



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

სამაგისტრო პროგრამა

„ინფორმაციული სისტემები „

საგანი „ინტელექტუალური სისტემები“

პროექტი:

გათბობა-გაგრილების მართვის სისტემის ფაზი-  
კონტროლერი

შემსრულებელი სტუდენტი: ირაკლი პარშუტკინი

ხელმძღვანელი: პროფ. გია სირბილაძე

თბილისი

- 2021-

## სარჩევი

შესავალი .....	2
მექანიკური თერმოსტატი .....	2
ელექტრონული თერმოსტატი .....	6
სისტემის მუშაობის აღწერა .....	7
პროგრამული უზრუნველყოფა .....	8
ფაზი-თერმები .....	9
ფაზი-წესები .....	10
USB-TTL კონვერტორი .....	12
STM8F103F3P6 .....	13
DS18B20 .....	14
DHT11 .....	15
აწყობილი აპარატურა .....	15
ლიტერატურა .....	17

## შესავალი

პროექტის ფარგლებში კონსტრუირებულია გათბობა-გაგრილების მართვის სისტემის ფაზი-კონტროლერი. შექმნილია სათანადო პროგრამული და აპარატურული უზრუნველყოფა.

აღნიშნული მართვის სისტემის, როგორც მართვის კონტროლერის ერთ-ერთი ძირითადი უპირატესობა სხვა ტიპის მართვის სისტემებთან მიმართებაში არის ძალიან მოქნილი და მოსახერხებელი სამომხმარებლო ინტერფეისი. ასევე სისტემის მუშაობის მონიტორინგისა და მართვის პროცესში არაა საჭირო სიღრმისეული ცოდნა თუ როგორ მუშაობს მართვის თითოეული კომპონენტი. გადავიდეთ ამ კომპონენტების დახასიათებაზე.

## მექანიკური თერმოსტატი

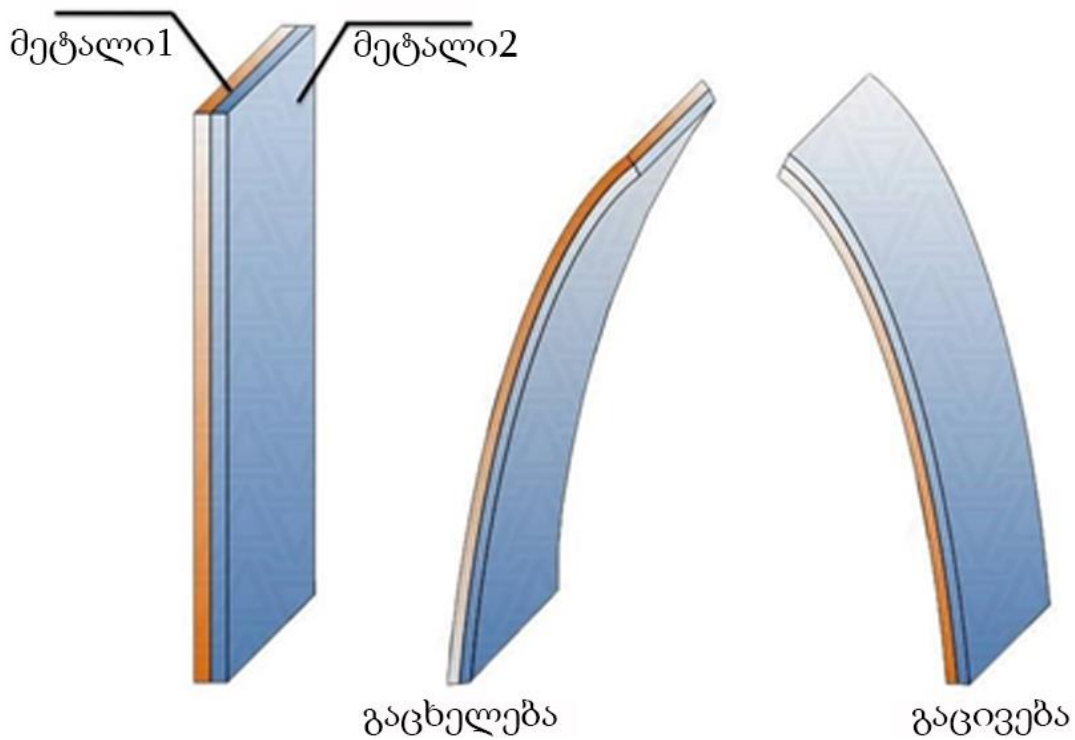
ტემპერატურის მართვის ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი და ცნობილი მეთოდია თერმოსტატით გამაცხელებლის/გამაცივებლის რეგულირება. ასეთი მოწყობილობის ერთ-ერთი მაგალითი მოყვანილია ქვემოთ მოცემულ სურათზე.



სურ. 1. მექანიკური თერმოსტატი.

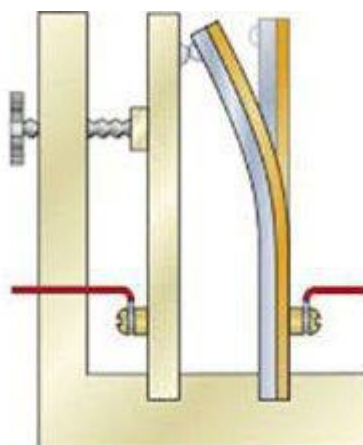
ასეთ მოწყობილობას აქვს მხოლოდ ერთადერთი ფუნქცია - შეკრას ან გაწყვიტოს ელექტრული წრედი ტემპერატურული რეჟიმიდან გამომდინარე. როგორ ხდება ამ მოწყობილობით ელექტრული წრედის მართვა, თუ მას არ სჭირდება არანაირი დენის წყარო, არც პერსონის, ექსპერტის ჩარევა?

მექანიკური თერმოსტატების ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ბიმეტალის ფირფიტა (სურ. 2). ეს არის ფირფიტა, რომელიც შედგენილია ორი სხვადასხვა ლითონის მცირე სისქის ფირფიტიდან. ფიზიკური თვისებებიდან გამომდინარე ტემპერატურის ცვლილებისა და სხვადასხვა გაფართოების კოეფიციენტების შედეგად ფირფიტა თავისით იღუნება ორივე მიმართულებით, გააჩნია რა იყო მასალის ტემპერატურა წარმოებისას და როგორია მისი მნიშვნელობა მოცემულ მომენტში.



სურ. 2. ბიმეტალის ფირფიტა

სურ. 3-ზე არის თერმოსტატის ძირითადი კვანძის სქემა. ელექტრული წრედის ერთი კონტაქტი მიერთებულია ბიმეტალის ფირფიტასთან, ხოლო მეორე - მეტალის კონსტრუქციასთან, რომლის გადაადგილება შესაძლებელია გარედან წვდომადი მბრუნავი მექანიზმით.



