

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE STOCK PARA MÁQUINAS EXPENDEDORAS DE PRODUCTOS

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Jordan Andrés Analuisa Andagoya

jordan.analuisa@epn.edu.ec

DIRECTOR: ING. LEANDRO ANTONIO PAZMIÑO ORTIZ, MSC.

leandro.pazmino@epn.edu.ec

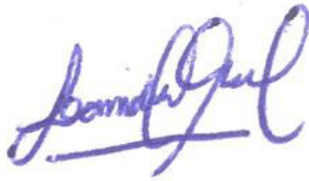
CODIRECTORA: ING. MÓNICA DE LOURDES VINUEZA RHOR, MSC.

monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, diciembre 2021

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr Analuisa Andagoya Jordan Andrés como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, bajo nuestra supervisión:



**MSc. Leandro Antonio
Pazmiño Ortiz**

DIRECTOR DEL PROYECTO

**MSc. Mónica de Lourdes
Vinueza Rhor**

CODIRECTORA DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo Analuisa Andagoya Jordan Andrés con CI: 1726056110 declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 144 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación – COESC-, soy titular de la obra en mención y otorgo una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional.

Entrego toda la información técnica pertinente, en caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Jordan Andrés Analuisa Andagoya

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, que a lo largo de toda mi vida me han apoyado y han estado a mi lado en todos mis logros y caídas, ya que sin su apoyo nada de esto sería posible. Gracias a mis padres por motivarme a seguir por inculcarme los valores que han hecho de mí una buena persona.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y a toda mi familia por el apoyo y la confianza puesta en mí en todo este trayecto; al igual que a todos los profesores con los que me he cruzado en toda mi etapa universitaria. por brindarme todos los conocimientos y aportes que me han permitido culminar con éxito la carrera.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general	1
1.2	Objetivos específicos.....	1
1.3	Fundamentos.....	2
	Arduino	2
	Sensores	2
	Teclado numérico 4x4.....	4
	Codificador MM74C922	4
	Sistema GSM	5
	Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	7
2	METODOLOGÍA.....	9
2.1	Descripción de la metodología usada	9
	Objetivo 1	9
	Objetivo 2	9
	Objetivo 3	9
	Objetivo 4	10
	Objetivo 5	10
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
3.1	Identificación de los requerimientos para la simulación del prototipo	11
	Investigaciones previas.....	11
	Requerimientos.....	12
3.2	Análisis del <i>hardware</i> adecuado según los requerimientos.....	12
	Selección del microcontrolador	13
	Selección de sensores.....	13
	Selección del módulo GPS	14
	Selección del módulo SIM	15
	Selección del teclado numérico	16

Selección de la pantalla LCD	16
3.3 Diseño del prototipo del sistema de control de <i>stock</i>	16
Esquema del sistema.....	16
Diseño del sistema	17
Costo del sistema de control de <i>stock</i>	23
Desarrollo del programa principal	24
Lectura de sensores	24
Actualización de datos	25
Cambio de Contraseña.....	25
Código Fuente	27
3.4 Desarrollo del código de programa para el envío de información.....	28
Mensajes de aviso por falta de inventario	28
Mensaje de solicitud para verificar el estado del inventario.....	29
Programa para obtención de ubicación de la máquina expendedora	31
3.5 Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo	32
Inicio de la simulación.....	32
Pruebas de recepción de datos de geolocalización	32
Prueba de lectura de sensores	33
Prueba de envío primer mensaje de aviso	36
Prueba de envío de segundo mensaje de aviso.....	37
Solicitud de envío del inventario	39
Etapa de actualización del inventario.....	39
Proceso de cambio de contraseña.....	41
3.6 Manual de uso y mantenimiento.	43
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
4.1 Conclusiones	45
4.2 Recomendaciones.....	46
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS.....	51

Anexo 1: Certificado de Funcionamiento	i
Anexo 2: Planos y Esquemas.....	ii
Anexo 2: Diagrama de pines arduino mega.....	iii
Anexo 3: Diagrama de pines Arduino UNO	iv
Anexo 4: SIM808 <i>Datasheet</i>	v
Anexo 5: GPS NEO-6m <i>Datasheet</i>	vi
Anexo 6: Módulo SIM800L <i>Datasheet</i>	x
Anexo 7: SIM900 <i>Datasheet</i>	xiii
Anexo 8: MM74c922 <i>Datasheet</i>	xvi

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Aplicación de un sensor fotoeléctrico	3
Figura 1.2	Funcionamiento del sensor reflectivo	3
Figura 1.3	Funcionamiento sensor de Barrera	3
Figura 1.4	Funcionamiento sensor retroreflectivo.....	4
Figura 1.5	Diagrama de pines del teclado numérico 4x4.....	4
Figura 1.6	Tabla de verdad codificador MM74C922	5
Figura 1.7	Arquitectura GSM.....	6
Figura 3.1	Esquema del sistema de control de <i>stock</i>	16
Figura 3.2	Diseño y distribución de los pulsadores	18
Figura 3.3	Diagrama de conexiones de los sensores	18
Figura 3.4	Diseño de la pantalla LCD, teclado numérico y MM74C922 en <i>Proteus</i>	20
Figura 3.5	Diagrama de conexiones pantalla LCD	20
Figura 3.6	Diagrama de conexiones entre Arduino Mega, codificador y teclado.....	21
Figura 3.7	Diseño de los módulos GPS y SIM en el Proteus.....	22
Figura 3.8	Diagrama de bloques para lectura de sensores	24
Figura 3.9	Diagrama de bloques para actualización de datos del inventario	26
Figura 3.10	Diagrama de bloques para cambio de contraseña	27
Figura 3.11	Código QR de acceso al código principal	28
Figura 3.12	Diagrama de bloques para mensajes de aviso por falta de inventario	29
Figura 3.13	Diagrama de bloques para mensajes de solicitud de inventario	30
Figura 3.14	Diagrama de bloques para determinar ubicación de la máquina	31
Figura 3.15	Monitor serial que muestra las configuraciones iniciales del sistema	32
Figura 3.16	Monitor serial que muestra datos de geolocalización	32
Figura 3.17	Formato de enlace para la ubicación de la máquina expendedora.....	33
Figura 3.18	Acceso a la ubicación de la máquina expendedora.....	33
Figura 3.19	Monitor serial que muestra la lectura de los sensores.....	34
Figura 3.20	Guía y distribución para el manejo de los sensores	34
Figura 3.21	Visualización de la salida del producto estante de la fila 1 y columna 1 ..	35
Figura 3.22	Visualización de salida de productos estante de la fila 1 y columna 1	35
Figura 3.23	Visualización de la salida de varios productos en distintos estantes	36
Figura 3.24	Visualización estante de la fila 3 y columna 2 solo quedan 2 productos..	36
Figura 3.25	Mensaje de aviso 1 que se envía cuando solo le quedan 2 productos	37
Figura 3.26	Envío de varios mensajes indicando que solo quedan 2 productos.....	37
Figura 3.27	Visualización estante de la fila 4 y columna 1 sin productos.....	38

Figura 3.28	Envío de mensaje 2 estante de la fila 4 y columna 1 no tiene productos .	38
Figura 3.29	Envío de mensajes indicando que no hay productos en los estantes	38
Figura 3.30	Mensaje de solicitud de inventario que recibe el sistema	39
Figura 3.31	Formato de mensaje con el resumen del inventario	39
Figura 3.32	Contraseña para el ingreso al sistema	40
Figura 3.33	Ingreso al estante de la fila 1 y columna 1.....	40
Figura 3.34	Ingreso del número de productos que han ingresado en la máquina.....	40
Figura 3.35	Mensaje cuando se ingresa un valor superior al permitido	41
Figura 3.36	Mensaje de confirmación indicando que se han ingresado 9 productos ..	41
Figura 3.37	Comprobación de que se ha actualizado el inventario.....	41
Figura 3.38	Menú para el cambio de contraseña	42
Figura 3.39	Menú de ingreso de la contraseña	42
Figura 3.40	Menú para el ingreso de una nueva contraseña.....	42
Figura 3.41	Menú de confirmación de la nueva contraseña	43
Figura 3.42	Mensaje que indica que las contraseñas ingresadas no coinciden.....	43
Figura 3.43	Código QR de acceso al vídeo de manual de uso.....	43
Figura 3.44	Código QR de acceso al video de mantenimiento	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Tabla comparativa entre Arduino Uno y Arduino Mega.....	13
Tabla 3.2 Tabla Comparativa entre GPS NEO-6M y SIM808	14
Tabla 3.3 Tabla comparativa entre módulos SIM800L y shield SIM900.....	15
Tabla 3.4 Tabla de distribución de pines entre los pulsadores y el Arduino Mega	19
Tabla 3.5 Distribución de pines entre el teclado y el codificador MM74C922.....	21
Tabla 3.6 Distribución de pines entre el codificador y el Arduino Mega	22
Tabla 3.7 Pines de conexión entre el SIM800L y el Arduino Mega	23
Tabla 3.8 Pines de conexión entre el módulo GPS y el Arduino Mega	23
Tabla 3.9 Costo de los elementos usados en el sistema de control de stock.....	23

RESUMEN

El presente proyecto comprende la simulación de un sistema de control de *stock* para máquinas expendedoras de productos, con la finalidad de llevar un mejor control del inventario de forma remota, sin necesidad de ir físicamente al lugar de la máquina expendedora para revisar si tiene o no *stock* y sin idea de qué tipo de productos hacen falta para abastecerla.

El sistema se diseñó en base a una serie de requerimientos que comprende el uso de sensores, placas Arduino, módulos SIM800L y GPS, dispositivos de I/O como teclado numérico y pantalla LCD, y por último el uso de mensajes SMS como medio para enviar información acerca del *stock* de la máquina expendedora. De acuerdo con los requerimientos se seleccionó adecuadamente los dispositivos que forman parte del sistema.

Durante el desarrollo del proyecto se elaboró un diseño a nivel de *software* del sistema, con la ayuda de ciertos programas de simulación y diseño de circuitos; además de la elaboración de un código de programa que permite manejar e interpretar todas las acciones que realiza el sistema y en donde se explica su funcionamiento. Se realizaron las respectivas pruebas del sistema para comprobar su buen funcionamiento.

Finalmente, en la sección de conclusiones y recomendaciones consta, en cómo se cumplieron con cada uno de los objetivos y sobre propuestas de mejora que se pueden aplicar y complementar al proyecto.

PALABRAS CLAVE: sensores, Arduino, SIM800L, GPS, dispositivos I/O, SMS.

ABSTRACT

This project involves the simulation of a stock control system for vending machines, to have a better inventory control remotely, without the need to physically go to the place of the vending machine to check if it has stock or not and without any idea of what kind of products are needed to supply it.

The system was designed based on a series of requirements including the use of sensors, Arduino boards, SIM800L and GPS modules, I/O devices such as numeric keypad and LCD display, and finally the use of SMS messages as a means to send information about the vending machine stock. According to the requirements, the devices that are part of the system were properly selected.

During the development of the project, a software design of the system was elaborated, with the help of certain simulation and circuit design programs; in addition to the elaboration of a program code that allows handling and interpreting all the actions performed by the system and where its operation is explained. The respective tests of the system were carried out to verify its proper operation.

Finally, the conclusions and recommendations section describes how each of the objectives were met and proposals for improvement that can be applied and complement the project.

KEYWORDS: *Sensors, Arduino, SIM800L, GPS, I/O devices, SMS.*

1 INTRODUCCIÓN

Un sistema de control de *stock* nace de la idea de llevar un mejor control del inventario de las máquinas expendedoras de productos, indicando cuando una máquina expendedora se encuentra sin *stock* o está a punto de agotarse; el proceso de control es en su mayoría visual y con períodos de tiempo fijos. La persona encargada del abastecimiento va al sitio de la máquina expendedora sin idea de los productos que hacen falta, causando que dicha persona tenga que acudir varias veces al mismo sitio para cumplir con el abastecimiento, esto genera que la máquina se encuentre fuera de operación en ciertos momentos a lo largo del día, pérdidas económicas e incomodidad para las personas que hacen uso de la máquina para adquirir algún producto.

En los últimos años la industria del *vending* ha tenido un crecimiento importante, lo que ha llevado a muchos negocios y personas a adquirir una máquina expendedora. Actualmente existen máquinas expendedoras que no disponen de un sistema de control de *stock*, y las que si los tienen son muy costosas, lo que significa que para una persona que quiere introducirse en el mundo del *vending* tendría que hacer una gran inversión que no sería muy rentable cuando se inicia en este tipo de negocios.

Por ello, la necesidad de crear un sistema eficiente, amigable y accesible que proporcione información adecuada y concreta en tiempo real cuando una máquina expendedora se encuentre desabastecida, minimizando los tiempos fuera de operación de la máquina, ahorro de tiempo a la hora de movilizarse hacia el lugar de la máquina para realizar el abastecimiento.

Los beneficiarios directos del sistema son aquellas personas, empresas y emprendedores que quieren introducirse en el mercado del *vending*, que cuenten con una máquina expendedora y necesiten tener un mejor control del inventario de los productos.

1.1 Objetivo general

Simular un sistema de control de *stock* para máquinas expendedoras de productos.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos necesarios para la simulación del prototipo.
- Analizar el *hardware* adecuado según los requerimientos necesarios para el prototipo.

- Diseñar el prototipo del sistema de control de *stock*.
- Desarrollar un código de programa que permita enviar la información almacenada en el prototipo hacia el proveedor.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.

1.3 Fundamentos

Arduino

Es una plataforma de código abierto de *software* y *hardware*, que a lo largo de los años ha sido protagonista en la creación de miles de proyectos, desde los más sencillos hasta complejos proyectos científicos. La idea de Arduino nació de la necesidad para crear prototipos de manera rápida y sencilla y dirigida para aquellos estudiantes que no tienen mucha o casi nada de experiencia sobre electrónica y programación [1].

Debido a que es una plataforma de código abierto, se ha ido creando una amplia comunidad de creadores que han aportado con grandes conocimientos que han servido de ayuda para las personas que lo usan, esto también permite que las personas adapten y construyan sus prototipos de acuerdo con sus necesidades [1].

Existe una amplia variedad de placas Arduino que se pueden usar de acuerdo con las necesidades de la persona, desde placas sencillas hasta placas usadas en aplicaciones de IoT, *wearable*, impresión 3D y entornos integrados [1].

Ventajas de usar Arduino

Arduino ofrece muchas ventajas, por las que miles de personas lo usan; tales como:

- Las placas Arduino son más económicas que otras.
- Es multiplataforma ya que se lo puede usar en Windows, Macintosh OS y Linux.
- El software de Arduino (IDE) es fácil de usar, sirve tanto para principiantes como para los expertos, además que su entorno es muy simple e intuitivo manejado por un lenguaje de programación en alto nivel C++.
- Cualquier diseñador de circuitos pueden crear su propia versión de la placa, que incluso pueden llegar a abaratar los costos [1].

Sensores

Sensores Fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos se componen de un emisor de luz y un receptor el cual detecta la presencia o el paso de un objeto sin tener un contacto físico directo. Estos

sensores se pueden aplicar para contar objetos, altura o tamaño, posición, etc. En la Figura 1.1 se observa una de las aplicaciones de este tipo de sensores [2].

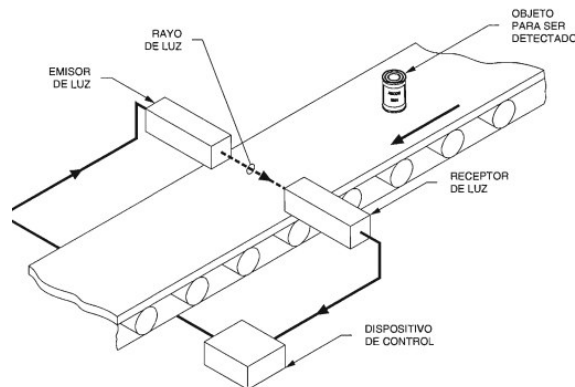


Figura 1.1 Aplicación de un sensor fotoeléctrico [2]

Los diodos LED son utilizados en estos tipos de sensores como emisores de luz, los más usados suelen ser de luz infrarroja, luz visible (roja, verde, azul). En cambio, los fotodiodos y fototransistores son usados como receptores de luz [2].

Existen 3 modos de detección fotoeléctrica, tales como:

- **Reflectiva:** En la Figura 1.2 se muestra que el emisor y receptor de luz se encuentran en un mismo lado, cuando un objeto pasa en frente del sensor la luz se refleja en el objeto y lo regresa hacia el receptor [2].



Figura 1.2 Funcionamiento del sensor reflectivo [2]

- **De Barrera:** El emisor y receptor de luz se encuentran uno en frente del otro. El emisor transmite la luz directamente hacia el receptor, cuando el objeto pasa en medio corta el paso de la luz emitida, observar la Figura 1.3 [2].



Figura 1.3 Funcionamiento sensor de Barrera [2]

- **Retroreflectiva:** El emisor y el receptor de luz se encuentran en el mismo lado, añadiendo un reflector en frente de estos; la luz emitida se proyecta en el reflector y lo regresa de vuelta hacia el receptor. El sensor detecta el paso del objeto cuando el paso de la luz se ve interrumpida, observar la Figura 1.4 [2].

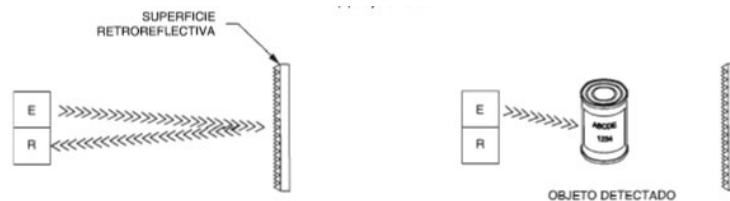


Figura 1.4 Funcionamiento sensor retroreflectivo [2]

Teclado numérico 4x4

El teclado numérico es compatible con las placas de Arduino, con una interfaz sencilla de uso fácil, contiene 16 teclas distribuidas en una matriz de 4x4. El teclado tiene 8 pines de salida que corresponden a 4 de fila y 4 de columna, que sirven para detectar fácilmente qué tecla se ha presionado. En la Figura 1.5 se puede observar el diagrama de pines del teclado numérico [3].

