

Implementación de un Sistema de Gestión de Instrumental y Control de Acceso de Personal. (SiGICAP)

Alejandro Aldo Lorenzut

Grupo de Investigación y Desarrollo en Sistemas Embebidos [1]

EEST N° 6 Albert Thomas

La Plata Buenos Aires Argentina

alelorenzut@hotmail.com

Resumen—El presente proyecto muestra la implementación de un Sistema de Gestión de Instrumental y Control de Acceso de Personal de laboratorio (SiGICAP) basado en tecnología IoT. El mismo consta de registradores ubicados en cada laboratorio enlazados mediante WiFi, protocolo MQTT a un servidor que bajo la herramienta de programación visual Node-Red administra una base de datos SQL como así también la comunicación hacia los registradores y la interfaz gráfica de usuario. El sistema almacena en una base de datos la ubicación de los instrumentos, su estado, la fecha y hora de ingreso, egreso y el permiso de ingreso del operario que lo transporta.

Palabras Clave—IoT, SQL, MQTT, gestión de instrumental, base de datos.

posible resolver de manera sencilla con la forma de trabajo y recursos presentes. Esto implica la necesidad de implementar un sistema de gestión que facilite la tarea y permita establecer un mecanismo confiable y sistemático para el registro, seguimiento y control del equipamiento. En la actualidad el instituto cuenta con una base de datos donde están registrados los instrumentos, utilizando ese insumo como punto de partida la propuesta del IAR es la realización de un dispositivo automático que sea capaz de registrar el movimiento de los usuarios y de los equipos dentro del instituto.

Las funcionalidades del SiGICAP establecidas por el IAR deben ser:

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de las prácticas profesionalizantes que deben realizar los alumnos de la especialidad Técnico en Electrónica perteneciente a la Escuela de Educación Secundaria Técnica N° 6 Albert Thomas, se llevó a cabo un vínculo con el Instituto Argentino de Radioastronomía participando como institución oferente. En este contexto el IAR dispuso como proyecto la realización de un Sistema de Gestión de Instrumental quedando el desarrollo del mismo a cargo de la institución educativa, grupo GRIDSE dando lugar de esta manera a que los alumnos de una escuela técnica intervengan, desarrollen y realicen la puesta en funcionamiento del sistema en los entornos formativos propios de la institución para luego llevar a cabo el montaje y carga de datos en las instalaciones del IAR. Surge de ello una excelente oportunidad de poner en práctica la resolución de una situación problemática basada en tecnología actual y con requerimientos específicos que son necesarios como parte de la formación de calidad de nuestros técnicos electrónicos.

II. PROPUESTA A RESOLVER

El departamento de electrónica del IAR, cuenta con un variado listado de instrumentos y equipos para uso en sus laboratorios y de campo, como se indica en la Fig. 1 se encuentra distribuido en diferentes ubicaciones dentro del instituto. La gestión del instrumental requiere atención dedicada, que actualmente no es

- Proceso de registro: Cuando una persona pasa su tarjeta identificatoria junto con la tarjeta identificatoria del instrumento que transporta por el registrador, este leerá la información y buscará los datos correspondientes en un listado interno que cada registrador tendrá precargado. Este listado interno se conformará con una lista del personal y otra lista del instrumental y deberá ser actualizado cada vez que se realicen modificaciones en el listado del personal o del instrumental en la base de datos, incluido el nivel de autorización de acceso.
- Identificación de la persona: Se mostrará en la pantalla del registrador los datos de la persona identificada, como su nombre y apellido.
- Auto completar campos: El registrador completará automáticamente los campos de hora y fecha utilizando la hora y la fecha actual obtenidas de una fuente confiable de tiempo.
- Identificación del edificio: El registrador también completará el nombre del edificio al que se está accediendo, basándose en la identificación del registrador utilizado.
- Confirmación visual: El sistema mostrará una confirmación visual en la pantalla del registrador, como un mensaje pertinente o encendiendo un led si el dispositivo registrador se encuentra en la intemperie.
- Aviso de persona no autorizada: Dentro de la base de datos general se establece niveles de

autorización para entrar en ciertas dependencias del instituto. En caso de que una persona no esté autorizada a entrar a cierta dependencia, el acceso será permitido (se abrirá la puerta), pero el sistema debe enviar una alerta al responsable de ese sector y dejar registro de esa entrada no permitida.



