



UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ - NAPOCA

FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ



Ș. L. dr. ing. *Pintilie Lucian - Nicolae*

Tehnici de control și estimare în acționări electrice

Ședința de laborator și proiect nr. 5

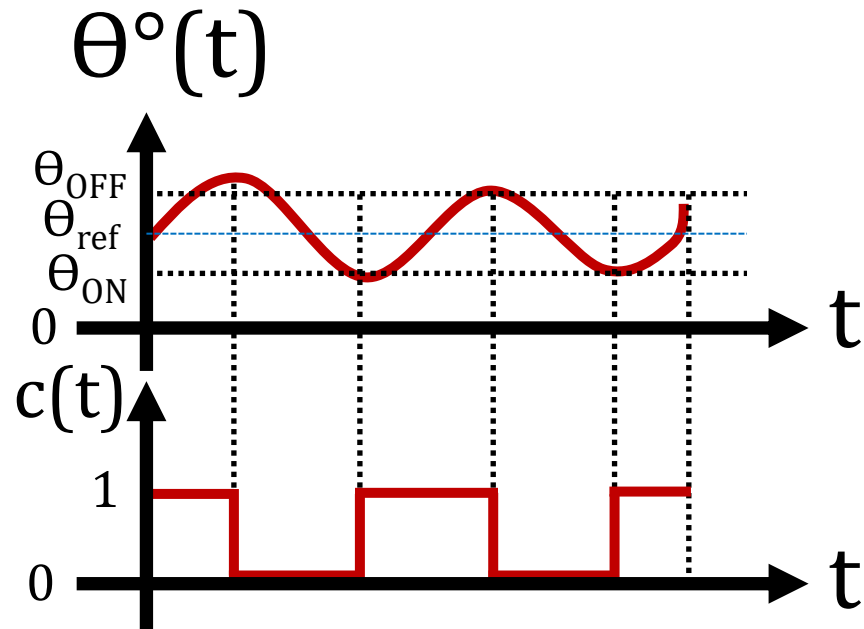
Controlul digital al temperaturii

Cuprins

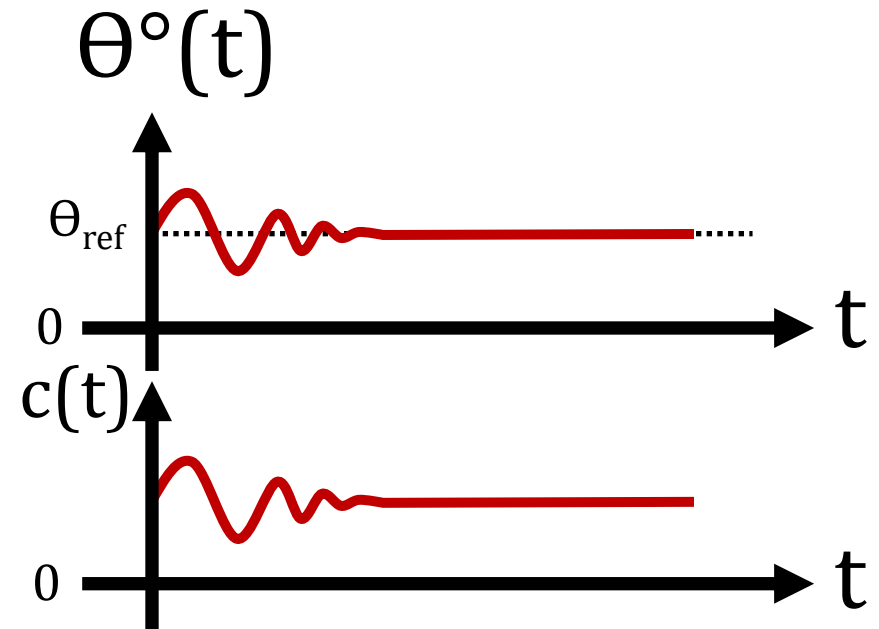
- ✓ Metode de reglare digitală a temperaturii
- ✓ Implementarea algoritmului de reglare în cadrul mediului NI VeriStand
- ✓ Verificarea rezultatelor

Metode de reglare digitală a temperaturii

- ❖ Există două metode des întâlnite pentru reglarea temperaturii:
- ✓ **Controlul temperaturii pe baza fenomenului de „histerezis”**
- ✓ Controlul temperaturii pe bază de regulator „proporțional – integrator”



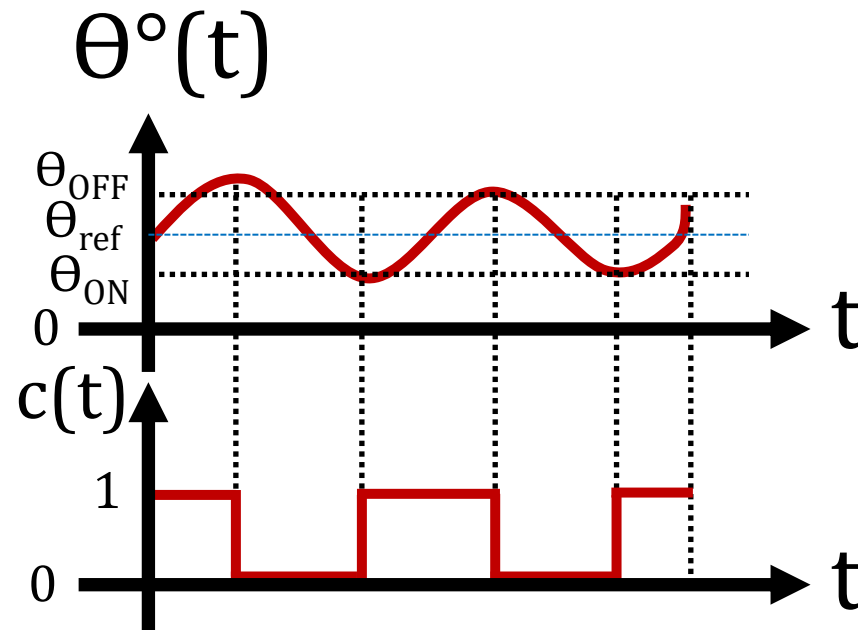
Histerezis



Regulator „P. I.”

Metode de reglare digitală a temperaturii

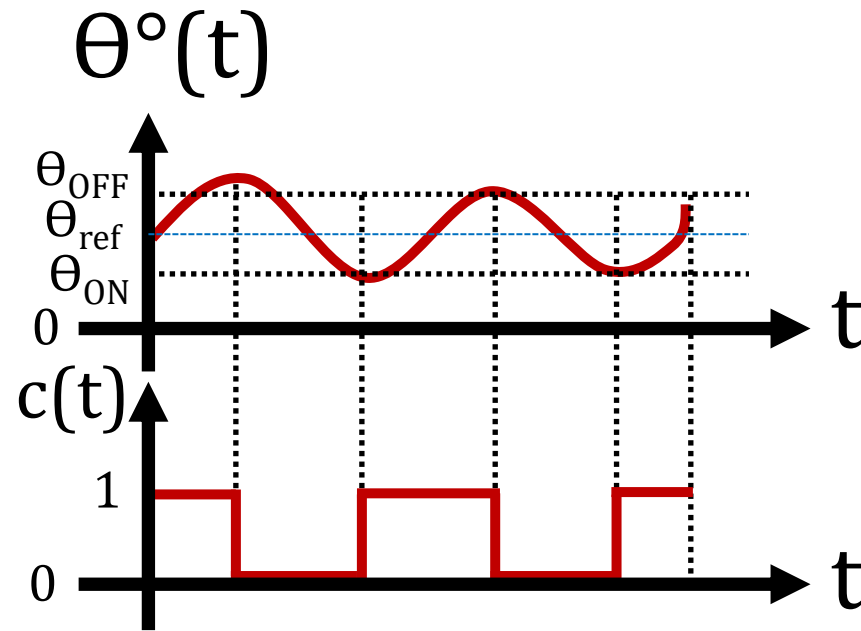
- ❖ Controlul temperaturii pe baza fenomenului de „histerezis”:
- ✓ Necesită achiziționarea semnalului analogic de la traductor de tip LM-35
- ✓ Semnalul de comandă este de natură digitală și va acționa un releu