სურ. 3. ბიმეტალის ფირფიტა ელექტროგადამრთველში

ძირითადად, ასეთი აგებულების თერმოსტატების მოვალეობაა ელექტრული წრედის გაწყვეტა გადახურების გამო, მაგალითად, 70 გრადუსზე ითიშება რომელიმე გამაცხელებელი მოწყობილობა, რომელზეც მიბმულია ეს თერმოსტატი. სხვა სქემატიკის შემთხვევაში

თერმოსტატის იმუშავებს პირიქით - 70 გრადუსზე ზევით წრედი იქნება შეკრული, სხვა შემთხვევაში გაწყვეტილი.

არსებობენ თერმოსტატები, რომლებსაც აქვთ 3 გამომყვანი - 1 საერთო და 2 მართვადი NC (Normally Close) და NO (Normally Open). ასეთ შემთხვევაში ერთი თერმოსტატი შეიძლება იყოს მიერთებული ნებისმიერ წრედში ზემოთ მოყვანილი მაგალითებიდან.



სურ. 4. მექანიკური თერმოსტატის ძირითადი მექანიზმი

აღნიშნული კონსტრუქციიდან გამომდინარე მექანიკური თერმოსტატი იმუშავებს ნებისმიერ პირობებში, არც სჭირდება კვების წყარო. თუმცა მას აქვს რამდენიმე უარყოფითი მხარე:

1. ინერტულობა - თავისი სამუშაო მდგომარეობის შესაცვლელად ფირფიტა უნდა გაცხელდეს, ამ პროცესს სჭირდება დრო. როცა კონტაქტი გაწყდა და ტემპერატურამ დაიწია, აქაც საჭიროა დრო იმისთვის, რომ ფირფიტა გაცივდეს და დაბრუნდეს საწყის მდგომარეობაში;
2. დაბალი სიზუსტე - თერმოსტატის ზუსტად დაყენება კონკრეტულ ტემპერატურაზე თითქმის შეუძლებელია, განსაკუთრებით მაღალ ტემპერატურებზე.

## ელექტრონული თერმოსტატი

ელექტრონული მოწყობილობების განვითარების დახმარებით მექანიკური თერმოსტატი შეიცვალა ელექტრონულით (სურ. 5). მოცემულ თერმოსტატში მთავარი „ტვინი“ არის მიკროკონტროლერი, რომელიც იღებს მონაცემებს სენსორისგან, ამუშავებს და იღებს გადაწყვეტილებას - ჩართოს თუ გამორთოს რელე, რომელიც მართავს ძალურ სქემას.

მომხმარებელს შეუძლია დააპროგრამოს თავისით ეს პლატა. კერძოდ, შეუძლია შეცვალოს ტემპერატურის მნიშვნელობა, რომელზეც რელე იცვლის მდგომარეობას, ასევე ჰისტერეზისის დამატება/წაშლა, დამატებითი დაყოვნება და ა.შ. ამ მოწყობილობის დიდი დადებითი მხარეა ციფრული ეკრანი, რომელზეც ნაჩვენებია ტემპერატურა 0.1 გრადუსის სიზუსტით.



სურ. 5. ელექტრონული თერმოსტატი W1209 (თერმორელე)

ასეთი მოწყობილობების გამოყენება შესაძლებელია შენობებში ოთახის ტემპერატურის სამართავად (სურ. 6), ასევე ქარხნებში და სხვადასხვა საწარმოებში, სადაც საჭიროა მხოლოდ კონკრეტული ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა მაღალი სიზუსტით და საიმედოობით (სურ. 7).



სურ. 6. ოთახის თერმოსტატი



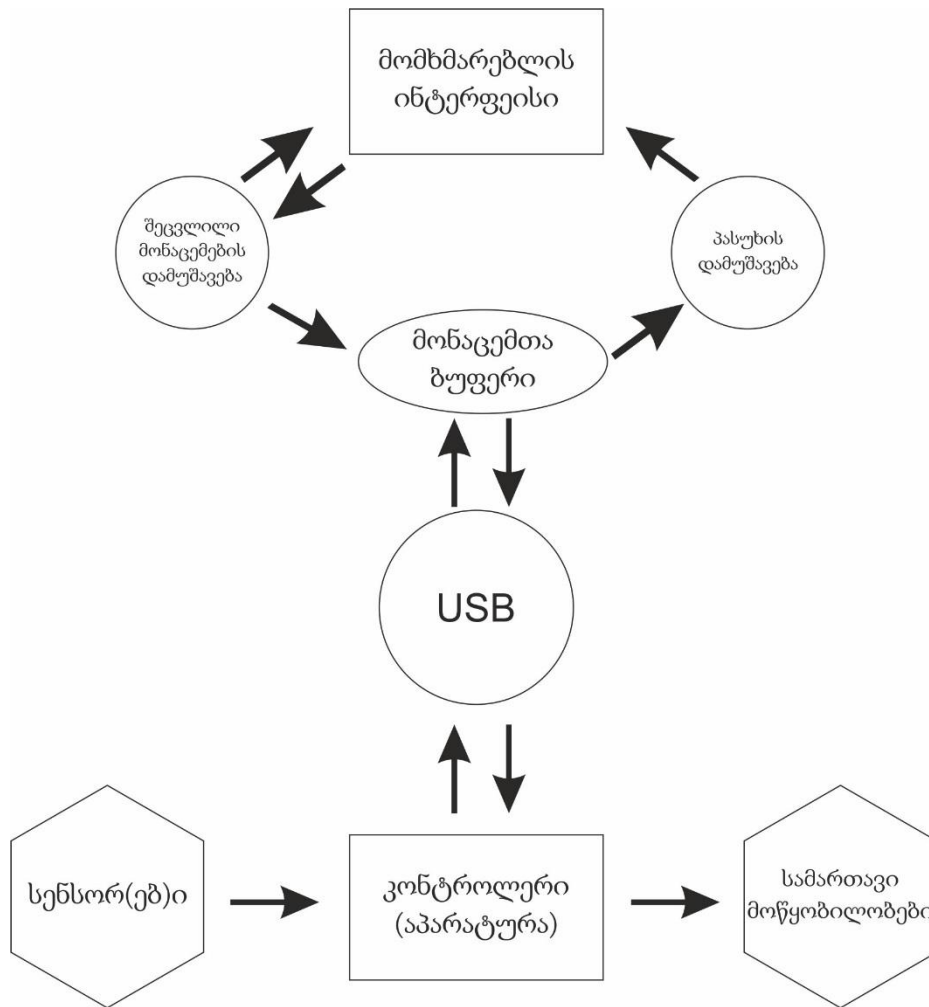
სურ. 7. ციფრული თერმოსტატის DIN პროფილზე დამაგრებისთვის

