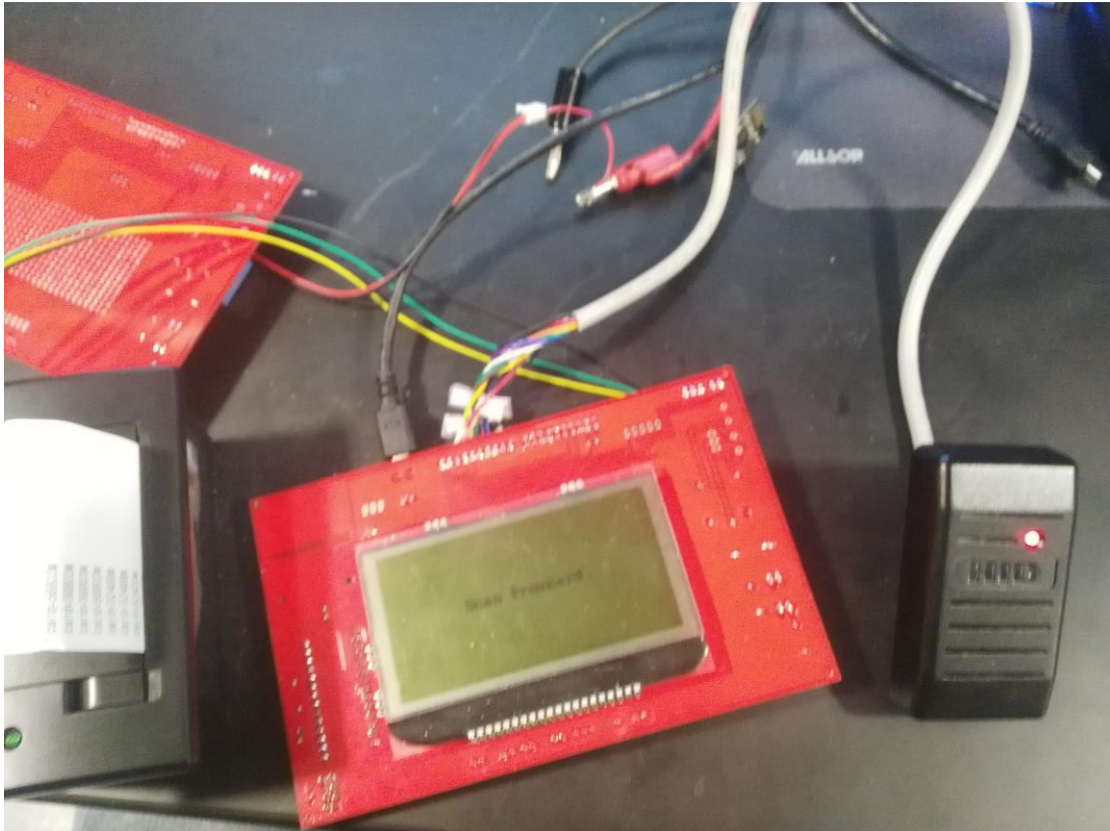


Ilustración 2 – Producto final

5. Conclusiones

Gracias a la utilización de diferentes componentes electrónicos se ha conseguido un producto final con un coste inferior a productos comerciales y que cumple los objetivos propuestos para que su uso suponga una mejora sobre los métodos anteriores, principalmente por dos motivos:

- Al ser capaz de utilizar las tarjetas ya existentes, los estudiantes no tienen que llevar más tarjetas
- La interacción con el dispositivo es simple e intuitiva: pasar la tarjeta al entrar y salir, y la información del tiempo aparece en la pantalla.

6. Referencias

- [1] Cerradura electrónica https://es.wikipedia.org/wiki/Cerradura_electr%C3%B3nica
- [2] Página web de la asignatura ECE 395
<https://wiki.illinois.edu/wiki/display/ece395/Spring+2018+Projects>
- [3] Datasheet microcontrolador <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/LPC111X.pdf>

DEVELOPEMENT AND BUILD OF A PROXIMITY CARD BASED ACCESS CONTROL AND TIME LOGGER SYSTEM

Author: Ignacio Díaz-Guardamino García.

Supervisor: Lippold Haken.

Collaborating Entity: University of Illinois at Urbana–Champaign

ABSTRACT

Development and building of a time clock to measure time spent in a facility with an access control system aimed for student management. The system works with existing student cards and can generate attendance reports in paper or electronically via Wi-Fi.

Keywords: RFID, time clock, proxcard, attendance

1. Introduction

In university, there are some classes that may require a flexible attendance control method, in which a weekly number of hours is required but not in a strict timetable. For example, a subject that requires a laboratory where part of the subject's grade depends on the time you have spent working on your project.

Also, we may want to keep the rooms closed to the public, but students enrolled in those subjects must have access to the room even if the professor is not present.

2. Project definition

This project consisted on the creation of a compact system that could keep track of the time students spend in the lab. This is done by having them swipe their student cards upon entry and exit. The system will display on the screen the time spent on the current period, and at the end of each period will print through the thermal printer each student's time in the lab.

The system is also capable of opening the lab door when connected to an electrically operated door.

3. System description

This system relies on an ARM cortex M0 microcontroller to operate the different devices connected.

These devices are:

1. A HID proxcard scanner that communicates with the microcontroller with a two-wire interface.
2. An LCD screen that displays user information. This screen is connected to the microcontroller through an SPI bus.

3. The system administrator must choose between adding a printer or a wife module to the system.

By adding a printer, the system administrator can get a printed report with every student 's number and the time they have spent in the lab.

The Wifi module however, will send the scanned card to a local server or through the internet to an online server for the data to be processed and stored in a database.

Both devices are connected to the microcontroller through RS232

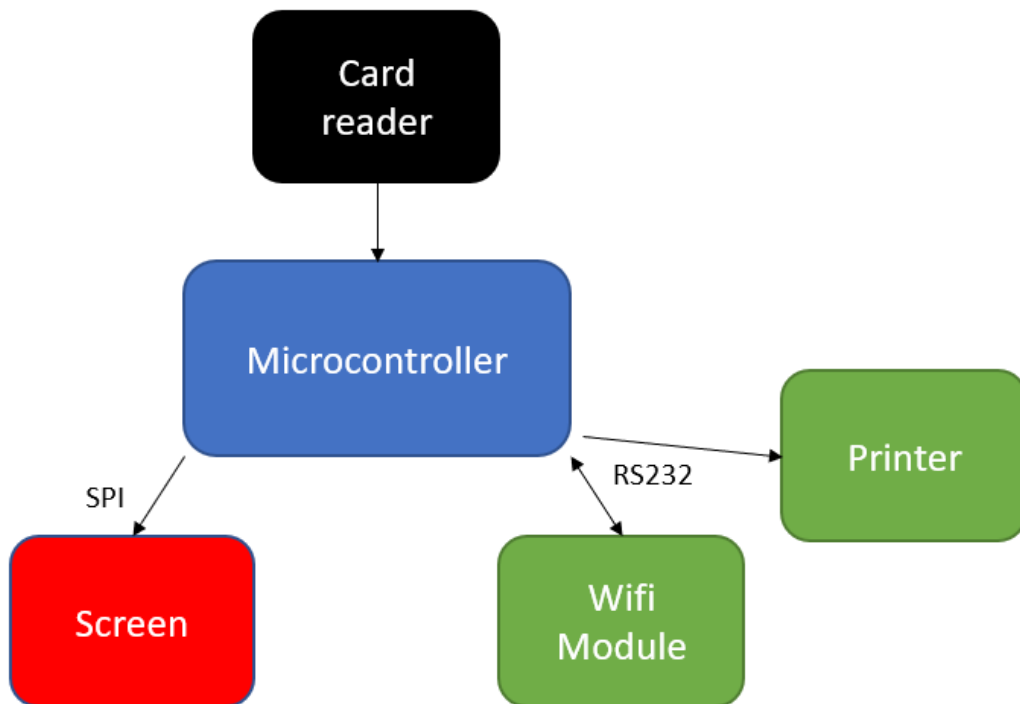


Illustration 3 – block diagram of the connected devices and the communication protocols used.

Furthermore, the device includes a relay module that can trigger an electronically controlled door and a set of switches that allow to configure the device.

4. Results

- The result obtained from this project is a fully functional and easy to use system that can keep track of the time each student spends in the lab.
- A printed circuit board holds all the components but the card reader and the printer in case it is used.

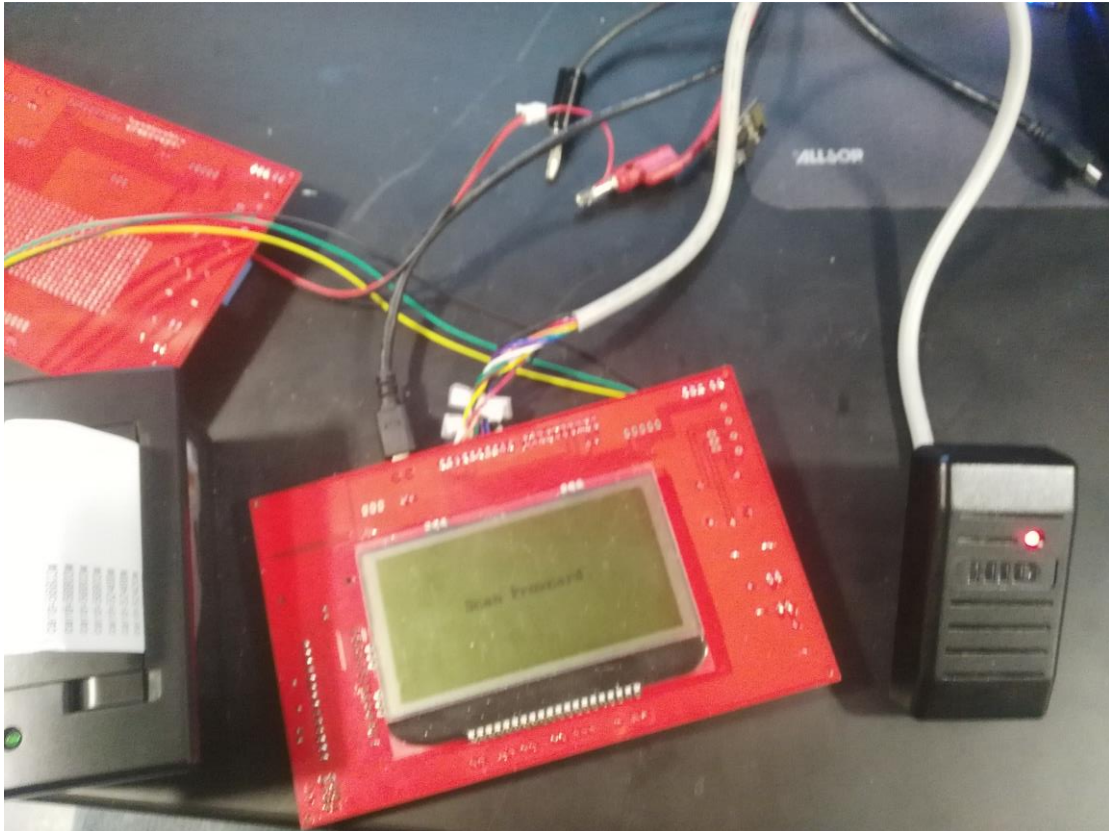


Illustration 4 final product

5. Conclusions

Thanks to the use of different electronic components, we have achieved a final product with better value than commercially available products and, that meets the objectives proposed with the intention of improving previously used methods, mainly because of the following reasons:

- The system can use already existing student cards so that we do not have to create new ones.
- System interaction is easy and fast, students must only swipe their cards upon entry and exit and the time information appears on the screen.

6. References

- [1] Electronic lock https://es.wikipedia.org/wiki/Cerradura_electr%C3%B3nica
- [2] ECE 395 Advanced Digital Systems Laboratory
<https://wiki.illinois.edu/wiki/display/ece395/Spring+2018+Projects>
- [3] Microcontroller datasheet <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/LPC111X.pdf>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	6
1.1 Motivación del proyecto.....	6
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	8
2.1 Hardware	8
2.1.1 Tarjetas inteligentes	8
2.1.2 Lector de tarjetas.....	11
2.1.3 Pantalla LCD.....	12
2.1.4 Impresora térmica	13
2.1.5 Modulo Wifi.....	13
2.1.6 Microcontrolador	14
2.1.7 Placa de circuito impresa.....	14
2.2 Software	15
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	16
3.1 Relojes de fichar	17
3.2 Control de acceso	20
Capítulo 4. Definición del Trabajo	23
4.1 Justificación.....	23
4.2 Objetivos	24
4.3 Metodología.....	26
4.4 Planificación y Estimación Económica	27
4.4.1 Planificación.....	27
4.4.2 Estimación económica.....	29
Capítulo 5. Sistema Desarrollado	30
5.1 Análisis del Sistema	30
5.1.1 Periféricos de entrada.....	30
5.1.2 Periféricos de salida.....	30
5.1.3 Periféricos de entrada y salida.....	31

5.1.4 Puertos de entrada	32
5.1.5 Puertos de salida	33
5.1.6 Periféricos internos	33
5.1.7 diagramas de bloques.....	34
5.2 Diseño.....	35
5.2.1 Diseño del circuito	35
5.2.2 Diseño de la PCB	37
5.2.3 Diseño de la interfaz.....	39
5.2.4 Código	40
5.3 Implementación.....	41
5.3.1 Instrucciones de uso	42
Capítulo 6. Análisis de Resultados.....	44
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	46
7.1 Conclusión.....	46
7.2 Trabajos futuros.....	46
Capítulo 8. Bibliografía.....	48
ANEXO A 50	
8.1 Main.c.....	50
8.2 Font.h.....	61

Índice de figuras

Figura 1 I-card Universidad de Illinois.....	8
Figura 2 tarjeta con tecnología RFID	9
Figura 3 campo magnético generado por una bobina.....	10
Figura 4 esquema lector-tarjeta.	11
Figura 5 lector ProxPoint Plus.....	11
Figura 6 pantalla LCD	12
Figura 7 ESP8266.....	13
Figura 8 Circuito de control del relé.....	15
Figura 9 sistema actual	16
Figura 10 patente del "grabador de tiempo" de 1891	17
Figura 11 Reloj de fichar Seiko TP-50.....	18
Figura 12 Timedox Silver con escaner biometrico.....	19
Figura 13 cerradura eléctrica	20
Figura 14 abrepuertas eléctrico	20
Figura 15 cámara térmica en teclado numérico.....	21
Figura 16 interruptores en la parte trasera del dispositivo.....	32
Figura 17 Diagrama de bloques con impresora	34
Figura 18 Diagrama de bloques con Wifi.....	35
Figura 19 esquema del circuito.....	36
Figura 20 Esquema de la Placa de Circuito Impresa	37
Figura 21 Resultado final de la PCB	38
Figura 22 Mensaje inicial pidiendo al usuario que escanee una tarjeta.....	39
Figura 23 Mensaje de bienvenida y de acceso a la puerta.....	39
Figura 24 Mensaje de acceso de administrador garantizado.	40
Figura 25 Placa de prototipos	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 26 sistema desarrollado	44
Figura 27 Mensaje de salida con tiempo total	45

Índice de tablas

Tabla 1 Diagrama Gantt enero-febrero.....	27
Tabla 2 Diagrama de Gantt marzo-abril.....	28
Tabla 3 Diagrama de Gantt abril-mayo	28
Tabla 4 Coste de los elementos	29

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

A la hora de evaluar a los estudiantes en las asignaturas más prácticas (por ejemplo, las que se realizan en laboratorios), además de tenerse en cuenta el resultado del producto final y los informes pertinentes, también es relevante el tiempo dedicado al proyecto.

