



Amirkabir University of Technology
(Tehran Polytechnic)



مزرعه هوشمند

علی انتظاری، سینا ربیعی، محمد مسیح شالچیان ناظر، سید رضا هندی

دکتر افشار

زمستان ۱۴۰۰

فهرست مطالب

۲

۱. معرفی پروژه و فلوچارت بخش‌های کنترلی

۵

۲. اختلالات و نکات ایمنی

۵

۳. سنسورها و پارامترهای حائز اهمیت

۷

۴. مدارات واسطه برای سنسورها

۹

۵. وب سرور و اپلیکیشن

۱. معرفی پروژه و فلوچارت بخش‌های کنترلی

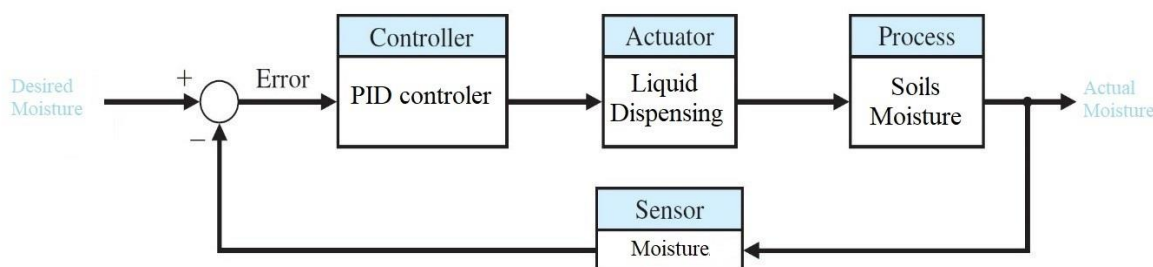
برای رشد مطلوب گیاهان، باید پارامترهای متعددی مورد بررسی قرار گیرد. این موارد از گیاهی به گیاه دیگر تغییر می‌کند. در حالت کلی می‌توان مهم‌ترین عوامل موثر در رشد هر نوع گیاه را به موارد زیر محدود کرد:

- رطوبت خاک
- دمای اطراف گیاه
- میزان نور مورد نیاز گیاه برای انجام عمل فتوسنتز

علاوه بر موارد بالا، نوع خاک مورد استفاده نیز، از جهت تامین مواد معدنی مورد نیاز رشد، حائز اهمیت می‌باشد. در ادامه روند طراحی یک سیستم کنترلی برای بررسی مداوم و همچنین تنظیم موارد بیان شده را طی می‌کنیم. بدیهی است که تمامی این سیستم‌ها به دلیل وجود فیدبک، حلقه بسته می‌باشند.

(a) رطوبت خاک:

مجموعه از گلدان‌ها را در نظر می‌گیریم که از بالای آن خطوط آب عبور می‌کند. دقیقا در بالای این هر گلدان، شکاف ریزی در سطح خط آب وجود دارد که باعث تامین آب مورد نیاز گیاه می‌شود. برای بررسی مداوم رطوبت خاک از سنسورهای مناسب (عموما خازنی) استفاده می‌کنیم. دقت داریم که هر خط در گلخانه شامل گیاهان یکسانی می‌باشد که از نظر نیاز آب و رطوبت خاک مانند هم می‌باشند، پس با قرار دادن سنسور در یک گلدان می‌توان زمان شروع و اتمام آبیاری کل خط را تعیین کرد.

