

تعریف پروژه:

در این پروژه می‌خواهیم یک دستگاه تهویه مطبوع را طراحی کرده و با استفاده از ابزار Proteus شبیه‌سازی کنیم. این سیستم، دما و رطوبت را توسط سه حسگر دما و رطوبت از سه نقطه نمونه‌برداری کرده و یک دستگاه هیتر، یک دستگاه کولر و یک دستگاه رطوبت ساز را کنترل می‌کند.

برای انجام این پروژه ابتدا ویدئوی بارگذاری شده در سامانه را مشاهده کنید. در این ویدئو، نحوه راه‌اندازی بخش‌های موردنیاز برای انجام این پروژه مانند حسگر دما و رطوبت، LED و همچنین ترمینال مجازی برای نمایش خروجی توضیح داده شده است. برای پیاده‌سازی این سیستم، لطفاً موارد زیر را در نظر بگیرید:

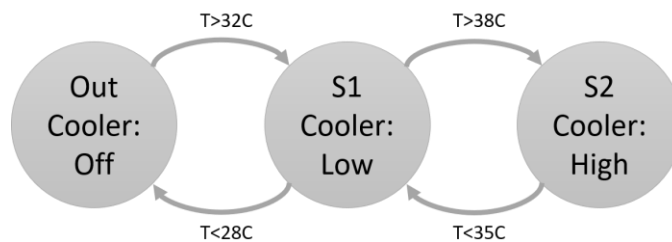
- (۱) منظور از دما میانگین دمای اندازه‌گیری شده توسط سه حسگر دما است.
- (۲) منظور از رطوبت میانگین رطوبت اندازه‌گیری شده توسط سه حسگر رطوبت است.
- (۳) کولر دارای دو حالت کاری کند (Low) و تند (High) است. وقتی دما بالای ۳۲ درجه سانتی‌گراد شود کولر در حالت Low روشن می‌شود و اگر دما بالاتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد شود حالت High برای کولر فعال می‌شود. اگر دما پایین‌تر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد شود کولر از حالت High خارج می‌شود و اگر دما پایین‌تر از ۲۸ درجه سانتی‌گراد شود کولر خاموش می‌شود.
- (۴) هیتر دارای دو حالت کاری کند (Low) و تند (High) است. وقتی دما زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد باشد هیتر در حالت Low روشن می‌شود و اگر دما پایین‌تر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد شود حالت High برای هیتر فعال می‌شود. اگر دما بالاتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد شود هیتر از حالت High خارج می‌شود و اگر دما بالاتر از ۲۳ درجه سانتی‌گراد شود هیتر خاموش می‌شود.
- (۵) رطوبت ساز دارای دو حالت کاری کند (Low) و تند (High) است. وقتی رطوبت زیر ۸۰٪ باشد رطوبت ساز در حالت Low روشن می‌شود و اگر رطوبت پایین‌تر از ۷۰٪ شود حالت High برای رطوبت ساز فعال می‌شود. اگر رطوبت بالاتر از ۷۵٪ شود رطوبت ساز از حالت High خارج می‌شود و اگر رطوبت بالاتر از ۸۵٪ شود رطوبت ساز خاموش می‌شود.

موارد تحویلی:

- (۱) نمودار ماشین حالت برای کنترل کولر، هیتر و دستگاه رطوبت ساز. در این ماشین حالت‌ها، حالت‌های روشن و خاموش به صورت super-state و حالت‌های کاری Low و High به صورت sub-state در نظر گرفته شوند.
- (۲) محیط شبیه‌سازی طراحی شده در Proteus.
- (۳) کد پیاده‌سازی شده.
- (۴) تصاویر از اجرای شبیه‌سازی در نرم‌افزار Proteus.

