

# Propunere Proiect FPGA

## 1. Echipa:

Furtună Denis-Andrei

- [denis-andrei.furtuna@student.upt.ro](mailto:denis-andrei.furtuna@student.upt.ro)
- 0799870076

Golovatăi Alexandru-Mihai

- [alexandru-mihai.golovatai@student.upt.ro](mailto:alexandru-mihai.golovatai@student.upt.ro)
- 0770422023

Guran-Bușoi Emanuel

- [emanuel.guran-busoi@student.upt.ro](mailto:emanuel.guran-busoi@student.upt.ro)
- 0771396583

Haragoș George-Andrei

- [george-andrei.haragos@student.upt.ro](mailto:george-andrei.haragos@student.upt.ro)
- 0775382502 (persoana de contact)

Popa Lucian-Alexandru

- [lucian-alexandru.popa@student.upt.ro](mailto:lucian-alexandru.popa@student.upt.ro)
- 0770834597

## 2. Abstract:

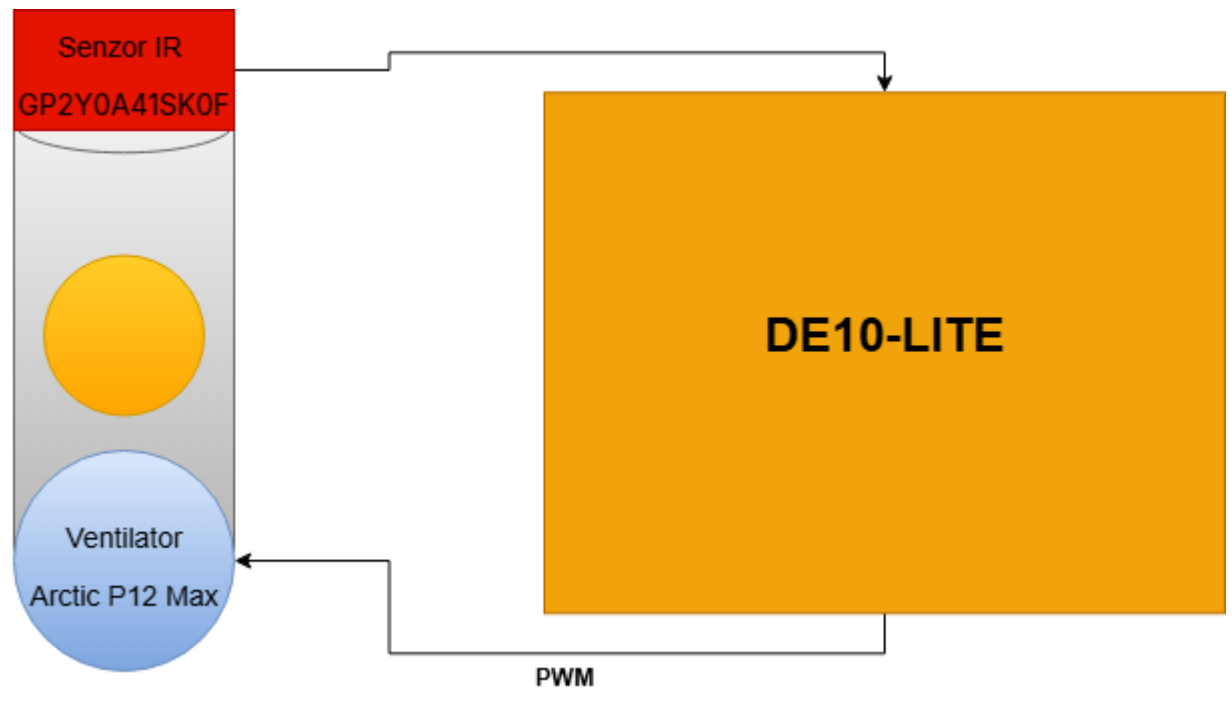
Proiectul propus constă în realizarea unui sistem fizic în care o minge de ping-pong este suspendată în aer cu ajutorul unui jet de aer generat de un ventilator controlat electronic. Poziția mingii este detectată cu un senzor infra roșu, iar semnalele sunt procesate în timp real pe FPGA, care are rolul unui PID controller. Acesta va implementa o buclă de control care ajustează înălțimea mingii, menținând-o într-o poziție stabilă și reglabilă. Sistemul este o aplicație practică a controlului în timp real, utilizând hardware analog și senzori.

## 3. Schema bloc componente HW:

### **Componente Hardware:**

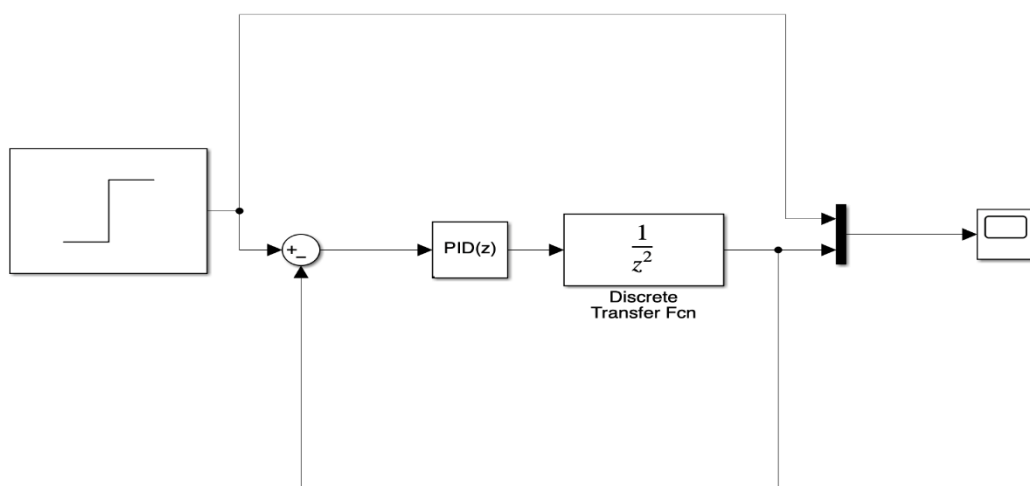
- [Senzor IR Sharp GP2Y0A41SK0F \(achizitionat, ajunge pana pe data de 27.04.2025\)](#)
- [DE10-Lite \(disponibil, cel din laborator\)](#)
- [Ventilator Arctic P12 Max \(disponibil\)](#)
- [Minge Ping Pong \(disponibil\)](#)
- [Tub acrilic transparent, Lungime 50 cm, Diametru intern 44mm \(achizitionat, ajunge pana pe data de 05.05.2025\)](#)