Esto es no sólo para cumplir las horas semanales o los créditos de una asignatura, sino también porque, por lo general, los alumnos tienen distintos ritmos de aprendizaje y, en muchas situaciones, los conocimientos iniciales no son iguales. Esto último ocurre especialmente en las universidades americanas donde muchas de las asignaturas son de libre elección. Por ello, como el objetivo de las asignaturas de laboratorio es la familiarización de los alumnos con las herramientas de trabajo y la gestión de un proyecto, en muchos casos el tiempo dedicado es utilizado para la evaluación o bien, se requiere dedicarle un tiempo mínimo como requisito para aprobar.

Para controlar el tiempo que cada estudiante dedica al laboratorio hay distintos métodos. El más habitual es establecer un horario que normalmente es semanal en el que tener las sesiones de laboratorio. En esta situación el profesor ha de estar presente y pasar lista o una hoja de firmas para controlar la asistencia de los alumnos. Este método es práctico en proyectos donde los alumnos tienen poca libertad para tomar decisiones y tienen que seguir instrucciones, ya que la presencia del profesor en el aula facilita la resolución de dudas sobre las instrucciones.

En otras situaciones, para dar flexibilidad horaria al alumno, hay programada simplemente una sesión más corta de seguimiento semanal donde se comprueba el estado del proyecto y el alumno decide cuando pasar el tiempo restante de laboratorio. Con este método es más difícil controlar que cada estudiante cumpla con las horas mínimas y en muchas ocasiones,

se requiere de la buena fe de los alumnos, pidiéndoles escribir las horas de entrada y salida del laboratorio.

Con este proyecto se ha desarrollado una solución a este problema donde cada estudiante pasa su tarjeta por el lector al entrar y salir del laboratorio. Esto permite al sistema saber cuánto tiempo efectivo pasa cada estudiante, y generarle un informe al profesor que contenga las horas de cada alumno acumuladas durante el proceso de evaluación.

Además, como al entrar cada estudiante escanea su tarjeta, incorporando un cierre de puerta electrónico en el mismo sistema, se puede utilizar para abrir la puerta del laboratorio solo a los estudiantes inscritos en la asignatura. Con esto podríamos evitar en gran medida robos, vandalismo y uso indebido del material.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En este proyecto se han utilizado distintas tecnologías con el objetivo de obtener, procesar y mostrar los datos. A continuación, se explicará cómo funciona cada una de ellas y se mencionarán los principios físicos que hacen posible su funcionamiento.

Las tecnologías utilizadas se dividen en dos categorías:

1. La parte física del proyecto o hardware, que son los materiales, y las conexiones entre ellos.
2. El software o programa que en función de los datos que recibe desencadena las tareas pertinentes.

2.1 *HARDWARE*

Se han utilizado distintos elementos de hardware, cada uno con una función u objetivo, que serán explicados a continuación.

2.1.1 TARJETAS INTELIGENTES

En la Universidad de Illinois, tanto profesores como alumnos tienen una tarjeta conocida como “I-card”.



Figura 1 I-card Universidad de Illinois

DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Estas tarjetas tienen múltiples usos, por ejemplo, hacer gestiones en la biblioteca, acceder a los autobuses, entrar en las residencias de la universidad y acceder a los laboratorios. Además, la tarjeta también puede ser emparejada con una cuenta bancaria y ser utilizada en un cajero.

La función de las tarjetas en este proyecto es identificar tanto a los alumnos como al personal.

La tarjeta tiene tres métodos de identificación digital. El primero y más sencillo es un código de barras en el reverso que contiene el número de la biblioteca, único para cada estudiante.

El segundo método es una banda magnética, que sirve para acceder a edificios que todavía no han adoptado el último sistema y también para aplicaciones asociadas a una cuenta bancaria.

El último sistema y más moderno consiste en identificación por radiofrecuencia o RFID (acrónimo en inglés de “RadioFrequency IDentification”). Este sistema es utilizado para acceder a los edificios más modernos o que han sido actualizados y es el método de identificación que vamos a utilizar para este proyecto. Las tarjetas son del modelo HID 0009Y, funcionan a 125kHz y son pasivas, esto quiere decir que las tarjetas se alimentan desde el receptor por lo que no necesitan pila, pero el rango de detección es pequeño, no más de 10 cm con un lector estándar.



Figura 2 tarjeta con tecnología RFID

La Figura 2 es una imagen de una tarjeta con tecnología RFID del metro de Chicago. Al ser de cartón en vez de ser de plástico, cuando se ilumina por detrás con una linterna, se puede ver la circuitería interior. Los elementos que nos encontramos son dos:

- Una bobina, en este caso de siete vueltas, que rodea la tarjeta.
- Un circuito integrado en la esquina inferior derecha conectado a ambos extremos de la bobina.

2.1.1.1 Principio de funcionamiento

La identificación por radiofrecuencia se basa en el principio físico de la inducción (ley de Faraday) y la ley de Biot y Savart: este proceso requiere dos bobinas, una en el lector (bobina primaria) y otra, la ya mencionada bobina de la tarjeta (secundaria). La bobina primaria se alimenta con una corriente alterna de 125kHz en este caso. Esto genera un campo magnético alternante con la forma que se indica en la Figura 3

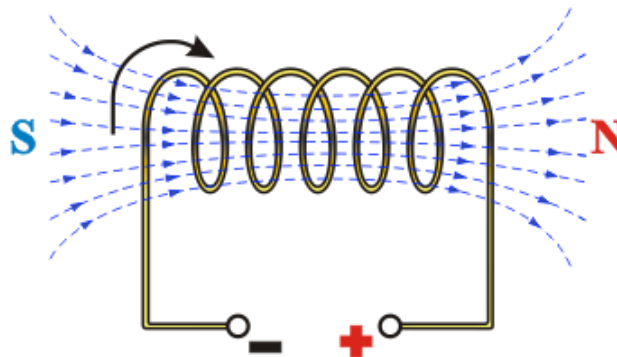


Figura 3 campo magnético generado por una bobina

Cuando la tarjeta se encuentra cerca del lector, este campo magnético atraviesa la bobina del interior de la tarjeta. Como se puede observar en la Figura 4, el campo magnético generado por el lector está indicado por las flechas. Esto genera una corriente que alimenta el circuito integrado de la tarjeta. Este mecanismo es similar al de un transformador convencional, pero sin un núcleo de hierro que cree un circuito magnético.

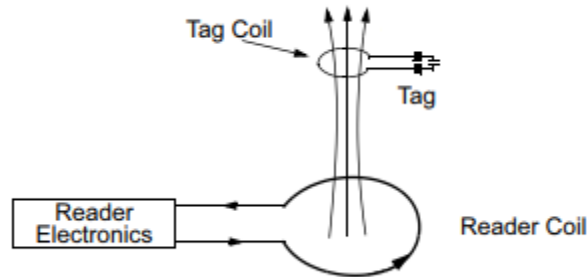


Figura 4 esquema lector-tarjeta.

Al recibir alimentación, la tarjeta transmite la información con una técnica llamada “carga modulada”. Esta técnica consiste en que el circuito integrado de la tarjeta controla una resistencia en paralelo a la bobina secundaria. Cuando esta resistencia está activa, provoca un aumento en la corriente de la bobina secundaria, que supone también un incremento en la corriente en la bobina primaria que el lector de tarjetas es capaz de distinguir. Por lo tanto, la información se transmite de la tarjeta al lector activando y desactivando una resistencia en paralelo a la bobina de la tarjeta. El lector lo percibe como aumentos en la corriente, y el circuito integrado del lector es capaz de decodificarlos.

2.1.2 LECTOR DE TARJETAS

El lector utilizado es el ProxPoint® Plus de HID, que, igual que las tarjetas, funciona a 125kHz.



Figura 5 lector ProxPoint Plus

El funcionamiento de un lector de tarjetas RFID ha sido explicado en el apartado anterior.

Para transmitir la información de la tarjeta al microprocesador, el lector utiliza dos líneas de datos para la transmisión de información en serie. Que funcionan de la siguiente manera:

- Cuando el sistema está en reposo, ambas líneas están al voltaje de alimentación del lector.
- Cuando una tarjeta es escaneada, para transmitir la información, una línea se pone a cero voltios cuando se transmite un uno o la otra se pone a cero voltios para transmitir un uno. Esto se repite para uno de los 32 bits de la tarjeta.

2.1.3 PANTALLA LCD

El dispositivo consta de una pantalla de cristal líquido (LCD) para mostrar a los alumnos información sobre el tiempo que han pasado en el laboratorio y su estado cuando pasan la tarjeta, al entrar o salir. La pantalla es el modelo DOGXL240-7 LCD (Figura 6) de 240x128 pixeles que se comunica con el microcontrolador por SPI y funciona como una memoria RAM.

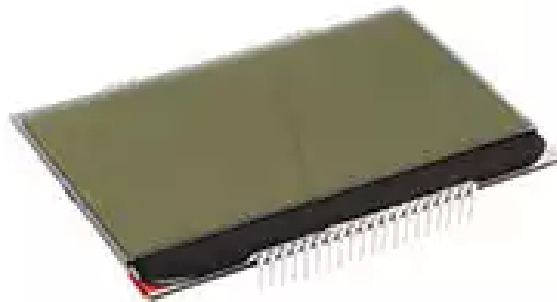


Figura 6 pantalla LCD

El protocolo SPI es un protocolo de transmisión de datos serie con un reloj compartido. Para cambiar el estado de pixeles en la pantalla, se hace igual que escribir en una memoria RAM, primero se envía por SPI la dirección en la que se quiere escribir, y después se escribe el valor.

2.1.4 IMPRESORA TÉRMICA

Con el fin de emitir un informe legible y fácil de almacenar, el sistema se puede equipar con una impresora térmica que no requiere tinta y funciona con papel químico, que, al calentarse, cambia de color. El proceso químico que produce este efecto está fuera del alcance de este proyecto.

La impresora tiene una fila de resistencias que se calientan en función de la información recibida, y un motor alimenta el papel a través de estas resistencias. El resultado es un papel con texto escrito en negro sin usar tinta. Este sistema está ampliamente extendido en supermercados y otros comercios para los recibos de compra por su fiabilidad, sencillez y precio.

La impresora se comunica con el microcontrolador a través de un puerto serie estándar.

2.1.5 MODULO WIFI

En caso de no usarse la impresora, existe la posibilidad de añadir un módulo wifi, modelo ESP8266 (Figura 7) que genera peticiones web con la información de la tarjeta que se pasa en cada momento. Esto requiere un servidor local o un servicio online que gestione las peticiones web y almacene la información de los alumnos en una base de datos.

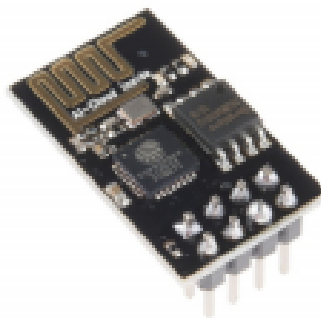


Figura 7 ESP8266

Este dispositivo se comunica con el microcontrolador a través del puerto serie.

2.1.6 MICROCONTROLADOR

El microcontrolador utilizado en este proyecto es un ARM Cortex M0, concretamente el modelo LPC1114FN28 en formato DIP 28. Este procesador es adecuado para este proyecto porque una cantidad suficiente de puertos de entrada y salida (GPIO), tiene puerto serie e interrupciones integradas y aunque el procesador es de los ARM menos potentes, el proyecto no requiere mucha potencia de computación

2.1.7 PLACA DE CIRCUITO IMPRESA

Para conectar todos los dispositivos disponibles, se ha diseñado y fabricado una placa de circuito impresa a través del software EAGLE que incluyen los circuitos de comunicaciones, de alimentación y del relé.

En la placa se montan los componentes más pequeños como resistencias, condensadores y el microcontrolador, y en la parte superior hay conectores para los dispositivos más grandes como el lector de tarjetas o la impresora térmica que no se pueden montar directamente en la placa. Además, en la parte superior también está la conexión a alimentación a cinco voltios con un conector mini USB estándar.