Fig. 1: Instituto Argentino de Radioastronomía.

Los requerimientos establecidos por el IAR son:

- Base de datos para la gestión de instrumental basada en Microsoft Access o alternativa SQL [2].
- Entorno de programación Node-Red [3].
- Sistema basado en un dispositivo SoC ESP 8266 ESP 32 o similar [4].
- Lectora de tarjetas RFID [5].
- Protocolo de comunicación MQTT [6].
- Display indicador de lectura del instrumento o personal.
- Interfaz gráfico destinada a dar alta, baja, modificación y consulta de los equipos, personal y demás datos pertinentes.

III. MATERIALES Y MÉTODO DE TRABAJO

El desarrollo se llevó a cabo durante dos ciclos lectivos (2022 - 2023).

III-A. Primera etapa

Durante el primer año se trabajó con la premisa de realizar un Sistema de Gestión de Instrumental suponiendo condiciones de conectividad de WiFi estables y permanentes entre el servidor y los dispositivos registradores dispuestos en los distintos laboratorios del predio del IAR. No se indicó particularidades sobre la frecuencia de la tarjeta RFID que llevaría asociada el instrumento.

A continuación, se detalla el procedimiento seguido como así también los elementos utilizados en cada etapa del proyecto.

1. Ensayos con el módulo lector de tarjetas TAG Rc522 de 13,56 MHz. Protocolo de comunicación SPI. Lectura de ID. Ensayo de la pantalla OLED de 0.96 pulgadas con protocolo I2C. El dato a mostrar será el nombre del instrumento. Funciona a modo de confirmación del correcto procedimiento de lectura del instrumento.

2. Ensayo de módulo esp8266 integrado en placa NodeMCU, se estableció comunicación mediante WiFi con una aplicación realizada en Node-Red.
3. Se realizó una red ad hoc entre el servidor y el dispositivo terminal. La misma permitió ensayos de comunicación y pruebas de protocolo sin la necesidad de la red propia de la institución educativa.
4. Finalmente, se eligió reemplazar la base de datos original Microsoft Access por una base de datos SQL SQLITE3, ya que ésta es de código abierto y es soportada por una gran cantidad de lenguajes de programación. Con esto se creó una base de datos CRUD (Create, Read, Update, Delete) accesible desde Node-Red mediante su interfaz gráfica.

El sistema representado en la Fig. 2 está formado por una dispositivo registrador en cada uno de los laboratorios, a saber: Cámara anecoica, Sala de control, Laboratorio de electrónica, Sala limpia, Laboratorio criogénico. El registrador lee la tarjeta RFID perteneciente al operario y la tarjeta propia del equipo, envía la información de ambos ID con sus tópicos correspondientes al servidor, éste lo recibe y ubica en la base de datos haciendo la modificación de su nueva ubicación. A continuación, devuelve el dato del nombre del instrumento que es leído en la terminal por el operario a modo de acuse de recibo correcto de la información.

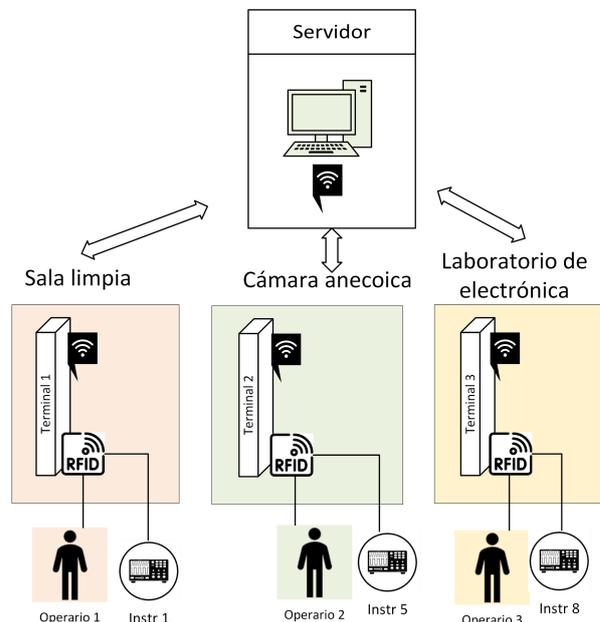


Fig. 2: Diagrama en bloques del SGI.