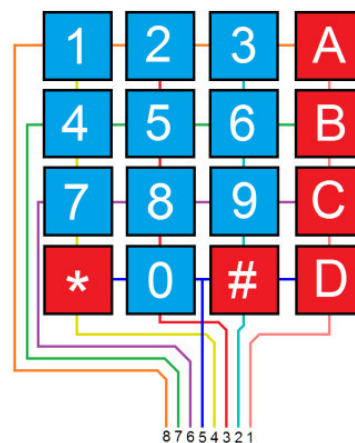


Figura 1.5 Diagrama de pines del teclado numérico 4x4 [3]

Codificador MM74C922

El codificador ayuda a manejar un teclado de 4x4, otorgando a la salida un número binario de 4 bits. El codificador posee resistencias internas de *pull-up* dedicadas a las entradas del teclado numérico [4].

El codificador permite manejar un teclado numérico de 4x4, por lo que tiene 8 pines de entrada y 4 de salida. El codificador posee resistencias internas de *pull-up* en las

entradas. Contiene un pin (DA) que se pone en alto cada vez que se presiona una tecla, por lo que se puede usar como interrupción en un microcontrolador; se debe conectar 2 capacitores a los pines 5 y 6 para eliminar el efecto rebote y determinar la frecuencia de trabajo respectivamente [4].

A la salida del codificador se maneja un número binario de 4 bits, este número a la salida va a depender de cómo se hagan las conexiones entre el teclado y el codificador. En la Figura 1.6 se puede observar la tabla de verdad del codificador que sirve como guía de qué valores se van a dar a la salida [4].

Truth Tables
(Pins 0 through 11)

Switch Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Y1, X1	Y1, X2	Y1, X3	Y1, X4	Y2, X1	Y2, X2	Y2, X3	Y2, X4	Y3, X1	Y3, X2	Y3, X3	Y3, X4
D												
A A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
U E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T												

(Pins 12 through 19)

Switch Position	12	13	14	15	16	17	18	19
	Y4, X1	Y4, X2	Y4, X3	Y4, X4	Y5(Note 1), X1	Y5 (Note 1), X2	Y5 (Note 1), X3	Y5 (Note 1), X4
D								
A A	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	1	1	1	1	0	0	0	0
U E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1
T								

Note 1: Omit for MM74C922

Figura 1.6 Tabla de verdad codificador MM74C922 [4]

Sistema GSM

GSM ha sido el sistema móvil más exitoso, ya que está presente en más del 80% alrededor del mundo; es decir, es el estándar más usado en la mayoría de los países. Maneja 4 bandas de frecuencia 850/900/1800/1900 (MHz) en todo el mundo [5].

Servicios GSM

GSM ofrece servicios de voz para realizar y recibir llamadas y servicios de datos con una velocidad de transmisión de hasta 9.6 (Kb/s), ofrece un servicio de mensajería SMS hasta 160 caracteres. Además, se pueden encontrar otros servicios adicionales como [5]:

- Desvío de llamadas.
- Restricción retención de llamadas.
- Llamadas en espera.
- Llamadas anónimas
- Números de marcación fija.

- Buzón de voz.
- Costo de la llamada.
- Identificación de abonado [5].

Arquitectura GSM

La arquitectura de la red GSM consta de tres subsistemas; tales como: BSS (Subsistema de estaciones base), NSS (Subsistema de red) y la NMS (Subsistema de gestión de red), que se observa en la Figura 1.7 [5].

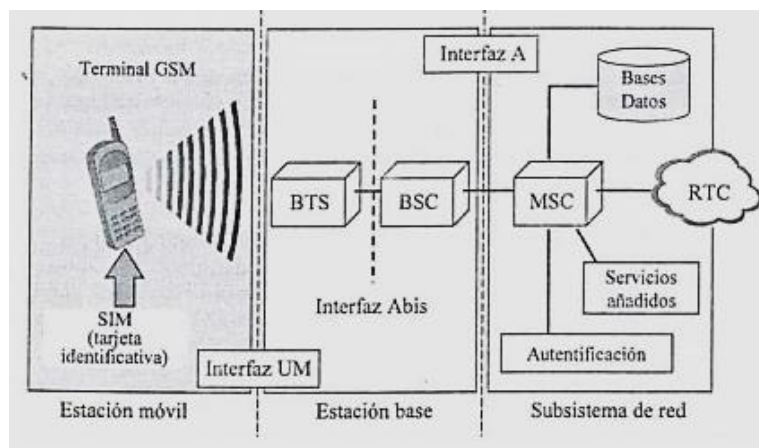


Figura 1.7 Arquitectura GSM [5]

El BSS lo que hace es enlazar un teléfono celular con las NSS, además que es el encargado de las comunicaciones con las estaciones móviles, conformado por varias estaciones base, la BSS está integrado por:

- **Controlador de estación base (BSC):** Permite mantener la comunicación sin interferencias y sin pérdida de potencia, cuando se realizan transferencias de las llamadas entre varias BTS, ese proceso de coordinación de transferencia se denomina *Handover* [5].
- **Estación transceptora base (BTS):** Es la encargada de realizar todo el procesamiento de las señales entre una o más celdas cubriendo un área determinada, además contiene los transmisores, receptores y las antenas [5].

El NSS se conforma de varios elementos, como:

- **Centro de conmutación de servicios móviles (MSC):** Es igual a una central telefónica añadiendo los servicios móviles, es la encargada de realizar la conmutación de todas las llamadas entre abonados y los elementos de la red de datos [5].

- **Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC):** Es una puerta de acceso a diferentes redes, ya que se encarga de conectar las redes de telefonía fija y GSM, y así poder establecer llamadas entre ambas [5].
- **Registro de posiciones de visitantes (VLR):** Guarda información de un abonado al igual que el HLR, cuando el abonado se encuentra fuera del país usando una red diferente (*roaming*) [5].
- **Registro de localización local (HLR):** Almacena la información de un abonado en una base de datos. Esa información contiene la ubicación, el servicio y el estado de actividad del abonado [5].
- **Authentication Center (AuC):** El encargado de la seguridad como la encriptación y autenticación, necesarios para identificar el acceso del abonado y el cifrado de la información que se transmite [5].
- **Equipment Identify Register (EIR):** Verifica a través del IMEI que las llamadas realizadas no sean de equipos móviles no autorizados o robados [5].

El NMS controla y monitorea la red GSM, contiene un Centro de operación y mantenimiento de todos los elementos de la red [5].

Por último, se tiene la Estación Móvil (MS), que es el equipo terminal por el cual el abonado puede establecer una comunicación con otra persona. La MS contiene el equipo móvil más una tarjeta SIM con la que el usuario puede acceder a los diferentes servicios que ofrece el proveedor de telefonía móvil. La SIM es una tarjeta de tamaño reducido que se introduce en el teléfono móvil, y que permite almacenar números telefónicos, estado de la SIM, información del abonado y los servicios que el usuario posee [5].

Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

Es un sistema que proporciona información acerca del posicionamiento, navegación y hora exacta de todo aquello que contenga un receptor GPS, sin importar las condiciones atmosféricas que se presenten en el momento. El sistema contiene tres elementos que son: los satélites que se encuentran orbitando la Tierra, las estaciones que realizan el seguimiento y monitoreo, y los receptores GPS [6].

Actualmente el servicio está disponible en todo el mundo, y pueden acceder a ellos a través de dispositivos GPS portátiles o teléfonos celulares. A través de ellos las personas pueden saber exactamente su posición y hora exacta, movilizarse a cualquier sitio en cualquier medio de transporte. Estos sistemas son muy indispensables en los transportes terrestres, aéreos y marítimos para llegar a un lugar exacto; al igual que es

usado por servicios de emergencia cuando se desea buscar algo en específico con la finalidad de salvar vidas [6].

2 METODOLOGÍA

2.1 Descripción de la metodología usada

El proyecto maneja una metodología basada en la recopilación de fuentes de información, el análisis de tecnologías similares, el desarrollo del respectivo *software*, los diferentes procesos de simulación y corrección de errores. Estos temas se trataron de manera ordenada y sistemática de acuerdo con cada uno de los objetivos específicos planteados para finalmente obtener un resultado que cumpla satisfactoriamente con los requerimientos establecidos.

Objetivo 1

Se procedió con una metodología basada en una investigación bibliográfica, además de una búsqueda de proyectos referentes a manejo de sensores, geolocalización mediante GPS, transmisión de datos por la red GSM/GPRS y una interfaz amigable en la que el proveedor de la máquina expendedora puede visualizar el *stock* y que es compatible con la red por la cual se transmite la información.

Objetivo 2

El sistema de control de *stock* está pensado para acoplarse al sistema ya establecido de una máquina expendedora, por lo que el *hardware* a usar para realizar la simulación del sistema debe ser invasivo, además que el diseño en base a la simulación lo hace discreto y funcional para afectar en menor medida la presentación del producto a los clientes. Por lo que se realizó un análisis de los componentes a utilizar basándose en criterios como funcionalidad, facilidad de manejo, tamaño, calidad de construcción, precio y disponibilidad en el país.

Objetivo 3

El diseño del prototipo se dividió en dos fases, la primera fase consistió en una construcción a nivel de simulación del sistema de control de *stock*, con la ayuda de programas de diseño de circuitos como *Proteus* que contiene una amplia librería de componentes electrónicos que permitieron el desarrollo del diseño. La segunda fase consistió en el desarrollo de un código programa que permite leer y almacenar información respecto al *stock* de la máquina expendedora, con la ayuda de la plataforma Arduino IDE.

Objetivo 4

Se determinó en primer lugar el medio en el cual el proveedor puede visualizar la información de la máquina expendedora en base a la investigación del *hardware* que se utilizó para la simulación

En segundo lugar, se ha desarrollado un programa en la plataforma Arduino IDE, que permite enviar la información del *stock* y ubicación al proveedor, para lo cual se planteó el uso de tecnología GPS y la red celular GSM/GPRS.

Objetivo 5

Para evitar el mal funcionamiento del diseño final se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento tanto en la simulación del circuito como en el código de programa, y hacer las correcciones necesarias en caso de que presenten errores.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta sección comprende toda la información y análisis de los elementos necesarios para diseñar el sistema de *stock* de una máquina expendedora, que van desde los requerimientos para simular el prototipo hasta los componentes físicos utilizados, además del diseño y programación del sistema para alcanzar los objetivos planteados. El sistema provee toda la información del inventario, así como datos de localización de este en tiempo real, y que es enviada a la persona a cargo de la máquina expendedora siempre que la requiera, por lo que se realizaron las pruebas necesarias para verificar su correcto funcionamiento.

3.1 Identificación de los requerimientos para la simulación del prototipo

En esta etapa se realizaron investigaciones previas sobre proyectos referentes a sistemas de control de inventario, geolocalización y manejo de redes GSM, para poder determinar los elementos a tomar en cuenta para el diseño del sistema.

Investigaciones previas

Los sistemas de control de inventarios permiten monitorear y registrar los movimientos en las compras de mejor manera, dejando de lado el método tradicional que es poco eficiente. Estos sistemas tienen la ventaja de generar y validar reportes y enviarlos a las personas indicadas; lo que permite sacarle el mayor provecho al negocio o empresa y hasta reduciendo las pérdidas económicas que se pueden generar por no tener la suficiente mercancía [7].

En el año 2013, Matute Víctor y Uday Sandro realizaron una tesis sobre, Diseño y desarrollo de un sistema de ubicación, monitoreo y control de una máquina *vending* dispensadora de bebidas automática mediante un dispositivo AVL. La tesis se realizó utilizando tecnologías como GPS para determinar la ubicación, al igual que el uso de la red GSM para generar varios reportes sobre el estado de la máquina *vending* y enviarlos través de mensajes de texto con el fin de minimizar costos y tiempo [8].

En el año 2020, Yallico T. Jefferson realizó una tesis sobre, Sistema de Geolocalización y monitoreo de frigoríficos en la heladería Dumí S.A. La tesis habla sobre la falta de recursos para inspeccionar los puntos de venta, y de crear un sistema que permita obtener datos relevantes de un frigorífico mediante una aplicación móvil. El sistema

cuenta con sensores de temperatura y distancia para saber la cantidad de productos existentes, módulos GPS que proporcionan la ubicación del frigorífico [9].

Requerimientos

Lo que se busca es que el sistema de control de *stock* sea confiable y seguro a la hora de llevar el control del inventario de la máquina expendedora. El diseño debe acoplarse a la máquina expendedora sin afectar el diseño estético y visual de la misma, por lo que el tamaño de los componentes a usar es un factor importante. Debe ser de fácil manejo, que la persona indicada para manipular el sistema no tenga complicaciones en usarlo, ya que un sistema complejo lo hace menos atractivo a la hora de adquirir el sistema. Uno de los factores importantes que influyen en cuan beneficioso puede ser el sistema, es el de calidad-precio por lo que se busca crear un sistema que no sea muy costoso pero que sea muy funcional.

Para cumplir con lo mencionado anteriormente, se determinó que el diseño del sistema de control de *stock* debe contener los siguientes elementos:

- Sensores que permitan dar lectura cuando un producto ha salido de la máquina expendedora.
- Un microcontrolador que actúe como parte central del sistema, que realice todos los procesos necesarios para el funcionamiento del sistema, y que sea capaz de almacenar toda la información necesaria.
- Una pantalla y un teclado numérico que permitan a la persona encargada de realizar el abastecimiento, visualizar e ingresar datos relevantes correspondientes a la actualización del inventario luego de realizar dicha acción de forma rápida y sencilla.
- Un módulo SIM que permita enviar la información necesaria a la persona indicada a través de la red GSM.
- Un módulo GPS que permita obtener la ubicación del lugar donde se encuentre la máquina expendedora.

3.2 Análisis del *hardware* adecuado según los requerimientos

La selección de los componentes que conforman todo el sistema se hizo en base a la funcionalidad, un fácil manejo por parte del propietario de la máquina o de la persona encargada del abastecimiento, que sea de tamaño adecuado para que no afecte el diseño original de la máquina expendedora, su precio y disponibilidad en el país.

Selección del microcontrolador

Arduino ofrece una amplia variedad de placas que pueden variar desde su tamaño hasta sus aplicaciones de acuerdo con las necesidades del proyecto que se va a realizar. Por eso se ha realizado una comparativa entre las placas Arduino Uno y Mega que ofrecen ciertas características y que se lo puede observar en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Tabla comparativa entre Arduino Uno y Arduino Mega [10] [11]

Parámetros	Arduino Uno	Arduino Mega
Procesador	ATmega 328P	ATmega 2560
Voltaje de Funcionamiento	5 (V)	5 (V)
Voltaje de entrada	7 - 12 (V)	7 - 12 (V)
Pines de E/S digitales	14 pines	54 pines
Pines analógicos	6 pines	16 pines
Memoria <i>Flash</i>	32 (Kb)	256 (Kb)
Memoria Eeprom	1 (Kb)	4 (Kb)
Puertos UART	1 puerto	4 puertos
Oscilador	16 (MHz)	16 (MHz)
Dimensiones	68.6 x 53.4 (mm)	101.52 x 53.3 (mm)
Precio	bajo	alto

De acuerdo con la tabla de comparación, el Arduino Mega es la mejor opción ya que cuenta con 54 pines de E/S digitales, necesarios para conectar una buena cantidad de sensores que se deben colocar dentro de la máquina expendedora y que con el número de pines que ofrece el Arduino Uno no es suficiente para cubrir la demanda. Además de eso el Arduino Mega ofrece 4 puertos seriales UART para conectar los módulos necesarios que se incluyen en el diseño del sistema. Su precio es un poco elevado respecto al Arduino Uno, pero se justifica con las ventajas mencionadas anteriormente.

Selección de sensores

Mediante los sensores el sistema puede saber cuándo ha salido un producto de la máquina expendedora, por eso la elección del sensor debe ser la mejor de manera que la lectura sea lo más fiable posible y evitar información errónea respecto al inventario de la máquina.

En este caso se van a analizar tres tipos de sensores fotoeléctricos. El primero, que son los sensores de barrera que detectan objetos a larga distancia y que no se ven afectados por la suciedad y humedad. El segundo, son los sensores reflectivos que detectan objetos a corta distancia ya que dependen del tipo de objeto para reflejar la luz; la desventaja es que se pueden ver afectados por la humedad y suciedad. Por último, están los sensores retro reflectivos, que son similares a los reflectivos con la diferencia que usan un espejo para reflejar la luz, se consigue una distancia larga de detección, pero la desventaja es que el objeto a pasar puede actuar como espejo, lo cual la detección del objeto puede ser errónea [12].

Los sensores de barrera son los más ideales a usarse para la detección de los productos cuando salen de la máquina expendedora, ya que no presentan inconvenientes en cuanto a la presencia de humedad y la suciedad.

Selección del módulo GPS

En el mercado existen varios tipos de módulos GPS, la selección de la mejor opción se hizo en base a una tabla comparativa entre el módulo GPS NEO-6M y el módulo SIM808 como se puede observar en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Tabla Comparativa entre GPS NEO-6M y SIM808 [13] [14]

<i>Parámetros</i>	<i>GPS NEO-6M</i>	<i>SIM808</i>
Dimensiones	30 x 20 x 11.4 (mm)	50 x 77 x 15 (mm)
Voltaje de Alimentación	3.5 – 5 (V)	3.4 – 4.4 (V)
Temperatura	-40 a 85 (°C)	-40 a 85 °C
Número de canales	50 canales	66 canales
Protocolo de comunicación	UART	UART
Tiempo de respuesta en el arranque	27(s)	32(s)
Precisión de posición horizontal	2.5 (m)	2.5 (m)
Sensibilidad	-162 (dBm)	-165 (dBm)
Manejo	Librería Arduino	Comandos AT
Precio	13 dólares	45 dólares

La mejor opción del módulo GPS es el NEO-6M ya que presenta ciertas ventajas, como las dimensiones considerando que se quiere diseñar un sistema lo menos robusto; algo

que llamó la atención es el tiempo de respuesta cuando es inicia por primera vez ya que es menor respecto a su competencia; otro aspecto muy importante que se tomó en cuenta a la hora de escoger el módulo es el precio, que es mucho menor que el SIM808 lo que significa reducir el costo total del sistema.

