طراحی و ساخت سیستم کنترل و مانیتورینگ عوامل گلخانه ای با کامپیوتر

امین افضل[1]- اکبر صناعی[2]

چکیده

از هزینه های اصلی کشاورزی، هزینه ی نیروی انسانی می باشد.از مضرات دیگر استفاده از نیروی انسانی، عدم دقت و سرعت عمل کافی و همچنین تأثیر خستگی بر کار وی می باشد. این سیستم نیز به منظورکاهش استفاده از نیروی انسانی، طراحی و ساخته شده است. با نصب سیستم اتوماسیون در گلخانه و اتصال سیستم های تأسیساتی به آن ، چهار پارامتر اصلی گلخانه یعنی دما، رطوبت هوا، رطوبت خاک و شدت نور به طور اتوماتیک اندازه گیری شده؛ و در طول زمان هر کدام از پارامترهای مذکور در محدوده ی مجاز خود واقع نبود، به طور هوشمند سیستم تأسیساتی مربوط به آن پارامتر فعال گردیده و هنگامی که در محدوده ی مجاز قرار گرفت، غیر فعال می شود. همچنین در صورتی که هر کدام از پارامترهای مذکور در محدوده ی خطر قرار گرفت، زنگ اخبار (در صورت اتصال به سیستم) فعال می شود. این سیستم یک سیستم الکترونیکی- کامپیوتری می باشد که با اندازه گیری هر پارامتر آن ها را ذخیره و نمودارهای مربوطه را رسم می کند. از این قابلیت برای اهداف خاص تحقیقاتی و دنبال کردن وقایع و تغییر عوامل مؤثر درون گلخانه ای می توان استفاده کرد.

۱- گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- گروه مهندسی مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

کلمات کلیدی:

اندازه گیری- کنترل- گلخانه- دما- نور – رطوبت هوا- رطوبت خاک- کامپیوتر.

مقدمه :

با پیشرفت اجتماعی انسان ، ارزش واحد کار نیروی انسانی ارتقاء یافته ودر نتیجه سطح هزینه ی کارمزد او همراه با نرخ تورم افزایش یافته است. برای مثال در سال ۱۳۸۲ حداقل کار مزد یک کارگر ساده در اصفهان معادل ۵۰۰۰ تومان بود که در نتیجه کارفرما به ازای هر نفر کارگر ساده حداقل ماهیانه ۱۵۰۰۰۰ تومان و سالیانه ۱۸۲۵۰۰۰ تومان هزینه متحمل می شود. همچنین در کشور ما نرخ تورم بسیار زیاد می باشد که باعث افزایش هزینه ی کارگر به طور سالیانه و مداوم می شود. از دیگر معضلات نیروی انسانی دقت و سرعت پایین وهمچنین کاهش کیفیت و کمیت کار او به سبب خستگی می باشد. بدیهی است که هر کارفرما نیز باید به دنبال جایگزین مناسبی برای نیروی انسانی باشد. از جمله ی این جایگزین ها، قرار گیری مکانیزم های الکترونیکی و کامپیوتری هوشمند در چرخه ی کار هر واحد تولیدی می باشد. کامپیوتر به علت سرعت تصمیم گیری و دقت اجرای بالا، برنامه پذیری، قابلیت ذخیره سازی اطلاعات با حجم بالا و همچنین خستگی ناپذیری در کار مداوم، روز به روز در عرصه های مختلف زندگی بشر بیشتر رخنه کرده است.

محیط های بسته ی گلخانه ای نیز یکی از عرصه های پر استفاده ی فعالیت های کشاورزی است که در اغلب نقاط ایران به علت شرایط اقلیمی خاص خود از آن به وفور استفاده می شود. بنابراین گلخانه یک محیط بسته و کنترل شده ی مصنوعی است که در هنگامی که گیاه با شرایط محیط سازگاری نداشته باشد از آن استفاده می شود. بدیهی است که در چهار چوب استفاده از گلخانه، نقش کنترل مناسب و به موقع پارامترهای مؤثر محیطی گیاه برجسته به نظر می رسد. در اینجاست که برای رفع این مشکل از کامپیوتر وتجهیزات هوشمند الکترونیکی به نحو مطلوبی می توان بهره برد. این طرح نیز جهت نیل به اهداف فوق پی ریزی و یک سیستم اتوماسیون گلخانه ای ساخته شده است. به این صورت که کامپیوتر چهار پارامتر اصلی گلخانه یعنی دما، رطوبت نسبی هوا، شدت نور و رطوبت خاک را اندازه گیری وثبت کرده و آن ها را طبق برنامه ای که کاربر به آن می دهد کنترل می کند.

زمینه های کلی تحقیق و اجرای این طرح را به صورت زیر می توان تقسیم بندی کرد:۱ - تحقیق در رابطه با انتخاب حسگرهای مورد نیاز؛ ۲ - طراحی سخت افزار دستگاه؛ ۳ - برنامه نویسی نرم افزار مورد نیاز.

