



# BarBot: Sistema Embebido con FreeRTOS

Presentado por: Florencia Frigerio, Susann Baldiviezo, BenjamÍN sORUCO,  
Alejandro bejarano

Materia: Sistemas Embebidos

Docente: Ing. Alan Cornejo

Fecha: 29/11/2025

Universidad: Universidad Católica Boliviana

# ¿Qué es el BarBot?

El BarBot es un innovador dispensador automático de bebidas, diseñado para ofrecer una experiencia de preparación de cócteles sin esfuerzo. Controlado por una robusta placa ESP32, este sistema integra diversos actuadores y sensores para automatizar el proceso de servicio de bebidas.

- **Dispensador automático de bebidas:** Preparación precisa y consistente.
- **Controlado con ESP32:** Ofrece conectividad Wi-Fi y Bluetooth, ideal para proyectos IoT.
- **Usa servos, motor, LCD y botones:** Interfaz completa para interacción y ejecución.
- **Selección y servicio automático de recetas:** Personalización y eficiencia en cada bebida.



# Objetivos Principales del Proyecto BarBot

## Modularidad del Sistema

Diseñar e implementar un sistema embebido con una arquitectura modular, facilitando el mantenimiento y futuras expansiones.

## Multitarea con FreeRTOS

Utilizar FreeRTOS para gestionar múltiples tareas concurrentes, asegurando una respuesta en tiempo real y una ejecución eficiente.

## Implementación de FSM

Desarrollar una Máquina de Estados Finita (FSM) para controlar la lógica del BarBot, garantizando una operación secuencial y robusta.

## Integración Hardware

Conectar y programar sensores y actuadores como servos, motores, pantallas LCD y botones, para una funcionalidad completa.

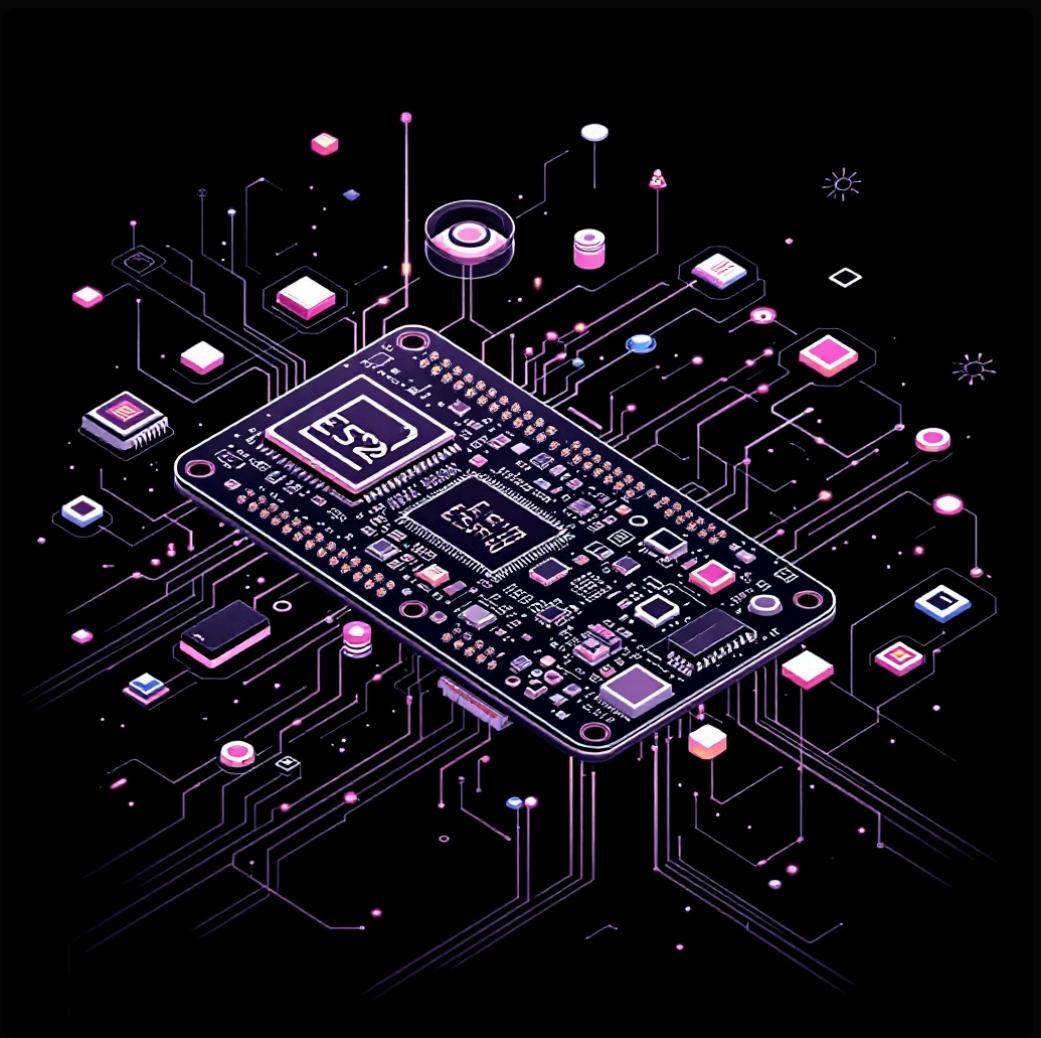
## Servicio Preciso

Asegurar la dispensación de bebidas de forma exacta y segura, optimizando la cantidad y mezcla de cada ingrediente.

