

# Automatizirani sustav upravljanja staklenikom

Marina Branilović  
Jazz Richard Greblo  
Leonard Mikša

21. veljača 2025.

# Uvod i motivacija

## Općenito o staklenicima

- uzgoj biljaka tijekom cijele kalendarske godine
- zaštita od nepovoljnih klimatskih uvjeta
- optimalan prinos i kvaliteta u kontroliranim uvjetima uzgoja
- efikasnije korištenje resursa

# Uvod i motivacija

## Izazovi

### Potreba za stalnim nadzorom

Održavanje optimalnih uvjeta zahtijeva kontinuirano praćenje, te osiguravanje uvjeta (provjetravanje, grijanje...).

### Rizik od bolesti i štetnika

Neidealni klimatološki uvjeti pogoduju brzom širenju bolesti i štetnika bez uporabe pesticida.

### Potrošnja energije

Neoptimalno upravljanje fizikalnim veličinama ključnim za uzgoj biljaka povećava troškove.

# Uvod i motivacija

## Idejno rješenje

- automatizacija staklenika pomoću PLC-a

Izazov	Rješenje
Potreba za stalnim nadzorom	Automatska regulacija (intervencije na daljinu)
Rizik od bolesti i štetnika	Smanjena upotreba pesticida
Potrošnja energije	Optimalna potrošnja energije

Korištena oprema:

- Siemens SIMATIC S7-1200
- SIMATIC KTP700 Basic Panel
- Lokalni panel

# Uvod i motivacija

## Ciljevi ovog rada

- obuhvatiti i primjeniti što više što različitijih pristupa regulaciji

Regulacija temperature:

- matematičko modeliranje fizikalnih procesa i sustava
- klasična PID regulacija

Regulacija vlage:

- realizacija regulacije primjenom *timera* TON i TP
- **primjenjiva isključivo za simulacijske uvjete**

Regulacija svjetlosti:

- primjena binarne logike

# Regulacija temperature

## Zatvoreni regulacijski krug

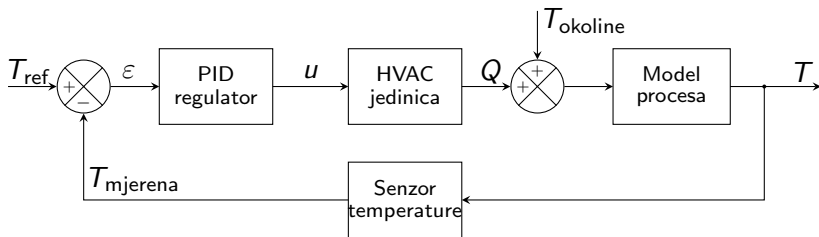


Figure: Blokovska shema temperaturnog regulacijskog sustava u zatvorenom krugu

# Regulacija temperature

## Model procesa

$$V_{\text{staklenik}} = w \cdot l \cdot h = 10\text{m} \cdot 20\text{m} \cdot 4\text{m} = 800\text{m}^3 \quad (1)$$

$$C = \rho_{\text{zrak}} \cdot V_{\text{zrak}} \cdot c_{\text{zrak}} = 1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 800\text{m}^3 \cdot 1005 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \approx 1 \frac{\text{MJ}}{\text{K}} \quad (2)$$

$$R \approx 0.2 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \quad [1] \quad (3)$$

- teoretske vrijednosti  $\rightarrow \tau \approx 19 \text{ h}$ , simulacija  $\rightarrow \tau = 2 \text{ s}$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q}{C} - \frac{T - T_{\text{okoline}}}{\tau} \quad (4)$$