Selección del módulo SIM

En el mercado existen varios módulos SIM, entre los cuales, los más destacados fueron el SIM800L V2 y la *shield* SIM900, ya que son los más utilizados. En la Tabla 3.3 se realizó una comparación entre los 2 para elegir la mejor opción.

Tabla 3.3 Tabla comparativa entre módulos SIM800L y *shield* SIM900 [15] [16] [17] [18]

Parámetros	SIM800L V2	Shield SIM900
Dimensiones	40 x 28 (mm)	85 x 57 (mm)
Voltaje de entrada	5 (V)	5 – 12 (V)
Voltaje de Alimentación	5 (V)	5 (V)
Temperatura	-30 a 80 (°C)	-30 a 80 °C
Bandas de Frecuencia	850-900-1800-1900 (MHz)	850-900-1800-1900 (MHz)
Protocolo de comunicación	UART	UART
Conector de audífono y micrófono	NO	SI
Potencia de transmisión	1 - 2 (W)	1 – 2 (W)
Socket Tarjeta SIM	SI	SI
Socket Batería RTC	NO	SI
Manejo	Comandos AT	Comandos AT
Precio	15 dólares	30 dólares

El SIM800L y la *Shield* SIM900 tienen características muy similares en cuanto a las bandas de frecuencias que usan, que son compatibles con las frecuencias que operan en el país; los 2 módulos usan el protocolo UART compatible con el Arduino Mega, y se pueden manejar a través de comandos AT. El SIM800L respecto a su competencia tiene dimensiones más pequeñas que es lo que se busca dentro del diseño del sistema de control de *stock*. Si bien es cierto que la *Shield SIM900L* tiene mayores características y funciones respecto al SIM800L, su costo es mucho más elevado; además de que solo se desea usar la red GSM con los pines de Tx y Rx, lo que sería un gasto innecesario

comprar un módulo SIM costoso cuando no se van a usar todas sus funciones. Por ello, el SIM800L V2 es el más adecuado para el diseño del sistema de control de *stock*.

Selección del teclado numérico

Los más utilizados son los teclados numéricos para Arduino de 16 teclas, que pueden usarse en distintas aplicaciones. Estos teclados tienen 8 pines de salida, cuatro correspondiente a filas y 4 a las columnas, que sirven para determinar qué tecla se ha presionado. Además del teclado se optó por usar un codificador MM74C922 con la finalidad de ahorrar pines en el Arduino Mega, lo que facilitará también al desarrollo del código del programa.

Selección de la pantalla LCD

En cuanto a las pantallas LCD compatibles con Arduino no hay mucho que analizar, ya que suelen variar en cuanto a su tamaño; por lo tanto, se eligió una de 16x2, que significa que contiene 2 filas y que en cada una de ellas se puede mostrar 16 caracteres, tomando en cuenta que la información que se quiere mostrar en ella no es mucha, además de que su precio es bajo lo que lo hace ideal.

3.3 Diseño del prototipo del sistema de control de *stock*

Esquema del sistema

El prototipo del sistema debe contener todos los elementos de *hardware* que se analizaron en el punto anterior; por tanto, la idea de realizar un esquema general del sistema ayudó a saber qué función va a realizar cada uno de los elementos: sensores, Arduino Mega, módulos SIM800L y GPS, teclado matricial y pantalla LCD. Observar la Figura 3.1.

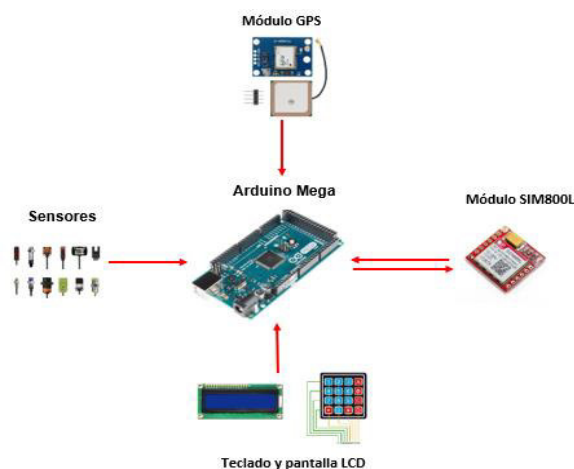


Figura 3.1 Esquema del sistema de control de *stock*

Los sensores son los encargados de captar la salida o no de los productos de la máquina expendedora; información que se envía al microcontrolador y posteriormente es almacenada. El teclado y la pantalla LCD cumplen la función de ayudar al encargado de la máquina en el proceso de abastecimiento y actualización de inventario.

El módulo GPS envía datos de ubicación de latitud y longitud al microcontrolador, para identificar el lugar exacto donde se encuentra la máquina expendedora y facilitar el proceso de movilización de la persona encargada del abastecimiento. Por último, se tiene el módulo SIM800L, que se encarga de enviar información necesaria requerida por el usuario (ubicación e inventario), e igualmente recibir solicitudes de requerimiento de información de la máquina expendedora por un mensaje de texto enviado desde un teléfono móvil.

Diseño del sistema

Para el diseño y simulación del sistema de control de *stock*, se utilizó el *software Proteus* en su versión 8.4. El *software* por defecto ya incluye librerías de componentes electrónicos; sin embargo, hay otras librerías que no se las pueden encontrar, por lo tanto, fue necesario incluir ciertas librerías para cumplir con el diseño del sistema, tales como: Arduino, Módulo Sim y Módulo GPS.

En el área de trabajo de *Proteus* se agregaron el Arduino Mega y los sensores. El Arduino Mega es el centro del sistema ya que contiene el programa principal y toda información respecto al inventario de la máquina expendedora, además que, en él, se conectan todos los elementos que conforman todo el sistema de control de *stock*.

Para la simulación, se usaron pulsadores para detectar la salida de los productos de la máquina expendedora, cada vez que son presionados. En la Figura 3.2 se puede observar que se han colocado de la forma en cómo se verían en una máquina expendedora, con el fin de mejorar el aspecto a la hora de visualizar el diseño.

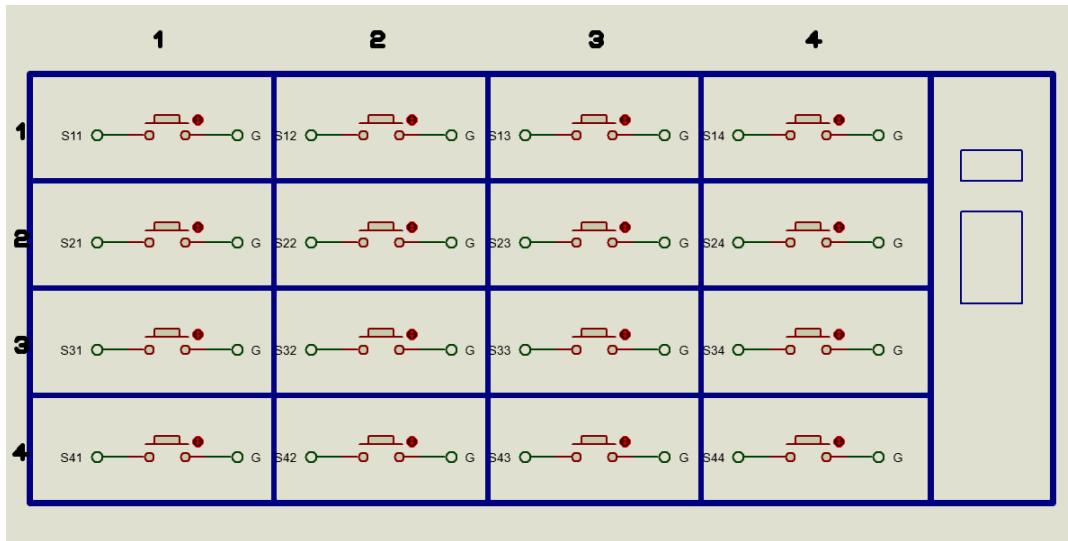


Figura 3.2 Diseño y distribución de los pulsadores

En la Figura 3.3 se muestra el diagrama de conexiones de los pulsadores con los pines utilizados del Arduino Mega. Los pines necesarios para conectar todos los sensores fueron del pin 22 al pin 37, y se pueden visualizar de derecha a izquierda.

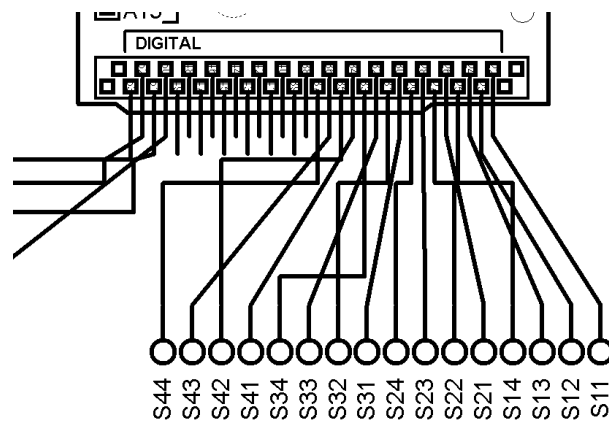


Figura 3.3 Diagrama de conexiones de los sensores

Cada uno de los pulsadores se pueden identificar, de acuerdo con la posición de fila y columna en la que se encuentran. En la siguiente Tabla 3.4 se muestra a qué pines se han conectado cada uno de los pulsadores dentro del Arduino Mega.

Tabla 3.4 Tabla de distribución de pines entre los pulsadores y el Arduino Mega

Sensores	Pin del Arduino
Pulsador (F1, C1)	22
Pulsador (F1, C2)	23
Pulsador (F1, C3)	24
Pulsador (F1, C4)	25
Pulsador (F2, C1)	26
Pulsador (F2, C2)	27
Pulsador (F2, C3)	28
Pulsador (F2, C4)	29
Pulsador (F3, C1)	30
Pulsador (F3, C2)	31
Pulsador (F3, C3)	32
Pulsador (F3, C4)	33
Pulsador (F4, C1)	34
Pulsador (F4, C2)	35
Pulsador (F4, C3)	36
Pulsador (F4, C4)	37

En segundo lugar, se agregó un teclado numérico y una pantalla LCD como se muestra en la Figura 3.4, necesarios para realizar el proceso de actualización de datos del inventario luego de realizar el abastecimiento de la máquina expendedora. Mediante estos dos elementos una persona puede ingresar y visualizar ciertos datos que se ingresan al sistema. Además, se agregó el codificador 74C922, que va conectado al teclado numérico con la finalidad de ahorrar pines del Arduino Mega.

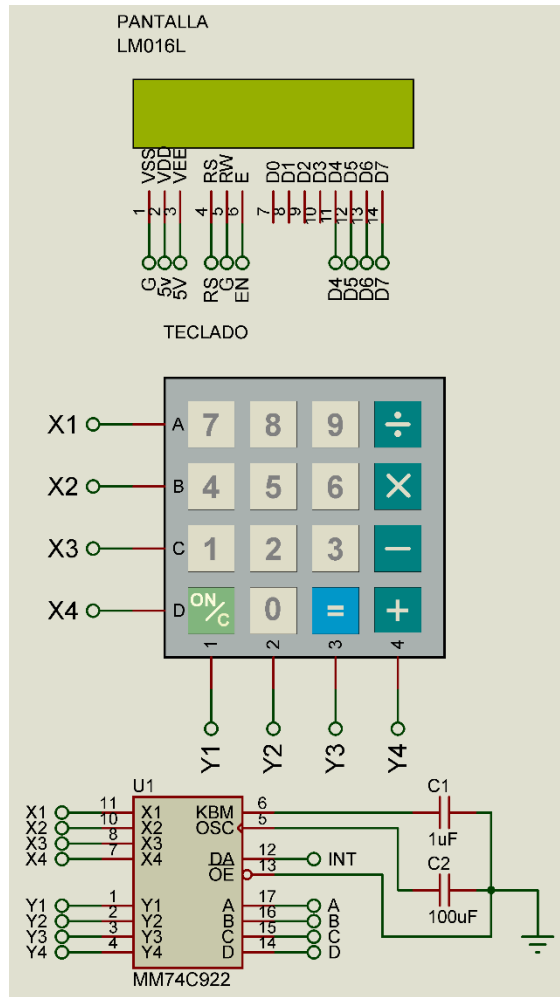


Figura 3.4 Diseño de la pantalla LCD, teclado numérico y MM74C922 en Proteus

En la Figura 3.5, se observa el diagrama de conexiones y los pines del Arduino Mega que se usaron para conectar la pantalla LCD, y en la tabla 3 los pines correspondientes a detalle.

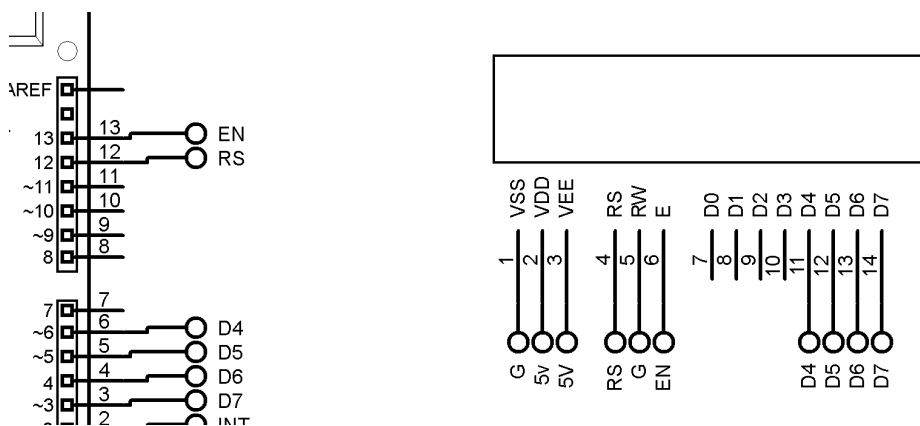


Figura 3.5 Diagrama de conexiones pantalla LCD

En la Figura 3.6 se muestra el diagrama de conexiones entre el codificador 74C922 y el teclado numérico, y el Arduino Mega. En la Tabla 3.5 se detalla entre qué pines se conectaron los del teclado y el 74C922.

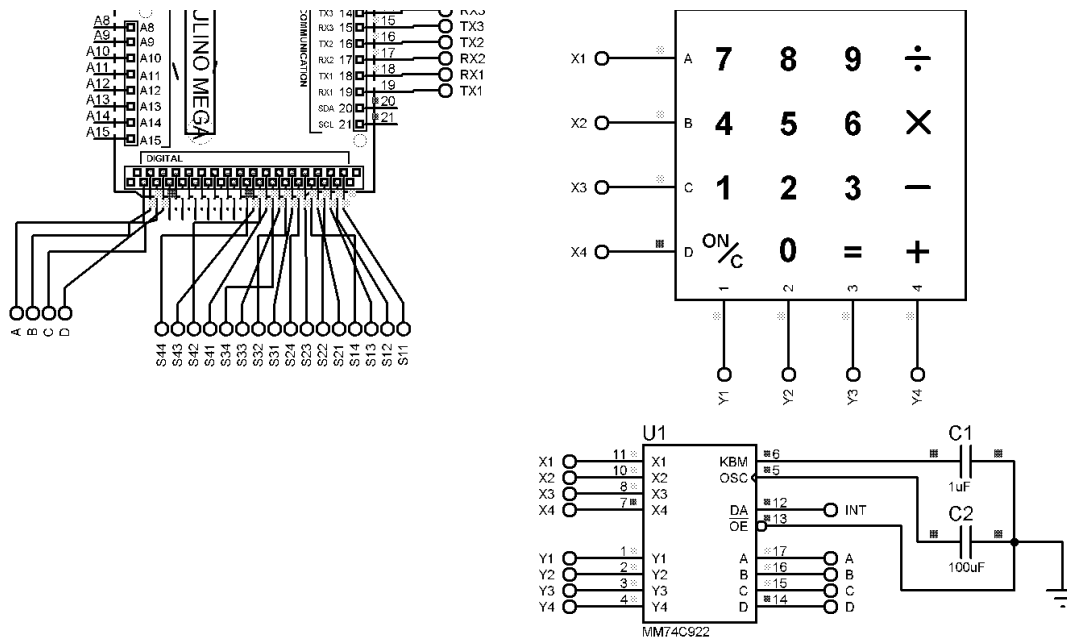


Figura 3.6 Diagrama de conexiones entre Arduino Mega, codificador y teclado

Tabla 3.5 Distribución de pines entre el teclado y el codificador MM74C922

Pines del Teclado	MM74C922
Pin A	Pin 11
Pin B	Pin 10
Pin C	Pin 8
Pin D	Pin 7
Pin 1	Pin 1
Pin 2	Pin 2
Pin 3	Pin 3
Pin 4	Pin 4

En la Tabla 3.6 se muestra que los pines de salida del 74C922 están conectados en los pines del 53 al 49 del Arduino Mega, siendo el pin 53 el menos significativo. El pin 12 del codificador se conecta al pin 2 del Arduino como interrupción externa, detectando cuando se ha presionado una tecla.

Tabla 3.6 Distribución de pines entre el codificador y el Arduino Mega

74C922	Pines Arduino
Pin 17	Pin 53
Pin 16	Pin 52
Pin 15	Pin 51
Pin 14	Pin 50
Pin 12	Pin 2

La salida del número de 4 bits del 74C922 va a depender de cómo se hayan hecho las conexiones entre el teclado y el codificador. Por ejemplo, en la Figura 3.6 se puede ver que, según la fila y columna la tecla “cero” está conectado al pin 2 (entrada Y2) y al pin 7 (entrada X4), obteniendo el valor 0111 a la salida del codificador, y se puede comprobar en la tabla de verdad de la Figura 1.6.

Por último, se añadieron el módulo SIM y el módulo GPS como se observa en la Figura 3.7, que sirven para enviar la información del *stock* al proveedor de la máquina y datos de ubicación (latitud y longitud) respectivamente. Cabe mencionar que en la simulación se utilizó el módulo SIM900 como método de visualización, ya que es el único que se puede encontrar en el Proteus.