განხილული თერმოსტატების რეჟიმის დაყენება და მიმდინარე მდგომარეობის დათვალიერება უნდა ხდებოდეს ადამიანის მიერ, ვინც უშუალოდ შეეხება ამ მოწყობილობას. კომპიუტერთან დაკავშირების შემთხვევაში არაა საჭირო ყოველთვის უშუალოდ თერმოსტატის დათვალიერება. ინტელექტუალური სისტემის გამოყენებით შესაძლებელია ისეთი პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა, რომელიც დაუკავშირდება ერთ ან რამდენიმე მოწყობილობას, ავტომატურად დააკონფიგურირებს წინასწარ განსაზღვრული პროფილით და მუდმივად ამოიღებს მის მიმდინარე მდგომარეობას, შეცვლის ბრძანებით ამ მოწყობილობების პარამეტრების შიგთავსებს, გადაყენების მიზნით, დროის მიმდინარე პროცესში.

ასეთ თერმოსტატში დამატებითი კომპონენტების გამოყენების შემთხვევაში ასევე შესაძლებელია ლოგირება. მაგალითად, დღის განმავლობაში ჩართულ მდგომარეობაში რა ენერგომომხარება იყო ამა თუ იმ ელექტროგამანაწილებელზე. სისტემის მორგება შესაძლებელია ნებისმიერი მიზნებისთვის და ამოცანებისთვის.

## სისტემის მუშაობის აღწერა

განხილული თერმოსტატების რეჟიმის დაყენება და მიმდინარე მდგომარეობის დათვალიერება უნდა ხდებოდეს ადამიანის მიერ, ვინც უშუალოდ შეეხება ამ მოწყობილობას. რეალური სისტემის მართვის პროგრამულ უზრუნველყოფასთან დაკავშირების შემთხვევაში არაა საჭირო ყოველთვის უშუალოდ თერმოსტატის დათვალიერება.



სურ. 8. მართვის სისტემის მუშაობის ბლოკ-სქემა

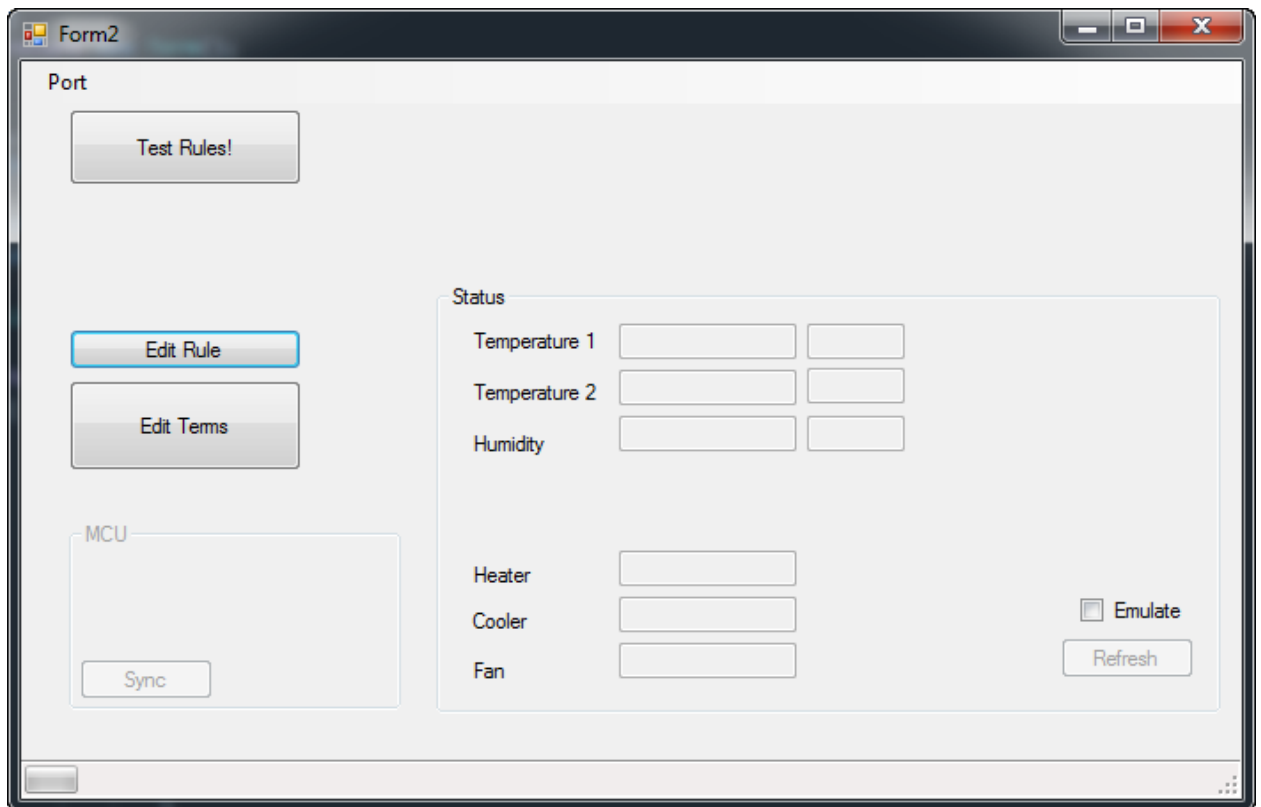
პროექტის ფარგლებში ამ მიზნით შეიქმნა ახალი ტიპის მართვის კონტროლერი, მართვის ფაზი-კონტროლერი. სურათზე ნაჩვენებია საპროექტო ნაშრომში კონსტრუირებული მართვის სისტემის მუშაობის ბლოკ-სქემა. შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფის რეალიზებით სისტემა მომხმარებლისთვის გასაგები ინტერფეისით, უკავშირდება USB ინტერფეისის კონტროლერს, გადასცემს მიმდინარე მუშაობის პარამეტრებს /მდგომარეობებს, ხოლო კონტროლერი ფაზი-წესებზე დაბუძნებული ცოდნის ბაზის მეშვეობით ამუშავებს შემომავალ მონაცემებს, მიღებულს სენსორ(ებ)ისგან (თერმომეტრი, ტენზომომი) და მართავს მთლიანად მოწყობილობას (გამაცხელებელი, გამაგრილებელი, სავენტილაციო სისტემა).

