

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ



C# TABANLI AKILLI SERA

AHMET ÖZBAYSAR

180208059

Bölümü: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

KOCAELİ, 20/01/2022

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	2
ŞEKİLLERİN DİZİNİMİ.....	3
ÖZET.....	4
1. GİRİŞ.....	5
2. MALZEME VE YÖNTEM.....	6
2.1 Kavramsal Tasarım ve Mimari.....	6
2.2 Yazılım.....	7
2.2.1 Giriş.....	7
2.2.2 Mikrodenetleyici Yazılımı.....	8
2.2.2.1 PWM Sinyali.....	8
2.2.2.2 UART Haberleşmesi.....	9
2.2.2.3 ADC (Analogtan Dijitale Çevirim).....	10
2.2.2.4 Repeat Sequence of Channels (Sıralı Kanalların Tekrarı).....	11
2.2.2.5 DTC (Veri Aktarım Kontrolü).....	12
2.2.3 Bilgisayar Kontrol Programı Yazılımı.....	14
2.3 ANALOG DEVRE TASARIMI.....	16
2.3.1 Giriş.....	16
2.3.1 Güç Devresi.....	17
2.3.2 Mikrodenetleyici Bağlantıları.....	18
2.3.3 Kontrol Devresi.....	19
2.4 PCB Tasarımı ve Gerçekleme.....	22
3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	25
4. KAYNAKÇA.....	26

ŞEKİLLERİN DİZİNİ

Şekil 1: Kavramsal tasarım diyagramı	6
Şekil 2: MSP430G2553 Mikrodenetleyicisi	8
Şekil 3: PWM Sinyali örneği	9
Şekil 4: Baud rate ayarları ve bit hata oranları tablosu.	10
Şekil 5: Repeat sequence of channels modu diyagramı	11
Şekil 6: DTC tek blok transfer diyagramı	12
Şekil 7: Bilgisayar kontrol programı C# form tasarımı	14
Şekil 8: Devre şematiği	16
Şekil 9: 5V güç devresi şematiği	17
Şekil 10: 3.3V güç devresi şematiği	17
Şekil 11: Mikrodenetleyici bağlantıları şematiği	18
Şekil 12: MSP430 transistör bağlantısı	12
Şekil 13: FZT851TA elektriksel karakteristikleri tablosu.	20
Şekil 14: Transistör bağlantısı şematiği	21
Şekil 15: Röle bağlantısı şematiği	22
Şekil 16: PCB Tasarımı	23
Şekil 17: PCB üstten üç boyutlu görünüm	24
Şekil 18: PCB alttan üç boyutlu görünüm	25

C# TABANLI AKILLI SERA

AHMET ÖZBAYSAR

Anahtar Kelimeler: Kavramsal Tasarım, UART, PWM, ADC, DTC, Analog Devre

Özet: Günümüzde gıda fiyatlarının artması, tarımda GDO ve zararlı tarım ilaçlarının kullanılması nedeniyle kaliteli gıdaya ulaşmak güçleşmektedir. Bu nedenle çoğu insan kendi yetiştirdikleri organik gıdaları tüketmek istemektedir. Ancak şehir yaşamında küçükte olsa tarım yapalabilecek bir ortam bulmak zordur.

Teknolojinin gelişmesiyle akıllı evler gibi yarı otomasyonlu sistemler hayatımıza girmeye başlamıştır. Bu çalışmada kendi evinde organik tarım yapmak isteyen insanlara yarı otomasyonlu bir çözüm öğretmek amaçlanmıştır.

1. GİRİŞ

Her geçen gün elektronik cihazların maliyeti ve boyutları düşmekte, işlem kabiliyetleri artmaktadır. Günümüzde her insanın erişime sahip olduğu ağ üzerinden birbirine bağlı akıllı telefon ve bilgisayar gibi cihazlar sayesinde otomasyon sadece seri üretimde değil, sivil hayata da akıllı evler, akıllı arabalar ve başka çeşit araçlar olarak sivil hayata girmeye başlamıştır. Yakın bir gelecekte ev ortamında halen bulunan veya yeni ihtiyaçları karşılayacak farklı cihazların telefon, bilgisayar gibi araçlarla ağ üzerinden monitör edilmesini düşünmek pek de zor değildir.

COVID-19 salgınının etkisiyle artan petrol fiyatları, artan dünya nüfusu, küresel ısınma, savaş gibi sebeplerden dolayı günümüzde gıda fiyatlarında artış görülmektedir. Artan talebi karşılamak ve maliyeti azaltmak için üretici zararlı tarım ilaçlarına ve GDO'lu ürünlere yönelmektedir. Bu nedenlerle kaliteli gıdaya ulaşmak her geçen gün zorlaşmaktadır. Organik tarım kavramının ortaya çıkmasıyla bir çok insan kendi tüketeceği miktarda ürün yetiştirmek istese de şehir yaşamında bunu yapabilecek ortam ya da zaman bulmak zordur.

Bu projede kendi evinde organik tarım ürünleri yetiştirmek isteyen ancak zaman ya da ortama sahip olmayan insanlara çözüm olarak bilgisayar üzerinden monitör ve kontrol edilebilen bir sera yapılması amaçlanmıştır. Proje esasında bir gömülü sistem tasarımı ve gerçekleştirmesidir. Proje kapsamında ilk olarak ihtiyaçlar belirlenmiş, ortaya kavramsal tasarım çıkarılmıştır. Kullanılacak mikrodenetleyici MSP430 olarak seçilmiştir. MSP430 C dili, bilgisayar kontrol programı C# dili kullanılarak yazılım geliştirilip prototip üzerinde denenmiştir. Ardından kullanılması gereken gerçek parçalarla mikrodenetleyici etrafına analog devre tasarımı yapılmış, dikkat edilmesi gereken hususlar ve hesaplamalar detaylıca açıklanmıştır. Sonrasında devrenin PCB tasarımı yapılmış ve gerçekleştirilmiştir.

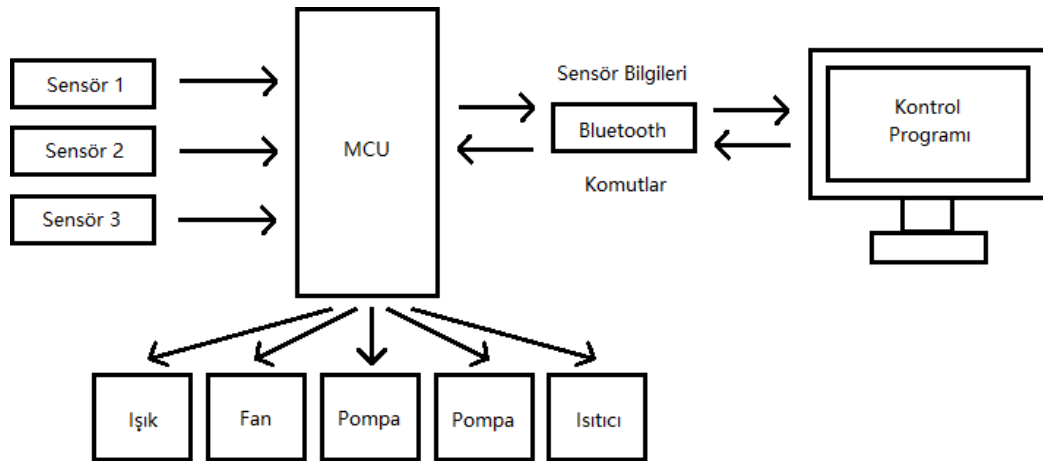
2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Kavramsal Tasarım ve Mimari

Tasarım olarak bilgisayar ile ağ üzerinden kablosuz olarak monitör ve kontrol edilebilen bir sistem düşünülmüştür. Bu işlem için ilk olarak bilgisayar üzerinde bir kontrol programına ve ortamda istenilen komutları yerine getirebilecek bir cihaza ihtiyaç bulunmaktadır. Herhangi bir sera sistemi düşündüğümüzde göz önünde bulundurmanız gereken bazı isterler ve ihtiyaçlar bulunmaktadır. Basit olarak sera kontrol edilebilen izole bir ortamdır. Bu ortam yetiştirilmek istenen ürün için optimum halde bulunmalıdır. Bunun için ortamdan değişik sensörler ile bazı bilgiler alınmalı ve bu bilgilere göre ortamın sıcaklık, hava ve nem gibi özellikleri manipüle edilmelidir.

