



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği

**YAZILIM DESTEKLİ AYDINLATMA KALİTESİ VE
VERİMLİLİĞİ ARTTIRMA UYGULAMASI**

Mustafa ZEYTİN

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

BİLECİK, 2012

 <p>BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ</p> <p>FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ</p> <p>ELEKTRİK ELEKTRONİK</p> <p>MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI</p>	<p>YÜKSEK LİSANS</p> <p><u>JÜRİ ONAY</u></p> <p><u>FORMU</u></p>
--	---

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nuntarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mustafa ZEYTİN' in "Yazılım Destekli Aydınlatma Kalitesi ve Verimliliği Arttırma Uygulaması" başlıklı tez çalışması Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

ÜYE

: Doç. Dr. Mehmet KURBAN

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Cihan KARAKUZU

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../.....tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Günümüzde insanların ortamda bulunan renk sıcaklığı ve aydınlatma düzeyinden psikolojik olarak etkilendikleri, farklı renk ve tasarımdaki ortamlarda bulunan insanların aynı uyaranlara farklı tepkiler verebildikleri bilinmektedir. İnsanların bulunduğu ortamlarda kullanılan aydınlatmanın niteliği büyük önem taşımaktadır. Aydınlatmanın niteliğini belirleyen ana unsurlar, ışık akısının nicel ve nitel özellikleridir. Nicel özellikler; ışık akısı, büyüklüğü ve aydınlık düzeyidir. Nitel özellikler ise, ışığın renk sıcaklığı ve renksel geriverimdir. Bu ana unsurlar dışında parıltı vb. yan unsurlar da mevcuttur.

Bu çalışmada; dikkate alınan ortamın renk sıcaklığı ve aydınlatma seviyesi değeri, sensör kullanılarak optimize edilmektedir. Optimizasyonda ölçülen değerler ile veri kümeleri oluşturularak, verimli ve ekonomik tarzda ideal aydınlatmaya yaklaşım hedeflenmektedir. Bu veri kümelerinden yararlanılarak, PIC mikrodenetleyici ve PLC birleşik sistemiyle, renksel ışık ve aydınlatma düzeylerinin, istenilen ayar değerlerine yaklaştırılması amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, kullanılan sensörün aydınlatma ortamında bulunduğu pozisyona bağlı olarak aydınlatma kalitesi ve verimdeki değişimin gözlemlenmesi amacıyla, farklı noktalarda ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler analiz edilerek, en uygun sensör pozisyonu tespit edilmiştir. Ortam aydınlatması için kullanılan set değerlerinin aydınlatma parametrelerine göre tanımlamaları yapılmış ve set değerlerinin daha anlaşılır olmaları sağlanmıştır. PIC mikrodenetleyici kullanılarak tasarlanan analog sayısal dönüşümü kartları ile hem set değeri, hem de sensörden okunan analog gerilim değeri, sayısal veri formuna sokulmuştur. Bu sayısal veriler, PLC cihazı kullanılarak karşılaştırılmış ve her iki veri arasındaki fark, uygulamada kullanılan ışık kaynakları ile telafi edilmiştir. Sensörün gün ışığından da bir gerilim değeri okuması sayesinde enerji tasarrufu sağlanmış olup, ölçülebilir tasarruf oranları elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

PLC (Programmable Logic Controller) , PIC16F877, aydınlatma otomasyonu, yazılım, renk, ışık

ABSTRACT

It is known that; nowadays, people are effected from colour combination in surroundings and different people make different reactions to the same stimulants. The quality of lighting is quite important in places where people are in. The main characteristics that determine the quality of lighting, are the qualitative or quantitative features of light flow. Quantitative features are being considered as light flow, greatness and lighting level. Qualitative features are colour heat of light and colour return. As well as these main characteristics, there are lateral characteristics such as, luminance etc. Although, there are excellent applications including the ideal quantitative and qualitative characteristics, they cost so much.

At this thesis, lighting level and colour heat values are optimized by using a sensor. Data groups are gathered, by measuring the colour heat and lighting level, via a colour sensor. It's aimed to make colour and lighting level of mediums approach to the desired level by combining these data groups mentioned above, with the PLC and PIC Microprocessors.

At this thesis, some measures were done to observe the difference of lighting quality and productivity when the sensor is put to the different positions in lighting area. The best sensor position was gathered by analysing the measures done. Set values, used for lighting, were described according to the lighting parametres and were made more clear to understand. Not only set value but also the analogue voltage value, read from sensor, was formed to digital data by being used the analogue digital transform cards which were designed by PIC microprocessors. These digital datas were compared by using PLC device and the difference between two datas was compansated with the light sources used. Owing to the case that sensor reads day lights, not only was energy saving done but also measurable saving ratios were gathered.

Key Words

PLC (Programmable Logic Controller) , PIC16F877, automation of lighting, software, colour, light

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımnda bana yardımcı olan, çalışmalarına yön veren, ilgi ve katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL hocama, çalışmalarından ve bilgilerinden yararlandığım değerli Sayın Doç. Dr. Mehmet KURBAN hocama ve çalışmam boyunca gösterdiğim emek ve sabra manevi destek veren aileme teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Mustafa ZEYTİN

Eylül, 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar	2
1.2. Tezin Amacı ve İçeriği	15
2. TEMEL KAVRAMLAR VE KULLANILAN MATERYALLER	17
2.1. Işık Bilimi	17
2.1.1. Genel ışık kavramları	19
2.2. Aydınlatma Bilimi.....	21
2.3. Renk Bilimi	22
2.4. Aydınlık ve Renk Durumunun Performansa Etkileri.....	26
2.5. Uygulamada Kullanılan Materyaller.....	27
2.5.1. Mikrodenetleyiciler	27
2.5.1.1. Bellekler ve çeşitleri	28
2.5.1.2. Mikrodenetleyicide yazım dili.....	28
2.5.1.3. Sayıların tipi	29
2.5.1.4. Komutların yazılış biçimi	29
2.5.1.5. PIC mikrodenetleyicilerde makine dili komutları	30
2.5.1.6. Besleme gerilimi ve osilatör	30
2.5.1.7. Yazmaçlar (registers)	31
2.5.1.8. I/O portları (giriş-çıkış portları)	31
2.5.1.9. Program bölümleri.....	32
2.5.1.10. Tmr0 sayıcısı (zamanlayıcısı)	33
2.5.1.11. Sayısal analog çevirici.....	33
2.5.1.12. Analog sayısal çevirici	33
2.6. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC-Programmable Logical Controller) ...	34
2.6.1. Ladder diyagramı ile programlama (merdiven diyagramı)	37
2.6.2. Omron CQM1-H PLC ve özellikleri	41
2.6.3. Programlama	42

3. YAZILIM DESTEKLİ AYDINLATMA KALİTESİ VE VERİMLİLİK	44
3.1. Aydınlatma Kalitesi.....	44
3.1.1. Colour light sensor (renkli ışık sensörü) yapısı ve özellikleri.....	44
3.1.2. Analog-sayısal çevirme devresi tasarımı.....	49
3.1.3. Analog-sayısal çevirme (set devresi)	50
3.1.4. Analog-sayısal çevirme (sensör okuma devresi).....	52
3.1.5. PLC programlama devresi.....	53
3.1.6. PLC girişleri	55
3.1.7. PLC çıkışları.....	57
3.2. Aydınlatma Verimliliği	63
3.3. “SET” Geriliminin Tanımlanması.....	64
4. UYGULAMA.....	65
4.1. Deneysel Sistem Kurulumu.....	65
4.2. Uygulama Sonuçlarının Analizi	68
4.3. Gün Işığı Desteğiyle Aydınlatma Verimi Artışı ve Sonuçları	78
4.4. Sensör Pozisyonuna Bağlı Verimlilik Değişimi	88
4.4.1. Sensör pozisyonu-1:	89
4.4.2. Sensör pozisyonu-2:	91
4.4.3. Sensör pozisyonu-3:	92
4.4.4. Sensör pozisyonu-4:	94
4.4.5. Sensör pozisyonu-5:	96
5. SONUÇLAR	98
6. EKLER.....	101
6.1. PIC Assembly İle Analog Sayısal Devresi Program Kodu.....	101
6.2. Analog Sayısal Devresi Makine Kodu.....	104
6.3. PLC Cihazında Kullanılan Program Kodu.....	105
KAYNAKLAR	121
ÖZGEÇMİŞ.....	124

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1	: Tez çalışmasının amaçları	16
Çizelge 3.1	: ADC devresi malzeme listesi	51
Çizelge 3.2	: Sensör okuma devresi 10 bit girişleri	55
Çizelge 3.3	: Set devresi 10 bit girişleri	56
Çizelge 3.4	: Işık kaynaklarının algılandığı gerilimler	58
Çizelge 3.5	: Mekânlarda “SET” gerilimi tanımlaması	64
Çizelge 4.1	: Işık kaynaklarının sembolik ifadesi	68
Çizelge 4.2	: Tekli ölçüm sonuçları	68
Çizelge 4.3	: İkili kombinasyon ölçüm sonuçları	71
Çizelge 4.4	: Üçlü kombinasyon ölçüm sonuçları	72
Çizelge 4.5	: Dörtlü kombinasyon ölçüm sonuçları	73
Çizelge 4.6	: Beşli kombinasyon ölçüm sonuçları	73
Çizelge 4.7	: Altılı kombinasyon ölçüm sonuçları	74
Çizelge 4.8	: Set gerilimi-1 testi sonuçları	78
Çizelge 4.9	: Set gerilimi-2 testi sonuçları	79
Çizelge 4.10	: Set gerilimi-3 testi sonuçları	80
Çizelge 4.11	: Set gerilimi-4 testi sonuçları	81
Çizelge 4.12	: Set gerilimi-5 testi sonuçları	82
Çizelge 4.13	: Set gerilimi-6 testi sonuçları	83
Çizelge 4.14	: Set gerilimi-7 testi sonuçları	84
Çizelge 4.15	: Set gerilimi-8 testi sonuçları	85
Çizelge 4.16	: Set gerilimi-9 testi sonuçları	86
Çizelge 4.17	: Set gerilimi-10 testi sonuçları	87
Çizelge 4.18	: Sensörün birinci pozisyon testi sonuçları	90
Çizelge 4.19	: Sensörün ikinci pozisyon testi sonuçları	91
Çizelge 4.20	: Sensörün üçüncü pozisyon testi sonuçları	93
Çizelge 4.21	: Sensörün dördüncü pozisyon testi sonuçları	95
Çizelge 4.22	: Sensörün beşinci pozisyon testi sonuçları	97

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: Renk sıcaklıklarına ait kategori tanımlaması	3
Şekil 1.2	: Işık kaynaklarının renklere göre sıcaklıkları	3
Şekil 1.3	: Renklere ait yansıtma faktörleri	4
Şekil 1.4	: Mekânlara uygun renkler ve etkileri.....	5
Şekil 1.5	: Sınıf modülü planı	6
Şekil 1.6	: Ölçüm noktalarının yer aldığı sınıf modülü planı	6
Şekil 1.7	: İstanbul ve Ankara için güneş kontrolü parametreleri	7
Şekil 1.8	: Sıcak ve ılıman iklim bölgelerindeki gölgeleme periyotları	8
Şekil 1.9	: İstanbul için gölgeleme sistemi	9
Şekil 1.10	: Antalya için gölgeleme sistemi	9
Şekil 1.11	: İstanbul için enerji geneksinimleri	10
Şekil 1.12	: Antalya için enerji geneksinimleri.....	10
Şekil 1.13	: Bazı lambaların teknik özellikleri	12
Şekil 1.14	: Akıllı ev otomasyon sistemi mimarisi.....	14
Şekil 1.15	: Akıllı ev otomasyonu akış şeması	15
Şekil 2.1	: Işık ve dalga boyu ilişkisi	17
Şekil 2.2	: Elektromanyetik dalgalar.....	18
Şekil 2.3	: Dört temel aydınlatma büyüklüğü	20
Şekil 2.4	: Ara renklerin oluşumu	24
Şekil 2.5	: Beyaz ışığın filtrelenmesi	25
Şekil 2.6	: Beyaz ışığın kırmızı ve mavi fitrelerden geçirilmesi	25
Şekil 2.7	: Basit bir mikrodenetleyici şematik yapısı	28
Şekil 2.8	: Kristal osilatör	30
Şekil 2.9	: Durum (Status) yazmacı	31
Şekil 2.10	: Etiket atama örneği.....	32
Şekil 2.11	: PWM sinyali	33
Şekil 2.12	: PIC16F877 uç diyagramı.....	34
Şekil 2.13	: Omron CQM1-H PLC modüler yapısı	36
Şekil 2.14	: PLC bağlantısı	37

Şekil 2.15	: Ladder diyagram gösterimi.....	38
Şekil 2.16	: Kumanda devresi ve ladder diyagram	38
Şekil 2.17	: Komut listesi ve diyagramı yapıları	39
Şekil 2.18	: Laptop ile programlama	41
Şekil 2.19	: Omron CQM1-H PLC	42
Şekil 3.1	: Renkli ışık sensörü	45
Şekil 3.2	: Renk sensörü katalog bilgileri	45
Şekil 3.3	: Maket içindeki sensörün konumu.....	46
Şekil 3.4	: Sensör bağlantı şeması	47
Şekil 3.5	: ADC set devresi.....	48
Şekil 3.6	: Maket içindeki şerit led ışık kaynakları.....	48
Şekil 3.7	: Analog-sayısal çevirme genel şema	49
Şekil 3.8	: 7805 regüle entegresi.....	50
Şekil 3.9	: 7805 regüle entegresinin iç yapısı	51
Şekil 3.10	: Pertinaks üzerine yapılmış set devresi.....	52
Şekil 3.11	: Pertinaks üzerindeki okuma devresi.....	53
Şekil 3.12	: CQM1-H PLC katalog bilgileri	53
Şekil 3.13	: Sayısal çıkışların PLC giriş kartlarındaki konumları	56
Şekil 3.14	: Program yüklü ve çalışan PLC.....	57
Şekil 3.15	: 12 Volt ve 24 Volt DC güç kaynakları.....	59
Şekil 3.16	: Maketin genel görünümü.....	59
Şekil 3.17	: Hesaplamalar	59
Şekil 3.18	: Maketin farklı açıdan görünümü	60
Şekil 3.19	: Uygulama PLC programı akış diyagramı.....	61
Şekil 3.20	: PLC programı algoritması	62
Şekil 3.21	: Tasarruf ve ışık kaynaklarının kullanılma oranları arasındaki ilişki	63
Şekil 4.1	: Set devresi kablo bağlantıları.	65
Şekil 4.2	: Sensör okuma devresi kablo bağlantıları.....	66
Şekil 4.3	: ULN2803 şematik diyagramı	67
Şekil 4.4	: ULN2803 entegresi iç yapısı	67
Şekil 4.5	: Işık kaynaklarının ikili kombinasyonel gruplanması	69
Şekil 4.6	: Işık kaynaklarının üçlü kombinasyonel gruplanması	69

Şekil 4.7	: Işık kaynaklarının dörtlü kombinasyonel gruplanması.	70
Şekil 4.8	: Işık kaynaklarının beşli kombinasyonel gruplanması	70
Şekil 4.9	: Işık kaynaklarının altılı kombinasyonel gruplanması.....	71
Şekil 4.10	: PLC çıkışları ve ışık kaynaklarının dizilimi.....	75
Şekil 4.11	: Elektriksel devre şeması	76
Şekil 4.12	: Program yüklü PLC ile kartların çalışma görünümü.....	77
Şekil 4.13	: Test-1, gün ışığı yararlanma oranı.....	78
Şekil 4.14	: Test-2, gün ışığı yararlanma oranı.....	79
Şekil 4.15	: Test-3, gün ışığı yararlanma oranı.....	80
Şekil 4.16	: Test-4, gün ışığı yararlanma oranı.....	81
Şekil 4.17	: Test-5, gün ışığı yararlanma oranı.....	82
Şekil 4.18	: Test-6, gün ışığı yararlanma oranı.....	83
Şekil 4.19	: Test-7, gün ışığı yararlanma oranı.....	84
Şekil 4.20	: Test-8, gün ışığı yararlanma oranı.....	85
Şekil 4.21	: Test-9, gün ışığı yararlanma oranı.....	86
Şekil 4.22	: Test-10, gün ışığı yararlanma oranı.....	87
Şekil 4.23	: Set gerilimine bağlı olarak ışık kaynağı etkisi	88
Şekil 4.24	: Sensör pozisyonunun birinci test durumu	89
Şekil 4.25	: Sensörün birinci pozisyon analizi grafiği	90
Şekil 4.26	: Sensör pozisyonunun ikinci test durumu.....	91
Şekil 4.27	: Sensörün ikinci pozisyon analizi grafiği	92
Şekil 4.28	: Sensör pozisyonunun üçüncü test durumu	92
Şekil 4.29	: Sensörün üçüncü pozisyon analizi grafiği.....	93
Şekil 4.30	: Sensör pozisyonunun dördüncü test durumu.....	94
Şekil 4.31	: Sensörün dördüncü pozisyon analizi grafiği	95
Şekil 4.32	: Sensör pozisyonunun beşinci test durumu	96
Şekil 4.33	: Sensörün beşinci pozisyon analizi grafiği	97

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklamalar
ADC	: Analogue Digital Converter (Analog Sayısal Dönüştürücü)
CCT	: Correlated Colour Temperature (Renk Sıcaklığı)
Cd	: Candela (Ø/steradyan)
CISC	: Complex Instruction Set Computer(Karmaşık Komut Seti)
CPU	: Central Processing Unit (Merkezi İşleme Ünitesi)
CRI	: Colour Rendering Index (Renksel Geriverim Endeksi-Ra)
DM	: Data Memory (Veri Hafızası)
E	: Aydınlık Şiddeti ($L_x = L_m/m^2$)
GSM	: Global System for Mobile Communications (Mobil Haberleşmeler için Genel Sistem)
I	: Işık Şiddeti (Cd)
⁰ K	: Derece Kelvin (Celcius ⁰ = Kelvin ⁰ – 273)
L (Nit)	: Parlıltı (Cd/m^2)
Lm	: Işıyan Güç (Lümen)
Lx	: Aydınlık Şiddeti Birimi ($Lüx = L_m/m^2$)
MPLAB	: Microchip Programlama Yazılımı
nm	: Nanometre
PIC	: Programmable Interface Controller (Programlanabilir Arabirim Derleyicisi)
PLC	: Programmable Logical Controller (Programlanabilir Mantık Denetleyici)
PWM	: Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
RISC	: Reduced Instruction Set Computer(Azaltılmış Komut Seti)
Ø	: Işık Akısı

1. GİRİŞ

Geçmişte, alevli aydınlatma cihazlarıyla yetersiz ışık akısına rağmen bol atıklı olarak sağlanabilen aydınlatma, özellikle elektriğin ticari olarak kullanılmaya başladığı 19. yüzyıl sonlarından bu yana giderek kalitesiyle de birlikte ele alınan bir kavram olmuştur. 20. yüzyılın ilk yarısında nicel büyüklüğün ön planda olduğu elektriksel aydınlatma için, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren nitel özellikler de önem kazanmaya başlamıştır.

Aydınlatmış bir cisim ya da yüzey için, nicel büyüklük aydınlık düzeyi (E : L_x) olarak tanımlanırken, nitel özellikler renksel geriverim (CRI) ve parıltı (L : Nit) olarak tanımlanır. Bu sebeplerle, bir aydınlatma aygıtından elde edilen ışık akısı büyüklüğünün yanı sıra, renksel özellikleri ve yönlendirilmesi de aynı ölçütte önem kazanır. Örneğin, ışık akısı verimliliği çok yüksek olmasına rağmen, sodyum buharlı deşarj lambaları iç aydınlatmada tercih edilmez. Aydınlatılan bölgede, farklı bakış açılarına sahip canlıların olması durumunda, görüş kalitelerinin bozulmaması için, tek noktadan aydınlatma yapılmaz, mümkün olduğunca çok noktadan aydınlatma yapılır.

Işığı oluşturan dalga boyları içerisinde yer alarak, ışığın çarptığı cismin özelliğine göre soğurulmayarak yansıtılan ve insan gözü tarafından algılanabilen fiziksel etkiye renk denir. Renksel etki, aydınlık düzeyi kavramı ile birlikte aydınlatmanın temelini oluşturmaktadır. Aydınlatma ve renk kalitesi, görsel algılamada direkt olarak etkili olan faktörler olduğundan ışık, renk, renksel geriverim aydınlık düzeyi parametreleri birlikte değerlendirilerek optimum çözümler elde edilmelidir.

Renk ve ışık bir bütün olarak değerlendirildiğinde, ikisinin birlikte oluşturacağı uyum, konfor açısından kişiden kişiye farklı etkiler doğurabilir. Önemli olan, ortamların özgün nitelikleri esas alınarak en uygun renk ve aydınlık düzeyinin sağlanması ve sağlanan bu düzeyin kararlı halde tutulabilmesidir. Ortamdaki renk ve aydınlık düzeyi, dış ortama bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, optimum aydınlık seviyesi ayarlanırken, ortamın dış ortam ile olan etkilenme durumu da göz önünde bulundurulmalı ve bu durumu da dikkate alan sistemler ile kararlılık sağlanmalıdır.

Bu çalışmada; öncelikle ortamlara özgü aydınlık ve renk seviyelerinin nasıl optimum olabileceği, dış ortama bağımlı olarak optimum seviyenin hangi parametreler ışığında kararlı kalabileceği araştırılmıştır. Söz konusu kararlılığın sağlanması amacına uygun olarak, uygun yazılım programları ile bir uygulama yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım algoritması, mantıksal işlemler ve döngüler ile optimum çözüme ulaşmayı hedefleyen bir uygulamadır. Bu uygulamada öncelikle;

- En uygun renk ve aydınlık seviyesinin tespit edilmesi,
- Tespit edilen kriterlere göre parametrik değişkenlere değer atanması,
- Atanan değerlere göre yazılımın algoritmik işlemleri tamamlaması,
- Azami verim alınması,
- Gün ışığı etkisinin de hesaba katılması sağlanarak enerji tasarrufu yapılması sağlanmıştır.

1.1. Daha Önce Yapılmış Çalışmalar

Bu tez çalışmasına öncülük eden literatürdeki bazı araştırmalar aşağıda verilmiştir.

İç mekân aydınlatmasında renk ve aydınlatma sistemi arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışmada, renk geriveriminin ve renk sıcaklığı kavramlarının iç mekân aydınlatmasında önemli paylara sahip oldukları vurgulanmaktadır. Renk geriverimi çok iyi olan ışıklar ise, akkor lambalar, halojen lambalar, ksenon lambaları ve kimi özel flüoresan lambaların ışıklarıdır. Metal halide lamba ışıklarının renk geriverim faktörü de oldukça iyi ise de, bu özellikleri, sağlanması kolay olmayan bir sürü koşula bağlıdır. Bu lambalar, mekânda iyi bir atmosfer ve etki oluşumuna yardımcı olur. Çalışmada renk geriverimine göre bazı standartlaştırılmış kategoriler belirlenmiştir (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

Şekil 1.1’de bu kategoriler ve bunlara bağımlı olarak sınıflandırılmış renk geriverim faktörleri yer almaktadır.

Dın 5035 Normlarına göre kategoriler	Renk Geriverim Faktörü (%)
1A	90-100
1B	80-90
2A	70-80
2B	60-70
3	40-60
4	20-40
Tanımlı değil	Çalışma yeriiçin 20'nin altına izin verilmemektedir.