از اساس این دستگاه به عنوان یک سیستم اتوماسیون، برای نظارت وکنترل دیگر زمینه ها همچون انبارداری، دامداری و مرغداری می توان استفاده کرد.

در نهایت استفاده از این سیستم صرف نظر از کاهش هزینه های نیروی انسانی، به علت دقت خوب و همچنین برنامه پذیر بودن محدوده ی مجاز هر پارامتر ، کیفیت و کمیت تولید نیز افزایش می یابد .

همچنین از اطلاعات ثبت شده و نمودارهای حاصله ، به منظور تحلیل های علمی و تحقیقاتی نیز می توان استفاده کرد.

مواد و روش ها:

حسگر(*Sensor*)های مورد استفاده:

در این دستگاه از *LDR (Light Dependent Resistor)* به عنوان حسگر روشنایی (*Illuminance*) استفاده شده است.محدوده ی حساسیت این حسگر از حدود *nm* ۳۷۰ تا *nm* ۸۵۰ می باشد که محدوده ی *PAR*[۱] (۴۰۰*nm* تا ۷۰۰ *nm*) را پوشش داده و حداکثر حساسیت آن در اواسط همین محدوده می باشد.*LDR* از نوع حسگرهای غیر خطی مقاومتی *(Resistive)* بوده که با افزایش روشنایی، مقاومتش کاهش پیدا می کند؛ در حداقل روشنائی به ازای یک واحد تغییر روشنائی ، تغییرات مقاومت حداکثر می باشد و با افزایش روشنائی نرخ این تغییرات کاهش می یابد[۱۱].

در ساخت این دستگاه *LM35* به عنوان حسگر دما استفاده شده است. این حسگر از نوع حسگرهای *pn* بوده که با افزایش دما ، ولتاژ خروجی آن به صورت خطی افزایش می یابد . *LM35* ساخت *National Semiconductor* می باشد که به ازای افزایش یک درجه سانتی گراد دما ، ولتاژ خروجی آن *۱۰mV* افزایش می یابد. محدوده ی حساسیت این حسگر از ۵۵- تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد می باشد [۱۲] که محدوده ی تغییرات دمای گلخانه را پوشش می دهد.

برای اندازه گیری رطوبت هوا از حسگر *Philips H1* استفاده شده است. این حسگر از نوع حسگرهای غیر خطی ظرفیتی *(Capacitive)* می باشد. این حسگر از دو صفحه ی طلا تشکیل شده که در بین آن ها الیافی قرار دارد که ضریب دی الکتریک*(dielectric)* آن با تغییر رطوبت نسبی هوا تغییر کرده ومجموعه ی مذکور در یک محفظه ی مشبک قرار دارد. در نتیجه با افزیش رطوبت هوا ظرفیت خازن افزایش می یابد. محدوده ی حساسیت این حسگر از *۱۰%RH* تا *۹۰%RH* می باشد [۹] که محدوده ی تغییرات رطوبت نسبی هوای گلخانه را پوشش می دهد.

از بلوک گچی *(Gypsum Block)* به عنوان حسگر اندازه گیری محتوای رطوبت خاک استفاده شده است. بلوک گچی از نوع حسگرهای غیر خطی مقاومتی بوده که با افزایش محتوای رطوبت خاک، مقاومتش کاهش می یابد. محدوده ی حساسیت این حسگر از حدود *۰/۱ bar* تا *۱۷ bar*- می باشد [۱۵] که محدوده ی ما بین ظرفیت زراعی(*۰/۳۳ bar*-) تا نقطه ی پژمردگی (*۱۵ bar*-) را پوشش می دهد[۲].

سخت افزار دستگاه:

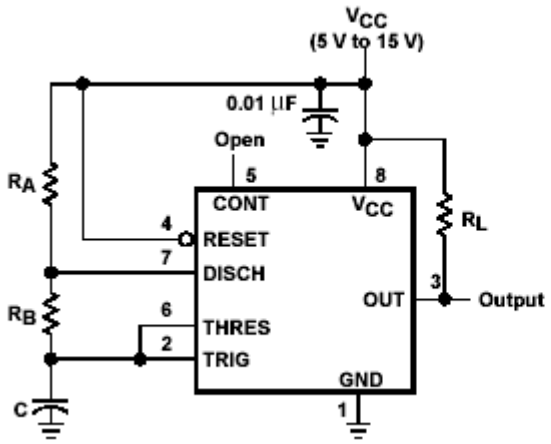
ارتباط با کامپیوتر *(PC Interfacing)*: ارتباط با کامپیوتر این دستگاه از طریق گذرگاه موازی (*Parallel Port*) می باشد که به آن *LPT (Line Printer Terminal)* نیز گفته می شود. این گذرگاه به وسیله ی یک پلاگ *(Plug)* ماده ی نوع *D-25* در پشت کیس *(Case)* کامپیوتر در دسترس می باشد. اگر گذرگاه موازی در حالت دو طرفه (*bi-Directional*) قرار گیرد، ثبات داده حالت خواندنی/ نوشتنی پیدا می کند. کامپیوترهای جدید اکثراً دارای این قابلیت می باشند. در این دستگاه نیز برای خواندن داده به وسیله ی کامپیوتر، از ثبات داده استفاده شده. در نتیجه گذرگاه موازی کامپیوتر مورد استفاده باید قابلیت دو طرفه

[۱] Photosynthetically Active Radiation

بودن ثبات داده را داشته باشد. از ثبات کنترل نیز بـه منظـور آدرس دادن بـه قسـمت هـای مختلـف مـدار استفاده شده است.