Yukarıda anlatılan işleri fizikel olarak ortamda yerine getirebilmek için bir kontrol cihazına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kontrol cihazının yerine getirmesi gereken işlemler göz önünde bulundurulduğunda bir mikrodenetleyici kullanmak yeterlidir.

Mikrodenetleyici sensörlerden gelen bilgileri işleyip bluetooth aracılığıyla bilgisayara aktaracak, aynı zamanda bilgisayardan gelen komutlara göre ortamı kontrol etmek için ışık, ısıtıcı, fan, su pompası gibi değişik çıkışları sürecektir.



Şekil 1: Kavramsal tasarım diyagramı

Sitemde sensör olarak bir nem sensörü, bir ışık sensörü, bir su seviyesi sensörü ve mikrodenetleyici içinde bulunan sıcaklık sensörünün kullanılması planlanmıştır. Ortam kontrolü için bir ışık, bir fan, bir ısıtıcı ve sulama için adet su pompası kullanılması planlanmıştır. Ortamda bulunan ışık, sıcaklık, hava miktarı kullanıcı tarafından gözlemlenip kontrol edilebilir. Sistemde bir adet sulama, bir adet sulama tankerini doldurmak için 2 adet su pompası bulunmaktadır. Sulama tankerinde bulunan su miktarı su seviyesi sensörü ile gözlenmenip azaldığında 2. pompa vasıtasıyla doldurulabilir. Işık ve fan düşük, orta, yüksek; pompalar 3 farklı zaman süresince ve ısıtıcı açık/kapalı olarak kontrol edilebilir. Mikrodenetleyici olarak MSP430G2553 seçilmiştir. MSP430G2553 bu işlemleri yerine getirebilecek kapasitede az güç harcayan ucuz bir mikrodenetleyicidir. Haberleşme için bluetooth modülü olarak HC-05 bluetooth modülü seçilmiştir.

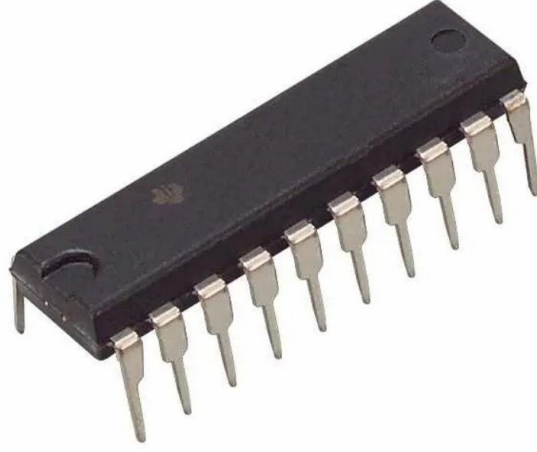
22 Yazılım

2.2.1 Giriş

Yazılım mikrodenetleyici ve bilgisayar kontrol programı olarak ikiye ayrılmıştır. Mikrodenetleyicinin amacı sensörlerden gelen bilgileri bilgisayar ortamına aktarmak ve bilgisayardan gelen komutlara göre belli başlı görevleri yerine getirmektir. Kontrol programının görevi ise gelen sensör bilgilerini anlık olarak kullanıcıya sunmak, kullanıcıya butonlar yardımıyla görsel olarak kontrol imkanı sağlamak ve kullanıcıdan gelen komutları mikrodenetleyiciye aktarmaktır. Mikrodenetleyici gömülü yazılımı C, kontrol programı C# ile geliştirilmiştir.

2.2.2 Mikrodenetleyici Yazılımı

Mikrodenetleyici olarak yukarıda da belirtildiği gibi MSP430G2553 seçilmiştir.



Şekil 2: MSP430G2553 Mikrodenetleyicisi [3]

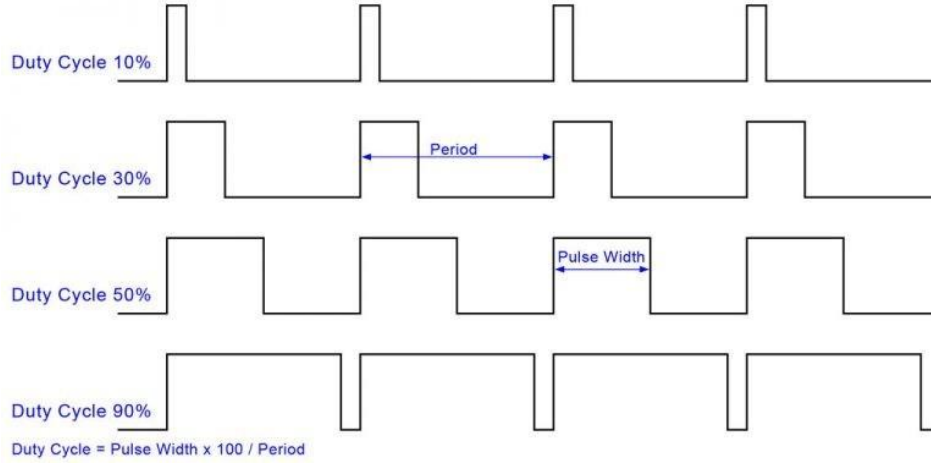
MSP430G2553 16 bitlik RISC mimarılı bir mikrodenetleyicidir. 16 MHz'e kadar hıza, 16 I/O pinine, 16 bitlik zamanlayıcılara, USC arayüzüne, 16 Kb flash memory'e, 512 Kb RAM'e, 10 bitlik ADC kabiliyetine ve 3 adete kadar PWM sinyali oluşturabilme kabiliyetine sahiptir. Yazılım register seviyesinde C dili kullanılarak CCS üzerinde geliştirilmiş ve launchpad yardımıyla mikrodenetleyiciye gömülmüştür.

İlk olarak kullanılacak pinler ve görevleri seçilmiştir. 1.0, 1.3 ve 1.4 pinleri sensörlerden gelen analog veriyi dijitale çevirmek için ADC olarak seçilmiştir. 1.1 ve 1.2 pinleri UART haberleşmesi için seçilmiştir. 2.0 ısıtıcı, 2.1 lamba, 2.3 1.pompa, 2.4 fan ve 2.5 pini 2. pompa için çıkış seçilmiştir. Pinler ve görevleri seçildikten sonra main fonksiyonu içinde giriş ve çıkış register'ları pinlere göre konfigüre edilmiştir. 2.0, 2.3 ve 2.5 pinleri ilk çalışmada kapalı olması için 0 konfigüre edilmiştir. Saat sinyali BCSCCTL1 registerı kullanılarak 1MHz olarak ayarlanmıştır.

2.2.2.1 PWM Sinyali

Işık ve fan düşük, orta ve yüksek olarak kullanılmak istenmiştir. Mikrodenetleyici çıkışı ya yüksek ya da düşüktür bu yüzden bu tür bir işlem için PWM sinyali kullanılması gerekir. PWM bir darbe genişliği modülasyonudur. Kare bir saat sinyalinin duty cycle'ı

değiştirilerek çıkışta anahtarlama yöntemi ile 0 ile +V arasında analog gibi bir sinyal alınabilir. [1]



Şekil 3: PWM Sinyali örneği [1]

2.1 ve 2.4 pinleri fan ve ışık için seçilmiştir ve PWM sinyali bu pinleri için oluşturulmalıdır. PWM sinyali için bir zamanlayıcıya ihtiyaç vardır. İki pinde TA1 zamanlayıcını kullanmaktadır. 2.1 pini TA1.1 ile 2.4 pini TA1.2 ile kontrol edilir. İlk olarak PWM sinyalinin periyodu TA1CCR0 (timer A1 capture/compare 0) register'ı ile 1000 mikrosaniyeye ayarlanır. Sonrasında saat olarak SMCLK olarak belirlenir ve TA1CCR1 ve TA1CCR2 değerlerine kadar sayması belirtilir. TA1.1 için TA1CCR1 ve TA1.2 için TA1CCR2 PWM sinyalinin yüksek olduğu zamanı yani duty cycle'ı belirler. Örnek olarak eğer TA1CCR1 değeri 500 mikrosaniye olarak seçilirse duty cycle %50 olarak belirlenir. Bu ayarlar ile 2.1 ve 2.4 pinleri için TA1CCR1 ve TA1CCR2 değerleri değiştirilerek farklı değerlerde pwm sinyali elde edilebilir.