El servidor, esquematizado en la Fig. 3, se desarrolla en torno al lenguaje de programación Node-Red [3]. El mismo se encarga de gestionar la interfaz gráfica donde el operario en una primera instancia puede registrar los nuevos dispositivos, dar de baja a los mismos, consultar por la ubicación, consultar e ingresar fechas de reparación y estado del mismo. Así también es posible ingresar un nuevo operario y modificar su estado. Lo anterior se realiza en un

motor de base de datos SQLITE3, donde se definen tres tablas:

Tabla Laboratorio, llave primaria ID del laboratorio, campo: Nombre del laboratorio.

Tabla Instrumentos, llave primaria ID del instrumento, campos: Nombre del instrumento, Fecha y hora de ingreso, Estado, Fecha de última reparación.

Tabla Personal, clave primaria ID del personal, campos: Nombre del operario, Cargo.

Desde la plataforma de Node-Red también se gestiona la comunicación por protocolo MQTT introduciendo la IP del Broker mosquitto en la configuración pertinente. Por lo tanto, este sistema es capaz de recibir los datos provenientes de cada terminal ubicadas en los distintos laboratorios y devolver un acuse de recibo o "callback" a la terminal correspondiente donde fue ingresado el instrumento.

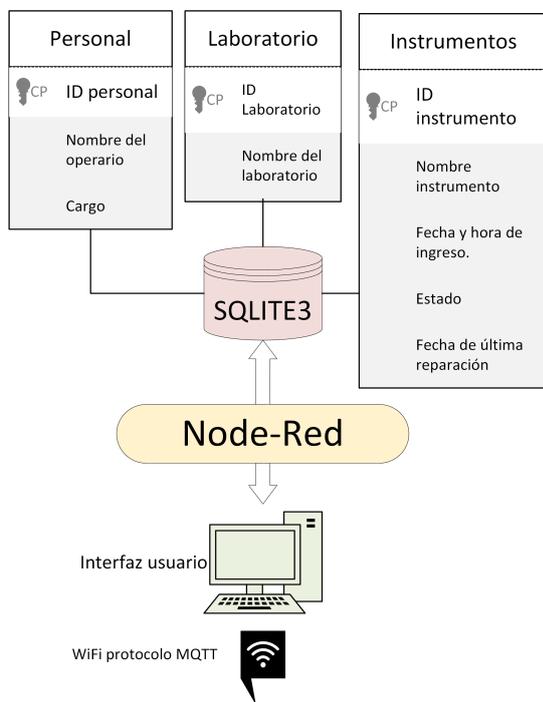


Fig. 3: Diagrama en bloques del servidor.

La terminal, representada en la Fig. 4, está realizada en torno a un dispositivo NodeMCU utilizando el IDE de Arduino para su programación.



Fig. 4: Ensayo del prototipo de la terminal.

Los periféricos asociados, lectora de tarjetas RFID y display OLED, establecen comunicación mediante los protocolos SPI e I2C respectivamente con sus correspondientes librerías.

El desarrollo del software se realizó mediante las funciones: Wifi, Callback, Reconexión, Setup y Loop.

El tamaño de la placa montada es de 16cm * 5.5cm resultando de este modo un dispositivo portátil llegando a la conclusión de alimentarlo mediante una batería recargable mediante entrada USB.

En un primer ensayo del sistema se probó con dos terminales, registrando en una base de datos el nombre del instrumento asociado a la tarjeta RFID, el estado del mismo y el laboratorio correspondiente.



