



Informe Práctica 3 - Captura de Esquemáticos

Autores: *Valentina Restrepo Jaramillo, José Alejandro Moreno Mesa*

*Laboratorio de Diseño de Dispositivos Electrónicos
Departamento de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad de Antioquia
Fecha de entrega: 28 de octubre de 2024*

Introducción

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de una cerradura inteligente sin llave que permita la autenticación biométrica, comunicación por audio y vídeo, conexión a Internet, entre otras funcionalidades útiles para el bloqueo y desbloqueo de una puerta. Se busca poder tener una captura de esquemático mediante el uso de Altium, donde se evidencian las interfaces interna y externa de un sistema basado en la plataforma FRDM-RW612 de NXP.

El enfoque principal radica en obtener un sistema que garantice la seguridad y comodidad del usuario mediante la autenticación por huella dactilar, transmisión de vídeo y audio en tiempo real, y conectividad remota. Esto, resulta relevante para el contexto de IoT, ofreciendo al usuario versatilidad y comodidad en su hogar al mismo tiempo que se consideran factores significativos en cuanto a los componentes como criterios de costo y funcionalidad.

Desarrollo

Decisiones de Diseño

Para el desarrollo del proyecto, se comenzó por identificar el microcontrolador que se iba a emplear y cuáles eran las funcionalidades que podrían aprovecharse con éste. Para ello, se con-

sultó su datasheet y se identificaron las siguientes características:

- SPI/I2C/UART connector (mikroBUS, Pmod™)
- Ethernet Phy and connector
- HS USB Type-C connectors
- Dual-band, 1x1 Wi-Fi 6 radio with 20 MHz channel bandwidth
- Bluetooth LE radio
- 802.15.4 radio supporting Zigbee and Thread

Además, se identificaron algunas posibles extensiones de las conexiones, que son:

- Arduino® Header (with FRDM expansion rows)
- FRDM Header
- Pmod™
- mikroBUS™

Habiendo identificado esto, se realizó la selección de los componentes requeridos para poder implementar un sistema robusto que cumpliera con los requisitos especificados. Para esto, se eligieron los siguientes dispositivos y su respectiva estrategia de comunicación con el FRDM-RW612:

- **Microcontrolador (MCU RW612):** Destaca por sus capacidades avanzadas de conectividad inalámbrica (Wi-Fi), su soporte para procesamiento de señales y su integración con módulos de seguridad. Además, permite la administración de múltiples interfaces periféricas como UART, SPI e I2C, cruciales para la comunicación con los sensores y módulos del sistema.

- **Pantalla LCD (TFT 2.4inch ILI9341):** Este dispositivo permite al usuario interactuar con la interfaz del sistema y además ver la transmisión de video del exterior. Tiene un controlador integrado que es compatible con el RW612 a través de una conexión SPI. En cuanto a su alimentación, se integra a una alimentación de 3.3V compatible con la del MCU.

Se pretenden emplear los siguientes pines para dicha comunicación:

-SCK (Serial Clock) conectado al pin de reloj SPI del MCU.

-MOSI (Master Out Slave In) conectado al pin de salida SPI.

-MISO (Master In Slave Out) si se requiere una conexión bidireccional.

-CS (Chip Select) para habilitar la pantalla desde el MCU.

- **Micrófono (KY-037):** Estará presente en ambas interfaces y permitirá tener comunicación bidireccional entre el interior y exterior de la propiedad. Se escoge por su facilidad de uso, su compatibilidad con el MCU respecto a la alimentación de 3.3V. Se conecta la salida de señal del micrófono a un ADC del MCU para capturar la señal.
- **Altavoz (FIT0449):** Este dispositivo se emplea tanto en la interfaz interna como

la externa para permitir la correcta comunicación entre ambos lados, reproduciendo las señales de audio capturadas por los micrófonos respectivos. Su conexión será a un DAC del MCU y su alimentación será adicional dentro del circuito.