2.1.7.1 Circuito del relé

Para gestionar el acceso a las instalaciones se ha incluido en el dispositivo un relé capaz de activar cerraduras electrónicas y tornos con dos tipos de conexión diferentes: normalmente abierto y normalmente cerrado para distinto tipo de cerradura.

El circuito es el indicado en la Figura 8, que utiliza acoplamiento óptico para aislar eléctricamente la bobina del relé del microcontrolador. Esto se hace para evitar que en caso de fallo de alimentación la energía almacenada en la bobina no se descargue en el microcontrolador, dejándolo inservible.

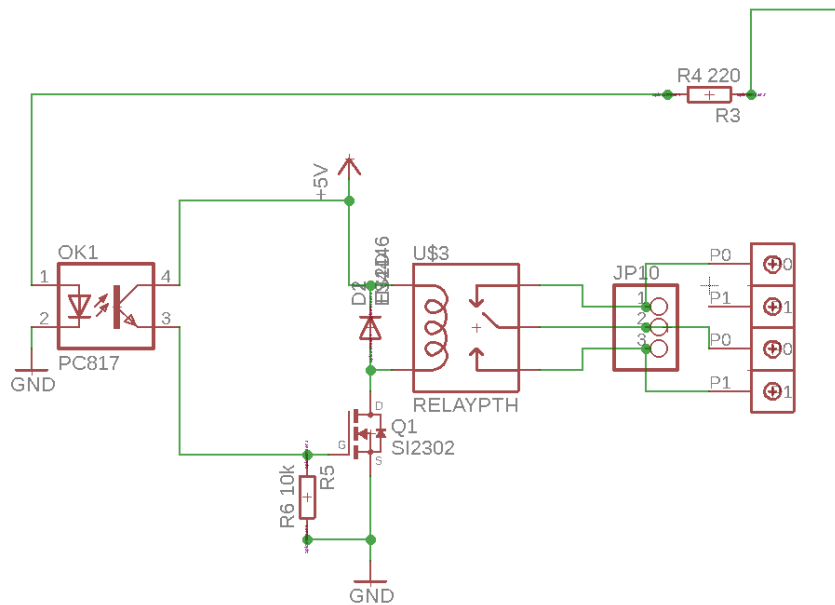


Figura 8 Circuito de control del relé

2.2 SOFTWARE

El software que se ejecuta en el microcontrolador ha sido programado en C++ en su totalidad y para compilarlo y subirlo al microcontrolador se ha utilizado el entorno de desarrollo integrado “Keil μ Vision 5”. Este entorno dispone de las librerías de inicio y de sistema para el microcontrolador que se está utilizando, “startup_LPC11xx” y “system_LPC11xx”. Estas librerías, junto con las librerías “stdio.h” y “Serial.c” que permiten escribir al puerto serie utilizado para la impresora térmica y el módulo wifi facilitan en gran medida la programación del dispositivo.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La Asignatura “ECE 395, Advanced Digital Projects Lab” consiste en construir un proyecto utilizando principalmente componentes electrónicos, y al ser una asignatura de Laboratorio, requiere asistir una cantidad determinada de horas a la semana. Para contar las horas presenciales de cada estudiante, el sistema actual es un folio con una tabla con los días de la semana en las filas y nombres de los alumnos en las columnas, y cada estudiante escribe en la casilla correspondiente a su nombre y el día de la semana la hora de llegada y la de salida como se indica en la Figura 9.



Figura 9 sistema actual

3.1 RELOJES DE FICHAR

Para propósitos similares, pero en ámbitos laborales, se utilizan los relojes de fichar. La primera patente de una maquina con este objetivo data de 1891 (US452894) Figura 10 y consiste en un reloj mecánico al que se le ha conectado un contador, que el empleado activa cuando empieza a trabajar y desactiva cuando acaba.

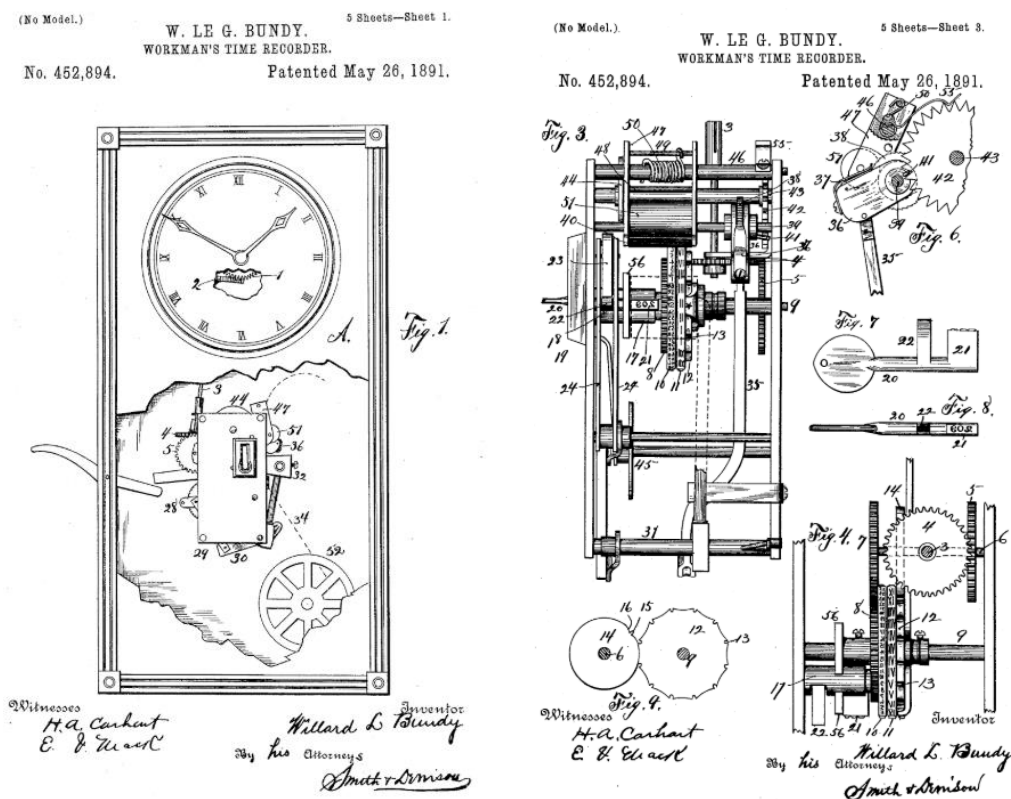


Figura 10 patente del "grabador de tiempo" de 1891

Posterior mente se incluyó el soporte en tarjetas de cartón, para que cada empleado tenga su tarjeta, y con un único reloj se registra la fecha y hora en la que el empleado ficha.

Actualmente hay muchas evoluciones de este producto en uso. Las más sencillas, como la SEIKO TP-50 que cuesta unos 300 euros mantiene el formato de las tarjetas de cartón, y puede funcionar de forma totalmente independiente sin necesidad de utilizar un ordenador, aunque algunos modelos dan la posibilidad de almacenar los datos de forma digital a través

de memorias USB. Este tipo de relojes de fichar son poco prácticos sobre todo en empresas medianas y grandes ya que requiere una tarjeta por empleado que ha de ser cambiada periódicamente ya que cada ficha contiene una cantidad limitada de espacios.



Figura 11 Reloj de fichar Seiko TP-50

Modelos más avanzados como el timeQplus de Acroprint utilizan tarjetas con banda magnética similares a las bancarias. En esta banda se codifica la información del empleado, y al pasar la tarjeta por el lector este almacena la información del empleado junto con la hora y la envía a un servidor a través de una conexión TCP por medio de ethernet. También existen dispositivos parecidos al anterior pero que utilizan un lector de tarjetas de proximidad, más parecidas a las de este trabajo. un ejemplo es el EasyClocking EC50-H, que incorpora un lector de tarjetas de proximidad además de un teclado numérico y pantalla a color.

Los modelos más avanzados del mercado incluyen sensores biométricos para evitar la suplantación de identidad. El más popular es el escáner de huellas dactilares como el Timedox Silver (Figura 12) que cuesta alrededor de 100 euros con el que sería necesaria una suscripción adicional de unos 80 euros al año. También existen versiones más avanzadas, con escáneres de iris o de rasgos faciales, que son más prácticos en laboratorios donde los empleados utilicen guantes o estén en contacto con productos químicos.



Figura 12 Timedox Silver con escaner biometrico

Con todo lo dicho podemos clasificar las máquinas de fichar en base a dos características principales:

El método de identificación del personal: y el método de almacenamiento de la información.

- Respecto al método de identificación están
 - Tarjetas de cartón
 - Tarjetas inteligentes
 - Sistemas biométricos.

- Respecto al almacenamiento de los datos están:
 - Soporte de papel, como las tarjetas de cartón
 - Almacenamiento interno en el propio reloj de fichar o en memoria extraíble
 - Servidor externo.

3.2 CONTROL DE ACCESO

El mecanismo más común para el control de acceso es una puerta con cerradura y llaves, pero para entornos en los que mucha gente necesita acceso y un administrador tiene que permitir y revocar accesos, entregar llaves y cambiar cerraduras periódicamente no es práctico, además, existe el riesgo de que puedan copiar las llaves.

En vez, se suelen utilizar puertas con sistema de apertura electrónica, que normalmente cuentan con una cerradura electrónica o con un abrepuertas eléctrico



Figura 13 cerradura eléctrica



Figura 14 abrepuertas eléctrico

Y para activar estos dispositivos y poder acceder al recinto existen distintas formas de autenticación. Una forma posible es una combinación numérica, que al introducirla en un teclado activa la cerradura y abre la puerta. Esta solución introduce un problema de seguridad: los intrusos pueden mirar el número o incluso, al mirar las teclas con una cámara

térmica se pueden ver las últimas pulsadas, como se puede comprobar en la Figura 15, donde las últimas teclas pulsadas son 12345 y casi con total seguridad en ese orden. Esto es debido a que la temperatura corporal está normalmente más de 10°C por encima de la temperatura en el interior de un edificio y, al pulsar las teclas, se transfiere calor desde nuestros dedos, que con una cámara térmica se puede observar.



Figura 15 cámara térmica en teclado numérico

Para evitar este tipo de problemas muchas veces se utilizan tarjetas inteligentes como las mencionadas en la sección anterior donde se eliminan todos los problemas que tiene utilizar un código, además, en caso de robo o extravío la tarjeta se puede desautorizar y emitir una nueva.

También los escáneres biométricos explicados en la sección anterior se pueden utilizar para la apertura de puertas, con este método, además de evitar que alguien entre con una tarjeta ajena, quita la necesidad de emitir tarjetas para todos los empleados.

Aunque no está tan extendido en el mundo de la empresa, existe la posibilidad de utilizar una aplicación en un teléfono móvil para gestionar una cerradura inteligente.

Los sistemas de acceso se pueden clasificar por el o los elementos necesarios para acceder al recinto:

- **Objetos:** en esta categoría entra tanto la tradicional llave como más modernas tarjetas inteligentes o incluso la apertura desde el teléfono móvil.
- **Características físicas identificables,** como son las huellas dactilares o el iris del ojo, para las que se usan escáneres biométricos
- **Memorísticos,** como los pines numéricos o contraseñas.
- **La autenticación de dos o más factores** requiere varios de los métodos anteriormente mencionados, por ejemplo, tarjeta inteligente y pin numérico o tener que escribir una contraseña en el teléfono móvil para abrir la puerta.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente en el capítulo 3, Estado de la cuestión, para la asignatura “ECE 395, Advanced Digital Projects Lab” se está utilizando actualmente una hoja de papel en la que cada estudiante anota las horas de entrada y salida. La aplicación de este nuevo sistema puede beneficiar al profesor y los asistentes de este y otros laboratorios por los siguientes motivos:

- Ahorra el tener que sumar a mano las horas de cada alumno.
- Previene la posibilidad de que un alumno registre horas sin estar en el laboratorio.
- En el caso de que se use conectividad wifi se pueden crear alertas por correo electrónico para avisar de horas no cumplidas.
- Bastaría con que los alumnos pasasen su tarjeta por el lector al entrar y salir y no tendrían que escribir las horas de entrada y salida,
- Abriría la posibilidad de realizar varios accesos en un mismo día. Esto antes era posible, pero estaba limitado por el espacio disponible en cada casilla para escribir las horas de entrada y salida, lo que haría este sistema útil para los alumnos con ratos libres entre clases.

Implantar las soluciones actualmente existentes en el mercado no es una solución viable porque requeriría dar a los alumnos nuevas tarjetas ya que los sistemas que hay en el mercado funcionan con tarjetas de proximidad de 13.56MHz mientras que las tarjetas de la universidad son de menor frecuencia, (125kHz) por lo que son incompatibles. Y dar una tarjeta más a los estudiantes haría el sistema más incómodo de utilizar, más confuso y más caro.

Utilizar un sistema biométrico para identificar a los estudiantes ha quedado descartado, ya que los lectores disponibles requieren una configuración inicial para cada huella y esto

requiere una reprogramación del microcontrolador para añadir nuevos alumnos, mientras que, usando la tarjeta de la universidad, el sistema está preparado para usarse desde el primer día.

Además de esto, el precio es un factor importante: los dispositivos comerciales tienen un precio de alrededor de 300 euros, algunos son más baratos, pero conllevan pagos periódicos para mantener el dispositivo en servicio, además del coste adicional de las tarjetas. Al hacer un dispositivo a medida se espera reducir el precio a alrededor de 100 euros.

4.2 OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es crear un sistema que permita a los alumnos registrar las horas de laboratorio utilizando tarjetas inteligentes. Pero para que el sistema se llegue a implantar, las ventajas de usar este sistema respecto al anterior de utilizar un folio con una tabla tienen que superar a los inconvenientes. Para asegurar esto, se han establecido los siguientes objetivos:

- En cuanto al software:
 - El objetivo clave es crear una interfaz clara, eliminando los menús que requiera el mínimo uso de botones llegando a evitarlo si es posible en el uso diario del dispositivo.
 - La pantalla ha de contener información relevante y actualizada de la última tarjeta leída.
 - El dispositivo ha de incluir indicaciones auditivas de las acciones de entrada y salida.