$$T_{k+1} = T_k + (K \cdot u_k - T_k) \frac{\Delta t}{\tau}, \quad (5)$$

# Regulacija temperature

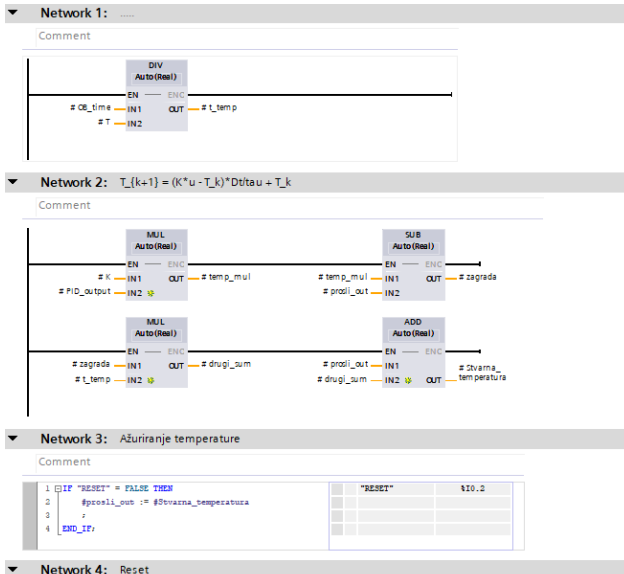
## Model procesa - napomene

- aproksimativan teoretski model
  - geometrija krova
  - nedovoljna zabrtvljenost
  - zauzetost prostora
- drastično smanjena vremenska konstanta u simulaciji
- objedinjen s modelom HVAC jedinicom



# Regulacija temperature

## Model procesa - Ladder logika



# Regulacija temperature

## Poremećajna veličina

- vanjska temperatura (temperatura okoline)
- aproksimacija sinusnom funkcijom
- realizirana funkcijskim blokom (FB)
- proizvoljna amplituda, perioda i pomak po vertikalnoj osi

# Regulacija temperature

## Poremećajna veličina - Ladder logika

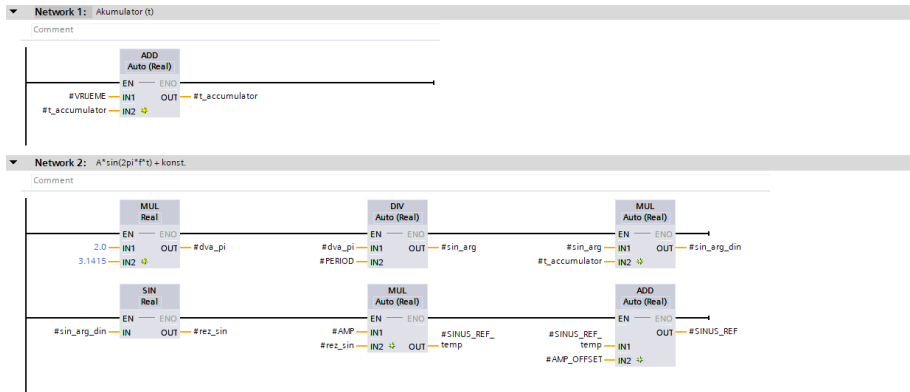


Figure: Funkcijski blok vanjske temperature (poremećajne veličine)

# Regulacija temperature

## HVAC jedinica i senzor temperature

### HVAC jedinica:

- faktori: energetska učinkovitost, potrebna snaga...
- izrazito tromi toplinski proces  $\rightarrow$  HVAC je P član
- objedinjena s modelom procesa

### Temperaturni senzor:

- ulazno-izlazni odnos definiran linearnim faktorom skaliranja senzora
- izrazito tromi toplinski proces  $\rightarrow$  temperaturni senzor je P član
- *kalibriranje* s referentnom vrijednosti - dvije funkcije skaliranja
- **zadavanje referentne temperature preko potencijometra**

# Regulacija temperature

## PID regulator

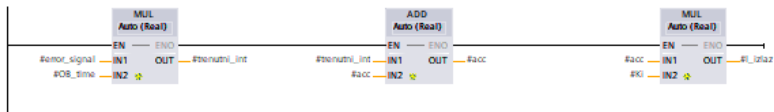
- tromi proces zahtijeva dinamičnije upravljanje
- klasična, paralelna struktura PID regulatora
- implementacija u funkcijskom bloku (FB)
  - P dio - množenje s konstantom
  - I dio - Eulerova metoda
  - D dio - unazadna diferencija