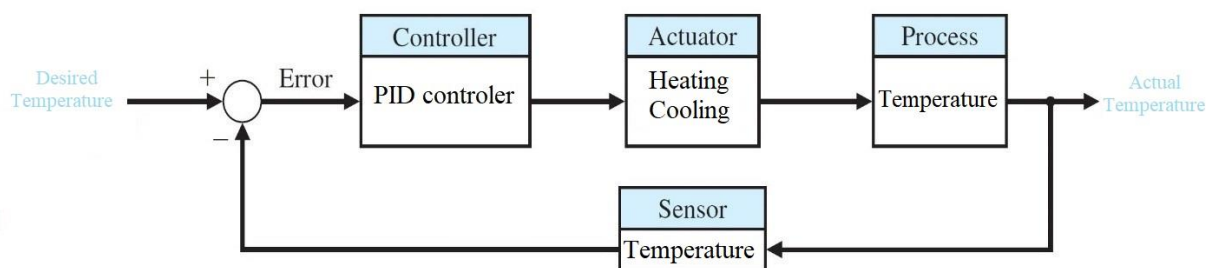


شکل ۱: فلوچارت کنترل رطوبت خاک

با پیاده‌سازی کنترلر (چه مجازی به کمک کدهای زیان C در Arduino IDE، یا MATLAB Simulink، چه به صورت فیزیکی به کمک المان‌های مختلف مداری)، می‌توان سیستم را به طور اتوماتیک استفاده کرد و با استفاده از سرور (از راه دور) بر عملکرد آن نظارت داشت. اپراتور نقش نظارت بر داده‌های ارسال شده به سرور را دارد و زمانی که سیستم از حالت مطلوب خارج شود (به دلیل وجود نویز روی سیگنال یا عوامل غیرقابل پیش‌بینی)، می‌تواند دستی میزان رطوبت را تنظیم کند.

(b) دمای اطراف گیاه:

پرواضح است که بعضی از گیاهان برای رشد مناسب نیاز به هوای گرم (گیاهان گرمسیری) و بعضی در دماهای پایین تر (گیاهان سردسیری مانند پامچال) رشد می کنند. اگر بتوانیم دمای اطراف گیاه را در تمامی لحظات به حالت ایده آل نزدیک کنیم، می توانیم کیفیت رشد را افزایش دهیم. برای سیستم های Cooling می توان از فن های همراه با لوله های مسی یا حاوی آب^۱ استفاده کرد و برای Heating از سیم های المنت و حرارت آبی بهره می بریم. استفاده از آب و لوله های حامل آب گرم راه حل مناسبی برای کنترل دما می باشد، زیرا آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی است و می تواند دمای محیط را ثابت و در مقدار دلخواه نگه دارد. فرض می کنیم مخزنی حاوی آب داشته باشیم که در انتهای آن، المنت گرمایشی برای افزایش دمای آب قرار دارد. آب موجود در این مخزن توسط پمپ در لوله های موجود در کف و دیوارهای گلخانه به گردش در می آید. برای رنج دمای مدنظر ما استفاده از ترمیستور^۲ با RTD^۳ دقت بالا را به همراه قیمت مناسب فراهم می سازد.



شکل ۲: فلوچارت کنترل دما

با پیاده سازی PID (مجازی یا فیزیکی)، می توان سیستم را به طور اتوماتیک راه اندازی و استفاده کرد. داده ها به سرور فرستاده می شود تا امکان نظارت Remote را برای اپراتور فراهم سازد. زمانی که سیستم از حالت مطلوب خارج شود (به دلیل وجود نویز روی سیگنال یا عوامل غیرقابل پیش بینی)، می تواند دستی دمای محیط را به کمک تنظیم ترموستات اصلی تنظیم کند. در این حالت اپراتور سیستم را override می کند.

C) نور محیطی گیاه:

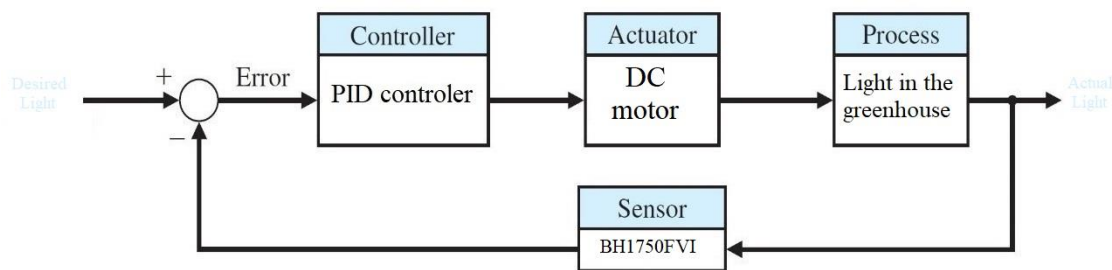
در بعضی مواقع نیاز است تا ورودی نور گلخانه را کم یا زیاد کرد زیرا گیاهان و نهال های مختلف به میزان نور متفاوتی نیاز دارند. برای اندازه گیری نور می توان از سنسورهای حساس به شدت نور مانند فوتوسل ها استفاده کرد. همچنین برای کاهش یا افزایش مقدار نور ورودی می توان از یک پرده که تسمه ی آن متصل به یک موتور است استفاده کرد. موتور DC در نظر گرفته شده به یک چرخ دنده متصل می شود که این چرخ دنده روی دندانه شانه ای^۴ قرار دارد که با کار کردن و چرخش موتور این دندانه جلو و عقب می شود و پرده ها باز و بسته می شود. به این مکانیزم چادر الکتریکی هم می گویند.