Fig. 5: Terminal montada y funcionando junto con el servidor. (Etapa de prototipo)

Los datos se muestran en la interfaz gráfica de usuario, separado por bloques dividido por nombre de laboratorio (en una primera instancia sólo dos laboratorios). Luego el nombre del instrumento es devuelto a la terminal y presentado en el display como se observa en la Fig. 5.

III-B. Segunda etapa

Los cambios, actualizaciones y nuevas funcionalidades respecto a la primera etapa son:

Control de Acceso de Personal en el ingreso de los distintos laboratorios.

Considerar posibles inestabilidades o cortes de la señal de WiFi en el predio del IAR.

Con estas nuevas características resultaron los siguientes cambios:

- El sistema incluirá un dispositivo actuador como un relé o similar destinado a accionar el pestillo de la puerta de acceso.
- Al quedar integrado en Sistema de Gestión de Instrumental con el nuevo Control de Acceso de Personal resulta que el mismo módulo lector de tarjetas RFID debe realizar ambas tareas, por lo tanto, y para continuar con el uso de las tarjetas RFID que ya usaba el personal en el predio del instituto se cambió el módulo lector de tarjetas RC522 de 13.56 MHz por el módulo RDM 6300 frecuencia de 125 KHz. Por el mismo motivo se cambió el protocolo de comunicación entre el microcontrolador y el módulo lector de tarjetas, de I2C a protocolo serie.
- Cada registrador debe contar con una base de datos que es enviada desde el servidor en formato json mediante protocolo MQTT . Los datos son: Nombre de personal permiso de ingreso del personal a los laboratorios, nombre de los instrumentos, permisos de ingreso de los instrumentos a los laboratorios, identificación del registrador con el laboratorio donde se encuentra ubicado y un timestamp para sincronizar a cada registrador.
- Por lo anterior cada registrador debe contar con un RTC, punto fundamental para decidir la migración hacia un microcontronador que tenga este recurso integrado.
- Para los registradores que se encontrarán en la puerta de los laboratorios, se debe utilizar una caja estanca IP65. Para mantener la estanqueidad de la caja se estableció reemplazar la forma de visualizar el estado de ingreso y otros datos pertinentes, por diodos led en lugar de pantalla oled.

Como consecuencia de los nuevos requerimientos, en esta segunda etapa se debieron realizar los siguientes cambios:

	Primera etapa	Segunda etapa
Dispositivo	ESP8266	Raspberry pi pico w
Plataforma	IDE Arduino	VSC micropython
RTC	-	Interno Raspberry
Base de datos	-	MicropyDataBase
Lectora RFID	TAG RC522	RDM 6300
Indicador visual	OLED 0.96"	OLED + LED
Control de pestillo	-	Relé de 5 V

Tabla I: Cambios realizados en el registrador

	Primera etapa	Segunda etapa
Motor de db	SQLITE 3	MY SQL
Número de tablas db	3	7
Sincronización	-	envía timestamp

Tabla II: Cambios realizados en el servidor

IV. ARQUITECTURA FINAL DEL SISTEMA

IV-A. Servidor

Del lado del servidor el cambio relevante está dado en las tablas que componen la base de datos que incluyen permisos de ingreso para usuario e instrumental como se observa en la Fig. 6.