Schema bloc:



#### 4. Modele software dezvoltate:

Am dezvoltat o planta in MatLab pentru simularea PID controllerului. Vom folosi functia HDL Coder pentru a implementa in Verilog functia de Transfer discreta si PID controller.



Planeta (dif II  $\rightarrow$  Laplace  $\rightarrow$  discretizare  $\rightarrow$  HDL Coder)

I • modelăm teoretic o funcție ce reprezintă mișcarea fizică  
 • mingea de ping-pong este ținută în aer de un ventilator  
 $\Rightarrow$  trebuie controlată mișcarea ( $h(t)$ ) în funcție de semnalul PWM ( $u(t)$ )

$F_g = m \cdot g$  (forța de greutate)  
 $F_a = b \cdot u(t)$  (forța aerului de vit ventilatorului)  
 $F_a - F_g - F_{inert} \Rightarrow [b \cdot u(t)] - [m \cdot g] = m \cdot a(t) \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{b}{m} u(t) - g$  ec. dif. de ordin II

II • Cu ajutorul transform. Laplace putem obține o ec. algebraică

$\mathcal{L}\{h''(t)\} = \frac{b}{m} \mathcal{L}\{u(t)\} - g \mathcal{L}\{1\}$   
 $\Rightarrow s^2 H(s) = \frac{b}{m} U(s) - g \cdot \frac{1}{s}$   
 poate fi ignorat, deoarece nu răspunde la input și e identic pentru orice output  
 $\Rightarrow s^2 H(s) = \frac{b}{m} U(s) \Rightarrow \frac{H(s)}{U(s)} = \frac{b}{m s^2} \Rightarrow G(s) = \frac{b}{m s^2}$  ec. analitică în complex

Obs: -  $s^2 \rightarrow$  pe lângă  $s=0$  (instabilitate)  
 - putem percepe ecuația ca o dublă integrare:  
 $u(t) \rightarrow$  viteză ( $t$ )  $\rightarrow$  poziție ( $t$ )  
 atunci, dacă  $u(t) = \text{const} \Rightarrow v(t) = \text{liniară} \Rightarrow p(t) = \text{exponențială}$  (instabil)

III • Următoarea noastră discretizare. Scriem ecuația (pentru implementarea pe FPGA)  
 Backward Euler:  
 $s \approx \frac{1-z^{-1}}{T} \Rightarrow G(s)$  va deveni  $G(z) = \frac{KT^2}{m} \cdot \frac{1}{(1-z^{-1})^2}$  ec. analitică discretă în sist. complex

## 5. Repartizarea task-uri:

### 1. Hardware + Mecanică (Guran-Bușoi Emanuel și Popa Lucian-Alexandru)

Responsabili pentru:

Construcția tubului (dimensiuni, material, prindere ventilator etc.)

Montarea ventilatorului și alimentarea sa (controlabil via PWM)

Poziționarea senzorului IR și conectarea la FPGA

### 2. Interfațare Senzor + Citirea datelor (Furtună Denis-Andrei)

Responsabil pentru:

Alegerea și configurarea senzorului IR

Asigurarea că semnalul poziției mingii poate fi interpretat corect de FPGA

Conversie ADC sau interfață digitală

### 3. Control PID + Cod Verilog (Golovatăi Alexandru-Mihai)

Responsabil pentru:

Preluarea modelului Simulink și transpunerea algoritmului PID în Verilog

Adaptarea pentru DE10-Lite

Testarea și calibrarea controllerului

### 4. Integrare și testare finală (Haragoș George-Andrei)

Responsabil pentru:

Integrarea tuturor componentelor (hardware, senzor, control logic)

Debugging

Măsurători, fine tuning, demo de prezentare

## 6. Milestones:

### Săptămâna 1–2: Fundamentul

Scop: Avem toate componentele hardware și schema de ansamblu clară.

Finalizam diagrama block-level.

Verificam dacă merge senzorul ales cu ADC-ul FPGA-ului.

Avem un Plant Simulink funcțional și verificat.

Repo Git complet organizat.

### Săptămâna 3–4: Controlul și comunicația

Scop: Sistemul e gata de integrare: senzor citit, ventilator controlat, logica pregătită.

Citirea poziției mingii din senzor IR → ADC → FPGA (Verilog).

PWM control de bază în Verilog (testat cu oscilloscope sau LED/motor mic).

PID Controller în Verilog (fără fine tuning, dar complet).

Testare modulară: PID out → PWM duty cycle → motor.

Integrare treptată în Simulink pentru validare.

### Săptămâna 5–6: Integrarea și reglajul

Scop: Sistemul controlează mingea reală; se face tuning și polish.

Integrare completă hardware: senzor + ADC + PID + PWM + ventilator

Mingea levitează și poate fi menținută într-un punct (control stabil)

Fine tuning PID pentru stabilitate și viteză de reacție

Debug + oscilloscope pentru verificare semnale

Documentare pentru demo și raport final