- El sistema ha de ser capaz de utilizar las tarjetas de estudiante de la universidad, del tipo HID 0009Y, utilizando la capacidad de las tarjetas para identificación por radio frecuencia. Esto hace que usar las tarjetas sea mucho más cómodo que tener que leer la banda magnética.

- Capacidad de generación de informes de asistencia a demanda del profesor:
 - Estará disponible la opción de crear un informe tanto en papel como en formato digital a elección del administrador del sistema sin cambiar la interfaz de cara a los alumnos.
 - En el caso de los informes en papel, ha de ser conciso, utilizando una línea para el código del estudiante y el tiempo
 - En caso de informes en formato digital, estos han de ser más completos, con el nombre del estudiante y el sistema ha de ser capaz de crear alertas personalizadas por correo electrónico cuando una semana un estudiante no llegue a las horas establecidas por el profesor.

- Realizar el proyecto en un tamaño inferior a 200 x 300 mm y un grosor máximo de 70mm en la versión que incluya la impresora térmica y 35mm en la versión con conectividad Wifi.

- Una característica importante para facilitar su uso ha de ser la posibilidad de configurar aspectos básicos del dispositivo de forma rápida y sin necesidad de ordenador.

- En caso de fallo eléctrico:
 - Posibilidad de incluir un sistema de batería para poder seguir contando el tiempo.
 - Aunque la pérdida de datos sea aceptable, ya que se deja de contar el tiempo, la configuración de uso ha de ser almacenada de forma persistente.
 - Que exista la posibilidad de que cada acción de un estudiante se imprima en un rollo continuo de papel para mantener la información disponible en caso de fallo

- En cuanto a el sistema de apertura de puertas:
 - Sistema de apertura “Fail-Secure”: en caso de fallo del sistema la puerta permanecerá cerrada hasta que se abra desde el interior o con la llave tradicional.
 - En caso de que no se vaya a utilizar el sistema de apertura de puerta, no debe ser necesaria ninguna configuración al respecto.

4.3 METODOLOGÍA

La metodología para construir y programar el dispositivo ha sido la siguiente:

- El primer paso ha sido familiarizarse con el microcontrolador. Al ser la primera vez que programaba un microcontrolador basado en arquitectura ARM, algunos aspectos como las interrupciones o los cambios en pines individuales se gestionan de forma distinta a los dsPIC33 o los Arduino con los que estaba ya familiarizado.
- Una vez familiarizado con el Microcontrolador elegí los componentes que formarían parte del proyecto.
- Con los componentes elegidos, se van conectando en una placa de prototipos e integrando en el código. Una vez programado el código necesario se hacen pruebas para comprobar el correcto funcionamiento del componente añadido y si todo es correcto se empieza a trabajar en el siguiente componente.
- Con todos los componentes del sistema funcionando independientemente, se crea un código básico capaz de coordinar todos los componentes, y de la misma manera que en el paso anterior, se añaden funcionalidades al código y se van probando de una en una.

- Una vez añadidas todas las funcionalidades se hacen pruebas exhaustivas del sistema completo con situaciones hipotéticas como llenar la memoria de tarjetas o pasar una tarjeta y no volver a pasarla hasta el día siguiente para comprobar el comportamiento del sistema.

4.4 PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN ECONÓMICA

4.4.1 PLANIFICACIÓN

Para la planificación del proyecto se creó un diagrama de Gantt con las principales tareas a realizar separadas por categoría: software, hardware y documentación como se muestra a continuación:

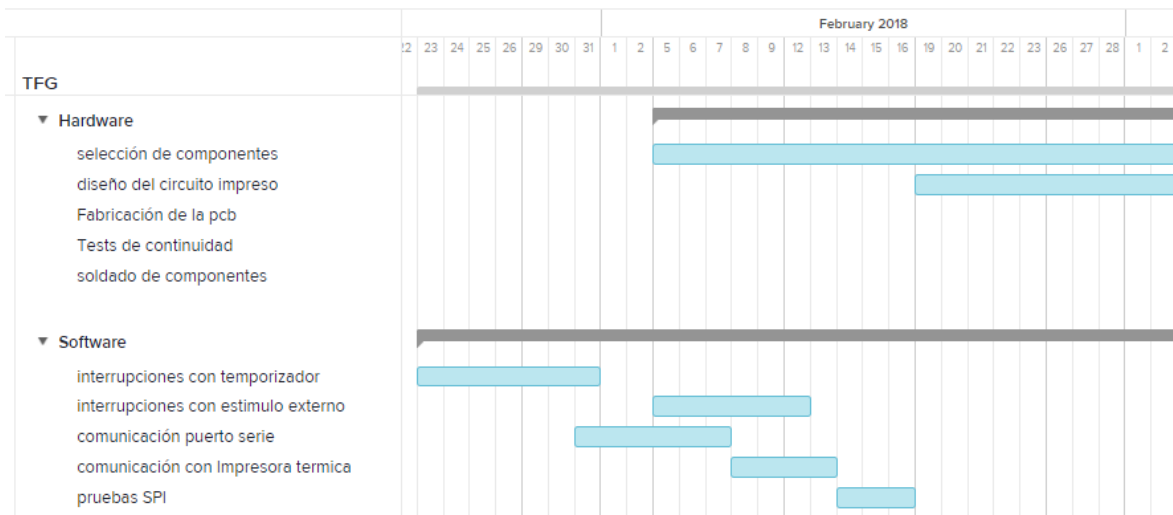


Tabla 1 Diagrama Gantt enero-febrero

DEFINICIÓN DEL TRABAJO



Tabla 2 Diagrama de Gantt marzo-abril

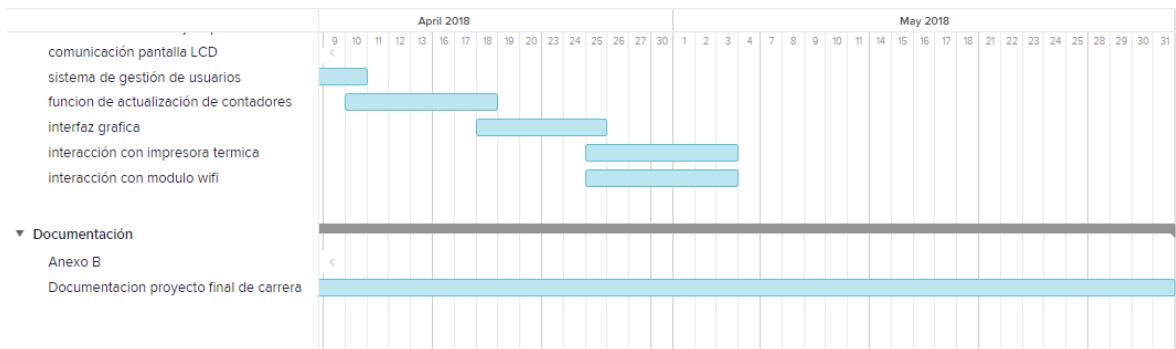


Tabla 3 Diagrama de Gantt abril-mayo

4.4.2 ESTIMACIÓN ECONÓMICA

En la tabla a continuación se muestran los distintos elementos del proyecto y su coste

<i>Elemento</i>	<i>Precio</i>
Placa de circuito impresa ¹	10€
Lector de tarjetas HID	40€
Pantalla LCD ²	45€
Componentes electrónicos (conectores, condensadores, resistencias, regulador, relé y transistores)	5€
Microcontrolador LPC1114FN28	5€
Modulo wifi ESP8266	2€
Impresora térmica	40€

Tabla 4 Coste de los elementos

Precio total con modulo wifi 107€

Precio total con impresora térmica 145€

¹ Se pidieron 5 placas por un precio total de 50€ envío incluido.

² Ese modelo de pantalla fue elegido por que había uno disponible en el laboratorio, en caso de que se fuesen a producir más unidades se podría cambiar el módulo por uno más barato.

Capítulo 5. SISTEMA DESARROLLADO

5.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA

El cerebro del sistema es el microcontrolador, como se ha mencionado en la descripción de las tecnologías es un ARM Cortex M0, modelo LPC1114FN28 en formato DIP 28 que se encarga de la comunicación con distintos periféricos y puertos de entrada y salida:

5.1.1 PERIFÉRICOS DE ENTRADA

El lector de tarjetas es el único periférico de entrada. Utiliza un protocolo serie que requiere dos cables. Estos dos cables están conectados a los pines 24 y 26 del microcontrolador que corresponden con los valores 1 y 3 del puerto 0. Estos valores están siendo constantemente comprobados esperando a que una tarjeta sea pasada por el lector y se reciba el primer bit de datos. Una vez se han recibido los 32 bits, se utiliza una máscara para descartar los bits que no forman parte del número de tarjeta. El número de tarjeta se pasa a una función que se encarga de hacer las acciones pertinentes para esa tarjeta.

5.1.2 PERIFÉRICOS DE SALIDA

5.1.2.1 Pantalla

Muestra la información útil sobre la asistencia y el estado en tiempo real. Para gestionar la pantalla se utiliza el protocolo SPI, que habitualmente requiere cuatro conexiones: MOSI, MISO CS y CLK

- MOSI significa “Master Out Slave In” envía información desde el máster, en este caso el microcontrolador hasta el esclavo, en este caso la pantalla.
- MISO significa “Master In Slave Out” que envía información desde el esclavo al máster, aunque, como en este caso el esclavo es una pantalla, no envía información y hace innecesario este cable.

- CS significa “Chip Select”, y es independiente para cada uno de los dispositivos conectados por SPI. Es utilizado por el máster para informar a el esclavo con el que quiere comunicarse, en caso de que haya más de uno.
- CLK o clock es un reloj compartido para mantener la sincronización en las comunicaciones.

5.1.2.2 Impresora térmica

En caso de que esté disponible, la impresora recibe por el puerto serie los caracteres en formato ASCII para su impresión. Para la comunicación se utiliza RS232 o TLL que habitualmente requieren dos cables para su operación, uno de transmisión y uno de recepción. Pero como la impresora no tiene información que transmitir, solo la recibe, solo es necesario un cable.

5.1.3 PERIFÉRICOS DE ENTRADA Y SALIDA

- Modulo wifi, en caso de que esté disponible, transmite a el servidor local o de la nube el número de tarjeta y la hora según se van escaneando para almacenar dicha información en una base de datos. Esta información se transmite como una petición GET de HTTP ya que el módulo wifi no soporta el cifrado HTTPS. Para evitar ataques al sistema en los que un estudiante escanee y replique la petición se utilizan códigos de autenticación del mensaje basado en el algoritmo de hash SHA 256
- Tarjeta SD³: para poder utilizar los nombres de los alumnos en vez del número de tarjeta se puede utilizar una tarjeta SD con un archivo con los nombres de los estudiantes y los números de tarjeta, pero esto no es imprescindible para el correcto funcionamiento del sistema. El protocolo de comunicación es SPI, el mismo que utiliza la pantalla y requiere los mismos cables excepto CS que será conectado a un pin distinto.

³ Este sistema no ha sido implementado en el producto final.

5.1.4 PUERTOS DE ENTRADA

El microcontrolador tiene cuatro puertos configurados de entrada de datos que están conectados:

- El primero a un pulsador momentáneo. Este pulsador se utiliza para añadir administradores del sistema, que son los que pueden imprimir los informes de asistencia. Al pasar una tarjeta con el botón pulsado, esa tarjeta se convierte en administrador.
- Los otros tres puertos de entrada se conectan a tres interruptores de dos posiciones con una función determinada:
 - El primer interruptor sirve para conceder acceso a la puerta. Todas las tarjetas que se escanean con el interruptor encendido tienen acceso.
 - El segundo interruptor sirve para desactivar la opción de que se imprima en papel una actualización del tiempo de un estudiante cuando sale del laboratorio.
 - El tercer botón activa la funcionalidad wifi si el Módulo de comunicación está conectado

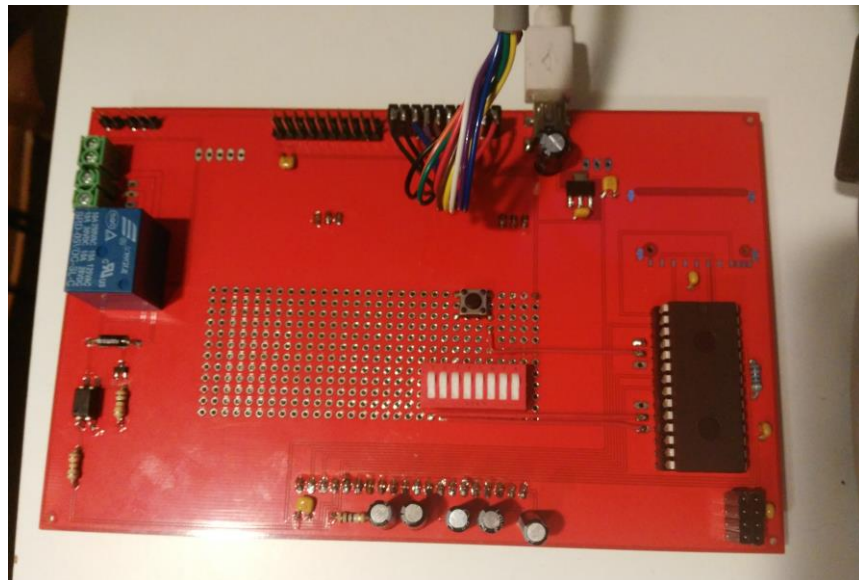


Figura 16 interruptores en la parte trasera del dispositivo

5.1.5 PUERTOS DE SALIDA

El microcontrolador tiene tres puertos de salida configurados:

- El primero es el relé. Cuando se activa el puerto de salida del relé, este activa un optoacoplador, que a su vez conecta un MOSFET encargado de activar el relé.
- El segundo es un led de indicación integrado en el lector de tarjetas, activando este puerto cambia de color verde a color rojo. Esto se utiliza para señalar que la puerta está abierta.
- El ultimo puerto está conectado a un pequeño altavoz, también integrado en el lector, programado para hacer un ruido cada vez que una tarjeta es correctamente escaneada.