# Comprendiendo FreeRTOS

FreeRTOS es un sistema operativo de tiempo real (RTOS) diseñado específicamente para microcontroladores y sistemas embebidos. Su principal ventaja radica en su capacidad para gestionar múltiples tareas de forma concurrente, proporcionando un control preciso sobre los tiempos de ejecución.

- **Sistema operativo de tiempo real (RTOS):** Crucial para aplicaciones con restricciones temporales.
- **Ejecución de tareas en paralelo:** Permite que diferentes funcionalidades se ejecuten de forma independiente sin bloquear el sistema.
- **Manejo preciso de tiempos:** Facilita la programación de eventos y respuestas con alta exactitud.
- **Evita el bloqueo del programa:** Mejora la fiabilidad y capacidad de respuesta del sistema.
- **Ideal para ESP32:** Optimizado para microcontroladores, lo que lo hace perfecto para nuestro BarBot.



# FreeRTOS en Acción dentro del BarBot

La implementación de FreeRTOS en el BarBot es fundamental para su operación eficiente. Hemos definido dos tareas principales para asegurar la concurrencia y la estabilidad del sistema.



## TaskBarbot (FSM)

Prioridad 1. Encargada de la lógica principal de la máquina de estados, gestionando la interacción con el usuario y la dispensación de bebidas.



## TaskHeartbeat (LED)

Prioridad 0. Una tarea de menor prioridad que indica el correcto funcionamiento del sistema mediante un LED intermitente.

- `vTaskDelay()` para tiempos exactos: Controla con precisión los retrasos y la sincronización de las tareas.
- El `loop()` queda vacío: Toda la lógica se gestiona mediante tareas FreeRTOS, liberando el bucle principal.
- Arquitectura más estable y modular: Facilita la adición de nuevas funcionalidades y la depuración del código.

# Máquina de Estados Finita (FSM) del BarBot

La FSM es el cerebro lógico del BarBot, controlando el flujo de operación y la interacción con el usuario. Define los estados principales por los que pasa el sistema durante su funcionamiento.

**MENU**  
Estado inicial y de selección donde el usuario elige la bebida.



**SERVING**

Estado activo durante la preparación y dispensación de la bebida.

**DONE**

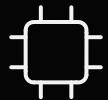
Estado final después de que la bebida ha sido servida, retornando al menú.

La FSM se encarga de:

- Lectura de botones para la navegación.
- Control del movimiento del carrusel de botellas.
- Activación y control de los servos para dispensar.
- Seguimiento de la receta seleccionada.
- Actualización de mensajes en la pantalla LCD.

# Componentes de Hardware del BarBot

La selección de hardware es crucial para el rendimiento y la fiabilidad del BarBot. Cada componente desempeña un papel vital en su funcionamiento.



ESP32

El microcontrolador principal que ejecuta la lógica y FreeRTOS.



LCD I2C

Pantalla para mostrar el menú, el estado y mensajes al usuario.



LED Heartbeat

Indicador visual del correcto funcionamiento del sistema.



Servos

Para el servicio de vasos, giro del carrusel y dispensación de líquidos.



Botones

UP, DOWN y OK para la navegación y confirmación de selecciones.