### პროგრამული უზრუნველყოფა

ახლა გადავიდეთ პროგრამული უზრუნველყოფის იმპლემენტაციაზე. ქვემოთ სურათ-ფანჯარაში ნაჩვენებია გაშვებული პროგრამის ძირითადი მოქმედების სახე.

პროგრამაში მოცემულია 6 ლინგვისტური ცვლადი - 2 ტემპერატურისა და 1 ტენიანობის სენსორისთვის და თითოეული გამაცხელებელი, გამაცივებელისა და ქულერისთვის. თითოეულ ცვლადს აქვს თავისი ფაზი-თერმომები (მნიშვნელობები), რომელთა სინტაქსის შესაბამისი სემანტიკური ფორმები წარმოდგენილია ფაზი-სიდიდეები.

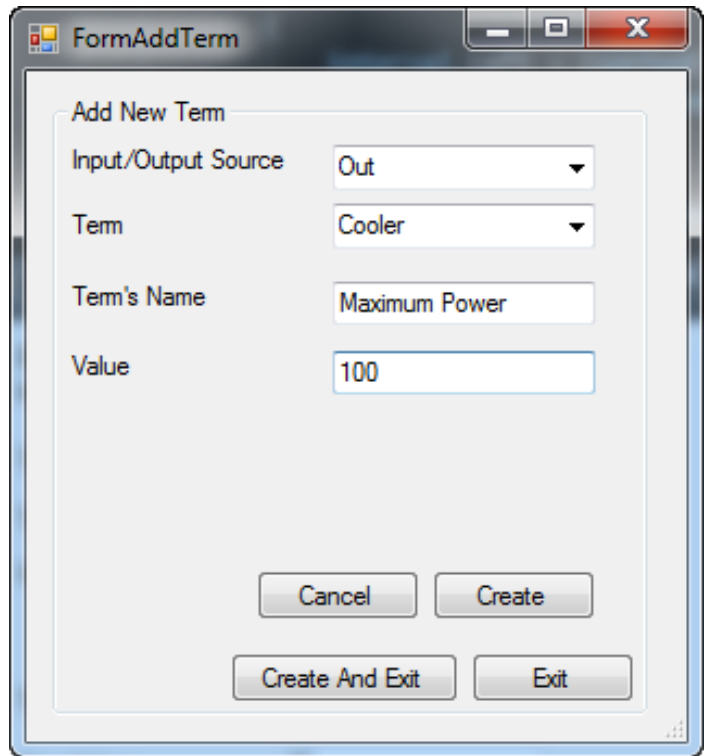
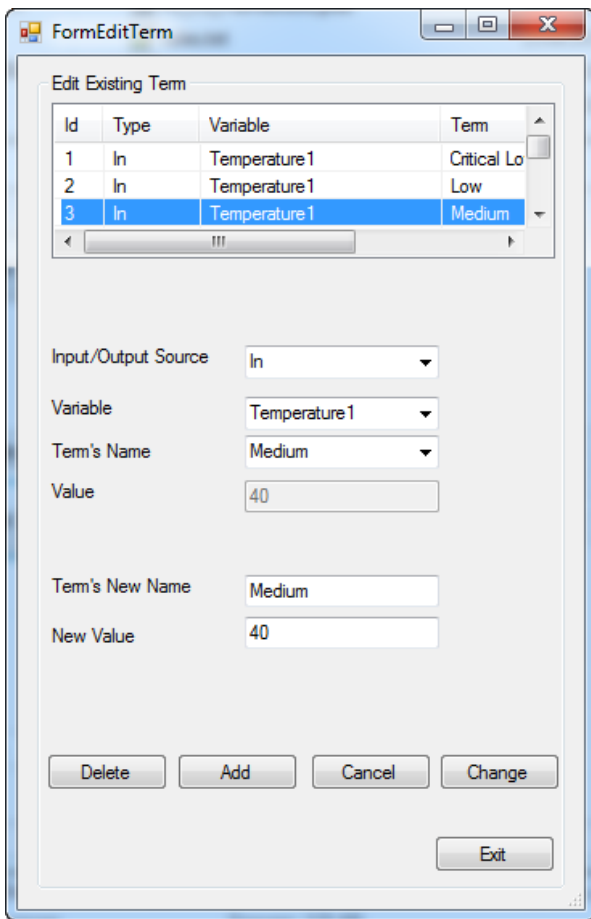




სურ. 9. გაშვებული პროგრამის ინტერფეისი

### ფაზი-თერმები

პირველ რიგში, ჩვენ უნდა განვმარტოთ რამდენი ფაზი-თერმი გვჭირდება თითოეული ცვლადისთვის. ეს არის მარტივი პროცედურა. “Edit Term” ლილაკზე დაჭერით გამოჩნდება თერმის რედაქტირების ინტერფეისი (სურ. 10ა). “Input/Output Source”-ში ვირჩევთ რომელი კატეგორიის ცვლადის რედაქტირება გვინდა (In, Out), “Variable”-ში ვირჩევთ ცვლადს (შემამავალი კატეგორიისთვის “Temperature1”, “Temperatura2”, “Humidity”, გამომავალისთვის - “Heater”, “Cooler”, Fan). ამის შემდეგ “Term’s Name”-ში გამოჩნდება ყველა ის ფაზი-თერმი, რომელიც მიბმულია განხილულ ცვლადთან (მათი არსებობის შემთხვევაში). აქედან შეგვიძლია შევუცვალოთ თერმს სახელი და რიცხვითი მნიშვნელობა.



ბ

სურ. 10. ფაზი-თერმების რედაქტირების (ა) და შექმნის (ბ) ფანჯრები

ფაზი-თერმის დამატებისთვის “Add” ღილაკით გადავდივართ სხვა ფანჯარაში (სურ. 10ბ). ყველა პროცედურა იგივეა - ვირჩევთ კატეგორიას, ცვლადს და ვანიჭებთ მას სახელსა და მნიშვნელობას.