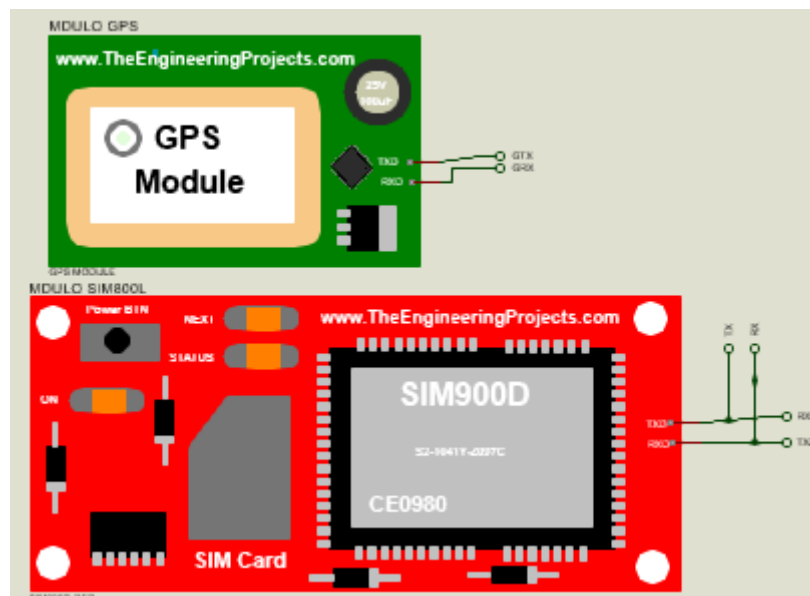


Figura 3.7 Diseño de los módulos GPS y SIM en el Proteus

Los módulos GPS y SIM800L se conectaron a los distintos puertos seriales que tiene el Arduino Mega. En la Tabla 3.7 y Tabla 3.8 se muestra a qué pines del Arduino Mega se conectaron los módulos.

Tabla 3.7 Pines de conexión entre el SIM800L y el Arduino Mega

Pines SIM800L	Pines Arduino
Pin Tx	Pin 17 (Rx)
Pin Rx	Pin 16 (Tx)

Tabla 3.8 Pines de conexión entre el módulo GPS y el Arduino Mega

Pines GPS	Pines Arduino
Pin Tx	Pin 0 (Rx)
Pin Rx	Pin 1 (Tx)

Costo del sistema de control de *stock*

En la Tabla 3.9 se muestra el costo de los materiales usados en el diseño, y que fueron obtenidos en la página de Mercado Libre. Se debe tomar en cuenta que el proyecto realizado es a nivel de simulación; por lo que no se tomó en cuenta los sensores que no formaron parte del diseño y solo fueron vistos como parte de investigación en caso de que en el futuro se desee implementarlo de forma física. Adicionalmente, costos de instalación, mano de obra, elementos adicionales como el cableado, baquelitas y maqueta tampoco fueron tomados en cuenta por el motivo mencionado anteriormente.

Tabla 3.9 Costo de los elementos usados en el sistema de control de *stock*

Cantidad	Detalle	Precio unitario	Precio total
1	Arduino Mega	\$60.00	\$60.00
1	Módulo SIM800I	\$15.00	\$15.00
1	Módulo GPS NEO-6M	\$13.00	\$13.00
1	Pantalla LCD 16x2	\$5.00	\$5.00
1	Teclado numérico	\$2.00	\$2.00
1	Codificador MM74C922	\$4.50	\$4.50
2	Capacitores	\$1.00	\$2.00
COSTO TOTAL			\$101.50

Desarrollo del programa principal

La segunda fase para cumplir con los requerimientos del objetivo 3 consistió en el desarrollo de un código de programa en lenguaje de programación C++, que es el lenguaje que maneja la plataforma de Arduino IDE.

Lectura de sensores

El sistema lee y almacena los datos que envían los sensores cuando un producto ha salido de la máquina expendedora. Como ejemplo se ha configurado que cada estante de la máquina expendedora tiene capacidad para 12 productos; es decir, cada vez que se presiona un pulsador, la cantidad de productos existentes en la máquina va disminuyendo a partir de dicho valor hasta quedar sin productos. En la Figura 3.8 se puede observar cómo se realiza el proceso de lectura.

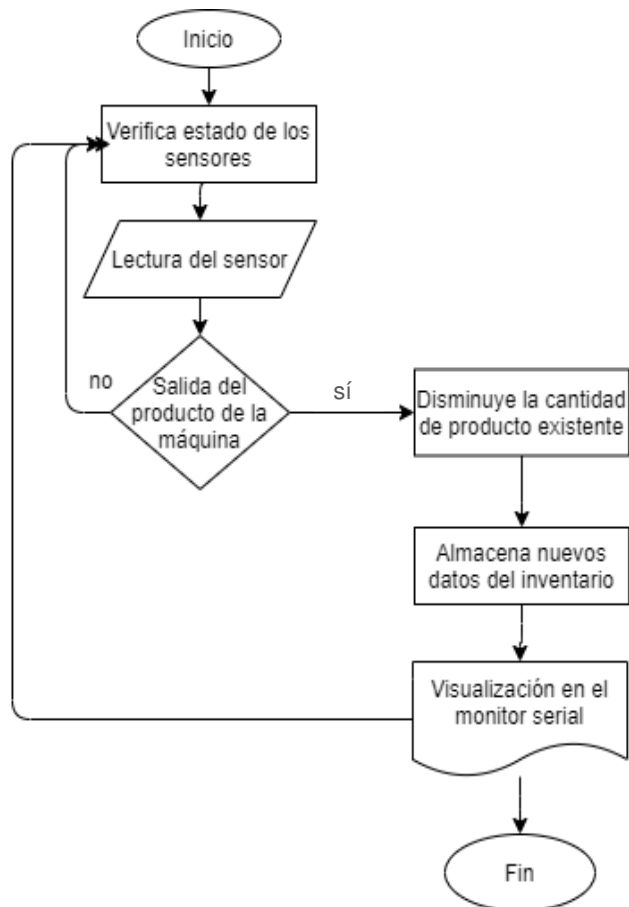


Figura 3.8 Diagrama de bloques para lectura de sensores

Actualización de datos

Cuando la máquina expendedora no contiene suficientes productos, es necesario realizar el abastecimiento de esta, como siguiente paso es necesario actualizar el inventario, indicando al sistema que se ha realizado el abastecimiento.

Para actualizar el inventario luego de que se ha realizado el abastecimiento, es necesario acceder al sistema mediante el teclado numérico y la pantalla LCD. Primero, se debe ingresar la contraseña de acceso, una vez dentro, se pide ingresar el código del estante al cual se quiere actualizar; por ejemplo, se desea actualizar el número de productos que existen en el estante de la fila 1 y columna 1, entonces el código a ingresar en la pantalla LCD será 11; a continuación, se coloca la cantidad de productos que se han colocado, siempre y cuando sea un valor menor a 12, que es la capacidad máxima de cada estante; caso contrario se muestra un mensaje indicando que el valor ingresado no es correcto. En la Figura 3.9 se muestra cómo se realiza dicho proceso de forma gráfica.

Cambio de Contraseña

El sistema contiene un método de seguridad para acceder al sistema y evitar que personas no autorizadas puedan manipular de forma errónea información del sistema respecto al inventario. El sistema viene configurado por defecto con una contraseña de 4 dígitos; para la presentación de la simulación se ha colocado que dicha contraseña sea 1234.

La contraseña que viene por defecto dentro del sistema puede ser cambiada al presionar la tecla de división en el teclado numérico. Para realizar dicho proceso el sistema pide ingresar la contraseña actual, para después ingresar una nueva, al final del proceso se pide una confirmación de la nueva contraseña. En la Figura 3.10 se muestra cómo se realiza el proceso de cambio de contraseña.

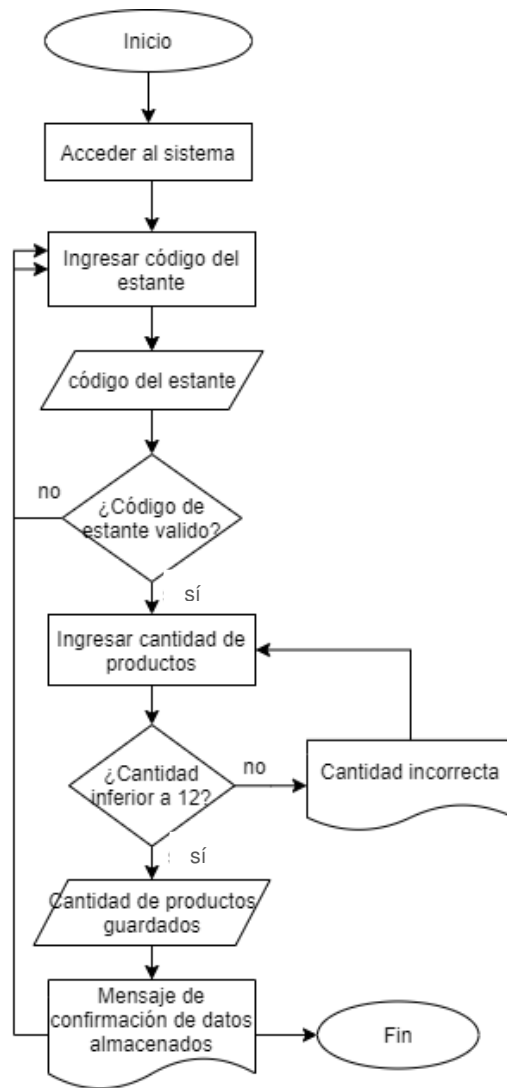


Figura 3.9 Diagrama de bloques para actualización de datos del inventario

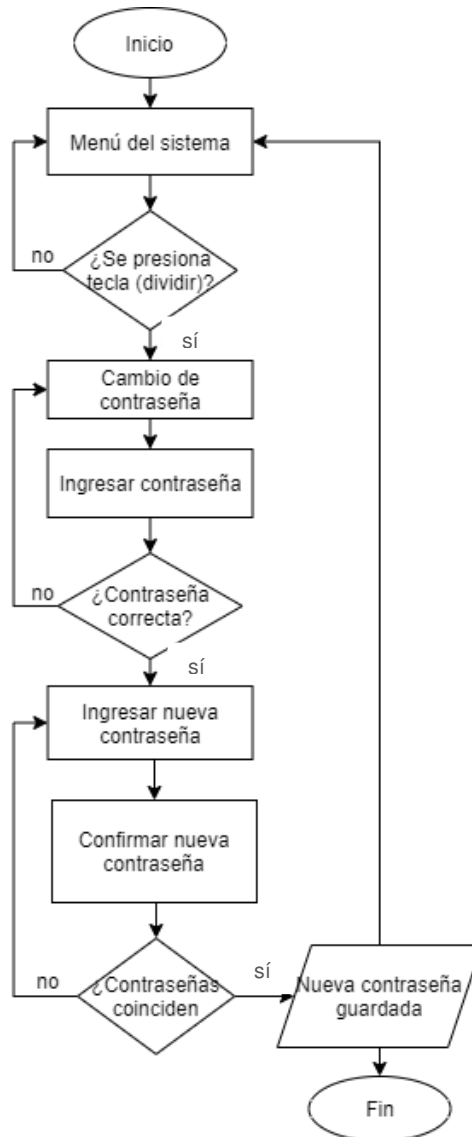


Figura 3.10 Diagrama de bloques para cambio de contraseña

Código Fuente

El código que se desarrolló es muy extenso, debido a eso se creó un código QR en el que se va a poder acceder a él con solo escanearlo. En la Figura 3.11 se encuentra el código QR.



Figura 3.11 Código QR de acceso al código principal

3.4 Desarrollo del código de programa para el envío de información

El sistema se diseñó, con la finalidad de que al propietario de la máquina expendedora o la encargada de realizar el abastecimiento se le proporcione información del inventario en un momento determinado o cada vez que dicha persona lo requiera, de manera que no tenga que estar preocupado sobre el *stock* de la máquina.

El módulo SIM800L es el encargado de enviar la información respectiva del inventario de la máquina expendedora a una persona determinada. Se usó la red GSM para enviar y recibir mensajes de texto con la información respectiva acerca del inventario de forma rápida, oportuna y en tiempo real. Para que el sistema pueda enviar y recibir mensajes de texto, el SIM800L tiene que ser configurado a través de tres comandos AT. El primer comando `AT+CMGF=1` configura en modo texto, que es la forma en cómo se van a enviar y recibir los mensajes; el comando `AT+CNMI=2,2,0,0,0` coloca los mensajes en el puerto serial para que sean enviados al destinatario, y el último comando `AT+CMGS="+5930987142450"` se envía antes del mensaje de texto para determinar el numérico telefónico que va a recibir dicho mensaje de texto.

Mensajes de aviso por falta de inventario

Es importante que el propietario o el encargado del abastecimiento sepa cuando la máquina expendedora se está quedando sin productos, por esa razón el sistema está diseñado para enviar 2 mensajes de aviso indicando la falta de *stock* a un determinado número de teléfono configurado previamente al envío del mensaje. El primer mensaje de aviso está configurado para enviarse cuando a un determinado estante de la máquina le quedan solamente 2 productos. El segundo mensaje de aviso es enviado cuando un

determinado estante se ha quedado sin productos, indicando que se requiere de abastecimiento urgente. En la Figura 3.12 se muestra el proceso de envío.

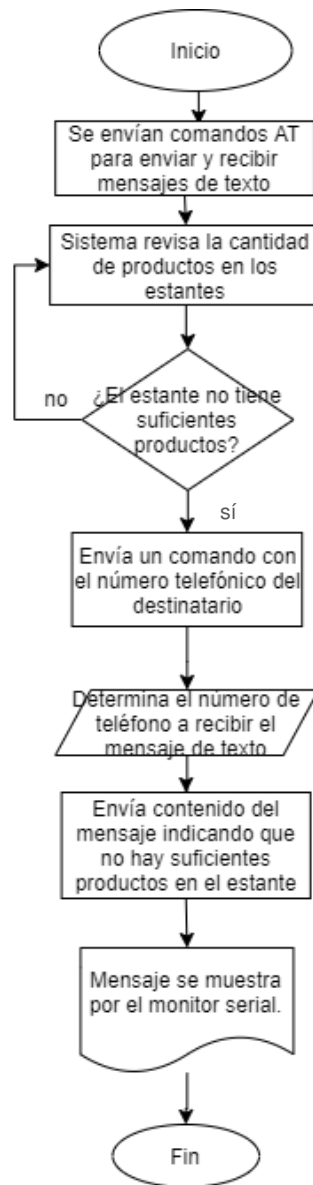


Figura 3.12 Diagrama de bloques para mensajes de aviso por falta de inventario

Mensaje de solicitud para verificar el estado del inventario

Para complementar a los mensajes de aviso que se envían, el propietario o el encargado del abastecimiento puede recibir un tercer mensaje, en el que se muestre todo el resumen del inventario de la máquina expendedora. Dicho mensaje se envía cuando ciertas personas envían un mensaje de texto en concreto al sistema (se configura previamente en el sistema cuál es el mensaje que debe enviar la persona), solicitando que se requiere ver información del *stock*. El sistema verifica que se ha recibido el

mensaje correcto de solicitud, y envía la información de *stock* a la persona que lo ha solicitado en otro mensaje de texto. El proceso de recepción y envío de mensajes se muestra en la Figura 3.13.



Figura 3.13 Diagrama de bloques para mensajes de solicitud de inventario

Programa para obtención de ubicación de la máquina expendedora

Además de la información sobre el estado del inventario, el sistema proporciona la ubicación exacta en tiempo real, a través del módulo GPS, con el fin de facilitar la movilización de la persona encargada del abastecimiento hacia el lugar de la máquina expendedora.

El módulo GPS envía por el puerto serial del Arduino Mega una serie de caracteres correspondientes a datos de latitud, longitud, número de satélites, velocidad, altitud, fecha y hora. Con la ayuda de la librería *Tiny GPS*, el programa puede extraer los datos más relevantes, en este caso de latitud y longitud, que son los que permiten saber la ubicación de la máquina expendedora. El desarrollo del programa se puede ver en la Figura 3.14.

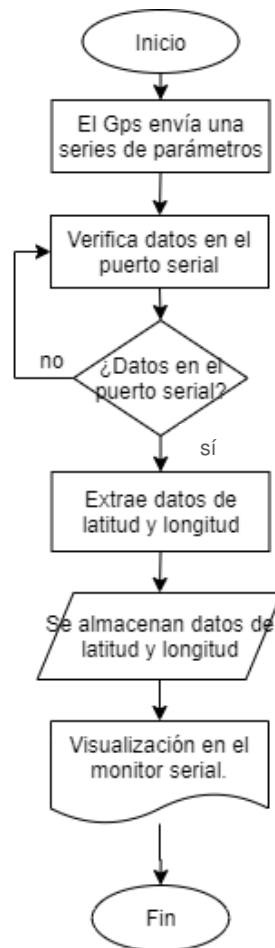


Figura 3.14 Diagrama de bloques para determinar ubicación de la máquina

3.5 Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo

Inicio de la simulación

Una vez que arranca la simulación del sistema de control de *stock* pasan 2 cosas. Primero, el sistema configura al módulo SIM800L para que pueda enviar y recibir mensajes de texto, a través de 2 comandos AT; el comando AT+CMGF=1 pone al SIM800L en modo texto, que es la forma en cómo se envían y reciben los mensajes de texto, y el comando AT+CNMI=2,2,0,0,0 que permite enviar los mensajes al puerto serial donde está conectado el SIM800L. En la Figura 3.15 se puede ver la configuración.

