



Universidad Nacional de La Matanza

Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas

Sistemas Operativos Avanzados (3660/1123)

INFORME DE ACTIVIDAD PRÁCTICA 1

“Diseño e Implementación de Simulación de un Pastillero Electrónico con ESP32”

Autores: Grupo M3 (Bosch – Martinez Cannella – Morinigo De Los Santos – Vallejos – Garay)

Docentes: Carnuccio – Peliza – Tomalino – Volker – Adagio – Hirschfeldt

6 de mayo de 2025

INTRODUCCIÓN

La adherencia al tratamiento médico es un desafío constante, especialmente entre adultos mayores y personas con regímenes farmacológicos complejos. Olvidos, confusiones en las dosis y horarios incorrectos pueden comprometer la eficacia terapéutica y la calidad de vida de los pacientes. En este contexto, la automatización y el uso de tecnologías accesibles ofrecen soluciones innovadoras para mejorar la gestión de la medicación.

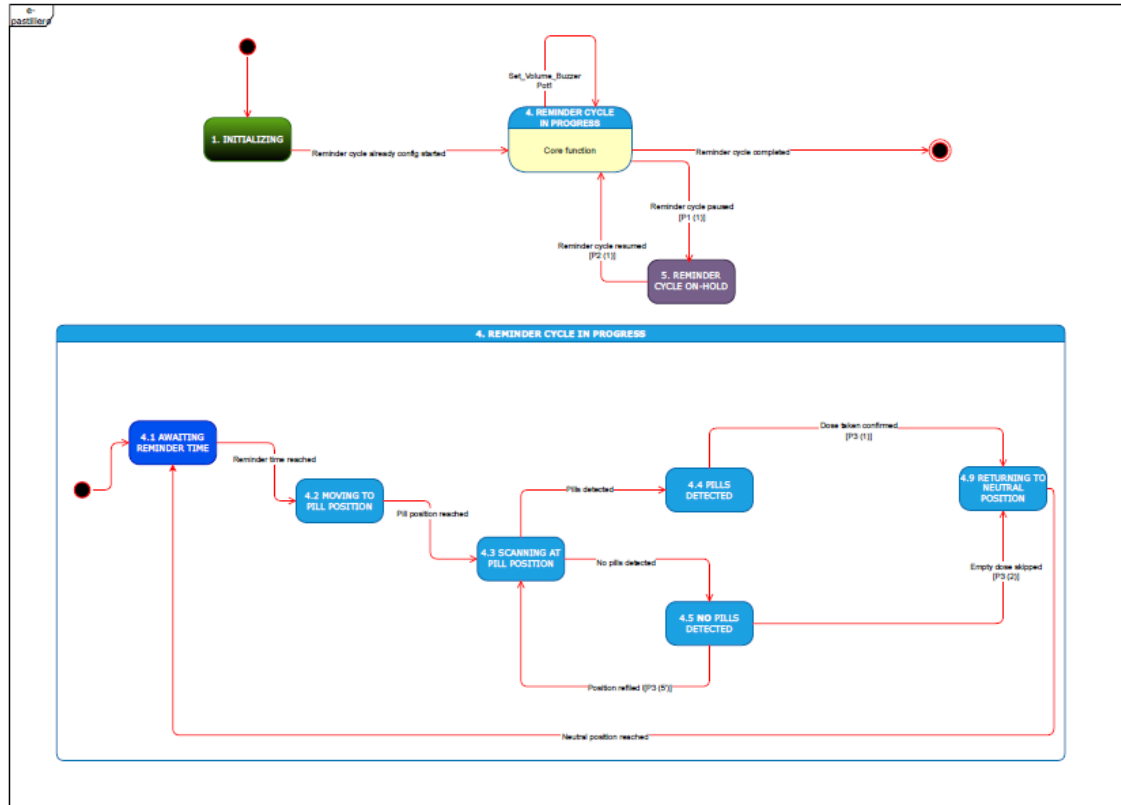
Este informe presenta el desarrollo de un prototipo de pastillero automático basado en la plataforma ESP32, un microcontrolador de bajo costo y alto rendimiento que integra conectividad Wi-Fi y Bluetooth. El sistema está diseñado para dispensar medicamentos de forma programada, utilizando una combinación de sensores, actuadores que permiten incorporar alertas visuales y auditivas para recordar al usuario la toma de sus pastillas.