2.2.2.2 UART Haberleşmesi

Bilgisayar ile haberleşme için UART protokolü kullanılmıştır. UART ayarları için ilk olarak saat SMCLK seçilir. Sonrasında haberleşme yapılacak baud rate (saniyede gönderilecek sembol sayısı) seçilmelidir. Haberleşme HC-05 Bluetooth modülü

kullanılmaktadır ve HC-05 9600 baud rate ile çalıştığı için baud rate 9600 seçilmelidir. 9600 baud rate elde edebilmek için kullandığımız saat frekansına göre UART register'larında kullanacağımız değerler değişir. Bu değerleri belirlemek için MSP430 Users Guide'da bulunan tabloda 1 MHz (kullandığımız saat frekansı) ve 9600 baud rate için belirtilen değerler register'lara girilir.

USCI Operation: UART Mode

Table 15-4. Commonly Used Baud Rates, Settings, and Errors, UCOS16 = 0

BRCLK frequency [Hz]	Baud Rate [Baud]	UCBRx	UCBRSx	UCBRFx	Max. TX Error [%]		Max. RX Error [%]	
32,768	1200	27	2	0	-2.8	1.4	-5.9	2.0
32,768	2400	13	6	0	-4.8	6.0	-9.7	8.3
32,768	4800	6	7	0	-12.1	5.7	-13.4	19.0
32,768	9600	3	3	0	-21.1	15.2	-44.3	21.3
1,048,576	9600	109	2	0	-0.2	0.7	-1.0	0.8
1,048,576	19200	54	5	0	-1.1	1.0	-1.5	2.5
1,048,576	38400	27	2	0	-2.8	1.4	-5.9	2.0
1,048,576	56000	18	6	0	-3.9	1.1	-4.6	5.7
1,048,576	115200	9	1	0	-1.1	10.7	-11.5	11.3
1,048,576	128000	8	1	0	-8.9	7.5	-13.8	14.8
1,048,576	256000	4	1	0	-2.3	25.4	-13.4	38.8
1,000,000	9600	104	1	0	-0.5	0.6	-0.9	1.2
1,000,000	19200	52	0	0	-1.8	0	-2.6	0.9
1,000,000	38400	26	0	0	-1.8	0	-3.6	1.8
1,000,000	56000	17	7	0	-4.8	0.8	-8.0	3.2
1,000,000	115200	8	6	0	-7.8	6.4	-9.7	16.1
1,000,000	128000	7	7	0	-10.4	6.4	-18.0	11.6
1,000,000	256000	3	7	0	-29.6	0	-43.6	5.2

Şekil 4: Baud rate ayarları ve bit hata oranları tablosu [2]

Bu durumda 1 MHz'de UCA0BR0 = 104, UCA0BR1 = 0, UCBRS = 1 değerleri seçilir. Son olarak mikrodnetleyicinin içinde bulunan UART modülü kullanıldığından modül etkinleştirilir.

2.2.2.3 ADC (Analogtan Dijitale Çevirim)

Sensörlerden mikrodnetleyiciye sinyal analog olarak gelir. Sinyalin işlenip bilgisayara gönderilmesi için ilk olarak analogtan dijitale çevirilmelidir. Bunun için mikrodnetleyicinin ADC10 modülü kullanılmıştır. MSP430G2553'ün 10 bitlik bir ADC modülü vardır. Referans olarak belirlenen voltajdan sıfıra kadar 1024 (2^{10}) seviye

örnek alabilir. Ancak ADC10 modülü çevirim sonuçlarını saklayacak sadece 1 register'ı vardır. Bu sistemde 3 adet sensörden gelen bilgiyi sonuçları dijitalle çevirip, ait olduğu kanal bilgisiyle takip edip gönderebileceğimiz bir mekanizmaya ihtiyaç vardır. Bu yüzden ADC Repeat Sequence of Channels moduyla beraber DTC (Data Transfer Controller) kullanılmıştır.

2.2.2.4 Repeat Sequence of Channels (Sıralı Kanalların Tekrarı)

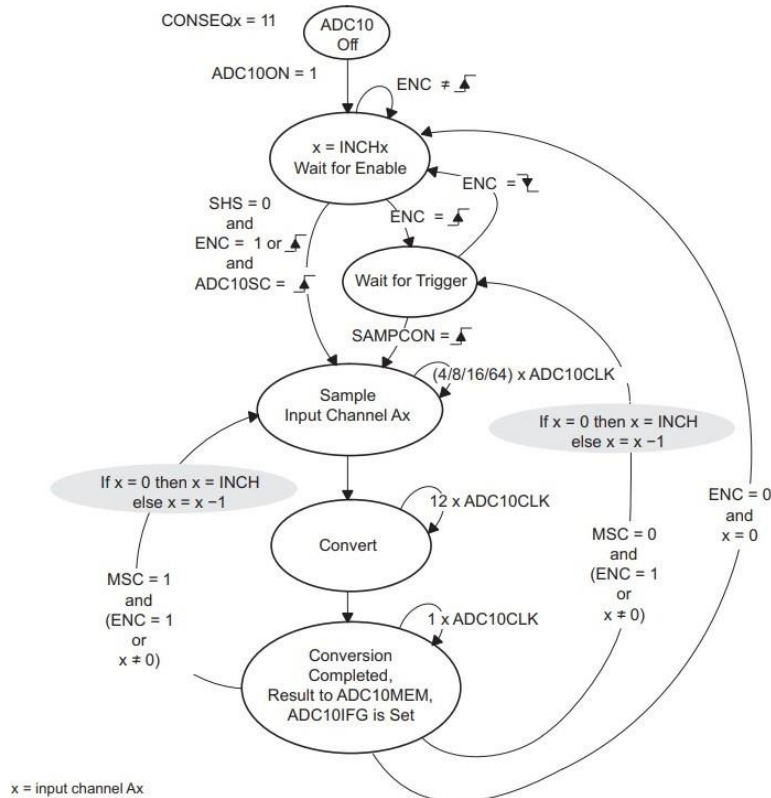


Figure 22-8. Repeat-Sequence-of-Channels Mode

Şekil 5: Repeat sequence of channels modu diyagramı [3]

Şekil 5'te görüldüğü üzere repeat sequence of channels modunda farklı kanallar sıralı ve sürekli olarak örneklenip çevirilir. İşlem INCHx tarafından seçilen kanaldan başlar A0 kanalına kadar birer olarak azalır. Her ADC değeri ADC10MEM register'ına kaydedilir. İşlem A0 kanalına gelindiğinde sona erer ve yeniden başlar. Çevirim yapmak

istediğimiz kanallar 1.4, 1.3, 1.0 pinlerinde okunan değerler olduğu için INCH_4 seçilir ve işlem 1.4'ten başlayıp 1.0'a kadar örneklenen değerleri sırasıyla ADC10MEM register'ına yazar. 1.1 ve 1.2 pinleri UART için kullanılmaktadır ancak işlem sıralı olduğu için bu pinlerde okunsada ADC pin konfigürasyonunda bu pinler seçilmemiş ve çevirim yapılmamıştır. [3], [4]

2224 DTC (Veri Aktarım Kontrolü)

Yukarıda bahsedildiği gibi ADC10MEM register'ı aynı zamanda sadece 1 değer saklayabilir. Bundan dolayı her çevirim değeri ayrı olarak başka hafıza bölgelerine kaydedilmelidir. Bunun için DTC kullanılmıştır. DTC otomatik olarak ADC10MEM register'ında bulunan değerleri çip üzerinde ki başka hafıza bölgelerine kaydeder. DTC ADC10DTC1 değeri 0'dan başka bir değer olduğunda etkinleştirilir. DTC etkinleştirildiğinde ADC10 her çevirim yapıp ADC10MEM register'ına değer yazdığında data transferi tetiklenir. Belirlenen sayıda veri aktarımı gerçekleşene kadar işlem otomatik sürer ancak ADC10 meşgulken veri aktarımı yapılmamalıdır ve buna göre konfigüre edilmelidir.