Şekil 1.1. Renk sıcaklıklarına ait kategori tanımlaması (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003)

Çalışmada, ışık kaynaklarının üç ışık rengine göre sınıflandırma yapılmıştır. Bunlar; sıcak beyaz, doğal beyaz ve gün beyazıdır. Sıcak beyazın rahat ve sıcak bir ortam oluşturduğu, doğal beyazın daha fonksiyonel ve motive edici bir yapısının olduğu, gün ışığı beyazının ise gün ışığına daha yakın olduğu ve yüksek ışık şiddeti gerektirdiği ve renk sıcaklığı kavramının ışık kaynaklarının Kelvin derece cinsinden sıcaklıklarına karşılık geldiği belirtilmiştir. Şekil 1.2’de ışık kaynaklarının renklere göre sıcaklıkları gösterilmiştir (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

	Işık rengi	Renk Sıcaklığı
ww	Sıcak beyaz	< 3300 K
nw	Doğal beyaz	3300K -5000K
dw	Gün ışığı beyazı	>5000K

Şekil 1.2. Işık kaynaklarının renklere göre sıcaklıkları (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

Yüksek renk sıcaklığına sahip ışık kaynakları soğuk, düşük renk sıcaklığına sahip ışık kaynakları da sıcak olarak nitelendirilmiştir. Söz konusu çalışmada, iç mekân

aydınlatmasında renklerin psikolojik etkileri ve aydınlatma sistemi üzerindeki rolleri araştırılmıştır. İç mekân aydınlatmada, renklerin yapıcı etkilerinin görülebilmesi için yansıtma faktörlerinin de dikkate alınması gerektiği ve renklerin bu faktörlere göre ölçülü kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Şekil 1.3’de renklere ait yansıtma faktörleri görülmektedir (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

Renkler	Yansıtma faktörü (ρ)
Siyah	0,05
Koyu kırmızı	0,10
Orta gri	0,20
Açık kahverengi	0,30
Açık gri	0,40
Gök mavi	0,40
Pembe,Açık yeşil	0,45
Açık sarı	0,70
Beyaz	0,80

Şekil 1.3. Renklere ait yansıtma faktörleri (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

Çalışmada, gün ışığından mümkün olduğunca fazla yararlanarak enerji tasarrufu yapılması da amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, mekânların ne amaçla kullanılacağına da, aydınlatma tasarımında etkili olduğu paylaşılmaktadır. Değişik mekânların ve eylem özelliklerine göre değişik renk ve aydınlatma tasarımının yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

İç mekânlarda eylem özelliklerine göre uygun renklerin ve aydınlatma düzeneklerinin seçilmesi gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle ele alınan mekândaki eylemlerin nitelikleri incelenir. Ardından renklerin psikolojik etkileri göz önüne alınarak uygun renkler belirlenir. Aynı zamanda mekânın özelliğine bağlı olarak aydınlatma sisteminden beklenen özellikler de tespit edilmelidir. Bu işlem sırasında uygun ışık kaynak rengi ve uygun renksel geriverim endeksi de belirlenir. Böylelikle aydınlatma sistem tasarımındaki özelliklerin belirlenmesi ve proje yapımına başlanması mümkün olmaktadır (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

Şekil 1.4’de birkaç farklı mekân için önerilen renkler ve bu renklere ait etkiler görülmektedir.

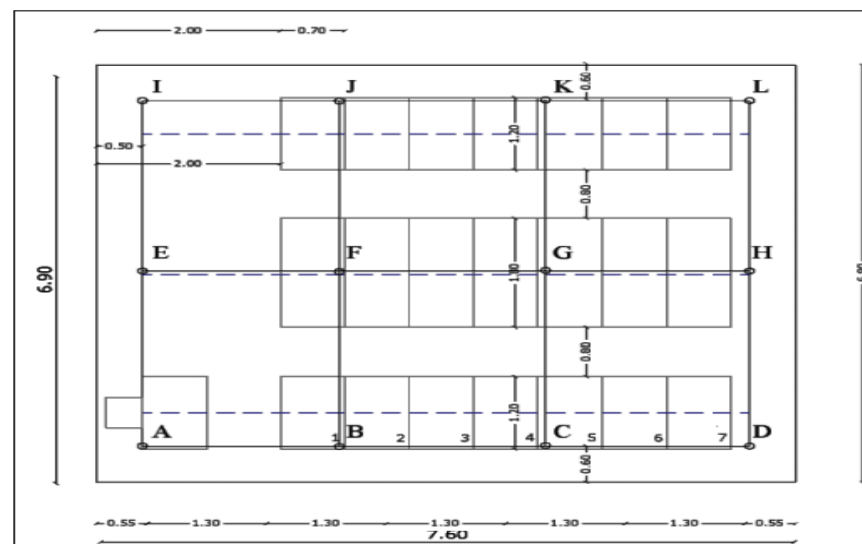
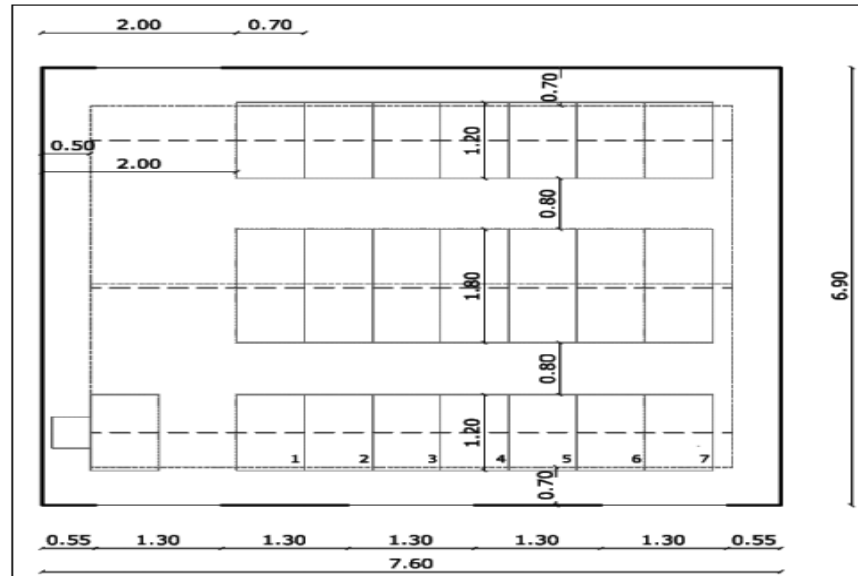
Mekan Tipleri	Eylem Özellikleri	Önerilen Renk	Sağladığı psikolojik etki	Işık Rengi	CRI	Aydınlatma sisteminin özellikleri
Yatak Odaları (Konut, Oteller, Hastaneler v.s.)	Uyuma, Dinlenme, Kitap Okuma	Mavi, Turkuaz, Mor'un açık tonları Açık yeşil Macenta	Rahatlık, Sukunet, dinlenme, yatıştırma, yumuşatma ve sakinleştirme	ww nw	2A	Dimmerlenebilir armatürler, tavandan yansıtılan indirekt aydınlatma, baş ucu aydınlatması
Islak Hacimler (Konut, Oteller, Hastaneler v.s.)	Yıkama, Duş, Makyaj v.s.	Beyaz ve tonları, mavi- turkuaz, yeşil tonları	Saflık- temizlik Doğal elemntleri temsil etmesi, mekanları geniş göstermesi	ww nw	2A	Neme ve suya dayanıklı armatürler, camlı armatür veya kapalı tip lambalar
Mutfaklar (Konut, Hastane, Otel...)	Hazırlama, Depolama, Yemek pişirme, servis	Yeşil, Sarı ve tonları,	Doğayı çağrıştırması, güven ve huzur verici olması, bitecek olan bir süreci temsil etmesi,	ww nw	2A	Sıcak ışık renkleri Tezgah ve dolaplar için özel aydınlatma düzenekleri
Oturma Odaları, Salonlar (Konut, Otel,)	Oturma, Dinlenme, Tv izleme, Bekleme	Açık renkler Beyaz, Açık Mavi Doğal renkler	Gözü dinlendirmesi, Huzur vermesi, Stres atma, Dinlendirme	ww nw	2A	Sıcak renkli lambalar, indirekt aydınlatma, dimmerlenebilir aydınlatma veya bölgesel aydınlatma sıcak ışık renkleri

Şekil 1.4. Mekânlara uygun renkler ve etkileri (Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., 2003).

Başka bir çalışmada, ılıman ve sıcak iklim bölgelerinde bulunan okullarda gün ışığı analizi yapılarak aydınlatmada enerji tasarrufu sağlanması hedeflenmiştir. Çalışmada ılıman iklim olarak İstanbul, sıcak iklim olarak da Antalya seçilmiştir. Prototip sınıf modelinin belirlenmesi için her yılın haziran ve eylül aylarının on beşinci günü gün ışığı hesaplanmıştır. Bahsi geçen aylardaki on beşinci gün, karakteristik gün olarak adlandırılmıştır. Karakteristik gün, yıl boyunca yapılan çalışmalarda, akademik olarak yılın her günü ölçülen gün ışığı şiddeti değerlerinin kaydedilmesi ve analiz edilmesi sonucunda elde edilmiştir. Test sonuçlarında optimum geçerliliği olan sonuçları veren gün (on beşinci gün) karakteristik gün olarak tanımlanmıştır (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

Sınıf modülü çalışmasında, bir çalışma düzlemi üzerinde 12 adet noktanın önerilmesini ve değerlendirilmesini sağlayacak dikey ve yatay çizgilerin olduğu

tasarımlar (grid sistem) yapılmıştır. Uyaranlar, saat 07:00 – 17:00 saatleri arasında her saat başı kaydedilmiştir. Çıkışlar ise 300 Lx seviyesi esas alınarak karşılaştırılmıştır. Sınıf modülünün ve grid sistemin olduğu sınıflar Şekil 1.5 ve Şekil 1.6’da gösterilmiştir (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).



Sınıf modülü çalışmalarının amacı, sınıflardaki insanlar için gerekli olan aydınlatma kalitesi ve aydınlatma miktarında yeterliliğin sağlanmasıdır. Çalışma aşağıdaki hususlar dahilinde sınırlandırılmıştır:

- Çalışma düzlemi üzerinde gerekli aydınlatma seviyesi 300 Lx olmalıdır.
- Suni ışık kaynaklarıyla gün ışığı seviyesi oluşturulurken, gün ışığından faydalanma oranı en yüksek olmalıdır.
- Kamaşmayı önlemek için güneş kontrolü mutlaka olmalıdır.
- Suni ışık kaynakları enerji tasarrufu esaslarına göre tasarlanmalıdır.
- Homojen ışık dağılımı için ışık kaynakları tavana monte edilmelidir.
- Güneş kontrolünün sağlanması için güneş ışınlarının pencere kenarlarıyla paralel olması gerekmektedir.

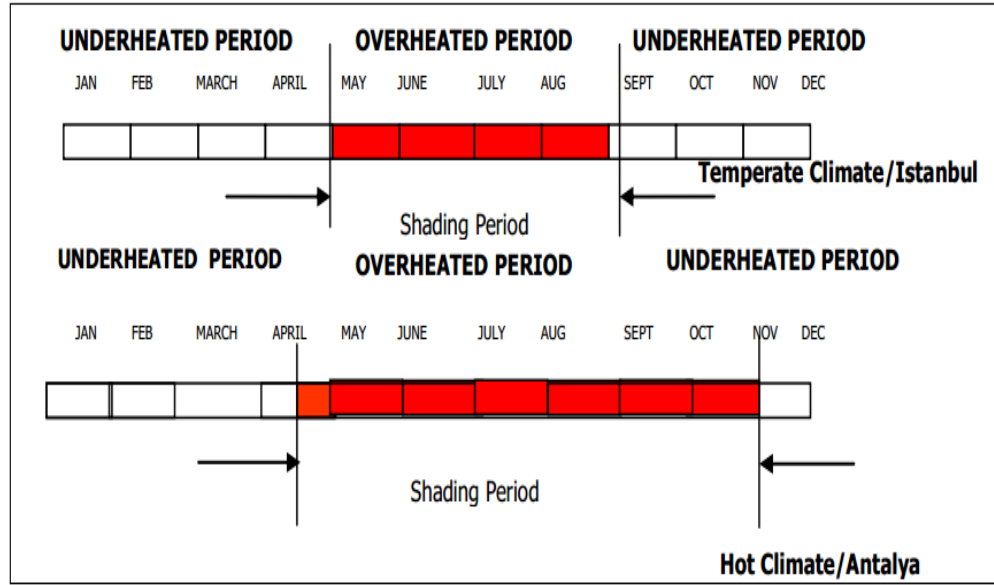
Çalışmada, İstanbul ve Ankara için en uygun iklimatik koşulların sağlanması ve güneş kontrolünün yapılması amacıyla, bazı parametreler oluşturulmuştur. Şekil 1.7’de bu parametreler görülmektedir (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

	ISTANBUL		ANTALYA	
Transparency Ratio	NORTH	40%	NORTH	46%
	EAST, WEST	46%	EAST, WEST	32%
	SOUTH	46%	SOUTH	46%
Light Transmittance of Glass	78 %		78 %	
Light Reflectance of Glass	14 %		14 %	
Thickness	6 mm		6 mm	
Window Frame	Double Glazing with PVC Frame		Double Glazing with Wooden Frame	

Şekil 1.7. İstanbul ve Ankara için güneş kontrolü parametreleri (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

İstanbul’da ve Antalya’da kuzey, güney, doğu-batı yönleri için gün ışığı geçiş oranları, camların ışık iletim oranları, camların ışık yansıtma oranları, kalınlıklar

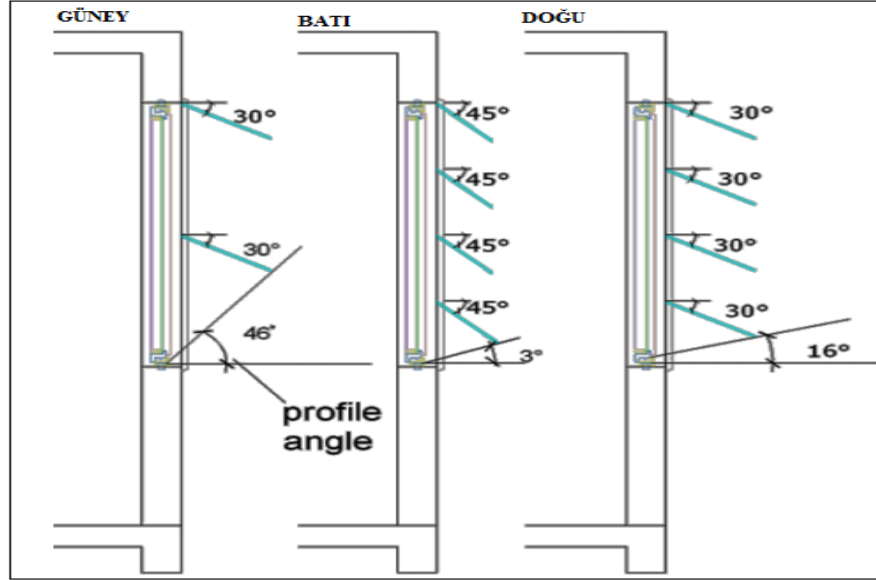
pencerelerin çerçeve genişlikleri olarak tanımlanan katsayılar söz konusu parametreleri oluşturmaktadır. Amaçlanan sınıf modülü, güneş ışınlarının sınıfın içeriye direkt olarak girebilmesi için bazı gölgelendirme elemanlarına sahip olmalıdır. Gölgelendirme elemanları, enerji verimliliği kurallarına göre bazı gölgeleme periyotlarında hazırlanmalıdır. Gölgeleme periyotları, sıcak iklim bölgelerinde nisan ve kasım ayları arasında iken, ılıman iklim kuşaklarında ise mayıs ve ağustos ayları arasını kapsamaktadır. Şekil 1.8’de sıcak ve ılıman iklim bölgelerinde bulunan sınıf modüllerinde olması gereken gölgeleme periyotları gösterilmektedir (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).



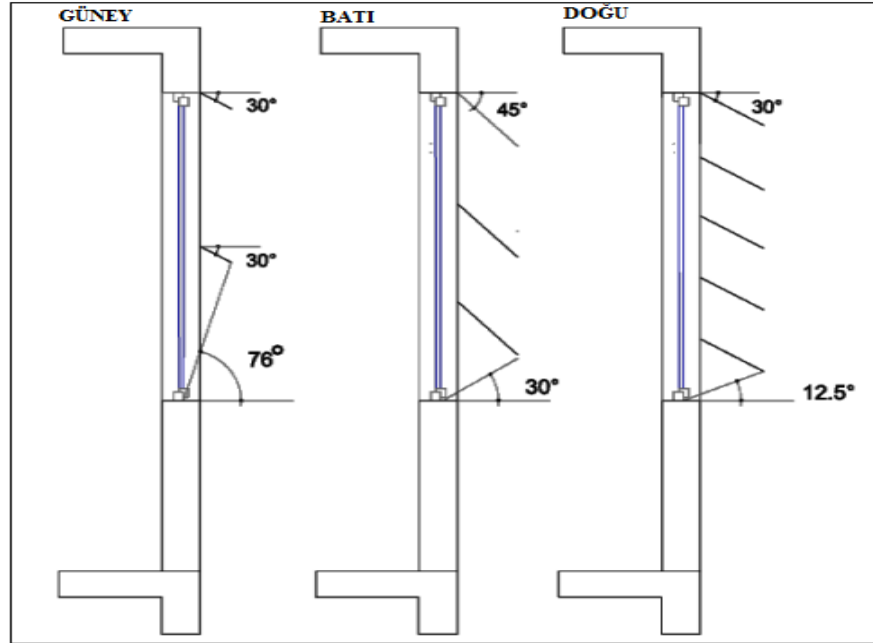
Şekil 1.8. Sıcak ve ılıman iklim bölgelerindeki gölgeleme periyotları (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

Sistem, yatay ve çoklu elemana sahip olacak şekilde tasarlanmaktadır. Profil açıları İstanbul ve Ankara’da güneş patikaları üzerindeki gölgeleme maskesinin kullanılması suretiyle, enlem ve başlangıç noktasına göre belirlenmektedir. Başlangıç noktasına göre belirlenmesi durumunda, çoklu elemanlarınsayı ve boyutları değişim göstermektedir. Gölgeleme sistemleri, 30° ve 45° eğimlerde tasarlanmaktadır. Amaçlanan sistem, sadece estetik ve fonksiyonel olmakla kalmayıp, aynı zamanda materyal tipi ve boyutu açısından son derece pratiktir. Şekil 1.9’da İstanbul, Şekil

1.10'da ise Antalya için gölgeleme sistemleri mevcuttur (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

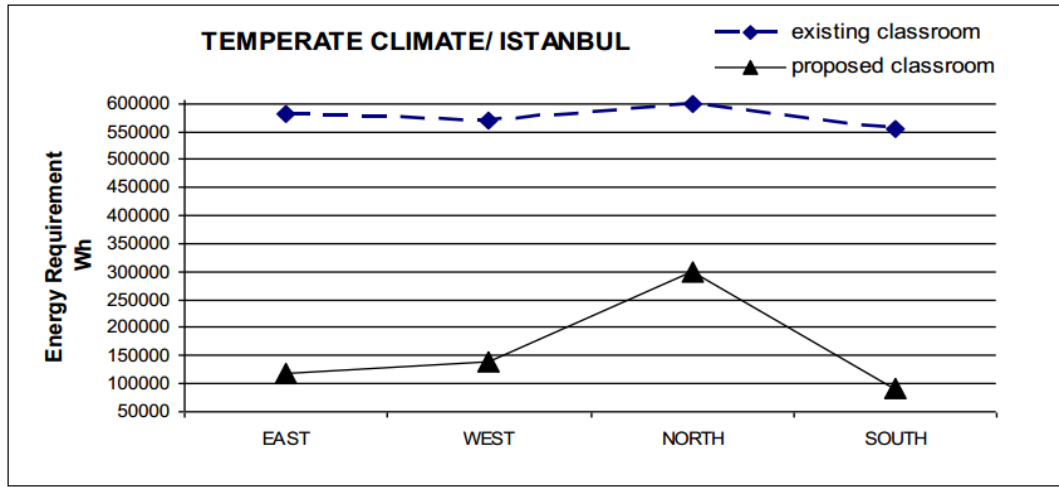


Şekil 1.9. İstanbul için gölgeleme sistemi (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

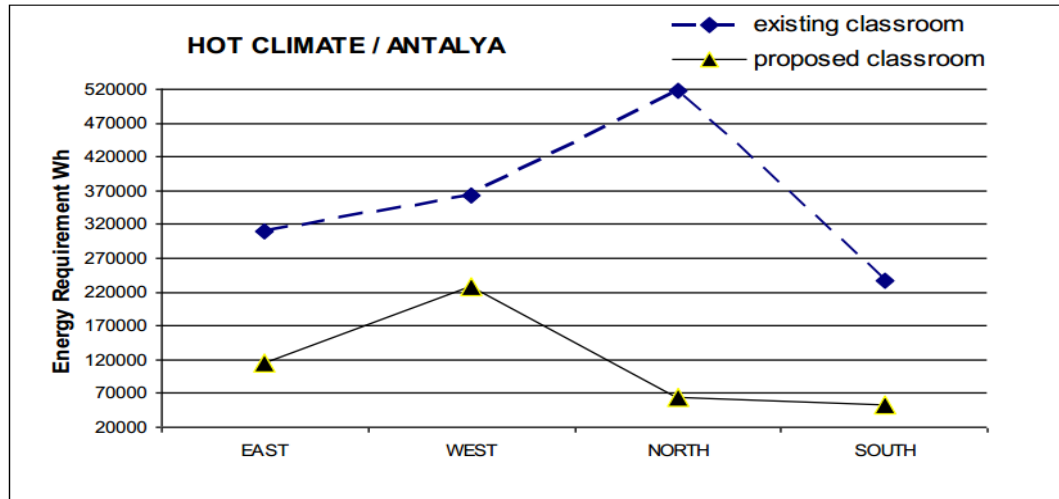


Şekil 1.10. Antalya için gölgeleme sistemi (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

Klimatik, kaliteli aydınlatmaya sahip ve optimum konfor koşullar için, güneş ışığı sıklığına bağlı olarak çalışacak gölgeleme sistemlerinin tasarımı arzu edilmektedir. Ancak bu şekilde optimum çalışma şartları sağlanmakta ve enerji tasarrufu en üst düzeye çıkmaktadır. Şekil 1.11’de ılıman iklim kuşağında yer alan İstanbul için mevcut olan ve olması hedeflenen sınıfları için ihtiyaç olan enerji gereksinimleri yer almaktadır. Şekil 1.12’de ise aynı durum, sıcak iklim kuşağındaki Antalya için verilmiştir (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).



Şekil 1.11. İstanbul için enerji gereksinimleri (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).



Şekil 1.12. Antalya için enerji gereksinimleri (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

Sonuç olarak, iklimatik koşulların dikkate alınarak tasarlanan sınıf modüllerinde, güneş ışığı aydınlatmasının en üst seviyelere çıkarılabileceği görülmektedir. Güneş ışığına ilave olarak suni ışık kaynaklarının da otomatik olarak kullanılması, hem konfor koşullarını yerine getirecek hem de yıllık enerji tüketimini önemli ölçüde azaltacaktır (Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., 2012).

Aydınlatmada enerji tasarrufu üzerine yapılan başka bir çalışmada, ışık emisyonunun azaltılmasıyla, enerji seviyelerinde bir artış olmaksızın daha yüksek seviyelerde ışık üretiminin sağlanabileceği sonucuna verilmiştir. Gün ışığıyla yapay ışığın akıllı kombinasyonu ile sağlanacak enerji tasarruflarına özel bir önem verilmesi ve lamba tiplerini seçerken, etkinlik faktörü mümkün olan en yüksek verimlilik sınıflandırmasına sahip olmasına ve böylece düşük enerji seviyeleriyle yüksek ışık dağıtım seviyelerinin ortaya çıkmasına dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmıştır (Gençoğlu M.T., Özbay E., 2007).

Çalışmada, aydınlatma sistemleri tasarımında enerji tasarrufu elde etme yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Lamba alırken yüksek verimli olanlar tercih edilmelidir. Lamba seçimleri en yüksek lümen/watt oranına (etkinlik faktörü) göre yapılmalıdır.
- Kullanılmayan alanlar aydınlatılmamalıdır.
- Gün ışığından mümkün olduğu kadar fazla kullanılmalıdır.
- Aydınlatma armatürlerinin periyodik bakımları yapılmalıdır. Kirli ve tozlu armatürler ışığın bir kısmını yutarak verimsiz aydınlatmaya neden olurlar.
- Lamba ışık çıktısı verimli olarak kullanılmalıdır. Aydınlatılması gereken yüzeylere lamba ışık çıktısının maksimum oranda ulaşip ulaşmaması, aydınlatma sisteminin verimliliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir.
- Zamanlayıcılar, fotoseller ya da yaklaşım sensörleri vasıtasıyla aydınlatmanın kontrol edilmesi, enerji tasarrufu açısından önemlidir.
- Duvar, tavan ve dekorasyon malzemeleri mümkün olduğunca açık renkli seçilmelidir.