5.1.6 PERIFÉRICOS INTERNOS

Con el objetivo del proyecto es contar tiempo, necesitamos una forma de medirlo. Para ello, se utiliza uno de los temporizadores internos del microcontrolador, que cada 10 microsegundos hacen ejecutarse el código de la función “TIMER16_0_IRQHandler”. Esta función es la encargada de reiniciar el temporizador y contar el paso del tiempo, Cada minuto se actualizarán los contadores de los alumnos presentes.

5.1.7 DIAGRAMAS DE BLOQUES

En esta sección se indican los diagramas de bloques de los periféricos con el microcontrolador indicando el protocolo de comunicación en caso de que se utilice uno estándar.

5.1.7.1 Diagrama de bloques con impresora térmica

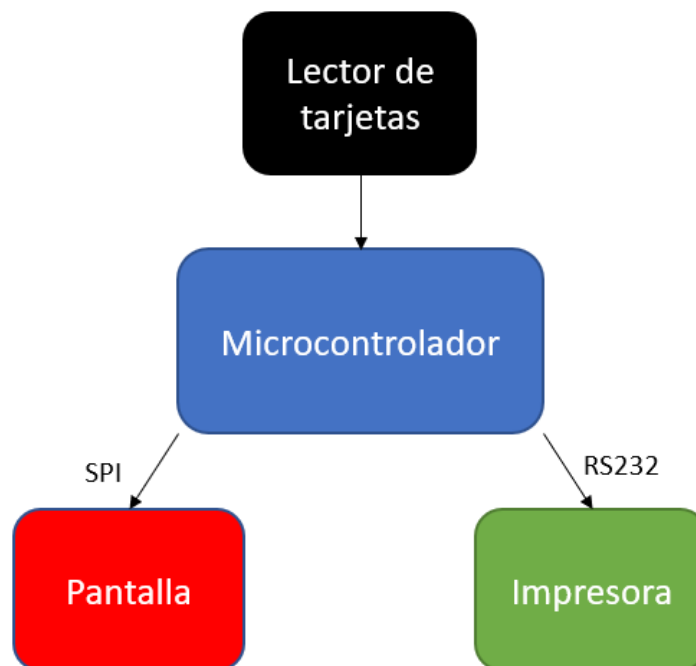


Figura 17 Diagrama de bloques con impresora

5.1.7.2 Diagrama de bloques con modulo wifi.

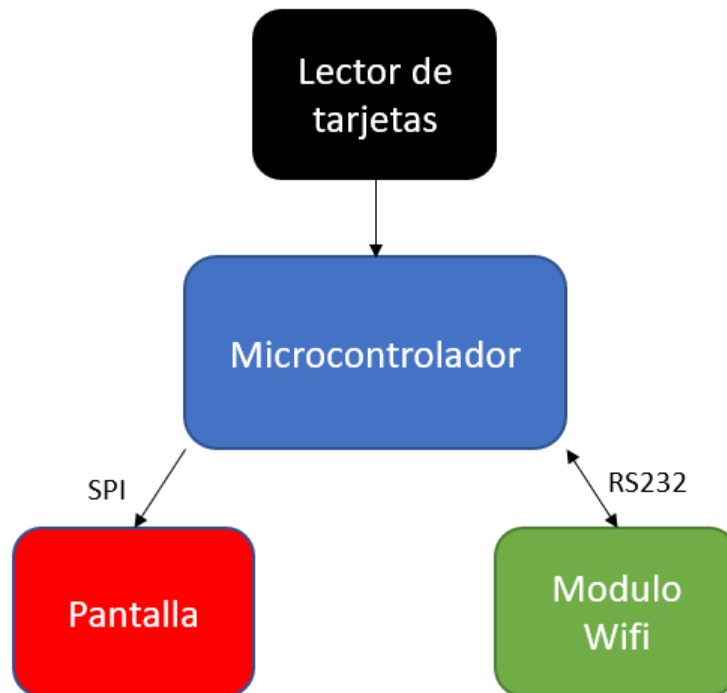


Figura 18 Diagrama de bloques con Wifi

5.2 DISEÑO

A la hora de construir físicamente el dispositivo se han tomado decisiones en cuanto al diseño que se describen a continuación:

5.2.1 DISEÑO DEL CIRCUITO

El primer paso para el diseño del circuito es la elección de los componentes, después hay que decidir que conexiones hacen falta entre ellos para ello, utilizando la información proporcionada por los fabricantes en las Datasheet, se hacen conexiones provisionales en una placa de prototipos, y una vez se comprueba que funciona, se procede a hacer un

esquema de funcionamiento, en este caso, he utilizado el software Eagle, de autodesk, que permite importar componentes y realizar conexiones de forma sencilla.

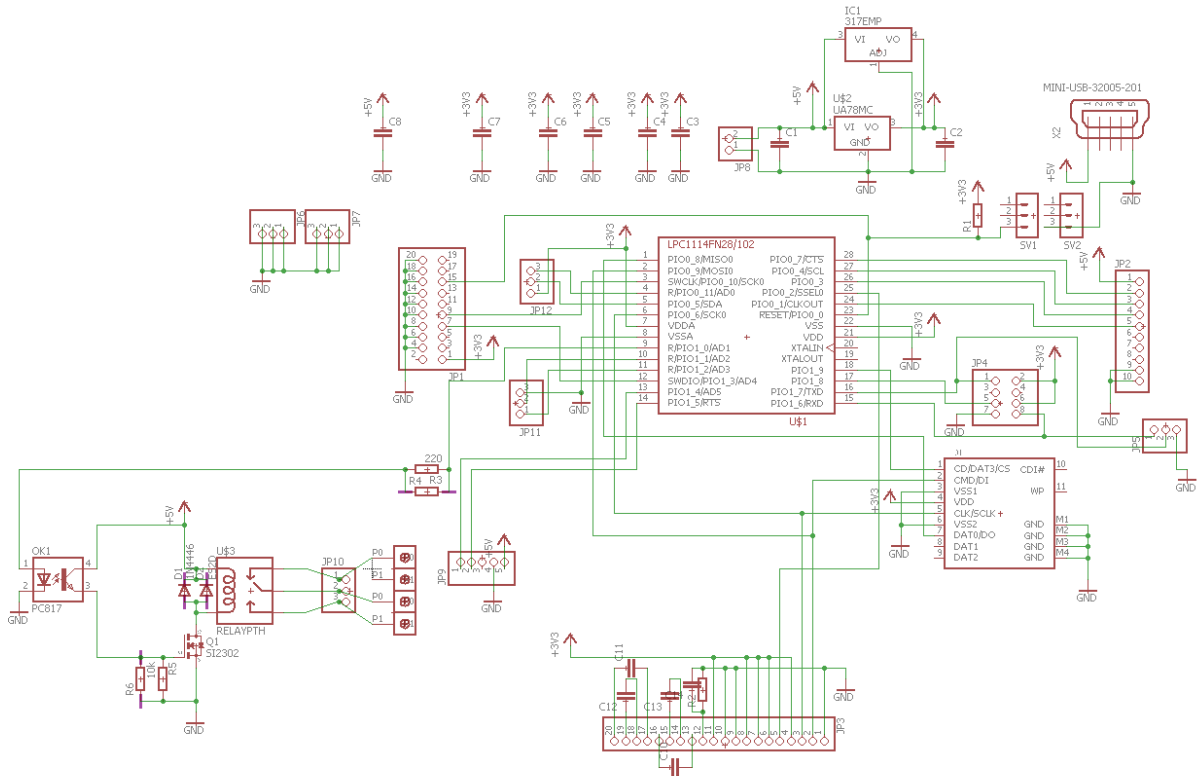


Figura 19 esquema del circuito

En la Figura 19 se puede observar el circuito completo, en el centro del esquema tenemos el microcontrolador, con puertos para programación y para poder conectar algunos de los periféricos.

Abajo en el centro se encuentra el conector de la pantalla.

5.2.1.1 Alimentación

En la parte superior del esquema, tenemos el circuito de alimentación y los condensadores para mantener niveles de voltajes estables a pesar de posibles variaciones de consumo, sobre todo por la impresora.

5.2.1.2 Relé

En el esquema, el circuito de abajo a la izquierda es el encargado del control del relé que abrirá las puertas, como se ha explicado anteriormente tiene aislamiento óptico que impide que la energía almacenada en la bobina pueda dañar el microcontrolador en caso de fallo.

5.2.2 DISEÑO DE LA PCB

Una vez se ha completado el esquema del circuito, el siguiente paso es diseñar la placa de circuito impresa, Eagle, el mismo software que se utiliza para hacer el esquema permite hacer el diseño. Por lo que nada más abrir la placa, aparecen los componentes que se han usado en el esquema.

El primer paso para esto es colocar los componentes en los lugares adecuados, hay que tener en cuenta que algunos de ellos, como el puerto USB, se tienen que poner en el borde para que se puedan acceder.

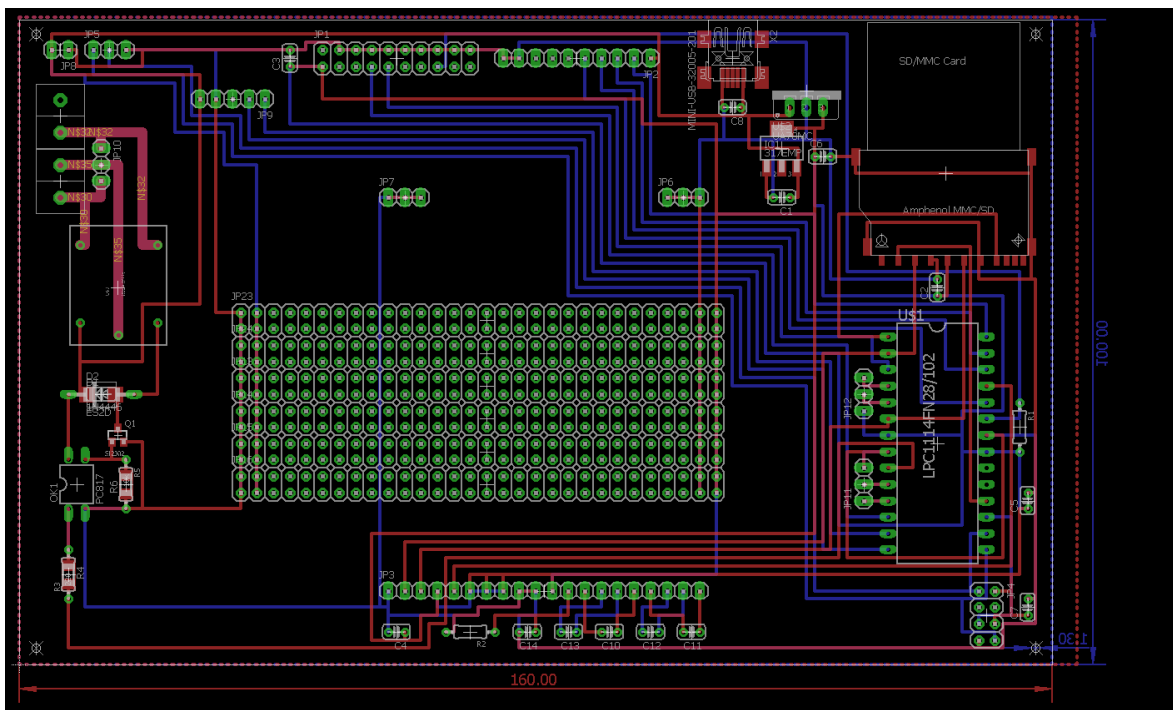


Figura 20 Esquema de la Placa de Circuito Impresa

También hay que tener en cuenta en qué lado de la placa se están colocando los componentes por que pueden quedar al revés.

Además, como las conexiones del circuito son las mismas que las de la placa el programa indica con líneas amarillas las conexiones que no se han realizado. Hay que ir realizando las conexiones sin que se crucen dos cables en el mismo lado de la placa. Para pasar un cable de un lado a otro de la placa se utilizan vías que conectan ambos lados.

Después de hacer todas las conexiones, el paso final es mandarlo fabricar. Para esto se ha recurrido a la empresa PCBWay, se les envían los ficheros de la placa y en menos de 48 horas fabrican la placa a medida y la envían.

El resultado final (Figura 21) ha quedado en un tamaño de 100 x 160 milímetros.