Histerezis

Metode de reglare digitală a temperaturii

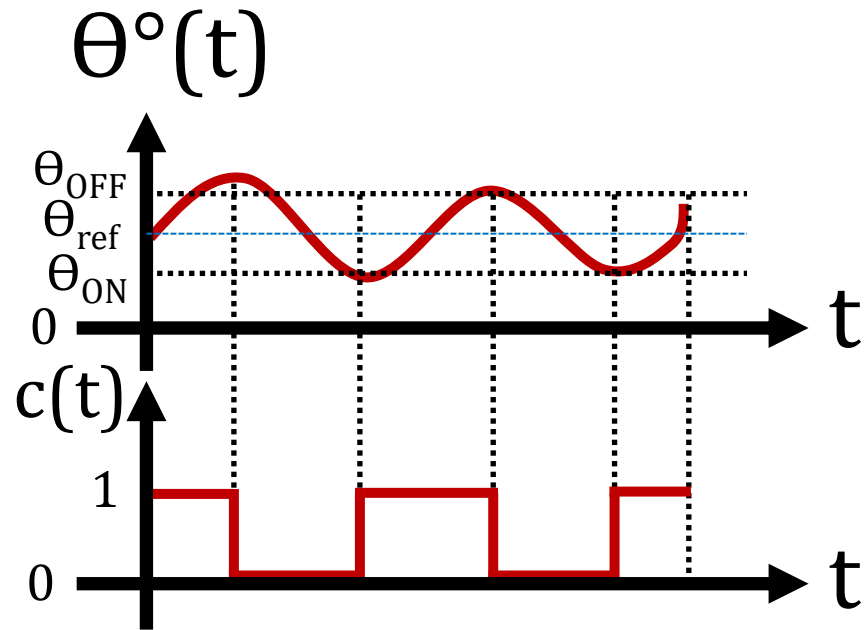
- ❖ Controlul temperaturii pe baza fenomenului de „histerezis”:
- ✓ Se bazează pe efectul de inerție termică (acumularea căldurii în corpul ceramic al rezistențelor de mare putere)
- ✓ Nu necesită un algoritm complex de implementare



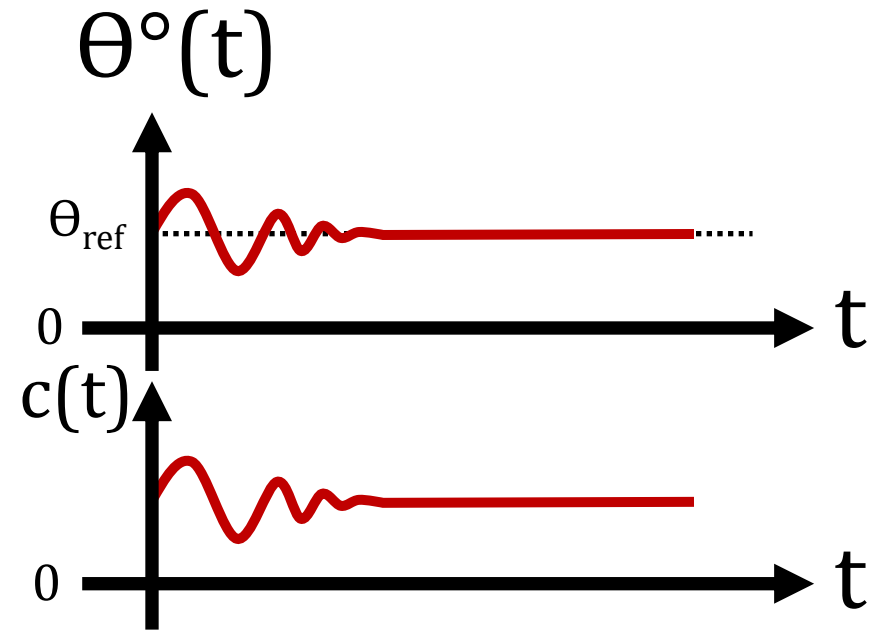
Histerezis

Metode de reglare digitală a temperaturii

- ❖ Există două metode des întâlnite pentru reglarea temperaturii:
- ✓ Controlul temperaturii pe baza fenomenului de „histerezis”
- ✓ **Controlul temperaturii pe bază de regulator „proporțional – integrator”**



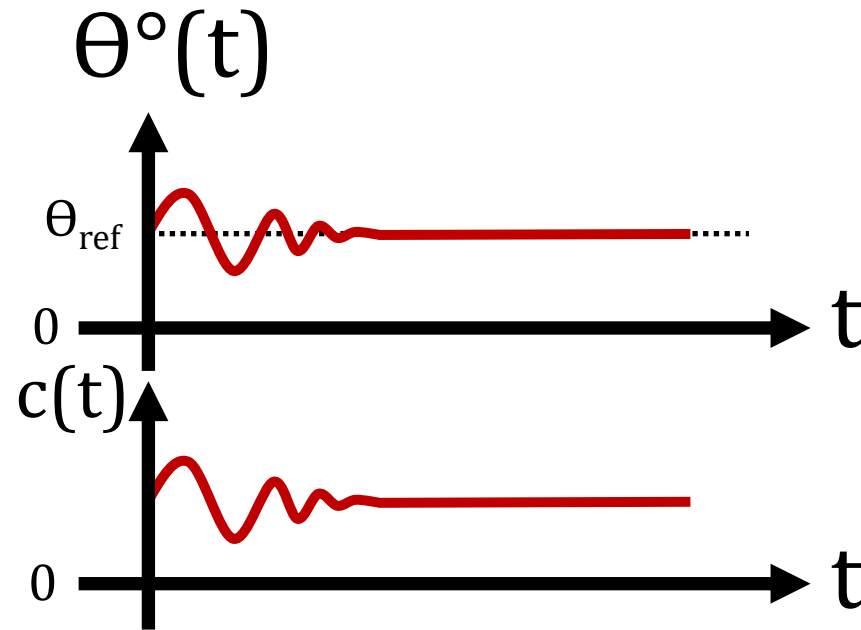
Histerezis



Regulator „P. I.”

Metode de reglare digitală a temperaturii

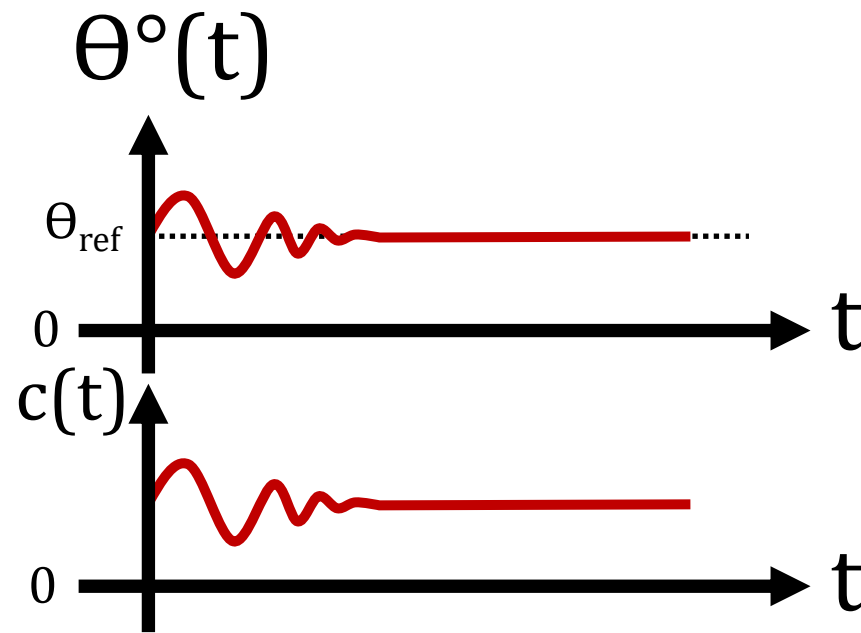
- ❖ Controlul temperaturii pe bază de reglatoare PI:
- ✓ Necesită achiziționarea semnalului analogic de la traductor de tip LM-35
- ✓ Semnalul rezultat este de natură analogică și va deservi referința modulatorului pentru generarea semnalului de comandă al convertorului



Regulator „P. I.”

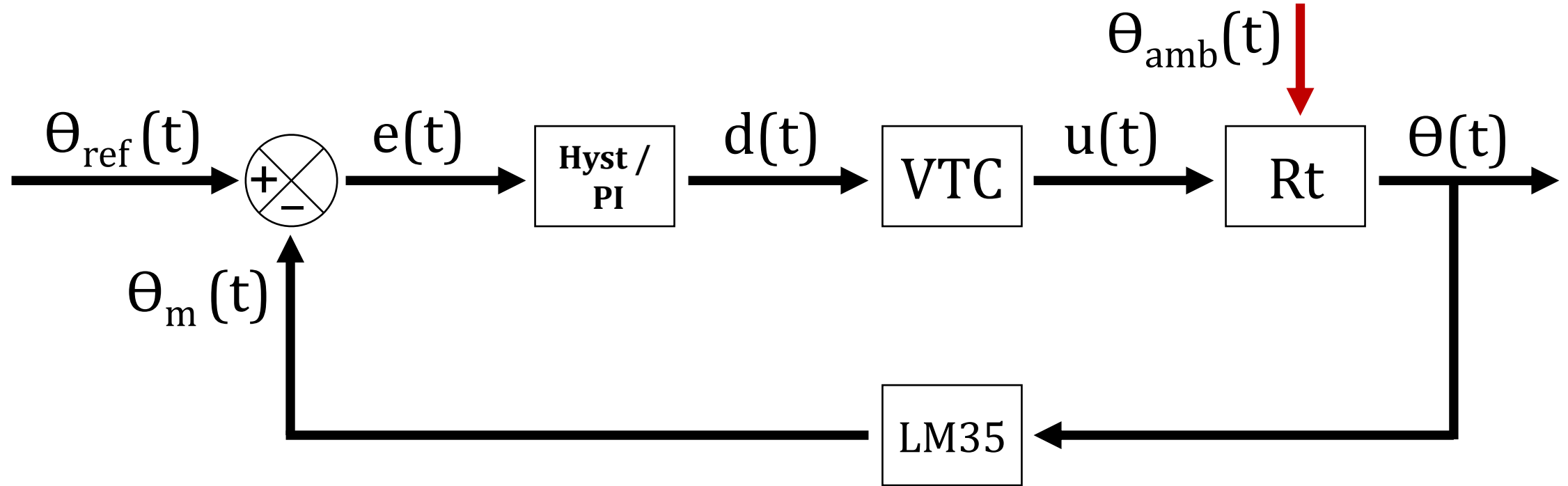
Metode de reglare digitală a temperaturii

- ❖ Controlul temperaturii pe bază de reglatoare PI:
- ✓ Necesită mai multe resurse de calcul decât în cazul reglării cu „histerezis”
- ✓ Se bazează pe aspectul dinamic al procesului tehnologic deservit



Regulator „P. I.”