منبع تغذیه *(Power Supply)* : یک ترانس $۲۲۰V$ به $۶V$ برای کاهش ولتاژ برق شهر به کـار گرفتـه شـده است و خروجی آن، جهت دریافت برق مستقیم، به یک پل دیودی *(Bridge Rectifier)* متصـل مـی باشـد. ولتاژ مستقیم خروجی در حدود $۸/۷V$ بوده که یک ولتاژ تمیز نیز نمی باشد. خروجی مذکور به یـک خـازن ۴۷۰ میکرو فاراد جهت تمیز کردن نسبی ولتاژ، و سپس به دو *L7805* از نـوع *TO-3* متصـل شـده اسـت. سری *L78XX*، تنظیم کننده های *(Regulator)* ولتاژ می باشند که با اتصال ولتاژ ورودی مجاز (که در برگه ی اطلاعاتی آن ذکر شده) ولتاژ ثابت و تمیزی را در خروجی تحویل می دهد [۱۰]. سپس برای هر کدام از *L7805* ها یک خازن ۱۰۰ میکرو فاراد به عنوان تمیز کننده ی نهائی استفاده شده است .

بخش اندازه گیری : روش اندازه گیری رطوبت هوا، شدت نور و محتوای رطوبت خاک به وسیله ی اندازه



معادله ۱ : $F=\frac{1.44}{(R_A+2R_B)C}$

معادله ۲ : $T_H=0.693(R_A+R_B)C$

معادله ۳ : $T_L=0.693(R_B)C$

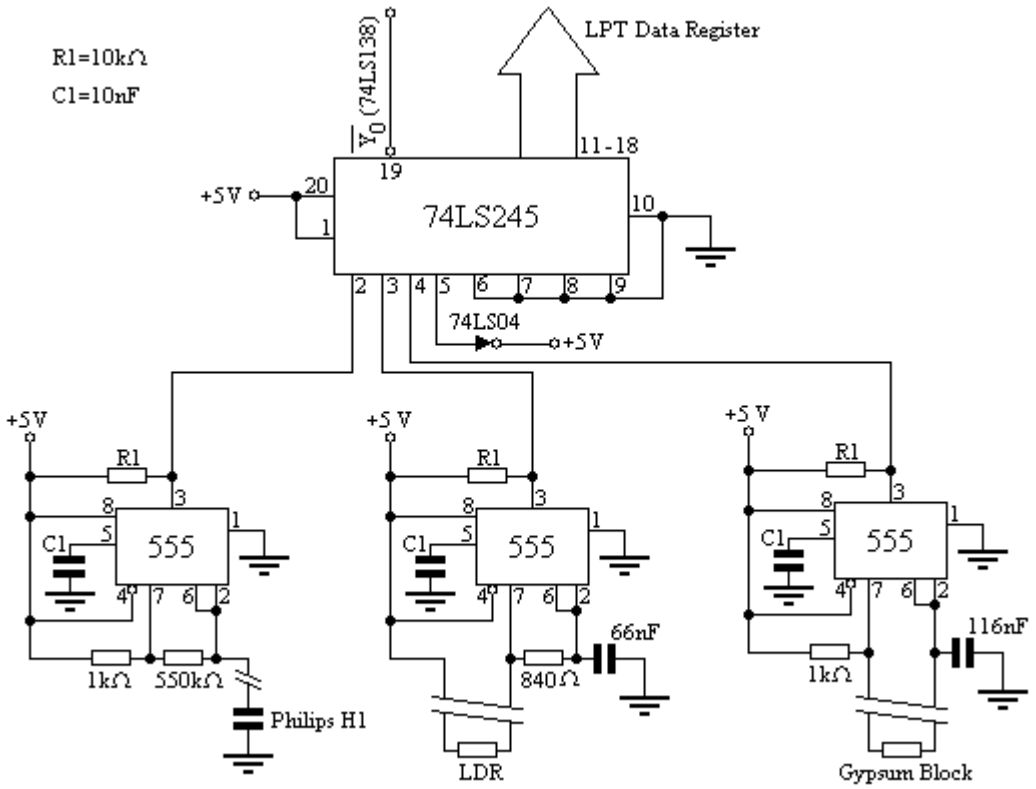
شکل ۱- استفاده از آی سی *555* برای تولید پالس ساعت