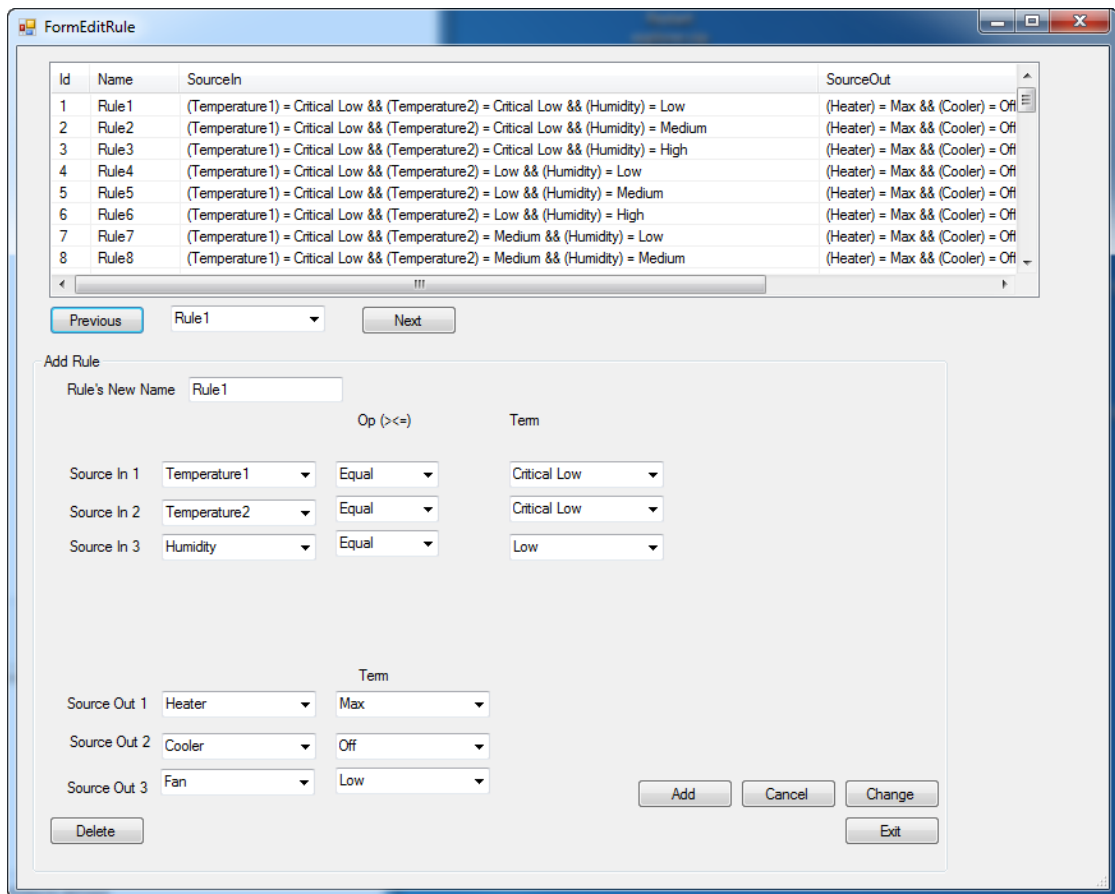
### ფაზი-წესები

ახლა გადავიდეთ ფაზი-წესებზე.

ჩვენთვის ხელმისაწვდომია ყველა წესის დათვალიერება და რედაქტირება “Edit Rule” ღილაკით. გამოსულ ფანჯარაში ჩვენ ვხედავთ წესის პირობებს (Source In 1, Source In 2, Source In 3). ლინგვისტური ცვლადის არჩევის შემდეგ ვირჩევთ ოპერაციას, რომლის შესრულება აუცილებელია წესის დასაკმაყოფილებლად, ამ შემთხვევაში ეს არის “Equal” ოპერატორი. “Term” ველში გვაქვს ფაზი-თერმების ჩამონათვალი.

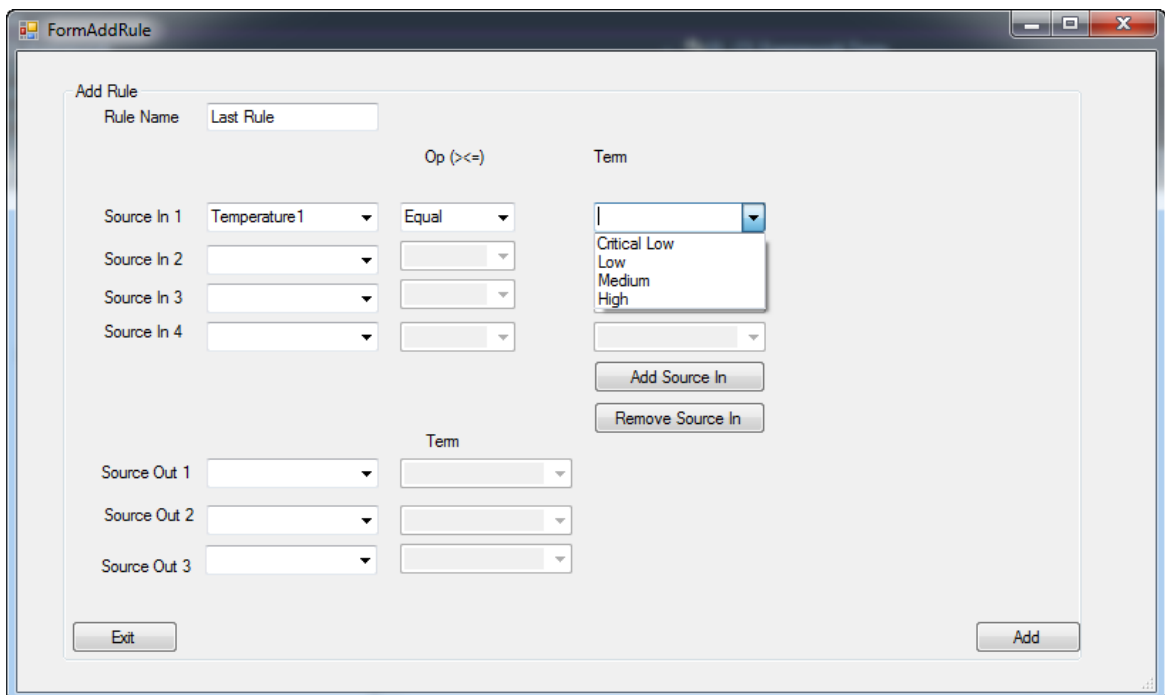
ინტერფეისის ქვედა ნაწილში მოთავსებულია პარამეტრები, რომლებსაც მიიღებს სისტემა მიმდინარე წესის თითოეული პირობის შესრულების შედეგად.

ცოდნის ბაზის შექმნა ხდება ადამიანის მიერ, მან უნდა გადაწყვიტოს რამდენი თერმი ექნება თითოეულ ლინგვისტურ ცვლადს. მაგალითად, პირველი ტემპერატურისთვის დანიშნავს 3 თერმს - დაბალი, საშუალო, მაღალი, თავისი მნიშვნელობებით, ხოლო მეორესთვის 5 თერმს - ძალიან დაბალი, დაბალი, საშუალო, მაღალი, ძალიან მაღალი. აქედან გამომდინარე, წესების რაოდენობაც იქნება განსხვავებული ცალკეული შემთხვევებისათვის.