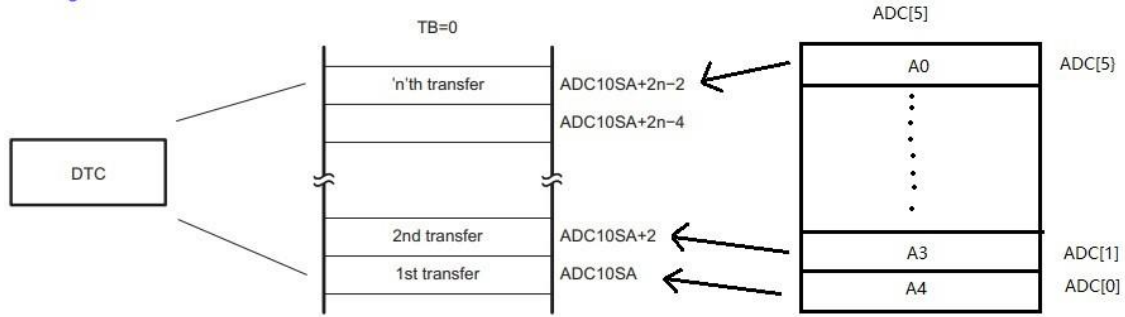


Figure 22-9. One-Block Transfer

Şekil 6: DTC tek blok transfer diyagramı [3], [4]

DTC için tek blok transfer modu seçilmiştir. ADC10DTC1 değeri her bloktaki aktarım sayısıdır ve 5 adet aktarım yapıldığı için 5 seçilmiştir. DTC adres pointeri ilk olarak ADC10SA'ya, aktarım sayıcısı ise 'n' e eşittir. DTC ADC10MEM register'ındaki değer

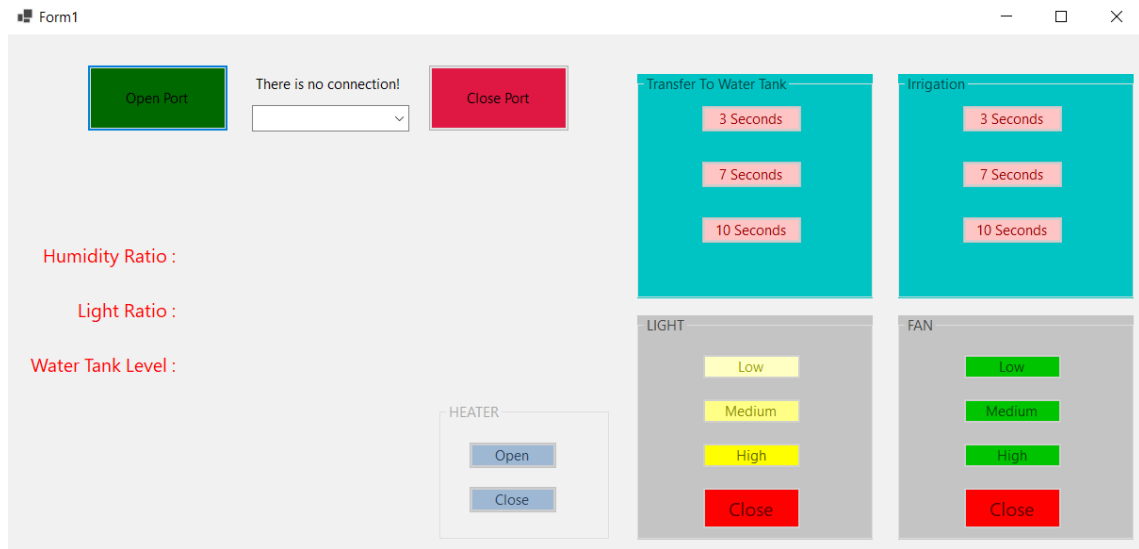
kelime değerini ADC10SA'nın adres pointer'ına atar. Her veri aktarımından sonra adres pointer'ı 2 arttırılır, aktarım sayıcı 1 azaltılır. ADC10MEM register'ına her yazılan değerde aktarım sayıcı 0 olana dek DTC veri aktarımına devam eder. ADC10SA'ya yeni değer yazılana kadar DTC ek veri aktarımı gerçekleştirmez. Tek blok aktarımda ADC10IFG bayrağı sadece tam bir blok gönderildiğinde etkinleşir. şekil 6'da görüldüğü gibi 5 birimlik bir array tanımlanmıştır. ADC10SA bu array'in 0'ıncı birimi olarak ayarlanır. evirim işlemi başladığında A4(pin1.4) kanalı adc[0]'a, A3(pin1.3) kanalı adc[1]'e gibi adc array'ine sırayla A0 kanalına gelinene kadar evirim değerleri atanır. Daha sonra adc array'inin her biriminde 0'dan 1024'e kadar olan evirim değerleri ayrı olarak string'e çevirilip tanımlanan karakter array'lerine atanır. Karakter array'lerinde bulunan evirim değerleri serial output fonksiyonuyla UCA0TXBUF buffer'ına yazılarak bluetooth aracılığıyla bilgisayara gönderilir.[3], [4]

2225 UART Interrupt

Bilgisayardan gelen komutlarla ışık, ısıtıcı, su pompası gibi çıkışların kontrolü UART interrupt'ı ile yapılmıştır. Bilgisayardan komutlar karakter olarak gelir, gelen karakter UCA0RXBUF buffer'ına yazılır ve UART interrupta girer. ISR (interrupt service routine) altında bir switchcase bulunur ve UCA0RXBUF buffer'ında bulunan karakteri kontrol edip gelen karaktere göre komutu yerine getirir. Komut yerine getirildikten sonra interrupt bayrağı temizlenerek interrupttan çıkılır. rnek olarak ışığı orta seviyede açmak istiyoruz. Bu işlem için hem bilgisayar da hem de mikrodenetleyici de 'H' karakteri atanmıştır. Bilgisayar ekranından ışık sekmesi altında medium'a baştığımızda program 'H' karakterini mikrodenetleyiciye gönderir. Bu karakter switchcase tarafından kontrol edilir ve 'H' karakteri geldiği saptandığında ışığın kontrol sinyalinin PWM duty cycle TA1CCR1 değerine 600 atarak %60 yapar. Aynı şekilde ısıtıcıyı açmak istediğimizde ısıtıcı için tanımlanan karakter mikrodenetleyiciye gönderilir . Bu karakter saptandığında ısıtıcıya bağlı pin 2.0 yüksek yapılır.

2.2.3 Bilgisayar Kontrol Programı Yazılımı

Bilgisayar kontrol programı C# dili ile Visual Studio üzerinde geliştirilmiştir. Haberleşme bluetooth üzerinden yapılacağından dolayı programı bilgisayarın serial portlarından birine bağlanmalıdır. Bu portlar her bilgisayarda değişik olabileceği için port seçimi ve portu açıp kapama kabiliyetlerine sahip olunmalıdır. Bunun için ilk olarak bir form oluşturulur. Sonrasında SerialPort.GetPortNames() methodu ile portlar isimleri okunup bir string array'ine atanır. Sonrasında okunan bütün portlar listeye eklenir. Herhangi bir port seçilip açılmadıysa try-catch yapısıyla yakalanıp ekrana "There is no connection!" mesajı gönderilir. İstenilen port seçildiğinde HC-05 9600 baud rate ile çalıştığından port için 9600 baud rate seçilir. Open Port butonuna basıldığında port açılır ve haberleşme başlar.