گیری فرکانس می باشد. به این معنی که تغییرات مقاومت و یا ظرفیت منجر به تغییر در فرکانس شده و بـا اندازه گیری فرکانس و کالیبره کردن داده های دریافتی، مقدار پارامترهای مذکور به دست می آیـد. بنـا بـر این برای هر پارامتر، از یک آی سی *(IC)*[۱] *555* استفاده شده است. یکی از موارد استفاده ی این آی سی در شکل ۱ دیده می شود. بر ایـن اسـاس بـا تغییـر R_A ، R_B و C ، فرکـانس پـالس مربعـی *(Square Pulse)* خروجی تغییر می یابد. رابطه ی ما بین فرکانس و پریود و زمان بالا و پایین بودن پالس خروجی نسـبت بـه R_A ، R_B و C در معادله های ۱و ۲ و ۳ دیده می شود[۱۳].

در این طرح، بلوک گچی به جای R_B،LDR به جای R_A و *Philips H1* به جای C قرار می گیرد. با مشتق گیری از رابطه ی فرکانس نسبت به فاکتور متغیر، مقدار پارامترهای ثابت در معادله ی مذکور را می تـوان به دست آورد. برای مثال بلوک گچی به عنوان R_B، متغیر معادله فرکانس به حساب آمده وباید مقدار R_A و C محاسبه شود. نکات مورد توجه در بدست آوردن مقادیر مذکور، میزان تغییرات F به ازای یک واحد تغییر متغیر، محدوده ی تغییـرات پـارامتر متغیـر حسـگر و حـد اکثـر میـزان F مـی بـا شـد. در ایـن طـرح بـه منظورجلوگیری از بزرگ شدن مدار، شمارش پالس ها (برای محاسبه ی فرکـانس) بـه وسـیله ی کـامپیوتر

[۱] Integrated Circuit

انجـــــــام مـــــــی شـــــــود. در نتیجـــــــه حـــــــد اکثـــــــر میـــــــزان F



شکل ۲- مدار اندازه گیری رطوبت هوا، روشنایی و رطوبت خاک

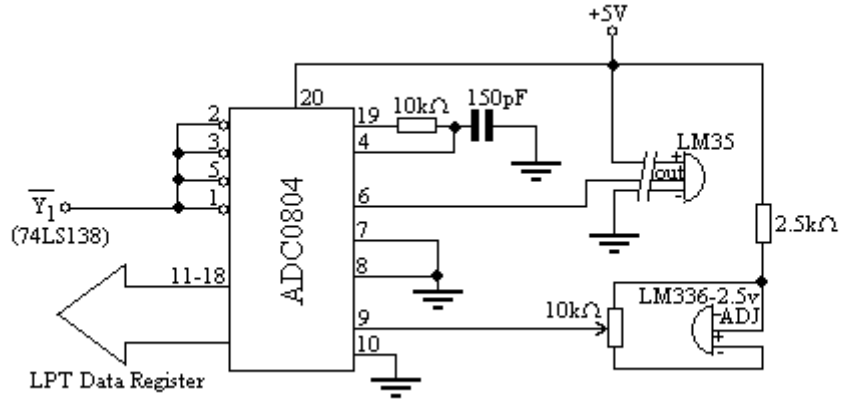
محدود به سرعت کامپیوتر می باشد. بلوک گچی و LDR مـورد اسـتفاده در ایـن طـرح بـه ترتیـب دارای محدوده ی تغییرات مقاومت از حدود ۵۷۰ کیلو تا ۱ مگا اهم و ۷۰ تا ۲ مگا اهـم مـی باشـد. همچنـین محدوده ی تغییرات ظرفیت *Philips H1* از حدود ۱۱۲ تا ۱۴۴ پیکو فاراد است [۹].

پالس خروجی هر *555* به یک پایه ی ترمینال آی سی *74LS245* و پایه های اضـافی *74LS245* بـه زمـین متصل است [۴]. این کار برای اعمال شیفت رجیستر *(Shift Register)* و همچنـین بـافر *(Buffer)* کـردن سیگنال استفاده شده است. بافر کردن سیگنال در این قسمت برای محافظت از گذرگاه مـوازی انجـام می شود . در نهایت پایه های خروجی *74LS245* به ثبات داده ی گذرگاه متصل شـده و سـیگنال فعـال کننده ی *(OE)*[1] خود را از یکی از سیگنال های فعال کننده ی آی سی *74LS138* دریافـت مـی کنـد [۷]. همچنین $+5V$ منبع تغذیه به یک عملگر *NOT* آی سی *74LS04* [۶] و خروجی آن به یکی از پایـه هـای ورودی *74LS245* متصل شده است. این مطلب به منظور اینکه برنامه ی نوشته شده بتواند تشـخیص دهـد که دستگاه در دسترس می باشد یا نه استفاده شده است. مدار مذکور در شکل ۲ مشاهده می شود.