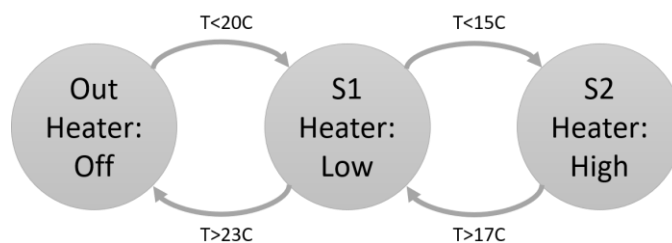
نمودارهای ماشین حالت

نمودار ماشین حالت کولر



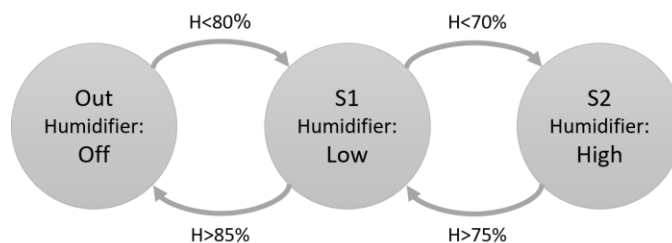
Cooler Super State

نمودار ماشین حالت هیتر



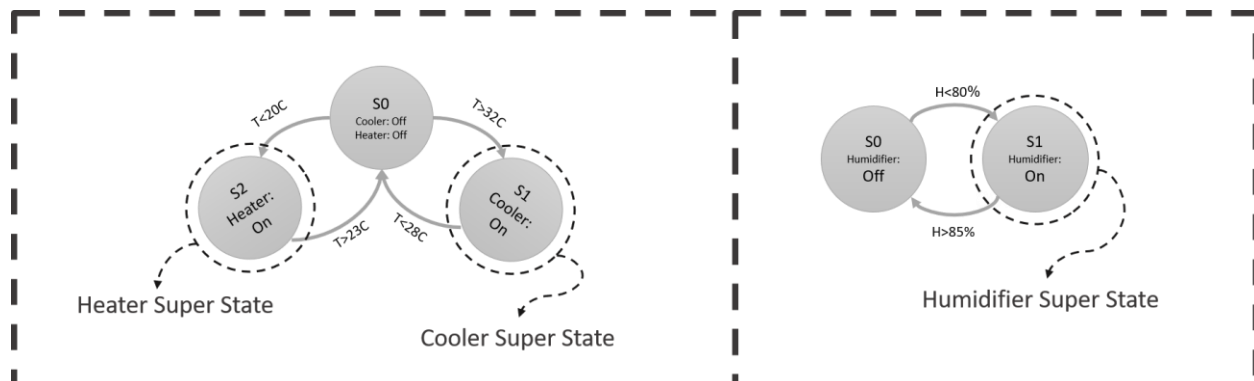
Heater Super State

نمودار ماشین حالت رطوبت ساز

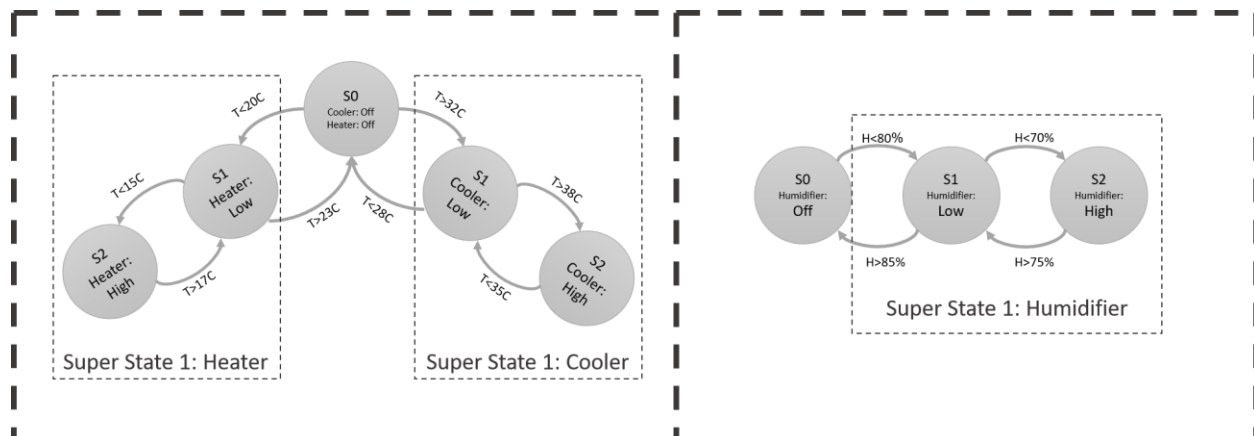


Humidifier Super State

نمودارهای کلی

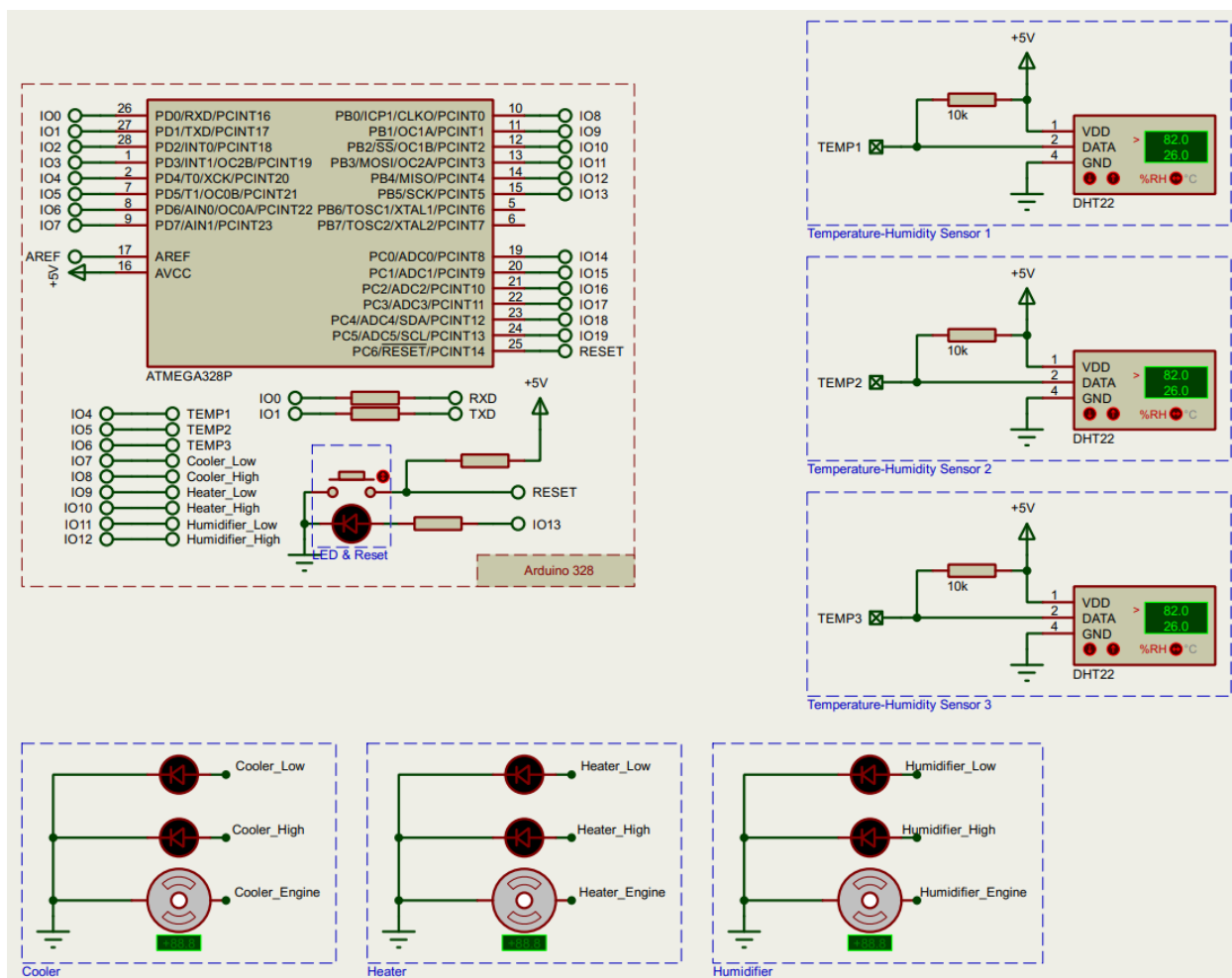


نمودار کلی به همراه جزئیات super state ها



در این نمودارها روند اجرای هم‌زمان این سه دستگاه مشخص می‌شود، دستگاه‌های کولر و هیتر نمی‌توانند هم‌زمان روشن باشند، اما دستگاه رطوبت ساز ربطی به آنها ندارد و این اجرای هم‌روند بین این دو FSM توسط نمودار AND بالا مشخص است.

محیط شبیه‌سازی شده در پروتئوس به همراه توضیحات کد پیاده‌سازی شده



در این پروژه از میکروپروسسور ATMEGA32 با کلاک 16MHz استفاده شده است.

برای اندازه‌گیری دما و رطوبت محیط از سه سنسور Temperature-Humidity استفاده شده است که در نهایت از میانگین آنها برای تعیین دما و رطوبت محیط استفاده می‌شود. پورت‌های IO4 تا IO6 مربوط به این ورودی‌ها هستند.