Schema procesului tehnologic



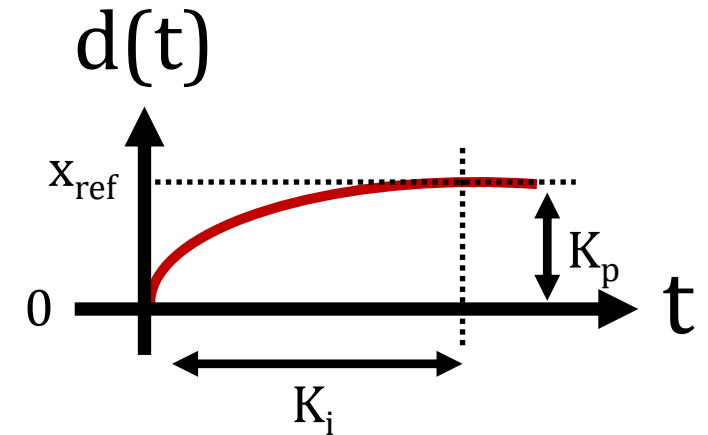
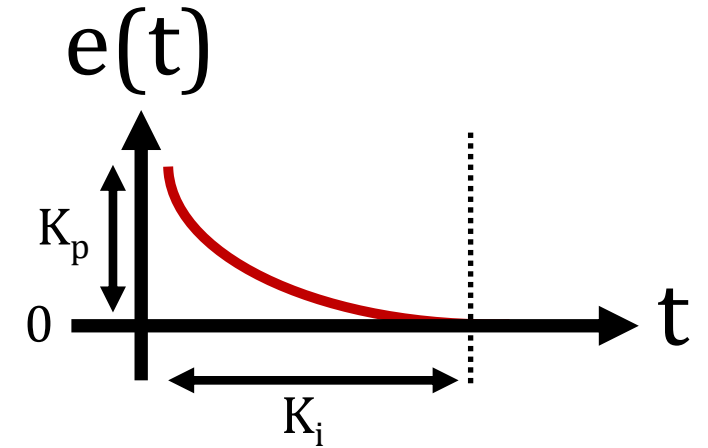
Schema procesului tehnologic + ecuațiile regulatorului

$$e(t) = \Theta_{ref}(t) - \Theta_m(t)$$

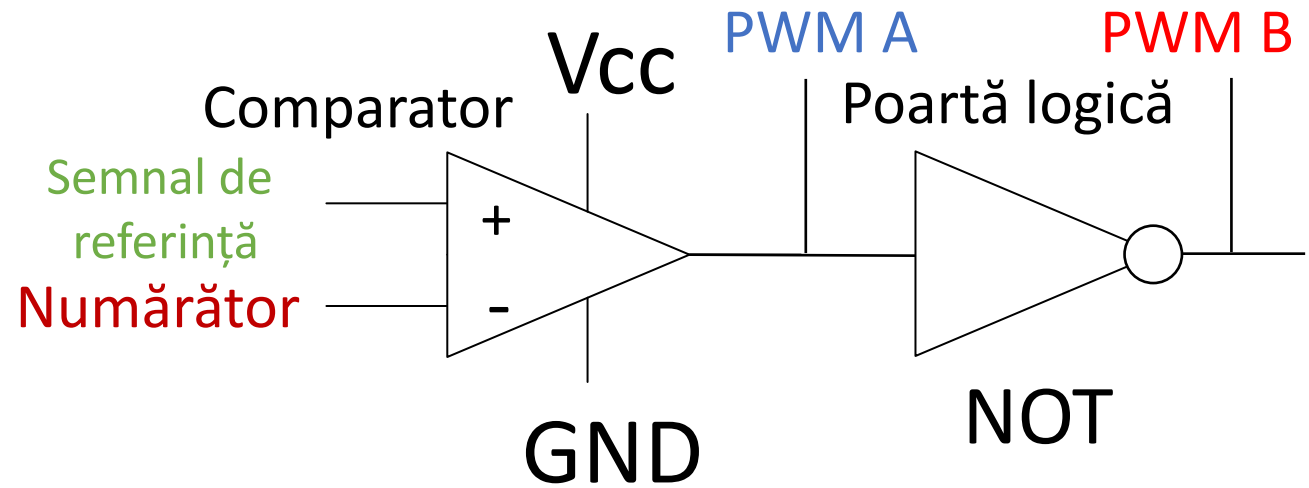
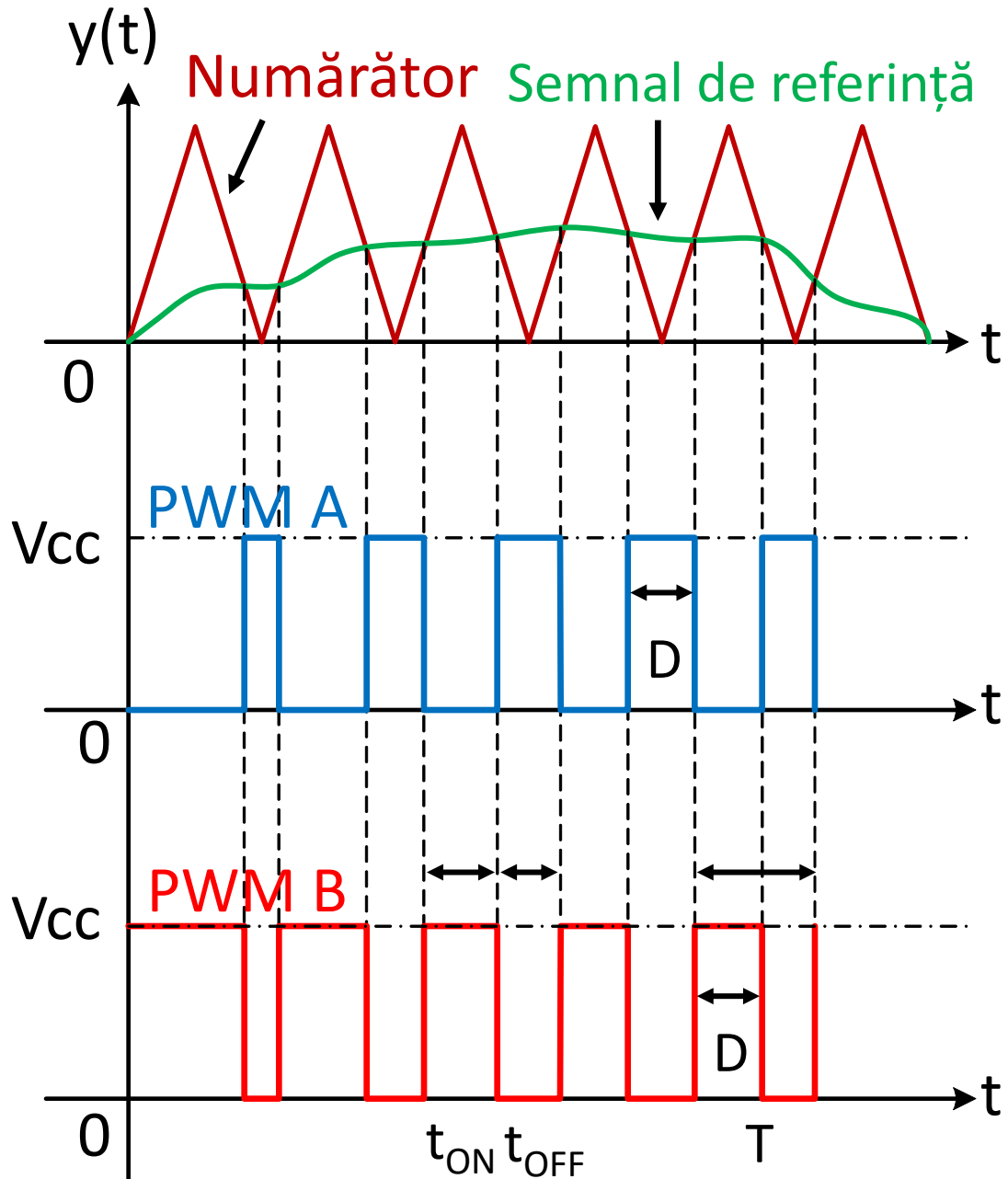
$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0 \rightarrow \lim_{t \rightarrow \infty} [\Theta_{ref}(t) - \Theta_m(t)] = 0$$

$$d(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t) \cdot dt + \cancel{K_d \cdot \frac{d}{dt} \cdot e(t)}$$