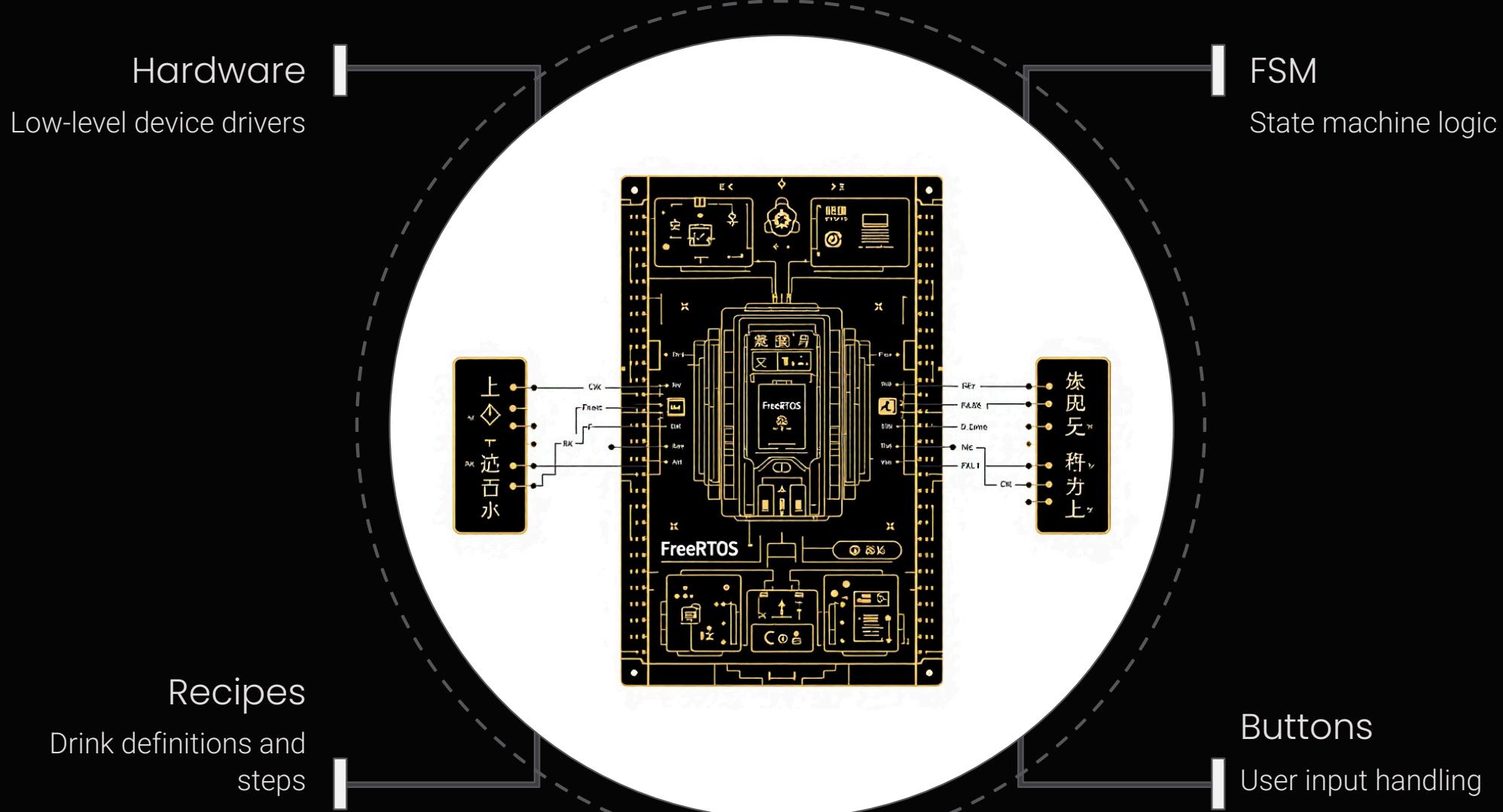


Motores

Para el movimiento del carrusel de botellas y otros mecanismos.

# Arquitectura Modular del Software

El código del BarBot ha sido estructurado de forma modular para facilitar su desarrollo, mantenimiento y escalabilidad. Cada módulo tiene una responsabilidad clara y bien definida.



- `hardware.cpp/h`: Gestión de la interacción con los componentes físicos.
- `fsm.cpp/h`: Lógica de la máquina de estados y control del flujo.
- `recipes.cpp/h`: Definición y gestión de las recetas de bebidas.
- `buttons.cpp/h`: Manejo de la entrada de los botones del usuario.
- `FreeRTOS (sketch.ino)`: Orquestación de las tareas y el sistema en tiempo real.

Esta separación clara entre lógica, hardware, recetas e interfaz garantiza una base de código robusta y fácil de entender.

# Flujo Operacional del BarBot

El BarBot sigue un flujo de operación secuencial y bien definido, orquestado por la FSM y FreeRTOS, para garantizar un servicio eficiente y sin errores.

01

## Navegación del Menú

El usuario navega por las opciones de bebidas utilizando los botones UP/DOWN/OK.

02

## Entrada a la FSM

La selección del usuario es capturada y procesada por la Máquina de Estados Finita.

03

## Ejecución de Tareas

FreeRTOS coordina la ejecución de las tareas necesarias para preparar la bebida.

04

## Posicionamiento de Botella

El carrusel se mueve automáticamente a la posición de la botella requerida.

05

## Dispensación de Líquido

El servo dispensa la cantidad precisa de líquido de la botella seleccionada.

06

## Servicio de Vaso

Un servo entrega el vaso con la bebida preparada al usuario.

07

## Retorno al Menú

La FSM vuelve al estado de menú, lista para una nueva selección.

# Resultados y Conclusiones del Proyecto

El desarrollo del BarBot ha demostrado el potencial de los sistemas embebidos y FreeRTOS para crear soluciones automatizadas eficientes y fiables. Los resultados obtenidos superaron las expectativas iniciales.



## Base Sólida para Versión 2.0

Preparado para futuras mejoras como conectividad WiFi, aplicación móvil y recetas personalizadas.



## Código Modular y Expandible

La estructura modular facilita la adición de nuevas funcionalidades y componentes sin reescribir gran parte del código.



## Lógica Simplificada con FSM

La Máquina de Estados Finita organiza la complejidad del sistema en estados manejables.



## Control y Tiempos Mejorados con FreeRTOS

Garantiza una ejecución concurrente y precisa de las tareas, mejorando la respuesta del sistema.



## Sistema Estable y Robusto

La implementación conjunta de FreeRTOS y FSM ha resultado en un sistema altamente fiable.