A lo largo del documento se detallan los aspectos técnicos del proyecto, incluyendo el diseño de la máquina de estados que dirige el comportamiento del sistema, el diagrama de circuito implementado en la plataforma de simulación Wokwi, la lista de componentes físicos adquiridos y un manual de usuario que facilita la interacción con el dispositivo. El objetivo es ofrecer una solución práctica y replicable que contribuya a mejorar la adherencia al tratamiento médico mediante la automatización y la tecnología.

DIAGRAMA DE MÁQUINA DE ESTADOS

Máquina de Estados (versión 2.23 REDUCIDA)

Esta versión es la que ha sido implementada en la presente entrega de la Actividad 1.

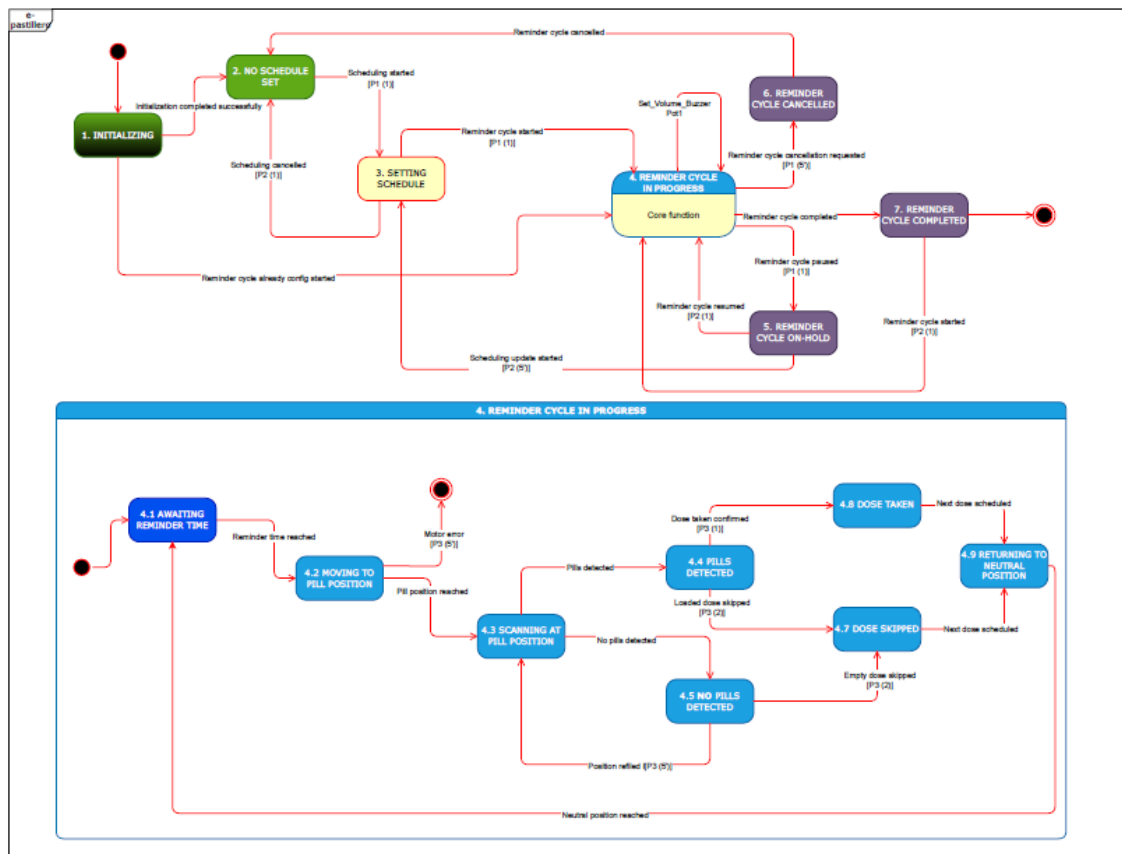


Si

de sea verlo desde la web, puede hacer click [aquí](#).