- **Cámara (OV7670):** su función es la captura de imágenes en tiempo real del exterior, que se transmitirán a la pantalla y al dispositivo remoto del propietario. Para este dispositivo en específico, se tiene también una alimentación de 3.3V pero una comunicación que podría hacerse mediante diversos pines GPIO del MCU o a través de un módulo que transforme la señal en SPI.
- **Lector de Huellas (FPC10120):** Proporciona autenticación biométrica para los usuarios mediante el escaneo de huellas dactilares. Su alimentación es de 3.3V y su comunicación con el MCU se realiza mediante SPI.
- **Botón Omron (B3F):** Este dispositivo se encarga de actuar como el timbre para notificar la presencia de un visitante. Es un dispositivo muy simple del que es necesario detectar un estado a través de su conexión a un pin GPIO del MCU como una entrada digital.
- **Perilla (EC11E15244G1):** La perilla EC11E15244G1 es un encoder rotativo con función de pulsador, ideal para la cerradura inteligente porque permite al usuario bloquear o desbloquear la cerradura manualmente, además de navegar por el menú de configuración en la pantalla táctil. Su funcionalidad de pulsador ofrece una entrada adicional sin ocupar más espacio, lo que es ventajoso en términos de diseño compacto. Se integra fácilmente al siste-

ma con una alimentación de 3.3.V y dos conexiones:

- A y B: Salidas de cuadratura que envían impulsos para determinar el sentido de giro.
 - SW: Pin del pulsador para la función de clic.
- **Sensor de Corriente (ACS712):** Para tener un diseño más robusto, se añade este dispositivo que mide el consumo de corriente del sistema para detectar posibles manipulaciones o sobrecargas, lo que añade una capa de seguridad adicional. Esta conectado a una entrada ADC (Analog-to-Digital Converter) del MCU para la lectura de la señal analógica.

Habiendo identificado los elementos anteriores, se considera adecuado poder suplir las siguientes tareas:

- **Conectividad a internet:** Gracias a la conectividad Dual-band, 1x1 Wi-Fi 6 presente en el FRDM-RW612, se garantiza la conectividad solicitada para el sistema completo.
- **Notificaciones en Tiempo Real:** Tomando como base la conectividad Wi-Fi del sistema, se establece un sistema de almacenamiento en una memoria flash propia del módulo desde donde se podrían publicar en una plataforma donde el usuario pueda acceder en la web y visualizar los últimos eventos capturados por el sistema.
- **Alimentación de respaldo:** La batería externa empleada con el módulo de carga TP4056 debería ser de iones de litio (Li-ion) o polímero de litio (LiPo) con una capacidad mínima de 1200 mAh y un voltaje nominal de 3.7V, proporcionando respaldo adecuado en caso de fallos de alimentación principal. Con estas características, se

puede suplir el sistema por un período de hasta 6-8 horas dependiendo del consumo de los periféricos (pantalla LCD, módulos de comunicación, etc.). El TP4056 incluye un sistema de carga automática, recargando la batería cuando está conectada a una fuente de energía externa; detiene la carga al alcanzar el voltaje máximo de 4.2V para evitar sobrecarga, y con una corriente de carga ajustable hasta 1A, permite optimizar el tiempo de carga según las necesidades del sistema.

- **Detección de Manipulaciones:** Para este apartado, se propuso implementar un sensor de corriente ACS712 que permita detectar picos de corriente o condiciones inusuales ocasionados por un forcejeo en la chapa inteligente, permitiendo así activar una alarma en la plataforma de monitoreo mencionada anteriormente. En una cerradura electrónica, un intento de manipulación física suele generar una carga inesperada sobre el motor o los actuadores, lo que incrementa momentáneamente la corriente consumida por estos componentes con valores que podrían superar un umbral preestablecido.

Por último, se encontró de gran importancia la administración y uso de la memoria del FRDM-RW612 para la implementación de diferentes funcionalidades dentro del sistema. Por esto, se determinó la siguiente organización:

- **Administración de Credenciales:** Que incluyen la creación, modificación y eliminación de códigos de acceso y datos biométricos, se utiliza la memoria flash interna del RW612, ya que permite almacenamiento persistente. Cada perfil de usuario ocupa aproximadamente 100 bytes, considerando un código de acceso y una plantilla biométrica básica. La flash de 1 MB permite almacenar unos 10,000

registros de credenciales. La actualización de estos datos se realiza mediante operaciones de escritura en la flash, donde es necesario borrar sectores antes de reescribir datos modificados.