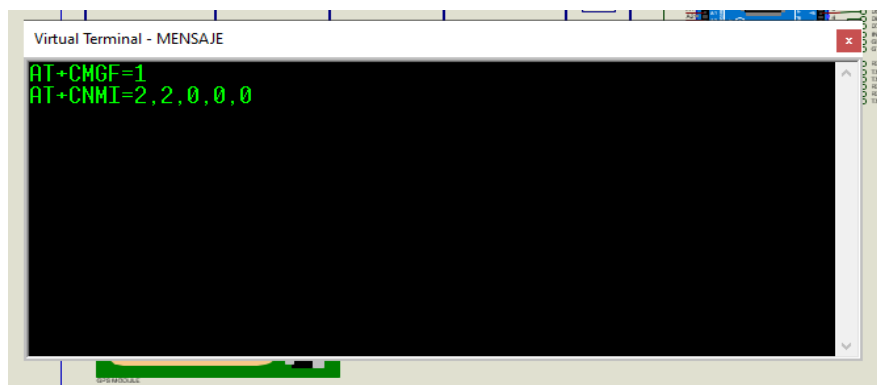


Figura 3.15 Monitor serial que muestra las configuraciones iniciales del sistema

Pruebas de recepción de datos de geolocalización

Cuando el sistema se pone en marcha, el módulo GPS proporciona datos de latitud y longitud al sistema sobre la ubicación de la máquina expendedora, como se observa en la Figura 3.16. En la Figura 3.17 se puede observar que, esos datos son agregados en un formato de enlace (*link*), que se envía en un mensaje de texto al propietario de la máquina expendedora o a la persona encargada del abastecimiento.

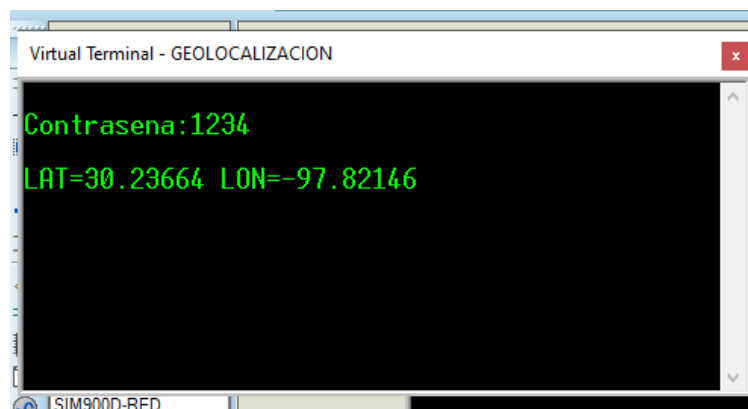


Figura 3.16 Monitor serial que muestra datos de geolocalización

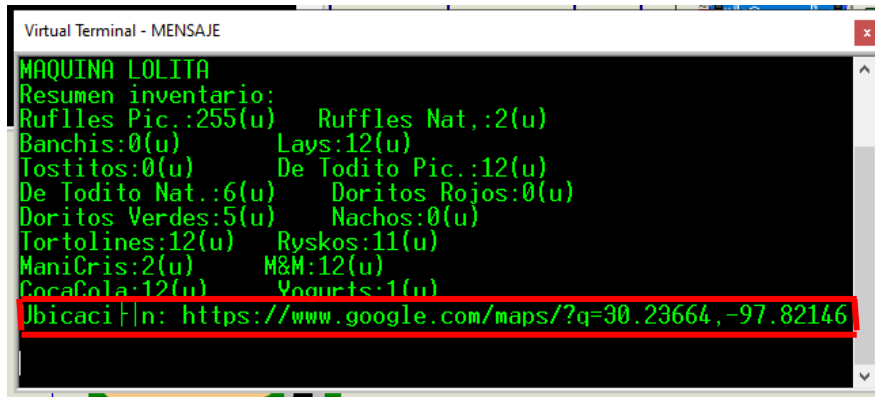


Figura 3.17 Formato de enlace para la ubicación de la máquina expendedora

En la Figura 3.18 se muestra que, al ingresar al enlace de ubicación, se abre una página del navegador, donde se muestra el lugar exacto y de cómo llegar a la máquina expendedora. Cabe mencionar que en la simulación los datos de latitud y longitud que arroja el módulo GPS son aleatorios.

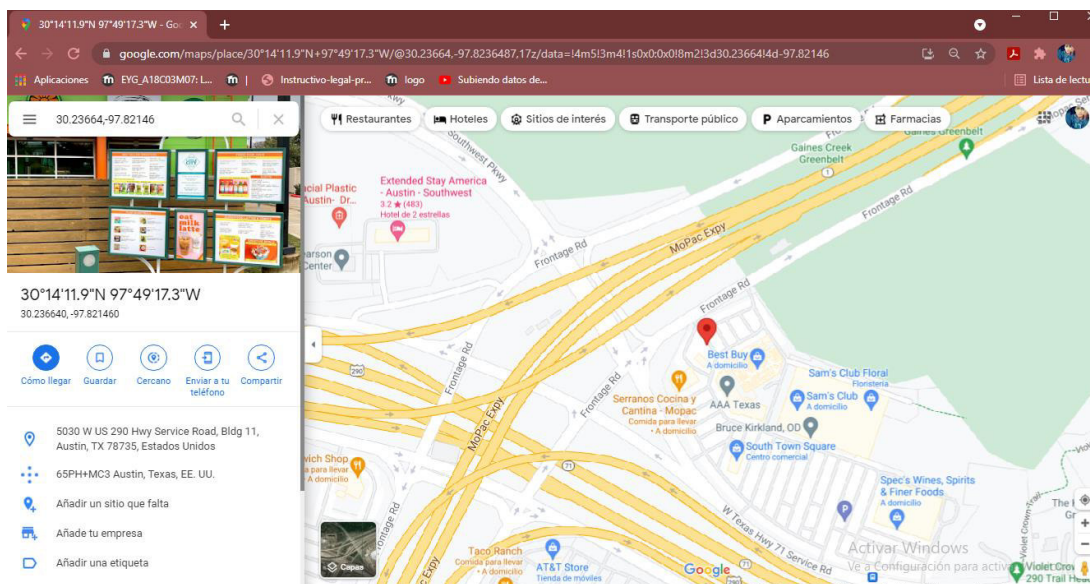


Figura 3.18 Acceso a la ubicación de la máquina expendedora

Prueba de lectura de sensores

Es fundamental que la lectura de los sensores cuando se ha detectado la salida del producto sea confiable y precisa, ya que el proceso de abastecimiento de una máquina expendedora depende de ello y determinará qué tan fiable es el sistema.

En la Figura 3.19 se muestra una ventana que permite visualizar la cantidad de productos que le quedan a cada uno de los estantes de la máquina expendedora, y en la Figura 3.20 se puede observar la distribución de los pulsadores para simular la salida de los productos.

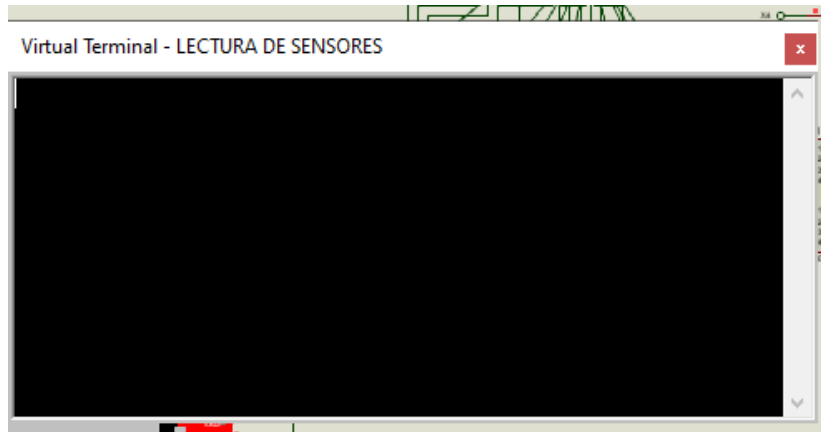


Figura 3.19 Monitor serial que muestra la lectura de los sensores

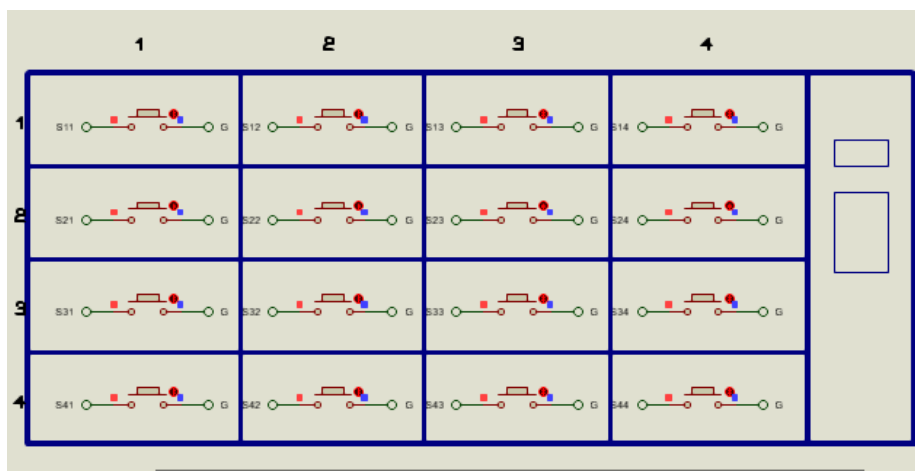


Figura 3.20 Guía y distribución para el manejo de los sensores

Cuando un pulsador de cualquier estante es presionado, inmediatamente se muestra en la ventana de lectura de sensores, que un producto ha salido de la máquina expendedora, indicando de qué estante ha salido dicho producto.

En la Figura 3.21 se puede observar que se ha presionado el pulsador del estante de la fila 1 y columna, y que solo le quedan 11 productos teniendo en cuenta que la capacidad del estante es de 12.

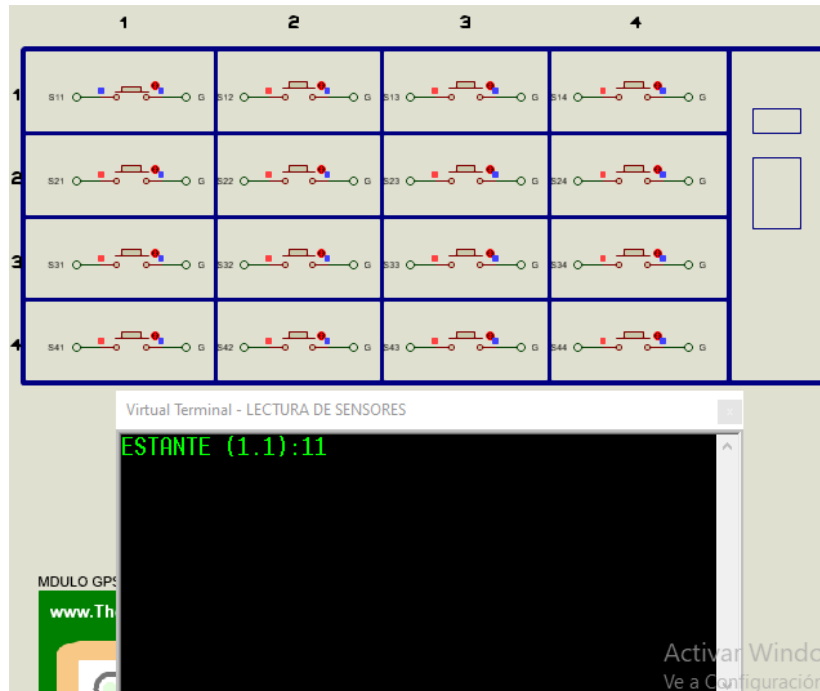


Figura 3.21 Visualización de la salida del producto estante de la fila 1 y columna 1

El número de productos disponibles en los estantes va disminuyendo conforme se presionan los pulsadores, hasta llegar a cero indicando que el estante se ha quedado sin productos, como se puede ver en la Figura 3.22.



Figura 3.22 Visualización de salida de productos estante de la fila 1 y columna 1

En la Figura 3.23 se puede observar que se han presionado varios pulsadores de distintos estantes, verificando que están funcionando correctamente y de que en realidad el sistema está interpretando de forma correcta cuando se presiona un pulsador. Cabe mencionar que toda la información que el sistema recibe, lo almacena en la memoria *EEPROM* del Arduino Mega, para respaldar esa información en caso de que el sistema se apague por falta de energía.


```
Virtual Terminal - LECTURA DE SENSORES
ESTANTE (2.2):8
ESTANTE (2.3):10
ESTANTE (2.3):9
ESTANTE (3.2):10
ESTANTE (3.2):9
ESTANTE (4.2):11
ESTANTE (4.2):10
ESTANTE (4.1):11
ESTANTE (4.1):10
ESTANTE (3.4):11
ESTANTE (4.2):9
ESTANTE (4.2):8
ESTANTE (4.4):10
ESTANTE (4.4):9
ESTANTE (2.1):11
ESTANTE (2.1):10
ESTANTE (3.1):11
ESTANTE (3.1):10
ESTANTE (3.1):9
ESTANTE (3.2):8
ESTANTE (2.3):8
ESTANTE (2.3):7
ESTANTE (1.2):9
ESTANTE (1.2):8
ESTANTE (2.4):10
ESTANTE (2.4):9
ESTANTE (4.3):10
ESTANTE (1.3):9
ESTANTE (1.3):8
ESTANTE (1.4):9
```

Figura 3.23 Visualización de la salida de varios productos en distintos estantes

Prueba de envío primer mensaje de aviso

En la Figura 3.24 se observa que en el momento que el estante de la fila 3 y columna 2 ya solo dispone de 2 productos, el sistema envía un mensaje de texto a una persona en específico. El contenido del mensaje que se envía se puede observar en la Figura 3.25, en el que consta el nombre de la máquina expendedora, el aviso de que solo le quedan 2 productos y el enlace de ubicación.

```
Virtual Terminal - LECTURA DE SENSORES
ESTANTE (3.2):7
ESTANTE (3.2):6
ESTANTE (3.2):5
ESTANTE (3.2):4
ESTANTE (3.2):3
ESTANTE (3.2):2
```

Figura 3.24 Visualización estante de la fila 3 y columna 2 solo quedan 2 productos

```
Virtual Terminal - MENSAJE
AT+CMGF=1
AT+CNMI=2,2,0,0,0
AT+CMGS = "+5930987142450"
MAQUINA LOLITA
¡¡AVISO!
Solo quedan 2 Nachos en el estante F3,C2
F=Fila; C=Columna

Ubicaci|n: https://www.google.com/maps/?q=30.23664,-97.82146
```

Figura 3.25 Mensaje de aviso 1 que se envía cuando solo le quedan 2 productos
Cuando el sistema envía un mensaje de texto, primero envía el comando AT+CMGS="+5930987142450" al módulo SIM800L indicando el número de teléfono que va a recibir el mensaje de texto como se puede ver en la tercera línea de la Figura 3.25.

En la Figura 3.26 se muestra que se han enviado varios mensajes de texto indicando que varios estantes de la máquina expendedora se están quedando sin productos, con el mismo formato de mensaje para todos.

```
Virtual Terminal - MENSAJE
MAQUINA LOLITA
¡¡AVISO!
Solo quedan 2 Lays en el estante F1,C4
F=Fila; C=Columna

Ubicaci|n: https://www.google.com/maps/?q=30.23664,-97.82146

AT+CMGS = "+5930987142450"
MAQUINA LOLITA
¡¡AVISO!
Solo quedan 2 Yogurts en el estante F4,C4
F=Fila; C=Columna

Ubicaci|n: https://www.google.com/maps/?q=30.23664,-97.82146

AT+CMGS = "+5930987142450"
MAQUINA LOLITA
¡¡AVISO!
Solo quedan 2 M&M en el estante F4,C2
F=Fila; C=Columna

Ubicaci|n: https://www.google.com/maps/?q=30.23664,-97.82146
```

Figura 3.26 Envío de varios mensajes indicando que solo quedan 2 productos

Prueba de envío de segundo mensaje de aviso

En la Figura 3.27 se puede ver que el estante de la fila 4 y columna de la máquina expendedora se ha quedado sin productos. El sistema inmediatamente envía un mensaje de texto indicando que ya no quedan disponibles productos "ManiCris" y que se debe realizar el abastecimiento de forma urgente como se observa en la Figura 3.28.

Al igual que en el primer mensaje de aviso adicional al mensaje se envía el enlace para acceder a la ubicación de dicha máquina.

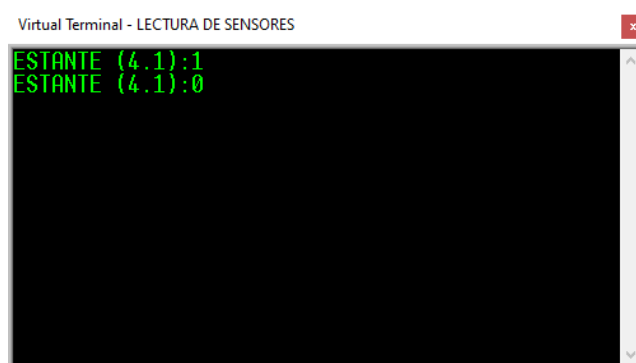


Figura 3.27 Visualización estante de la fila 4 y columna 1 sin productos



Figura 3.28 Envío de mensaje 2 estante de la fila 4 y columna 1 no tiene productos

En la Figura 3.29 se puede observar que se han enviado otros mensajes de texto, indicando que ciertos estantes se han quedado sin productos.

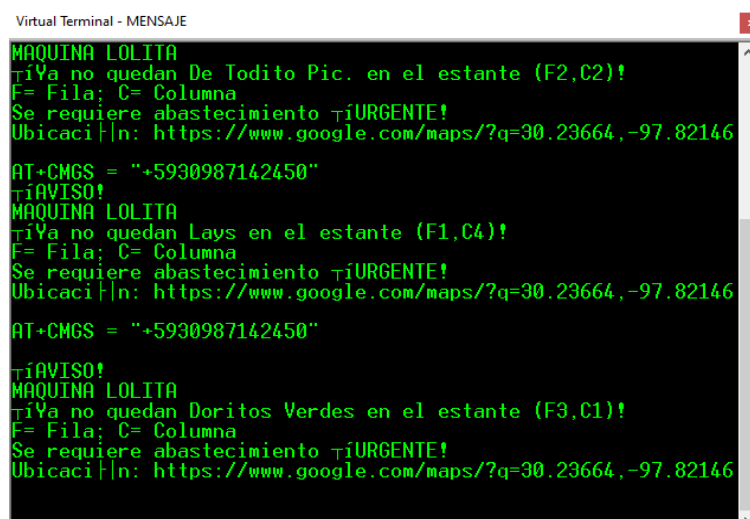


Figura 3.29 Envío de mensajes indicando que no hay productos en los estantes

Solicitud de envío del inventario

En la ventana de la Figura 3.30 se puede observar que una persona ha enviado un mensaje de texto al sistema, solicitando un resumen de todo el inventario. El mensaje de solicitud es 1234.