برای اندازه گیری ولتاژ خروجی *LM35*، از آی سی *ADC0804* استفاده شـده اسـت. ایـن آی سـی انـدازه گیری های خود را با روش اندازه گیری نسبی *(Ratiometrically)* انجام می دهد. به این معنـی کـه انـدازه گیری خود را بر مبنای $V_{ref/2}$ اعمال می کند [۵]. این مدار به وسیله ی مزیـدی [۳] و برگـه ی اطلاعـاتی *LM35* توصیه شده است. ازتغییر ولتاژمرجع مذکور به وسیله ی یک پتانسیو متر *(Potentiometer)*، بـرای

[1] Output Enable

کالیبره کردن درجه حرارت خوانده شده استفاده می شود. عدد دودویی *(Binary)* خروجی نشانگر اختلاف پتانسیل بین $V_{(+)}$ و $V_{(-)}$ می باشد. خروجی مذکور به ثبات داده متصل می شود. این آی سی سیگنال فعال کننده *(CS)*[1] خود را از سیگنال های فعال کننده ی *74LS138* [۷] دریافت می کند(شکل ۳).



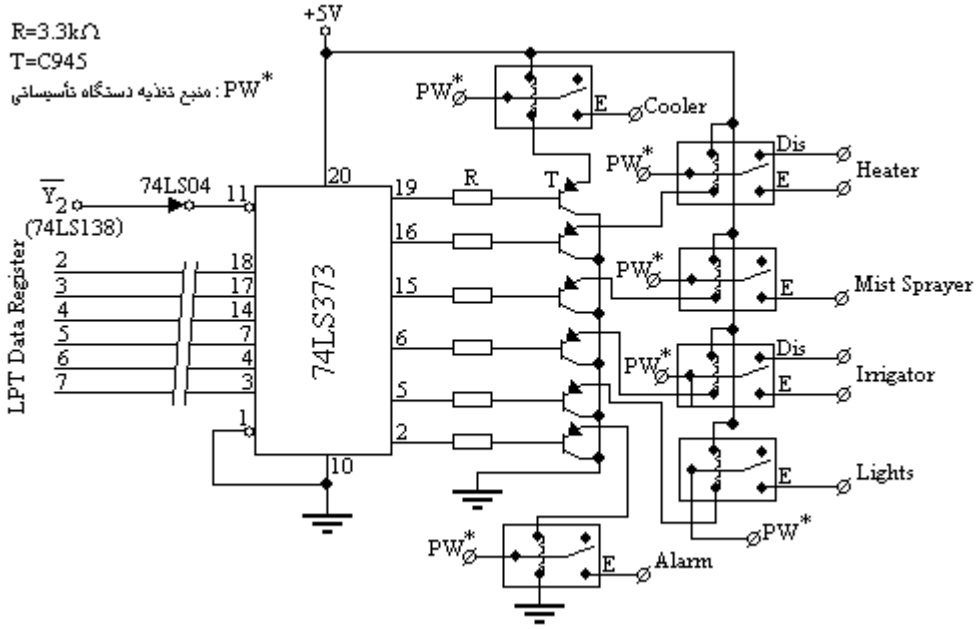
شکل ۳- مدار اندازه گیری دما

بخش کنترل: آی سی *74LS373* به عنوان هسته ی مرکزی این قسمت عمل می کند [۸] . دستور عملکرد رله ها را از ثبات داده ی گذرگاه موازی دریافت و قفل *(Latch)* می کند. هر خط از خطوط، بیانگر فعال یا غیر فعال بودن هر سیستم تأسیساتی می باشد. حد اکثر جریان سیگنال های خروجی *74LS373* توانایی راه اندازی رله ها را ندارد[۸]. در نتیجه از یک مقاومت و ترانزیستور *(Transistor) C945* برای بافر کردن سیگنال ها استفاده شده است. سپس رله به *C945* وصل و مستقیماً از منبع تغذیه ، تغذیه می شود . سیگنال G زمانی که پایین باشد، خروجی ها قفل می شوند. به طوری که برای گرفتن دستور جدید باید از حالت قفل خارج شده و پس از گرفتن دستور دوباره قفل شوند. در نتیجه یکی از سیگنال های *74LS138* [۷] به یک عملگر NOT آی سی *74LS04* [۶] و خروجی آن به پایه ی سیگنال G متصل می شود (شکل ۴).

به طور کلی ازآی سی *74LS138* به عنوان دیکدر*(Decoder)* استفاده شده است [۷] که سیگنال های آدرس خود را از ثبات کنترل گذرگاه موازی دریافت می کند. سیگنال *Select Printer* برای فعال کردن آی سی مذکور استفاده شده است . به این وسیله می توان در پشت دستگاه ترمینالی را برای اتصال چاپگر *(Printer)* تعبیه کرد . بنا براین قابلیت کامپیوتر از لحاظ عدم دسترسی چاپگر به گذرگاه *LPT* از بین نمی رود. به این صورت که برای فعال کردن دستگاه باید سیگنال مذکور بالا باشد [۱۷]. در نتیجه از تداخل *(Interference)* سیگنال های دستگاه و چاپگر جلوگیری شده و می توانیم در هر محیط نرم افزاری از چاپگر استفاده کنیم.