Máquina de Estados (versión 2.22 COMPLETA-TENTATIVA)

Esta es la versión más actualizada y completa (en línea con lo revisado por el equipo docente). Esta versión aún NO se encuentra implementada y prevemos ir incorporando estados/eventos en la medida tenga sentido y sea factible.

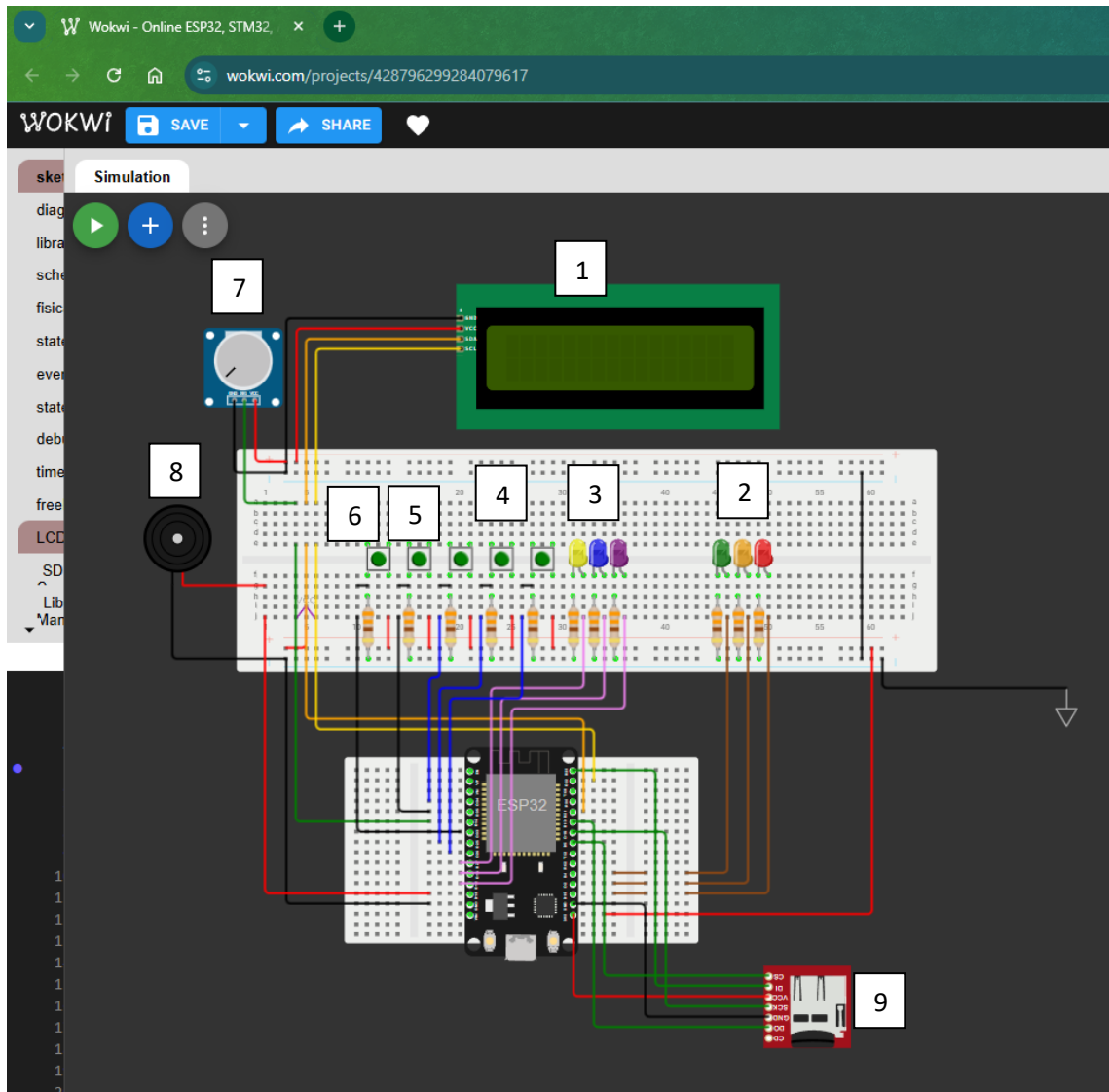


Si

de sea verlo desde la web, puede hacer click [aquí](#).


DIAGRAMA DE CIRCUITO (WOKWI)









A continuación, se puede encontrar el diagrama de circuito en Wokwi con una referencia descriptiva de los principales componentes que acompañan al microcontrolador ESP32.



de sea verlo desde la web, puede hacer click [aquí](#).

Referencias



No.	Elemento	Descripción
1		<p>Este visor LED permite mostrar los siguientes mensajes:</p> <ul style="list-style-type: none">- la hora actual- la hora de la próxima toma de pastillas programada- Indicación de que llegó la hora y debe tomar la pastilla- Indicación de que se ha tomado la pastilla- Indicación de que se ha descartado la toma de la pastilla- Estado de búsqueda de la pastilla- Estado de retorno a la posición neutral del motor- Estado de que no existen pastillas en la posición alarmada

2		<p>Estos 3 LEDs no serán parte del embebido físico, sino que, a falta de motores en Wokwi, se utilizaron para emular el funcionamiento de un motor.</p> <p>LED rojo se mantiene prendido emulando que el motor está en funcionamiento y moviendo el brazo móvil de sensores.</p> <p>LED amarillo: se mantiene prendido emulando movimiento del brazo desde la posición neutral hacia el compartimento donde están las pastillas que deben tomarse.</p> <p>LED verde: se mantiene prendido emulando movimiento del brazo desde el compartimento donde estaba la pastilla de regreso hacia la posición neutral.</p>