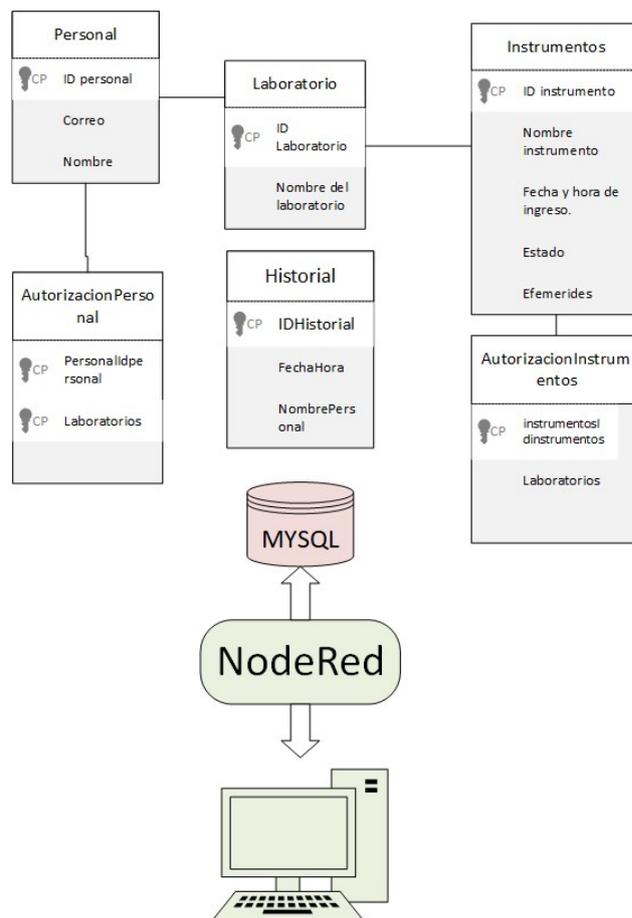


Fig. 6: Diagrama entidad relación de la base de datos MySQL

Desde el interfaz gráfico es posible dar de alta, baja, modificación y consulta de los datos ingresados. En la Fig. 7 se observa la pantalla de modificación de datos de instrumental, una vez aceptado pasa a la siguiente pantalla destinada a ingresar los permisos correspondientes. Mediante el interfaz gráfico es posible además enviar un timestamp para la sincronización de los registradores.

idInstrumento	nombreInstrumento	nombreFabricante	codigoIAR	responsable	procedimiento	estatus	deteccion	usuario	laboratorio
1								1	0
2	Osciloscopio 6...	Tektronix	2023-09-06T03...	Nuevo	2023-08-26T03...		multibig	1	1
3	Fuente de ali...	Hp	2023-08-28T03...	Nuevo	2023-06-08T03...		null	1	0
4	Oscilador de rf	avonon	2022-04-13T03...	Usado correcto	2024-04-17T03...		null	1	0
5	fuente de alim...	Somero	2023-08-09T03...	En uso voltim...	2023-08-26T03...	Reparación de...	null	1	1
6	Osciloscopio	HIF	2023-08-29T03...	Nuevo	2023-08-29T03...		null	1	0
7	Multímetro de...	BrK	2023-08-11T03...	Nuevo			null	1	1
8	Fuente de ali...	ByK	2023-08-16T03...	Nuevo	2023-08-15T03...		null	2	0
9	Osciloscopio 6...	HIF	2023-08-17T03...	Nuevo	2023-08-17T03...	no tiene tallas	2	0	0
10	faed							5	1
11	SDC							2	1
12	FRENTEma	AGH	154-09	JUAN	FASF	ASDFASDF	ASDFASDFAS...	1	1
13	FGH							6	1
14	HIC							4	1
15	GFFGH	utru			ik			5	1
16		KLN1						1	1

Fig. 7: Pantalla de selección de instrumento para su posterior modificación de datos

El personal encargado de realizar la carga de datos deberá completar los siguientes campos:

Datos a dar de alta Instrumental:

Tarjeta RFID (id), Nombre del instrumento, Nombre del fabricante, Código IAR, Responsable, Procedimiento, Efemerides, Detección de fallas, Autorización ingreso laboratorio.

Datos a dar de alta Usuario:

Tarjeta RFID (id), Nombre y apellido, Correo electrónico, Teléfono, Dirección, Permiso ingreso laboratorio
 En total el interfaz gráfico cuenta con nueve pantallas: Alta usuario, Permisos usuario, Alta instrumental, Permiso instrumental, Modificación usuario, Modificación instrumental, Baja usuario, Baja instrumental, Sincronismo dispositivos registradores.

IV-B. Dispositivo registrador

Diagrama en bloques

El diagrama en bloques observado en la Fig.8 muestra los componentes principales del dispositivo registrador.