$$d(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int_0^t e(t) \cdot dt$$

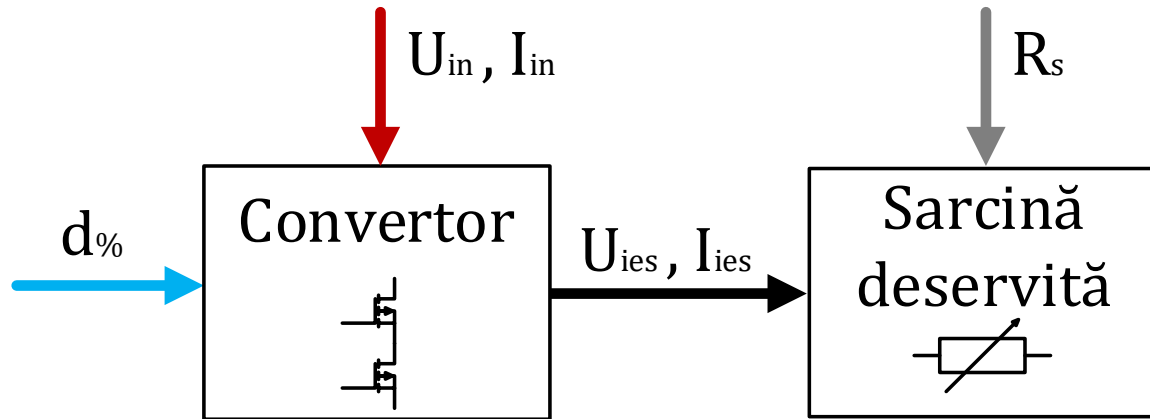


Principiul generării semnalelor modulate în lăţime

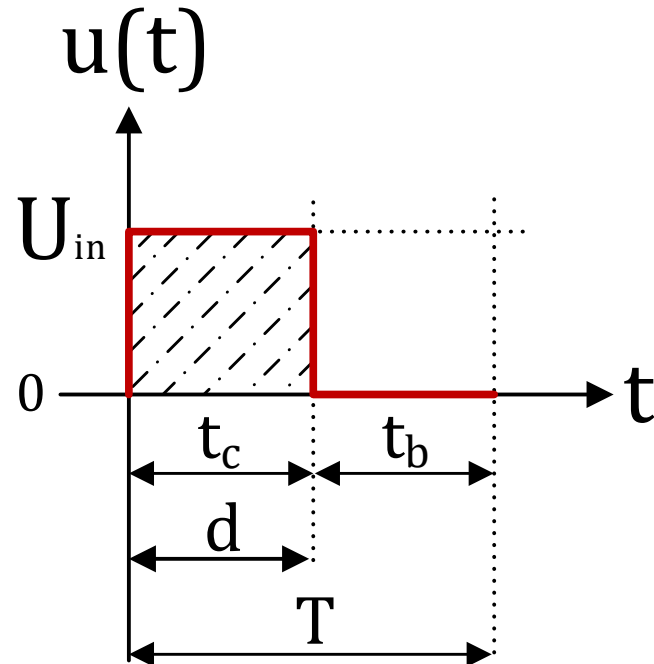


$$D = \frac{t_{ON}}{T} = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} \rightarrow T = \frac{1}{f_c}$$

Alimentarea rezistenței de putere de la variatorul de tensiune continuă



$$U_{ies} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T u(t) \cdot dt = d \cdot \mathbf{U_{in}}$$



$$I_{ies} = \frac{U_{in} \cdot \mathbf{d}}{R_s} = \frac{U_{ies}}{\mathbf{R_s}}$$

Implementarea algoritmului de reglare în cadrul mediului NI VeriStand

- ❖ În vederea implementării algoritmului de reglare automată a temperaturii se vor utiliza următoarele mijloace software și echipamente
 - ✓ Platforma de dezvoltare NI MyRIO 1900
 - ✓ Sursă de alimentare cu tensiune continuă
 - ✓ Rezistență de mare putere bobinată pe substrat ceramic
 - ✓ Traductor de temperatură de tip LM-35
 - ✓ Plăcuța modulară nr. 4 având releu încorporat
 - ✓ Ventilatoare alimentate de la tensiune continuă
 - ✓ Plăcuță universală de racord
 - ✓ Variatoare de tensiune continuă cu un singur element comutator
 - ✓ Cabluri cu borne de racord
 - ✓ Calculator personal având mediul NI VeriStand și Matlab – Simulink instalate