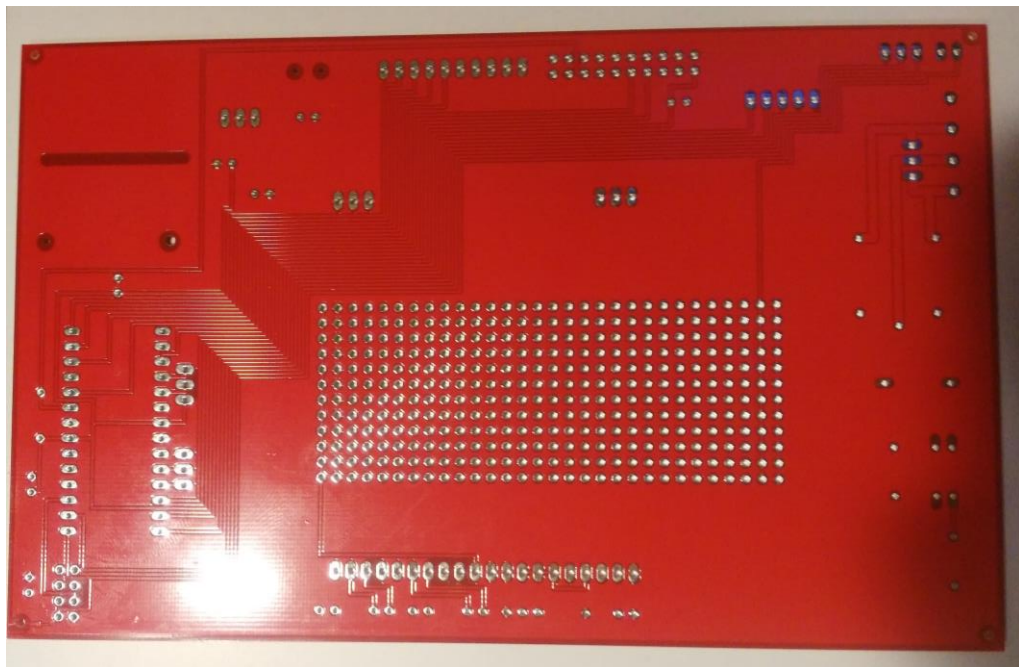


Figura 21 Resultado final de la PCB

5.2.3 DISEÑO DE LA INTERFAZ

El diseño de la interfaz se ha realizado en código. A la función utilizada para escribir varios caracteres en la pantalla hay que pasarle como atributo la ubicación en la pantalla donde hay que escribir el primer carácter. Con esto se han ido haciendo pruebas para que cambiando la cantidad de dígitos que tienen los números que aparecen en la pantalla, el texto siga siendo legible.



Figura 22 Mensaje inicial pidiendo al usuario que escanee una tarjeta

Un aspecto importante fue dejar claro el estado del alumno para evitar confusiones en caso de que se olvide pasar la tarjeta al entrar o salir. Para esto, aparece un mensaje de bienvenida cuando se pasa la tarjeta para entrar y un mensaje de despedida al salir.



Figura 23 Mensaje de bienvenida y de acceso a la puerta



Figura 24 Mensaje de acceso de administrador garantizado.

También se informa por medio de la pantalla cuando se otorga acceso de administrador a una tarjeta o permisos de apertura de puerta.

Además, el sistema genera una señal acústica cuando se escanea correctamente una tarjeta.

5.2.4 CÓDIGO

Para el programa se han utilizado dos programas en C++, ambos en el anexo A de este informe.

El primero, Main.c contiene la lógica del sistema y la configuración interna del microcontrolador. Las tareas mas complicadas se han programado en funciones para simplificar el código del programa. También se ha creado una estructura para almacenar los datos de los estudiantes, que tiene las siguientes variables:

- Número de tarjeta
- Tiempo en la sesión actual
- Tiempo total del ciclo
- Está dentro del aula (verdadero o falso)
- Puede abrir la puerta (verdadero o falso)
- Es administrador (verdadero o falso)

El segundo, Font.h ha sido extraído de la web de la asignatura [11] y contiene las formas de los caracteres ASCII para mostrar en la pantalla LCD.

5.3 IMPLEMENTACIÓN

La implementación del dispositivo se ha realizado por partes

- Primero se han ido probando los componentes de uno en uno en una placa de prototipos como la de la Figura 25 para probar el código asociado a cada uno de los componentes en concreto.
- Con los componentes ya probados y la placa de circuito impreso fabricada, se construyó el primer prototipo utilizando sockets para todos los componentes. Con esto se pudo probar la placa.
- Para hacer el dispositivo definitivo, se soldaron los componentes directamente a la placa o bien con socket de perfil bajo para el microcontrolador para poder cambiarlo en caso de problemas.

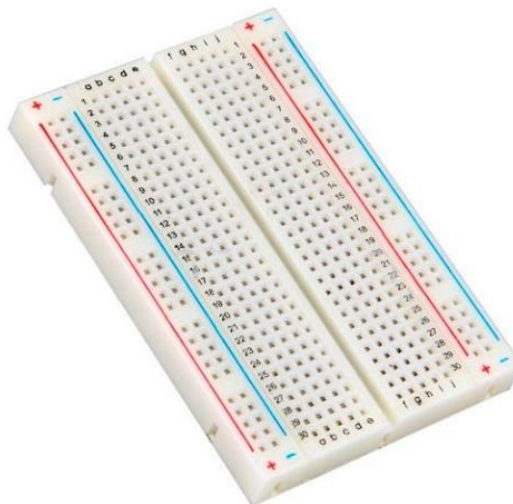


Figura 25 Placa de prototipos

Cuando la placa final estaba terminada, el dispositivo no encendía hasta que no se reseteaba manualmente juntando los pines de reset y tierra. Esto en un banco de pruebas se podía hacer, pero en una situación de uso real, no es viable tener que resetear el aparato cada vez que se conectaba. Para solucionar este problema se conectó un condensador electrolítico entre los pines de tierra y reset del microcontrolador. Con esto, conseguimos que, al conectar el dispositivo a la alimentación, se resetee automáticamente. Esto solucionó el problema correctamente y esta es la versión final del dispositivo.

5.3.1 INSTRUCCIONES DE USO

5.3.1.1 Para Alumnos

Simplemente pasar la tarjeta al entrar y salir del laboratorio.

5.3.1.2 Para Profesores

- Para crear un administrador del sistema hay que pasar una tarjeta por el lector con el botón de atrás pulsado. Después de esto, al pasar la tarjeta, se imprimirá el informe con las horas de los estudiantes y los tiempos vuelven a cero preparados para el siguiente ciclo. Si hay estudiantes dentro del laboratorio, el tiempo contará para el siguiente ciclo.
- Para dar permisos a los alumnos para abrir la puerta, hay que cerrar el interruptor número uno en la parte trasera del dispositivo, después de esto se pasan todas las tarjetas con las que se quiere abrir la puerta y por último devolver el interruptor a su posición abierta.

Si una tarjeta tiene permisos de administrador, automáticamente tiene permisos de apertura.

- Para prevenir un fallo de alimentación, el sistema puede imprimir una los tiempos actualizados cuando un estudiante sale del aula. Para activar esta opción hay que dejar el interruptor número dos en su posición abierta

Por último, para activar el modulo Wifi, hay que conectarlo en su socket y dejar el interruptor numero tres en posición cerrada. Para esto, el modulo wifi tendrá que estar configurado con el servidor pertinente.

El sistema está programado para contar hasta cien alumnos al mismo tiempo, aunque este número se puede aumentar cambiando una variable en el programa.

Para evitar contar horas de mas a un alumno que se olvida de pasar la tarjeta al salir, el sistema deja de contar y recupera el tiempo anterior si pasa un periodo de tiempo mayor al establecido, que está actualmente configurado para diez horas.

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El resultado de este proyecto es un producto perfectamente funcional, fácil de utilizar y capaz de contar el tiempo que pasa cada estudiante en el laboratorio.

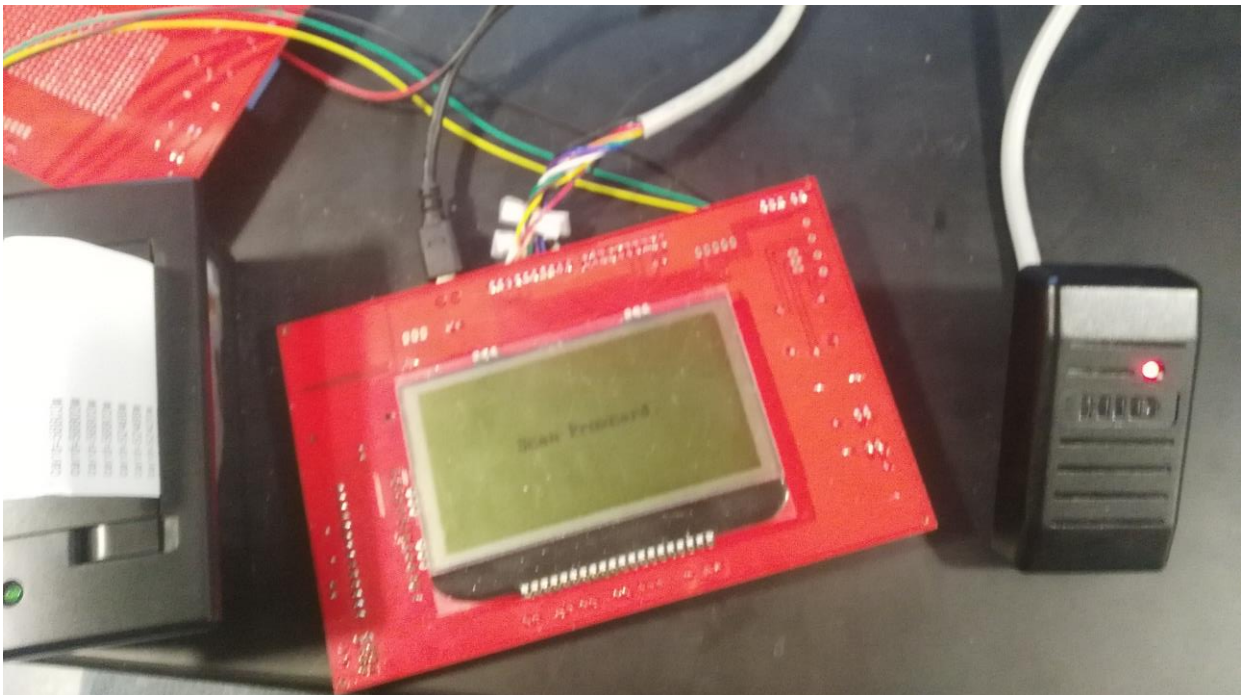


Figura 26 sistema desarrollado

Como se puede observar en la Figura 26, la placa de circuito impresa incluye todos los dispositivos salvo el lector de tarjetas y la impresora térmica.

Aunque queda fuera del alcance de este proyecto, la construcción de una carcasa de plástico, posiblemente impresa en 3D o fabricada en madera que incluya una ventana para la pantalla y un hueco para la conexión del cable de alimentación, haría al producto mejorar en apariencia física.

El escaneo de tarjetas es casi instantáneo y las pruebas de precisión del tiempo han sido correctas para un periodo de seis horas.

La interfaz del dispositivo es sencilla y permite obtener la información necesaria de un vistazo.

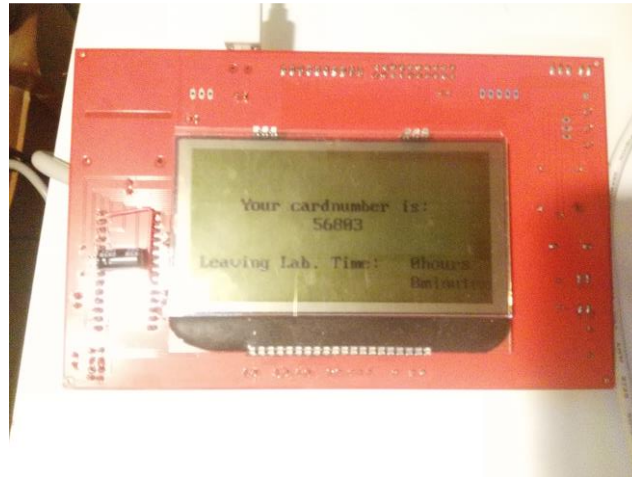


Figura 27 Mensaje de salida con tiempo total

El dispositivo ha resultado ser un producto muy versátil, ya que además de que vaya a utilizarse en “ECE395 Advanced Digital Projects Lab” a partir de otoño 2018, el profesor a cargo del openlab, (un laboratorio abierto a estudiantes para proyectos personales), ha decidido utilizar un sistema basado en este proyecto para administrar el tiempo que cada alumno tiene de acceso a las impresoras 3d y maquinas CNC. El código puede modificarse para utilizar el relé para la gestión del uso de estos dispositivos.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

7.1 CONCLUSIÓN

Gracias a la utilización de diferentes componentes electrónicos se ha conseguido un producto final con un coste inferior a productos comerciales y que cumple los objetivos propuestos para que su uso suponga una mejora sobre el anterior método, principalmente por dos motivos:

- Al ser capaz de utilizar las tarjetas ya existentes, los estudiantes no tienen que llevar más tarjetas
- La interacción con el dispositivo es simple e intuitiva: pasar la tarjeta al entrar y salir, y la información del tiempo aparece en la pantalla.

Además, gracias al área de prototipado integrada y al relé, que ha sido incluido inicialmente con el objetivo de abrir puertas, abren la posibilidad de añadir funcionalidades adicionales con cambios en el software actualmente instalado, y en caso de ser necesario añadiendo periféricos con funciones que no se habían contemplado en el diseño del dispositivo.

7.2 TRABAJOS FUTUROS

Para mejorar el uso del producto sobre una red wifi, se puede crear un servidor dedicado con una base de datos de estudiantes por asignatura que gestione todas las puertas del centro y que además controle la asistencia de los alumnos a las clases que lo requieran. Y con un portal para que los alumnos puedan comprobar el tiempo que llevan o que les falta para cumplir.

El hardware del dispositivo está preparado para incluir una tarjeta SD que no ha sido incluida en el código actual, pero sería útil para introducir un fichero con nombres de los alumnos

para imprimir nombres y apellidos en vez de números que el profesor tendrá que buscar después en una lista.

Además, como se comentaba anteriormente, con ligeros cambios de software se podría utilizar el mismo dispositivo para gestión de aparatos electrónicos por medio del relé. Como pueden ser las impresoras 3D del openlab de la universidad o una máquina de café compartida.