Según el documento de requerimientos se establece que la tensión de alimentación de los dispositivos registradores es de 5 V. El IAR provee esta tensión en cada sitio donde se ubicaran los dispositivos registradores, por lo tanto solamente se incluye en el circuito eléctrico un filtro de entrada.

El microcontrolador RP2040 dispone de dos núcleos Cortex M0+, con lo cual se implementa la utilización de los mismos de la siguiente manera:

El núcleo cero gestiona la base de datos temporal (alta, baja, modificación y consulta), consulta de base de datos interna, recibe los datos de la lectora de tarjeta RFID, envía los datos pertinentes a la pantalla OLED y los led correspondientes y controla el dispositivo actuador.

El núcleo uno se encarga de la comunicación por WiFi, protocolo MQTT, recibe la base de datos (base de datos interna) del servidor y envía los datos de la base de datos temporal hacia el servidor.

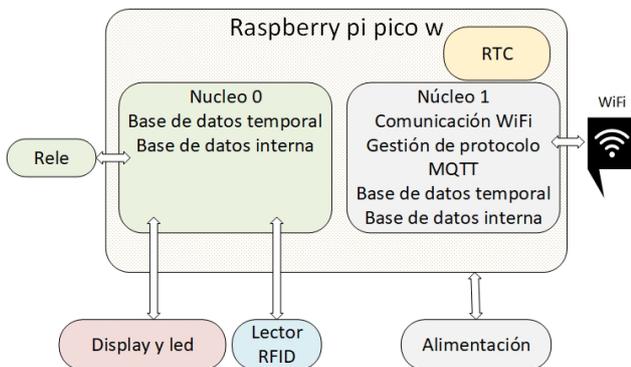


Fig. 8: Diagrama en bloques del registrador.

Los datos enviados desde el servidor hacia los dispositivos registradores son:

Del instrumental:

- id Instrumental
- Nombre del instrumento
- Permiso de ingreso laboratorio

Del usuario:

- id Usuario
- Apellido usuario
- Permiso de ingreso laboratorio

Estos datos, Instrumental y Usuario conforman la base de datos interna del registrador.

La base de datos temporal mantiene los datos de

ingreso de Usuario, Instrumental alarma de ingreso no permitido al laboratorio y timestamp hasta que son enviados al servidor; en ese momento los datos de la tabla temporal son eliminados.

Diagrama de flujo

El diagrama de la Fig.9 indica las tareas que realizan ambos núcleos. El núcleo cero recibe los datos serie del lector de tarjeta RFID, consulta con la base de datos interna si está registrado el id del usuario, el id del instrumental y la condición de permiso de ingreso al laboratorio, en el caso de no estar permitido el ingreso se activa una bandera de alarma. Se almacenan estos datos en la base de datos temporal hasta que son enviados al servidor.

El núcleo uno es destinado a la tarea de gestión de comunicación WiFi protocolo MQTT. Mientras no se establezca comunicación con el servidor los nuevos datos originados por altas en la base de datos temporal serán mantenidos en cola.