3		<p>Estos 3 LEDs están involucrados en las alarmas de la toma de pastillas. Uno de ellos se prenderá para indicar el compartimento de qué turno se deberá retirar la pastilla (mañana, tarde o noche). En la implementación física, cada uno de estos LEDs irá ubicado en fila sobre del brazo móvil. De derecha a izquierda:</p> <p>LED amarillo: se prende de manera intermitente avisando que ha llegado la hora de tomar la pastilla de la mañana.</p> <p>LED azul: se prende de manera intermitente avisando que ha llegado la hora de tomar la pastilla de la tarde.</p> <p>LED violeta: se prende de manera intermitente avisando que ha llegado la hora de tomar la pastilla de la noche.</p>
4		<p>Estos 3 pulsadores sirven para indicarle al sistema que se ha retirado la pastilla del compartimento correspondiente simulando que se ha tomado la pastilla. De izquierda a derecha, el primero corresponde a la pastilla del turno de la mañana, el segundo al de la tarde, y el tercero al de la noche.</p>
5		<p>Este pulsador no será parte del embebido físico, sino que, a falta de switch final de carrera en Wokwi, se utilizó para emular su funcionamiento. Se va moviendo con el brazo móvil y se lo utiliza para contar.</p>
6		<p>Este pulsador es el que le permite al usuario del pastillero interactuar para avisarle al sistema que se ha tomado la pastilla o que continúe (ya sea porque no hay pastillas o porque desea saltar la toma).</p>
7		<p>Este potenciómetro permite ajustar el volumen del buzzer.</p>
8		<p>Este buzzer emite sonido ante determinados eventos como que el horario de toma de pastilla ha llegado.</p>
9		<p>Este módulo de memoria microSD permitirá guardar las configuraciones de la programación de horarios de toma de pastillas.</p> <p>Nota: Tener en cuenta que en Wokwi este elemento no está guardando la memoria entre una simulación y la otra.</p>



COMPONENTES FÍSICOS

A continuación, se detallan los componentes físicos que serán parte de este sistema embebido.