- Daha fazla ışığa ihtiyaç duyulan bölümlerde, çok sayıda düşük güçlü lamba yerine, yüksek güçlü tek bir lamba kullanılması daha verimli bir aydınlatma sağlar.
- Dekoratif lambalar ışığı istenilmeyen yönler gönderirler. Açık renk, şeffaf gölgelikli abajurlar ışığı daha iyi geçirirler.
- Enerji kaybına engel olmak için halojen ve normal lambalar yerine, floresan lambalar kullanılmalıdır. Böylece %40 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir.

Doğru lambanın seçimi, ne amaçla ve nerede kullanılacağına bağlıdır. Lamba seçiminde aydınlatma seviyesi, açık kalma süresi ve değiştirilme kolaylığı gibi faktörlerin yanı sıra aşağıdaki hususlar da göz önüne alınmalıdır. Şekil 1.13’de akkor flamanlı lambalarla floresan lambaların teknik özellikleri yer almaktadır (Gençoğlu M.T., Özbay E., 2007).

	Akkor Flamanlı		Fluoresan	
Tipi	Normal	Halojen	Tüp	Kompakt
Güç (Watt)	15-1000	20-2000	6-65	9-25
Verim (lümen/W)	10-20	20-25	50-95	45-80
Ömür (saat)	1000	2000-3000	4000-7000	8000-10000
Işığın Rengi	Sıcak	Sıcak	Çeşitli renkler	Sıcak
Renk Geri Verimi	İyi	Çok iyi	Ortadan iyiye	Çok iyi
Maliyet	Düşük	Orta	Orta	Orta
Kullanım Önerileri	Kısa süreli çalışmalarda, genel amaçlı yerlerde	Yüksek yoğunluklu aydınlatmada, iyi renk geri verimi gereken yerlerde	Sürekli veya kesintili aydınlatmada, genel amaçlar için, iyi renk geri verimi gereken yerlerde	Sürekli veya kesintili aydınlatmada, genel amaçlar için, iyi renk geri verimi gereken yerlerde

Şekil 1.13. Bazı lambaların teknik özellikleri (Gençoğlu M.T., Özbay E., 2007).

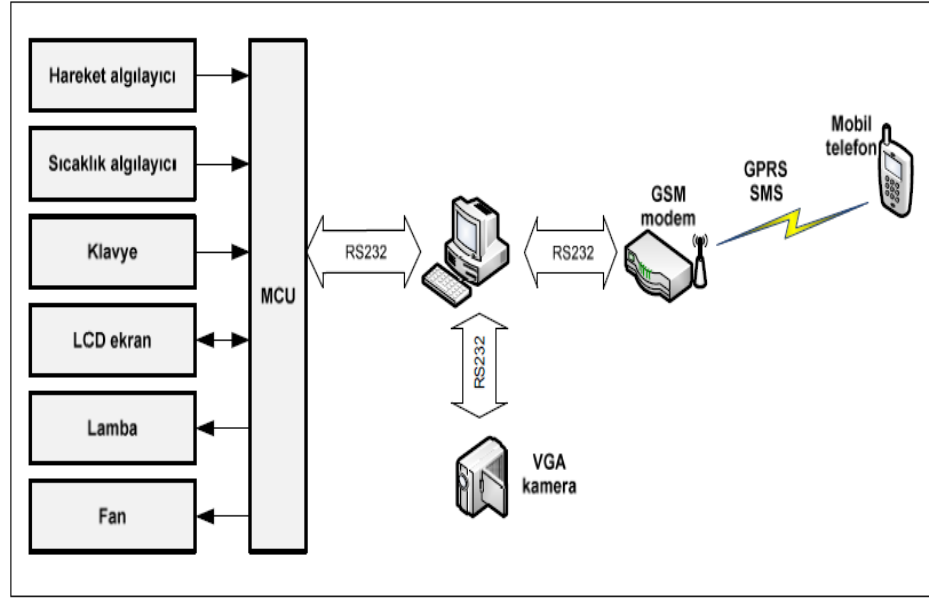
Aydınlatma sistemlerinde kullanılan armatürlerin tiplerinin ve sayılarının artması, aydınlatmanın kontrolünü oldukça karmaşık bir hale getirmiştir. Aydınlatma ünitelerinin kontrolünü daha basit bir hale getirmek ve aydınlatmayı en efektif şekilde kullanabilmek amacı ile aydınlatma kontrol sistemleri kullanılmaktadır. Aydınlatma

kontrol sistemlerinin genel olarak dört amacı vardır. Bunlar; verimlilik, enerji tasarrufu, estetik ve esnekliktir. Aydınlatma kontrolünün sağlayacağı en önemli fayda enerji tasarrufudur. Aydınlatma kontrolü ile enerji tüketiminde % 30 ve işletme giderlerinde % 10 tasarruf sağlanabilir. Doğru seçilen ve uygulanan bir aydınlatma kontrol sistemi ile konforlu bir çalışma ortamı oluşturulur. Toplantı salonları, tasarım ofisleri, tekstil atölyeleri, fabrikalar gibi çalışma alanlarında, iş veriminin en yüksek seviyede olması için aydınlatma kontrolü çok önemlidir. İyi programlanmış bir aydınlatma otomasyon sistemi ile bu tür çalışma alanlarında, çalışma saatlerine, gün ışığının konumuna ve yapılan işin niteliğine göre en uygun ışık düzeyi ile iş veriminin en yüksek seviyede olması sağlanabilir. Aydınlatma otomasyon sistemleri, aydınlatma programlarının işleve göre ani değişikliklerini çok kısa zamanda gerçekleştirerek, aydınlatma ayarlamalarından kaynaklanacak zaman kaybını da ortadan kaldırır (Gençoğlu M.T., Özbay E., 2007).

Gün ışığından maksimum seviyede yararlanmak için ışık sensörleri, kimsenin bulunmadığı alanlarda enerji sarfiyatını önlemek amacı ile hareket dedektörleri, çalışma saatlerine göre aydınlatma kontrolünü düzenlemek için zaman saatleri ve çevre aydınlatmalarını ekonomik şekilde programlayabilmek amacı ile astrolojik zaman saatleri, aydınlatma otomasyon sistemi içerisine entegre edilerek maksimum düzeyde enerji tasarrufu sağlanabilir. Ayrıca elektrik enerjisinin pahalı veya ucuz olduğu zamanlar için yapılacak farklı aydınlatma programlarının otomatik olarak devreye girmesi ile enerji tasarrufu yapılabilir. İyi tasarlanmış ve gün ışığından faydalanan bir aydınlatma sistemi, günün aydınlık saatlerinde, aydınlatma enerjisinden %30 tasarruf sağlar. Ancak aşağıda belirtilen tasarruf yöntemlerinin de uygulanması ile bu oran %70 'lere ulaşabilir (Gençoğlu M.T., Özbay E., 2007).

Aydınlatma otomasyonunu da kapsayan akıllı ev sistemleri çalışmalarında da benzer uygulamalara rastlamak mümkündür. Yapılan bir çalışmada, GSM tabanlı akıllı ev uygulaması tasarlanmış ve aydınlatma ile birlikte başka bileşenlerin de otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Kullanıcıların cep telefonu ile GSM üzerinden evlerini uzaktan kontrol edebilme veya istenmeyen bir durum oluştuğunda otomatik olarak uyarı alabilme imkânlarına sahip olabilecekleri görülmüştür. Çalışma, üç temel kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım, kullanıcının mobil telefon ile akıllı ev sistemine erişimini

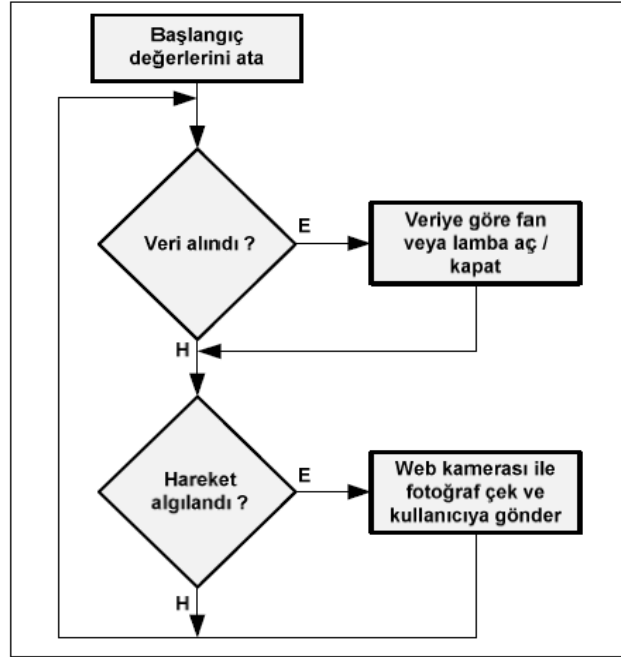
sağlayan mobil cihaz uygulamasıdır. İkinci kısım, kullanıcıdan gelen isteklere cevap verebilmek için bir programlama diliyle yazılmış akıllı ev otomasyon yazılımıdır. Evin uzaktan kontrolü bu sistem kullanılarak yapılmaktadır. Son kısım ise akıllı ev modelini oluşturan donanım kısmıdır. Sistemin mimarisi Şekil 1.14’de görülmektedir (İnal K., Akçayol M.A., 2009).



Şekil 1.14. Akıllı ev otomasyon sistemi mimarisi (İnal K., Akçayol M.A., 2009).

Bu çalışmada, yazılım akıllı ev sisteminin ana bileşenidir. Kullanıcıdan gelen kısa mesajlar ile ev otomasyonu arasındaki bağlantı, akıllı ev sistemi kullanılarak sağlanmaktadır. Kullanıcıdan gelen kısa mesaj sistemde bulunan GSM modeme ulaşmaktadır. Sistem her üç saniyede bir GSM modeme yeni bir kısa mesaj gelip gelmediğini denetlemektedir. Eğer yeni bir kısa mesaj gelmişse gelen mesaj seri port veri hattı ile GSM modemden bilgisayara alınıp işlenmektedir. Bunun sonucunda ışık sistemi kontrolü, havalandırma sistemi kontrolü gibi gerekli işlevler yerine getirilmektedir. Port Konfigürasyonu ile bilgisayar üzerinde bulunan sanal portların kontrolü sağlanmıştır. Sistemde bulunan portların açılması, kapanması gibi işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir. Ayrıca port tarama işlemi de sistemde otomatik olarak yapılmaktadır. Sistem kısa mesajı GSM üzerinden almaktadır. Gelen mesaj seri port üzerinden modemden bilgisayara aktarılmaktadır. Yazılımın son kısmı akıllı ev yönetimi için tasarlanmıştır. Akıllı Ev Sisteminin işlevler; aydınlatma sistemi kontrolü,

havalandırma sistemi kontrolü, kamera ile hareket algılama ve güvenlik kontrolü, ev sineması ve müzik sistemi, akıllı ev modülü konfigürasyonları gibi uygulamaları kapsamaktadır. Akıllı ev otomasyonunu izleyen ve yöneten algoritmanın akış şeması Şekil 1.15’de verilmiştir (İnal K., Akçayol M.A., 2009).



Şekil 1.15. Akıllı ev otomasyonu akış şeması (İnal K., Akçayol M.A., 2009).

İlk olarak kontrolcü için başlangıç ayarları yapılır. Daha sonra kontrolcü seri hattı dinler. Eğer veri gelmiş ise gelen veriyi ayrıştırır ve bunun sonucunda lamba ve fanı yönetir ve ortamın sıcaklık bilsini ölçer. Aynı zamanda sistemde bulunan hareket algılayıcıda herhangi bir hareket algıladığında seri hattan bilgisayara gerekli veriyi gönderir. Bunun sonucunda web kamerası ile ortamın resmi çekilir ve kullanıcıya yollanır (İnal K., Akçayol M.A., 2009).

1.2.Tezin Amacı ve İçeriği

Bu tez çalışmasında, özel bir sensör vasıtası ile farklı ışık kaynaklarının renk ve aydınlık seviyelerinin toplamı, analog gerilim formunda hesaplanmış ve kayıt altına alınarak değerlendirilmiştir. Bu kayıtlar, bir veri tabanı haline dönüştürülerek, ortamda

kullanılacak ışık kaynağı ya da aydınlatma kombinasyonlarının, hangi değerde renk ve aydınlık değerlerine sahip oldukları görülmüştür.

Tüm bu kombinasyonlar, yazılımda veri tabanı olarak kaydedilmiş ve arzulanan renk ve aydınlık seviyesinin karşılığı olan değerler esas alınmıştır. Mevcut ortamdaki renk ve aydınlık seviyesi değeri arasındaki farkın, hangi ışık kaynağı ya da kaynak kombinasyonları ile sağlanabileceği, yazılım içinde otomatik olarak hesaplanarak optimum çözüme ulaşılması amaçlanmıştır.

Hesaplama sonucunda elde edilen değerler, hangi ışık kaynağı/kaynakları ya da kombinasyonları ile sağlanabiliyorsa, yazılımdaki programın söz konusu değere karşılık gelen kaynakları devreye alması, ya da devreden çıkarması gerçekleştirilmektedir. Tüm bu işlemler yapılırken, gün ışığından mümkün olduğunca fazla yararlanılmaktadır.

Bu çalışma ile bir otomasyonel kontrol sistemi tasarlanırken, gün ışığından maksimum düzeyde yararlanması hedeflenmiştir. Bu sayede; insan psikolojisi, ortamda bulunan insanların istekleri, çalışma performansı kriterleri esas alınarak hesaplanan renk ve aydınlık ayar değeri; ortamın anlık değeri ile kıyaslanmıştır. Ayar değerinin ortam değerinden yüksek olması durumunda aradaki fark değere karşılık gelecek kadar ışık kaynaklarının devreye alınması; ortam değerinin ayar değerinden büyük olması durumunda ise yine aradaki fark değere karşılık gelecek kadar ışık kaynaklarının devreden çıkartılması yazılım kontrolü ile sağlanmaktadır. Bu tez çalışmasında amaçlananlar, Çizelge 1.1’de aşama aşama gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Tez çalışmasının amaçları.

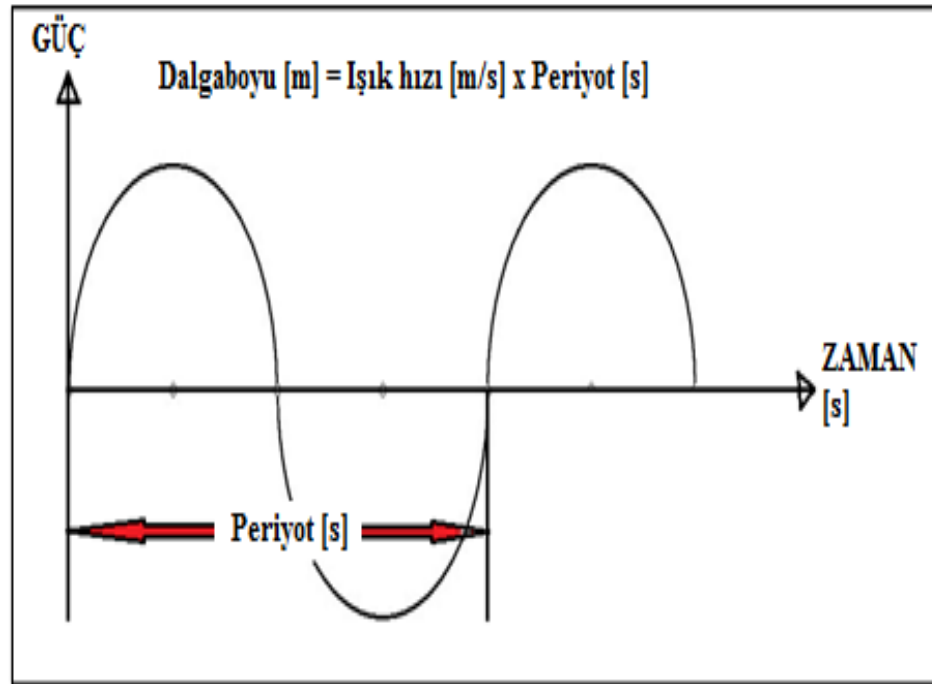
Sıra No:	AMAÇLAR:
1	Sistemin otomatik olarak mevcut değer kriterini, ayarlanan değere en yakın olacak şekilde değiştirmesini sağlamak
2	Sistemin en uygun ışık kaynağı ya da kaynaklarını devreye almasını ya da devreden çıkartmasını sağlamak
3	Ortamın renk ve aydınlatma seviyesinin sürekli ayarlanan değere yakın bölgelerde seyretmesini sağlamak
4	İstenen renk-aydınlık toplam seviyesinin, sürekli sabit tutulmasını ve sistemin her an ölçüm yaparak mevcut ortam değeri kriteri ile ayarlanan kriter kıyaslamasının her daim yapılmasını sağlamak

2. TEMEL KAVRAMLAR VE KULLANILAN MATERYALLER

Işık ve renk, temelde içi içe kavramlardır. Rengin oluşması için mutlaka ışık olmalıdır. Işık kaynağından çıkan tüm ışıklar farklı dalga boyu ve güçtedir. Bunların tamamı ışık kavramı içerisinde yer alırken, renkten söz edebilmek için insan gözünün görebileceği ışık ve bu aralıktaki ışığın dalga boyu gibi kavramların incelenmesi gerekmektedir. Dalga boyu, rengi belirleyen en temel büyüklüktür.

2.1. Işık Bilimi

Işık, temelde bir radyasyon enerjisidir. Işık kavramı, frekans ve dalga boyu kavramları ile birlikte anılmaktadır. Frekans, ışığın birim saniyede yaptığı titreşimdir. Dalga boyu ise, ışığın birim frekanstaki hızı olarak tanımlanmaktadır. Işık, sahip olduğu dalga boyuna göre özellik kazanır. Bazı dalga boylarında ise insanlar tarafından görülemez.



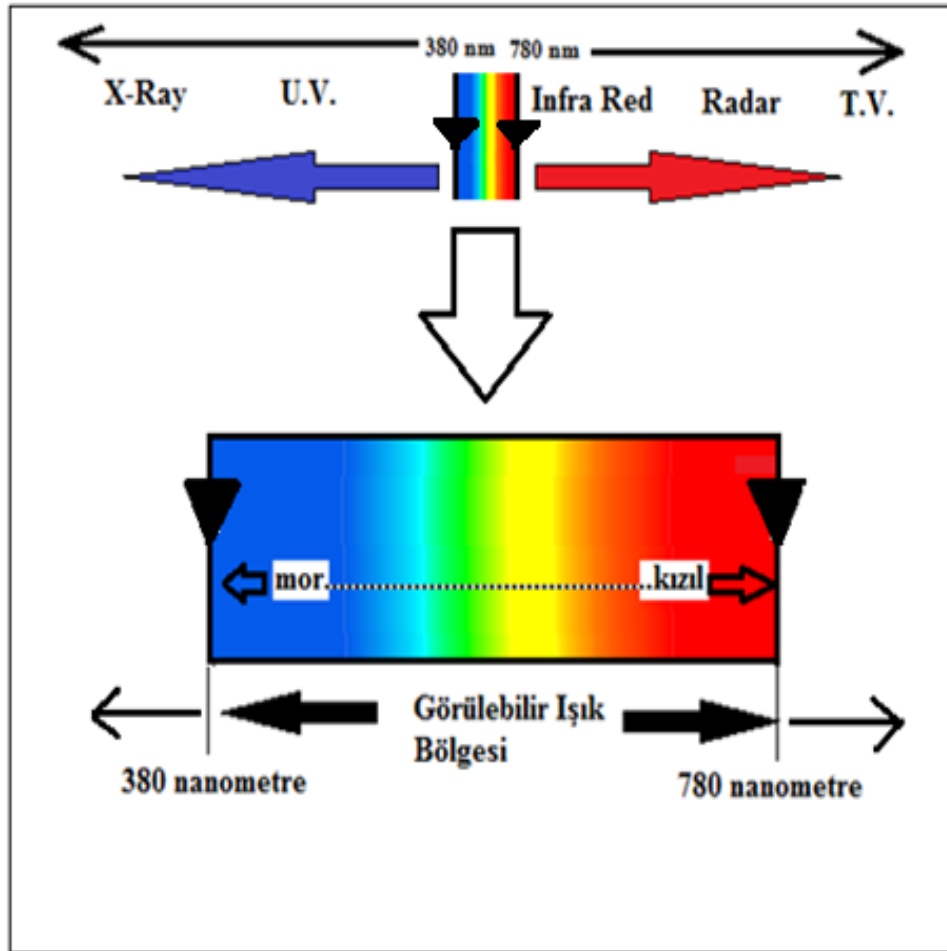
Şekil 2.1. Işık ve dalga boyu ilişkisi.

Şekil 2.1’de dalga ışık ve dalga boyu ilişkisi gösterilmektedir. İnsanlar 380 nm ile 780 nm aralığındaki elektromanyetik dalgaları ışık olarak görebilmektedir. Işığın

özellikleri, elektromanyetik dalganın boyuna göre değişir. Dalga boylarına göre, kozmik ray ışınlarından, radar ve tv. dalgalarına dek farklı ışıklar mevcuttur.

Dalga boyu değiştikçe, ışığın özellikleri ve insanlar üzerindeki görsel etkileri de değişmektedir. 380 nm dalga boyunun altındaki ışıklar veya 780 nm üzeri dalga boyuna sahip ışıklar insanoğlunun görebileceği ışıklar değildir.

Dalga boyu uzunluklarına göre ışıklar farklı kategorilerde kümelenmektedirler. Sırayla; radyo, mikrodalgalar, milimetre altı, uzak kızılötesi, yakın kızıl ötesi, görünür dalgalar, morötesi, yumuşak X ışınları, sert X ışınları ve gama ışınları olarak adlandırılırlar. Şekil 2.2’de elektromagnetik dalgalar ve nanometrik değerleri görülmektedir.



Şekil 2.2. Elektromanyetik dalgalar.

Işık ışınları, düz bir doğrultuda ilerlerler. Bazen karşılarına cisimler çıkar ve çarparlar. Bu çarpışma neticesinde, yansıma ya da kırılmaya uğrarlar. Bu yansıma ve kırılmalar cismin aydınlatılmış ve renklendirilmiş olarak algılanmasını sağlar. Cisimlerin insanlara aydınlık ya da herhangi bir renkte görünüyormaları, belli dalga boyuna sahip fotonların (ışık ışınlarının), söz konusu cisimlere çarpıp yansıma yaparak insanların gözünde bir algılama oluşturmaları anlamına gelmektedir.

Cisimlere çarpıp yansıma yapan fotonlar, hangi dalga boyuna sahipler ise o dalga boyunun gerektirdiği özellikte bir algılama oluşturmaktadırlar. Bir cismin insanlar tarafından algılanması, hem cismin kendi öz rengine, yansıma ya da soğurma vs. gibi özelliklerine hem de cisme çarpan ışığın dalga boyuna bağlıdır. Beyaz ışık, bir cisme çarparsa o cismin rengini yansıtırken, farklı renklerdeki ışıklar farklı algılamalara neden olabilmektedir.

2.1.1. Genel ışık kavramları

Genel ışık kaynaklarında dört temel aydınlatma büyüklüğü vardır. Bu büyüklükler, ışığın kaynağından çıktıktan sonra cisimlere çarpması ve göz içinde etki bırakması, yani algılanması konularının detaylarını içermektedir.