Componente necesare pentru implementarea aplicațiilor



Calculator personal cu
mediul NI VeriStand și
Simulink instalat



Platforma de dezvoltare
National Instruments MyRIO 1900



Traductor
LM-35



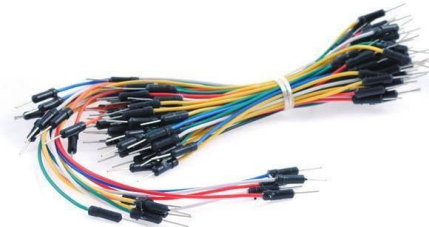
Rezistență de
mare putere



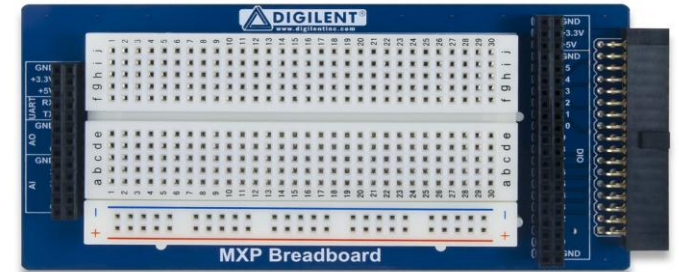
Variator de
tensiune continuă



Sursă de alimentare
programabilă

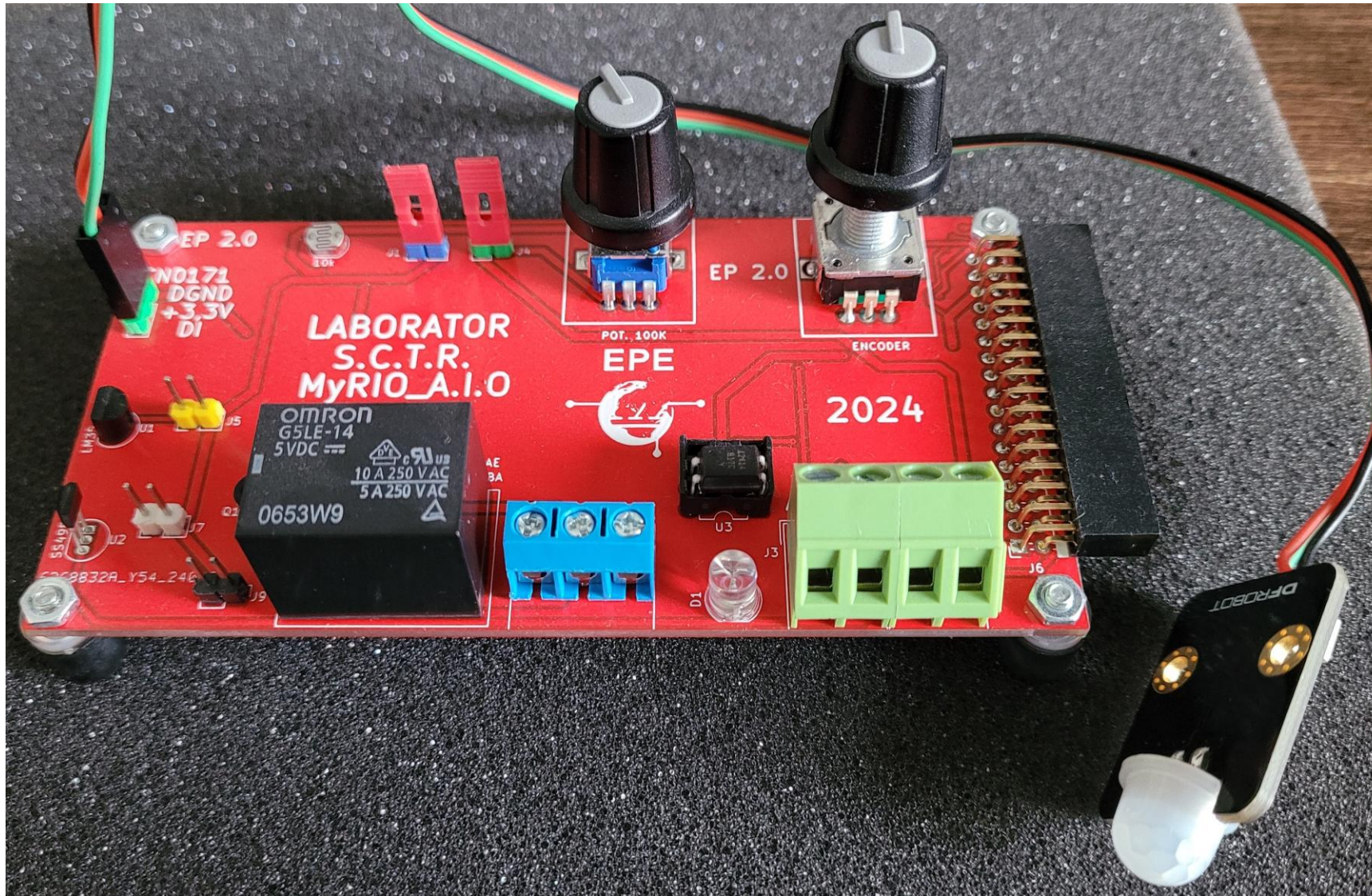


Cabluri flexibile pentru
conexiune rapidă



Plăcuță universală
pentru racord

Plăcuța modulară nr. 4



Prezentarea plăcuțelor modulare aferente porturilor NI MyRIO 1900

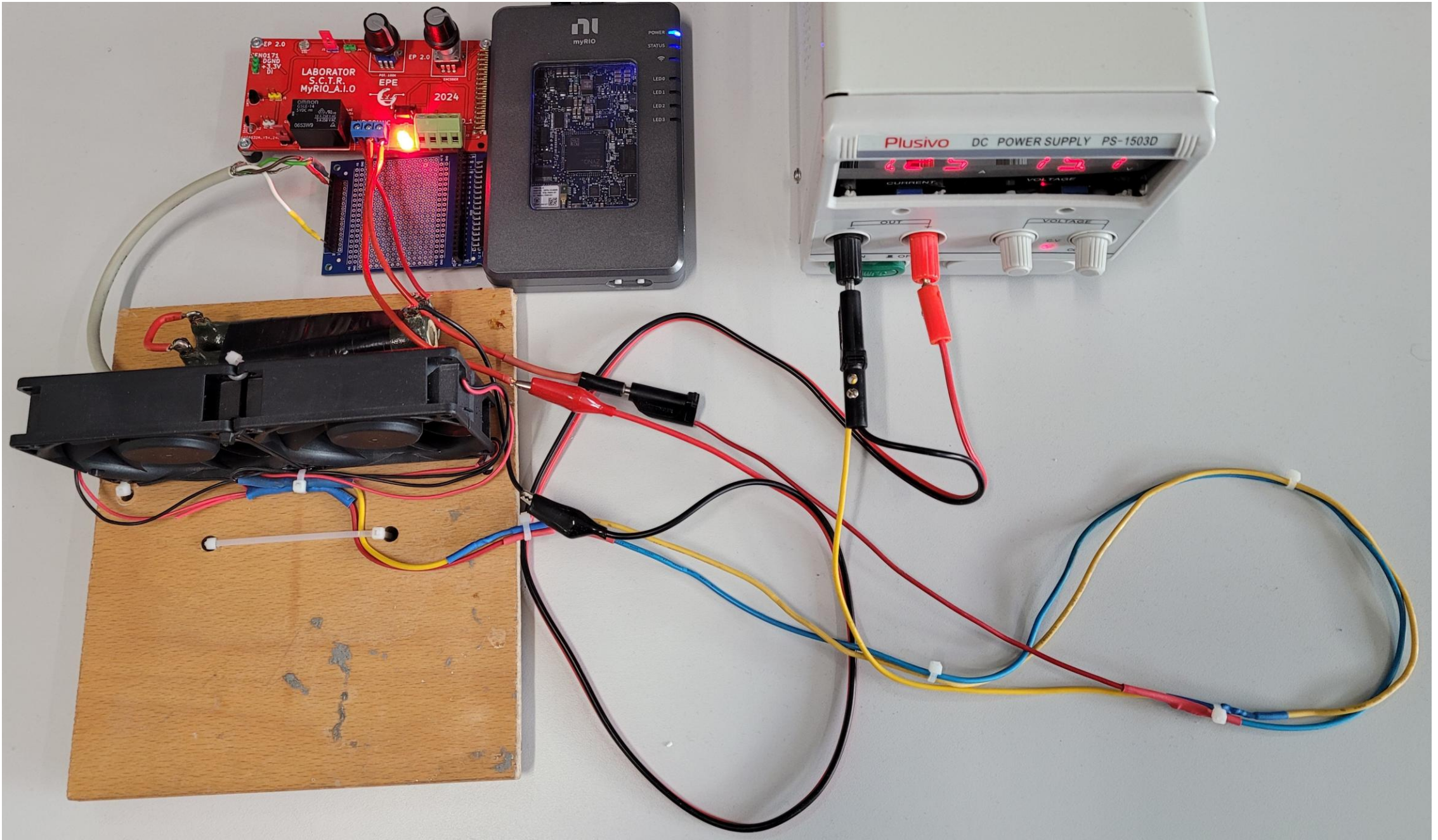
❖ Plăcuța modulară nr. 4 conține următoarele componente electronice:

Simbolul elementului din circuit	Terminal convențional	Terminal fizic MXP	Funcție
R1 (LDR-07) 10k	AI0_B	3	Intrare analogică
POT 100k	AI1_B	5	Intrare analogică
LM35 – LP	AI2_B	7	Intrare analogică
SS49E	AI3_B	9	Intrare analogică
K1 (Releu OMRON)	DIO3_B	17	Ieșire digitală
Encoder SIG_A	DIO11 / DIO8 _ B	18 / 27	Intrare digitală
Encoder SIG_B	DIO12 / DIO9 _ B	22 / 29	Intrare digitală
Encoder SIG_SW	DIO13_B	26	Intrare digitală
SEN0171 DFROBOT	DIO4_B	19	Intrare digitală
AO_0	AO0_B	2	Ieșire analogică
AO_1	AO1_B	4	Ieșire analogică

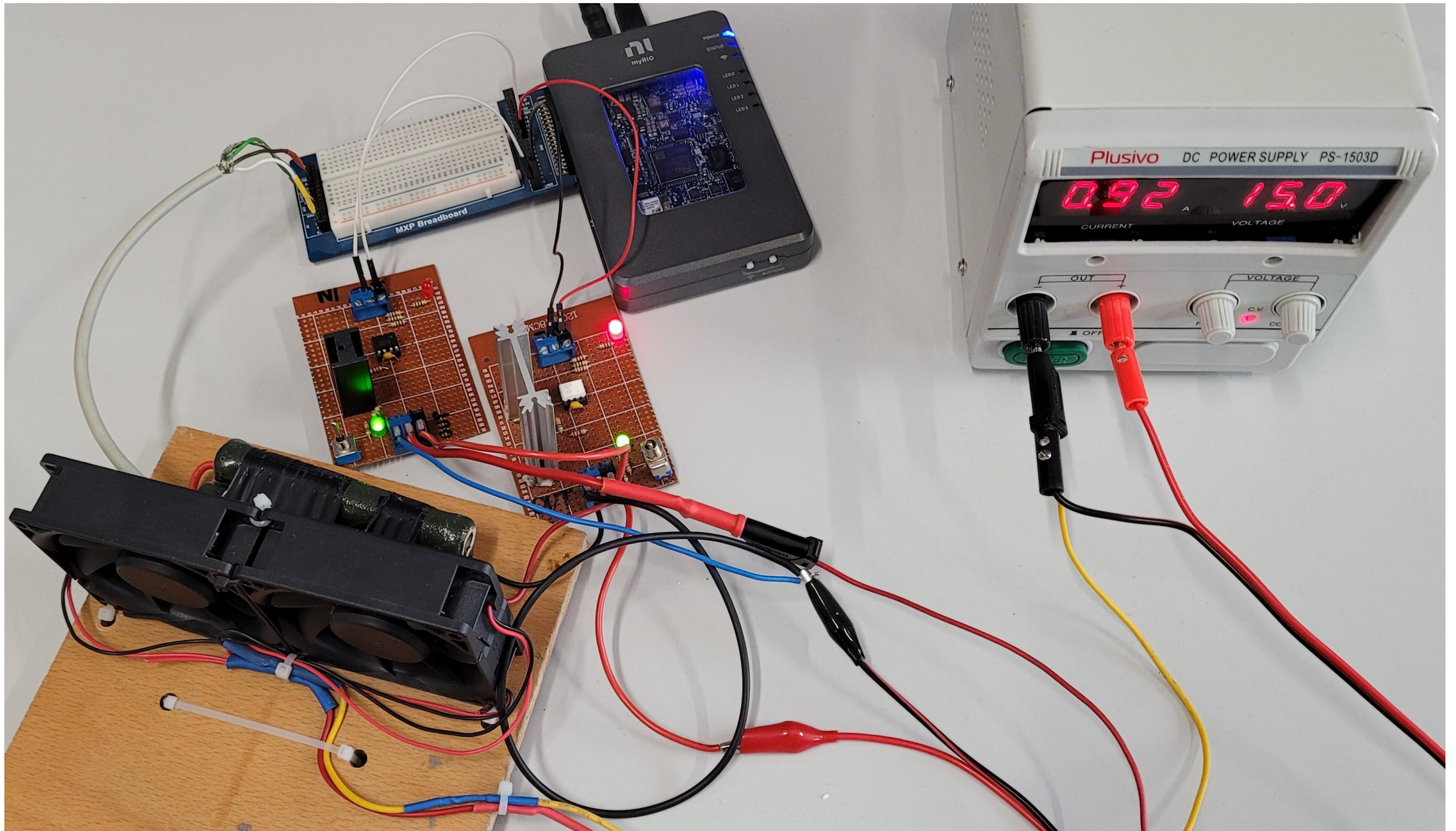
Implementarea algoritmului de reglare în cadrul mediului NI VeriStand