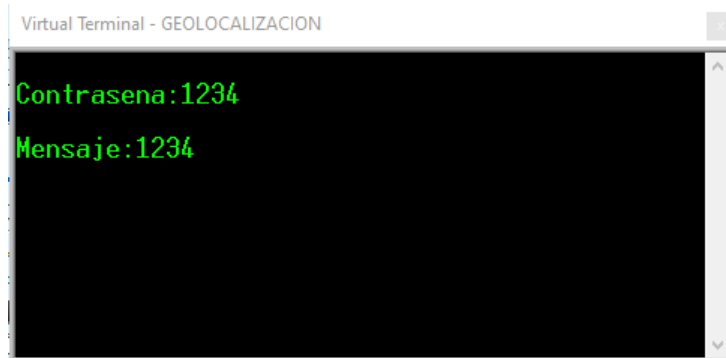


Figura 3.30 Mensaje de solicitud de inventario que recibe el sistema

En la Figura 3.31 se puede observar todo el contenido del mensaje, se indica el nombre de la máquina expendedora, el nombre todos los productos que se encuentran en ella y las unidades disponibles de cada uno, y al final del mensaje el enlace de ubicación.

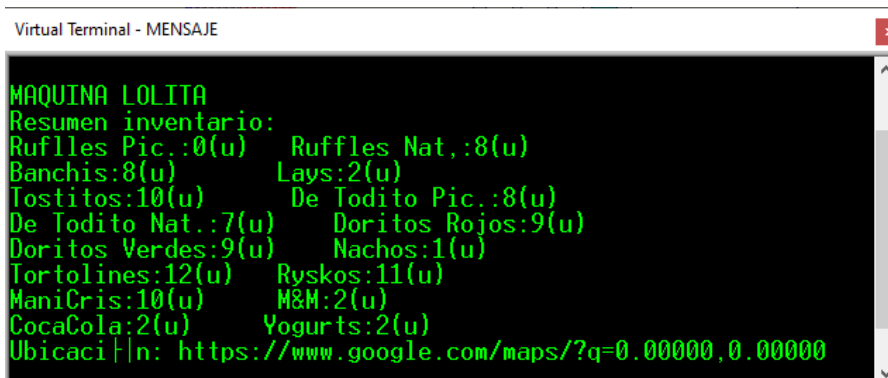


Figura 3.31 Formato de mensaje con el resumen del inventario

Etapa de actualización del inventario

En la pantalla LCD de la Figura 3.32 se muestra que es necesario ingresar una contraseña de 4 dígitos para acceder al sistema. La tecla “igual” del teclado sirve para avanzar al siguiente paso.

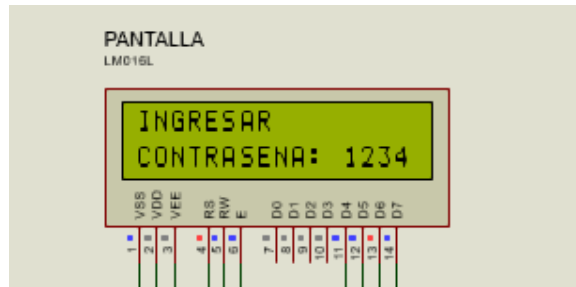


Figura 3.32 Contraseña para el ingreso al sistema

El siguiente paso que se realiza luego de acceder al sistema, es ingresar el código del estante al cual se quiere actualizar el inventario. Como ayuda, a la persona que está actualizando datos se le indica que el código que debe ingresar es el número de fila y columna del estante.

En la Figura 3.33 se observa que se ha ingresado al estante de la fila 1 y columna 1.

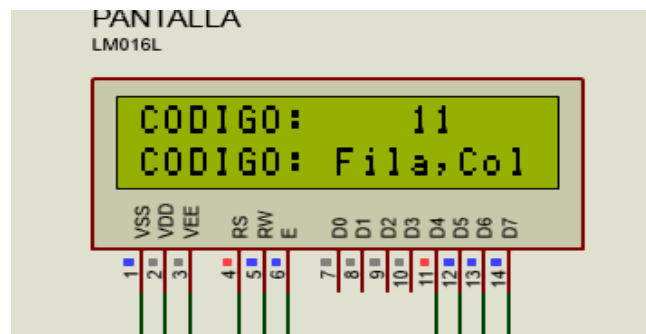


Figura 3.33 Ingreso al estante de la fila 1 y columna 1

En la pantalla de la Figura 3.34 se muestra que se debe ingresar la cantidad de productos que se han colocado en el estante de la fila 1 y columna 1.

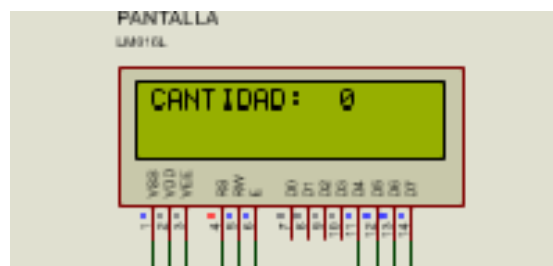


Figura 3.34 Ingreso del número de productos que han ingresado en la máquina

Si el número que se ingresa en la cantidad excede la capacidad máxima del estante que es 12 unidades, se muestra un mensaje indicando que el valor es un “número inválido” como se puede observar en la pantalla de la Figura 3.35.

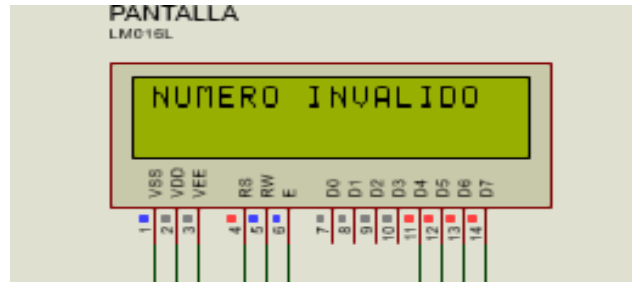


Figura 3.35 Mensaje cuando se ingresa un valor superior al permitido

En la Figura 3.36 se observa que el valor que se ha ingresado al sistema es de 9 productos en el estante de la fila 1 y columna 1.



Figura 3.36 Mensaje de confirmación indicando que se han ingresado 9 productos

Para finalizar, se envía un mensaje de solicitud para comprobar que realmente se ha actualizado los datos del inventario en el estante de la fila 1 y columna 1, el cual se observa en la Figura 3.37.

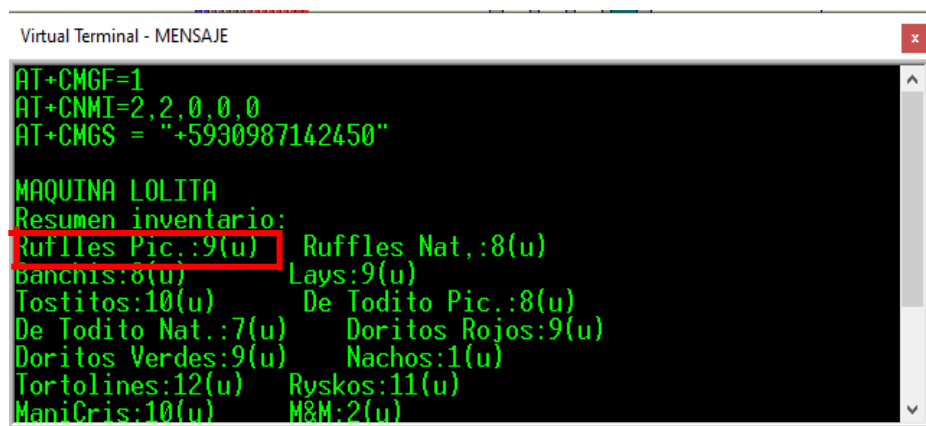


Figura 3.37 Comprobación de que se ha actualizado el inventario

Proceso de cambio de contraseña

En la Figura 3.38 se puede observar que al presionar la tecla “dividir” del teclado, se envía al menú de cambio de contraseña.

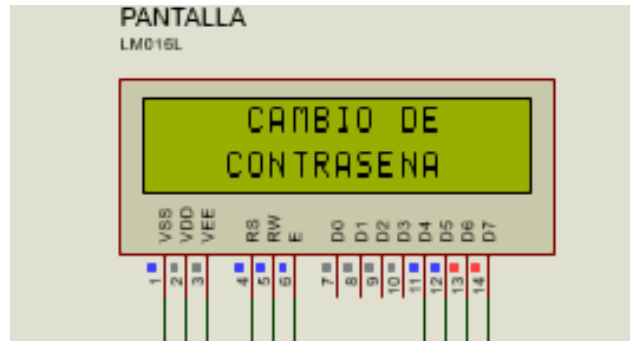


Figura 3.38 Menú para el cambio de contraseña

Como siguiente paso se ingresa la contraseña actual de acceso al sistema, como se observa en la Figura 3.39.

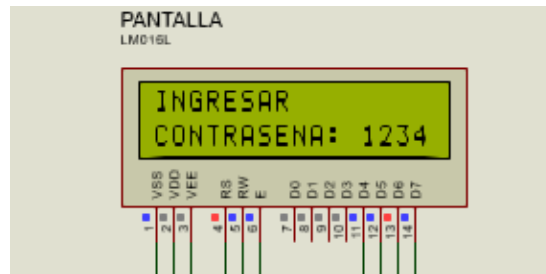


Figura 3.39 Menú de ingreso de la contraseña

El siguiente paso es ingresar una nueva contraseña de 4 dígitos como se observa en la Figura 3.40. Finalmente, en la Figura 3.41 se pide una confirmación de la nueva contraseña terminando el proceso de cambio.



Figura 3.40 Menú para el ingreso de una nueva contraseña



Figura 3.41 Menú de confirmación de la nueva contraseña

En caso de que las contraseñas no coincidan se muestra un mensaje en la pantalla LCD de la Figura 3.42 y vuelve al menú para ingresar otra vez la nueva contraseña.

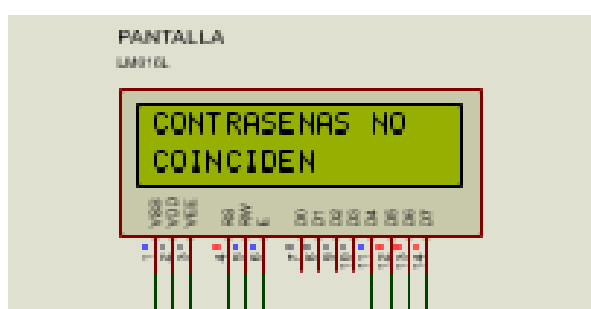


Figura 3.42 Mensaje que indica que las contraseñas ingresadas no coinciden

3.6 Manual de uso y mantenimiento.

Se realizaron dos videos explicativos; en la Figura 3.43 se puede escanear el código QR para acceder al vídeo de manual de uso, en la Figura 3.44 se encuentra el código QR para acceder al video de mantenimiento.



Figura 3.43 Código QR de acceso al vídeo de manual de uso



Figura 3.44 Código QR de acceso al video de mantenimiento

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se concluye que el sistema diseñado permite llevar un mejor control del inventario de forma eficiente y sencilla, enviando la información necesaria de manera adecuada en momentos específicos y cada vez que es necesario saber sobre el estado del inventario de la máquina expendedora, minimizando las pérdidas económicas y los tiempos de movilización de la persona que realiza el abastecimiento.
- Los componentes electrónicos usados en el desarrollo del proyecto permitieron cumplir satisfactoriamente todos los requerimientos necesarios para la simulación del prototipo de un sistema de control de *stock* para máquinas expendedoras; dando como resultado un sistema de fácil manejo, teniendo en cuenta el factor calidad-precio, pensado para acoplarse al diseño de una máquina expendedora sin que se vea afectado su diseño, que permite saber el estado del inventario de forma correcta; además de permitir al usuario ingresar nuevos datos al sistema respecto al inventario de la máquina expendedora.
- El acceso al sistema está protegido mediante contraseña como método de seguridad, a pesar de que el sistema está pensado para montarse dentro de la máquina expendedora, fuera del alcance de personas no deseadas, lo que hace que sea muy seguro y el propietario se asegura que la información contenida en el sistema no se vea vulnerada.
- Se concluye que el proceso de actualización del inventario es muy simple, seguro e intuitivo, haciendo uso del teclado y la pantalla que, durante el proceso, en la pantalla LCD se muestra qué acción debe realizar y qué datos debe ingresar como una guía para facilitar la experiencia en dicho proceso.
- En cuanto a la programación, la plataforma de Arduino contribuyó de buena forma al desarrollo del programa, es muy intuitivo y no se necesita saber mucho de programación para crear un programa; además que integra una buena cantidad de librerías que se usaron para desarrollar el código principal y poder cumplir con los requerimientos del sistema.
- Se concluye que el manejo del módulo SIM800L es muy sencillo, no necesita de muchas líneas de programación para entrar en funcionamiento, por lo que solo se necesitan tres comandos simples para que el módulo pueda enviar y recibir mensajes de texto.

- Se concluye que el manejo del módulo GPS es sencillo ya que solo es necesario integrar una librería en el código de programa para extraer los datos más relevantes, en este caso que fueron datos de latitud y longitud para saber la ubicación exacta de la máquina expendedora.
- El hecho de enviar la información del inventario de la máquina expendedora a través de un mensaje de texto la hace un sistema muy amigable; las personas que reciben dicha información lo pueden visualizar de manera sencilla, ya que es una interfaz que todos la pueden manejar sin complicaciones
- En las pruebas de funcionamiento se pudo evidenciar el desempeño del sistema, por lo que se concluyó que, en la etapa de la lectura de sensores, el manejo de los tiempos de procesamiento (retardos) fueron importantes para obtener una buena detección a la hora de presionar un pulsador; un tiempo de procesamiento largo impedía detectar la pulsación, mientras que en un tiempo corto detectaba más de una pulsación.
- Se concluyó que enviar datos continuamente a través del puerto serial del módulo GPS, afectaba el desempeño del sistema haciendo que demore en iniciar, además, de que la lectura de los sensores en ciertos momentos resultaba errónea, por lo que se tuvo que limitar el envío de datos solamente al inicio luego de encendido el sistema.

4.2 Recomendaciones

- En el diseño se utilizó una pantalla LCD que ocupa 7 pines en el Arduino Mega, el cual se puede reemplazar por un módulo LCD I2C que solo ocupa 2 pines mediante protocolo I2C; una máquina expendedora dependiendo del tamaño puede tener menos o más estantes para colocar productos, por eso es importante tener el mayor número de pines disponibles para colocar más sensores en caso de ser necesario.
- En lugar de utilizar el servicio SMS como medio para recibir y visualizar la información del *stock* de la máquina expendedora, se puede optar por usar una interfaz como una página *web*; teniendo en cuenta que el costo del sistema aumentaría ya que sería necesario pagar un dominio y un *host* para su creación.
- El módulo SIM800L usado para enviar la información del *stock* de una máquina expendedora a través de la red GSM, puede ser reemplazado por uno que sea capaz de enviar dicha información a través de internet mediante WI-FI, en caso de optar por la creación de una página *web*.

- Con el fin de mejorar el proceso de actualización del inventario luego del abastecimiento, se puede optar por una solución que permita realizar la actualización de forma remota, ya sea por *Bluetooth* o a través de Internet.
- Configurar correctamente los tiempos de procesamiento de forma adecuada en los sensores a través del código del programa, para evitar que el sistema no detecte de forma correcta la salida de un producto de la máquina expendedora.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Arduino, «¿Qué es Arduino?,» Arduino, 05 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Último acceso: 10 Octubre 2021].
- [2] L.-V. (. Ltda., «Fluidos y Sensores,» Lab-Volt (Quebec) Ltda., Febrero 2001. [En línea]. Available: <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/ManualesIng/FluidosySensores-O.pdf>. [Último acceso: 03 Agosto 2021].
- [3] ElectronicosCaldas, «Datashheet Keypad 4x4,» [En línea]. Available: <http://www.electronicoscaldas.com/datasheet/Teclado-membrana-matrical-4x4.pdf>. [Último acceso: 18 Octubre 2021].
- [4] Fairchild, «MM74C922 Datasheet,» Mouser, April 2001. [En línea]. Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/308/MM74C922-1120961.pdf>. [Último acceso: 18 Octubre 2021].
- [5] J. M. Huidrobo, Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE, Ciudad de México: Alfaomega, 2012.
- [6] GPS, «Sistema de Posicionamiento Global,» [En línea]. Available: [https://www.gps.gov/spanish.php#:~:text=El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global%20\(GPS\)%20es%20un%20sistema%20de,civiles%20en%20todo%20el%20mundo..](https://www.gps.gov/spanish.php#:~:text=El%20Sistema%20de%20Posicionamiento%20Global%20(GPS)%20es%20un%20sistema%20de,civiles%20en%20todo%20el%20mundo..) [Último acceso: 20 Octubre 2021].
- [7] Y. Navarro, «¿Qué es un sistema de control de inventarios?,» KizeoForms, [En línea]. Available: <https://www.kizeo-forms.com/es/que-es-un-sistema-de-control-de-inventarios/#:~:text=Un%20sistema%20de%20control%20de%20inventarios%20te%20permite%20controlar%20los,de%20suministro%20sin%20ning%C3%BAn%20contratiempo..> [Último acceso: 10 Octubre 2020].
- [8] V. O. Matute Pinos y S. M. Uday Lupercio, «Diseño y desarrollo de un sistema de ubicación, monitoreo y control de una máquina vending dispensadora de bebidas automática mediante un dispositivo AVL,» Universidad Politécnica Salesiana, Noviembre 2013. [En línea]. Available:

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5564>. [Último acceso: 11 Octubre 2021].