¹ Heat Sink

² Thermistor

³ Resistance-Temperature Device

⁴ Rack and Pinion



شکل ۳: فلوچارت کنترل نور گلخانه

با طراحی حلقه کنترلی می‌توان سیستم را در مد اتوماتیک راه‌اندازی و استفاده کرد. نقش اپراتور در این حالت نظارت بر داده‌های دریافت شده توسط سرور (ارسال شد به صورت Remote) می‌باشد. زمانی که خروجی‌های سیستم از حالت مطلوب فاصله بگیرد، اپراتور در عملکرد سیستم دخالت می‌کند و پرده‌ها را دستی تنظیم می‌کند.

۲. اختلالات و نکات ایمنی

توجه داریم که همه‌ی سیستم‌های معرفی شده دارای اجزای الکتریکی می‌باشند. چون این سیستم در محیطی مربوط و در حضور آب کار می‌کند، لازم است قطعات حساس (مانند سیم‌های حامل جریان بالا برای راه‌اندازی موتور و Actuator ها و همچنین بردهای پردازشی) را در کاورهای مناسبی قرار دهیم که تماس مسقیم با رطوبت قرار نگیرند. به عنوان مثال اگر موتورهای DC کاملاً آب‌بندی نشده باشند، ممکن است در صورت قرار گرفتن در معرض رطوبت، موتور بسوزد (که هزینه‌های مالی فراوان را به همراه خواهد داشت) و در موارد حادثه باعث آتش سوزی و از دست رفتن گلخانه و محصولات آن و یا جان کشاورزان شود.

در سه پارامتر معرفی شده، هر سه از درجه اهمیت یکسانی برخوردار می‌باشند زیرا همانطور که گفته شد برای رشد مطلوب یک گیاه، تمامی پارامترها باید در یک بازه مشخص حفظ شوند.

در صورت وجود اجزای ولتاژ بالا مانند موتورها، باید به مسیر بازگشت جریان آن‌ها به زمین (Grounding) دقت کنیم. در این موضوع حد الامکان باید مسیر بازگشت‌هایی که جریان‌هایی از اردرهای متفاوت دارند از یکدیگر جدا شوند تا باعث بوجود آمدن اختلال در عملکرد دیگر قسمت‌ها نشوند.

مسئله حائز اهمیت دیگر بحث Shielding و قرار دادن سیم‌های جریان بالا در غلاف‌های فرومغناطیسی مناسب می‌باشد. در صورت عدم توجه به این موضوع، ممکن است داده‌های بدست آمده به شدت خطا داشته باشند. به عنوان مثال خطر این موضوع برای اندازه‌گیری دما به این ترتیب می‌باشد که اگر سنسور داده‌ها را با اختلاف زیادی کمتر از مقدار حقیقی بخواند، سیستم هیتر را برای مدت طولانی روشن نگه می‌دارد که در مرحله اول باعث هدر رفت انرژی و در موارد حاد باعث ذوب شدن المنت‌ها و آتش‌سوزی می‌شود.

۳. سنسورها و پارامترهای حائز اهمیت

(a) SMR110-5 شرکت Madge Tech (با پروب EC-5):

این سنسور، یک سنسور خازنی برای اندازه گیری رطوبت خاک می باشد. دلیل انتخاب این سنسور دقت بالای آن در عین زمان پاسخ کم (۱۰ میلی ثانیه) آن می باشد. این پروب نیاز به منبع تغذیه خارجی ندارد (به صورت داخلی یک باتری ۱۰ ولتی با عمر بالا دارد) و در برابر تغییرات آب و هوایی مقاوم می باشد. همچنین زمان نمونه برداری آن بین ۲ ثانیه تا ۱۲ ساعت می باشد که برای مقاصد این پروژه کافی است. با تغییر پروب (EC-20) می توان از قیمت سنسور بکاهیم ولی دقت نیز کاهش می یابد. این سنسور برای عملکرد مناسب نیاز به یک کابل مخصوص از شرکت Madge Tech (IFC200) دارد که ۱۱۹ دلار قیمت دارد. سنسور به همراه پروب های آن نیز حدود ۲۵۰ دلار قیمت دارد. اگر این سنسور در یک گلخانه چند هزار دلاری مورد استفاده قرار بگیرد، قیمت آن کاملاً مناسب می باشد.