- ❖ Se vor implementa două montaje:
 - ✓ Montajul pentru controlul temperaturii cu histerezis
 - ✓ Montajul pentru controlul temperaturii cu regulator proporțional integrator

Montajul pentru implementarea controlului temperaturii cu histerezis



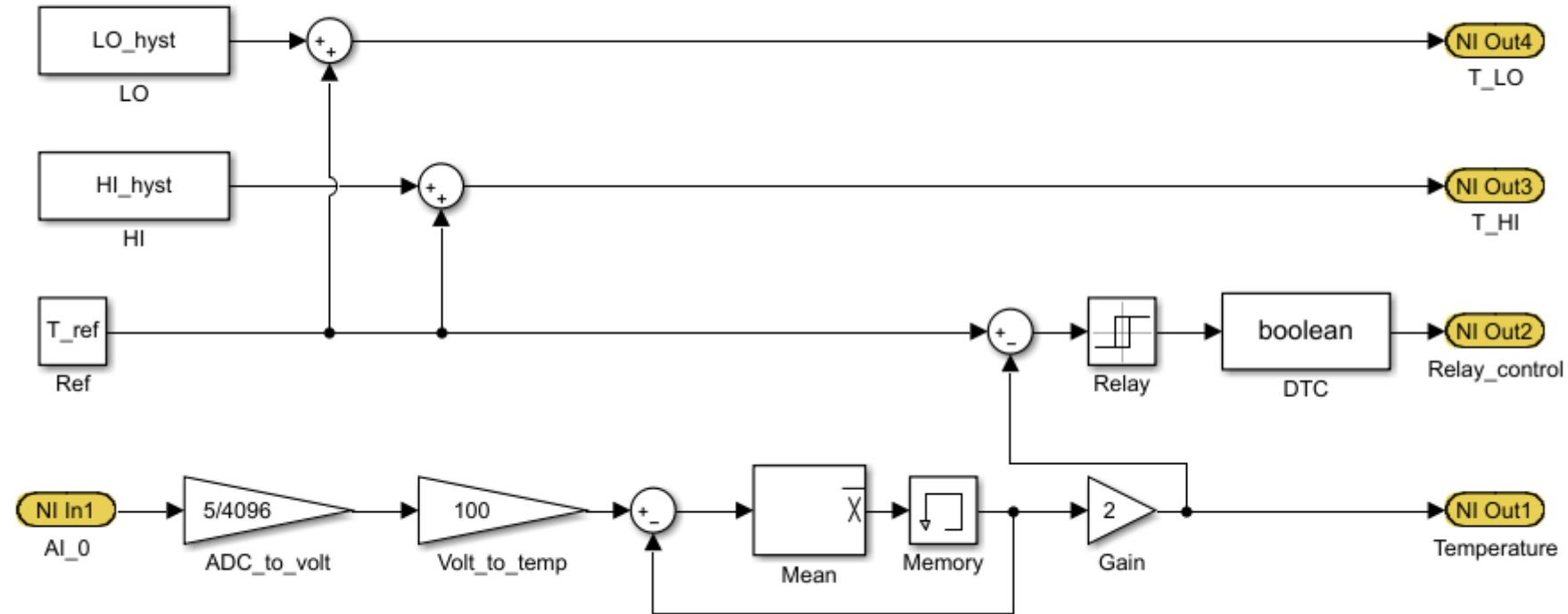
Montajul pentru implementarea controlului temperaturii cu regulator PI



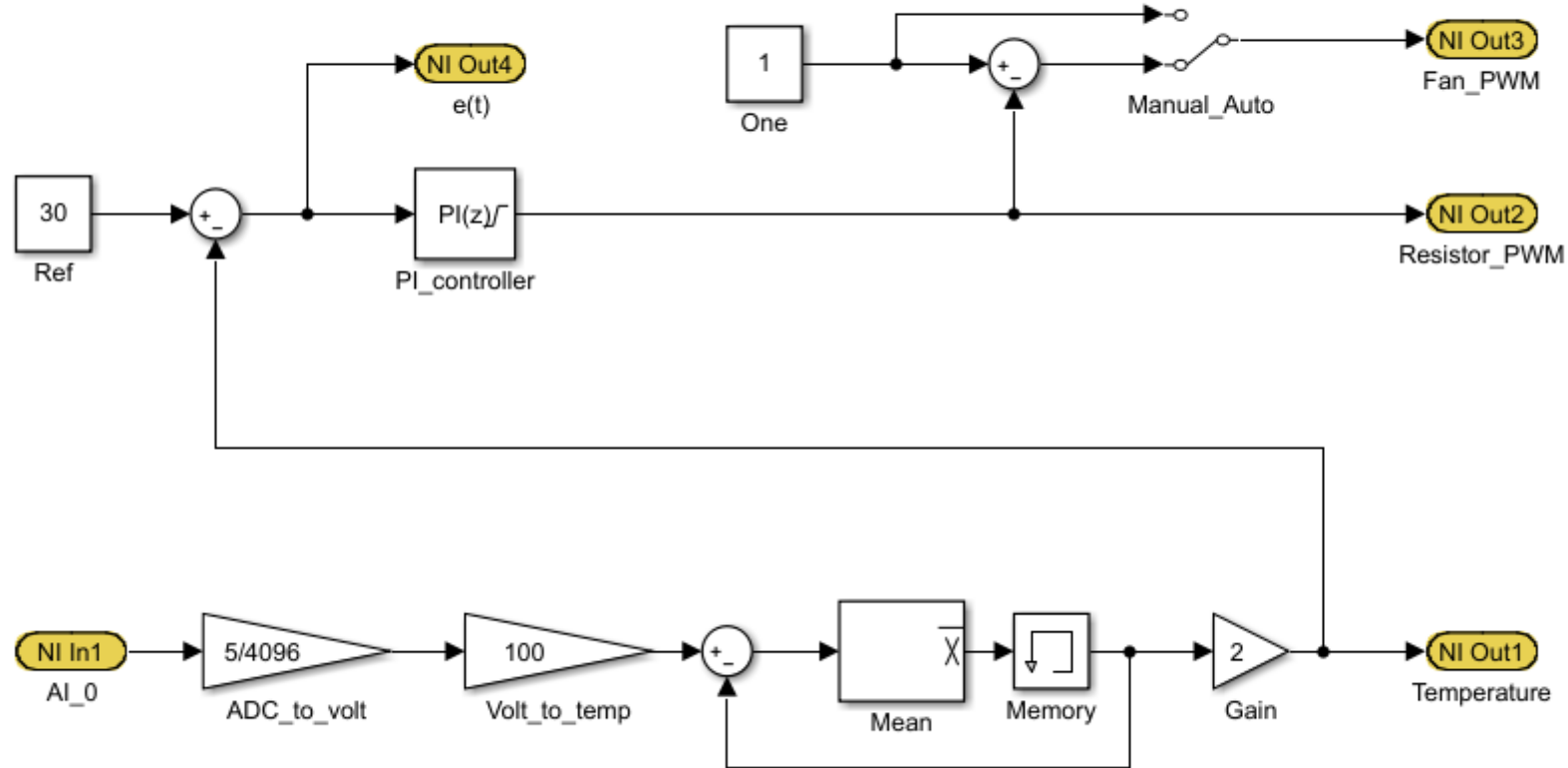
Implementarea algoritmului de reglare în cadrul mediului NI VeriStand

- ❖ Se vor implementa două modele Matlab – Simulink:
 - ✓ Modelul pentru controlul temperaturii cu histerezis
 - ✓ Modelul pentru controlul temperaturii cu regulator proporțional integrator