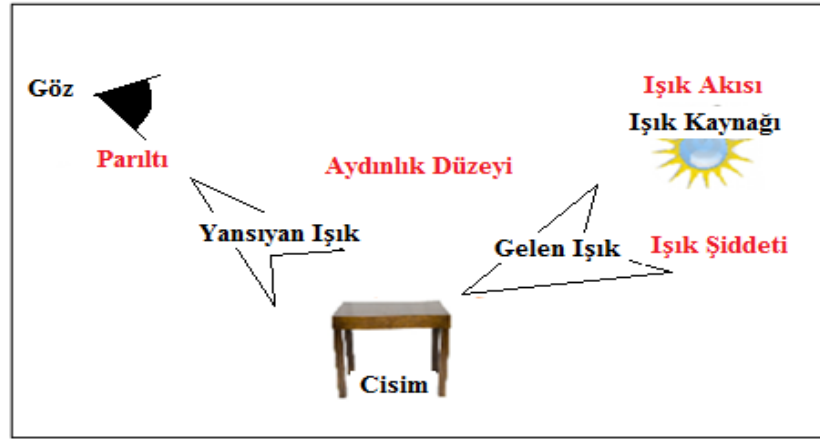
Işığın algılanması yolunda farklı safhalar mevcuttur. Öncelikle ışığın kaynağından çıktığı andaki yoğunluğu önemlidir. Bu yoğunluğun az ya da fazla olmasının sonuçları farklıdır. Daha sonra cisimlere ya da herhangi bir alana yayılan ışığın birim alandaki yoğunluğuna bakılmalıdır. Benzer şekilde uzay açısı olarak tanımlanan steradyan içindeki ışık miktarı değerlendirilir. Bu değerlendirme ve incelemelerin sonuçları ve bu sonuçların birbirleriyle olan ilişkileri temel ışık kavramlarını doğurmuştur.

Bu kavramlar ışık, cisim ve algılanması üçgeninde oldukça faydalı değerlendirilmelerin ve tanımlamaların yapılmasına olanak sağlamıştır. Söz konusu ışığın dalga boyu da değerlendirme kapsamına alındığında rengin algılanması hususu netlik kazanmıştır. Renk kavramı ile birlikte renk sıcaklığı, renk geriverimi ve cisimlerin renkleri yansıma özellikleri gibi konular da önem kazanmıştır. Bu konular, ışık ve renk algılanmasındaki önemli unsurlardandır.

Söz konusu temel ışık kavramları şunlardır:

- Işık Akısı
- Işık Şiddeti
- Aydınlatma Düzeyi
- Parıltı

Şekil 2.3’de dört temel aydınlatma büyüklüğü şematik olarak ifade edilmektedir. Işık kaynağından gelen ışık akısının cisimlerden yansyarak göze ulaşması aşamasına kadar oluşan fiziksel büyüklükler Şekil 2.3’de görülmektedir.



Şekil 2.3. Dört temel aydınlatma büyüklüğü.

- **Işık Akısı:**

Işık kaynaklarından çıkan ışık ışınları, düz bir doğrultuda yayılmaktadır. Bu kavram, ışık ışınlarının miktarı ya da yoğunluğu ile ilgili bir kavramdır. Bir ışık kaynağından birim zamanda yayılan ışık miktarı ya da toplamı olup, birimi “Lümen (lm)”, sembolü “Ø” dir.

- **Işık Şiddeti:**

Işık şiddeti, ışığın yoğunluğu ile ilgili bir kavramdır. Işık akısından farkı, birim uzay açıda yayılan bir doğrultudaki ışık miktarına ya da yoğunluğuna karşılık

gelmesidir. Birimi “Candela (cd)” olup, sembolü “I” şeklindedir. Candela, ışık akısının uzay açısına (steradyan) oranıdır.

- **Aydınlık Düzeyi:**

Aydınlık düzeyi, bir yüzeydeki birim alana düşen ışık akısı miktarı olup, yüzeyin ışık akısının o yüzeyin alanına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Birimi “Lux (Lx)” ile, sembolü de “E” ile ifade edilmektedir.

- $E \text{ (Lüx)} = \Phi \text{ (Lümen)} / \text{metrekare}$

- **Parıltı:**

Parıltı, bir yüzeydeki birim alandan belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır. Sembolü “L”, birimi “Nit” ile ifade edilmektedir.

- $L \text{ (Parıltı)} = I \text{ (Candela)} / \text{metrekare}$

Parıltı, yüzeylerin üzerine düşen ışık şiddetleri ile doğrudan ilgili olduğu gibi, yüzeylerin ışığı yansıtma özellikleri ile de değişkenlik gösterebilmektedir. Farklı yüzeyler aynı şiddeti ile aydınlatılmış olsalar bile parıltıları farklı olabilir. Aydınlık düzeyi ile parıltı doğru orantılıdır.

2.2. Aydınlatma Bilimi

Bir ışık kaynağından çıkan ışık ışınlarının, bir ortamda ya da yüzey üzerinde oluşturdukları ışık akısı yoğunluğunu inceleyen bilim dalı olan aydınlatma, günümüzde konfor ve verimi etkileyen en önemli etmenlerden biridir.

İyi bir aydınlatma için; öncelikle ortamlara uygun ışık kaynakları seçilmeli, bu seçim yapılırken ışık kaynaklarının tükettikleri güçler dikkate alınmalı ve aydınlatma yapılacak alanın koşullarına göre optimum performans hedefi gözetilmelidir. Günümüzde aydınlatma, tek başına bir bilim dalı haline gelmiştir.

Aydınlatmada, amaç çok önemlidir. Örneğin, genel olarak bir salonun aydınlatılması ile herhangi bir atölyede çalışan işçilerin uğraştıkları objelerin

aydınlatılması çok farklıdır. Genel aydınlatmada, herhangi bir objenin ayrıntılarının seçilmesi çok önemli değilken, atölyede çalışan işçiler için obje detaylarının net olması gereklidir. Her ikisi de nihayetinde aydınlatmadır ama amaçlar farklıdır. Sonuç olarak, tasarımlarla birlikte aydınlatma gereç ve pozisyonları da farklı olacaktır.

Binalarda iç ve dış mekânların aydınlatılması da farklı tasarımları gerektirecek uygulamalardır. Örneğin bir fabrikada, iç aydınlatma ile dış aydınlatmada kullanılan aydınlatma gereçleri, miktarları ve tasarımları farklılık arz eder. İç aydınlatmada, üretilen ürünlerin detaylarının fark edilmesi önemli iken, dış aydınlatmada bu hassasiyet aranmamaktadır.

2.3. Renk Bilimi

Bir ışık kaynağından yayılan ışığın doğrusal bir yolda ilerlerken önüne çıkan cisimlere çarptıktan sonra, insan gözünde oluşturduğu algısal kavram renk olarak tanımlanabilir.

İnsanlar, 380 nanometre ve 780 nanometre dalga boyu arasındaki ışıkları algılayabilirler. İnsanların gözünde bir etki oluşturan bu ışıklar, sahip oldukları dalga boylarına göre farklı renklerde algılanırlar. Dalga boyu değiştikçe, ışık spektrumundaki renk de değişmektedir. 780 nanometre dalga boyuna doğru, ışığın rengi kırmızı olurken, 380 nanometre civarında dalga boyuna sahip ışıklar ise mor renkte algılanmaktadır. 380 nm altı mor ötesi, 780 nm üzeri ise kırmızı ötesi diye tabir edilmektedir.

Işık kaynaklarının renkleri üzerinde etkili olduğu bazı önemli unsurlar mevcuttur. Bu unsurların başında renksel geriverim ve renksel geriverim endeksi gelmektedir. Renksel geriverim, bir ışık kaynağından çıkan ışık ışınının herhangi bir cisme çarptıktan sonra insan gözünde oluşturduğu rengin, aynı cismin gün ışığı altında algılandığı renge ya da gerçek rengine ne kadar yakın olduğu ile ilgili bir kavramdır. Her ışık kaynağının bir renksel geriverim endeksi mevcut olup bu endeks “CRI (Colour Rendering Index)” olarak literatürde yer almaktadır.

Işık kaynaklarının renk üzerindeki etkisi renksel geriverim endeksi ve renk sıcaklığı değerleri ile yorumlanabilmektedir. Renksel geriverim endeksinde gün ışığı

esas alınmaktadır. Renksel geriverimi yüksek olan lambalar, ışık akılarında tüm renkleri dengeli biçimde bulunduran lambalardır. Renksel geriverimleri arttırılamayan civa ve sodyum buharlı, neon v.b. birkaç lamba türü dışındaki her lamba türünün renksel geriverimi yüksek ve düşük olan çeşitleri bulunabilmektedir. Renksel geriverim kalitesi yüksek olan lambaların üretim kalitesi yüksek olduğundan daha maliyetlidirler.

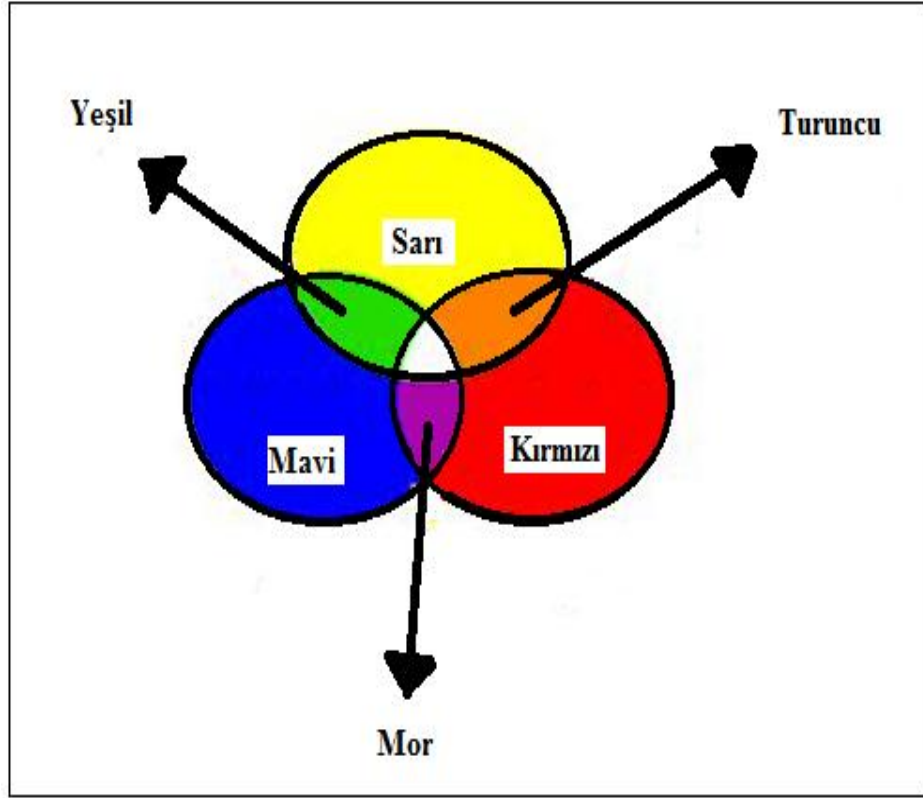
Işığın renk üzerinde etkiye sahip olduğu diğer bir unsur da renk sıcaklığıdır. Renk sıcaklığı kavramı, doğal şartlarda ısıtılan bir metalin, sıcaklığı arttıkça algılandığı rengin renk spektrumunda yer aldığı bölgedir. Lambaların verdikleri ışık renkleri, renk sıcaklığı kavramıyla da açıklanarak aydınlatmada farklı seçeneklerin tercih edilmesini sağlarlar. Renk sıcaklığı, literatürde ise, “CCT (Correlated Colour Temperature)” olarak geçmekte olup, bir ışık kaynağından yayılan ışığın, sıcaklığa bağlı olarak aldığı rengin görünüşünü ifade eden bir büyüklüktür. Büyüklüğü, “Kelvin (K)” cinsinden ölçülmektedir (Özbudak YB., Gümüş B., Çetin D, 2003).

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı değeri (CCT), genel olarak o ışık kaynağından yayılan ışığın sıcak ya da soğuk olması ile ilgili bir değerdir. Fakat sıcaklık değerleri ile ters orantılı bir ilişkilendirme mevcuttur. Yani, 3200 K değerinin altında CCT değerine sahip ışık kaynakları sıcak olarak tanımlanırken, CCT değeri 4000 K’ın üzerindeki ışık kaynakları ise soğuk ışık kaynağı olarak kabul görmektedir. Herhangi iki ışık kaynağının renkleri aynı gibi görülebilmesine rağmen, aynı cisim üzerinden yansımaları farklı olabilir (Özbudak YB., Gümüş B., Çetin D, 2003).

İnsan gözü tarafından algılanan ışık, gözün algılama yaptığı bölgesi olan retinada beynin algılayabileceği sinyallere dönüştürülür. Bu sinyaller daha sonra beyne iletilir. Renklerin algılanışında dış ortam koşulları etkilidir. Örneğin güneş ışığında algılanan renk ile kapalı veya kötü aydınlatılmış bir ortamda algılanan renk farklıdır. Bir cismin üzerine düşen ışık kaynağı, ışık şiddeti, ışığın sahip olduğu dalga boyu gibi etkenler insan gözünde oluşan ve beyne iletilen sinyallerde farklı algılamalara sebep olmaktadır.

Güneşten yeryüzüne ulaşan beyaz ışık, normal koşullarda birçok rengin bileşiminden oluşmaktadır. Beyaz; aslında tek başına bir renk olmayıp, bütün renklerin bileşiminden oluşur. Güneş ışığı, bir prizmadan geçirildiğinde kendini oluşturan tali renklere ayrılır. Bu renkler sırası ile kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi ve mordur.

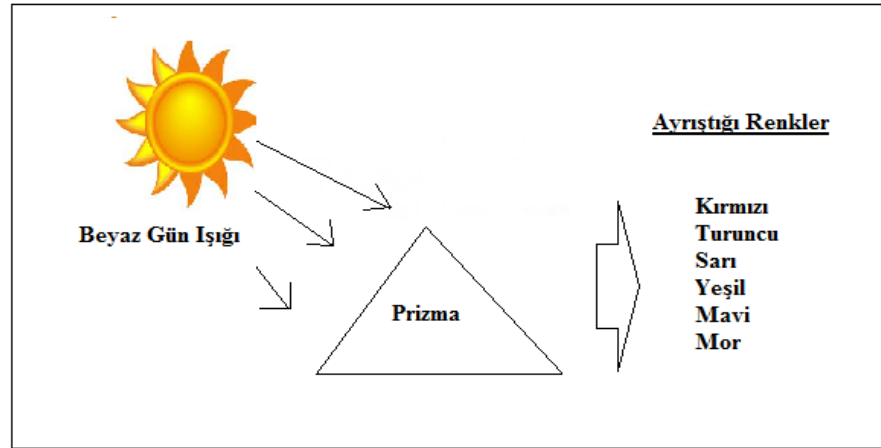
Cisimler; gün ışığı ile aydınlatıldığında, üzerine bu renklerin karışımı olan ışık düştüğünden, bunlardan bir kısmını yansıtırlar ve sonuçta değişik renklerde cisimler olarak algılanırlar. Herhangi bir cisim; gün ışığındaki tüm renkleri yansıtıyorsa beyaz, gün ışığındaki hiçbir rengi yansıtıyorsa siyah, gün ışığındaki herhangi bir rengi yansıtıyorsa, yansıttığı renkte görünür (Anonim2).



Şekil 2.4. Ara renklerin oluşumu (Anonim4).

Şekil 2.4’de görüldüğü üzere, beyaz cisimler bütün renkleri yansıtmaktadır. Beyaz cisim; beyaz ışıkla aydınlatılırsa beyaz, kırmızı ışıkla aydınlatılırsa kırmızı, mavi ışıkla aydınlatılırsa mavi görünür. Dolayısıyla, beyaz cisimler hangi ışıkla aydınlatılırsa o renkte algılanırlar.

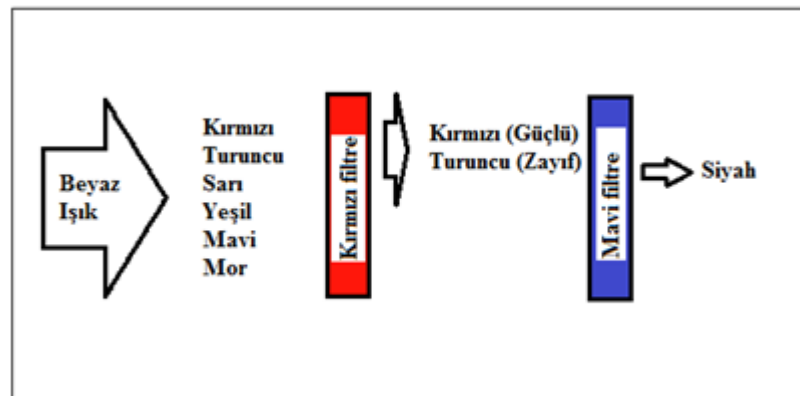
Örneğin, Şekil 2.5’te beyaz ışık bir prizmadan geçirilmiştir. Prizmadan geçen beyaz ışık, kendisini oluşturan renklere ayrılmaktadır. Sonuç olarak, beyaz ışık hangi renkte bir cismin üzerine düşerse, kendisini oluşturan renklerden sadece üzerine düştüğü cismin rengini yansıtmaktadır (Anonim2).



Şekil 2.5. Beyaz ışığın filtrelenmesi.

Şekil 2.5’de beyaz ışığın kendi renklerine ayrışması görülmektedir. Eğer üzerine ışık düşen bir cisim bu ışığı yansıtmıyorsa siyah olarak görünür. Siyah olarak tabir edilen cisimler, kendilerine çarpan hiçbir ışığı yansıtmazlar. Yani soğurucu özelliktedirler.

Üzerine düşen ışığın kendi renginde olması durumunda geçişine izin veren, kendinden uzak renkleri ise zayıf geçiren ya da hiç geçirmeyen cisimlere filtre denir. Şekil 2.6’da, beyaz gün ışığı önce kırmızı renkli bir fitreye çarpmıştır. Gün ışığının bileşiminde olan kırmızı ışık, bu filtreden geçerken diğer renkteki ışıklar geçememiş ya da zayıf oranda geçmişlerdir. Geçiş gerçekleşen ışıklar arkadaki mavi filtre ile karşılaşmışlar ve hiçbir renk bu filtreden geçememiştir. Mavi filtrenin arkasından bakan bir göz kendine yansıyan ışık olmadığı için siyah görecektir (Anonim2).



Şekil 2.6. Beyaz ışığın kırmızı ve mavi fitrelerden geçirilmesi.

2.4. Aydınlatma ve Renk Durumunun Performansa Etkileri

Günümüzde aydınlatma; insanların asgari görme ihtiyacını sağlayan ışığın, ortamlardaki dağılımını kontrol eden ve görme konforuna bağlı olarak iş verimini yükseltmeyi amaç edinen özel bir bilim dalı haline gelmiştir (Demirdeş H, 1993).

İyi ve sürekli bir aydınlatma elde etmek için belli şartların yerine getirilmesi önem arz etmektedir. Bir ortamda yapılan aydınlatma amacı öncelikle net olmalıdır. Yani yapılacak aydınlatmanın neye hizmet edeceği ya da nasıl bir ortam oluşturulmak istendiği kesinlikle anlaşılır ve bilinir olmalıdır. Amacı bilinen bir aydınlatma tasarımında, söz konusu amaç doğrultusunda uygun aydınlatma düzeyi tespiti yapılmalıdır. Tüm bu veriler doğrultusunda etkinlik faktörü (lümen/watt) yüksek ışık kaynakları seçilerek söz konusu aydınlatma tasarımı gerçekleştirilmelidir. Armatür seçimi de çok önemli olup, ortamlarda en uygun ışık dağılımını veren armatürler seçilmelidir. Son olarak da, ortam amacına uygun olarak yapılacak bir otomasyon sistemi ile hem ortamdaki insanlara arzulanan konfor koşullarını seçme imkânı sağlanmalı hem de enerji tasarrufu gerçekleştirilmelidir. Tüm bu kriterler doğrultusunda tasarlanan aydınlatma sistemleri ile yüksek konforlu ortamlar tesis edilebilir ve insanların psikolojik olarak olumlu etkilenmeleri sağlanabilir (Güney İ., Kocabey, S., Oğuz, Y., 2002).

Ortamlarda, aydınlatma ve renk sıcaklığı kavramları insanların üzerindeki psikolojik etkilerinin de değerlendirilmesiyle yüksek önem kazanmaktadır. Bu kavramların iyi özümsemlenip en uygun tasarımların elde edilmesi, gerek psikolojik etkiler gerek enerji tasarrufu gerekse de verimlilik açısından faydalı olacaktır.

Aydınlatılan ortamlarda otomasyon sistemlerinin bulunması ve insanlara ortamın kontrolünü yapma imkânının verilmesi de, insanlar için kolaylık olacağı gibi istenilen konfor koşullarına hızlıca erişmeyi sağlar. Yapılan otomasyon sistemlerinde, gün ışığından da faydalanmanın gerekli olduğu ve bu gereksinimin enerji tasarrufunda çok etkili olacağı açıktır.

2.5. Uygulamada Kullanılan Materyaller

Bu tez çalışmasında, analog gerilim değerlerinin sayısal verilere dönüştürülmesi ve sayısal veri girişlerinin oluşturulması için mikrodnetleyici; ışık kaynaklarının otomatik kontrolü için de PLC kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan materyallere ait özellikler ilerleyen alt başlıklar içerisinde verilmiştir.

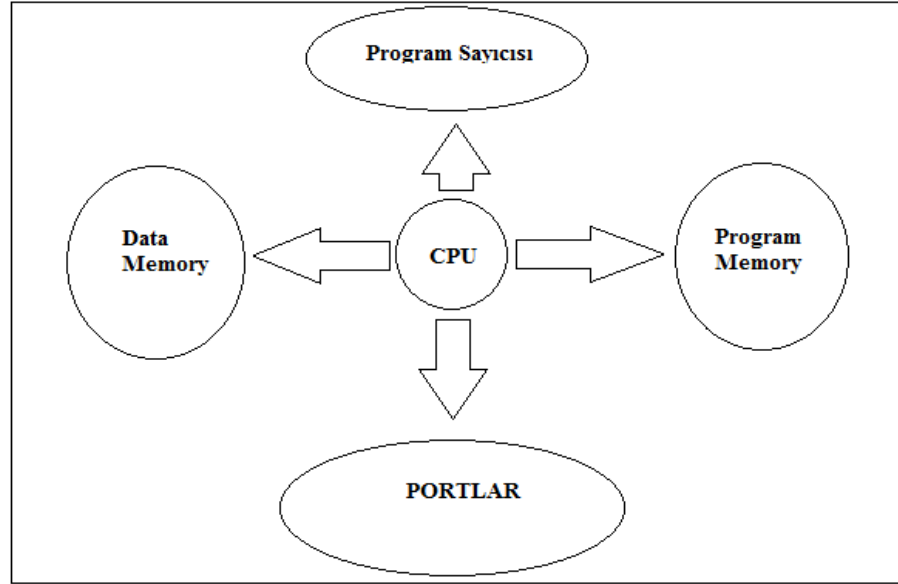
2.5.1. Mikrodnetleyiciler

Mikrodnetleyiciler, belli giriş bilgilerini, bir program dâhilinde işleyen ve kullanıcıya yararlı çıkışlar haline dönüştüren basit tip bilgisayarlardır. Tanımdan da anlaşıldığı üzere, içyapısında giriş ünitesi, işlemci ünitesi ve çıkış ünitesi mevcuttur. Genel olarak, giriş ünitesine gelen sayısal girişler, işlemci ünitesinde işlenirler. Bu işleme, daha öncesinde yüklenen ve programcı tarafından hazırlanan bir program vasıtası ile olur. İşlemci tarafından işlenen girişler çıkış ünitesinde sayısal çıkışlar oluştururlar. Bu sayısal çıkışlar, bağlı oldukları çıkış gereçlerinin, belli bir düzen ya da algoritma içinde çalışmasını sağlarlar. Örneğin, çıkış gereci bir ışık kaynağı ise, bağlı olduğu çıkışın “lojik1” olması durumunda yanar, aksi durumda da söner. Diğer çıkış gereçleri de bu mantıkla çalışır (Anonim9).