Alimentación y conexión

Nombre	Características y Funcionamiento	Cantidad	Foto
Fuente de alimentación	Entrada: 100-240V ca. 0.18a / 50-60 Hz. Salida: 5V cc. Corriente: 3A. Mantiene estable la alimentación de los componentes.	1	
Cable de conexión interna	Transporta señal y energía entre módulos.	12	

Controlador y almacenamiento






Nombre	Características y Funcionamiento	Cantidad	Foto
Microcontrolador ESP32 Protoboard	La ESP32 es un microcontrolador con WiFi y Bluetooth; controla todo el sistema. La protoboard permite conectar componentes sin soldadura; apta para pruebas. Requiere alimentación de 5v.	1	
Módulo de memoria MicroSD adaptador	Permite lectura/escritura de datos en tarjetas MicroSD mediante interfaz SPI; incluye regulador de 3.3 V y convertidor de niveles lógicos para compatibilidad con microcontroladores de 5 V o 3.3 V.	1	

Sensores y entradas

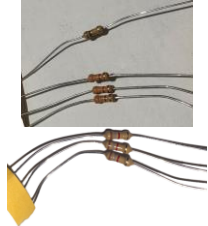
Nombre	Características y Funcionamiento	Cantidad	Foto
Botón pulsador de 4 pines	Entrada digital; al presionarlo cambia de estado LOW a HIGH.	2	
Sensor óptico infrarrojo CNY70	Tipo de emisor: Fotodiodo IR. Tipo de detector: fototransistor. Dimensiones (L x W x H en mm): 7 x 7 x 6. Distancia de funcionamiento máximo: <0.5 mm. Longitud de onda del emisor: 950 nm. Emite y detecta luz infrarroja reflejada; salida analógica proporcional a la reflectancia del objeto detectado. Puede operar con 5v o 3v con las resistencias correspondientes.	1	
Micro switch (fin de carrera)	Tensión Máxima: 250V. Corriente Máxima: 5A. Conexionado: 3 pines. Pines: Común, Normal Abierto y Normal Cerrado. Detecta contacto mecánico; normalmente abierto, cierra el circuito al ser presionado.	1	
Potenciómetro	Módulo de potenciómetro giratorio. Voltaje de trabajo: 3,3 o 5 V DC.	1	

	Varía resistencia manualmente; genera una señal analógica proporcional.		
--	---	--	--

Actuadores y salidas

Nombre	Características y Funcionamiento	Cantidad	Foto
Motor con rueda	Tensión de Operación 3V a 6V. Corriente 80mA a 100mA. Gira al aplicar voltaje; dirección y velocidad controladas por el puente H.	1	
Puente H	Circuito integrado es un tipo de "puente H", una configuración que permite invertir la polaridad del voltaje aplicado a una carga para cambiar la dirección de un motor. Tensión: 4.5 a 36v. Corriente: 1.2A máximo por motor.	1	
Buzzer	Emite sonido al recibir señal digital o PWM. Tensión: 3 – 20v. Corriente: 15mA.	1	
LED (rojo)	Emite luz roja al ser polarizado directamente; requiere resistencia limitadora. Tensión: 1,5v. Corriente: 10mA.	1	
Visor LCD	Voltaje de entrada/salida: 3.3/5V. Corriente: <60Ma. Backlight RGB. Muestra texto; interfaz paralela o I2C; necesita alimentación y control digital	1	

Elementos pasivos

Nombre	Características y Funcionamiento	Cantidad	Foto
Resistor	Limita el flujo de corriente eléctrica; valor fijo en ohmios (Ω); disipa energía en forma de calor; sin polaridad; utilizado para dividir voltaje, limitar corriente y proteger componentes sensibles.	7	

MANUAL DE USUARIO

En esta sección encontrará los 2 principales escenarios de prueba del funcionamiento core del pastillero así como también un escenario alternativo para la prueba del ajuste del buzzer.