Modelul pentru implementarea controlului temperaturii cu histerezis



Modelul pentru implementarea controlului temperaturii cu regulator PI

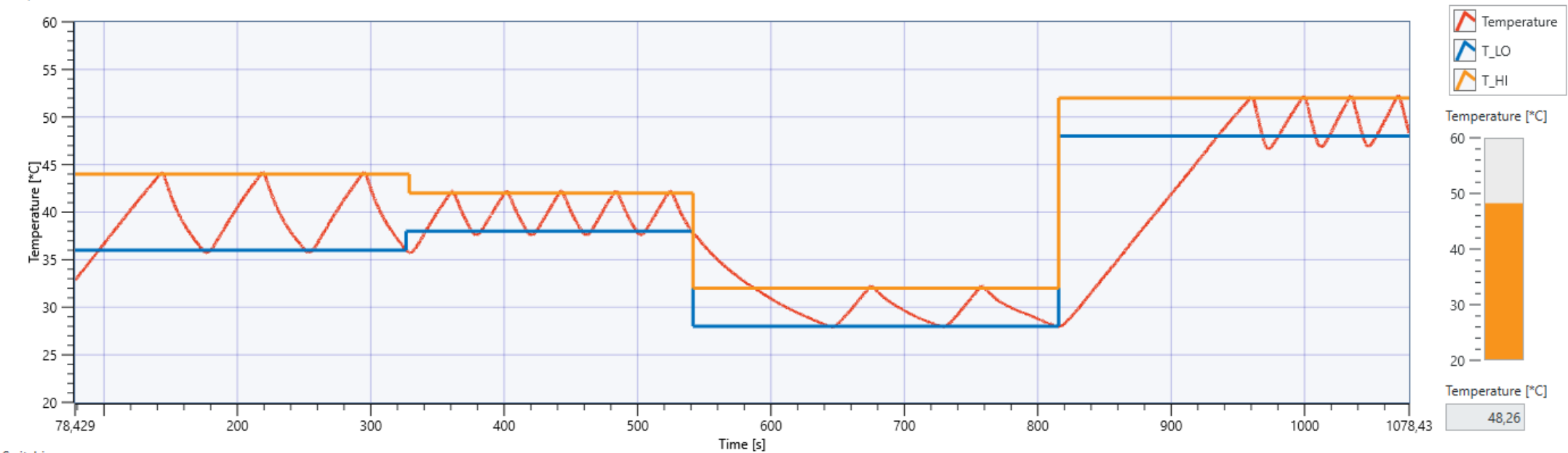


Implementarea algoritmului de reglare în cadrul mediului NI VeriStand

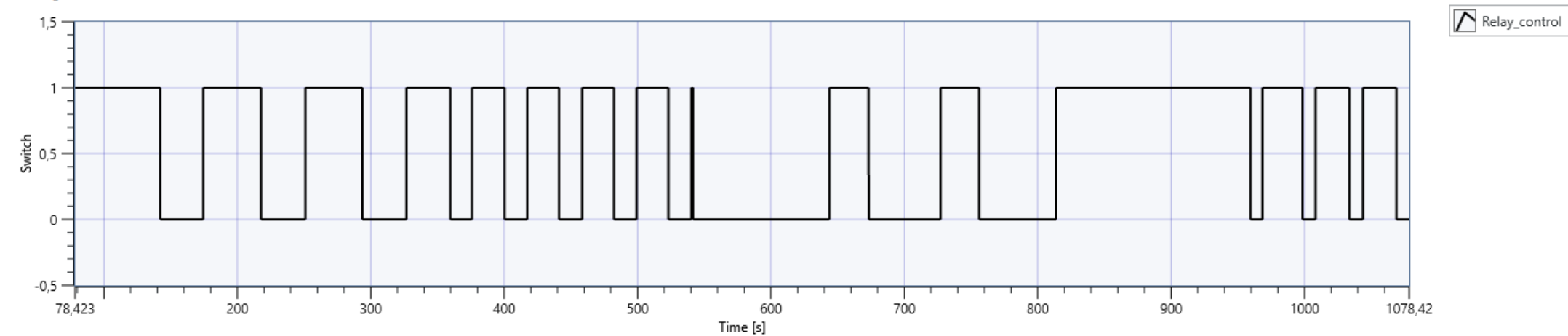
- ❖ Se vor implementa două programe în cadrul mediului NI VeriStand:
 - ✓ Programul pentru controlul temperaturii cu histerezis
 - ✓ Programul pentru controlul temperaturii cu regulator proporțional integrator

Implementarea panoului frontal în cadrul mediului NI VeriStand pentru reglarea temperaturii cu histerezis

Temperature in time



Switching



T_ref

50

OffSwitchValue

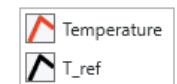
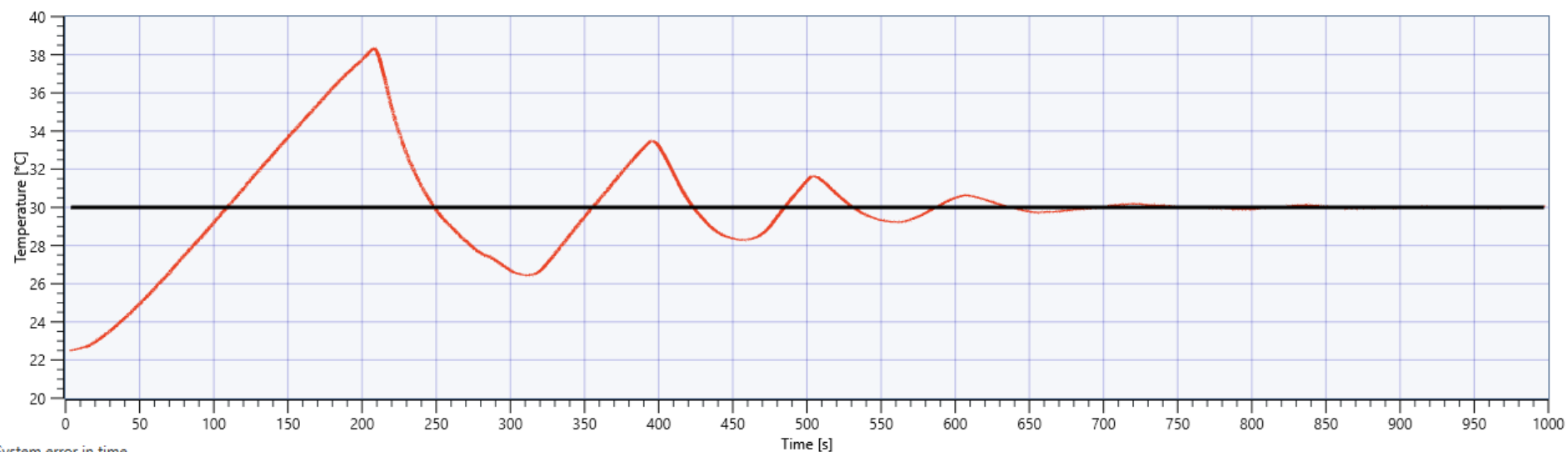
-2

OnSwitchValue

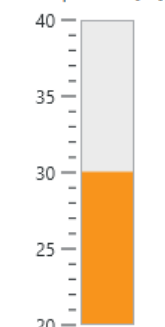
2

Implementarea panoului frontal în cadrul mediului NI VeriStand pentru reglarea temperaturii cu regulator PI

Temperature in time



Temperature [°C]



Temperature [°C]

30,05



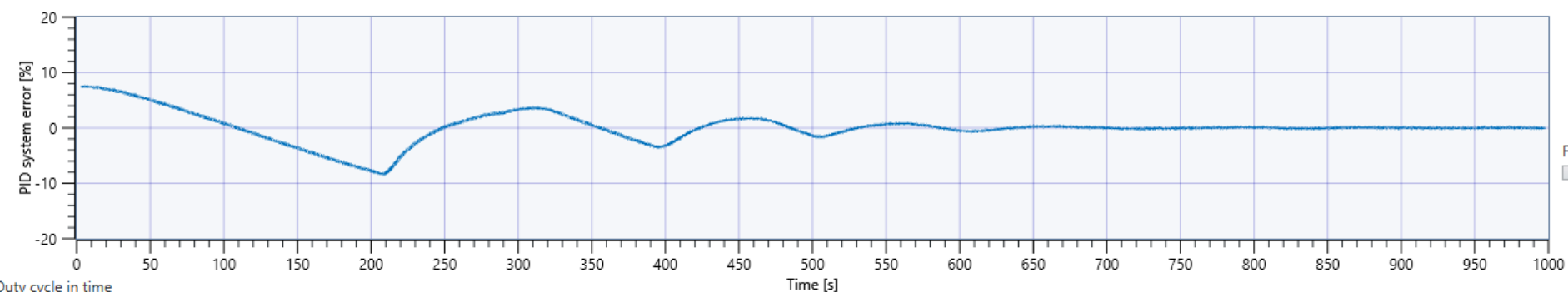
T_ref [°C]

30

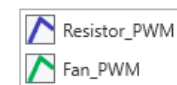
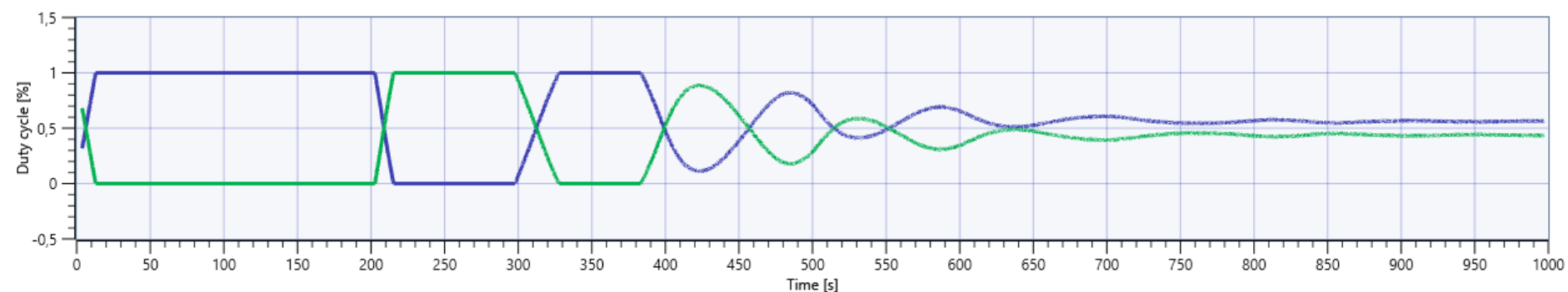
Fan control