Şekil 7: Bilgisayar kontrol programı C# form tasarımı

Mikrodenetleyiciden gelen sensör bilgileri ilk olarak porttan okunup bir stringe atanır. Bu bilgiler aynı anda geldiği için split fonksiyonu ile birbirinden ayrılıp başka bir arraye atanır. Mikrodenetleyiciden gelen ve arraye atanan bilgiler sırasıyla 1.4, 1.3, 1.2, 1.1, 1.2 pinlerden okunan değerlerdir. 1.4, 1.3, 1.0 pinleri sensörden gelen bilgiler, 1.1 ve 1.2 ise UART için kullanılan pinlerden okunan değerlerdir. 1.1 ve 1.2 pinlerinden

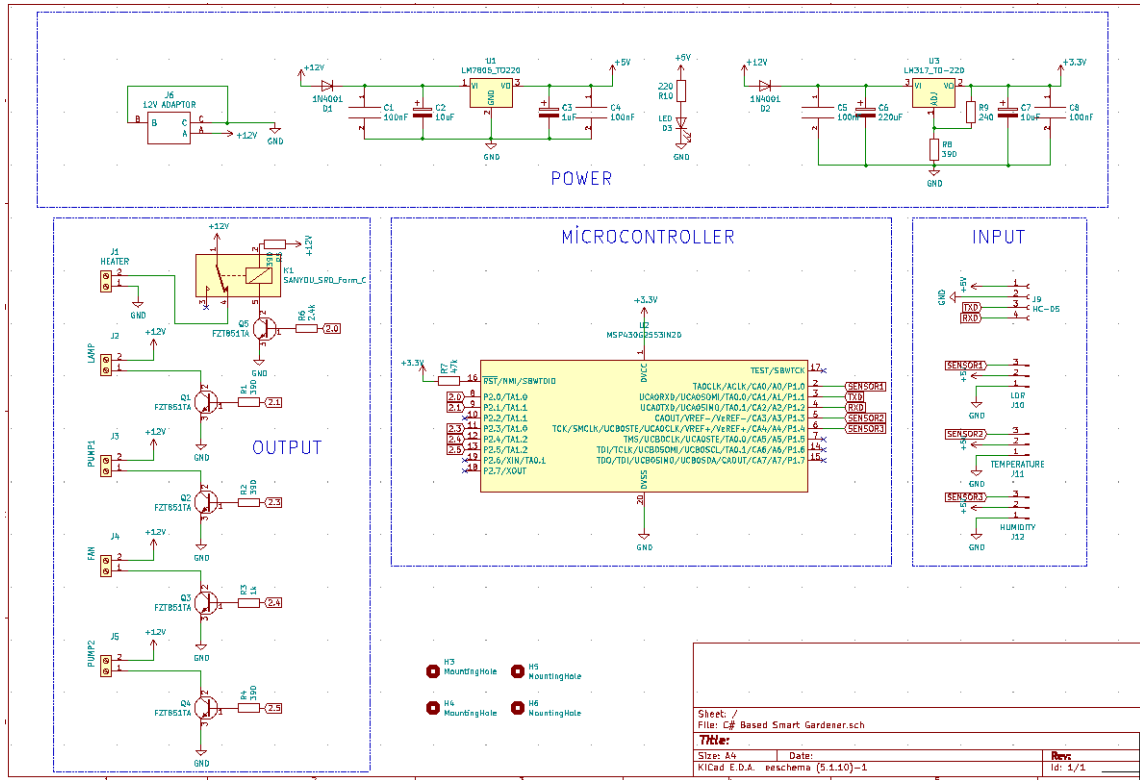
gelen bilgilere ihtiyacımız olmadığı için arrayin 4. elemanı a2, 3. elemanı a1 0. elemanı ise a3 int değişkenlerine atanır. Gelen değerler 10 bitlik bir ADC tarafınan çevirilen değerler olduğundan 0'dan 1024'e kadar olan değerler ekrana yüzdelik olarak çevirilip verilir.

Değişik araçların kontrolü daha önce anlatıldığı gibi bilgisayardan gönderilen farklı karakterler ile gerçekleştirilir. Şekil 7'de görüldüğü gibi istenen her bir komut için bir buton atanmıştır. Her butonun kendine özgü bir karakteri vardır ve basıldığında karakteri serial porttan bluetooth aracılığıyla mikrodenetleyiciye gönderir. Mikrodenetleyici karakteri saptar ve istenilen komutu yerine getirir.

2.3 ANALOG DEVRE TASARIMI

2.3.1 Giriş

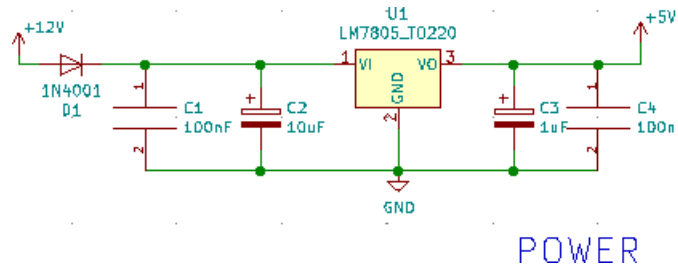
Tasarım ve yazılımın gerçek hayatta bir karşılığı olması ve bir ürün haline gelmesi için mikrodenetleyici etrafına bir analog devre tasarlanmalıdır. Cihazın herhangi bir başka cihaza bağlı olmaması, yüksek akım çeken 12V'luk parçaları sürmesi, sensör ve bluetooth gibi çıkışlara bağlantısı olması istenmektedir ve tasarım bunlar göz önünde tutularak yapılmıştır. Devre güç, mikrodenetleyici ve kontrol olarak üçe ayrılmıştır ve her biri ayrı incelenmiştir.



Şekil 8: Devre şematığı

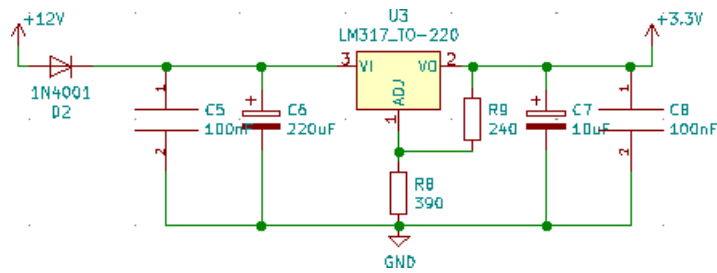
2.3.1 Güç Devresi

Cihazdan ısıtıcı gibi yüksek akım çeken parçaları beslemesi beklenmektedir. Bu yüzden 120 Watt'lık(12V 10A) bir güç kaynağı kullanılmıştır. Devreye bağlı bütün çıkışlar 12V ile beslenmektedir ancak sensör ve mikrodenetleyici için bu gerilim değeri yüksektir. MSP430G2553 mikrodenetleyicisi 3.3V, HC-05 bluetooth modülü ve sensörler 5V ile çalışmaktadır. Bu nedenle 12 V ayrı olarak 3.3 V ve 5 V'a regüle edilmiştir.



Şekil 9: 5V güç devresi şematiği

5V çıkış için LM7805 regülatör kullanılmıştır. LM7805 5V sabit çıkışa sahip lineer bir regülatördür. 1. pini giriş, 2. pini toprak 3. pini ise çıkıştır. İlk olarak güç kaynağını korumak amacıyla girişe bir diyot konulmuştur. Sonrasında giriş ve çıkıştaki gerilimi stabilize etmek için regülatörün giriş ve çıkışlarından toprağa 2 adet 100nF, 1 adet 10uF, 1 adet 1uF bypass kapasitörleri konulmuştur.