También se puede cambiar el lector de tarjetas por uno más moderno de 13,56MHz, compatible con teléfonos móviles con NFC o incluso tarjetas de crédito con tecnología contactless para realizar cobros

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Youbok Lee . “Antenna Circuit Design for RFID Applications”, Microchip Technology Inc. Diciembre, 2002.
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00710c.pdf>
- [2] “ID proximity 125 kHz Cards and Readers”, HID Global. Julio 2012
https://www.hidglobal.com/sites/default/files/resource_files/hid-prox-br-en.pdf
- [3] Why is Near Field Communication (NFC) range limited to about 20cm
<https://physics.stackexchange.com/questions/44037/why-is-near-field-communication-nfc-range-limited-to-about-20cm>
- [4] “DOGXL240-7 GRAPHIC” ELECTRONIC ASSEMBLY. Marzo 2014
<https://www.lcd-module.com/fileadmin/eng/pdf/grafik/dogxl240-7e.pdf>
- [5] W. LE G. BUNDY. “WORKMANS TIME RECORDER.” No. 452,894. Patented May 26, 1891.
<https://patents.google.com/patent/US452894A/en?q=US452894>
- [6] “Time Date Numbering Printer (Time Stamp) TP-50” Seiko
https://www.seiko-sol.co.jp/en/products/time-recorder/time_stamp_tp/
- [7] Acroprint timeQplus Magnetic Stripe Time and Attendance System Time Clock
<https://www.amazon.com/Acroprint-timeQplus-Magnetic-Stripe-Attendance/dp/B009FFQN8Y>
- [8] Timedox Silver Biometric Fingerprint Time Clock
<https://www.amazon.com/Timedox-Biometric-Fingerprint-Requires-notifications/dp/B079F2GWLC>
- [9] Cerradura electrónica
https://es.wikipedia.org/wiki/Cerradura_electr%C3%B3nica
- [10] Cómo evitar que te roben el PIN de la tarjeta con una cámara térmica
<https://es.gizmodo.com/como-evitar-que-te-roben-el-pin-de-la-tarjeta-con-una-c-1628378924>
- [11] Página web de la asignatura ECE 395
<https://wiki.illinois.edu/wiki/display/ece395/Spring+2018+Projects>

- [12] Datasheet microcontrolado
<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/LPC111X.pdf>
- [13] Datasheet impresora termica
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/General/A2-user%20manual-1.pdf>

ANEXO A

Este anexo contiene el código instalado en la memoria flash del microcontrolador, y que gestiona los periféricos y la lógica del dispositivo.

8.1 MAIN.C

```
#include <stdio.h>
#include <rt_misc.h>
#include "LPC11xx.h"

#include "font16x8.h"

#define CLK_CONTROL_W 0x8f
#define DISP_RW 4

#define CARDM 100
typedef struct{
    int cnum;
    int time;
    int in;
    int intime;
    int door;
}T_CARD;
T_CARD allcards[CARDM];

extern void SER_init (void);
extern int getkey (void);
int cardNum = 0;
int bitNum = 0;
char name[32];
int rss = 0;
int c=0;
int z3=0;
int z1=0;
int sz=0;
int i;

/*
 * configureGPIO
 * DESCRIPTION: sets up the GPIO pins
 */
void configureGPIO(){
    //enable clocks to GPIO block
```

```

LPC_SYSCON->SYSAHBCLKCTRL |= (1UL << 6);
LPC_SYSCON->SYSAHBCLKCTRL |= (1UL << 16);

//set GPIO ports 0_3 and 0_1 to 0 (input) (data from card reader)
LPC_GPIO0->DIR &= ~(1<<1);
LPC_GPIO0->DIR &= ~(1<<3);

//set gpio1-1 and 1-2 ans imput for the swiches
LPC_GPIO1->DIR &= ~(1<<1);
//give door access

LPC_GPIO1->DIR &= ~(1<<2);
//set continuos print.

LPC_GPIO0->DIR &= ~(1<<5);
//set system admin

LPC_GPIO0->DIR &= ~(1<<11);
//always print

// buzzer
LPC_GPIO0->DIR |= (1<<4);
LPC_GPIO0->DATA |= (1<<4);

//green led + door
LPC_GPIO0->DIR |= (1<<7);
LPC_GPIO0->DATA &= ~(1<<7);
}

/*
 * timerSetup
 * DESCRIPTION: sets up interrupts for the timer
 */

void timerSetup(){
    LPC_SYSCON->SYSAHBCLKCTRL |= (1<<7);

    LPC_TMR16B0->PR = 47;
    //prescaling

    LPC_TMR16B0->MCR = (3<<3);
    LPC_TMR16B0->CCR = 0;
    LPC_TMR16B0->MR1 = 10-1;
    NVIC_EnableIRQ(TIMER_16_0_IRQn);
    //interruption function
    LPC_TMR16B0->TCR = 1;
}

/*
 * configureSPI

```

```

* DESCRIPTION: sets up SPI
*/
void configureSPI()
{
    // Toggle SPI reset
    LPC_SYSCON->PRESETCTRL |= (1UL);

    // Enable clock for SPI0
    LPC_SYSCON->SYSAHBCLKCTRL |= (1UL << 11);

    // Enable SPI0_PCLK
    LPC_SYSCON->SSP0CLKDIV |= (1UL);

    // Enable clock for IOCONFIG
    LPC_SYSCON->SYSAHBCLKCTRL |= (1UL << 16);

    // Set data size to 9 bits
    LPC_SSP0->CR0 |= (1UL << 3);

    // Set clock high between frames
    LPC_SSP0->CR0 |= (1UL << 6);

    // Captures serial data on the transition back to the inter-frame
    LPC_SSP0->CR0 |= (1UL << 7);

    // Set location for CLK0
    LPC_IOCON->SCK_LOC |= (1UL << 1);          // SCK0 LOC

    // Set function for SPI0 pins
    LPC_IOCON->PIO0_2 |= (1UL);                // SSELO
    LPC_IOCON->PIO0_6 |= (1UL << 1); // SCK0
    LPC_IOCON->PIO0_9 |= (1UL);                // MOSIO

    // Set CPSDVSR to 8
    LPC_SSP0->CPSR |= (1UL << 3);

    // Enables the SPI
    LPC_SSP0->CR1 |= (1UL << 1);
    // NOTHING HERE*****
}

/*
* writeSPI
* DESCRIPTION: sends 9-bits of data through SPI
*/
void writeSPI(uint16_t data, int bits)
{
    while (((1UL << 1) & LPC_SSP0->SR) == 0){}
    LPC_SSP0->DR |= (data & 0x1FF);

    // DATA WRITE

```

```

    //1. check the TNF bit in the status register (if FIFO is full)
    //----LPC_SSP0->SR (check bit 1)
    //2. if FIFO is not full, write data into LPC_SSP0-> DR (right justified)
}

/*
 * readSPI
 * DESCRIPTION: reads data from data register of SPI
 */
char readSPI()
{
    char data;
    // wait for RNE to be high
    while (((1UL << 2) & LPC_SSP0->SR) == 0){}
    data = LPC_SSP0->DR |= (data & 0xFF);
    return data;
    // DATA READ
    //1. wait until the RNE bit in the status register is 1(if FIFO is not
empty)
    //----LPC_SSP0->SR (check bit 2)
    //2. if FIFO is full, read data from LPC_SSP0-> DR (right justified)
}

void setupLCD()
{
    /*// Set the reset pin low
// LPC_GPIO0->DATA &= ~(1<<4);
// Wait >1ms
waitSysTick(0x0000D000);
// Set reset pin high
// LPC_GPIO0->DATA |= (1UL << 4);
// Wait >150ms
waitSysTick(0x00728000);*/
// Set pump control
writeSPI(0x002F, 9);
// Set com end
writeSPI(0x00F1, 9);
writeSPI(159, 9);
// Set display line start
writeSPI(0x00F2, 9);
writeSPI(0, 9);
// Set display line end
writeSPI(0x00F3, 9);
writeSPI(159, 9);
// Set line rate
writeSPI(0x00A2, 9);
// Set PM (contrast)
writeSPI(0x0081, 9); // Command INIT
writeSPI(0x00B4, 9); // Set PM to 128
// Set display to 1 bit for 1 pixel

```

```
writeSPI(0x00D1, 9);
// Set auto increment
writeSPI(0x0089, 9);
// Set LCD mapping (MY mode)
writeSPI(0x00C0, 9);
writeSPI(0x0004, 9);
// Set col address
writeSPI(0x0000, 9);
writeSPI(0x0010, 9);
// Set page address
writeSPI(0x0060, 9);
writeSPI(0x0070, 9);

// Enable display
writeSPI(0x00A9, 9);
}

/*
 * writeChar
 * DESCRIPTION: writes one character to the screen
 */
void writeChar(char letter, char page, char col){
    int offset, i;
    uint16_t byte;
    // Convert ASCII letter to integer offset
    offset = letter;

    // Set col address
    writeSPI(col & 0x000F, 9);
    writeSPI(0x0010 | ((col & 0x00F0) >> 4), 9);
    // Set page address
    writeSPI(0x0060 | (page & 0x000F), 9);
    writeSPI(0x0070 | ((page & 0x00F0) >> 4), 9);

    // Write top row of character
    for(i = 0; i < 16; i += 2){
        byte = font[16*offset + i];
        writeSPI(0x0100 | (byte & 0x00FF), 9);
    }

    // Increment page and reset col address
    page++;
    writeSPI(col & 0x000F, 9);
    writeSPI(0x0010 | ((col & 0x00F0) >> 4), 9);
    writeSPI(0x0060 | (page & 0x000F), 9);
    writeSPI(0x0070 | ((page & 0x00F0) >> 4), 9);

    // Write bottom row of character
    for(i = 1; i < 16; i += 2){
        byte = font[16*offset + i];
        writeSPI(0x0100 | (byte & 0x00FF), 9);
    }
}
```

```
}  
  
/*  
 * writeString  
 * DESCRIPTION: writes full string to screen  
 */  
void writeString(char* string, char page, char col){  
    int i;  
    while(string[i] != '\0'){  
        writeChar(string[i], page, col);  
        //increment page and col  
        col += 8;  
        if((int)col > 239){  
            col = 0;  
            page +=2;  
        }  
        i++;  
    }  
}  
  
/*  
 * clearScreen  
 * DESCRIPTION: wipes screen  
 */  
void clearScreen(){  
    int i;  
    writeSPI(0x00A8, 9);  
  
    // Set col address  
    writeSPI(0x0000, 9);  
    writeSPI(0x0010, 9);  
    // Set page address  
    writeSPI(0x0064, 9);  
    writeSPI(0x0070, 9);  
  
    for (i = 0; i < 240*16; i++) {  
        writeSPI(0x0100, 9);  
    }  
    //makeStamp();  
  
    writeSPI(0x00A9, 9);  
}  
  
/*  
 * displayInt  
 * DESCRIPTION: displays card number on the screen  
 */  
void displayInt(int in){  
    int i;  
    char buf[7];  
  
    //convert from int to ASCII character  
    for(i = 5; i >= 0; i--){
```

```
        buf[i] = in%10 + 48;
        in /= 10;
    }
    if (buf[0]==48){
        buf[0]=' ';
    }
    buf[6] = '\\0';
//    writeString("Your card number is: ", (char)11, (char)40);
    writeString(buf, (char)11, (char)90);
}

void displaytime(int time){
    int hours=time/60;
    int minutes=time%60;

    if (hours>9){
        writeChar(((hours/10)%10)+48), (char) 15, (char) 168);
        writeChar(((hours%10)+48), (char) 15, (char) 176);
    }else{
        writeChar(((hours%10)+48), (char) 15, (char) 176);
    }

    if (minutes>9){
        writeChar(((minutes/10)%10)+48), (char) 17, (char) 168);
        writeChar(((minutes%10)+48), (char) 17, (char) 176);
    }else{
        writeChar(((minutes%10)+48), (char) 17, (char) 176);
    }

}

int findcard(int cardNum){
    int index=0;
    for(i=1;i<CARDM;i++){
        if(allcards[i].cnum == cardNum){
            index=i;
            break;
        }
    }
    if(index==0){
        for(i=1;i<CARDM;i++){
            if(allcards[i].cnum == 0){
                index=i;
                allcards[i].cnum = cardNum;
                allcards[i].time = 0;
                allcards[i].door = 0;
                allcards[i].in = 0;
                break;
            }
        }
    }
}
```



```

        if(index==0){
            for(i=1;i<CARDM;i++){
                if(allcards[i].door == 0){
                    if(allcards[i].time == 0){
                        if(allcards[i].in == 0){
                            index=i;
                            allcards[i].cnum = cardNum;
                            break;
                        }
                    }
                }
            }
        }
        return index;
    }
}

void opendor(void){
    LPC_GPIO0->DATA |= (1<<7);
    for (i = 0; i < 0x0004FFFF; i++)
    {
    }
    LPC_GPIO0->DATA &= ~(1<<7);
}

void printtimes(void){
    int i;
    printf("\n\r Card Times.\n\r\n\rClass:_____ Week:_____ \n\r");
    for(i=1;i<CARDM;i++){
        if(allcards[i].cnum != 0){
            if(allcards[i].time != 0){
                printf("%05d - %02d:%02d# \n\r", allcards[i].cnum ,
allcards[i].time/60 , allcards[i].time%60 );
            }
        }
    }
    printf("\n\r\n\r");
}

void cardhandler(int cardNum){
    int index;
    clearScreen();
    clearScreen();
    //take only bits relevant from the cardID
    cardNum = cardNum >> 1;
    cardNum &= 0x0FFFF;
    writeString("Your cardnumber is:", (char) 9, (char) 40);
    displayInt(cardNum);
    if(!(LPC_GPIO0->DATA & (1<<11))){
        printf("*%06d#\n\r", cardNum);
    }
    index = findcard(cardNum);
    if(index==0){