- **Perfiles de Acceso:** Estos perfiles que definen niveles de acceso y horarios, se guardan en EEPROM emulada en flash para permitir cambios frecuentes sin desgaste significativo. Cada perfil, que puede incluir nivel de acceso y restricciones horarias, ocupa aproximadamente 50 bytes, lo que posibilita almacenar unos 20,000 perfiles. Estos datos se leen y escriben fácilmente mediante la emulación de EEPROM, garantizando la persistencia de configuraciones de acceso específicas.
- **Encriptación de Datos:** Para esta tarea, se reserva un área en la SRAM para procesamiento temporal y en la flash para almacenar claves de cifrado estáticas (256 bits por clave). La SRAM permite realizar operaciones rápidas de encriptación/descriptación en tiempo real, y con 640 KB disponibles, se destina solo una fracción mínima para estos cálculos. La flash guarda de forma segura claves maestras para el cifrado, ocupando menos de 1 KB del espacio total.

Cambios Realizados

Durante el diseño del sistema, se tomaron las siguientes decisiones:

- La conexión a Arduino no se implementó, por lo que los pines asignados originalmente como GPIO-ARD se destinaron a funciones GPIO generales.
- La conexión Ethernet fue descartada, y los pines previstos para esta función se utilizaron en la conexión de periféricos esenciales.

- No se usó el microcontrolador PIC ni el LPC55S69JEV98 de la placa de desarrollo, ya que se priorizó el uso exclusivo del MCU RW612.

Estas decisiones se tomaron para optimizar la disponibilidad de pines GPIO, asegurando la conexión adecuada de todos los periféricos en el diseño. De los 64 GPIO del RW612, la mayoría estaban ocupados por módulos no necesarios para los objetivos del proyecto, por lo que fueron reasignados.

Requisitos no cumplidos

Los requisitos solicitados para el diseño e implementación del sistema completo se completaron en su totalidad.

Análisis de Costos

Al considerar el precio de fabricación de este sistema, se enfrentó el problema de encontrar el precio al por mayor de los componentes necesarios en general para la PCB y los componentes que se ensamblan sobre esta. Sin embargo, se propone un precio total de componentes para una sola placa con elementos vendidos al detal, cuyo precio podría reducirse entre un 15 % a 25 % para compras de más de 100 elementos.

Referencia	Proveedor	Cantidad	Costo Unidad \$COP	Link	Total Ref
MCU RW612	NXP Semiconductors	1	134.065	https://co.mouser.com/ProductDetail/NXP-Semiconductors/RW612	134.065
ILI9341 (Screen)	ILITEK	1	62.900	https://electronixworld.com/product/ili9341-tft-lcd-module/	62.900
OV7670 (Camera)	OmniVision	1	11.900	https://www.signify.com/en-us/products/ov7670	11.900
B3F (Button)	Omron	1	1.430	https://co.mouser.com/ProductDetail/Omron/B3F	1.430
FPC1020 (Fingerprint sensor)	Fingerprints	1	50.779,38	https://www.fingerprints.com/	50779,38
ACS712 (Current sensor)	Allegro	1	11.000	https://ferrettron.com/product/acs712-current-sensor/	11.000
RW612 (Board)	NXP Semiconductors	1	146.830,16	https://as.farnell.com/nxp/rw612	146830,16
KY-037 (Microphone)	JOY-IT	2	4.700	https://electronixworld.com/product/ky-037-microphone/	9.400
FIT0449 (Speaker)	DFRobot	2	28.606	https://co.mouser.com/ProductDetail/DFRobot/FIT0449	57.212
ECT1E15244G1 (Knob)	ALPS	1	20.119	https://co.mouser.com/ProductDetail/ALPS/ECT1E15244G1	20.119
1k Resistors	-	30	73	https://www.digikey.com	2.177,7
Total Proyecto	-	-	-	-	507813,24

Figura 0-1: Tabla de precios de componentes para una tarjeta

Adicionalmente, al cotizar la fabricación de la placa de circuito impreso para la implementación del sistema se tiene que los precios varían de la siguiente manera:

- 5 unidades: \$7.00US (\$6.000COP c/u)
- 10 unidades: \$13.00US (\$5.600COP c/u)
- 100 unidades: \$105.10US (\$4.656COP c/u)
- 1000 unidades: \$804.01Us (\$3.485COP c/u)

Esquemáticos y Diagramas

En cuanto a las conexiones realizadas para cada módulo del proyecto, se tuvieron las siguientes etapas:

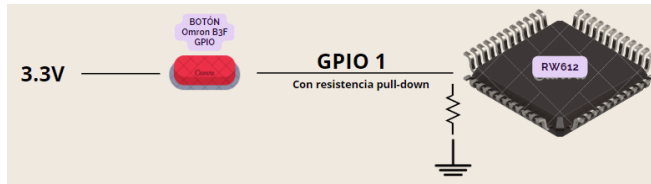


Figura 0-2: Módulo de botón (timbre)