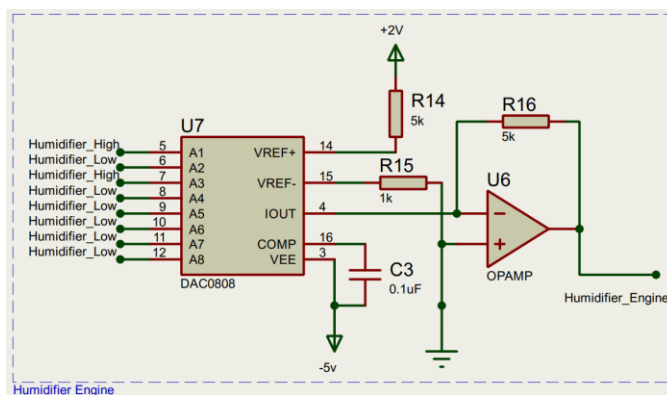
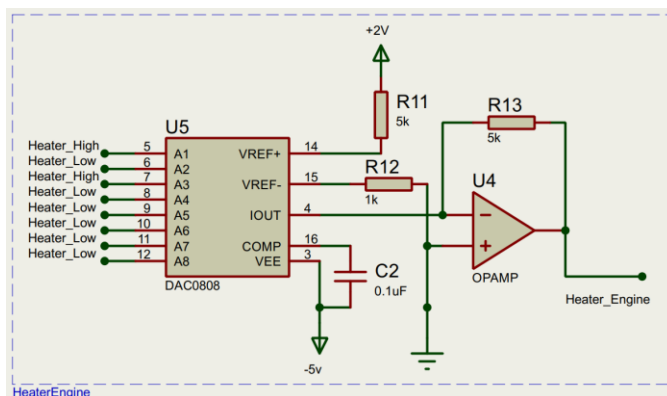
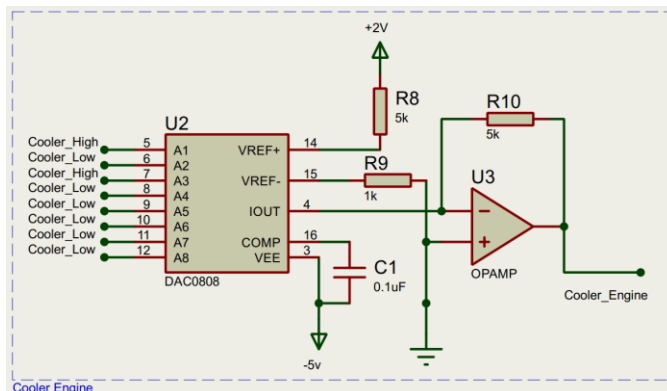
```
57 // finding the average of three sensors
58 float h = (h0 + h1 + h2) / 3;
59 float t = (t0 + t1 + t2) / 3;
```

پورت‌های خروجی زیر نیز برای کنترل led ها و موتورها تعریف شده‌اند:

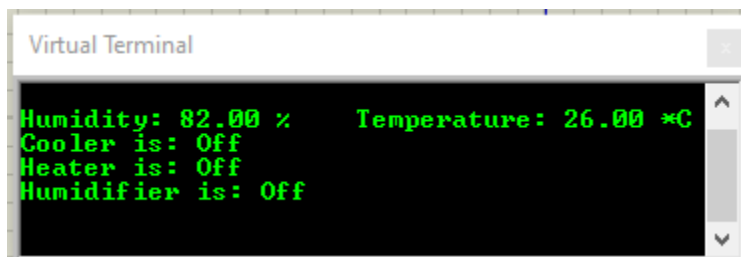
```
8 #define Cooler_Low_PIN 7
9 #define Cooler_High_PIN 8
10 #define Heater_Low_PIN 9
11 #define Heater_High_PIN 10
12 #define Humidifier_Low_PIN 11
13 #define Humidifier_High_PIN 12
```

از این پورت‌ها برای کنترل موتور به‌وسیله‌ی مبدل DAC همچنین LEDها استفاده شده است:

ولتاژ و دور موتورها در حالت Low به ترتیب: 2.6V, 162RPM است و این اعداد در حالت High به ترتیب: 4.37V, 273RPM هستند.



خروجی ترمینال نیز به صورت زیر است:



```
Virtual Terminal
Humidity: 82.00 %    Temperature: 26.00 *C
Cooler is: Off
Heater is: Off
Humidifier is: Off
```

این خروجی در هر ۳۰۰۰ دور اجرای کد یکبار نمایش داده می‌شود، در این کد هیچ‌گونه delay استفاده نشده، و این به معنای این است که با کمترین تأخیر پس از دریافت ورودی، موتورها و LEDها شروع به واکنش می‌کنند، برای جلوگیری از شلوغ شدن ترمینال، ترمینال هر ۳۰۰۰ بار اجرای کد یکبار اجرا می‌شود، باتوجه به کلاک 16MHz پروسور، زمان آپدیت تقریبی ترمینال در سیستم من ۳ تا ۴ ثانیه بوده است.

```
26 // the interval between printing in terminal
27 int intervals = 3000;
28 int i = 0;
```

```
202 // print state in terminal
203 i = i + 1;
204 if (i % intervals == 0) {
205     Serial.println(" ");
206     Serial.print("Humidity: ");
207     Serial.print(h);
208     Serial.print(" % ");
209     Serial.print("Temperature: ");
210     Serial.print(t);
211     Serial.println(" *C");
212 }
```

اکنون به سراغ استیت‌ها می‌رویم.

قسمت استیت‌ها خارج از توابع و به‌صورت گلوبال به شرح زیر تعریف شده:

```
19 // defining states
20 int state_cooler_heater = 0; // Cooler-Heater state
21 int state_humidifier = 0; // Humidifier state
22 int cooler_super_state = 0; // cooler super state
23 int heater_super_state = 0; // heater super state
24 int humidifier_super_state = 0; // humidifier super state
```

ماشین حالت state_cooler_heater ماشین حالت اصلی هیتر و کولر است و مقادیر آن به شرح زیر است:

State_Cooler_Heater		
Value	Cooler	Heater
0	Off	Off
1	On	Off
2	Off	On

ماشین حالت state_humidifier ماشین حالت اصلی رطوبت ساز است و مقادیر آن به شرح زیر است:

State_Humidifier	
Value	Humidifier
0	Off
1	On

جدول سه متغیر بعدی (cooler_super_state, heater_super_state, humidifier_super_state) به‌صورت زیر است:

Super_State	
Value	Engine Mode
0	Off
1	Low
2	High

در ادامه ماشین حالت کلی ساخته شد:

```
61 // Cooler-Heater State
62 = if (state_cooler_heater == 0) {
63 =     if (t >= 32) {
64         state_cooler_heater = 1;
65     } else if (t <= 20) {
66         state_cooler_heater = 2;
67     }
68 } else if (state_cooler_heater == 1) {
69 =     if (t <= 28) {
70         state_cooler_heater = 0;
71     }
72 } else if (state_cooler_heater == 2) {
73 =     if (t >= 23) {
74         state_cooler_heater = 0;
75     }
76 }
77 // Humidifier State
78 = if (state_humidifier == 0) {
79 =     if (h <= 80) {
80         state_humidifier = 1;
81     }
82 } else if (state_humidifier == 1) {
83 =     if (h >= 85) {
84         state_humidifier = 0;
85     }
86 }
```


ماشین‌های حالت super state: (پین‌های خروجی حالت موتور و LEDها نیز در همین ماشین تعیین می‌شوند).