[1] Chip Select

هر خط از خطوط سیگنال ثبات داده و کنترل به مقاومت ۱۰ کیلو اهم به $+۵V$ متصل است. این مقاومت



ها

شکل ۴- مدار بخش کنترل

به عنوان بالا کش *(Pull-up)* جهت محافظت گذرگاه استفاده می شود. این مطلب را مزیدی [۳] و *Craig Peacock* نیز [۱۷] توصیه کرده اند.نرم افزار دستگاه : نرم افزار دستگاه با زبان برنامه نویسی ویژوال بیسیک *(Visual Basic)* نوشته شده است. نرم افزار برای خواندن هر کدام از داده های مذکور، به بخش های مختلف آدرس داده تا فعال شوند و سپس داده ها را از گذرگاه خوانده و یا دستورات را بر آن می نویسد. برنامه، *74LS245* را فعال کرده و پالس های خروجی آن را می شمارد تا فرکانس متناسب با سه حسگر مربوطه محاسبه گردد. برای این عمل، از یک روش عددی استفاده شده است که به وسیله ی آن اندازه گیری فرکانس متناسب با سه حسگر به طور هم زمان انجام می شود و بنا بر این اتلاف زمان به ثلث کاهش می یابد. زمان اندازه گیری فرکانس $۱۰۰ ms$ می باشد.

ویندوز، برنامه های مختلف فعال را، به صورت مجازی، موازی اجرا می کند. در نتیجه به خاطر این که در شمارش پالس ها خطا به وجود نیاید از دستوری استفاده شده که برنامه را در حالت زمان واقعی اجرا می کند. این دستور در یک فایل *DLL (Dynamic Link Library)* به وسیله ی هانس یواخیم برنت [۱] ارائه شده است.

برنامه برای کالیبره کردن داده های در یافتی، جدولی را از کاربر دریافت می کند؛ بر این منوال که جدول مذکور به صورت یک به یک فرکانس مربوط به دستگاه و مقدار متناسب مربوط به هر پارامتر را از کاربر و یا از جدول پیش تنظیم شده می گیرد. نرم افزار، اعداد بین مقادیر مذکور را خطی کرده و عدد کالیبره شده را به دست می دهد.

به طور کلی نمونه گیری از وضعیت هر پارامتر محیطی در هر دقیقه یک بار انجام می شود. در این زمان حداقل ۱۵ بار و به فاصله ی یک ثانیه، حرارت خوانده می شود. این مسئله به علت وجود خطای نوسان

الکتریکی *(Noise)* در داده ی خوانده شده ی دما می باشد. این خطا با انجام روش های عددی از بین می رود.

برای کنترل کردن محیط، دو روش در برنامه ارائه شده. کاربر می تواند دو عدد به عنوان کرانه های محدوده های مجاز هر پارامتر محیطی را به دو صورت ثابت و یا برنامه ی زمان بندی شده تعریف کند. نرم افزار با مقایسه ی اطلاعات پردازش شده با محدوده ی مجاز، سیستم های تأ سیساتی را فعال یا غیر فعال می کند. همچنین کاربر در صورت تمایل می تواند محدوده های هشدار دهنده را تعریف کند. در نتیجه زمانی که مقدار هر پارامتر در محدوده ی هشدار قرار گیرد، زنگ اخبار (در صورت اتصال به دستگاه) فعال می شود. همچنین این امکان وجود دارد که دستگاه از حالت کنترل اتوماتیک خارج شده تا اینکه کاربر بتواند به صورت دستی سیستم های تأسیساتی را از طریق نرم افزار خاموش یا روشن کند.لازم به ذکر است که کنترل نور به وسیله ی اتصال منبع روشنایی به دستگاه بر حسب حداقل و حداکثر تعداد ساعات نور مورد نیاز گیاه انجام می شود.

دستگاه تمام اطلاعات خوانده شده ی مربوط به هر حسگر و موقعیت دستگاه های تأسیساتی را در هر ۵ دقیقه ثبت کرده و نمایش می دهد. همچنین نمودار تغییرات هر پارامتر را به صورت زمان واقعی رسم می کند. این امکان را نیز به کاربر می دهد که با تعیین زمان ابتدا و انتهای زمان در خواستی، جزئیات و یا نمودار مربوط به داده های ثبت شده هر پارامتر را نمایش داده و یا چاپ می کند. از خصوصیات رسم نمودار این نرم افزار بر این منوال است که محدودیتی در تعیین زمان ابتدا و انتهای زمان در خواستی وجود ندارد و برنامه به صورت خودکار، مقیاس زمانی را محاسبه و نمودار را ترسیم می کند.