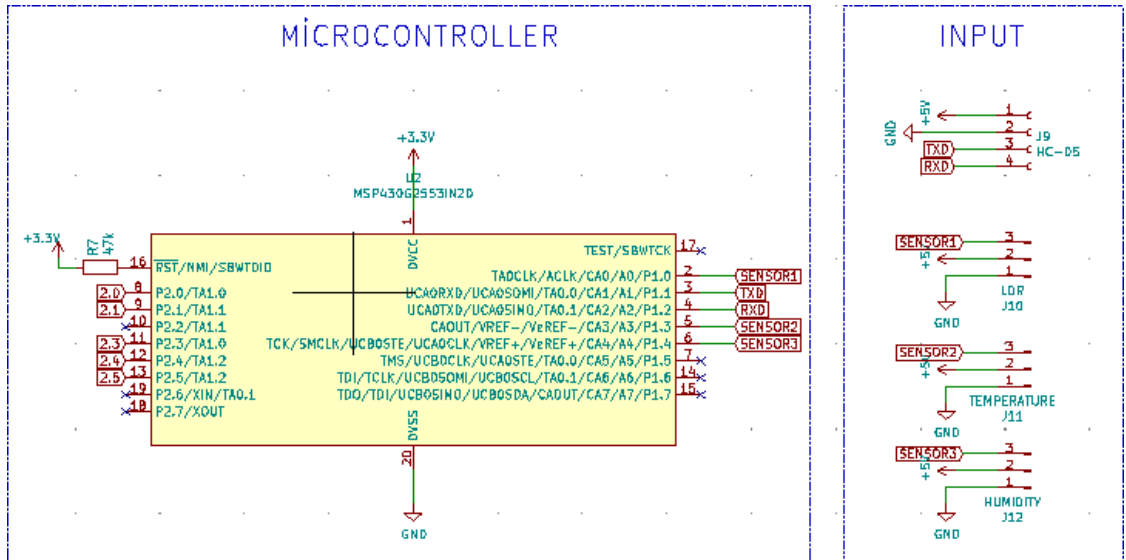


Şekil 10: 3.3V güç devresi şematiği

3.3V çıkış için LM317 regülatörü kullanılmıştır. LM317 çıkışı ayarlanabilen lineer bir regülatördür. Çıkışı şekil 10'da görülen R9 ve R8 dirençlerinin değerlerine bağlıdır. Çıkış değerini veren fonksiyon $V_{out} = 1.25 \times [1 + (R8/R9)]$ gibidir. R9 için 240 ohm, R8 için 390 ohm değerleri seçip hesaplamayı yaparsak 3.28V değerini buluruz ve bu değer mikrodnetleyicinin çalışması için uygun bir değerdir. Bir önceki devrede olduğu gibi yine girişe bir diyot konulmuş, giriş ve çıkışı stabilize etmek için girişten ve çıkıştan toprağa 2 adet 100nF, 1 adet 220uF, 1 adet 10 uF bypass kapasitörü konulmuştur.

2.3.2 Mikrodnetleyici Bağlantıları

MSP430G2553 mikrodnetleyicisinin launchpadden bağımsız olarak çalışabilmesi için yapılması gereken belli bağlantılar vardır. İlk olarak 3.3V güç bağlantısı, ground bağlantısı yapılmalıdır. Bu bağlantı 3.3V çıkış aldığımız LM317 regülatörün çıkışı olarak yapılmıştır. Filtreleme işlemini regülatörde yaptığımızdan dolayı ekstra kapasitörlere gerek yoktur. Sonrasında ground bağlantısı yapılmıştır. RST pini normal durumlarda pull up direnciyle bir reset tuşuna bağlıdır ancak bu uygulamada ihtiyaç olmadığı düşünülüp sadece 47k değerinde bir dirençle 3.3V'a bağlanmıştır.



Şekil 11: Mikrodnetleyici bağlantıları şematığı

Sensörlerin bir adet 5V, bir adet ground, bir adet sinyal olmak üzere 3, HC-05 bluetooth modülünün ise bir adet 5V, bir adet ground ve TXD ve RXD olmak üzere 4 adet bağlantısı vardır. Sensörler 1.0, 1.3, 1.4 pinlerine bluetooth'un RXD pini 1.1(TX), TXD pini 1.2(RX) pinlerine bağlanmıştır.

2.3.3 Kontrol Devresi

MSP430G2553 mikrodnetleyicisi maksimum çıkış voltaşı 3.3V'tur. Bu yüzden yüksek voltaj ve akım gerektiren cihazları sürerken 3.3V istenen voltaj değerine yükseltilmeli ve bu yapılırken mikrodnetleyici yüksek akımdan korunmalı, mümkünse izole edilmelidir. İdeal olarak bu amaç için mosfet ya da röleler kullanılabilir ancak piyasada 3.3V tetiklenip, 500 mA kadar akım taşıyabilecek mosfet bulmak zordur. Aynı zamanda bir PWM sinyali sürülmek istenildiğinden röle kullanılamaz. Bu nedenle bu devrede bjt transistörler kullanılmıştır. Ancak bjt transistörlerini kullanırken dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. İlk olarak transistör bir mikrodnetleyicinin çıkış pinine bağlandığında yüksek gerilim kullanılan devreye fiziksel bir bağlantısı vardır. Yani transistör az olsa da mikrodnetleyiciden akım çekecektir. MSP430G2553 mikrodnetleyicisi çıkış olarak en fazla 5mA kullanılması önerilmiştir. Bu değer aşılsa mikrodnetleyiciye zarar gelmesi olasılığı vardır. Bu yüzden transistörün base akımı 5mA'ya sınırlandırılmalıdır. [3]

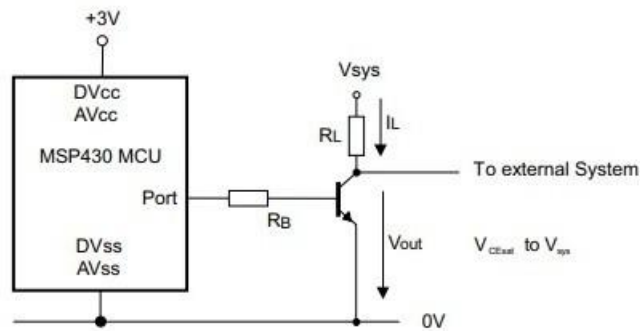


Figure 6. Transistor Output Interface to a 5-V Environment

Şekil 12: MSP430 transistör bağlantısı [3]

Şekil 12'de görüldüğü gibi devre basit bir transistörlü anahtarlama devresidir. Transistörün collector'ına RL(load) yani sürülmek istenen cihaz bağlanmıştır. Cihazın + ucu besleme voltajına - ucu ise collector'a bağlıdır. Transistörün base'ine ise mikrodenetleyicinin çıkış pini bağlanmıştır. Emmiter ise toprağa bağlıdır. Mikrodenetleyicinin çıkışı yüksek olduğuna transistör anahtarlansın collector'dan toprağa akım geçmesine izin verir ve cihaz çalışır hale gelir.

Yukarıda bahsedilen isterlerin yerine getirilmesi için uygun bir transistör seçilmelidir. Kullanılacak cihazlar 12V ile çalışıp 500mA akım çekmektedir. Bu yüzden kullanılacak transistör 500mA akım geçirebilecek kabiliyette olmalıdır. Aynı zamanda 3.3V ile anahtarlama yapacağımız için transistörün base'den emmitter'a gerilim düşümü transistörün tam olarak açılabilmesi için düşük olmalıdır. Bu nedenlerle transistör olarak FZT851TA seçilmiştir.