شکل ۴: سنسور SMR110-5 شرکت Madge Tech

(b) PT100 با سه دو سیم جبران ساز MIKROE:

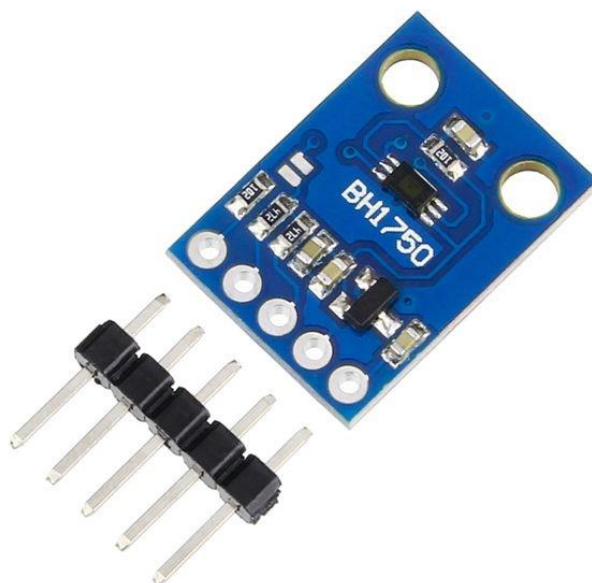
سنسور دما از نوع RTD با حداکثر دمای قابل اندازه گیری ۲۵۰ درجه سانتی گراد و دو سیم اضافه (برای جبران کردن مقاوت سیم ها) گزینه مناسبی برای اندازه گیری دمای کاری گلخانه می باشد. طول سیم این سنسور ۱ متر می باشد که امکان فاصله داشتن محاسبه برداری از محل ثبت و ارسال داده را فراهم می سازد. لازم به ذکر است که RTD ها نسبت به Thermistor ها پایدارتر می باشند. قیمت این سنسور تقریباً ۱۱ دلار می باشد.



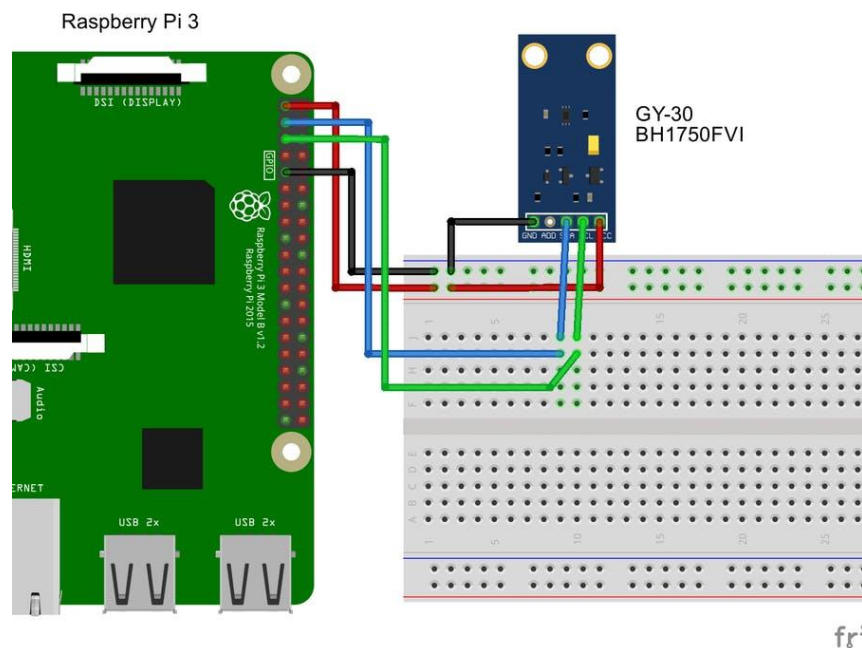
شکل ۵: PT100 سه سیم شرکت MIKROE

(c) BH1750FVI-TR شرکت ROHM Semiconductor

این سنسور، یک سنسور دیجیتال با خروجی ۱۶ بیت می‌باشد. ولتاژ تغذیه مورد نیاز ۳ ولت و رنج دمای کاری آن بین ۸۵ تا ۴۵- درجه سلسیوس می‌باشد. سنسور بسیار کوچک و سبک می‌باشد و همچنین مقاومت و طول عمر بالایی دارد. قیمت آن به همراه پین‌هدهای آن بین ۲,۵ تا ۳ دلار می‌باشد. با توجه به دقت عملیاتی آن، قیمت بسیار مناسبی دارد.