IMPORTANTE para facilidad del testeo de los docentes: En el archivo event_types.h hay un define ENABLE_PERIODICAL_TIME_EVENTS que sirve para que constantemente este lanzando eventos de tiempo cada cierto intervalo de tiempo (definido en PERIODICAL_TIME_EVENTS_TIME). Esto se hizo solo con el fin de facilitar el testeo del sistema.

No.	<i>Ciclo pastillero - Escenario 1: Con pastillas en los compartimentos</i>	Modulo	Componente	Acción
1	Inicie la simulación en Wokwi.	Simulador circuito	Botón play Wokwi	Haga click en el botón play en Wokwi.
2	Pastillero muestra hora actual.	Simulador circuito	Visor LCD	Observe en el LCD la hora actual. Mientras no tenga programación cargada, el LCD mostrará la hora actual y el sistema permanecerá en ese estado.
3	Indique escenario: Habrá pastillas cargadas en el pastillero.	event.types.h	constante INVERSE_P RESENCE_S SENSOR	Asegúrese de que esta constante sea 0.
4	Ingrese la programación de toma de pastillas: Sugerencia, al menos uno de los horarios debería estar muy cercano a la hora actual para que lo pueda ver.	config.h	función setDefaultCon fig()	Cargar la hora y minutos en los días correspondientes e indicar que está disponible ese horario. Asegúrese de que el 2do, 3ero, y 8vo elementos reflejen los minutos, la hora e indique que ese horario está disponible sea tenido en cuenta para alarma. Por ejemplo, si quiere cargar una toma a las 9.30 de la noche, el elemento del arreglo schedule debe quede así: schedule[8] = {0, 30, 21, 0, 0, 2, 0};
5	Inicie la simulación. Tendrá que esperar que compile debido a los cambios en el código.	Simulador circuito	Botón play Wokwi	Haga click en el botón play en Wokwi.
6	Pastillero muestra hora actual y hora de próxima toma de pastillas.	Simulador circuito	Visor LCD	Observe que el visor LCD alterna entre "Time:" hora actual, y "Next dose:....." hora y día de próxima toma programada.
7	Cuando llega la hora de la toma programada, pastillero indica que está buscando la pastilla que debe tomar.	Simulador circuito	Visor LCD LEDs	Cuando llegue la hora programada de la toma de la pastilla, observe en el LCD el mensaje "Moving..." y emulando el motor, verá que los LEDs correspondientes al motor prendido (LED rojo) y moviéndose hacia buscar la pastilla (LED amarillo) se prendieron y permanecen encendidos.
8	Usuario de simulador Wiki interactúa para ingresar	Simulador circuito	Pulsador fin de carrera	Asegúrese de pulsar el botón pulsador emulador de switch fin de carrera tantas veces como días necesite