Günümüzde pek çok firma tarafından üretilen çeşitli tiplerde mikrodnetleyiciler vardır. Mikrodnetleyiciler, genel olarak iki ana mimariye sahiptir. Bu yapılar, CISC (Complex Instruction Set Computer) ve RISC (Reduced Instruction Set Computer) olarak adlandırılırlar.

Tüm mikrodnetleyiciler, yapı olarak farklı giriş-çıkış sayısına ve farklı program özelliklerine sahip olabilirler fakat tamamında programlama mantığı aynıdır. Basit bir mikrodnetleyicide olması gereken bazı yapısal özellikler vardır. Aşağıda bir PIC Mikrodnetleyicinin kabaca iç yapısı blok şema olarak gösterilmiştir. Temelde CPU (Central Process Unit) olarak tabir edilen ana işlemci ünitesi mutlaka olmak zorundadır. Ayrıca, işlemci ünitesinin sürekli temas halinde olduğu, program sayıcısı, giriş çıkış portları, program ve veri hafızaları mevcuttur. Mikrodnetleyici içinde bulunan bu bileşenler, bir düzen içinde çalışarak kullanıcı tarafından yüklenen programı komutlar

halinde işlerler. Şekil 2.7’de bir mikrodnetleyicinin iç yapısı blok diyagram olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Basit bir mikrodnetleyici şematik yapısı (Anonim9).

2.5.1.1. Bellekler ve çeşitleri

Mikrodnetleyici iç yapısında mevcut bileşenlerden olan bellekler, yazılan programın ve verilerin kayıt edildiği hafıza birimleridir. Bellekler kendi aralarında çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Temelde, fiziksel yapılarına göre ve veri saklama şekillerine göre bellekler vardır.

Bellekler fiziksel yapılarına göre sınıflandırıldıklarında; elektronik (ROM, RAM, FLASH vs.), elektromanyetik (disket, sabit disk vs.), mekanik (delikli kart vs.) ve optik (CD-ROM, DVD-ROM vs.) gibi alt belleklere ayrılırlar. Veri saklama şekillerine göre de; RAM (Random Access Memory), ROM (Read Only Memory), EEPROM (Electically Erasable Programmable ROM) ve FLASH olmak üzere alt gruplarda sınıflandırılırlar (Anonim9).

2.5.1.2. Mikrodnetleyicide yazım dili

Mikrodnetleyicilerde kullanılan yazılım dilleri değişkenlik göstermektedir. “Assembly”, “C”, “Basic” programlama dilleri, mikrodnetleyici programlamada en

çok tercih edilenlerdendir. Her programlama dilinin kendine has bir söz dizimi (syntax) vardır.

Programlama, uygun bir dille herhangi bir editör ortamında yapılır. Daha sonra uygun bir derleyici ile derlenen program, makine diline çevrilmiş olur. Makine dili sadece “1” ve “0” rakamlarından oluşmaktadır.

2.5.1.3. Sayıların tipi

Mikrodenetleyicilerde, program yazımında kullanılan veriler üç ana tipte toplanmaktadır. Bunlar, binary (ikili), decimal (onlu) ve hexadecimal (on altılı) formda bulunan verilerdir.

Binary tip veriler, sadece “0” ve “1” değerlerinden ibarettir. Decimal tip veriler, “0-9” arası rakamları kapsar. Hexadecimal formdaki veriler ise; “0-9” arası rakamlardan başka “A-F” arası harfleri de kapsar. “A-F” arası harfler sırası ile “10-15” arası sayıları temsil etmektedir.

2.5.1.4. Komutların yazılış biçimi

Mikrodenetleyiciler için yazılan programlar çok farklı çeşitlerde olabilmektedir. Bu çeşitlilik, derleyici yapısına göre değişmektedir. Günümüzde kullanılan pek çok programlama dili vardır. “C”, “BASIC”, “ASSEMBLY” bunlardan en çok tercih edilenlerdendir. Bu çalışmada “ASSEMBLY” tercih edilmiştir.

PIC mikrodenetleyicilerde genellikle “MPASM” adı verilen derleyici programı tercih edilir. Bir programın yazıldıktan sonra işlevsellik kazanabilmesi için mutlaka derlenmesi gerekmektedir. Önce bir editör ortamında program yazımı sağlanır. Bunun için herhangi bir editör kullanılabilir. Burada yazılan program dosyası, daha sonra bir derleyici programı ile derlenir. Derleme sonucunda artık mikrodenetleyiciye yükleme yapılacak program kodu elde edilir. Bu koda, makine kodu da denilmektedir. Mikrodenetleyicilere bir emülatör vasıtası ile yükleme yapılan kod, makine kodudur. Makine kodu, sadece binary formdaki verilerin bir araya gelmesi ile oluşan bir koddur.

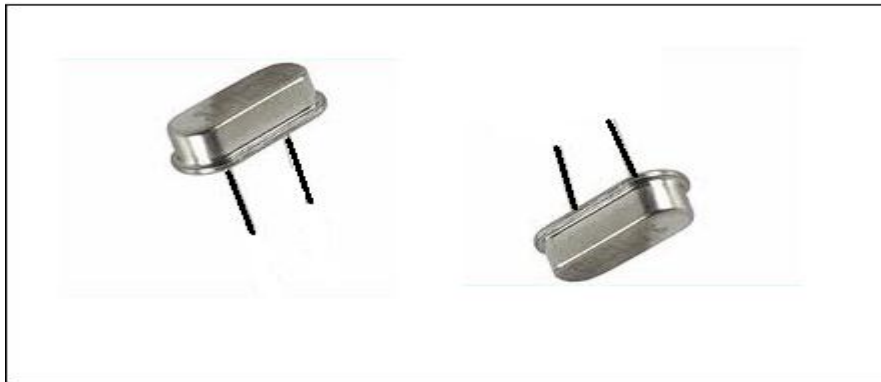
2.5.1.5. PIC Mikrodenetleyicilerde makine dili komutları

PIC mikrodenetleyicilerde kullanılan “MPASM” derleyici programında, editör ve derleyici bir arada bulunmaktadır. Harici bir editöre gerek yoktur. Bu derleyici için “Assembly” komutları geçerlidir. Bu komutlar belli kurallar çerçevesinde yazılmaktadır. PIC Mikrodenetleyicilerde editör ortamında yazılan komutlar genelde İngilizce karşılıklarının kısaltmalarından oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan komutlar ekler kısmında yer almaktadır (Anonim9).

2.5.1.6. Besleme gerilimi ve osilatör

PIC mikrodenetleyicilerde besleme gerilimi genelde 5 Volt DC gerilim olarak kabul edilmektedir. Bazı mikrodenetleyici tiplerine göre bu gerilim zaman zaman farklılık gösterebilmektedir. Her üretici firma, kendi ürettiği mikrodenetleyici için bu gerilimi belirleyip ve piyasaya sürmektedir. Bazı mikrodenetleyicilerde uygun olan bir besleme gerilimi bazıları için uygun olmayabilir.

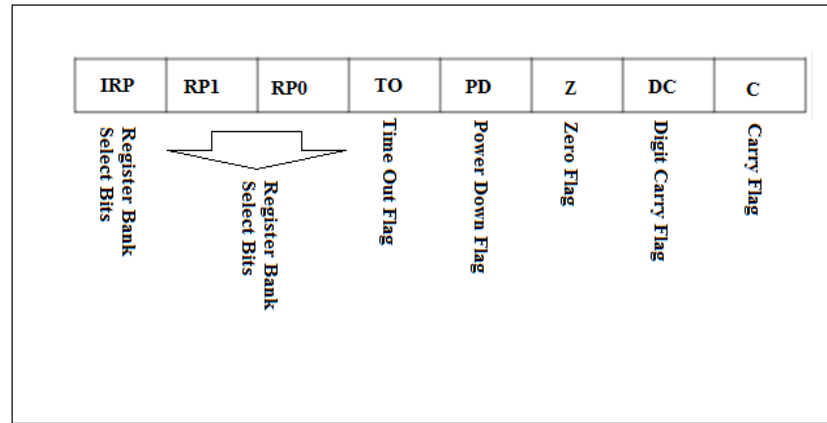
PIC mikrodenetleyicilerde, kullanılan farklı tip osilatörler mevcuttur. Kristal osilatör genelde en çok tercih edilen tiplerdendir. Mikrodenetleyici osilatör uçlarına bağlanan kristal osilatör, işlemcinin yüklenen programı çalıştırma hızını belirler. Mikrodenetleyici programına uygun olarak osilatör tipi ve hızı tayin edilmelidir. Aksi halde, hız uyumsuzluğundan dolayı programın çalışmasında sorunlar yaşanabilir. PIC 16F877 mikredenetleyicisinde osilatör bağlantı uçları 13. ve 14. uçlardır. Şekil 2.8’de kristal osilatörün fiziksel gösterimi mevcuttur (Anonim9).



Şekil 2.8. Kristal osilatör (Anonim10).

2.5.1.7. Yazmaçlar (registers)

PIC Mikrodenetleyicilerde yazmaçlar, veri kayıtlarının yapıldığı, saklandığı özel hafıza yapıları olup RAM (Read Only Memory) bellek içerisinde yer almaktadır. “W” yazmacı akümülatör görevi görmektedir. PIC mikrodenetleyicilerde, özel amaçlar için kullanılan bazı yazmaçlar vardır. Bu yazmaçların başında “Durum Yazmacı” gelir. Şekil 2.9’da durum yazmacının içeriği verilmiştir.



Şekil 2.9. Durum (Status) yazmacı (Anonim9).

Durum yazmacındaki her bir bayrak bitinin ayrı görevi bulunmaktadır. Örneğin, “C” biti elde biti olup, program akışına göre verilerde taşma olup olmaması durumlarına göre lojik konumunu değiştirir. Aynı şekilde “Z” biti, sıfır bitidir ve herhangi bir işlem sonucu sıfır çıkıyorsa etkilenir.

Her bir bit, programda meydana gelen özel değişimlerden etkilenir ve programcıya yazma kolaylığı sağlarken aynı zamanda programda olması gereken düzenlemelerin yapılmasına imkân sağlar.

2.5.1.8. I/O portları (giriş-çıkış portları)

PIC mikrodenetleyicilerde, mikrodenetleyici çeşidine göre değişik bit sayısına sahip giriş-çıkış portları bulunmaktadır. Bu portlar; “PORTA”, “PORTB”, “PORTC” gibi adlandırılmaktadır. Örneğin PIC 16F877 mikrodenetleyici de; PORTA, PORTB, PORTC, PORTD ve PORTE olarak tanımlanan giriş-çıkış portları bulunmaktadır. Bu portlar, programlayıcının isteğine göre giriş ya da çıkış olarak tanımlanabilmektedir. Bu

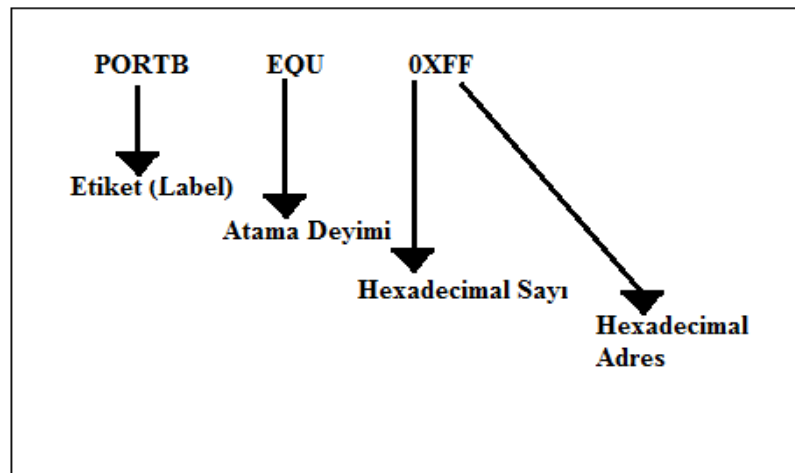
tanımlama, “TRIS” komutu ile yapılmaktadır. Bu komut ile tüm portlar giriş ya da çıkış olarak tanımlanabilmektedir. Bunun yanı sıra, aynı port içindeki bazı bitlerin giriş bazılarının ise çıkış olarak da tanımlanmaları mümkündür.

2.5.1.9. Program bölümleri

PIC mikrodenetleyicilerde, assembly programının yazılması belli kurallar çerçevesinde olmalıdır. Program, kabaca dört ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; başlık bölümü, atama bölümü, program bölümü ve sonuç bölümüdür.

Genel olarak, başlık bölümünde tasarımda hangi cins mikrodenetleyici kullanılacak ise listelenmiş olur. Yani kullanılan mikrodenetleyicinin tanımlandığı bölüm, bu bölümdür.

Atama bölümünde, atama deyimi ile atamalar gerçekleştirilmektedir. “EQU” olarak tanımlanmaktadır. “EQU” deyimi, PIC Mikrodenetleyicinin belleğindeki bir heksadesimal (on altılı) adresi, belirlenen bir etikete atamak için kullanılır. Herhangi bir adresin özel bir etikete tanımlanması, program kolaylığı sağlayacaktır. Programın ilerleyen satırlarında, sadece tanımlanan etiketin yazılması yeterli olacaktır. Program bölümü ise, programın yazıldığı ana bölümdür. Programın hangi adresten başlayacağı, hangi portların giriş ya da çıkış olarak seçileceği ve programın tüm diğer komutları bu bölümde yer almaktadır. Şekil 2.10’da komutlarla etiket atama örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.10. Etiket atama örneği (Anonim9).

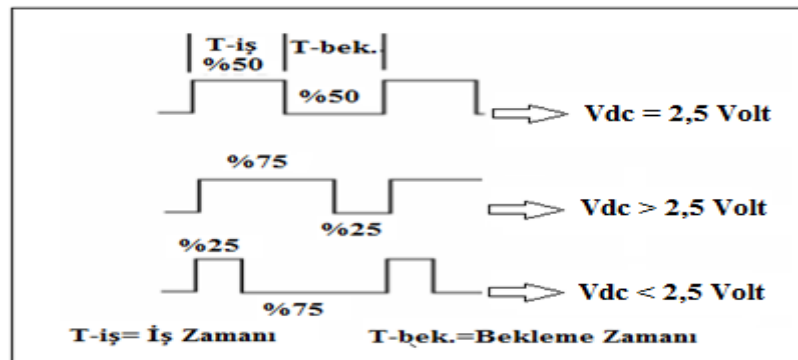
Programın sonu geldiğinde, artık bitirilmek istendiğinde “END” komutu kullanılır. “END” komutu ile programın sonlanması sağlanır. Eğer herhangi bir programın sonunda sonlandırma komutu bulunmaz ise o program hata verir ve çalışmaz. Derleyici sonlandırma yapılmamış programın derlemesini yapmaz.

2.5.1.10. Tmr0 sayıcısı (zamanlayıcısı)

TMR0 sayıcısı ya da zamanlayıcısı, saymaya istenilen bir sayıdan başlayabilen ve istenilen anda da içeriği silinebilen ayrıca bellek içerisinde muhafaza edilen özel bir kayıttır. Programın çalışma esnasında herhangi bir kesme gelse bile saymaya devam eder (Anonim9).

2.5.1.11. Sayısal analog çevirici

Genel olarak, PWM (Darbe genişlik modülasyonu) yöntemi ile sayısal analog çevirici yapmak mümkündür. Aşağıdaki şekilde bir kare dalga sinyalin, üç farklı “lojik 1” ve “lojik 0” süreleri için, voltmetrede ölçüm değerleri görülmektedir. Şekil 2.11’de PWM sinyali görülmektedir.

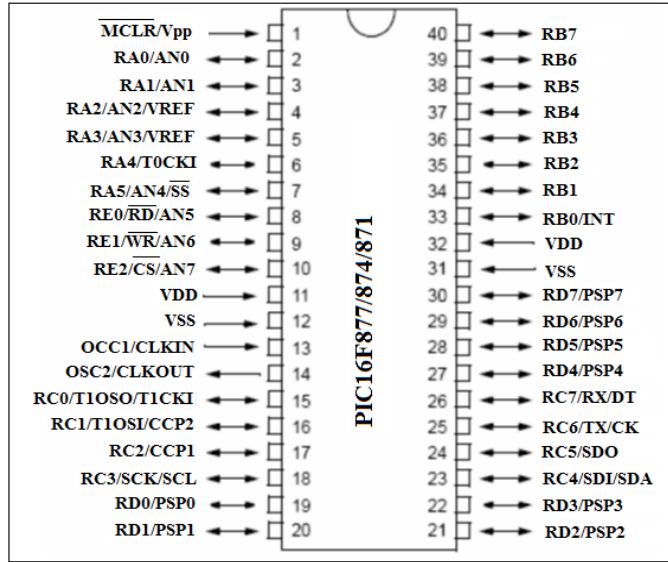


Şekil 2.11. PWM sinyali (Anonim9).

2.5.1.12. Analog sayısal çevirici

Mikrodenetleyicilerde, analog-sayısal dönüşümü için genelde PIC 16F877 ya da PIC16F877A kullanılır. PIC 16F877 mikrodenetleyici entegresinde, analog giriş için A portunda beş, E portunda üç pin kullanır. Yani sekiz kanallı ADC olarak kullanılabilir. Analog veriler olarak; sıcaklık, ses, ışık sensörleri veya potansiyometrelerden alınacak analog sinyaller kullanılabilir. Çevrim sonucu 10 bitliktir.

Analog-sayısal dönüşümü için en uygun mikrodeneleyici tipi 16F877'dir. Çünkü çok sayıda giriş ve çıkışa sahiptir. Çevrim sonucu oluşan 10 bit oldukça hassastır. Analog girişteki fiziksel büyüklükte oluşabilecek çok küçük değişimleri dahi çevrim sonucuna yansıtabilmektedir.



Şekil 2.12. PIC16F877 uç diyagramı (Anonim1).

Şekil 2.12’de, PIC 16F877’nin pin diyagramı mevcuttur. PIC 16F877 ile tasarlanacak bir analog-sayısal dönüştürme devresinde mikrodeneleyici, kendi dahili osilatörünü kullanır. Analog sayısal dönüştürme işlemi sırasında, dört adet ayrı kayıtçı kullanılmaktadır. Bunlar; “ADRESH”, “ADRESL”, “ADCON0”, “ADCON1” olarak adlandırılırlar. “ADRESH” ve “ADRESL” kayıtçıları, analog sayısal dönüşüm esnasında dönüşüm sonucunun üst ve alt bayt adreslerini tutarlar. “ADCON0”, dönüşüm işlemini kontrol etmede, “ADCON1” ise port pinlerinin ayarlanmasında kullanılan kayıtçılarıdır (Anonim9).

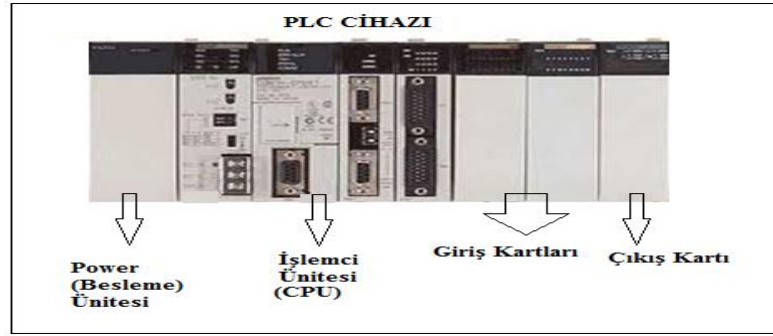
2.6. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC-Programmable Logical Controller)

Programlanabilen lojik kontrolör ya da programlanabilir mantık denetleyicisi olarak açılımı yapılan PLC, çalışma mantığı olarak mikrodeneleyicilerle aynıdır. Modüler yapıda olan programlanabilir mantık denetleyicileri; güç (besleme) ünitesi, işlemci (CPU) ünitesi, giriş ünitesi ve çıkış ünitesinden oluşmaktadır.

İşlemci ünitesinde bulunan haberleşme portları sayesinde bilgisayar ile haberleşme, program yükleme ve yüklü programı çekme gibi işlemler yapılabilir. PLC programı özel bir yazılımla bilgisayar üzerinden tamamlanır. Mikrodenetleyiciler için yapılan programlamada olduğu gibi, öncelikle yüklenecek program hazırlanır. Daha sonra işlemci haberleşme portu üzerinden programın hazırlandığı bilgisayar ile PLC arasında haberleşme sağlanır. Daha sonra, hazırlanan program söz konusu PLC cihazına yüklenir.

PLC'nin çalışmasında üç ana mod vardır. Bu modlar sırasıyla; program modu, monitör mod ve run (çalışma) modudur. Program modunda, programda değişiklikler yapılabilir. Yapılan değişiklikler, program modda iken PLC cihazına yüklenebilir. Monitör ve run modları ise programın çalıştığı modlardır. Yani bu modlarda çıkış ünitesindeki çıkış bitleri programın içeriğine göre “on/off” konumlarını değiştirebilirler. Monitör ve run modlarında, konum değişiklikleri ayrıca bilgisayar üzerinden de takip edilebilir.

PLC; sonuç itibarı ile sanal röleler vasıtası ile eski röleli kontrol sistemlerine göre daha ileri düzey bir kontrol gerektirir. Eski röleli kontrol sistemlerde, her bir röle fiziksel olarak mevcut olup, röle bağlantıları kablolar vasıtası ile yapılmaktadır. Bu durum, hem görüntü kirliliğine neden olmakta hem de herhangi bir arıza durumunda müdahale güçleşmektedir. PLC kontrol sisteminde, tüm bağlantı ve röleler sanal olarak program üzerinden yapılmakta ve tamamen sanal olduğu için ortada fiziksel olarak röle ya da kablo bulunmamaktadır. PLC bağlantısı sadece, giriş ve çıkış ünitesi üzerinde mevcuttur. Her bir bite bağlanan kablolar, giriş ve çıkış gereçleri ile irtibatı sağlamaktadır. Günümüzde farklı firmalar tarafından üretilen farklı tipte PLC cihazları mevcuttur. Mitsubishi, Omron, Siemens piyasada en çok kullanılan markalardandır. Her PLC markasının kendine has yazılımı ve programlama dili vardır. Bunlar markaya göre farklılık gösterse de, genel programlama mantığı aynıdır. Şekil 2.13'de, Omron CQM1-H PLC cihazının modüler yapısı görülmektedir.

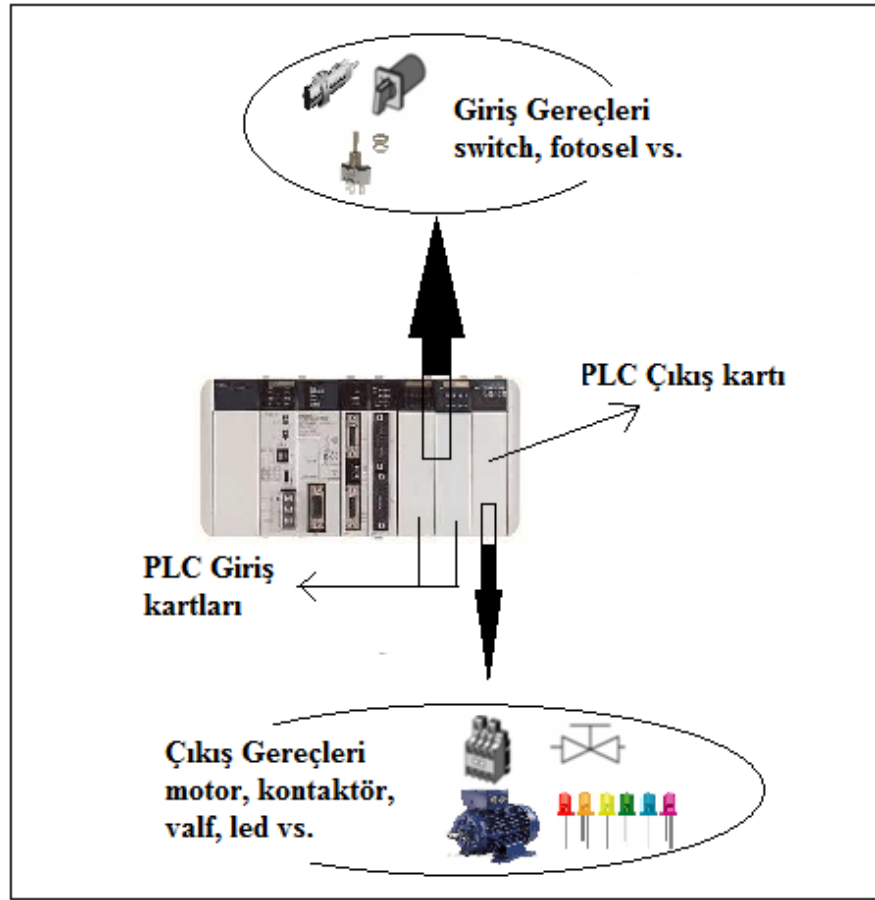


Şekil 2.13. Omron CQM1-H PLC modüler yapısı (Anonim3).

