

Mașinuță Robotică Autonomă Controlată cu Controller Xbox

Student: Simina Dan-Marius

13 ianuarie 2026

Cuprins

1	Descrierea Proiectului	3
1.1	Prezentare Generală	3
1.2	Obiective și Funcționalități	3
1.3	Principiul de Funcționare	3
2	Componente Hardware	4
2.1	Descriere Componente Principale	4
3	Arhitectura Software	5
3.1	Task-uri și Sincronizare	5
3.2	Algoritmi Implementați	5
3.2.1	Soft Start/Stop	5
3.2.2	Direcție Diferențială	5
3.2.3	Evitare Obstacole	6
3.2.4	State Machine Senzor	6
3.3	Mapare Controale Xbox	6
4	Diagrame	7
4.1	Schema Bloc Sistem	7
4.2	Conexiuni Hardware	8
5	Concluzii	8

1 Descrierea Proiectului

1.1 Prezentare Generală

Proiectul constă în dezvoltarea unei mașinuțe autonome controlată prin intermediul unui controller Xbox One prin Bluetooth și incorporând un sistem de evitare a obstacolelor. Sistemul utilizează microcontrolerul ESP32 în arhitectură dual-core pentru procesare paralelă eficientă.

1.2 Obiective și Funcționalități

- **Control wireless:** Utilizare controller Xbox One prin Bluetooth Low Energy (BLE)
- **Navigație autonomă:** Detectare și evitare obstacole cu senzor ultrasonic HC-SR04
- **Direcție Ackermann:** Mecanism personalizat acționat de servomotor
- **Control precis:** Accelerare și decelerare progresivă (soft start/stop)
- **Direcție diferențială:** Viteze diferite la roțile motoare pentru viraje eficiente
- **Multi-tasking:** Utilizare ambelor nuclee ESP32 pentru procesare paralelă

1.3 Principiul de Funcționare

Arhitectura dual-core ESP32:

- **Core 1:** Citire date controller Xbox prin BLE, actualizare `XboxControlsState`
- **Core 0:** Două task-uri paralele
 - *MotorControl* (prioritate 2): Control motoare și servomotor
 - *Ultrasonic* (prioritate 1): Măsurători periodice distanță
- **Sincronizare:** Mutex (`dataMutex`) protejează `currentData` și `isConnected`
- **Decizie autonomă:** Oprește completă la obstacole care sunt la o distanță mai mică de 30 cm în direcția de mers

2 Componente Hardware

Componenta	Specificații	Cant.
Microcontroller	NodeMCU-32S-38 (ESP32 dual-core, 240 MHz)	1
Driver motoare	L298N Dual H-Bridge (regulator 5V integrat)	1
Motor DC	3V-6V cu reductor 1:48	2
Servomotor	MG90S (angrenaje metalice)	1
Senzor distanță	HC-SR04 Ultrasonic (3-400 cm)	1
Roți	Ø65mm cu cauciuc	4
Alimentare	6×AA NiMH 1.2V, 2100mAh	1 set
Condensator ceramic	100 nF, 50V (filtrare zgomot)	2
Condensator electrolitic	1000 µF, 25V (stabilizare)	1
Înterupător	Pornire/oprire	1
Controller	Xbox One (BLE)	1

Tabela 1: Lista componentelor

2.1 Descriere Componente Principale

ESP32 NodeMCU-32S-38:

- Dual-core Xtensa LX6 @ 240 MHz
- BLE pentru comunicare cu controller Xbox
- PWM hardware pentru motoare și servomotor
- Suport FreeRTOS pentru multi-tasking

Pini utilizați: GPIO 13 (Servo PWM), GPIO 19 (ENA), GPIO 18/5 (IN1/IN2), GPIO 17/16 (IN3/IN4), GPIO 4 (ENB), GPIO 12 (TRIG), GPIO 14 (ECHO cu interrupt)

L298N H-Bridge:

- Control independent 2 motoare DC, curent max 2A/canal
- Regulator 5V integrat pentru ESP32, servo și senzor
- Alimentare motoare: 7.2V direct de la baterii

HC-SR04:

- Rază: 3-400 cm (folosit 3-100 cm)
- Interrupt hardware pentru măsurători precise
- Interval măsurători: 100 ms