სურ. 11. „წესის რედაქტირება“

წესის დამატება შესაძლებელია “Add” ღილაკზე დაჭერით, რის შემდეგ გამოდის ახალი წესის შექმნის ფანჯარა (სურ. 12).



სურ. 12. „წესის შექმნა“

## USB-TTL კონვერტორი

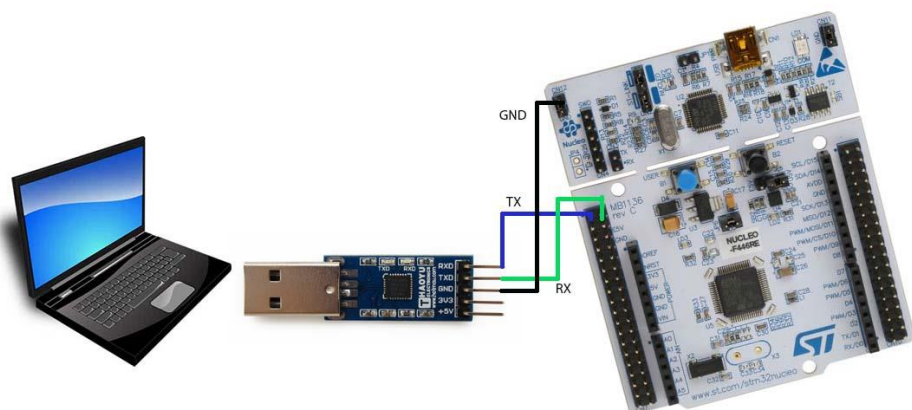
კომპიუტერსა და კონტროლერს შორის კავშირი ხორციელდება USB-TTL კონვერტორით. იგი წარმოადგენს მცირე მოწყობილობას ორი ინტერფეისით - USB (Universal Serial Bus) და UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), რომელთა გარდაქმნა ხდება ორმხრივად. კომპიუტერი იყენებს USB ინტერფეისს, რადგან იგი უნივერსალურია და ყველა კომპიუტერს აქვს მისი მხარდაჭერა, ხოლო კონტროლერი - UART ინტერფეისს მისი სიმარტივის და შედარებითი სისწრაფის გამო. საკომუნიკაციო არხის გახსნა ხორციელდება კომპიუტერის მიერ.



სურ. 13. USB-TTL კონვერტორის სამი მოდელი (CP2102, CH340, FT232RL)

ამ მოწყობილობით კონტროლერისა და კომპიუტერის დაკავშირება ერთმანეთს შორის ძალიან პოპულარულია თავისი სიმარტივის გამო, ყველა თანამედროვე კომპიუტერს გააჩნია USB პორტი, ხოლო კონტროლერს - UART ინტერფეისი, ან მისი ემულირება ასევე შესაძლებელია პროგრამულად.

შემდეგ სურათზე ასახულია ამ კონვერტორის გამოყენების ერთ-ერთი მაგალითი.

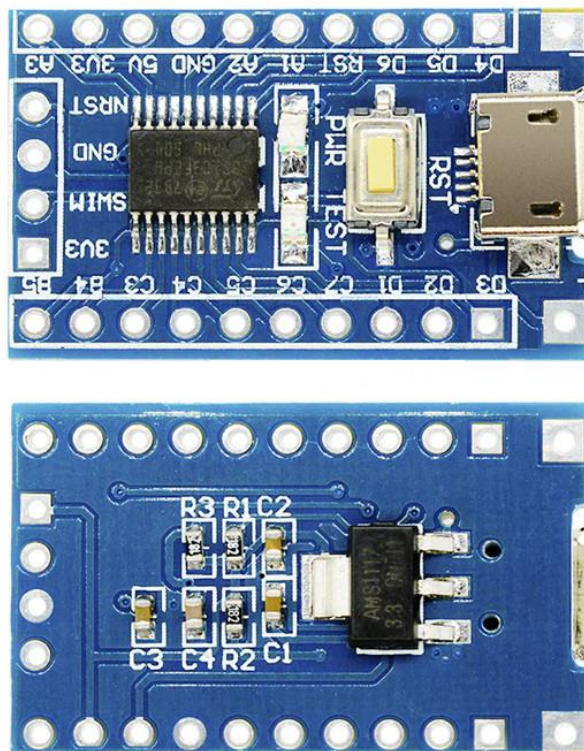


სურ. 14. ნოუთბუქის და კონტროლერის დაკავშირების ერთ-ერთი შესაძლო ვარიანტი

## STM8F103F3P6

შემსრულებელ აპარატურას წარმოადგენს STM8S103F3P6 პროგრამირებადი მიკროკონტროლერი. მისი მახასიათებლებია:

- Flash მეხსიერება - 8 კბ
- RAM - 1 კბ
- EEPROM - 640 ბაიტი
- მაქსიმალური ტაქტური სიხშირე - 16 მგჰც
- GPIO რაოდენობა - 16
- კვების ძაბვის დიაპაზონი - 2.95 - 5.5 ვ
- ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელი - 1 ცალი, გარჩევადობით 10 ბიტი



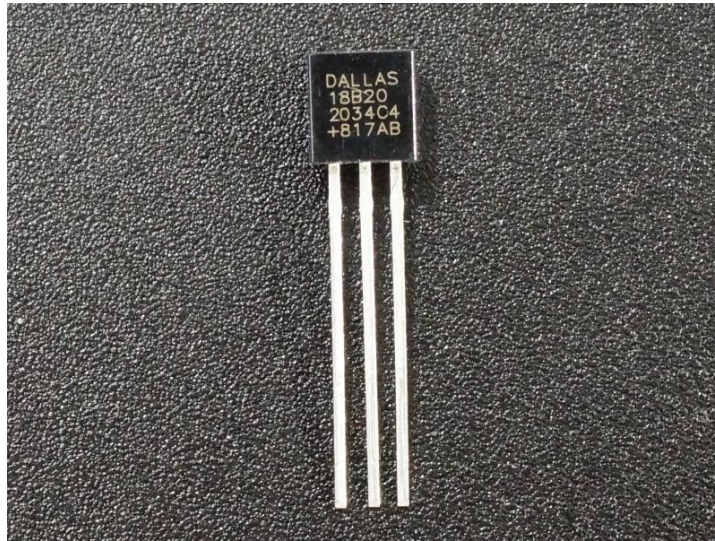
სურ. 15. STM8S103F3P6 მიკროკონტროლერის პლატა

ეს კონტროლერი იყო შერჩეული იმის გამო, რომ მას გააჩნია პატარა პლატა, ასევე იგი არის იაფი სტანდარტულ Arduino-სთან შედარებით.

ამ კონტროლერის კოდი იწერება ST Visual Developer პროგრამაში ასემბლერის ენაზე.