Giriş olarak kullanılan ekipmanlardan (buton, anahtar, sensör, fotosel vs.) gelen giriş sinyalleri, PLC'nin işlemcisine giriş arabirimi aracılığı ile gönderilir. İşlemci (CPU), hafızada kaydedilmiş olan programın içeriğine ve giriş sinyallerine göre, çıkış sinyallerini kontrol eden otomatik kontrol ünitesidir. İşlemcide, programın içeriğine göre işlenen giriş sinyalleri, çıkış gereçlerini kontrol etmek amacıyla çıkış ünitesine yönlendirilir. Çıkış gereçleri olarak; valf, kontaktör, röle, display, lamba vs. sayılabilir.

Çıkış gereçlerinin sürülmesi, çıkış kartları üzerinden yapılmaktadır. Çıkış kartı üzerinde PLC markasına göre değişik sayılarda çıkış bağlantı uçları bulunmaktadır. Örneğin Omron marka CQM1-H modelinde bir PLC, bir çıkış kartında 16 adet çıkış ucuna sahiptir. Her bir çıkış ucu program yazılırken ayrı ayrı tanımlanır. Örneğin, Omron marka PLC'de ilk çıkış kartının ilk çıkış ucu 100.00 iken ikinci çıkış ucu da 100.01 olarak programda tanımlanmaktadır. İkinci çıkış kartında ise aynı çıkışlar 101.00 ve 101.01'dir.

Program yazılımında, 100.00 çıkışının "lojik 1" durumuna geçebilmesi için, programda bu çıkışın önünde bulunan tüm kontakların ya da koşulların devre iletimine mani olmayacak durumda olması gerekir. Örneğin, 100.00 çıkışı için programda 0.00 ve 0.01 açık kontakları bulunuyorsa ve bu kontaklar hangi girişlere (sensör, fotosel, switch vb.) bağlı ise, o girişlerin öncelikle aktif durumda olması gerekmektedir. Bu kontakların birine bir fotosel, diğerine de herhangi bir çıkış kontaktörünün yardımcı kontağı giriş olarak tanımlanmış ve de bu kontaklar birbirlerine seri bir bağlantı ile bağlı ise, 100.00 çıkışının aktif olması için öncelikle söz konusu fotoselin algılama yapması ve bu koşulla birlikte yardımcı kontağı giriş olarak tanımlanan kontaktörün çekmesi gerekmektedir. Şekil 2.14'de, PLC bağlantısı somut olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.14. PLC bağlantısı.

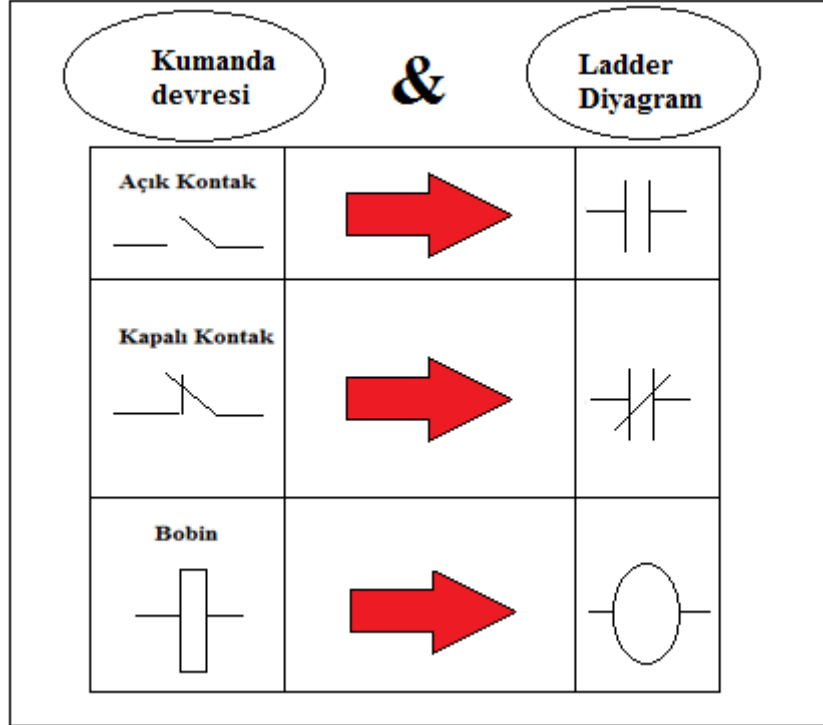
Hafızada kaydedilen program, işlemci (CPU) tarafından okunur. Okunduktan sonra da, programın içeriği kontrol edilir. Programda yazım hatası vs. yok ise, CPU tarafından çalıştırılır.

Hafızadaki tüm program CPU tarafından tamamlandıktan sonra, bu işlem başarılı bir şekilde tekrar edilir ve bitirilir. PLC'nin hafıza kapasitesi, model tipine bağlı olarak değişir. Program kapasitesi de kullanılan PLC'ye göre değişkenlik gösterir.

2.6.1. Ladder diyagramı ile programlama (merdiven diyagramı)

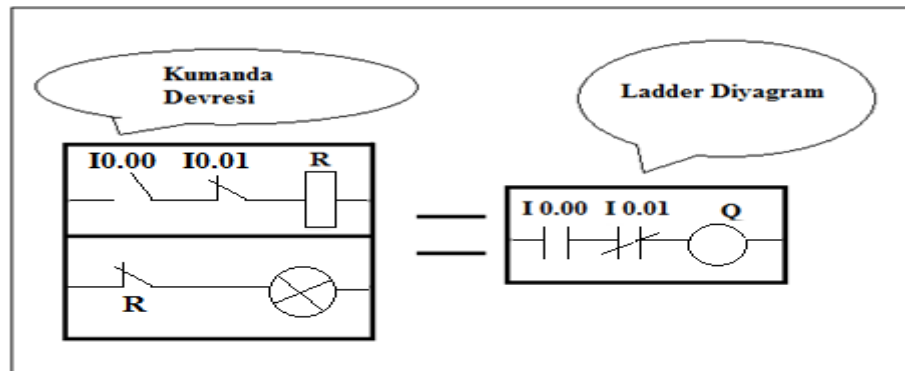
Ladder (merdiven) diyagramı ile yapılan programlama, kontak ve çıkışların kumanda devrelerindeki gibi bilinen elektrik sembolleri ile ifade edilerek paralel ve seri bağlama yapılması suretiyle oluşturulan bir yapıdır. Kumanda devrelerinde alışık olunan sembollerden bazı küçük farklılıklar bulunabilir. Bu farklılıklar PLC markasına ve modeline göre de değişkenlik gösterebilir. Aşağıdaki şekilde, bazı semboller

gösterilmiştir. Şekil 2.15’de kumanda devresi ile ladder diyagram karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 2.15. Ladder diyagram gösterimi.

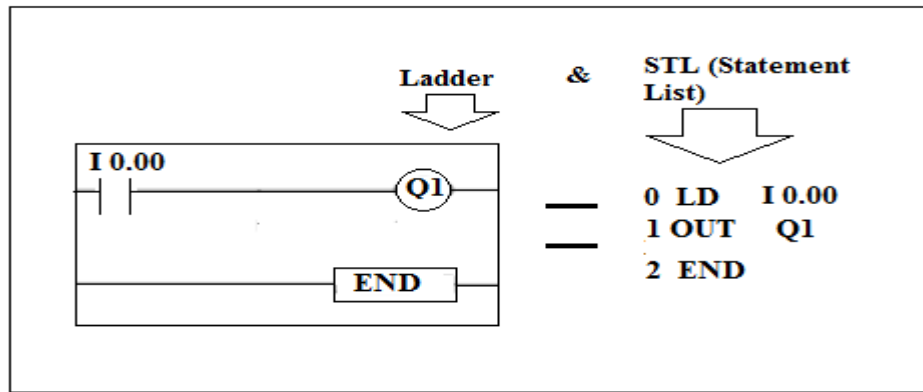
Şekil 2.16’da, basit bir devre gösterilmektedir. Bu devrede, kumanda devresi ile ladder diyagramın karşılaştırılması yapılmıştır. Kumanda devresinde kullanılan tüm kontaklar, ve röleler fiziksel olarak mevcuttur. Ladder diyagramında ise böyle bir durum yoktur. Her şey sanaldır ve bir programın içindedir. Dolayısı ile fiziksel olarak birçok röleden tasarruf sağlanmaktadır.



Şekil 2.16. Kumanda devresi ve ladder diyagram.

Ayrıca, aşağıdaki karşılaştırmada kumanda devresinde bulunan “Q” çıkışının aktif olması için ayrıca “R” rölesinin çektilmesi gerekmektedir. Ladder diyagramda ise bu işlem doğrudan yapılabilir.

Merdiven (ladder) diyagramı, özel programlama dili kullanılarak da açıklanabilir. Programlama dili, programın komut listeleme (statement list ya da STL) yöntemi ile yazılması suretiyle oluşmaktadır. Komutların sıra ve yöntemleri, programın analiz edilmesi açısından önem arz etmektedir. Şekil 2.17’de, ladder diyagramın STL karşılıkları görülmektedir.



Şekil 2.17. Komut listesi ve diyagramı yapıları.

Farklı firmaların her bir mantıksal ifadeyi kendi özel dillerince ifade etme şekilleri değişiklik gösterebilir. Örneğin, Omron firmasının “LD” olarak ifade ettiği ilk satırdaki mantıksal ifade, Sharp firmasınınca “STR” olarak tanımlanmaktadır. Fakat her ne kadar ifade şekillerinde farklılıklar olsa da, mantık ve yapılan işlem aynıdır.

Omron PLC üzerinde çalışan ve programlama yapan bir kullanıcı, sadece dil yapılarını kontrol etmek suretiyle Sharp ya da başka marka PLC cihazları ile de programlamalar yapılabilir.

Her PLC, üretim özelliğine bağlı olarak belli sayıda sanal röleye sahiptir. Bu rölelere PLC iç röleleri de denmektedir. PLC iç rölelerine, belli veriler yüklenebilir ve kontrol ettirilebilir. Aynı otomatik kontrol sistemi, farklı programlarla da elde edilebilir. Çok satırdan oluşan program ile yapılan bir kontrol sistemi, çok daha az satırla da gerçekleştirilebilir.

PLC'ye programın yapıldığı iki önemli yöntem vardır. Birisi, programlama konsolu ile diğeri ise kişisel bilgisayar kullanılmak suretiyle özel yazılım ile yapılan programlamadır. Programlama konsolu ile yapılan programlamalarda, programlayıcının bazı özel arıza durumları için müdahale etmesi, kişisel bilgisayara nazaran daha güç olmaktadır.

Programlama konsolu, komut listesindeki komutları (programlama dili) kullanarak program yazmaya ve PLC'ye yüklemeye yarayan bir gereçtir. Bu eleman, klavye ve gösterge bölümlerine sahiptir. PLC cihazına kablo ya da kendi soketleri ile bağlanma imkânını sağlar. Programlama konsolu üzerinden sadece STL (statement list) türünden komut listeleri görülmekte olup, ladder diyagramına ulaşılamaz. Bu nedenle, programa geniş çaplı müdahale gerektiğinde, başarı şansı daha azdır.

Fakat, tüm komutları ve komut dizilişlerini görmede ve zamanlayıcı, sayıcı ve iç rölelerin değerlerini kontrol etmede büyük kolaylık sağlayan konsol, aynı zamanda pratik bir kullanıma sahiptir. Bu bağlamda değerlendirildiğinde, kişisel bilgisayara göre daha portatif ve kullanışlı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

Programlama konsolunda, ayrıca tek tek program komutlarının yazılması suretiyle, tüm program yazılabilir ve kontrol edilebilir. İstenilen bit durumları görülebilir. Kullanım alışkanlığı kazanıldığı takdirde, programlayıcılar için pratik bir gereçtir.

Kişisel bilgisayar ile yapılan programlamalarda ise programlayıcı, PLC cihazına özel bir program vasıtası ile bağlanabilmekte ve programın çalıştırılması esnasında hangi giriş ve çıkışların “lojik1” ya da “lojik0” değerlerinde olduklarını görebilme imkânını elde etmektedir. Program üzerinde, konum değiştiren giriş ya da çıkışlar, ışıklandırmalar ile kolayca fark edilmektedir. Bu sayede herhangi bir çıkış gereci çalışmadığı zaman, program üzerinde hangi aşamada kaldığı kolayca anlaşılabilmektedir. Şekil 2.18’de laptop ile programlama bağlantısı görülmektedir.



Şekil 2.18. Laptop ile programlama.

Kişisel bilgisayarlarla ya da dizüstü bilgisayarlar (laptop) vasıtasıyla, PLC programı ladder diyagramı ile hazırlanıp, ara kablo ve uygun ara yüz programı sayesinde PLC'ye yüklenebilmektedir. Yükleme sonrasında, programın çalışması izlenebilir. Ayrıca görsel olduğu için arıza bulma veya arızaya müdahale etme, diğer konsol yöntemine göre daha basittir.

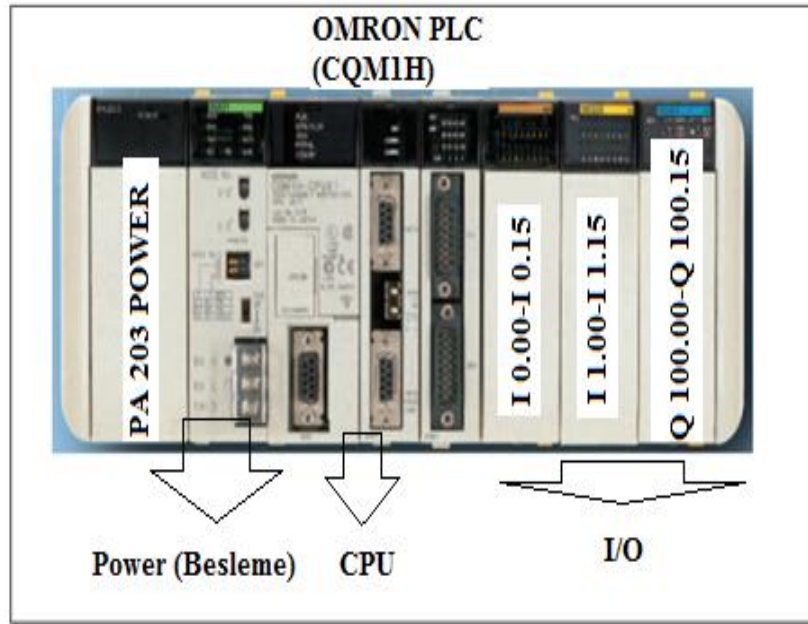
Bu yöntem, PLC'ye program yazmak ve transfer etmek için en çok tercih edilen yöntemdir. Fabrikalarda, programları doğrudan değiştirmek için laptop kullanılmaktadır.

2.6.2. Omron CQM1-H PLC ve özellikleri

Çalışmada kullanılan Omron CQM1-H PLC cihazları, piyasadaki bahsi geçen tüm cihazlarla aynı mantıkta tasarlanmıştır. PA203 güç ünitesi, CPU (Central Process Unit) ünitesi (CPU51 ya da CPU61), giriş kartları ve çıkış kartlarından oluşmaktadır. Güç ünitesi, 220 Volt AC şebeke ile çalışmaktadır. CPU ünitesi, esas işlemci ünitesi olup, girişten alınan sinyallerin çıkışa nasıl gönderilmesi gerektiğini, kullanıcı tarafından yazılan programa göre belirler. Programı belirli bir akış diyagramına göre işler. Üzerinde 1 adet "RS-232" port ile 1 adet de "PERIPHERAL" olarak adlandırılan özel bir port bulunmaktadır. Her iki port da bilgisayar ile haberleşmede kullanılmaktadır.

Giriş kartları, 24 Volt DC sinyallerle enerjilendirilmektedir. "Common (Com)" olarak tanımlanan ortak noktaların, pozitif polarite ile irtibatlanması durumunda,

aktivasyon için girişlere negatif polarite uygulanması gerekmektedir. Bunun tam tersi durum da aynı işlemi ifade etmektedir. Çıkış kartları üzerinde de ortak nokta olarak “common ya da com” noktası bulunmaktadır. Bu kart üzerinde “com” noktasına hangi seviyede gerilim verilirse, çıkışlardan da aynı seviyede gerilim alınmaktadır. Şekil 2.19’da Omron PLC’ye ait detaylar yer almaktadır.



Şekil 2.19. Omron CQM1-H PLC (Anonim3).

2.6.3. Programlama

PLC programının genel ara yüzü oldukça fonksiyoneldir. Program modda ladder diyagramı ile yazılan program, monitör veya run modlarda test edilir. Çalışma esnasında, programın içerisinde yanıp sönen renklendirmeler ile programın hangi aşamada olduğunun tespiti rahatlıkla yapılabilir. Programda, konumu “off” durumdan “on” durumuna geçen kontaklar veya çıkışlar renklenir ve programcı çıkış ve kontakların konumlarını rahatlıkla izleyebilir.

Yazılımda, röle kontakları ve iç röleler, ladder diyagramında ve geniş bir ekranda çizilebilmektedir. Program, kullanıcıya geniş programlama seçenekleri sunmaktadır. Yapılan program kontrol edildikten sonra, farklı isimlerde ve istenilen klasörde saklanabilir.

Saklanan programa tekrar giriş yapmak için, program dosyasının açılması yeterlidir. Her bir kontak veya çıkış kullanıcının istediği gibi adlandırılabilir. Bu işlem programda kullanım kolaylığı sağlar. Bit ve byte kontrol komutları kullanılarak program algoritmasına göre kolaylıkla komut yazılımı sağlanabilir.

İç röleler vasıtası ile girişlerden gelen bazı veriler saklanabilir ve bu saklanan veriler arasında program içinde kıyaslamalar yapılabilir. Oldukça geniş aralıkta sanal röleye sahip olan program, kullanıcıya yazılım kolaylığı sağladığı gibi birçok fonksiyonu gerçekleştirme imkânı da sağlar.

3. YAZILIM DESTEKLİ AYDINLATMA KALİTESİ VE VERİMLİLİK

Bu çalışmada, kaliteli ve verimli aydınlatmanın yazılım destekli olarak sağlanması amaçlanmıştır. Kaliteli aydınlatma için uygun özellikte (renksel geriverimi, renk sıcaklığı, enerji tüketimi ve işlev olarak) seçilen ışık kaynakları, dâhilinde lojik diyagram ve akış şemalarına göre otomatik olarak kumanda edilmiş olup; aynı zamanda gün ışığından da faydalanılarak verimli aydınlatma tasarımı elde edilmiştir.

3.1. Aydınlatma Kalitesi

Aydınlatma ve renk sıcaklığı projelerinde, kaliteli aydınlatma kavramı önem taşımaktadır. Kaliteli aydınlatma için; aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının özellikleri, aydınlatma yapılacak ortam şartları, gün ışığından yararlanma faktörü, renk geriverim endeksi ve renk sıcaklığı gibi faktörler çok önemlidir.

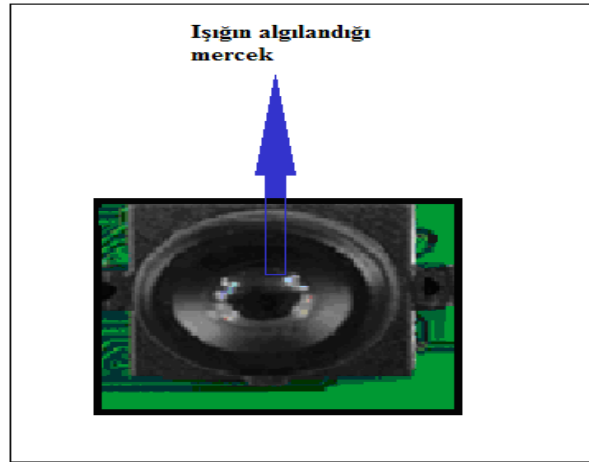
Bu çalışmada, ışığın algılanıp sayısal bir veriye dönüştürülmesi, bu verinin ortam için istenen verilerle kıyaslanması ve bu kıyaslama sonucuna göre en uygun ışık kaynaklarının devreye alınması sağlanmıştır. Işığın algılanması için özel tip sensör kullanılmıştır. Bu sensör, algılama yapacağı ışığın renk ve aydınlık düzeyi bileşenlerini ürettiği gerilim değerinde toplamaktadır. Diğer bir deyişle, hem aydınlık düzeyi hem de renk algılaması yapmakta ve her ikisinin toplamını gerilim formunda analog bir değere atamaktadır.

3.1.1. Colour light sensor (renkli ışık sensörü) yapısı ve özellikleri

Özel bir sensör olan renli ışık sensörü, renkli ışığı analog sinyale dönüştürebilen bir yapıda olup, çıkışında DC formda gerilim üretmektedir. Çalışma prensibi genel olarak kırmızı, yeşil ve mavi olarak nitelendirilen üç temel rengin (RGB) algılanmasına dayanmaktadır. Bu renklerden birinin algılanması ile herhangi bir rengin gerilim çıkışını çözebilmektedir. Aynı zamanda, ışık şiddeti seviyesine göre de çıkış gerilimini değiştirebilmekte ve ortamdaki ışığın şiddet ve rengine göre toplam bir çıkış değeri üretmektedir.

Eğer renk filtrelemesi yapılmak istenirse sensör, filtreleme yapılan rengin ışığını algılayacak ve o rengi gördüğünde gerilim çıkışı verecektir.

RGB (red-green-blue) olarak üç rengin (kırmızı-yeşil-mavi) genel ışık yoğunluğunun bilinmesi, herhangi bir renkte olan ışığın hangi renkte olabileceğine dair ipuçları vermektedir. Sonuç olarak sensör, algıladığı ışık şiddeti ve rengine göre sıfır ile referans gerilimi aralığında çıkışlar üretmektedir. Şekil 3.1’de tez uygulaması için seçilen ve kullanılan sensör görülmektedir.



Şekil 3.1. Renkli ışık sensörü (Anonim5).

Uygulamada, tavanına led (light emitting diode) ışık kaynaklarının rastgele yerleştirildiği bir maket hazırlanmıştır. Maketin yan tarafları cam ile kaplanmış olup, tabanında uygun bir noktaya renk sensörü yerleştirilmiştir. Şekil 3.2’de renk sensörüne ait katalog bilgileri bulunmaktadır.