استیت صفر:

```

87 ///////////////////////////////////////////////////
88 // super states/////////
89 ///////////////////////////////////////////////////
90
91 if (state_cooler_heater == 0) {
92     digitalWrite(Cooler_Low_PIN, LOW);
93     digitalWrite(Heater_Low_PIN, LOW);
94     digitalWrite(Cooler_High_PIN, LOW);
95     digitalWrite(Heater_High_PIN, LOW);
96
97     cooler_super_state = 0;
98     heater_super_state = 0;
99 }

```

استیت‌های مربوط به کولر:

```

100 // Cooler Super State
101 else if (state_cooler_heater == 1) {
102     digitalWrite(Heater_Low_PIN, LOW);
103     digitalWrite(Heater_High_PIN, LOW);
104     // starting
105     if (cooler_super_state == 0) {
106         digitalWrite(Cooler_Low_PIN, LOW);
107         digitalWrite(Cooler_High_PIN, LOW);
108         if (t >= 32) {
109             cooler_super_state = 1;
110         }
111     }
112     // if in low mode
113     else if (cooler_super_state == 1) {
114         digitalWrite(Cooler_Low_PIN, HIGH);
115         digitalWrite(Cooler_High_PIN, LOW);
116         if (t <= 28) {
117             state_cooler_heater = 0;
118             cooler_super_state = 0;
119         } else if (t >= 38) {
120             cooler_super_state = 2;
121         }
122     }
123     // if in high mode
124     else if (cooler_super_state == 2) {
125         digitalWrite(Cooler_Low_PIN, LOW);
126         digitalWrite(Cooler_High_PIN, HIGH);
127         if (t <= 35) {
128             cooler_super_state = 1;
129         }
130     }
131 }

```

استیت‌های مربوط به هیتر:

```
132 // Heater Super State
133 = else if (state_cooler_heater == 2) {
134     digitalWrite(Cooler_Low_PIN, LOW);
135     digitalWrite(Cooler_High_PIN, LOW);
136     // starting
137 = if (heater_super_state == 0) {
138     digitalWrite(Heater_Low_PIN, LOW);
139     digitalWrite(Heater_High_PIN, LOW);
140 = if (t <= 20) {
141     heater_super_state = 1;
142     }
143     }
144     // if in low mode
145 = else if (heater_super_state == 1) {
146     digitalWrite(Heater_Low_PIN, HIGH);
147     digitalWrite(Heater_High_PIN, LOW);
148 = if (t >= 23) {
149     state_cooler_heater = 0;
150     heater_super_state = 0;
151     } else if (t <= 15) {
152     heater_super_state = 2;
153     }
154     }
155     // if in high mode
156 = else if (heater_super_state == 2) {
157     digitalWrite(Heater_Low_PIN, LOW);
158     digitalWrite(Heater_High_PIN, HIGH);
159 = if (t >= 17) {
160     heater_super_state = 1;
161     }
162     }
163 }
```

استیت خاموش بودن رطوبت ساز:

```
165 // Humidifier
166 if (state_humidifier == 0) {
167     digitalWrite(Humidifier_Low_PIN, LOW);
168     digitalWrite(Humidifier_High_PIN, LOW);
169     humidifier_super_state = 0;
170 }
```

استیت‌های مربوط به رطوبت ساز:

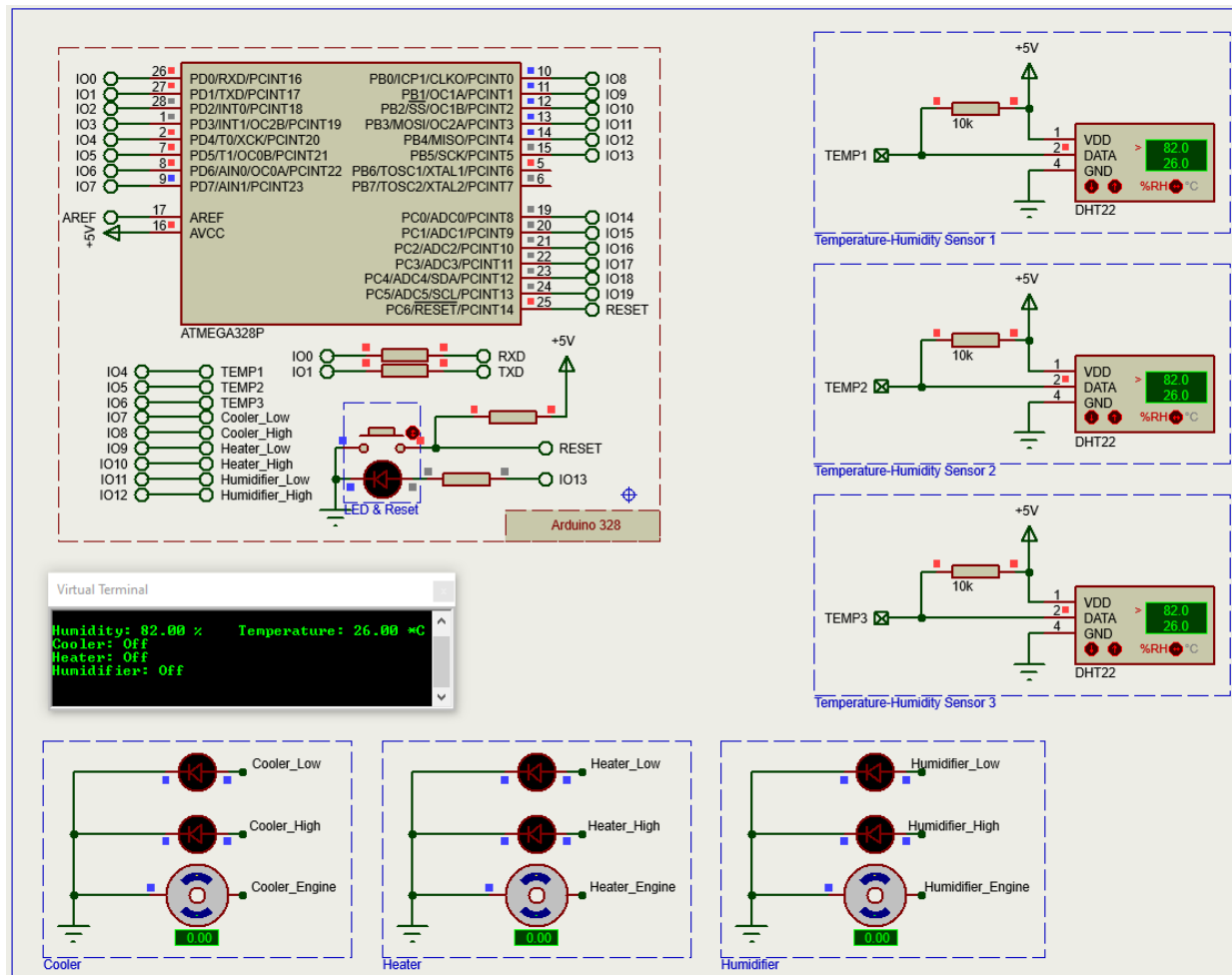
```
171 // Humidifier Super State
172 else if (state_humidifier == 1) {
173     // starting
174     if (humidifier_super_state == 0) {
175         digitalWrite(Humidifier_Low_PIN, LOW);
176         digitalWrite(Humidifier_High_PIN, LOW);
177         if (h <= 80) {
178             humidifier_super_state = 1;
179         }
180     }
181     // if in low mode
182     else if (humidifier_super_state == 1) {
183         digitalWrite(Humidifier_Low_PIN, HIGH);
184         digitalWrite(Humidifier_High_PIN, LOW);
185         if (h >= 85) {
186             state_humidifier = 0;
187             humidifier_super_state = 0;
188         } else if (h <= 70) {
189             humidifier_super_state = 2;
190         }
191     }
192     // if in high mode
193     else if (humidifier_super_state == 2) {
194         digitalWrite(Humidifier_Low_PIN, LOW);
195         digitalWrite(Humidifier_High_PIN, HIGH);
196         if (h >= 75) {
197             humidifier_super_state = 1;
198         }
199     }
200 }
```