	"fines de carrera" hacia el día de la toma			atravesar hasta el día de la toma actual. Por ejemplo: Si la toma es de un día martes, puse 3 veces el pulsador (correspondientes al domingo, lunes, martes).
9	Pastillero indica qué pastilla debe tomar en ese momento.	Simulador circuito	Visor LCD LEDs Buzzer	Observe que se apagaron los LEDs emuladores del motor encendido, aparecerá un mensaje en el visor LCD alternando entre "Dose Available" y "Take it now!", verá que el buzzer está sonando, y además el LED correspondiente al turno de la toma se prenderá de manera intermitente.
10	Tome la pastilla o Descarte la toma.	Simulador circuito	Visor LCD LEDs Buzzer	<p>Si se desea simular la toma de la pastilla: Mantenga apretado el pulsador del turno que estaba avisando (mañana, tarde o noche) de la toma de pastilla hasta que aparezca en el LCD el mensaje "Dose taken. Returning...".</p> <p>Si se desea simular el descarte de la toma: Mantenga presionado el pulsador correspondiente a tal fin hasta que aparezca el mensaje "Dose skipped. Returning...".</p> <p>En ambas situaciones: Emulando el motor, verá que los LEDs correspondientes al motor prendido (LED rojo) y moviéndose de regreso a la posición neutral (LED verde) se prendieron y permanecen encendidos. El LED correspondiente a la toma se habrá apagado, y el buzzer habrá dejado de sonar.</p>
11	Usuario de simulador Wiki interactúa para ingresar "fines de carrera" de regreso a la posición neutral	Simulador circuito	Pulsador fin de carrera	Asegúrese de pulsar el botón pulsador emulador de switch fin de carrera tantas veces como días necesite atravesar de regreso hasta la posición neutral. Por ejemplo: Si la toma es de un día martes, pulse 3 veces el pulsador (correspondientes al lunes, domingo, posición neutral).
12	Pastillero muestra hora actual y hora de próxima toma de pastillas.	Simulador circuito	Visor LCD	Observe que el visor LCD alterna entre "Time:" hora actual, y "Next dose:....." hora y día de próxima toma programada.

No.	Escenario 2: Ciclo pastillero - Sin pastillas en los compartimentos	Modulo	Componente	Acción
1	Inicie la simulación en Wokwi.	Simulador circuito	Botón play Wokwi	Haga click en el botón play en Wokwi.
2	Pastillero muestra hora actual.	Simulador circuito	Visor LCD	Observe en el LCD la hora actual. Mientras no tenga programación cargada, el LCD mostrará la hora

				actual y el sistema permanecerá en ese estado.
3	Indique escenario: NO habrá pastillas cargadas en el pastillero.	event.type s.h	constante INVERSE_P SENSE_SENS OR	Asegúrese de que esta constante sea 1.
4	Ingrese la programación de toma de pastillas: Sugerencia, al menos uno de los horarios debería estar muy cercano a la hora actual para que lo pueda ver.	config.h	función setDefaultConf ig()	Cargar la hora y minutos en los días correspondientes e indicar que está disponible ese horario. Asegúrese de que el 2do, 3ero, y 8vo elementos reflejen los minutos, la hora e indique que ese horario está disponible sea tenido en cuenta para alarma. Por ejemplo, si quiere cargar una toma a las 9.30 de la noche, el elemento del arreglo schedule debe quede así: schedule[8] = {0, 30, 21, 0, 0, 0, 2, 0};
5	Inicie la simulación. Tendrá que esperar que compile debido a los cambios en el código.	Simulador código	Botón play Wokwi	Haga click en el botón play en Wokwi.
6	Pastillero muestra hora actual y hora de próxima toma de pastillas.	Simulador código	Visor LCD	Observe que el visor LCD alterna entre "Time:" hora actual, y "Next dose:....." hora y día de próxima toma programada.
7	Cuando llega la hora de la toma programada, pastillero indica que está buscando la pastilla que debe tomar.	Simulador código	Visor LCD LEDs	Cuando llegue la hora programada de la toma de la pastilla, observe en el LCD el mensaje "Moving..." y emulando el motor, verá que los LEDs correspondientes al motor prendido (LED rojo) y moviéndose hacia buscar la pastilla (LED amarillo) se prendieron y permanecen encendidos.
8	Usuario de simulador Wiki interactúa para ingresar "fin de carrera" hacia el día de la toma	Simulador código	Pulsador fin de carrera	Asegúrese de pulsar el botón pulsador emulador de switch fin de carrera tantas veces como días necesite atravesar hasta el día de la toma actual. Por ejemplo: Si la toma es de un día martes, puse 3 veces el pulsador (correspondientes al domingo, lunes, martes).
9	Pastillero indica qué pastilla debe tomar en ese momento.	Simulador código	Visor LCD LEDs Buzzer	Observe que se apagaron los LEDs emuladores del motor encendido, aparecerá un mensaje en el visor LCD alternando entre "No pill detected..." y "Fill the dispenser", verá que el buzzer está sonando, y además el LED correspondiente al turno de la toma se prenderá de manera intermitente.
10	Cargue con pastillas el compartimento o Descarte la toma.	Simulador código	Visor LCD LEDs Buzzer	Si se desea cargar con pastillas el compartimento: Mantenga apretado el pulsador del turno que estaba avisando (mañana, tarde o noche) de la toma de pastilla hasta que aparezca en el LCD el mensaje "Returning...". Si se desea simular el descarte de la toma: Mantenga presionado el pulsador correspondiente a tal fin hasta que