Alimentare:

- 6× AA NiMH = 7.2V nominală (8.4V când sunt încărcate complet)
- Capacitate: 2100 mAh
- Distribuție: 7.2V motoare DC, 5V (prin L298N) pentru logică

3 Arhitectura Software

3.1 Task-uri și Sincronizare

Task	Core	Prior.	Funcție
readControllerTask	1	2	Citire date BLE de la Xbox
controlMotorsAndServo	0	2	Control motoare, servo, evitare obstacole
ultrasonicTask	0	1	Măsurători periodice distanță

Tabela 2: Distribuția task-urilor

Sincronizare:

- `dataMutex`: Protejează `currentData` (XboxControlsState) și `isConnected`
- Variabile volatile: `echoStartTime`, `echoEndTime`, `echoComplete`
- `distance`: Variabilă partajată pentru informare despre obstacole

3.2 Algoritmi Implementați

3.2.1 Soft Start/Stop

Accelerare/decelerare graduală cu multiple beneficii:

- Evită șocurile mecanice și uzura componentelor
- Previne variațiile bruște de curent care ar putea destabiliza alimentarea
- Protejează regulatorul de tensiune 5V al L298N

```
1 const int RAMP_STEP = 10;
2 if (currentSpeed < targetSpeed) {
3     currentSpeed = min(currentSpeed + RAMP_STEP, targetSpeed);
4 } else if (currentSpeed > targetSpeed) {
5     currentSpeed = max(currentSpeed - RAMP_STEP, targetSpeed);
6 }
```

Listing 1: Soft Start Implementation

3.2.2 Direcție Diferențială

Reducerea vitezei motorului interior la viraje (max 30%):

```
1 if (steerFactor < -0.1) {
2     // Viraj STANGA
3     targetSpeedLeft = targetSpeedBase * (1.0 - abs(steerFactor) *
4         0.3);
5     targetSpeedRight = targetSpeedBase;
6 } else if (steerFactor > 0.1) {
7     // Viraj DREAPTA
8     targetSpeedLeft = targetSpeedBase;
```

```

8     targetSpeedRight = targetSpeedBase * (1.0 - abs(steerFactor)
9     * 0.3);
    }

```

Listing 2: Differential Steering

3.2.3 Evitare Obstacole

```

1  if(isForward && distance < WARNING_DISTANCE) {
2      targetSpeedBase = 0;  // STOP complet la <30cm
3  }

```

Listing 3: Obstacle Avoidance

Mers înapoi neafectat (permite ieșirea din situații blocate).

3.2.4 State Machine Senzor

Ciclu de 4 stări pentru măsurători:

1. **START**: Inițializare TRIG
2. **TRIGGER**: Puls 10μs pe TRIG
3. **MEASUREMENT**: Așteptare completare (interrupt)
4. **WAITING**: Pauză 100ms

3.3 Mapare Controale Xbox

Control	Funcție
Left Stick X	Direcție (stânga/dreapta) → unghi servomotor
Right Trigger	Accelerație înainte (0-100% → 0-230 PWM)
Left Trigger	Mers înapoi (0-100% → 0-230 PWM)