خطوط ۲۰۲ تا انتها مربوط به نمایش ترمینال است که پیش‌تر روند آن توضیح داده شد، در اینجا کد خروجی ترمینال نیز آورده شده:

```
202 // print state in terminal
203 if (i % intervals == 0) {
204     Serial.println(" ");
205     Serial.print("Humidity: ");
206     Serial.print(h);
207     Serial.print(" % ");
208     Serial.print("Temperature: ");
209     Serial.print(t);
210     Serial.println(" *C");
211
212
213     if (state_cooler_heater == 0) {
214         Serial.println("Cooler: Off");
215         Serial.println("Heater: Off");
216     } else if (state_cooler_heater == 1) {
217         if (cooler_super_state == 0) {
218             Serial.println("Cooler: Off");
219         } else if (cooler_super_state == 1) {
220             Serial.println("Cooler: Low");
221         } else if (cooler_super_state == 2) {
222             Serial.println("Cooler: High");
223         }
224         Serial.println("Heater: Off");
225     } else if (state_cooler_heater == 2) {
226         Serial.println("Cooler: Off");
227         if (heater_super_state == 0) {
228             Serial.println("Heater: Off");
229         } else if (heater_super_state == 1) {
230             Serial.println("Heater: Low");
231         } else if (heater_super_state == 2) {
232             Serial.println("Heater: High");
233         }
234     }
235
236     if (state_humidifier == 0) {
237         Serial.println("Humidifier: Off");
238     } else if (state_humidifier == 1) {
239         if (humidifier_super_state == 0) {
240             Serial.println("Humidifier: Off");
241         } else if (humidifier_super_state == 1) {
242             Serial.println("Humidifier: Low");
243         } else if (humidifier_super_state == 2) {
244             Serial.println("Humidifier: High");
245         }
246     }
247     Serial.println(" ");
248 }
249 i = i + 1;
250 }
```

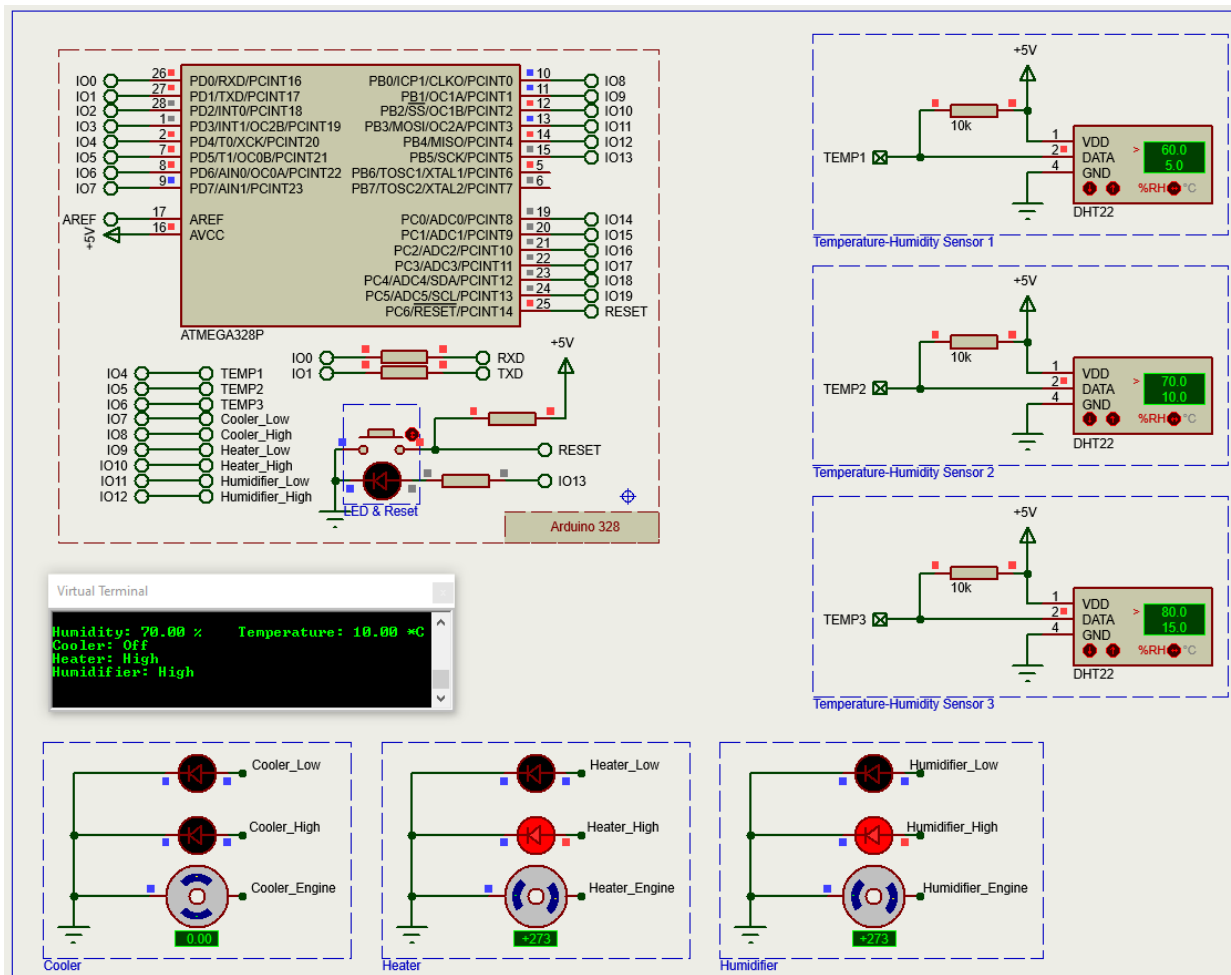
تصاویر اجرای شبیه‌سازی

نمونه اول:



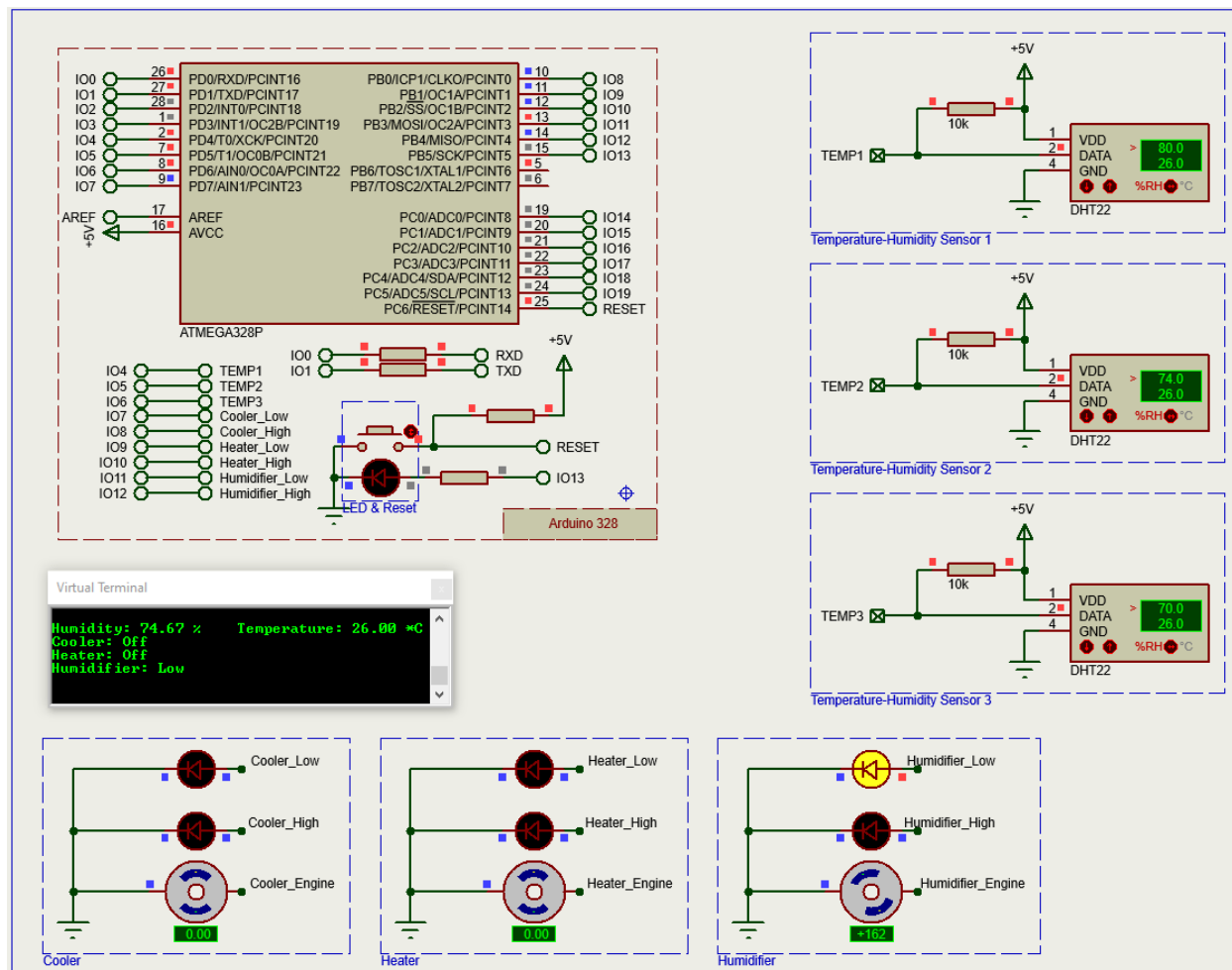
میانگین دما ۲۶ درجه و رطوبت ۸۲ درصد است. در این حالت تمامی دستگاه‌ها خاموش هستند.

نمونه دوم:



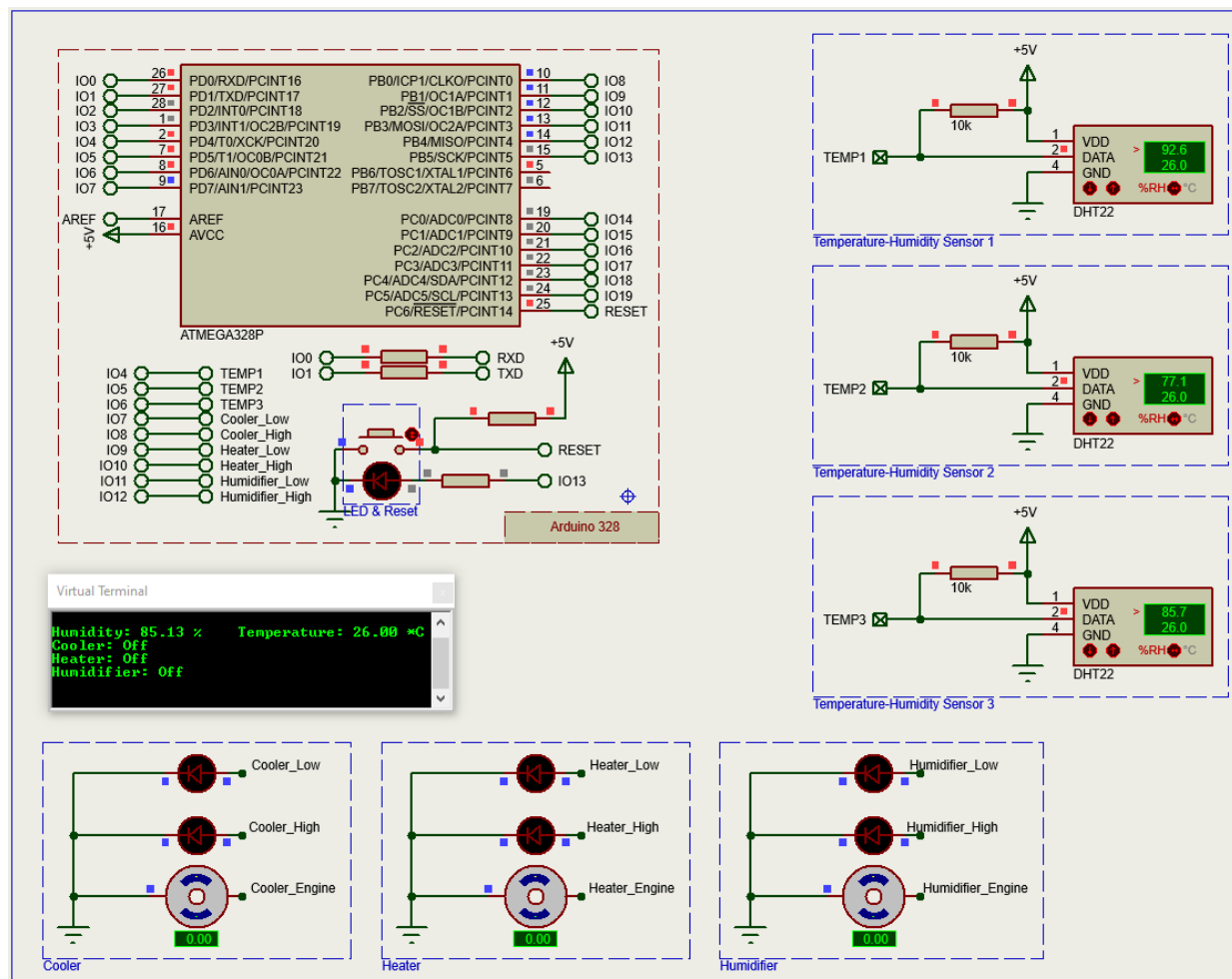
در این نمونه، میانگین دما ۱۰ درجه و میانگین رطوبت ۷۰ درصد بوده است، در این حالت مود هیتر High و مود رطوبت ساز نیز High است. دور موتور هر دو دستگاه به‌درستی ۲۷۳ است و High LED آن‌ها که قرمز رنگ است، روشن است.