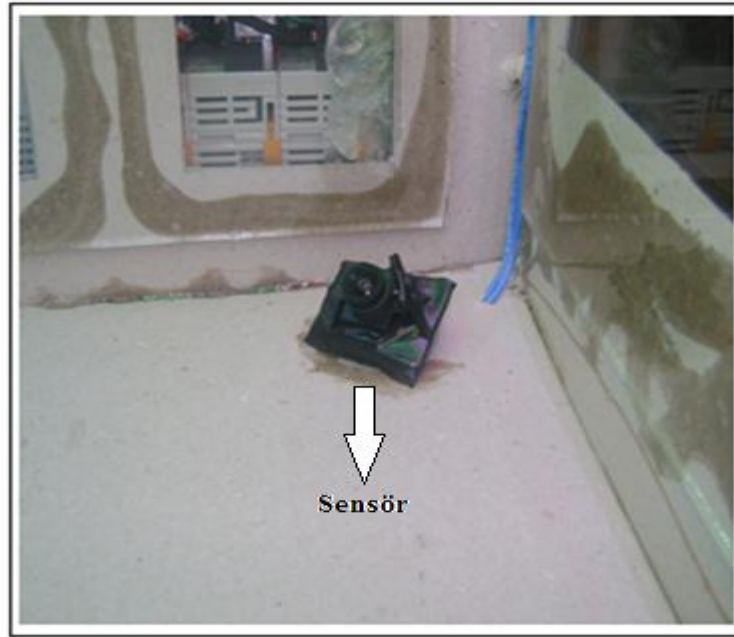
COLOR CHARACTERISTICS				
Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit.
Color measuring range	350	/	750	nm
Luminance range	100	/	/	lux
Response time	/	500	/	ms
Digital Interface I/O Electrical Characteristics : Vin=3.3V to 5.0V				
DIGITAL INTERFACE CHARACTERISTICS				
Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
Input low voltage	/	/	0.2Vin	V
Input high voltage	0.8Vin	/	/	V
Output low voltage	/	/	0.6	V
Output high voltage	Vin – 0.9	/	/	V

Şekil 3.2. Renk sensörü katalog bilgileri (Anonim 5).

Şekil 3.2'deki şekilde de görüldüğü üzere, sensör 350 nm ile 750 nm dalga boyu aralığındaki renkler ile 100 Lx'ün üzerindeki aydınlatma şiddetine sahip ışık kaynaklarının ölçümünde kullanılmaktadır. Sensör, çıkışını hem analog hem de sayısal olarak üretebilme özelliğine sahiptir. Bu tez çalışmasında, sensörün ışık ve renk büyüklüklerini toplamsal olarak çıkış gerilimine dönüştürdüğü analog çıkışından yararlanılmıştır.

Sensör çıkışından elde edilen DC Gerilim, PIC16F877A bulunduran 10 bitlik analog-sayısal dönüştürme kartı sayesinde 10 bitlik sayısal veriye dönüştürülmüştür. Böylece, PLC'nin girişinde sensör okuma bitleri oluşturulmuştur. (I0.00-I0.09)

Uygulamada kullanılan 2 adet Analog Sayısal Dönüştürme devresi, PIC Mikrodenetleyiciler ile gerçekleştirilmiştir. Devrelerin biri, sensörden gelen analog gerilim değerini, diğeri ise potansiyometre vasıtası ile girilen set gerilim değerini 10 bitlik sayısal verilere dönüştürmektedir. Şekil 3.3'de sensörün uygulama maketi içindeki konumu görülmektedir.

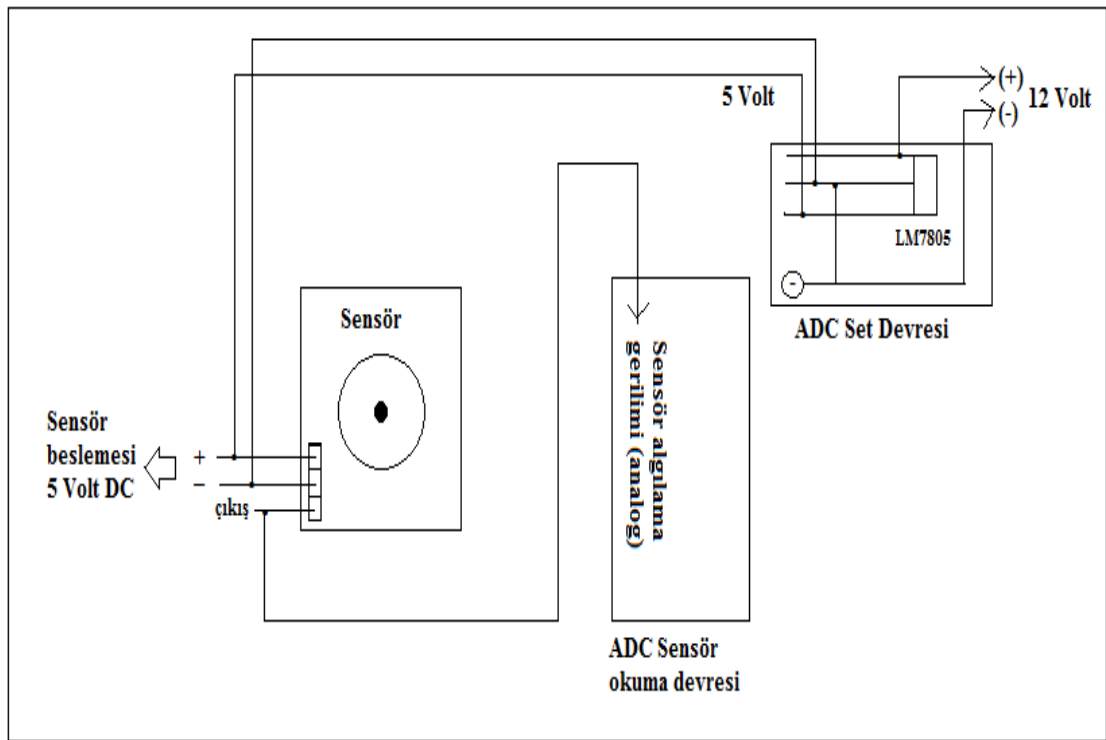


Şekil 3.3. Maket içindeki sensörün konumu.

Uygulamada kullanılan özel tip sensör, renk ve aydınlatma düzeyi bilgilerinin toplamını hesaplamakta ve genel olarak 0 ila 5 Volt DC aralığında bir çıkış vermektedir.

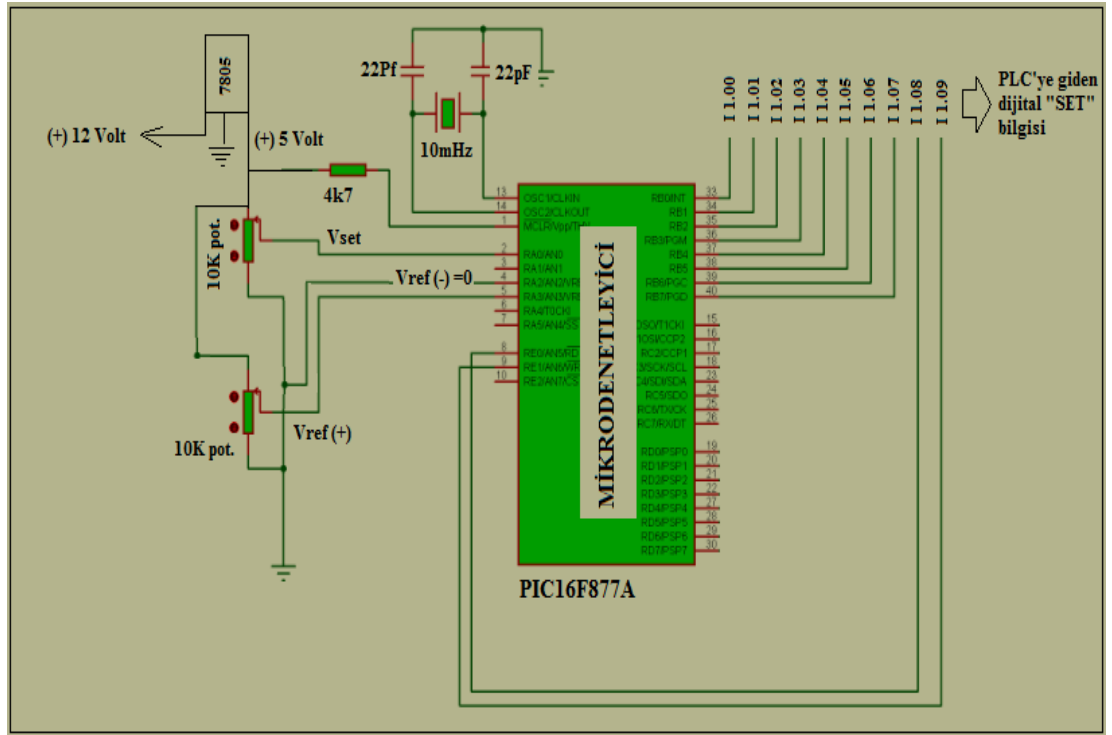
Sensör, maket tabanında en uygun pozisyona (bu pozisyon için verimlilik analizleri yapılmış olup, ilerleyen bölümlerde geniş yer verilmiştir) yerleştirilmiştir.

Sensör besleme gerilimi 5 Volt DC olup, bu gerilim analog-sayısal dönüşümü için tasarlanan PIC mikrodenetleyicili devrelerden alınmış ve sensöre irtibatlandırılmıştır. Sensörde besleme gerilimi uçlarından başka bir çıkış ucu daha bulunmaktadır. Çıkış ucu, sensör okuma devresi olarak hazırlanan kart üzerinde, analog-sayısal dönüşümünün yapılması amacıyla analog girişe bağlanmıştır. Bu sayede, sensörün okumuş olduğu değerler sensör okuma devresinde 10 bitlik sayısal verilere dönüştürülmüş olmaktadır. Şekil 3.4’de bağlantının şekli görülmektedir.



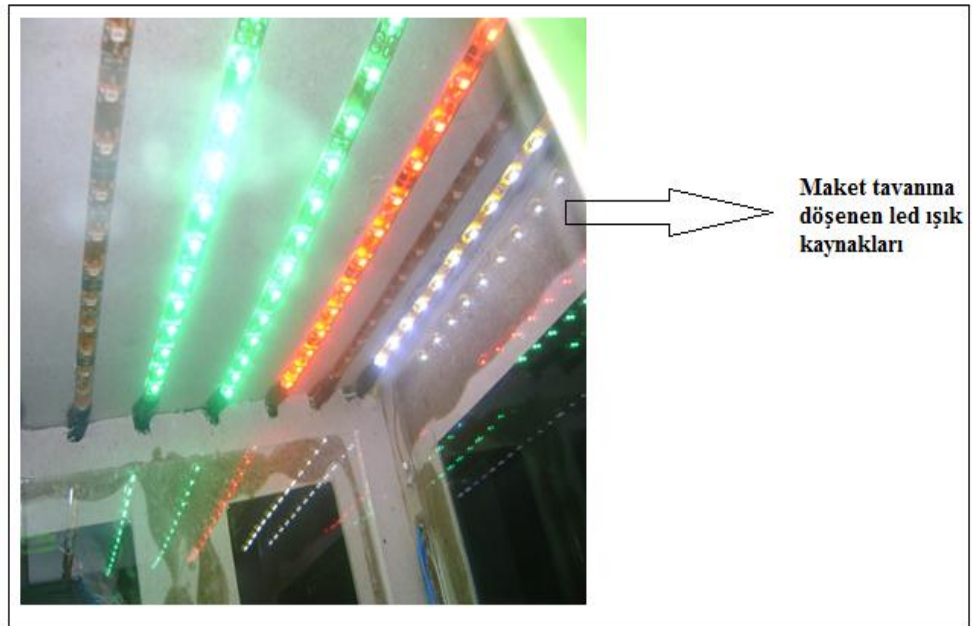
Şekil 3.4. Sensör bağlantı şeması.

Şekil 3.5’de set devresine ait şema bulunmaktadır. Set devresi kartında ise analog gerilim girişi, kart üzerindeki potansiyometre vasıtası ile sağlanmaktadır. Potansiyometre giriş gerilimi ise 9 Volt’luk DC batarya ile sağlanmıştır. Aynı kart üzerinde bir tane daha potansiyometre bulunmaktadır. Bu potansiyometrenin görevi ise, set devresi üzerinde bulunan PIC16F877A entegresinin üst referans gerilimini ayarlamaktır. Şekil 3.6’da ADC set devresinin detayları mevcuttur.



Şekil 3.5. ADC set devresi (Anonim6).

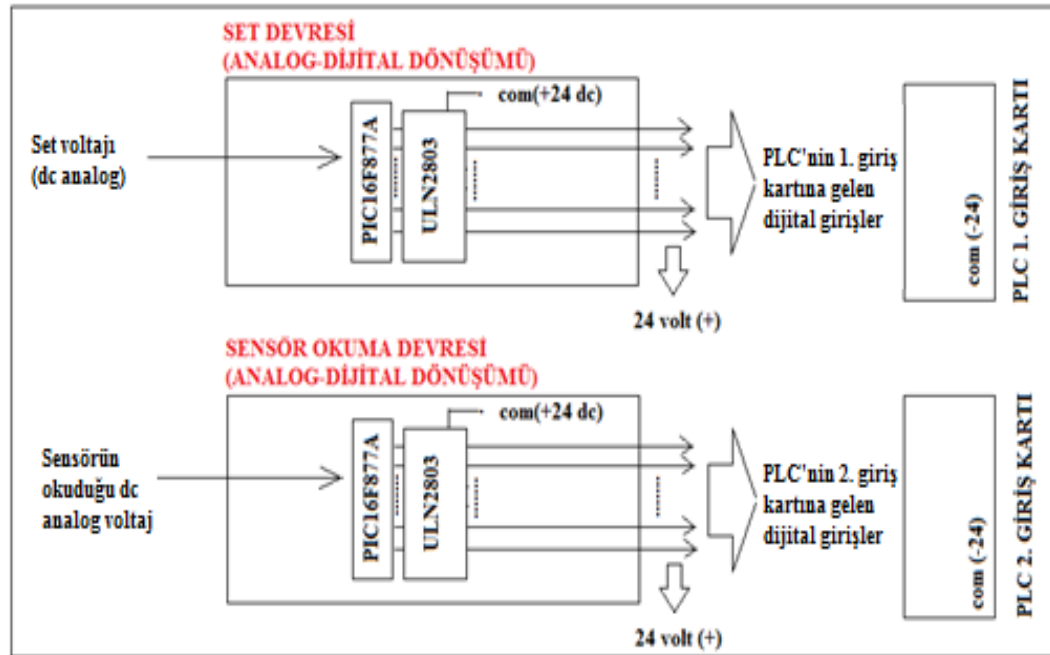
Şekil 3.6'da, maketin tavanına yerleştirilen ışık kaynaklarının bir kısmının enerjilendirilmesi durumu görülmektedir.



Şekil 3.6. Maket içindeki şerit led ışık kaynakları.

3.1.2. Analog-sayısal çevirme devresi tasarımı

Analog-sayısal dönüşümü için gerekli devre, delikli pertinaks üzerine elektronik komponentlerin monte edilmesi ve ilgili mikrodnetleyiciye program yüklenmesi suretiyle hazırlanmıştır. PIC mikrodnetleyici çıkış sayısı yetersiz olduğu için iki ADC için iki farklı on bitlik analog-sayısal dönüşümü yapan devreler yapılmıştır. Devrelerde, PIC-16F877A mikrodnetleyici kullanılmıştır. Mikrodnetleyici için iki adet referans gerilimi tanımlanmıştır. Referans gerilimleri, dönüştürme yapılacak analog gerilimin hangi referans aralığında dönüştürüleceğini belirlemektedir. Dönüştürme sonucu çıkan sayısal veriler, girilen referans aralıkları sınırları içinde kalmaktadır. Alt referans girişi için “0” Volt değerinin sağlanması için ilgili mikrodnetleyici ucu toprakla irtibatlandırılmıştır. Bu sayede, kartların “0” Volt ile üst referans gerilimi aralığında dönüştürme yapmaları sağlanmıştır. Set devresinde, potansiyometre vasıtası ile ortam koşullarına uygun olarak ayar gerilimi set edilir. Hem set devresi hem de sensör okuma devresi için aynı koda sahip aynı tip kartlar yapılmış olup, her iki kart arasında sadece dönüştürme yapılacak gerilimlerin alındığı noktalar farklılık arz etmektedir. Şekil 3.7’de, analog-sayısal dönüştürme devrelerine ait genel şematik bir gösterim yer almaktadır.



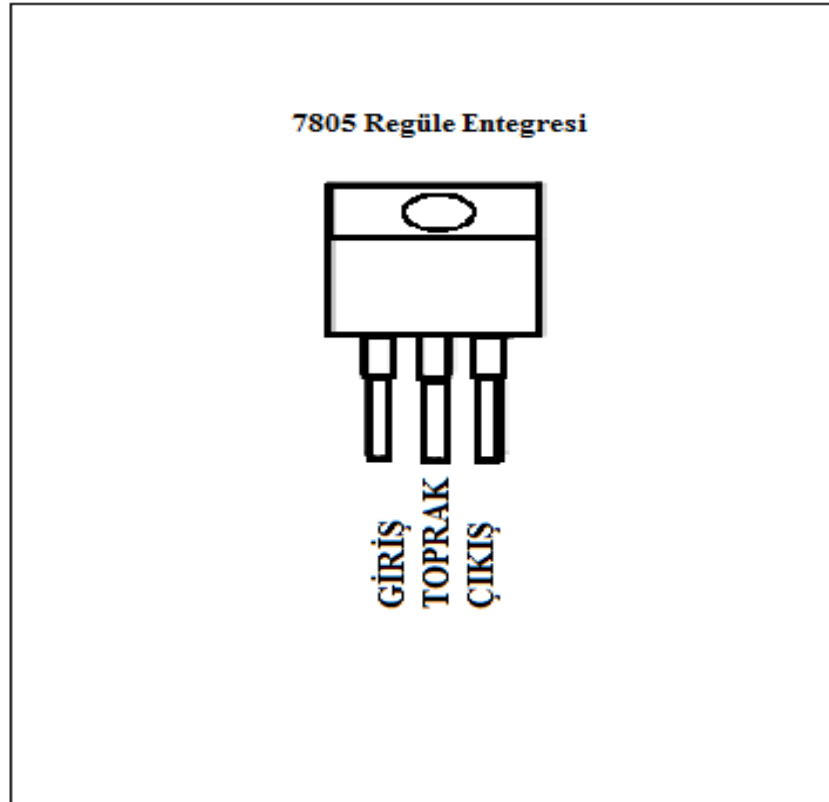
Şekil 3.7. Analog-sayısal çevirme genel şema.

3.1.3. Analog-sayısal çevirme (set devresi)

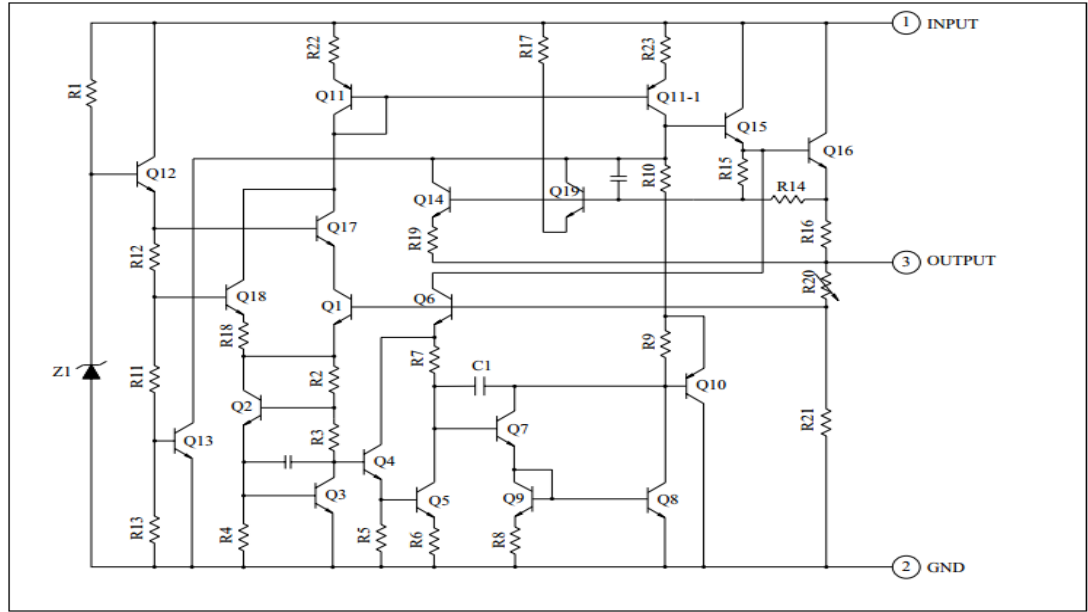
Set devresinde, istenilen set değerin tatbik edileceği bir potansiyometre bulunmaktadır. Bu potansiyometre sayesinde, işlemciye istenilen set değerin sayısal dönüşümü yaptırılmaktadır.

Referans gerilimleri, 0 Volt ve 5 Volt olarak belirlenmiştir. Maket tavanındaki ışık kaynaklarının toplam gerilimi 5 Volt civarında olduğu için, mikrodnetleyicinin 0-5 Volt aralığında çalışması sağlanmıştır. Mikrodnetleyici besleme gerilimi için, 7805 regüle entegresi kullanılmıştır.

Şekil 3.8’de 7805 regüle entegresinin görünümü mevcuttur. Bu entegrenin giriş gerilimi, 5 Volt ila 25 Volt aralığında değişmektedir. Çıkış gerilimi de, girişe bağlı olarak 4 Volt ile 6 Volt arasındadır. Bu tez çalışmasında, kullanılan entegre girişine 12 Volt DC uygulanmıştır. Şekil 3.9’da 7805 regüle entegresinin iç yapısı görülmektedir.



Şekil 3.8. 7805 regüle entegresi.



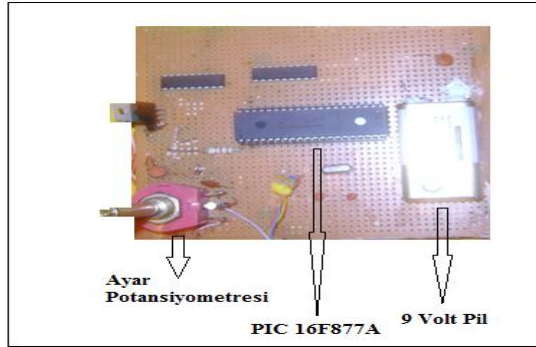
Şekil 3.9. 7805 regüle entegresinin iç yapısı (Anonim8).

Tüm girişler zener diyod (5,1 Volt) koruması altına alınmış olup, mikrodenetleyiciye aşırı gerilim gelmesi ve denetleyicinin zarar görmesi engellenmiştir. Mikrodenetleyiciye giriş olarak sürülmesi gereken referans gerilimlerinden, alt sınır referans gerilimi 0 Volt olduğu için, ilgili giriş noktası toprakla irtibatlandırılmıştır. Çizelge 3.1’de, ADC malzeme listesi görülmektedir.

Çizelge 3.1. ADC devresi malzeme listesi.

Miktar	Birim	Malzeme Adı
2	Adet	10K Potansiyometre
1	Adet	4k7 Direnç
2	Adet	22pF Kondansatör
1	Adet	10Mhz Kristal Osilatör
2	Adet	ULN2803 Entegre
1	Adet	7805 Regüle
1	Adet	11N4007 Diyot
3	Adet	5,1 Volt Zener Diyot
3	Adet	10K Pull-up Direnç
1	Adet	9 Volt Batarya

Üst limit referans gerilimi ile set gerilimi, 9 Volt batarya ile 10K değerinde potansiyometre üzerinden mikrodnetleyiciye giriş olarak uygulanmıştır. Kart beslemesi 12 Volt DC olup, ilgili gerilim bölmeleri 7805 regüle entegresi ile yapılmıştır. Şekil 3.10’da set devresinin fiziksel olarak gerçekleştirilmesi mevcuttur.



Şekil 3.10. Pertinaks üzerine yapılmış set devresi.