				<p>aparezca el mensaje "Dose skipped. Returning...".</p> <p>En ambas situaciones: Emulando el motor, verá que los LEDs correspondientes al motor prendido (LED rojo) y moviéndose de regreso a la posición neutral (LED verde) se prendieron y permanecen encendidos. El LED correspondiente a la toma se habrá apagado, y el buzzer habrá dejado de sonar.</p>
11	Usuario de simulador Wiki interactúa para ingresar "fin de carrera" de regreso a la posición neutral	Simulador circuito	Pulsador fin de carrera	Asegúrese de pulsar el botón pulsador emulador de switch fin de carrera tantas veces como días necesite atravesar de regreso hasta la posición neutral. Por ejemplo: Si la toma es de un día martes, puse 3 veces el pulsador (correspondientes al lunes, domingo, posición neutral).
12	Pastillero muestra hora actual y hora de próxima toma de pastillas.	Simulador circuito	Visor LCD	Observe que el visor LCD alterna entre "Time:" hora actual, y "Next dose:....." hora y día de próxima toma programada.

No.	Escenario alternativo: Ajuste de volumen de buzzer	Modulo	Componente	Acción
1	Inicie la simulación en Wokwi.	Simulador circuito	Botón play Wokwi	Haga click en el botón play en Wokwi.
2	Pastillero muestra hora actual.	Simulador circuito	Visor LCD	Observe en el LCD la hora actual. Mientras no tenga programación cargada, el LCD mostrará la hora actual y el sistema permanecerá en ese estado.
3	Ajuste del volumen del buzzer	Simulador circuito	Potenciómetro Buzzer	Observe en la consola los mensajes con serial print: "New volume....." con un valor numérico según se va ajustando el potenciómetro

BIBLIOGRAFÍA

- Texas Instruments, L293D Datasheet. [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.es/html-pdf/89353/TI/L293D/19/1/L293D.html>
- Espressif Systems, ESP-WROOM-32 Datasheet. [Online]. Available: <https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1179101/ESPRESSIF/ESP-WROOM-32/571/1/ESP-WROOM-32.html>
- Vishay Semiconductors, CNY70 Reflective Optical Sensor with Transistor Output, Rev. 1.8, Jul. 30, 2012. [Online]. Available: <https://www.vishay.com/docs/83751/cny70.pdf>
- Cátedra Sistemas Operativos Avanzados, Clase 01: Introducción a Sistemas Embebidos [presentación de PowerPoint], [Online]. Available: https://www.dropbox.com/scl/fi/9phlruql4njinjao6hrkmi/Clase_01_Introduccion_SE.pptx?rlkey=cahftfwf5nljdqvb1je72pjpw&e=1&dl=0
- Cátedra Sistemas Operativos Avanzados, Clase 01: Internet de las cosas [presentación de PowerPoint], [Online]. Available: https://www.dropbox.com/scl/fi/lp2y5vkp2yd09hn5bbpod/Clase_02_Electronica.pptx?rlkey=rbbvg7pa2ta28ad8dn1z9ex85&e=1&dl=0
- Cátedra Sistemas Operativos Avanzados, Clase 03: Máquina de estados [presentación de PowerPoint], [Online]. Available: https://soa-unlam.com.ar/material-clase/Sistemas%20Embebidos/1C_2023/Clase_03_03_Maquinas_Estados.pptx