نمونه سوم:

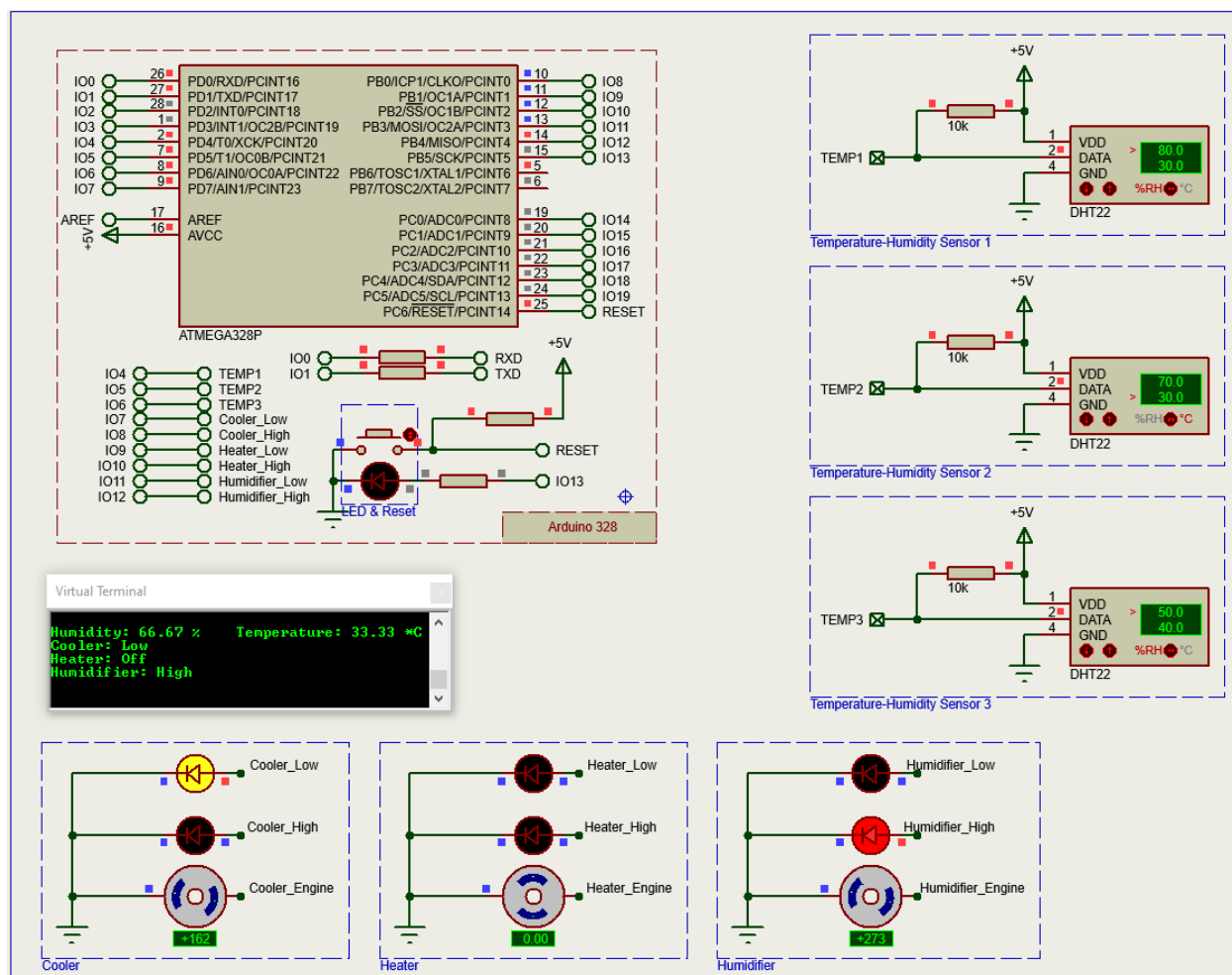


در این نمونه، میانگین دما ۲۶ درجه و میانگین رطوبت ۷۴.۶۷ درصد بوده است، در این حالت هیتر و کولر خاموش و مود رطوبت ساز LOW است. دور موتور رطوبت ساز به‌درستی ۱۶۲ است و Low LED آن که زردرنگ است، روشن است.

در ادامه با زیاد کردن رطوبت تا ۸۵ درصد، دستگاه رطوبت ساز خاموش می‌شود.