# Regulacija temperature

## PID regulator - Ladder logika

### Network 2: I dio: $acc = (err * t) + acc$

Comment



### Network 3: D dio: $(x_k - x_{k-1}) / \Delta t$

Comment



### Network 4: Ažuriranje stanja

Comment

```
1 IF *Tag_1* = FALSE THEN
2   #prev_in := #error_signal
3   z
4   RND_1;
5
```

	*Tag_1*	#10.1

# Regulacija temperature

## Odzivi procesnih varijabli



# Regulacija vlage

## Model procesa

- dinamika ovisna o dimenzijama prostorije i svojstvima samog zraka
- korištenje već realiziranog funkcijskog bloka za PT1 član
  - vlažnost zraka izravno povezana s temperaturom
  - poremećajna veličina je vlažnost vanjskog zraka
  - veća temperatura - veća vlaga
  - manja temperatura - manja vlaga
- **zadavanje referentne vrijednosti preko HMI-a**



- umjesto kopiranja, regulacija ostvarena pomoću *timera*
- pojačanje PT1 člana jednako 1
- matematički dokaz opravdanosti u izvješću
- **primjenjivo isključivo za simulacijske uvjete**

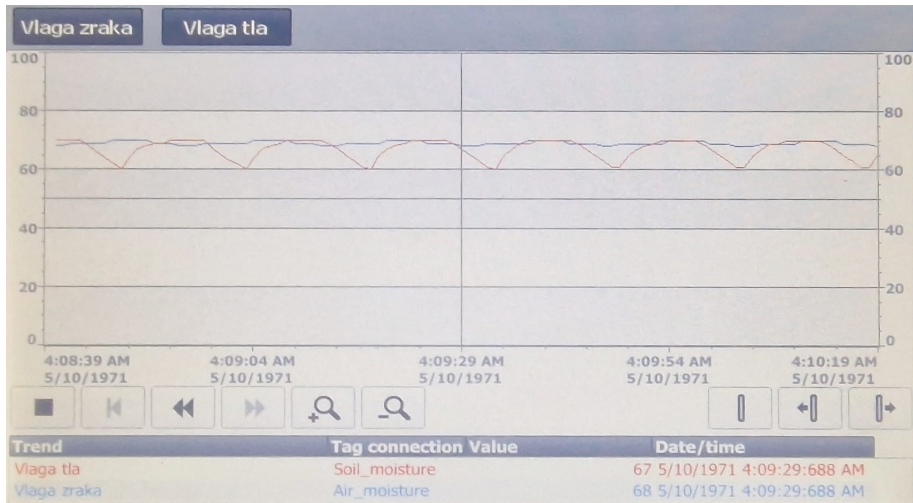
Cilj ovakvog pristupa: primjena *timera* i raznolikosti u **simulaciji** regulacije

# Regulacija vlage - hodogram

- postavljanje dozvoljenih granica
- postavljanje referentne vrijednosti
- 5 sekundi nakon ustaljivanja, *setpoint* se postavlja na minimalni dozvoljeni
- nakon idućih 5 sekundi, vraća se uneseni *setpoint*
- smisao: simulirano sušenje zraka uslijed ventilacije, otvora, itd.
- korišteni *timeri*:
  - TON - za ostvarivanje vremenskog kašnjenja
  - TP - za generiranje kratkog impulsa
- PT1 član vlage tla ima manji  $\tau$  za simuliranje tzv. *mrtvog vremena*
- *Ladder* logika u izvješću na stranicama 14 i 15