نتایج و بحث :

حسگرها : مطالعات در رابطه با انتخاب حسگر روشنایی نشان داد که برای اندازه گیری روشنایی در زمینه ی کشاورزی بهتر است که از حسگرهای کوانتمی *(Quantum Sensor)* استفاده شود [۱۴ و۱۶]. در سال ۱۹۷۲، *Keith McGree* نشان داد که برای اندازه گیری PAR بهتر است که فتون *(Photon)* های بر خورد کرده با واحد سطح را بشماریم [۱۶]. این مفهوم با تعریف های واحد های قدیمی روشنایی هم معنی نمی باشد. در نتیجه حسگرهای مربوط به اندازه گیری روشنایی بر اساس واحدهای قدیمی برای به دست آوردن روشنایی در PAR قابل استفاده نمی باشد [۱۴ و ۱۶]. ولی مسئله ی اساسی، قیمت و در دسترس نبودن حسگرهای کوانتومی است. در نتیجه در صورتی که اندازه گیری روشنایی به صورت نسبی مد نظر باشد، استفاده از تعاریف قدیمی ایجاد مشکل نمی کند. به این منظور حسگر LDR، حسگر مناسبی از لحاظ قیمت، در دسترس بودن، نویز، حساسیت و نرخ تغییرات می باشد.

در مجموع استفاده از $LM35$ برای دستگاه هایی که دقت اندازه گیری آن ها زیاد مهم نیست و کاربرد مدار محدود می باشد توصیه می شود. دقت این حسگر ۱ درجه ی سانتی گراد می باشد [۱۲] که دقت مناسبی برای اندازه گیری های دقیق نیست. همچنین در داده های خروجی آن عوامل زیادی ایجاد نویز می کند. علاوه بر آن به علت استفاده از کامپیوتر، کالیبره کردن قابل انجام می باشد. در نتیجه استفاده از ترمیستور *(Thermistor)* توصیه می شود.

در طراحی و ساخت این سیستم اتوماسیون این نتیجه حاصل شد که وسایل اندازه گیری محتـوای رطوبـت خاک، اکثراً وسایل آزمایشگاهی می باشند و برای اندازه گیری های لحظه به لحظه مناسب نیستند. همچنین قیمت بالایی داشته و برای خریداری در دسترس نمی باشد. در نتیجه انتخاب به بلوک گچی محدود گردید. عملکرد بلوک گچی در خاک های خشک (به علت نرخ تغییرات بیشتر) بهتـر اسـت [۱۵]. ولـی در مجمـوع برای اندازه گیری هایی که احتیاج به دقت بالا نباشد قابل استفاده است. همچنین ثابت شد کـه بـا گذشـت زمان منحنی تغییرات آن نیز تغییر می کند ودر نتیجه پس از مـدتی احتیـاج بـه کالیبراسـیون مجـدد دارد [۱۵] و بعد از گذشت ۱ تا ۳ سال باید بلوک گچی را تعویض کرد [۲]. دیگر آن که بـرای هـر بلـوک گچـی احتیاج به کالیبراسیون می باشد [۱۵].

بررسی ها نشان داد که تنوع در انتخاب حسگر رطوبت هوا کم می باشد؛ ولی حسگر مـورد اسـتفاده، یعنـی *Philips H1* حسگر مناسبی از لحاظ نرخ تغییرات و نویز می باشد.

مدار : مطالعات مشخص کرد که روش اندزه گیری به وسیله ی فرکانس، روش بسیار مناسبی می باشـد. در این روش مسئله ی نویز بسیار کم رنگ شده و دقت مناسبی را به دست می داد. تنها اشکال آن احتیـاج بـه صرف زمان برای اندازه گیری فرکانس می بود؛ برای رفع این مسئله ، ثابت شد کـه در دسـتگاه هـایی کـه زمان پردازش مد نظر می باشد، می توان پریود و یا زمان بالا ویا پـایین بـودن سـیگنال را محاسـبه کـرد. همچنین در آزمایشات کارگاهی مشخص شد که در اندازه گیری فرکانس بهتر است که شمارش پالس ها به وسیله ی مدار انجام شود تا در کامپیوتر اتلاف وقت وجود نداشته باشد.

تجارب ساخت کارگاهی دستگاه نشان داد در صورتی که حسگرها با کابـل بلنـدی بـه مـدار متصـل شـوند، توصیه می شود که آی سی های *555* در جعبه ی حسگر قرار گیرد و در جعبه ی دسـتگاه، پـالس هـای رسیده تقویت شوند تا از اثر کابل کاسته شود.