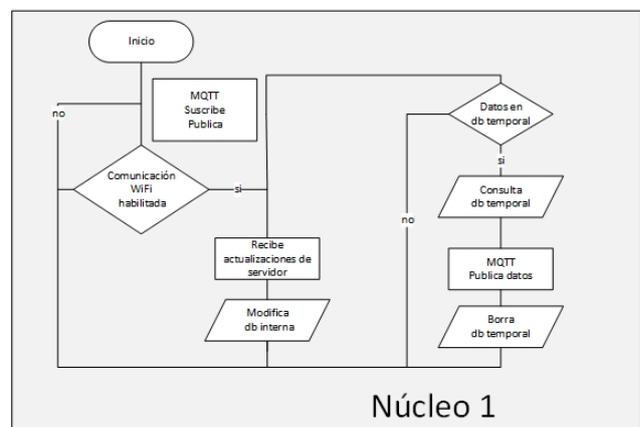
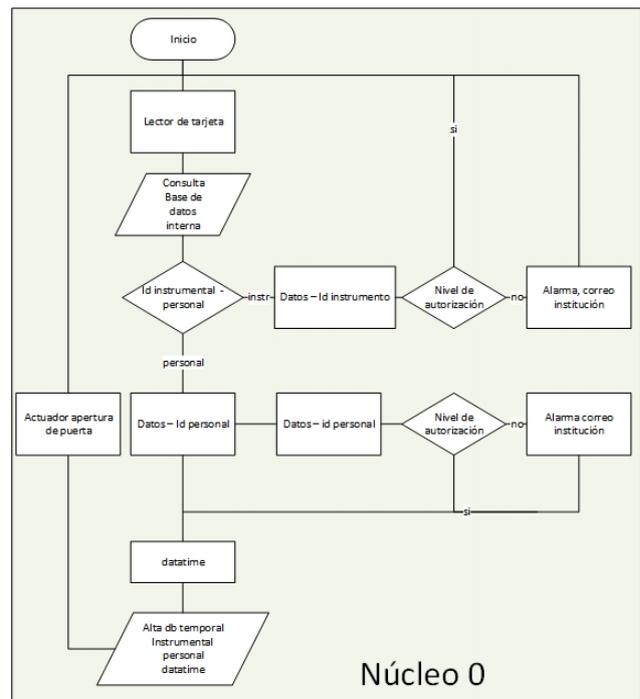


Fig. 9: Diagrama de flujo del dispositivo registrador

Circuito eléctrico

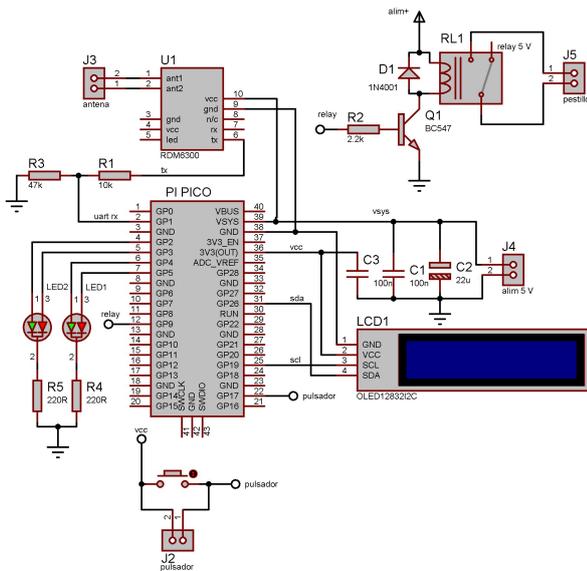


Fig. 10: Circuito eléctrico del registrador

En el circuito eléctrico que muestra la Fig.10 se observa la conexión de los pines GPIO 19 y GPIO 26 comunicación I2C hacia la pantalla OLED. El pin GPIO 1 entrada de datos serie proveniente del módulo RDM6300, los pines GPIO 2, GPIO 3, GPIO 4 y GPIO 5 destinado a controlar dos leds bicolor, el pin GPIO 12 controla el actuador y el pin GPIO 22 configurado como entrada de un pulsador.

Circuito impreso

El diseño del circuito impreso ubica la totalidad de los componentes en una placa de 6cm * 7cm. La selección de los pines GPIO se realizó para mantener la longitud de las pistas lo más cortas posible.

El consumo de corriente fluctúa desde los 50mA (funcionamiento de Raspberry pi pico W y oled sin comunicación WiFi) hasta los 150mA con comunicación WiFi, relé y led encendidos. El módulo Raspberry pi pico w se suelda del lado de las pistas.