4 Diagrame

4.1 Schema Bloc Sistem

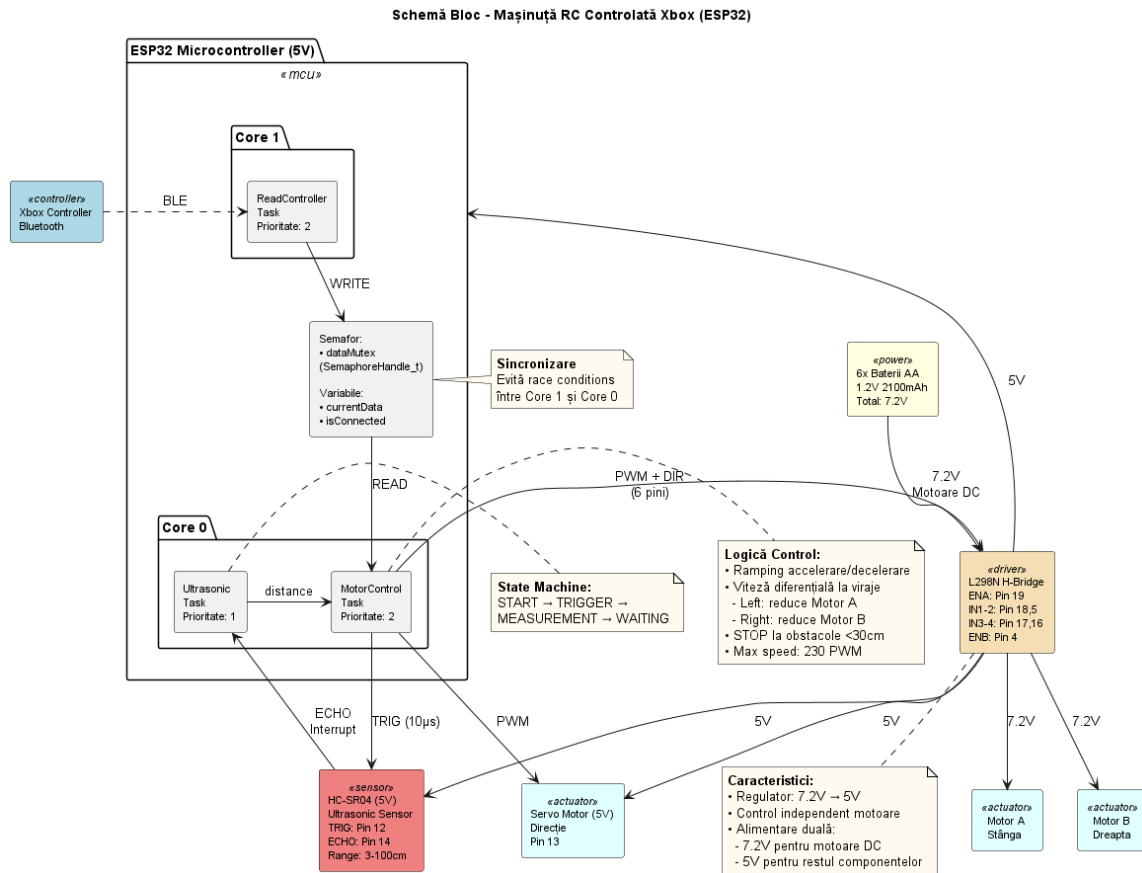


Figura 1: Schema bloc detaliată a sistemului (PlantUML)

Diagrama prezintă:

- **Alimentare:** Baterii 7.2V → L298N → 5V pentru ESP32, servomotor, senzor distanță
- **Comunicare:** Xbox (BLE) → ESP32 Core 1
- **Sincronizare:** dataMutex între Core 1 și Core 0
- **Control:** ESP32 → L298N → Motoare, ESP32 → Servo
- **Senzor:** HC-SR04 ESP32 (interrupt-based)

4.2 Conexiuni Hardware

Componenta	Pin	Conectat la
ESP32	GPIO 13	Servomotor MG90S (Signal)
	GPIO 19	L298N ENA (PWM Motor A)
	GPIO 18	L298N IN1
	GPIO 5	L298N IN2
	GPIO 17	L298N IN3
	GPIO 16	L298N IN4
	GPIO 4	L298N ENB (PWM Motor B)
	GPIO 12	HC-SR04 TRIG
	GPIO 14	HC-SR04 ECHO
L298N	OUT1, OUT2	Motor A (stânga)
	OUT3, OUT4	Motor B (dreapta)
	+12V	Baterii 7.2V (prin întrerupător)
	GND	GND comun
	+5V	ESP32, HC-SR04, Servomotor
HC-SR04	VCC, GND	5V, GND (de la L298N)
Servomotor	VCC, GND	5V, GND (de la L298N)

Tabela 3: Conexiuni hardware

5 Concluzii

Proiectul demonstrează implementarea cu succes a unui sistem robotizat autonom cu următoarele realizări:

- **Control wireless responsiv:** Latență redusă prin BLE și arhitectură dual-core
- **Siguranță:** Sistem autonom de evitare obstacole funcțional
- **Manevrabilitate:** Direcție Ackermann + diferențial pentru viraje precise
- **Protecție:** Soft start/stop reduce șocurile mecanice, și variațiile bruște de curent
- **Eficiență:** Multi-tasking cu FreeRTOS optimizează resursele procesorului