Electrical Characteristics (@T _A = +25°C, unless otherwise specified.)						
Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Collector-Base Breakdown Voltage	BV _{CBO}	150	220	—	V	I _C = 100µA
Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV _{CER}	150	220	—	V	I _C = 1µA, R _B ≤ 1kΩ
Collector-Emitter Breakdown Voltage (Note 10)	BV _{CEO}	60	85	—	V	I _C = 10mA
Emitter-Base Breakdown Voltage	BV _{EBO}	7	8.1	—	V	I _E = 100µA
Collector Cut-Off Current	I _{CBO}	—	<1	50	nA	V _{CB} = 120V
Collector Cut-Off Current	I _{CER}	—	<1	50	nA	V _{CB} = 120V, R _B ≤ 1kΩ
Emitter Cut-Off Current	I _{EBO}	—	<1	10	nA	V _{CB} = 120V, T _A = +100°C
DC Current Gain (Note 10)	h _{FE}	100	200	—	—	I _C = 10mA, V _{CE} = 1V
		100	200	300		I _C = 2A, V _{CE} = 1V
		75	120	—		I _C = 5A, V _{CE} = 1V
		25	50	—		I _C = 10A, V _{CE} = 1V
Collector-Emitter Saturation Voltage (Note 10)	V _{CE(sat)}	—	—	50	mV	I _C = 100mA, I _B = 5mA
		—	—	100		I _C = 1A, I _B = 50mA
		—	—	170		I _C = 2A, I _B = 50mA
		—	—	375		I _C = 6A, I _B = 300mA
Base-Emitter Saturation Voltage (Note 10)	V _{BE(sat)}	—	—	1200	mV	I _C = 6A, I _B = 300mA
Base-Emitter Turn-On Voltage (Note 10)	V _{BE(on)}	—	—	1150	mV	I _C = 6A, V _{CE} = 1V
Current Gain-Bandwidth Product (Note 10)	f _T	—	130	—	MHz	I _C = 100mA, V _{CE} = 10V, f = 50MHz
Output Capacitance (Note 10)	C _{obo}	—	45	—	pF	V _{CB} = 10V, f = 1MHz
Switching Times	t _{on}	—	45	—	ns	I _C = 1A, V _{CC} = 10V, I _{B1} = -I _{B2} = 100mA
	t _{off}	—	1100	—		

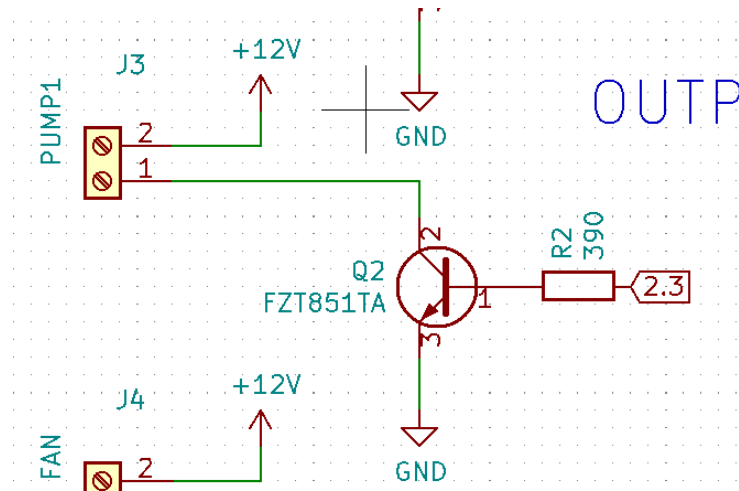
Şekil 13: FZT851TA elektriksel karakteristikleri tablosu [5]

Transistörün elektriksel karakteristiklerine baktığımızda beta (h_{FE}) değerinin 100, collector-emitter gerilim düşümünün ($V_{BE(on)}$) 1.15V olduğunu görürüz. Bu değerlerle birlikte istenilen değerlerde bir tasarım yapılabilir.

Şekil 12'ye baktığımızda ilk olarak kullanacağımız cihazların yük dirençleri bulunmalıdır. Işık ve su pompaları 12V'da 500mA akım çekmektedir. $V = I \times R$ formülü kullanıldığında ışığın direnç değeri 24 Ω bulunur. Fan ise 120mA akım çekmektedir. Aynı şekilde formülü kullanıldığında direnç değeri 100 Ω olarak bulunur. Şekil 12'de ki tasarım üzerinden transistörün base akımını 5mA ya sabitlenip DC analizi yapıldığında base'e takılması gereken direnç değeri bu formülle bulunur;

$$R_b = \frac{R_L * \beta * (V_b - V_{BE(on)})}{V_{CC}}$$

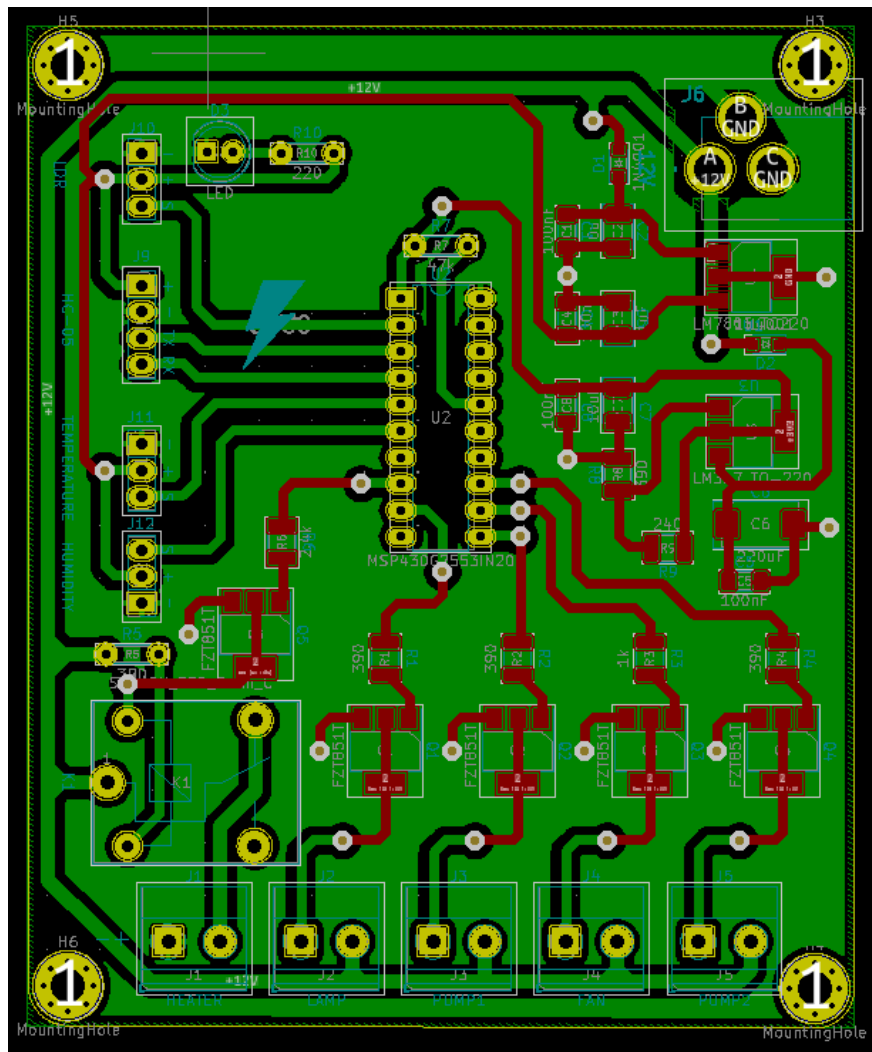
Beta değeri 100, V_b 3.3V, $V_{BE(on)}$ 1.15V, V_{CC} 12V ve R_L değeri(ışık ve pompalar için) 24 'dur. Değerler yerine yazılıp işlem yapıldığında R_b değeri 430 Ω olarak bulunur. Aynı işlem fan için yapıldığında ise R_b değeri 1.7k Ω olarak bulunur. Tolerans değerleri göz önünde bulundurularak bu değerlere en yakın direnç değerleri seçilir.