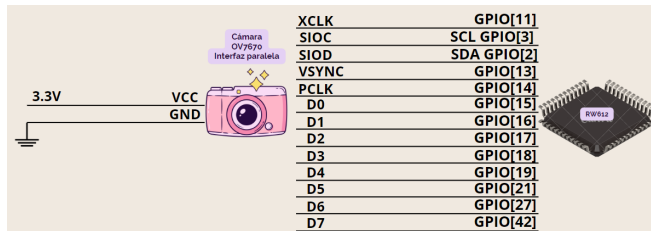


Figura 0-3: Módulo de cámara

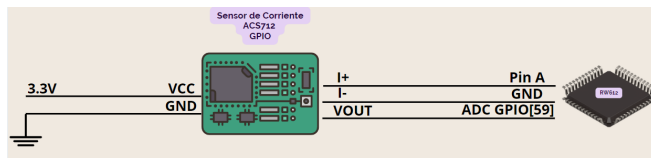


Figura 0-4: Módulo de sensado de corriente (seguridad adicional)

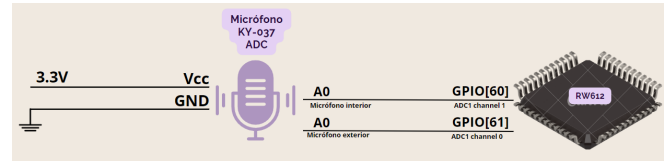


Figura 0-5: Módulo de micrófono (interior y exterior)

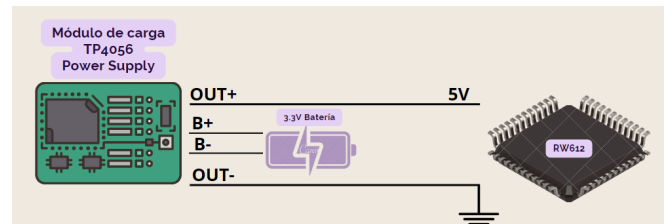


Figura 0-6: Módulo de potencia (con alimentación de respaldo)

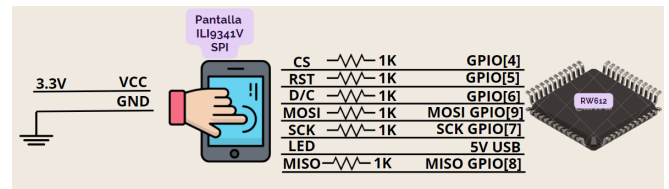


Figura 0-7: Módulo de pantalla

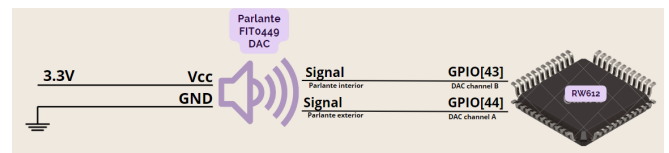


Figura 0-8: Módulo de sonido (interior y exterior)