شکل ۶: BH1750FVI-TR شرکت ROHM Semiconductor



شکل ۷: پیاده‌سازی سنسور روی برد Raspberry Pi3

دیتاشیت سنسورهای معرفی شده در فایل فشرده ارسال شده موجود می‌باشد.

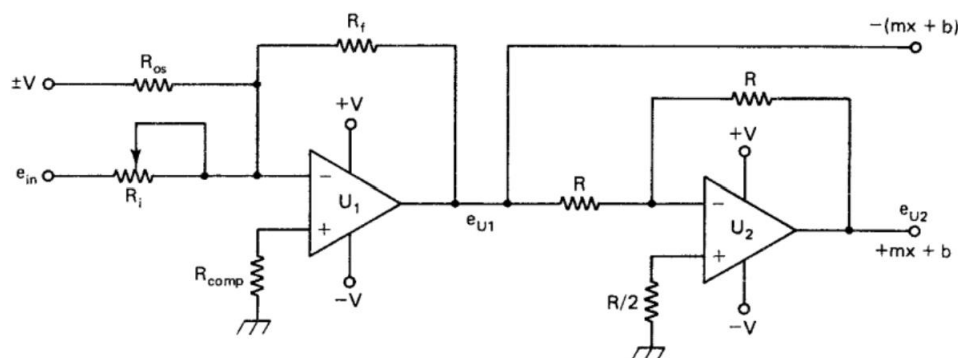
۴. مدارات واسطه برای سنسورها

(a) SMR110-5 شرکت Madge Tech (با پروب EC-5):

با توجه به دیتاشیت این سنسور، داده‌های خروجی به کمک یک پیچ تنظیم روی Transducer کنترل می‌شوند. این پیچ در اصل یک پتانسیومتر موجود در IA را تغییر می‌دهد و باعث تغییر گین آن می‌شود.

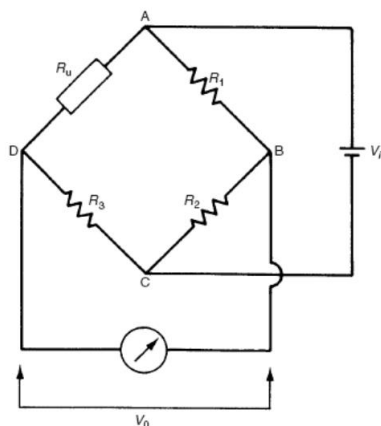
(b) PT100 با سه دو سیم جبران‌ساز MIKROE:

خروجی این سنسور را می‌توان به کمک یک مدار جبران‌ساز بهبود بخشید و در بازه مورد نیاز قرار داد. نقشه‌های مدارات تقویت کنند و پل مورد نیاز و فرمول‌های آن در ادامه آورده شده:



شکل ۸: مدار Zero and Span converter برای تنظیم خروجی PT100

$$Gain = \frac{R_f}{R_i}, \quad Zero\ offset = \frac{R_f}{R_{os}} V$$



شکل ۹: مدار Deflection-type DC bridge circuit

$$V_o = V_i \left(\frac{R_{PT100}}{R_{PT100} + R_3} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

توجه داریم که مقاومت PT100 در صفر درجه سلسیوس برابر ۱۰۰ اهم می باشد. پس مقدار R_1 را برابر ۱۰۰ اهم انتخاب می کنیم (به کمک پتانسیومتر) تا صفر خروجی همان صفر درجه سانتی گراد باشد. دو مقاومت دیگر را حداقل ۱۰ برابر انتخاب می کنیم تا linearity مدار حفظ شود. در این مدار فرض شده که از ولتметр ایده آل استفاده می شود. در صورتی که مقاومت ولتметр نیز قابل چشم پوشی نباشد، از روابط بیان شده در کلاس استفاده می کنیم.

(c) BH1750FVI-TR شرکت ROHM Semiconductor:

این سنسور، یک خروجی دیجیتال ۱۶ بیتی دارد. پس مدار مورد نیاز برای عملکرد صحیح آن، یک D2A ۱۶ بیتی می باشد که خروجی آن با توجه به نیاز سیستم تعیین می شود. برای این کار از MC1408 استفاده می کنیم و با V_{ref} و I_{ref} مناسب، رنج خروجی را تنظیم می کنیم.

۵. وب سرور و اپلیکیشن

قسمت های مربوط به سرور Thingsboard به طور کامل در بخش عملی نظری توضیح داده شده.