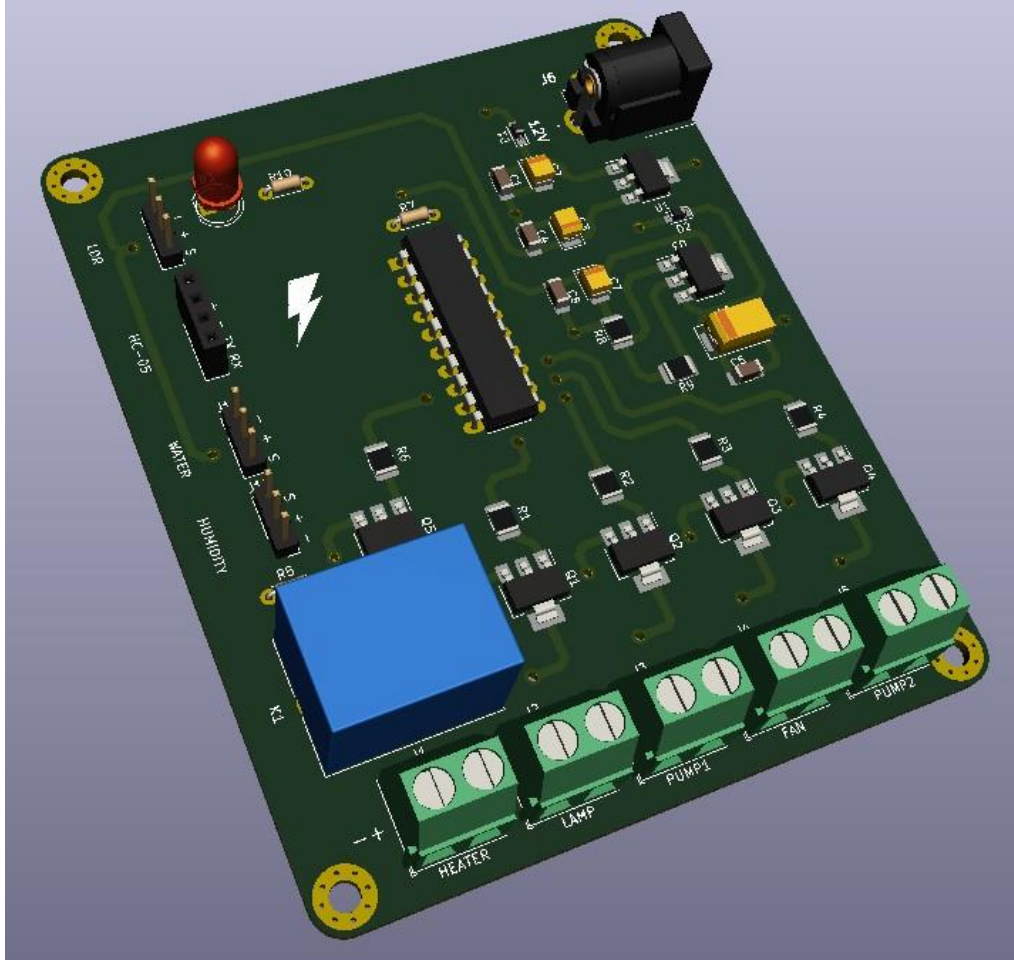
Şekil 14: Transistör bağlantısı şematığı



PCB çift katlı olarak tasarlanmıştır. Alt kat ground plane olarak seçilmiştir ve ground

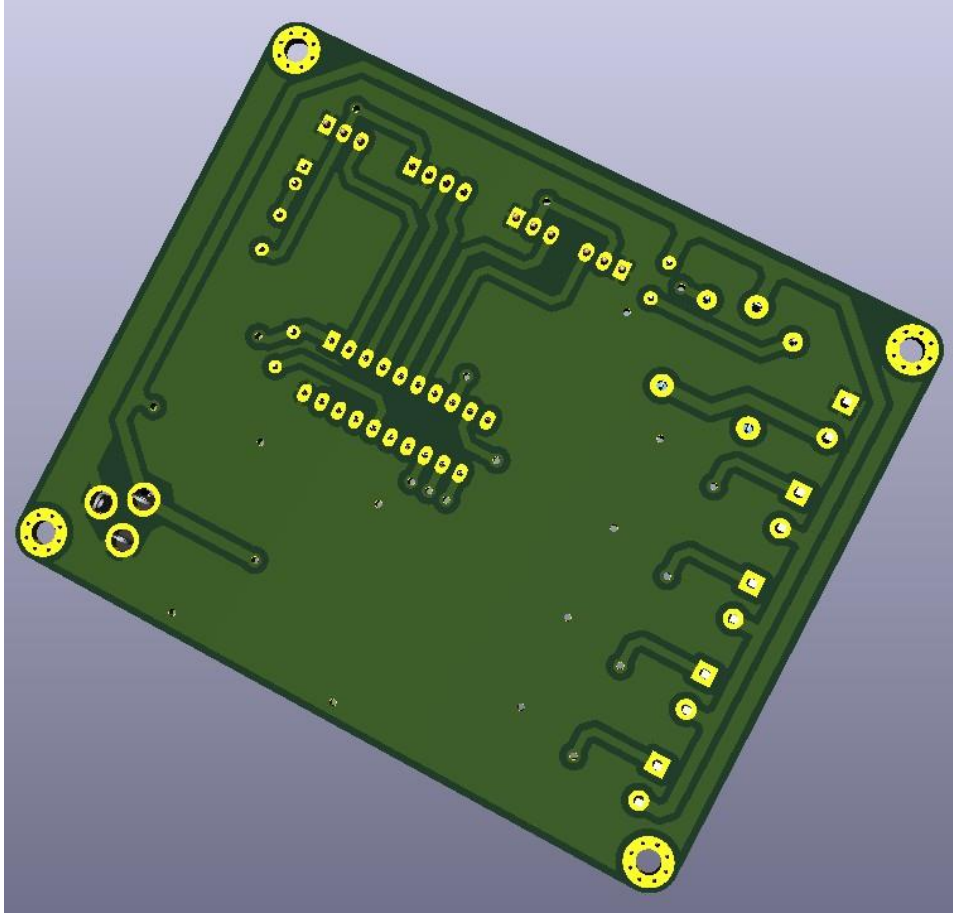


Transistörler, regülatörler ve bypass kapasitörleri SMD, geri kalan parçalar THT seçilmiştir. Devreye güç kaynağı 2.5mm barrel jack ile bağlanmaktadır. Sensör bağlantıları üçlü erkek headerlarla, ışık,fan, su pompaları ve ısıtıcı karta klemensler ile bağlanmıştır. Bluetooth bağlantısı dördümlü dişi header ile yapılmıştır ve direkt olarak kartın üzerine takılabilecek şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 17: PCB üstten üç boyutlu görünüm

Mikrodenetleyici ve barrel jack in altı kısa devre olasılığını azaltmak için ground plane dışında bırakılmıştır. Parça yerleşimleri ve yol çizimleri mümkün olduğunca az yer kaplayacak şekilde ancak lehimlerin elle yapılacağı göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Son olarak devrenin her köşesine montaj delikleri konulmuştur.



Şekil 18: PCB alttan üç boyutlu görünüm

3. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu proje donanım ve yazılım geliştirme tarafları olan bir gömülü sistem projesidir. Donanım ve yazılımın birbiri ile etkileşimi ve gerçek hayata uygulanması ile ilgili tecrübe kazanılmış, değerli dersler çıkarılmıştır. Ancak bilgisayar kontrol programı daha fazla otomasyon emplemente edilerek ileri götürülebilir. Butonlarla kontrol yeteneği elde tutulup, bir database eklenebilir. Bu database de yaygın olarak insanlar tarafından yetiştirilmek istenen ürünler ve bu ürünlerin yetiştirileceği optimum sıcaklık, su ihtiyacı ve ışık seviyesi parametreleri tutulabilir. Seçilem ürünün parametreleri mikrodenetleyiciye gönderilip mikrodenetleyicinin ortamı istenen şekilde tutması otomatik olarak sağlanabilir. Hatta kullanıcıya parametreleri özel olarak seçme seçeneği de sunulabilir.

4. KAYNAKÇA

[1] Başak Yalçın, "PWM (Pulse With Modulation)", <https://mertmekatronik.com/pwm-pulse-width-modulation>

[2] Paul Sreedharan, "Serial Communication using MSP430 UART(USCI_A)", https://www.xanthium.in/Serial-Communication-MSP430-UART-USCI_A

[3] Texas Instruments "MSP430x2xx Family User's Guide", <https://www.ti.com/lit/ug/slau144j/slau144j.pdf>

[4] drselim, "ADC in MSP430 Microcontroller - Part 2: Multiple Conversion", <https://www.youtube.com/watch?v=Ev871bhGFt0&t=223s>

[5] Diodes Incorporated, "fzt851ta sot223 smd transistor datasheet"