Auto Manual

System error in time



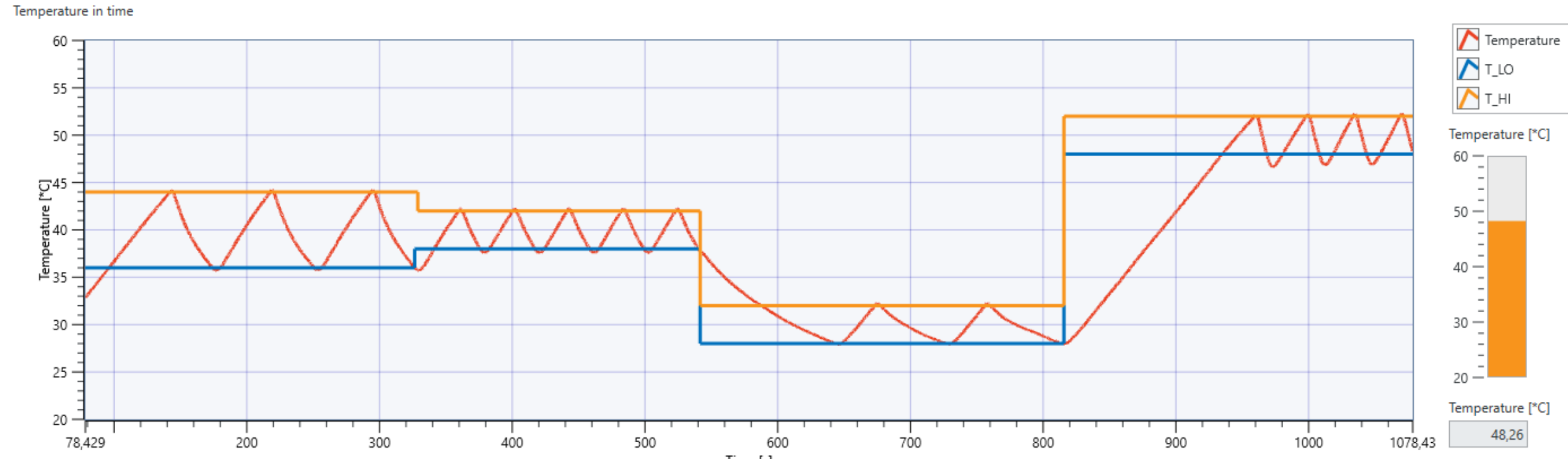
Duty cycle in time



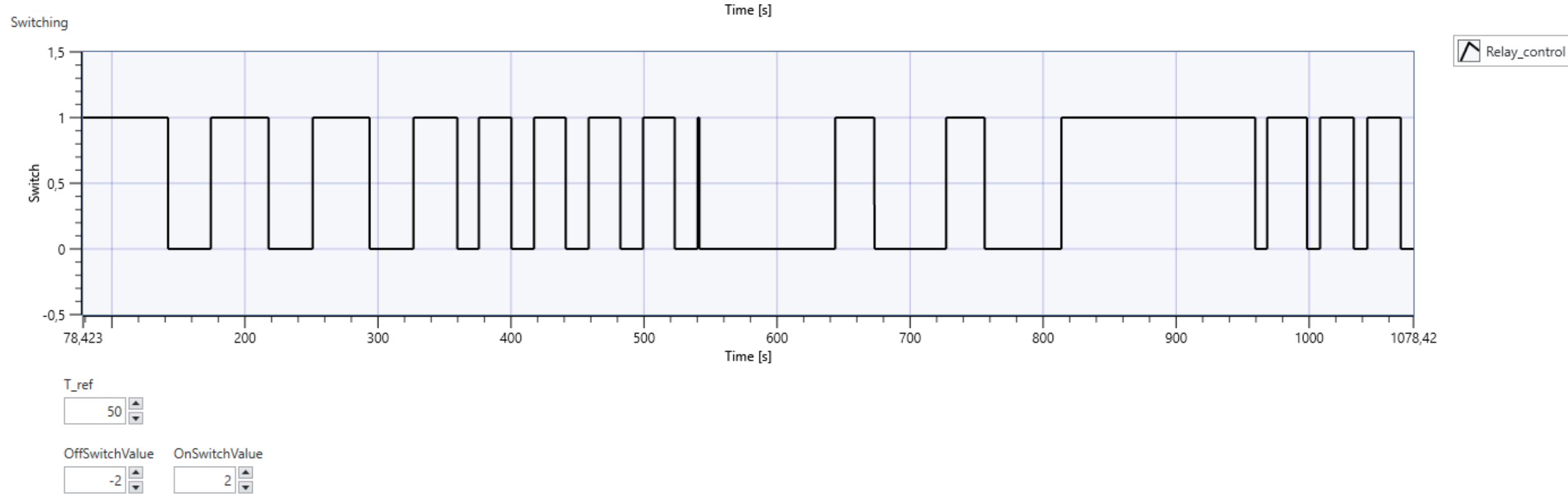
Verificarea rezultatelor

- ❖ În cadrul celor două modele se vor verifica următorii indicatori:
- ✓ Temperatura de referință
- ✓ Temperatura măsurată
- ✓ Semnalul de comandă
- ✓ Eroarea sau abaterea sistemului de la mărimea de referință

Reglarea temperaturii prin intermediul regulatorului cu histerezis

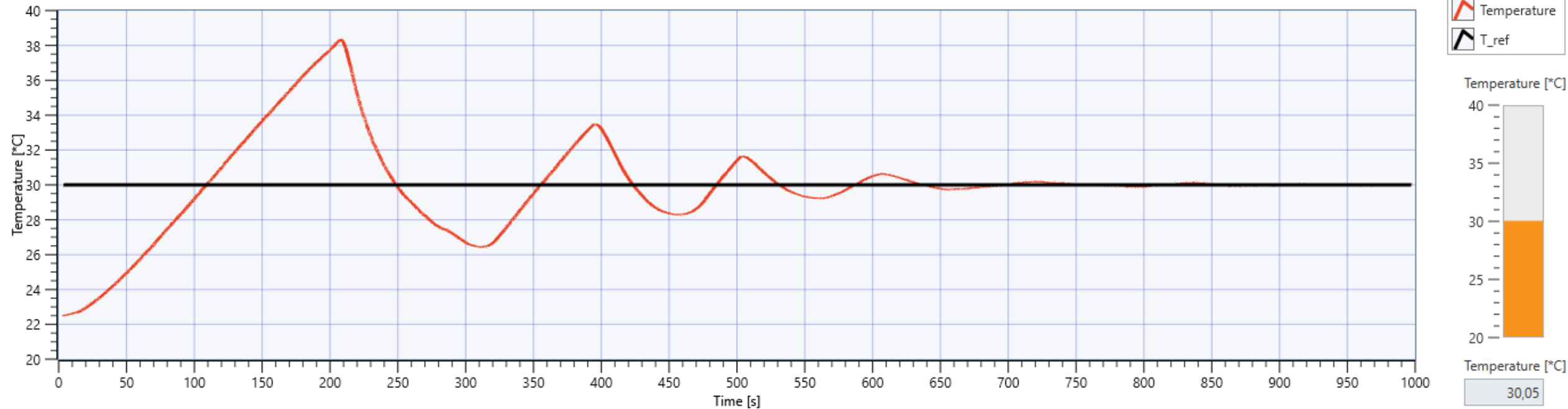


Reglarea temperaturii prin intermediul regulatorului cu histerezis



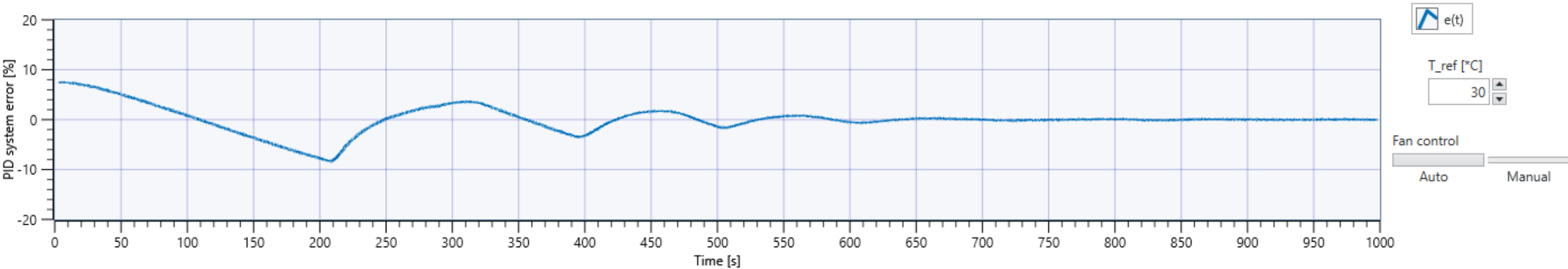
Reglarea temperaturii prin intermediul regulatorului proporțional integrator

Temperature in time



Reglarea temperaturii prin intermediul regulatorului proporțional integrator

System error in time



Reglarea temperaturii prin intermediul regulatorului proporțional integrator

Duty cycle in time