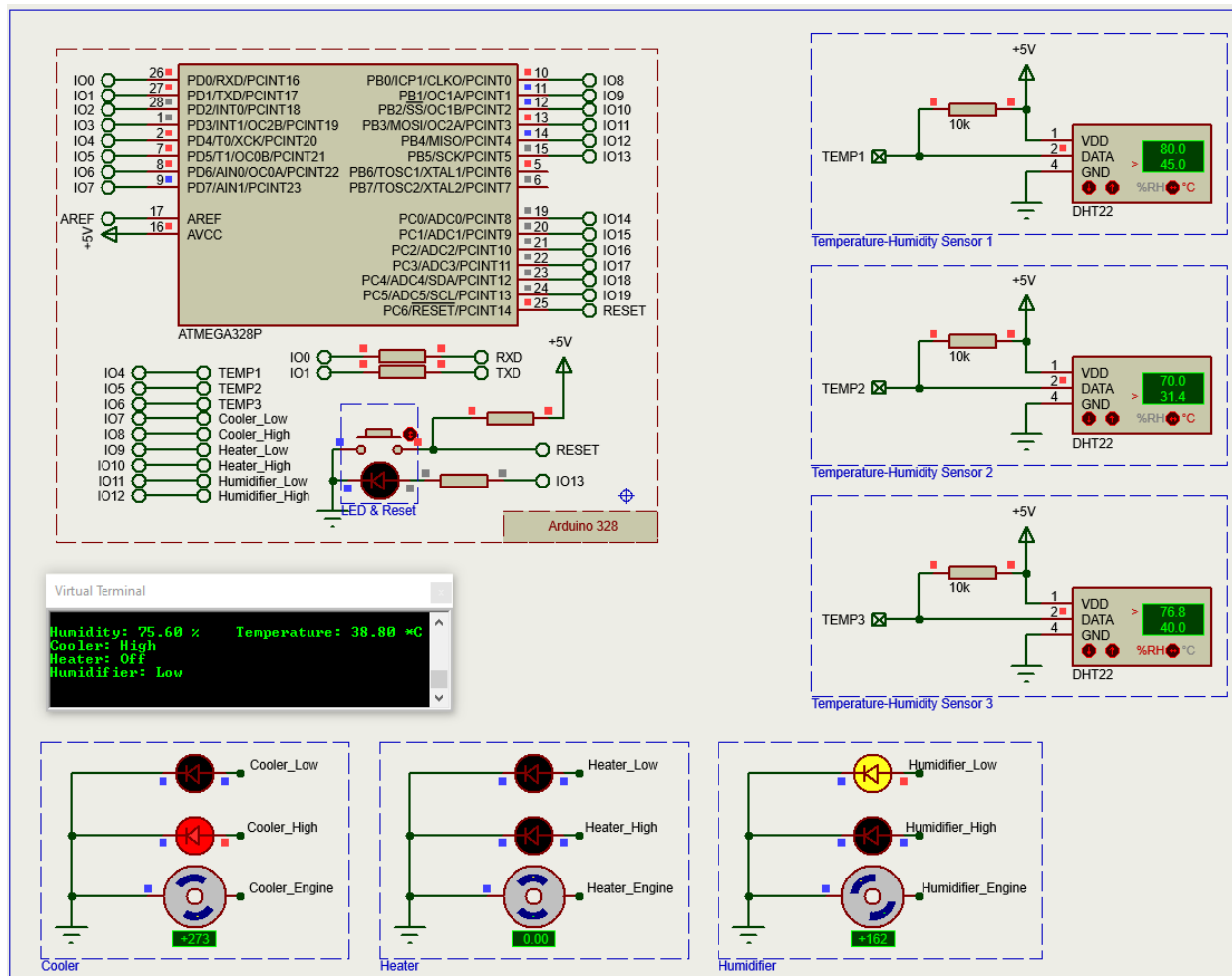


نمونه چهارم:

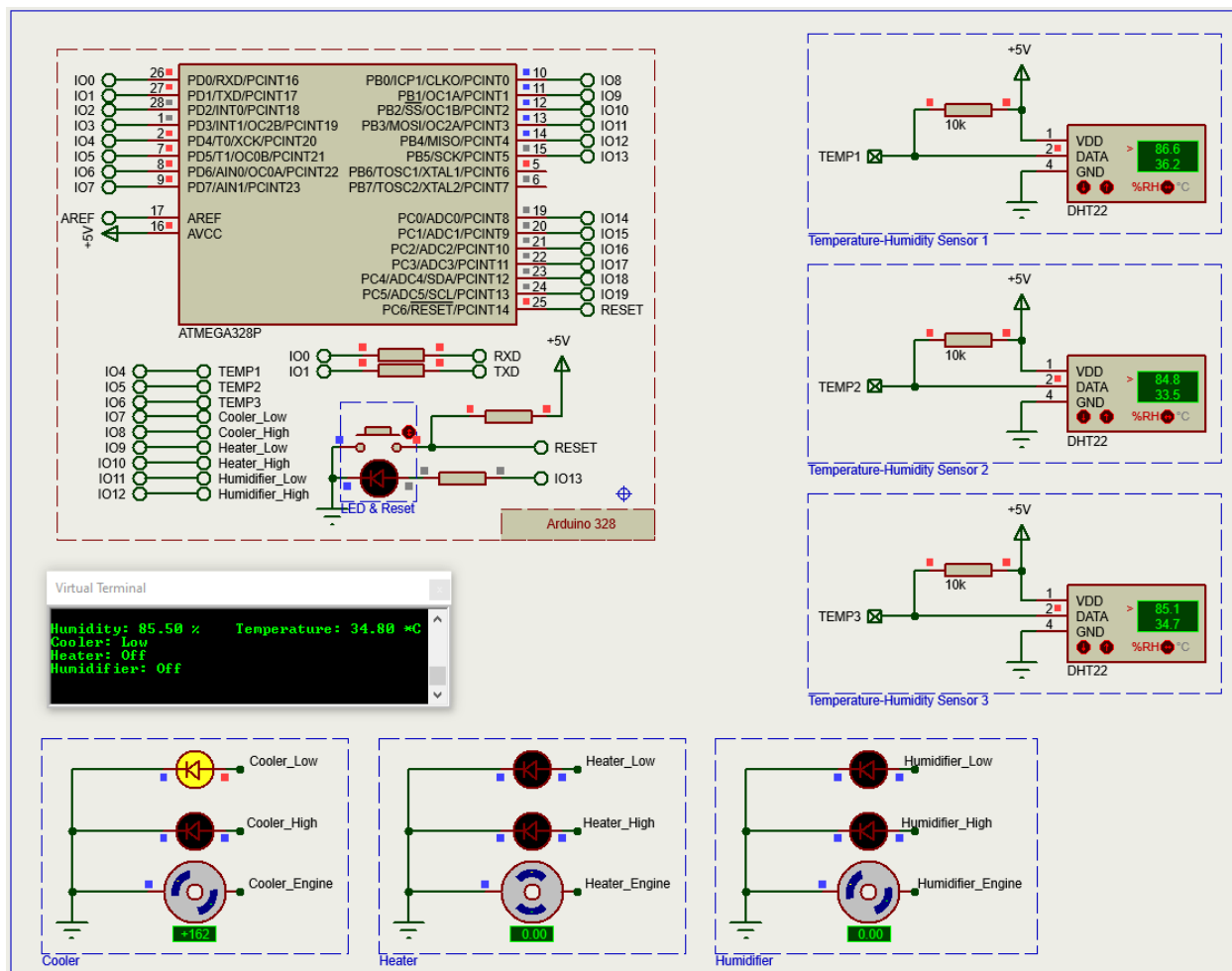


در این نمونه، میانگین دما ۳۳.۳۳ درجه و میانگین رطوبت ۶۶.۶۷ درصد بوده است، در این حالت کولر با مود Low و دور موتور ۱۶۲ روشن است و دستگاه رطوبت ساز با مود High و دور موتور ۲۷۳ مشغول به کار است.

در ادامه با زیاد شدن دما تا ۳۸ درجه و رطوبت تا ۷۵ درصد کولر به مود High رفته و رطوبت ساز به مود Low می‌رود.



در ادامه با کم‌شدن دما تا ۳۵ درجه کولر به حالت Low رفته و با زیادشدن رطوبت تا ۸۵ درصد، رطوبت ساز خاموش می‌شود.



در ادامه با کم‌شدن دما تا ۲۸ درجه کولر نیز خاموش می‌شود.