- [9] E. P. Ayala Baño y J. F. Yallico Tapia, «Sistema de geolocalización y monitoreo de frigoríficos en la heladería Dumí S.A. de la Ciudad de Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Enero 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30576>. [Último acceso: 11 Octubre 2021].
- [10] Arduino, «Arduino Uno Rev3,» Arduino, [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>. [Último acceso: 15 Octubre 2021].
- [11] Arduino, «Arduino Mega 2560 Rev3,» Arduino, [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?queryID=248c920a30db75a8add20de0e1dcedf3>. [Último acceso: 15 Octubre 2021].
- [12] Contaval, «¿Qué tipos de sensores fotoeléctricos existen?,» Contaval, 14 Abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.contaval.es/que-tipos-de-sensores-fotoelectricos-existen/>. [Último acceso: 17 Octubre 2021].
- [13] SIMCom, «SIM808 GSM/GPRS+GPS Module,» [En línea]. Available: https://simcom.ee/documents/SIM808/SIM808%20SPEC_V1507.pdf. [Último acceso: 02 Octubre 2021].
- [14] Ublox, «NEO-6 GPS Modules Data Sheet,» Ublox, 2011. [En línea]. Available: [https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_\(GPS.G6-HW-09005\).pdf](https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_(GPS.G6-HW-09005).pdf). [Último acceso: 02 Octubre 2021].
- [15] U. Electronics, «Módulo SIM900 Shield GSM/GPRS,» Unit Electronics, [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/modulo-sim900-gsm-gprs-shield-para-arduino-uno/>. [Último acceso: 29 Septiembre 2021].
- [16] U. Electronics, «Módulo SIM800L GSM/GPRS v2.0,» Unit Electronics, [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/modulo-sim800l-gsm-gprs-v2-0-con-antena/>. [Último acceso: 5 Agosto 2021].

- [17] SIMCom, «SIM800 Datasheet,» SIMCom, 13 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.simcom.com/product/SIM800.html>. [Último acceso: 5 Agosto 2021].
- [18] SIMCom, «SIM900 Hardware Design Datasheet,» SIMCom, 11 Agosto 2013. [En línea]. Available: https://simcom.ee/documents/SIM900/SIM900_Hardware%20Design_V2.05.pdf. [Último acceso: 29 Septiembre 2021].

ANEXOS

Anexo 1: Certificado de Funcionamiento



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

Campus Politécnico "J. Rubén Orellana R

Quito, 08 de noviembre de 2021

CERTIFICADO DE FUNCIONAMIENTO DE PROYECTO DE TITULACIÓN

Yo, *Leandro Antonio Pazmiño Ortiz*, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de titulación, certifico que he constatado el correcto funcionamiento del presente proyecto el cual fue desarrollado por el estudiante Jordan Analuisa. El proyecto cumple con todos los objetivos establecidos en el plan de titulación.

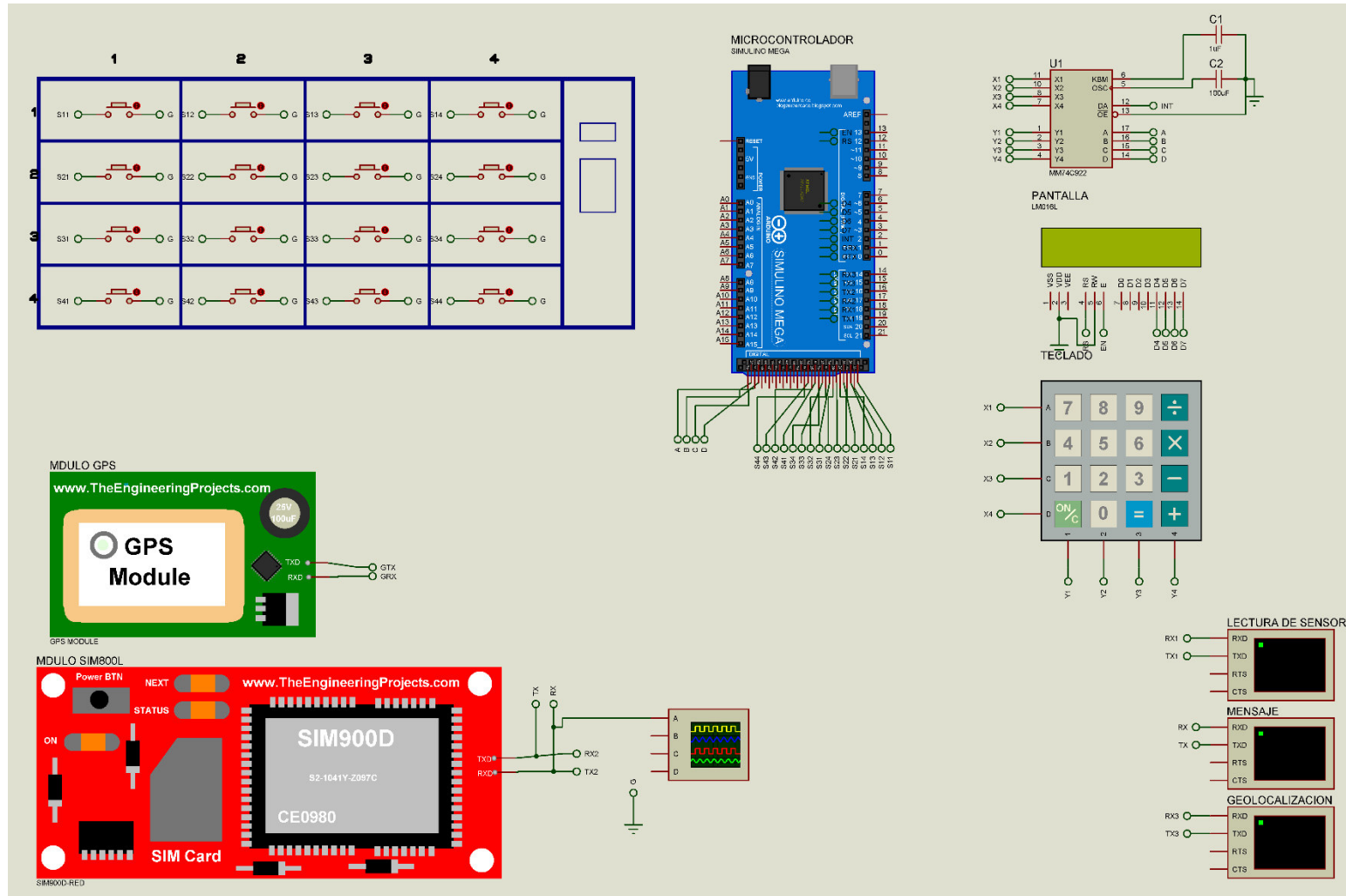
DIRECTOR

Ing. Leandro Pazmiño Ortiz, MSc.

Ladrón de Guevara E11-253, Escuela de Formación de Tecnólogos, Oficina 8. EXT: 2743
email: leandro.pazmino@epn.edu.ec

Quito-Ecuador

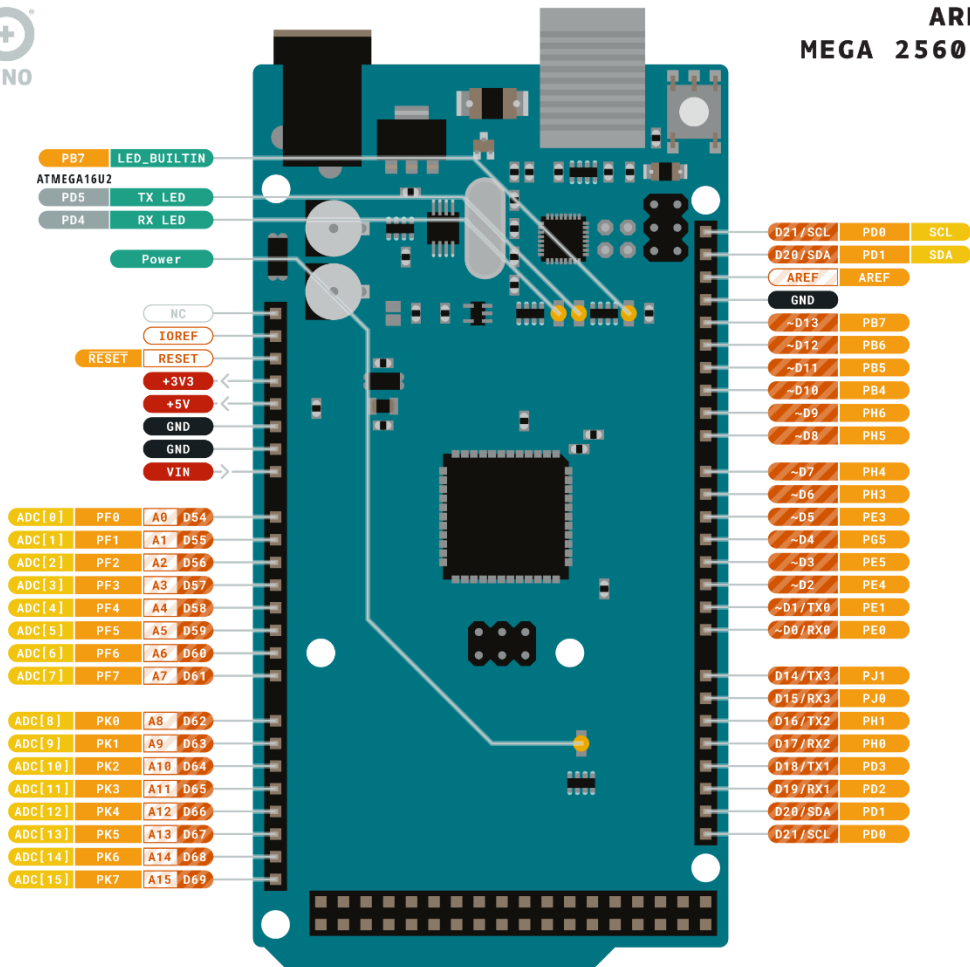
Anexo 2: Planos y Esquemas



Anexo 2: Diagrama de pines arduino mega [11]



**ARDUINO
MEGA 2560 REV3**



- Ground
- Internal Pin
- Digital Pin
- Microcontroller's Port
- Power
- SWD Pin
- Analog Pin
- Default
- LED
- Other Pin

ARDUINO.CC

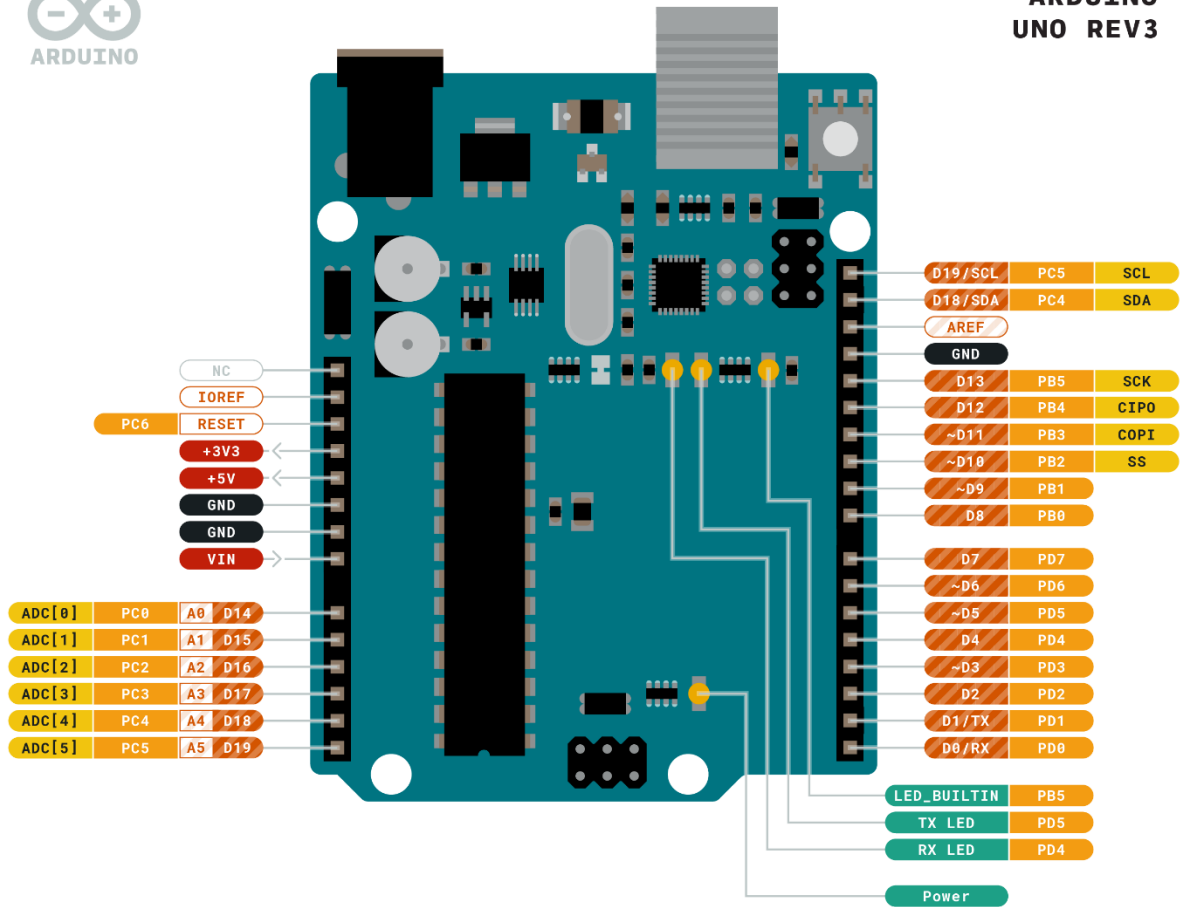


This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Anexo 3: Diagrama de pines Arduino UNO [10]



**ARDUINO
UNO REV3**



- Ground
 Internal Pin
 Digital Pin
 Microcontroller's Port
- Power
 SWD Pin
 Analog Pin
- LED
 Other Pin
 Default

ARDUINO.CC



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1886, Mountain View, CA 94042, USA.

Anexo 4: SIM808 Datasheet [13]

Version: 1.00



GSM/GPRS+GPS Module

SIM808



SIM808 module is a complete Quad-Band GSM/GPRS module which combines GPS technology for satellite navigation. The compact design which integrated GPRS and GPS in a SMT package will significantly save both time and costs for customers to develop GPS enabled applications. Featuring an industry-standard interface and GPS function, it allows variable assets to be tracked seamlessly at any location and anytime with signal coverage.

General features

- Quad-band 850/900/1800/1900MHz
- GPRS multi-slot class 12/13
- GPRS mobile station class B
- Compliant to GSM phase 2/+
- Class 4 (2 W @ 850/900MHz)
- Class 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- Dimensions: 24*24*2.6mm
- Weight: 3.3g
- Control via AT commands (3GPP TS 27.007, 27.005 and SIMCOM enhanced AT Commands)
- Supply voltage range 3.4 ~ 4.4V
- Low power consumption
- Operation temperature: -40C ~ 85C

Specifications for GPRS Data

- GPRS class 12: max. 85.6 kbps (downlink/uplink)
- PBCCH support
- Coding schemes CS 1, 2, 3, 4
- PPP stack
- USSD

Specifications for SMS via GSM/GPRS

- Point to point MO and MT
- SMS cell broadcast
- Text and PDU mode

Software features

- G710 MLK protocol
- Embedded TCP/UDP protocol
- FTP/HTTP
- SMS
- POPS/SMTP
- DTMF
- Jamming Detection
- Audio Record
- SSL
- Bluetooth 3.0 (optional)
- TTS CN(optional)
- Embedded AT (optional)

Compatibility

- AT cellular command interface

Specification for GPS

- Receiver type
- 22 tracking/96 acquisition-channel
- GPS L1 L1 C/A code
- Sensitivity
- Tracking: -165 dBm
- Cold starts: -148 dBm
- Time-To-First-Fix
- Cold starts: 32s (typ.)
- Hot starts: <1s
- Warm starts: 3s
- Accuracy
- Horizontal position: <2.5m CEP

Interfaces

- 48 SMT pads including
- Analog audio interface
- PCM interface(optional)
- SPI interface (optional)
- RTC backup
- Serial interface
- USB interface
- Interface to external SIM 3V/1.8V
- Keypad interface
- GPIO
- ADC
- GSM Antenna pad
- Bluetooth Antenna pad
- GPS Antenna pad

Certifications

- CE
- FCC

More about SIMCom SIM808
Please contact:
Tel: 86-21-32523300
Fax: 86-21-32523301
Email: sales@simcom.com
Website: www.simcom.com

All specifications are subject to change without prior notice.

Anexo 5: GPS NEO-6m *Datasheet* [14]

GPS

NEO-6

u-blox 6 GPS Modules

Data Sheet

locate, communicate, accelerate.

Abstract

Technical data sheet describing the cost effective, high-performance u-blox 6 based NEO-6 series of GPS modules, that brings the high performance of the u-blox 6 positioning engine to the miniature NEO form factor.

These receivers combine a high level of integration capability with flexible connectivity options in a small package. This makes them perfectly suited for mass-market end products with strict size and cost requirements.



18.0 x 12.2 x 2.4 mm

www.u-blox.com



1 Functional description

1.1 Overview

The NEO-6 module series is a family of stand-alone GPS receivers featuring the high performance u-blox 6 positioning engine. These flexible and cost-effective receivers offer numerous connectivity options in a miniature 16 x 12.2 x 2.4 mm package. Their compact architecture and power and memory options make NEO-6 modules ideal for battery-operated mobile devices with very strict cost and space constraints.

The 50-channel u-blox 6 positioning engine boasts a Time-To-First-Fix (TTFF) of under 1 second. The dedicated acquisition engine, with 2 million correlators, is capable of massive parallel time/frequency space searches, enabling it to find satellites instantly. Innovative design and technology suppresses jamming sources and mitigates multipath effects, giving NEO-6 GPS receivers excellent navigation performance even in the most challenging environments.