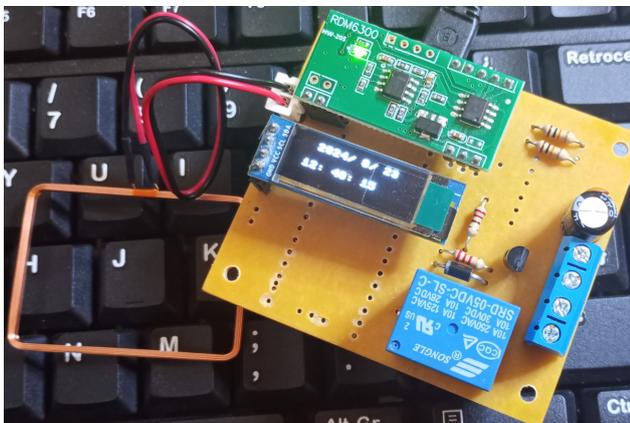


Fig. 11: Circuito registrador (El Raspberry pi pico se encuentra en el lado de abajo)

Se observa que el circuito de la Fig.11 es un prototipo donde la pantalla oled y el módulo lector RDM6300 se ubican mediante zócalos al igual que

el módulo Raspberry. Las borneras ubicadas a la derecha de la fotografía conectan la tensión de la fuente de alimentación de 5V y los contactos del relé hacia el circuito del pestillo.

V. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se concluye que el sistema realizado según demanda del IAR posee las siguientes características:

- El sistema es escalable tanto en el número de terminales como en las tablas y los campos que debe almacenar su base de datos.
- Utilización de plataformas de código abierto de hardware y software.
- Los dispositivos registradores son autónomos, no necesitan estar conectadas a una computadora o vinculados a través de WiFi para su funcionamiento normal.
- La gestión de usuarios en el servidor se realiza a través de una interfaz gráfica donde facilita el ingreso y actualización de datos de personal e instrumentos.

VI. TRABAJO A FUTURO

Se realizará el diseño de producción de la placa de circuito impreso, esto es: se eliminarán los zócalos y la pantalla OLED y los leds se ubicarán en otra placa conectada mediante cable plano. Inclusión de un nivel de seguridad TLS.

Se implementará un sistema de bajo consumo tipo Light-sleep.

Se agregará una fuente de alimentación conformada por una batería 18650 de 3000 mAh con un cargador basado en un MCP73871.

Se incluirán nuevos requerimientos y necesidades según pedido de los referentes.

Se realizará el ensayo e implementación del Sistema de gestión de instrumental en las instalaciones del Instituto de radioastronomía.

Luego de esto, en la etapa de producción, se montará la cantidad de terminales necesarias para cubrir cada laboratorio.

VII. AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a los alumnos que desean transitar sus prácticas profesionalizantes en el Grupo de Investigación y Desarrollo de Sistemas Embebidos. Así también deseo agradecer al personal del Instituto Argentino de Radioastronomía y muy especialmente a los Ingenieros Elías Fliger y Martín Salibe por la confianza y el compromiso con nuestra institución educativa.

REFERENCIAS

- [1] Aban Sebastian, Acuña Ariel, Acuña Luis, Cajade Juan, Calisaya Aldo, Cavallaro Bruno, De Donato Santiago, Fontana Nicolas, Inga Sebastián, Lopez Eliseo, Ragaini Juan, Repucci Rocco, Rollie Francisco, Salto Tobias, Santillan, Lucas, Tinco Martin, Grupo GRIDSE, 2024. [Online]. Available: <https://eest6albertthomas.com/gridse>
- [2] P. C. Garcia, *SQL fácil*, 1st ed. Gran Via de les Corts Catalanes, 594: Marcombo, 2014, isbn : 978-84-267-2100-6.

- [3] B. R. Japón, *Learn IoT Programming Using Node... by Japón, Bernardo Ron Paperback / softback*, 1st ed. BPB Publications, 2008.
- [4] M. Schawartz, *Internet of Things with ESP8266*, 1st ed. 35 Livery street: Packt, 2016, vol. 1.
- [5] H. A. K. Mohd Helmy, Abd Wahab, *Design and Development of Portable Attendance System using RFID*, 1st ed. BPB Publications, March 2010.
- [6] t. Pulver, *Hands-On Internet of Things with MQTT*, 1st ed. Packt Publishing, 2019, isbn : 9781789345001.