```

```
        writeString("Memory full.", (char) 15, (char) 8);
    }else{

        if(LPC_GPIO0->DATA & (1<<5)){
            writeString("Admin access", (char) 13, (char) 8);
            allcards[index].door=2;
        }else if(allcards[index].door > 0){
            opendor();
        }else if(!(LPC_GPIO1->DATA & (1<<1))){
            writeString("Door access", (char) 17, (char) 8);
            allcards[index].door=1;
        }

        if(allcards[index].door == 2){
            printtimes();
            writeString("Printing", (char) 17, (char) 8);
        }else{
            if(allcards[index].time%60==1){
                writeString("minute ", (char) 17, (char) 184);
            }else{
                writeString("minutes ", (char) 17, (char) 184);
            }
            if(allcards[index].time/60==1){
                writeString("hour ", (char) 15, (char) 184);
            }else{
                writeString("hours ", (char) 15, (char) 184);
            }
            if(allcards[index].in==0){
                allcards[index].in=1;
                allcards[index].intime=0;
                writeString("Welcome.      Time:", (char) 15, (char) 8);
            }else{
                allcards[index].in=0;
                allcards[index].time += allcards[index].intime;
                writeString("Leaving Lab. Time:", (char) 15, (char) 8);
                if(LPC_GPIO1->DATA & (1<<2)){
                    printf("%d-actual %d:%02d total
%d:%02d\n\r",allcards[index].cnum,allcards[index].intime/60,allcards[index].intime%60,allcards[index].time/60,allcards[index].time%60);
                }
                allcards[index].intime=0;
            }
            displaytime(allcards[index].time);
        }
    }

    rss=10;
}
```

```

void updatetime(void) {
    for(i=0;i<CARDM;i++) {
        if(allcards[i].in != 0){
            allcards[i].intime++;
            if(allcards[i].intime>500){
                allcards[i].in = 0;
                allcards[i].intime = 0;
            }
        }
    }
}

/*
 * PIOINT0_IRQHandler
 * DESCRIPTION: interrupt handler
 */

void TIMER16_0_IRQHandler(void)
{
    if(LPC_TMR16B0->IR & (1<<1))//match1 interrupt?
    {
        LPC_TMR16B0->IR = (1<<1); //reset flag
        c++;//inc counter
        if(c%100000==0){
            if(rss>1){
                rss--;
            }
            if(sz>1){
                sz--;
            }
        }
        if(c>=6000000){//every minute
            c=0;
            updatetime();
        }
    }
}

int main() {
    timerSetup();
    SER_init();
    configureGPIO();
    configureSPI();
    setupLCD();
    clearScreen();
    printf("Starting.\n\r");
    writeString("Scan Proxcard.", (char)11, (char)68);
    for(i=0;i<CARDM;i++) {
        allcards[i].cnum =0;
        allcards[i].time =0;
    }
}

```

```

        allcards[i].in =0;
        allcards[i].door =0;
    }
    while(1){
        if(LPC_GPIO0->DATA & (1<<1)){
            z1=0;
            if(LPC_GPIO0->DATA & (1<<3)){
                z3=0;
            }else{
                if(z3==0){
                    bitNum++;
                    cardNum = cardNum << 1;
                    cardNum++;
                    //printf("1");
                    z3=1;
                    sz=4;
                }
            }
        }else{
            if(z1==0){
                //}else{
                bitNum++;
                cardNum = cardNum << 1;
                //printf("0");
                z1=1;
                sz=4;
            }
            //if Data1 line is high add a 1
        }
        if(bitNum==35){
            cardhandler(cardNum);
            cardNum = 0;
            bitNum = 0;
        }
        if(rss==1){
            rss=0;
            clearScreen();
            clearScreen();
            writeString("Scan Proxcard.", (char)11, (char)68);
        }
        if(sz==1){
            sz=0;
            cardNum = 0;
            bitNum = 0;
        }
        if(!(LPC_GPIO1->DATA & (1<<1))&&!(LPC_GPIO1->DATA & (1<<1))){
            printf("\n\r Instructions:\n\r*1: To set an admin swipe the
card while holding the buton in the back.\n\r");
            printf("*2:to grant door acces:close switch 1, swipe the
cards that need door access and set the switch back to open.\n\r");
            printf("*3:to enable atomatic printing set switch 2 to its
open position\n\r\n\r");

```

```

        printf("*4:to enable wireless functionality, set switch 3 to
its closed position\n\r\n\r");
    }
}
}

```

8.2 FONT.H

```

static const char font[16*128] = {
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
248,7,4,8,148,8,132,9,132,9,148,8,4,8,248,7,
248,7,252,15,108,15,124,14,124,14,108,15,252,15,248,7,
224,1,240,3,240,7,224,15,240,7,240,3,224,1,0,0,
128,0,192,1,224,3,240,7,224,3,192,1,128,0,0,0,
192,1,192,1,240,9,56,14,56,14,240,9,192,1,192,1,
192,0,224,1,240,9,248,15,248,15,240,9,224,1,192,0,
0,0,0,0,128,1,192,3,192,3,128,1,0,0,0,0,
255,255,255,255,127,254,63,252,63,252,127,254,255,255,255,255,
0,0,192,3,96,6,32,4,32,4,96,6,192,3,0,0,
255,255,63,252,159,249,223,251,223,251,159,249,63,252,255,255,
128,7,192,15,96,8,116,8,220,15,140,7,60,0,0,0,
0,0,120,2,252,2,132,15,132,15,252,2,120,2,0,0,
0,12,0,14,252,15,252,7,20,0,20,0,28,0,28,0,
0,28,252,31,252,15,20,0,20,0,20,14,252,15,252,7,
160,2,160,2,192,1,120,15,120,15,192,1,160,2,160,2,
254,15,252,7,248,3,240,1,224,0,64,0,64,0,0,0,
64,0,64,0,224,0,240,1,248,3,252,7,254,15,0,0,
0,0,16,1,24,3,252,7,252,7,24,3,16,1,0,0,
0,0,252,13,252,13,0,0,0,0,252,13,252,13,0,0,
56,0,124,0,68,0,252,15,252,15,4,0,252,15,252,15,
196,8,238,25,58,19,18,18,50,23,230,29,196,8,0,0,
0,15,0,15,0,15,0,15,0,15,0,15,0,15,0,0,
0,0,16,9,24,27,252,31,252,15,24,11,16,9,0,0,
0,0,16,0,24,0,252,15,252,15,24,0,16,0,0,0,
0,0,0,2,0,6,252,15,252,15,0,6,0,2,0,0,
128,0,128,0,128,0,160,2,224,3,192,1,128,0,0,0,
128,0,192,1,224,3,160,2,128,0,128,0,128,0,0,0,
192,3,192,3,0,2,0,2,0,2,0,2,0,2,0,0,
128,0,192,1,224,3,128,0,128,0,224,3,192,1,128,0,
0,6,128,7,224,7,240,7,224,7,128,7,0,6,0,0,
48,0,240,0,240,3,240,7,240,3,240,0,48,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,56,0,252,13,252,13,56,0,0,0,0,0,
0,0,14,0,30,0,0,0,0,0,30,0,14,0,0,0,
32,2,248,15,248,15,32,2,248,15,248,15,32,2,0,0,
56,6,124,12,68,8,71,56,71,56,204,15,152,7,0,0,
48,12,48,6,0,3,128,1,192,0,96,12,48,12,0,0,
128,7,216,15,124,8,228,8,188,7,216,15,64,8,0,0,
0,0,16,0,30,0,14,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,240,3,248,7,12,12,4,8,0,0,0,0,

```

0,0,0,0,4,8,12,12,248,7,240,3,0,0,0,0,
128,0,160,2,224,3,192,1,192,1,224,3,160,2,128,0,
0,0,128,0,128,0,224,3,224,3,128,0,128,0,0,0,
0,0,0,0,0,16,0,30,0,14,0,0,0,0,0,0,
0,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,128,0,0,0,
0,0,0,0,0,0,0,12,0,12,0,0,0,0,0,0,
0,12,0,6,0,3,128,1,192,0,96,0,48,0,0,0,
248,7,252,15,132,9,196,8,100,8,252,15,248,7,0,0,
0,0,16,8,24,8,252,15,252,15,0,8,0,8,0,0,
8,14,12,15,132,9,196,8,100,8,60,12,24,12,0,0,
8,4,12,12,68,8,68,8,68,8,252,15,184,7,0,0,
192,0,224,0,176,0,152,8,252,15,252,15,128,8,0,0,
124,4,124,12,68,8,68,8,68,8,196,15,132,7,0,0,
240,7,248,15,76,8,68,8,68,8,192,15,128,7,0,0,
12,0,12,0,4,15,132,15,196,0,124,0,60,0,0,0,
184,7,252,15,68,8,68,8,68,8,252,15,184,7,0,0,
56,0,124,8,68,8,68,8,68,12,252,7,248,3,0,0,
0,0,0,0,0,0,48,6,48,6,0,0,0,0,0,0,
0,0,0,0,0,8,48,14,48,6,0,0,0,0,0,0,
0,0,128,0,192,1,96,3,48,6,24,12,8,8,0,0,
0,0,32,1,32,1,32,1,32,1,32,1,32,1,0,0,
0,0,8,8,24,12,48,6,96,3,192,1,128,0,0,0,
24,0,28,0,4,0,196,13,228,13,60,0,24,0,0,0,
248,7,252,15,4,8,196,11,196,11,252,11,248,1,0,0,
224,15,240,15,152,0,140,0,152,0,240,15,224,15,0,0,
4,8,252,15,252,15,68,8,68,8,252,15,184,7,0,0,
240,3,248,7,12,12,4,8,4,8,12,12,24,6,0,0,
4,8,252,15,252,15,4,8,12,12,248,7,240,3,0,0,
4,8,252,15,252,15,68,8,228,8,12,12,28,14,0,0,
4,8,252,15,252,15,68,8,228,0,12,0,28,0,0,0,
240,3,248,7,12,12,132,8,132,8,140,7,152,15,0,0,
252,15,252,15,64,0,64,0,64,0,252,15,252,15,0,0,
0,0,0,0,4,8,252,15,252,15,4,8,0,0,0,0,
0,7,0,15,0,8,4,8,252,15,252,7,4,0,0,0,
4,8,252,15,252,15,192,0,224,1,60,15,28,14,0,0,
4,8,252,15,252,15,4,8,0,8,0,12,0,14,0,0,
252,15,252,15,56,0,112,0,112,0,56,0,252,15,252,15,
252,15,252,15,56,0,112,0,224,0,252,15,252,15,0,0,
248,7,252,15,4,8,4,8,4,8,252,15,248,7,0,0,
4,8,252,15,252,15,68,8,68,0,124,0,56,0,0,0,
248,7,252,15,4,8,4,14,4,60,252,63,248,39,0,0,
4,8,252,15,252,15,68,0,196,0,252,15,56,15,0,0,
24,6,60,14,100,8,68,8,196,8,156,15,24,7,0,0,
28,0,12,0,4,8,252,15,252,15,4,8,12,0,28,0,
252,7,252,15,0,8,0,8,0,8,252,15,252,7,0,0,
252,1,252,3,0,6,0,12,0,12,0,6,252,3,252,1,
252,3,252,15,0,14,128,3,128,3,0,14,252,15,252,3,
12,12,28,14,48,3,224,1,224,1,48,3,28,14,12,12,
28,0,60,0,96,8,192,15,192,15,96,8,60,0,28,0,
28,14,12,15,132,9,196,8,100,8,52,8,28,12,12,14,
0,0,0,0,252,15,252,15,4,8,4,8,0,0,0,0,
56,0,112,0,224,0,192,1,128,3,0,7,0,14,0,0,
0,0,0,0,4,8,4,8,252,15,252,15,0,0,0,0,

```
8,0,12,0,6,0,3,0,6,0,12,0,8,0,0,0,  
0,32,0,32,0,32,0,32,0,32,0,32,0,32,  
0,0,0,0,3,0,7,0,4,0,0,0,0,0,0,  
0,7,160,15,160,8,160,8,224,7,192,15,0,8,0,0,  
4,0,252,15,252,15,32,8,96,8,192,15,128,7,0,0,  
192,7,224,15,32,8,32,8,32,8,96,12,64,4,0,0,  
128,7,192,15,96,8,36,8,252,7,252,15,0,8,0,0,  
192,7,224,15,160,8,160,8,160,8,224,12,192,4,0,0,  
64,8,248,15,252,15,68,8,12,0,24,0,0,0,0,0,  
192,39,224,111,32,72,32,72,192,127,224,63,32,0,0,0,  
4,8,252,15,252,15,64,0,32,0,224,15,192,15,0,0,  
0,0,0,0,32,8,236,15,236,15,0,8,0,0,0,0,  
0,0,0,48,0,112,0,64,32,64,236,127,236,63,0,0,  
4,8,252,15,252,15,128,1,192,3,96,14,32,12,0,0,  
0,0,0,0,4,8,252,15,252,15,0,8,0,0,0,0,  
224,15,224,15,96,0,192,15,192,15,96,0,224,15,192,15,  
32,0,224,15,192,15,32,0,32,0,224,15,192,15,0,0,  
192,7,224,15,32,8,32,8,32,8,224,15,192,7,0,0,  
32,64,224,127,192,127,32,72,32,8,224,15,192,7,0,0,  
192,7,224,15,32,8,32,72,192,127,224,127,32,64,0,0,  
32,8,224,15,192,15,96,8,32,0,224,0,192,0,0,0,  
64,4,224,12,160,9,32,9,32,11,96,14,64,4,0,0,  
32,0,32,0,248,7,252,15,32,8,32,12,0,4,0,0,  
224,7,224,15,0,8,0,8,224,7,224,15,0,8,0,0,  
224,1,224,3,0,6,0,12,0,12,0,6,224,3,224,1,  
224,7,224,15,0,12,0,7,0,7,0,12,224,15,224,7,  
32,8,96,12,192,6,128,3,128,3,192,6,96,12,32,8,  
224,71,224,79,0,72,0,72,0,104,224,63,224,31,0,0,  
96,12,96,14,32,11,160,9,224,8,96,12,32,12,0,0,  
0,0,64,0,64,0,248,7,188,15,4,8,4,8,0,0,  
0,0,0,0,0,0,188,15,188,15,0,0,0,0,0,0,  
0,0,4,8,4,8,188,15,248,7,64,0,64,0,0,0,  
8,0,12,0,4,0,12,0,8,0,12,0,4,0,0,0,  
128,7,192,7,96,4,48,4,96,4,192,7,128,7,0,0  
};
```