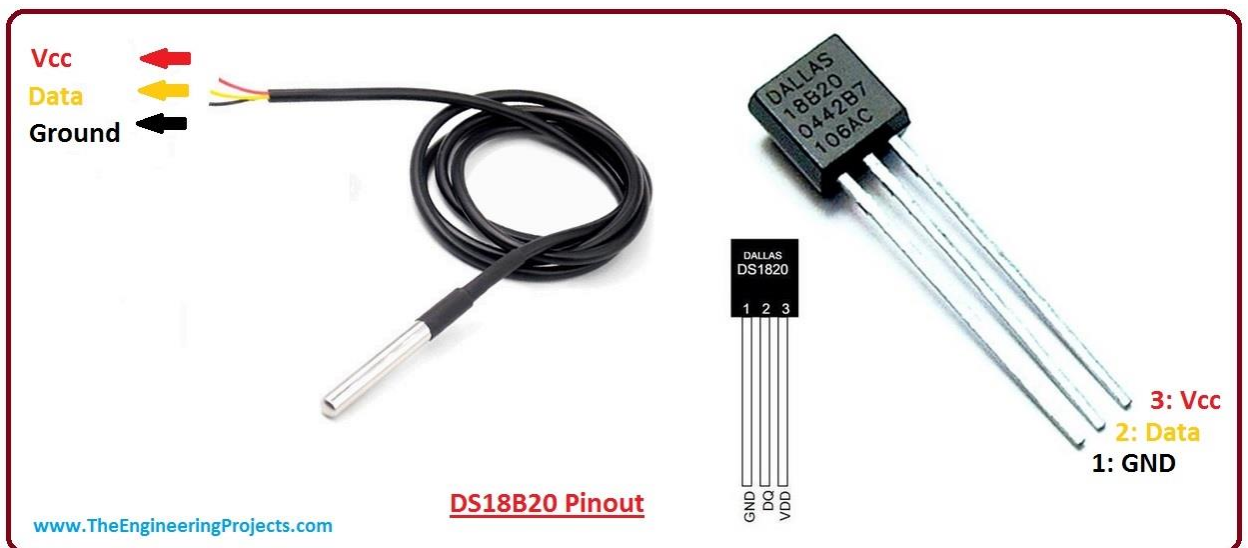
## DS18B20

ტემპერატურის სენსორებად არჩეული იყო DS18B20 მიკროსქემა. იგი არის საკმაოდ პოპულარული და წვდომადი, ხელნაკეთი მოწყობილობების შესაქმნელად მას აქვს მისაღები სიზუსტე და ფორმ-ფაქტორი.



სურ. 16. DS18B20 TO-92 კორპუსში

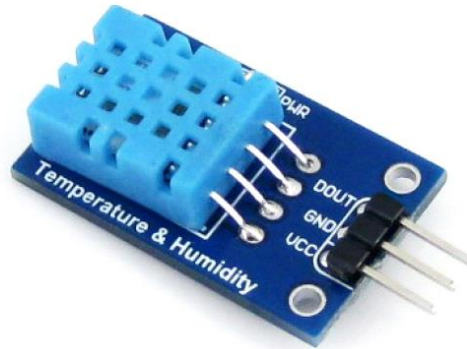
ეს სენსორი ასევე იყიდება ლიტონის კაპსულის სახით გრძელი კაბელით, როგორც ქვემოთ მოცემულ სურათზე.



სურ. 17. DS18B20 თერმომეტრის ფორმა-ფაქტორები

## DHT11

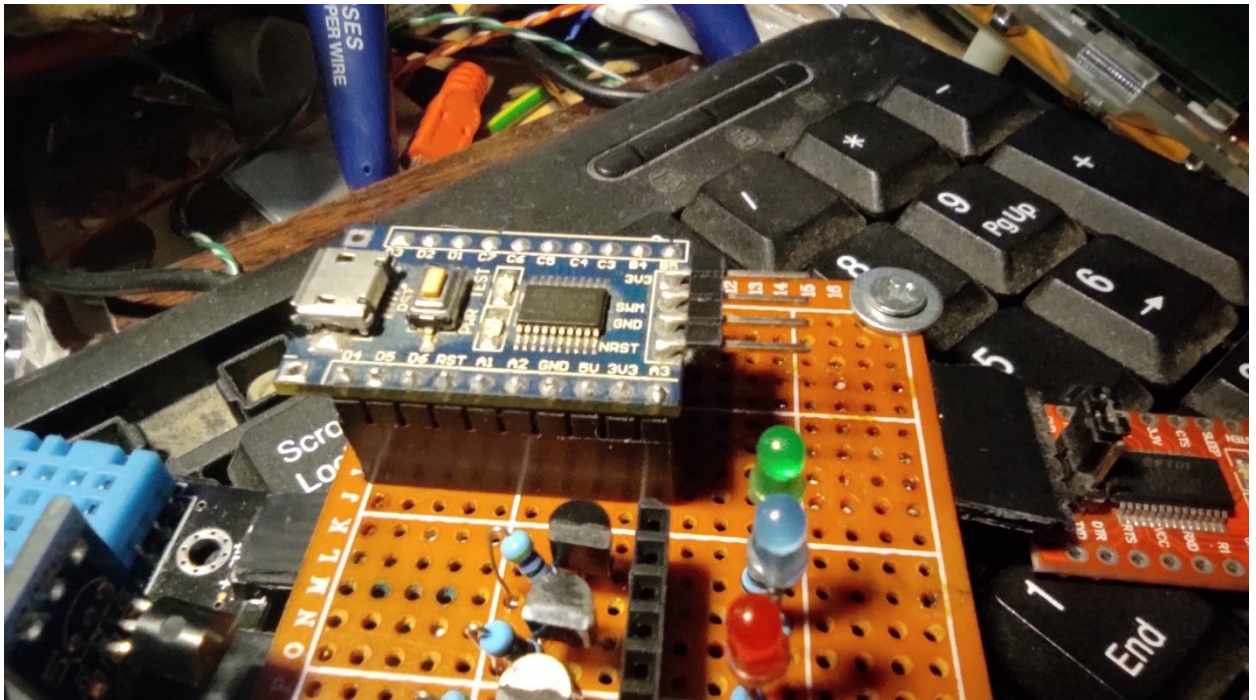
ბოლო აქტიური კომპონენტია DHT11, იგი არის თერმომეტრი და ტენზომომი ერთ კორპუსში. ტემპერატურას ზომავს მხოლოდ მთელი რიცხვების სიზუსტით, ასევე როგორც ტენიანობას.