# Regulacija vlage

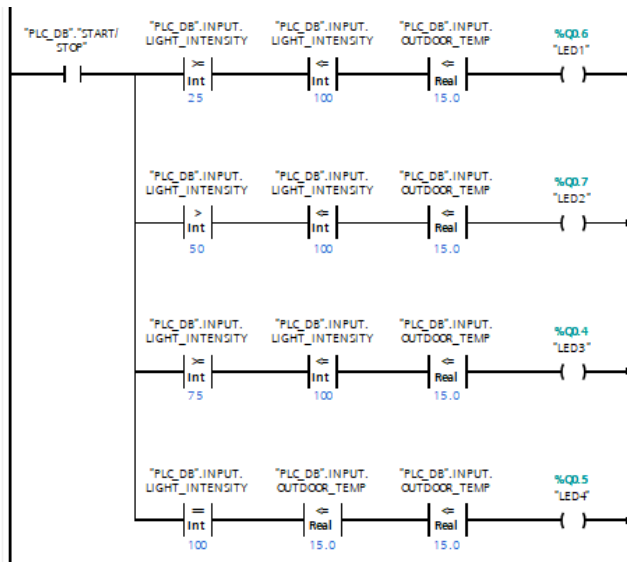
## Odzivi procesnih varijabli



- vizualizacija i na HMI-u i na lokalnom panelu pomoću 4 zelene LED
- zadavanje referentne vrijednosti preko HMI-a
  - 0% - 25%: sve LED su isključene
  - 25% - 49%: uključena je jedna LED
  - 50% - 74%: uključene su dvije LED
  - 75% - 99%: uključene su 3 LED
  - 100%: uključene su sve 4 LED
- uključivanje svjetla onemogućeno je tijekom dana → usporedba s vrijednošću funkcije vanjske temperature

# Regulacija svjetlosti

## Ladder logika

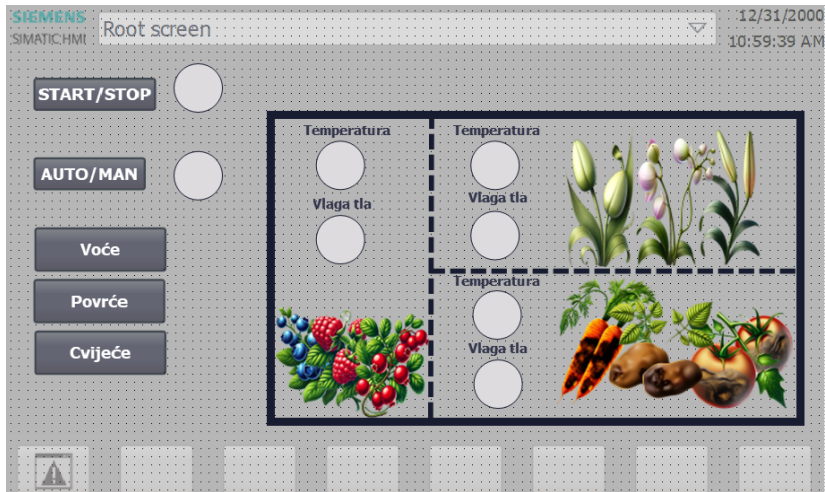


## Odzivi procesnih varijabli



# Korisničko sučelje (HMI)

- tri uzgojne zone - voće, povrće i cvijeće
- generirane sličice za vizualizaciju dozrijevanja pomoću AI alata



# Korisničko sučelje (HMI)

## Animacija procesa dozrijevanja

- pokretanje uključivanjem sklopke na lokalnom panelu
- tijekom idućih 10 sekundi:
  - klimatološki uvjeti su zadovoljeni - urod je sazrio
  - klimatološki uvjeti nisu zadovoljeni - urod je istrunuo
- mogućnost ponovnog pokretanja preko lokalnog panela ili izravno s HMI-a
- prikaz alarmnih stanja za svaku od procesnih varijabli
- *Ladder* logika i detaljniji opis u izvješću (str. 20-23)



# Korisničko sučelje (HMI)

Animacija stanja voća



**Hvala na pažnji!**



P. A. Fowler, et. al.

*"Comparison of Energy Needed to Heat Greenhouses and Insulated Frame Buildings Used in Aquaculture"*

University of Florida, 2021.