به این نکته باید توجه داشت که گلخانه ها نسبت بـه مـوارد اسـتفاده و ابعادشـان، دارای شـرایط گونـاگونی هستند. در نتیجه باید سیستم اتوماسیون نسبت به نیازهای هر گلخانه طراحی و ساخته شـود کـه البتـه بـا تغییرات جزئی در اساس این سیستم به این هدف می توانیم دست یابیم. مثلاً ممکن است گلخانه ای دارای چندین سالن با گیاهان متفاوت باشد . بنا بر این سیستم باید دارای چندین مجموعه ی حسگر باشد که با تغییرات جزئی در مدار و نرم افزار آن این مطلب حاصل می شود. همچنین هر مجموعه ی حسگر ها باید در محلی که میانگین میزان پارامترها واقع می باشند قرار گیرند. از ویژگی های بـارز نـرم افـزار ایـن دسـتگاه، انعطاف پذیری و برنامه پذیر بودن خود آن می باشد : ۱ - قابلیـت پـذیرش برنامـه ای زمـانی در رابطـه بـا محدوده ی مجاز هر پارامتر: این امر امکان می دهد در صورتی که گیاه کاشـته شـده در خـلال طـول دوره رشد، احتیاجات دما، رطوبت هوا، رطوبت خاک و شدت نور متفاوتی داشته باشد، کـاربر بـا تنظـیم جـدول محدوده ی مجاز هر پارامتر بر حسب زمان، قـادر بـه دسـتیابی بـه ایـن هـدف گـردد؛ ۲ - قابلیـت تغییـر کالیبراسیون دستگاه : حسگرهای مختلف پس از گذشت زمان دستخوش تغییرات شیمیایی و فیزیکی شـده ودر نتیجه دقت آن ها کاهش می یابد. به همین دلیل در این سیستم امکانی طراحی شده تا به وسیله ی آن کاربر بتواند در صورت لزوم حسگر هر پارامتر را توسط نرم افزار دستگاه کالیبره کرده و در هر شرایط زمـانی

و مکانی به اعداد ودقت قابل قبول دست پیدا کند. بنابراین تا حد امکان از افت دقت و تعویض حسگر جلوگیری می شود.

نتیجه گیری : در جمع بندی کلی مشخص شد که این سیستم عملکرد و دقت مناسبی دارد. دقت اندازه گیری دما، رطوبت هوا و روشنایی (به ترتیب بر حسب درجه سانتی گراد، در صد رطوبت نسبی و لوکس) هر کدام یک واحد و رطوبت خاک یک دهم بار می باشد.

منابع :

۱- برنت.ه.ی؛ کاینکا. ب؛ ۱۳۸۱؛ مترجم: حداد شرق. ک؛ *PC Interface*- اندازه گیری و کنترل با استفاده از پورت های استاندارد تحت ویندوز؛ چرتکه؛ تهران؛ ۲۸۹ صفحه.

۲- تی یر. آی. دی- پیت. ام. ام؛ مترجم: کوچکی.ع – حسینی. م- نصیری. م؛ ۱۳۷۴؛ رابطه ی آب و خاک در گیاهان زراعی؛ جهاد دانشگاهی مشهد؛ مشهد؛ صفحات ۹ تا ۳۶.

۳- مزیدی. م. ع- مزیدی. ج. گ؛ مترجم: سپیدنام. ق؛ ۱۳۷۹؛ مدارهای واسط کامپیوترهای آی بی ام *80x86* و سازگار با آن- طراحی و ارتباط کامپیوترهای آی بی ام؛ انتشارات خراسان؛ مشهد؛ ۷۶۰ صفحه.

4 - Anon; 74AHC245, 74AHCT245/Octal bus transceiver, 3-Stage; Philips electronics/ http://WWW.semiconductors.com ; Netherlands;20 pages.

5 - Anon; 1994; ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805 – 8-bit compatible A/D converters (data sheet); National Semiconductors; USA; 36 pages.

6 – Anon; 2000; DM74LS04 Hex inverting gates (data sheet); Fairchild Semiconductors/ http://WWW.fairchildsemi.com ; USA; 5 pages.

7 – Anon; 1998; DM74LS138,DM74LS139-Decoders/Demultiplexers (data sheet) ; Fairchild Semiconductors / http://WWW.fairchildsemi.com ; USA ; 8 pages .

8 – Anon ; 2001 ; DM74LS373 - DM74LS374 / 3-Stage Octal D-type transparent latches and Edge-Triggered Flip-Flops (data sheet) ; Fairchild Semiconductors / http://WWW.fairchildsemi.com ; USA ; 8 pages .

9 – Anon; 1996; Humidity Sensor (data sheet); Philips; Netherlands; 3 pages.

10-Anon; 1997; L7800 Series/ Positive voltage regulators (data sheet); SGS Thomson; Italy; 25 pages.

11 – Anon; 1997; Light dependent resistor (data sheet); RS Components; USA; 4 Pages.

12 – Anon; 2000; LM35/Precision centigrade temperature sensors (data sheet); National Semiconductor; USA; 13 pages.

13- Anon; 2003; NE555, SA555, SE555/ Precision timers (data sheet); Texas Instruments; Dalas,Texas; 24 pages.

14 – Both.A.J-Mears.D.R- Reiss.E-Roberts .W . J ; 2002 ; Horticultural Engineering/ http://WWW.aesop.rutgers.edu/~horteng ; USA; 8 pages .

15- Dela.B.F; 2001; Measurement of soil moisture using gypsum blocks; BY og BYG; Urban; 28 pages .

16 – McGree.K.J;1972; Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data; Meterol .

17 – Peacock.C; 1998; Interfacing the Standard Parallel Poart ;
http://WWW.senet.com.au/~peacock; USA;17 pages .