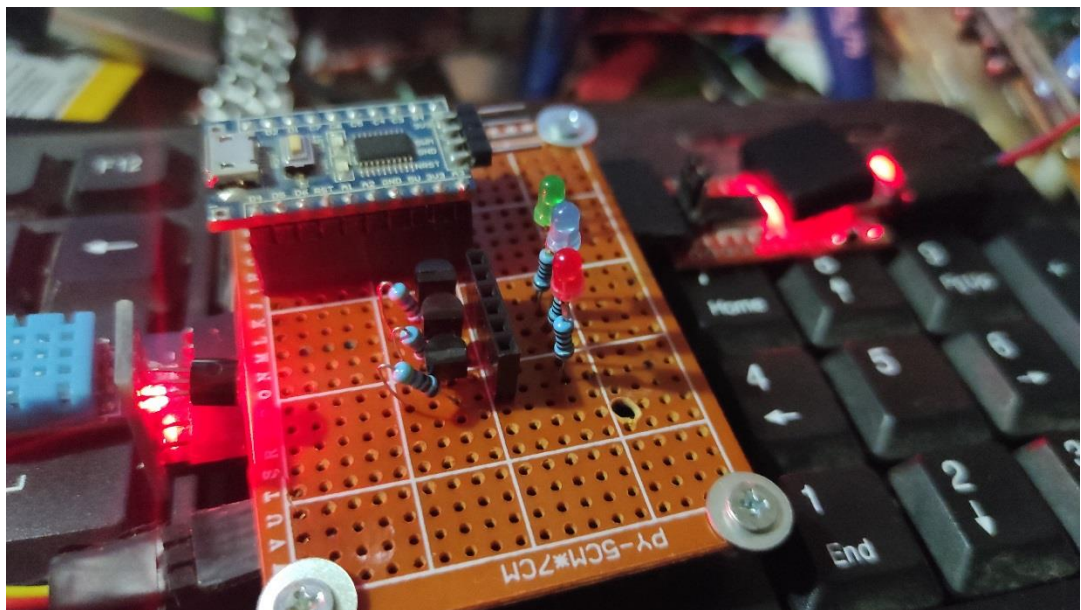
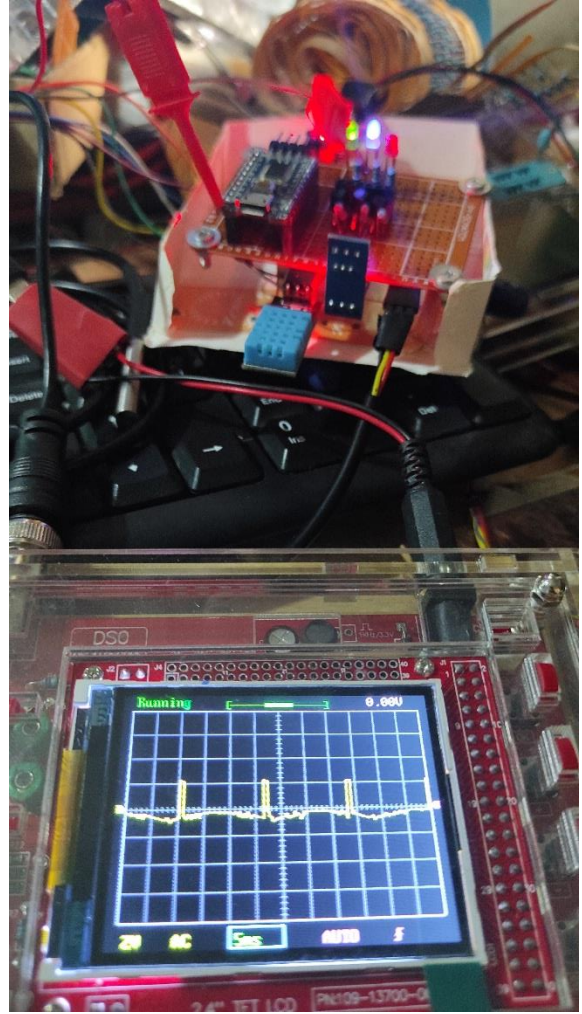
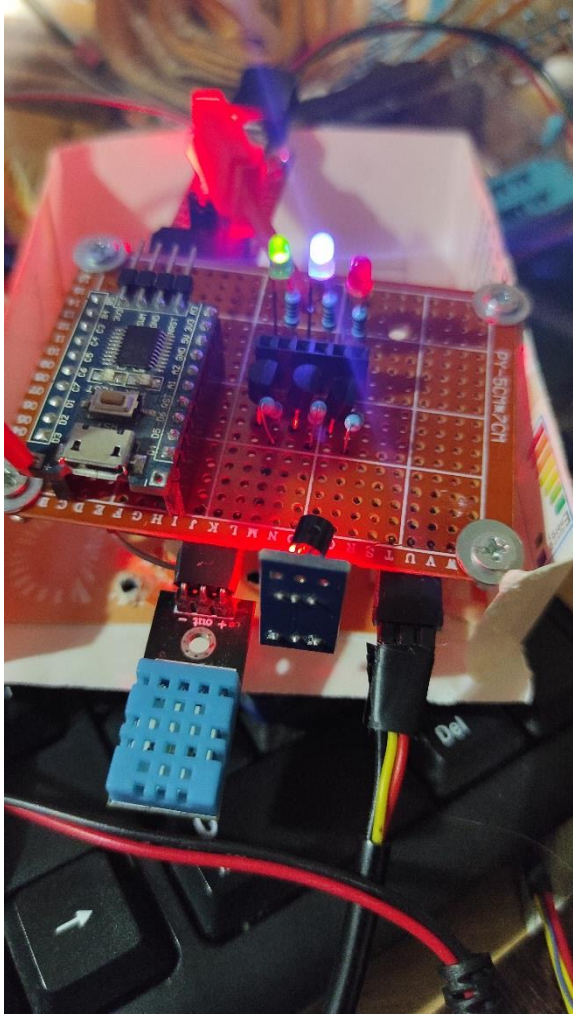
სურ. 18. DHT11 სენსორი

## აწყობილი აპარატურა

შემდეგ სურათებზე ნაჩვენებია ყველა ჩამოთვლილი კომპონენტით აწყობილი აპარატურა.



სურ. 19. აწყობილი კონტროლერი



სურ. 20. კონროტლერი მუზა რეჟიმში



## ლიტერატურა

1. გ. სირბილაძე - „ფაზი-მოდელირება Matlab-ში“, ლექციათა კურსი, 2021. — 223 გვ.
2. Kwang H. Lee – “First course on Fuzzy Theory and Applications”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005. — 340.
3. S. N. Sivanandam, S. Sumathi and S. N. Deepa – “Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007
4. <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm8s103f3.html>
5. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
6. <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>