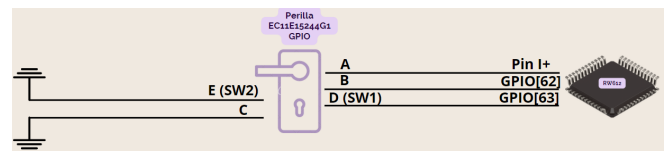


Figura 0-9: Módulo de perilla

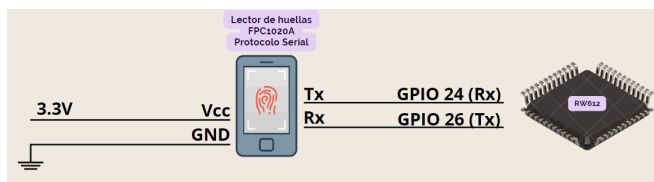


Figura 0-10: Módulo de sensado de huella dactilar

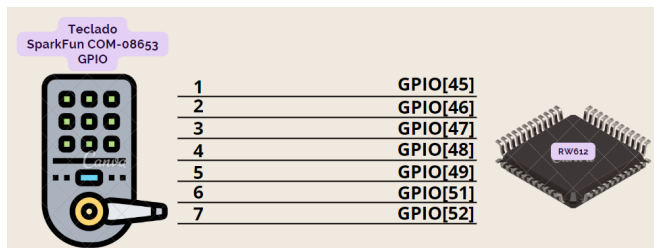


Figura 0-11: Módulo de teclado

Mejoras a Futuro

Para aumentar la seguridad y funcionalidad de la cerradura inteligente, se podrían implementar tecnologías de reconocimiento facial e incluso escaneo de iris para autenticación biométrica avanzada, empleando cámaras como la OV5640 (compatible con microcontroladores de la serie NXP) para procesamiento de imagen en tiempo real. También sería útil integrar una alarma sonora activada en caso de intentos de manipulación, junto con sensores adicionales, como acelerómetros para detectar golpes o movimientos inusuales en la puerta. Finalmente, se podría añadir conectividad directa con las autoridades o servicios de seguridad para alertas automáticas en caso de accesos no autorizados, utilizando módulos de comunicación como LTE o Wi-Fi avanzados.

Conclusiones

- Encontramos limitaciones al buscar librerías de algunos componentes, lo cual

ralentizó el diseño y en ciertos casos dificultó el acceso a las hojas de datos. Superamos esta dificultad utilizando componentes de librerías genéricas o adaptando manualmente sus footprints y símbolos.

- No logramos encontrar el componente RTC7608U, por lo que el profesor asignó el BGS12WN6 como reemplazo. Este cambio permitió continuar con el desarrollo sin comprometer la funcionalidad del diseño, mostrando la importancia de tener alternativas en la selección de componentes.
- Es esencial conocer a fondo el microcontrolador utilizado, en este caso el RW612, para aprovechar al máximo sus módulos integrados y así reducir trabajo adicional. Un entendimiento profundo de su hoja de datos, junto con la de su placa de desarrollo, permite optimizar el diseño y evitar implementaciones innecesarias.
- La planificación de los pines y la comprensión de los protocolos de comunicación son clave para seleccionar los periféricos adecuados. La flexibilidad de los puertos FlexComm en el RW612, que permiten configurar diferentes protocolos en los GPIO, es una gran ventaja para adaptarse a los requisitos del proyecto.
- La modularidad en el diseño es fundamental para garantizar la integración de cada etapa en un sistema completo y funcional. Esto facilita futuras modificaciones o mejoras en el sistema, manteniendo una estructura ordenada y escalable.
- Analizar los costos y considerar compras en cantidad es una práctica importante para optimizar el presupuesto, especialmente cuando se planifica una producción en serie.

- La eficiencia en el desarrollo depende de una planificación meticulosa y una revisión constante del diseño. Alinear las especificaciones de los componentes desde el inicio permite minimizar ajustes y maximizar la compatibilidad entre módulos, reduciendo errores y optimizando el tiempo de implementación.

Aprendizajes y recomendaciones para trabajos futuros

Para futuros trabajos, recomendamos realizar una búsqueda exhaustiva de componentes y sus hojas de datos antes de avanzar en el diseño, así como considerar posibles alternativas para componentes críticos, con el fin de minimizar retrasos y asegurar un flujo de trabajo eficiente.

Referencias

- NXP Semiconductors. (s.f.). RW612: Wireless MCU with Integrated Tri-radio: 1x1 Wi-Fi® 6 + Bluetooth® Low Energy 5.4 / 802.15.4 [Hoja de datos]. Recuperado de <https://acortar.link/mw4ljY>
- Ilitek. (2013, 25 de abril). ILI9341V Data Sheet [Hoja de datos]. Recuperado de https://www.phoenixdisplay.com/wp-content/uploads/2019/04/ILI9341V-Data-SheetV.100_20130425.pdf
- OmniVision Technologies. (s.f.). OV7670/OV7171 CMOS VGA (640x480) CAMERACHIPTM with OmniPixel® Technology Datasheet [Hoja de datos].
- Omron Electronics. (s.f.). Omron Tactile Switch B3F Datasheet [Hoja de datos].
- Fingerprint Cards AB. (s.f.). FPC1020 Fingerprint Sensor Datasheet [Hoja de datos].
- Allegro MicroSystems. (s.f.). Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor [Datasheet]. Retrieved from <https://acortar.link/2ezRLd>
- Joy-IT. (2023, 15 de enero). KY-037 Datasheet [PDF]. <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1284505/JOY-IT/KY-037.html>
- DFRobot. (s.f.). 56DP36-01-2-AJN Grayhill Inc. — Interruptores [Hoja de datos]. Digi-Key. <https://www.digikey.es/es/products/detail/grayhill-inc/56DP36-01-2-AJN/764224>