1.2 Product features

Model	Type					Supply		Interfaces				Features						
	GPS	PPS	Timing	Baro/alt	Drift Estimation	1.75V - 1.9V	2.7V - 3.6V	I2C	USB	SB	EEC (FCC compliant)	Programmable Flash/EEPROM	TDOA	RTC Crystal	Antenna output and supervisor	Configurable pins	Temperature	Internal 1.8V or 3.3V Voltage
NEO-6C	■					■		■	■	■	■		■	■	Q	3	1	■
NEO-6D	■						■	■	■	■	■		■	■	Q	3	1	■
NEO-6M	■						■	■	■	■	■		■	■	Q	3	1	■
NEO-6P	■	■		■			■	■	■	■	■		■	■	Q	3	1	■
NEO-6H	■				■		■	■	■	■	■		■	■	Q	3	1	■
NEO-6F	■		■	■			■	■	■	■	■		■	■	Q	3	1	■

Q = Requires external components and integration on application processor

Table 1: Features of the NEO-6 Series



All NEO-6 modules are based on GPS chips qualified according to AEC-Q100. See Chapter 5.1 for further information.

1.3 GPS performance

Parameter	Specification			
Receiver type	50 Channels GPS L1 frequency, CIA Code SBAS: WAAS, DGND5, MSAS			
Time-To-First-Fix ¹		NEO-6Q/OT	NEO-6MV	NEO-6T
	Cold Start ²	26 s	27 s	32 s
	Warm Start ²	26 s	27 s	32 s
	Hot Start ²	1 s	1 s	1 s
	Aided Start ³	1 s	<3 s	<3 s
Sensitivity ⁴		NEO-6Q/OT	NEO-6MV	NEO-6T
	Tracking & Navigation	-162 dBm	-161 dBm	-160 dBm
	Recquisition ⁵	-160 dBm	-160 dBm	-160 dBm
	Cold Start (without aiding)	-148 dBm	-147 dBm	-146 dBm
	Hot Start	-157 dBm	-156 dBm	-155 dBm
Maximum Navigation update rate		NEO-6Q/OT	NEO-6MV	
		5Hz	1 Hz	
Horizontal position accuracy ⁶	GPS	2.5 m		
	SBAS	2.0 m		
	SBAS + PPP ⁷	< 1 m (2D, R50) ⁸		
	SBAS + PPP ⁷	< 2 m (3D, R50) ⁸		
Configurable Timepulse frequency range		NEO-6Q/OT/MV	NEO-6T	
		0.25 Hz to 1 kHz	0.25 Hz to 10 kHz	
Accuracy for Timepulse signal	RMS	30 ns		
	99%	<60 ns		
	Granularity	21 ns		
	Compensated ⁹	15 ns		
Velocity accuracy ⁴		0.1m/s		
Heading accuracy ⁴		0.5 degrees		
Operational Limits	Dynamics	< 4 g		
	Altitude ¹⁰	50,000 m		
	Velocity ¹¹	500 m/s		

Table 2: NEO-6 GPS performance
¹ All satellites at -130 dBm

² Without aiding

³ Dependent on aiding data connection speed and latency

⁴ Demonstrated with a good active antenna

⁵ For an outage duration ≤ 10 s

⁶ CEP, 50%, 24 hours static, -130dBm, SEP: <3.5m

⁷ NEO-6P only

⁸ Demonstrated under following conditions: 24 hours, stationary, first 600 seconds of data discarded, HDOP < 1.5 during measurement period, strong signals. Continuous availability of valid SBAS correction data during full test period.

⁹ Quantization error information can be used with NEO-6T to compensate the granularity related error of the timepulse signal

¹⁰ Assuming Airborne-only platform

3 Electrical specifications

3.1 Absolute maximum ratings

Parameter	Symbol	Module	Min	Max	Units	Condition
Power supply voltage	VCC	NEO-6G	-0.5	2.0	V	
		NEO-6Q, 6M, 6P, 6V, 6T	-0.5	3.6	V	
Backup battery voltage	V_BCKP	All	-0.5	3.6	V	
USB supply voltage	VDDUSB	All	-0.5	3.6	V	
Input pin voltage	Vin	All	-0.5	3.6	V	
	Vin_usb	All	-0.5	VDDU SB	V	
DC current through any digital I/O pin (except supplies)	Ipin			10	mA	
VCC_RF output current	ICC_RF	All		100	mA	
Input power at RF_IN	Prfin	NEO-6Q, 6M, 6G, 6V, 6T		15	dBm	source impedance = 50Ω, continuous wave
		NEO-6P		-5	dBm	
Storage temperature	Tstg	All	-40	85	°C	

Table 9: Absolute maximum ratings



GPS receivers are Electrostatic Sensitive Devices (ESD) and require special precautions when handling. For more information see chapter 6.4.

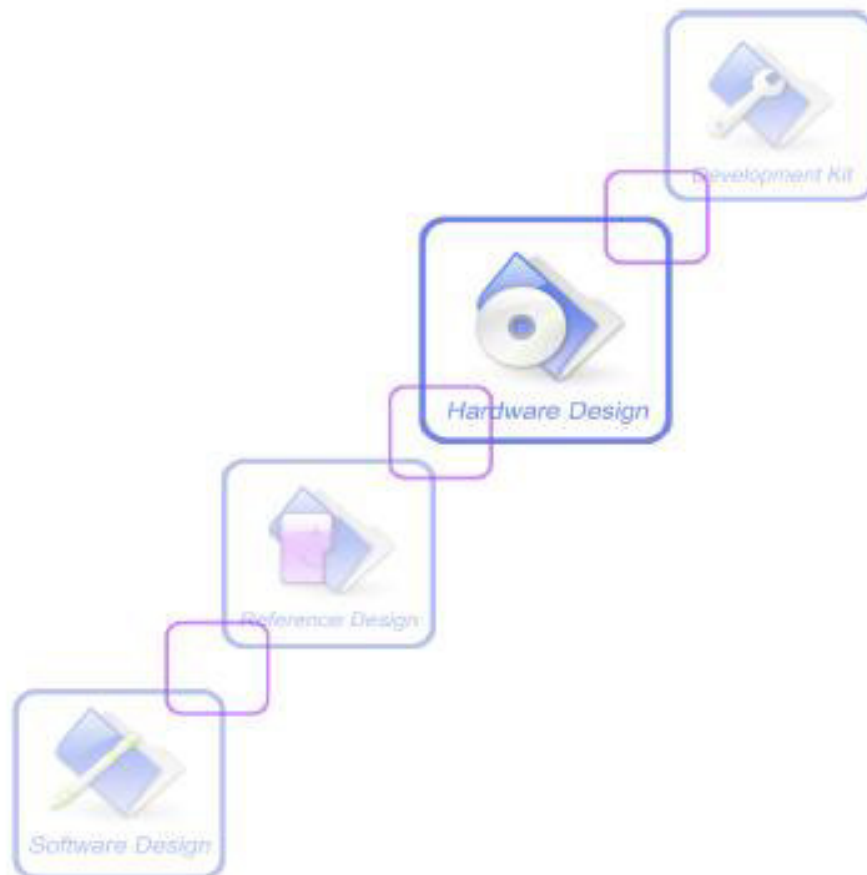


Stressing the device beyond the “Absolute Maximum Ratings” may cause permanent damage. These are stress ratings only. The product is not protected against overvoltage or reversed voltages. If necessary, voltage spikes exceeding the power supply voltage specification, given in table above, must be limited to values within the specified boundaries by using appropriate protection diodes. For more information see the *LEA-6/NEO-6/MAX-6 Hardware Integration Manual* [1].

Anexo 6: Módulo SIM800L *Datasheet* [17]



SIM800_Hardware Design_V1.10



1. Introduction

This document describes SIM800 hardware interface in great detail.

This document can help user to quickly understand SIM800 interface specifications, electrical and mechanical details. With the help of this document and other SIM800 application notes, user guide, users can use SIM800 to design various applications quickly.

2. SIM800 Overview

Designed for global market, SIM800 is a quad-band GSM/GPRS module that works on frequencies GSM 850MHz, EGSM 900MHz, DCS 1800MHz and PCS 1900MHz. SIM800 features GPRS multi-slot class 12/ class 10 (optional) and supports the GPRS coding schemes CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4.

With a tiny configuration of 24*24*3mm, SIM800 can meet almost all the space requirements in users' applications, such as M2M, smart phone, PDA and other mobile devices.

SIM800 has 68 SMT pads, and provides all hardware interfaces between the module and customers' boards.

- Support up to 5*5*2 Keypads.
- One full function UART port, and can be configured to two independent serial ports.
- One USB port can be used as debugging and firmware upgrading.
- Audio channels which include a microphone input and a receiver output.
- Programmable general purpose input and output.
- One SIM card interface.
- Support Bluetooth function.
- Support one PWM.
- PCM.

SIM800 is designed with power saving technique so that the current consumption is as low as 1.2mA in sleep mode.

SIM800 integrates TCP/IP protocol and extended TCP/IP AT commands which are very useful for data transfer applications. For details about TCP/IP applications, please refer to *document [1]*.

2.1. SIM800 Key Features

Table 1: SIM800 key features

Feature	Implementation
Power supply	3.4V ~4.4V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.2mA (BS-PA-MFRMS=9)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM800 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM800 can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to <i>document [1]</i>. ● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> ● Class 4 (2W):GSM850,EGSM900 ● Class 1 (1W):DCS1800,PCS1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 12 (default)

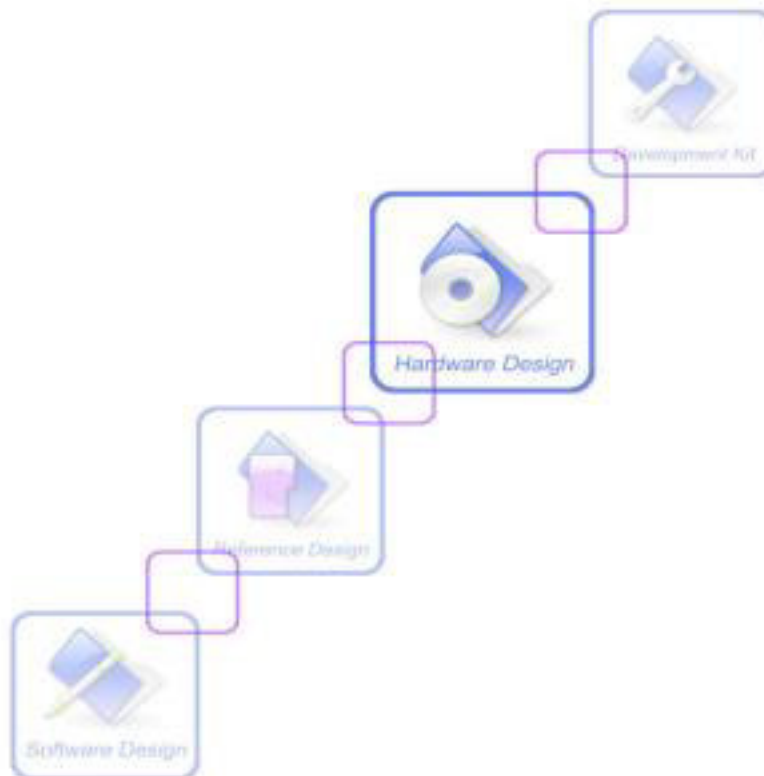


	<ul style="list-style-type: none">● GPRS multi-slot class 1~12 (option)
Temperature range	<ul style="list-style-type: none">● Normal operation: -40°C ~ +85°C● Storage temperature -45°C ~ +90°C
GPRS	<ul style="list-style-type: none">● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps● GPRS data uplink transfer: max. 85.6 kbps● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4● PAP protocol for PPP connect● Integrate the TCP/IP protocol.● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)
CSD	<ul style="list-style-type: none">● Support CSD transmission● CSD transmission rates: 2,4,4,8,9,6,14,4 kbps
USSD	<ul style="list-style-type: none">● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none">● MT, MO, CB, Text and PDU mode● SMS storage: SIM card
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
Antenna Interface	Antenna pad
Audio features	Speech codec modes: <ul style="list-style-type: none">● Half Rate (ETS 06.20)● Full Rate (ETS 06.10)● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80)● Adaptive multi rate (AMR)● Echo Cancellation● Noise Suppression
Serial port and USB interface	Serial port: <ul style="list-style-type: none">● Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous.● 1200bps to 460800bps● Can be used for AT commands for data stream● Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control● Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol● Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 115200bps USB interface: <ul style="list-style-type: none">● Can be used as debugging and firmware upgrading
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC
SIM application toolkit	GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Support RTC
Alarm function	Can be set by AT command
Physical characteristics	Size: 24*24*3mm Weight: 3.2g
Firmware upgrade	Firmware upgrading by serial port or USB interface(recommend to use USB port)

Anexo 7: SIM900 *Datasheet* [18]



SIM900_Hardware Design_V2.05





1 Introduction

This document describes SIM900 hardware interface in great detail.

This document can help user to quickly understand SIM900 interface specifications, electrical and mechanical details. With the help of this document and other SIM900 application notes, user guide, users can use SIM900 to design various applications quickly.

2 SIM900 Overview

Designed for global market, SIM900 is a quad-band GSM/GPRS module that works on frequencies GSM 850MHz, EGSM 900MHz, DCS 1800MHz and PCS 1900MHz. SIM900 features GPRS multi-slot class 10/ class 8 (optional) and supports the GPRS coding schemes CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4.

With a tiny configuration of 24*24*3mm, SIM900 can meet almost all the space requirements in user applications, such as M2M, smart phone, PDA and other mobile devices.

SIM900 has 68 SMT pads, and provides all hardware interfaces between the module and customers' boards.

- Serial port and debug port can help user easily develop user's applications.
- Audio channel which includes a microphone input and a receiver output.
- Programmable general purpose input and output.
- The keypad and SPI display interfaces will give users the flexibility to develop customized applications.

SIM900 is designed with power saving technique so that the current consumption is as low as 1.0mA in sleep mode.

SIM900 integrates TCP/IP protocol and extended TCP/IP AT commands which are very useful for data transfer applications. For details about TCP/IP applications, please refer to document [2].

2.1 SIM900 Key Features

Table 1: SIM900 key features

Feature	Implementation
Power supply	3.2V ~ 4.8V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.0mA (BS-PA-MFRMS-9)
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none">● SIM900 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM900 can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to document [1].● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none">● Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900● Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none">● GPRS multi-slot class 10 (default)



	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 8 (option)
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal operation: -30°C ~ +80°C ● Restricted operation: -40°C ~ -30°C and +80 °C ~ +85°C² ● Storage temperature: -45°C ~ +90°C
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps ● GPRS data uplink transfer: max. 42.8 kbps ● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 ● Integrate the TCP/IP protocol ● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH)
CSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Support CSD transmission
USSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none"> ● MT, MO, CB, Text and PDU mode ● SMS storage: SIM card
FAX	Group 3 Class 1
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	<p>Speech codec modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Half Rate (ETS 06.20) ● Full Rate (ETS 06.10) ● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) ● Adaptive multi rate (AMR) ● Echo Cancellation ● Noise Suppression
Serial port and debug port	<p>Serial port:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous. ● 1200bps to 115200bps. ● Can be used for AT commands or data stream. ● Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control. ● Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol. ● Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 57600bps. <p>Debug port:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Null modem interface DBG_TXD and DBG_RXD ● Can be used for debugging and upgrading firmware.
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC
SIM application toolkit	GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Support RTC
Physical characteristics	<p>Size: 24*24*3mm</p> <p>Weight: 3.4g</p>
Firmware upgrade	Firmware upgradeable by debug port.

²SIM900 does work at this temperature, but some radio frequency characteristics may deviate from the GSM specification.

Anexo 8: MM74c922 Datasheet [4]

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

October 1987
Revised April 2001

MM74C922 • MM74C923 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

General Description

The MM74C922 and MM74C923 CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 k Ω on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key roll-over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The 3-STATE outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

Features

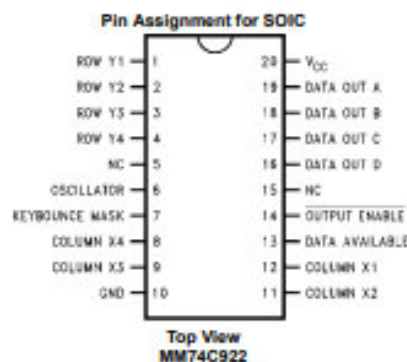
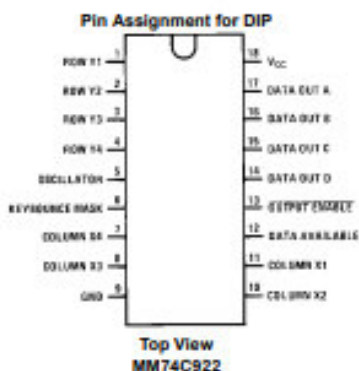
- 50 k Ω maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- 3-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range: 3V to 15V
- Low power consumption

Ordering Code:

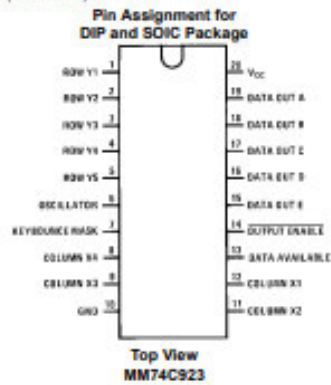
Order Number	Package Number	Package Description
MM74C922WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C922N	N18B	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C923WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagrams



Connection Diagrams (Continued)



Truth Tables

(Pins 0 through 11)

Switch Position	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Y1, X1	Y1, X2	Y1, X3	Y1, X4	Y2, X1	Y2, X2	Y2, X3	Y2, X4	Y3, X1	Y3, X2	Y3, X3	Y3, X4
D												
A A	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
U E (Note 1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T												

(Pins 12 through 19)

Switch Position	12	13	14	15	16	17	18	19
	Y4, X1	Y4, X2	Y4, X3	Y4, X4	Y5 (Note 1), X1	Y5 (Note 1), X2	Y5 (Note 1), X3	Y5 (Note 1), X4
D								
A A	0	1	0	1	0	1	0	1
T B	0	0	1	1	0	0	1	1
A C	1	1	1	1	0	0	0	0
O D	1	1	1	1	0	0	0	0
U E (Note 1)	0	0	0	0	1	1	1	1
T								

Note 1: Omit for MM74C922