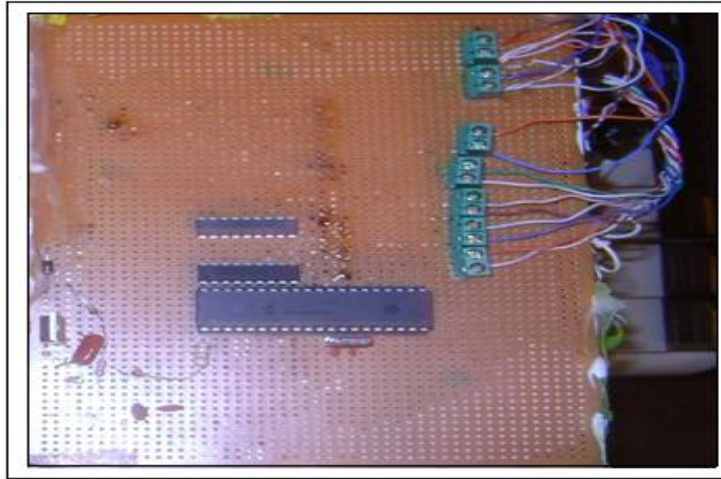
Mikrodnetleyici çıkış portunda “lojik 1” olan (analog 5 Volt) çıkışlar, “ULN2803” entegresi ile 24 Volt DC değerine dönüştürülmektedir. “ULN2803” entegresinin “common ya da com” gerilimi, 24 Volt DC olarak uygulanmış ve bu sayede mikrodnetleyici çıkışında “lojik 1” olan bitlerin, PLC girişine 24 Volt DC olarak gelmeleri sağlanmıştır.

Kristal osilatör frekansı 10Mhz ila 20Mhz aralığında tutulmuştur. Şekil 3.10’da, pertinaks üzerine yapılmış set devresinin fiziksel gösterimi mevcuttur.

3.1.4. Analog-sayısal çevirme (sensör okuma devresi)

Okuma devresinde, sensör tarafından okunan gerilim değerinin sayısal dönüşümü yaptırılmaktadır. Benzer şekilde kart beslemesi 12 Volt DC, referans gerilimi ise 0 Volt ila 5 Volt olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.11’de, sensör okuma devresinin fiziksel olarak tamamlanmış hali mevcuttur. Set devresinde kullanılan “asm” ve “hex” uzantılı kodların aynısı, okuma devresinde de kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Pertinaks üzerindeki okuma devresi.

3.1.5. PLC programlama devresi

PLC programlaması Omron CQM1-H PLC modeli için yapılmıştır. Tüm program, ladder diyagramı ile yazıldıktan sonra “STL” formatındaki formu da elde edilmiştir. Şeki 3.12’de CQM1-H PLC katalog bilgileri yer almaktadır.

CQM1H Temel Özellikler									
Model	Giriş/Çıkış noktası sayısı	Program kapasite. (words)	CPU Ünitesi harici giriş nokta.	EM kapasit. (words)	EM kapasit. (words)	Seri haberleşme portları mimarisi		Dahili Kartlar	Haberleşme Üniteleri
						Peripheral port	RS-232C port		
CQM1H-CPU61	512	15.2 K	DC: 16	6 K	6 K	Dahil	Dahil	Destekliyor	Destekliyor
CQM1H-CPU51		7.2 K		6 K	Yok				
CQM1H-CPU21		3.2 K		3 K				Desteklemiyor	Desteklemiyor
CQM1H-CPU11	256						Hariç		

Şekil 3.12. CQM1-H PLC katalog bilgileri (Anonim3).

Genel olarak program, analog-sayısal dönüşümü yapan kartlardan gelen (set devresi ve okuma devresi) on bitlik sayısal verileri giriş olarak tanımlar. Set devresinden gelen bitler PLC’nin bir giriş kartına irtibatlandırılırken, okuma devresinden gelen bitler de diğer bir giriş kartına gönderilmiştir. Her iki giriş kartına

gelen bu sayısal veriler iç (sanal) PLC kayıt rölelerine kaydedilmiştir. Her iki karttan gelen iki ayrı giriş iki ayrı röle vasıtası ile karşılaştırma algoritmasına dâhil edilmiştir.

Bu işlemlerden önce PLC programında bazı kaydedicilere, makete yerleştirilen ışık kaynaklarının tek tek ve birlikte devreye alınması suretiyle ortamda oluşan renk ve aydınlık düzeyi için toplam gerilim değerleri yazılmıştır. Bu değerler sabit değerler olup, sensörün maket içindeki konumuna ve gün ışığının durumuna göre değişim gösterebilir. Bu ölçümün amacı, ışık kaynaklarının devreye girmeleri ile ne kadarlık bir gerilim değeri oluşturacağını tespit edilmesidir. Tüm gerilim değerleri tek tek alınmış ve PLC hafızasına kaydedilerek adeta bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Bu işlemi kompanzasyon sistemlerindeki reaktif güç kontrol rölesinin; hangi reaktif ihtiyaç için hangi kondansatörleri devreye alacağını bilmesi için, tüm kondansatör kapasitelerinin algılanması adına bir defa çekip bırakmak suretiyle yaptığı taramaya benzetebiliriz. Benzer şekilde kompanzasyon rölesi mantığında olduğu gibi, uygulamamızda da PLC, kompanzasyon rölesi gibi tüm ışık kaynaklarını tarar ve hangi gerilim değeri kapasitelerine sahip olduklarını kaydeder.

PLC, set ve sensör ölçme devrelerinden gelen bilgilerin kıyasını yaptıktan sonra aradaki farkı alır ve hangi giriş değerinin diğerinden skaler olarak büyük olduğunu da bilir. Aradaki fark kadar, hangi ışık kaynağı ya da kaynaklarının devreye alınması ya da devreden çıkarılması gerektiğine karar verir.

Eğer set değeri okuma değerinden büyükse ve bu büyüklük PLC ışık kaynaklarının en küçük gerilim kapasiteli olanın sahip olduğu gerilim değerinden fazla ise, PLC'nin en az bir ışık kaynağını devreye alacağı aşîkârdır. Benzer şekilde, tersini düşündüğümüzde de en az bir ışık kaynağını devreden çıkartacağı kesindir.

PLC bu mantık çerçevesinde, gün ışığından da faydalanarak adeta aydınlatma kompanzasyonu yapar. Ölçüm değerini set değerine mümkün olduğu ölçüde yakın tutmaya çalışır. Fakat bu işlem yapılırken seçilen ışık kaynaklarının yerleştirildiği konum ve verecekleri gerilim kapasiteleri çok önemlidir. PLC çok hassas çalıştığı için sensörden gelen en ufak bir değişimi görür. Bu nedenle bazen kararsızlıklara sebep olabilir. Bu kararsızlığı önlemek için programda, bazı değişiklikler yapılabilir. Bu

değişiklikler temelde filtreleme (salınım sönümlleme) amaçlı olmalıdır. Sensörden gelen okuma gerilimi bazen kararsız olabilir. Tez çalışmasında, kararsızlığı sıfırlamak için mevcut sensör dâhilinde programsal düzenlemeler yapılmış olmasına rağmen sıfırlanamamıştır. Programsal düzenlemede, sensörün ürettiği gerilimler arasını geniş bir aralık değeri olarak tanımlama işlemi yapılmıştır. Gerçek çözüm, daha kararlı çalışabilecek bir sensör kullanmak ve doğru sayıda ve doğru kapasitede ışık kaynakları kullanmaktır.

3.1.6. PLC girişleri

Analog-sayısal dönüştürme devrelerinden gelen 10 bitlik sayısal veriler, PLC cihazına giriş olarak gelmektedir. Sensörün okuma yaptığı “Okuma Devresi” üzerinden gelen 10 bit giriş bilgileri, PLC’nin birinci giriş kartı üzerine irtibatlandırılmaktadır. Çizelge 3.2’de, sensör okuma devresindeki sayısal girişler görülmektedir.

Çizelge 3.2. Sensör okuma devresi 10 bit girişleri.

I 0.00 (PLC 1. giriş kartının ilk ucu)	I 0.05 (PLC 1. giriş kartının altıncı ucu)
I 0.01 (PLC 1. giriş kartının ikinci ucu)	I 0.06 (PLC 1. giriş kartının yedinci ucu)
I 0.02 (PLC 1. giriş kartının üçüncü ucu)	I 0.07 (PLC 1. giriş kartının sekizinci ucu)
I 0.03 (PLC 1. giriş kartının dördüncü ucu)	I 0.08 (PLC 1. giriş kartının dokuzuncu ucu)
I 0.04 (PLC 1. giriş kartının beşinci ucu)	I 0.09 (PLC 1. giriş kartının onuncu ucu)

Şekil 3.13’de, analog-sayısal dönüşümü sonrasında elde edilen sayısal çıkışların, PLC cihazındaki giriş kartlarındaki konumları görülmektedir. I 0.00-I 0.09 arası girişler, PLC’nin ilk giriş kartını temsil etmekte ve sensör okuma devresinden gelen sayısal veri ile irtibatlandırılmaktadır. Benzer şekilde, I 1.00- I 1.09 arası da, PLC cihazının ikinci giriş kartını temsil etmekte olup, set devresinden gelen sayısal verinin uçlandırıldığı girişlerdir.

I 0.00	I 0.01	I 0.02	I 0.03	I 0.04	I 0.05	I 0.06	I 0.07	I 0.08	I 0.09
PLC GİRİŞ KARTI (I 0.00-I 0.09)									
I 1.00	I 1.01	I 1.02	I 1.03	I 1.04	I 1.05	I 1.06	I 1.07	I 1.08	I 1.09
PLC GİRİŞ KARTI (I 1.00-I 1.09)									

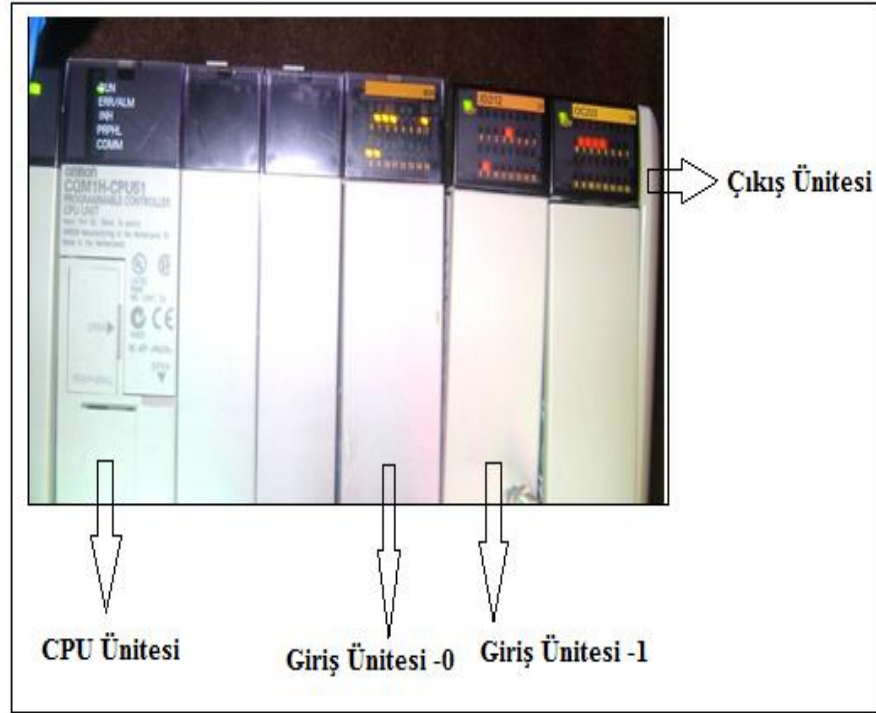
Şekil 3.13. Sayısal çıkışların PLC giriş kartlarındaki konumları.

Aynı şekilde, “Set Devresi” üzerinden gelen diğer 10 bit ise, PLC’nin ikinci giriş kartına Çizelge 3.3’de olduğu gibi irtibatlandırılmaktadır;

Çizelge 3.3. Set devresi 10 bit girişleri.

I 1.00 (PLC 2. giriş kartının ilk ucu)	I 1.05 (PLC 2. giriş kartının altıncı ucu)
I 1.01 (PLC 2. giriş kartının ikinci ucu)	I 1.06 (PLC 2. giriş kartının yedinci ucu)
I 1.02 (PLC 2. giriş kartının üçüncü ucu)	I 1.07 (PLC 2. giriş kartının sekizinci ucu)
I 1.03 (PLC 2. giriş kartının dördüncü ucu)	I 1.08 (PLC 2. giriş kartının dokuzuncu ucu)
I 1.04 (PLC 2. giriş kartının beşinci ucu)	I 1.09 (PLC 2. giriş kartının onuncu ucu)

Giriş kartları üzerinde bu şekilde irtibatlanan PLC girişlerine (+) 24 Volt gelmekte olduğundan dolayı “com” uçlarına da (-) 24 Volt verilmektedir. Şekil 3.14’de, içinde program yüklü olan ve çalışma durumundaki PLC görülmektedir.



Şekil 3.14. Program yüklü ve çalışan PLC.

3.1.7. PLC çıkışları

PLC cihazının çıkışları da, girişlerde olduğu gibi modüler yapıdaki kartlar halinde olup, 100.00-100.15 ve 101.00-101.15 şeklinde bloklanmaktadır. Bu kartlar 100 nolu bayt kartı, 101 nolu bayt kartı gibi de adlandırılabilir.

Her kart, toplamda 16 çıkışa sahiptir. “Com” ucuna gönderilen gerilim değerince çıkışlar üretmektedir. Uygulamamızda kullandığımız ve toplamda 6 adet olan led aydınlatma şeritlerinin her biri, bir çıkış olarak planlanmıştır. Toplamda 6 adet çıkış bulunmakta olup, tüm çıkışlar ilk çıkış kartına irtibatlandırılmıştır.

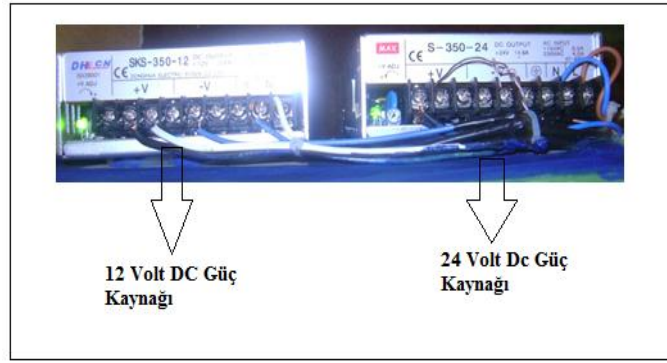
Çizelge 3.4’de, ışık kaynaklarının sensör tarafından algılandığı gerilimler gösterilmiştir. Bu gerilimler, sensörün ve ışık kaynaklarının konumlarına bağımlı olarak değişim göstermektedir. Tez uygulamasında, her ışık kaynağının sabit sensör konumuna göre ayrı ayrı algılanma gerilimi tespit edilmiştir.

Çizelge 3.4. Işık kaynağının algılandığı gerilimler.

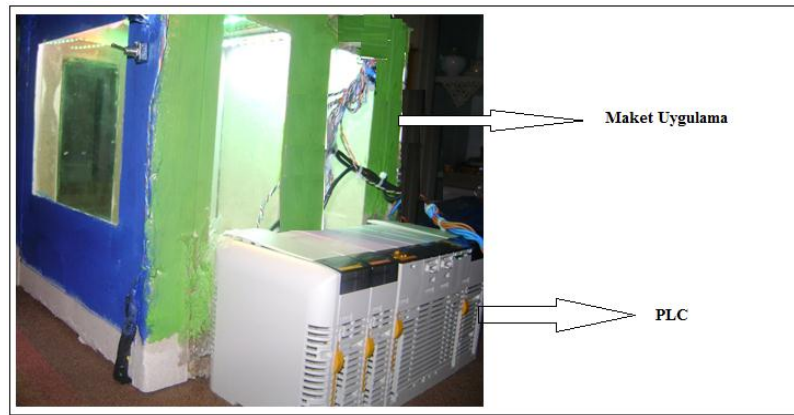
PLC ÇIKIŞI	IŞIK KAYNAĞI	ÖLÇÜLEN GERİLİM (V DC)
Q 100.00	Mavi Led Şeridi	0,11
Q 100.01	Yeşil-2 (Düşük Ton)	0,23
Q 100.02	Yeşil-1 (Yüksek Ton)	0,36
Q 100.03	Kırmızı-2 (Düşük Ton)	0,85
Q 100.04	Beyaz	1,27
Q 100.05	Kırmızı-1 (Yüksek Ton)	3,45

Her tanımlı çıkış biti, bir renge ait olan led aydınlatma şeridine besleme gerilimini sürmektedir. Led aydınlatma şeritlerinin besleme gerilimi 12 Volt DC olduğu için, çıkış kartındaki “com” ucuna (+) 12 Volt verilmiş olup, şeritlerin diğer besleme uçlarına ise (-) 12 Volt'luk gerilim direkt olarak irtibatlandırılmıştır. 24 Volt DC ve 12 Volt DC güç kaynakları kullanılarak, sistemin ihtiyacı olan gerilimler bu güç kaynaklarından karşılanmıştır. 12 Volt DC güç kaynağı, led şeritlerinin ve analog-sayısal dönüştürme kartlarının beslemelerinde; 24 Volt DC güç kaynağı da PLC girişlerinde kullanılmıştır.

Hesaplama, söz konusu çıkışları oluşturan renklerin birbirleriyle olan ikili, üçlü, dördü, beşli ve altılı kombinasyonları esas alınmıştır. Tüm kombinasyonlarda ortaya çıkan birleşik gerilim değerleri kayıt altına alınmış olup, küçükten büyüğe doğru dizilmiştir. PLC programı, arzu edilen değer ile ölçülen değer farkını alıp bu farkın hangi dizilim aralığına denk düştüğünü hesaplamakta ve o farkı kapatacak kadar ışık kaynağını devreye almakta ya da devreden çıkartmaktadır. Şekil 3.15’de tez uygulamasında kullanılan 12 Volt ve 24 Volt DC güç kaynakları görülmektedir. Şekil 3.16’da ise, tez uygulaması olan maketin genel görünümü yer almaktadır.



Şekil 3.15. 12 Volt ve 24 Volt DC güç kaynakları.



Şekil 3.16. Maketin genel görünümü.

Referans aydınlatma gerilim değeri U_1 , sensörde ölçülen gerilim değeri U_2 ise, söz konusu ortam için önce gerilim farkını hesaplar, sonra bu farkın hangi kombinasyon aralığına denk düştüğünü bulur. Şekil 3.17’de bu durum formülize edilmiştir.

$$U_d = U_1 - U_2 \text{ (} U_d \text{: Fark gerilimi)}$$

$$\text{Mavi} + \text{Beyaz} = 1,38 \text{ volt}$$

$$\text{Yeşil2} + \text{Yeşil1} + \text{Kırmızı2} = 1,44 \text{ volt}$$

$$\text{Mavi} + \text{Beyaz} < \text{Fark} < \text{Yeşil2} + \text{Yeşil1} + \text{Kırmızı2}$$

Şekil 3.17. Hesaplamalar.

Daha sonra eğer arzulanan gerilim, ortam geriliminden büyükse fark değerinin bir kademe altına denk gelen gerilime ait kombinasyonu oluşturan ışık kaynaklarını devreye alır. Eğer arzulanan gerilim, ortam geriliminden büyükse fark değerinin bir kademe üstüne denk gelen gerilime ait kombinasyonu oluşturan ışık kaynaklarını

devreden çıkartır. Bu örnekte 1,38 Volt olan kombinasyon renkleri Mavi ve Beyaz devreye alınır. Ardaki fark -0,02 olur. Çok küçük gerilim farkları ihmal edilebilir olduğundan, sadece kombinasyon gerilimlerini aşan durumlarda program işlem yapmaktadır. Amaç, en hassas ışık kaynaklarını kullanarak fark değerini sıfıra mümkün olduğunca fazla yaklaştırmaktır. Şekil 3.18’de tez uygulamasında kullanılan maketin ve bu makette kullanılan DC güç kaynaklarının çalışma esnasındaki görünüşleri yer almaktadır.

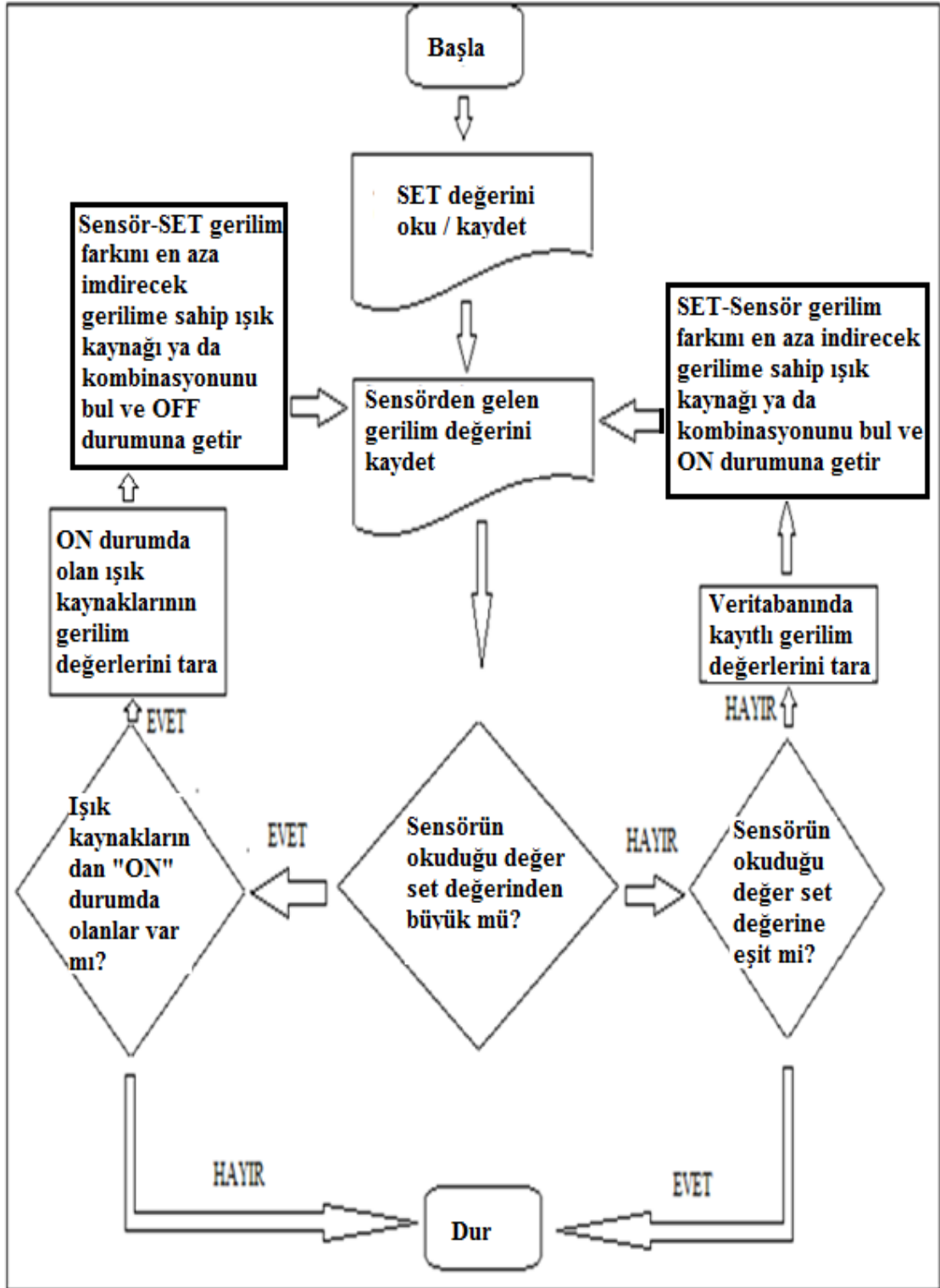


Şekil 3.18. Maketin farklı açıdan görünümü.

Program 3 şekilde yapılabilmektedir:

- Ladder (Merdiven) Diagramı,
- Statement List (STL-Komut Listesi),
- Blok Diagram.

Programda ladder diyagram kullanılarak yazılım sağlanmıştır. Fakat ladder diyagramı ile yazılan programın, aynı zamanda STL ve blok diyagram formlarını yazılım otomatik oluşturur. Oluşturulan yazılımın istenilen formattaki çıktıları alınabilir. Her programcının kendine özgü programlama şekli olabilir. Şekil 3.19’da programın akış diyagramı, Şekil 3.20’de ise program algoritması yer almaktadır.



Şekil 3.19. Uygulama PLC programı akış diyagramı.

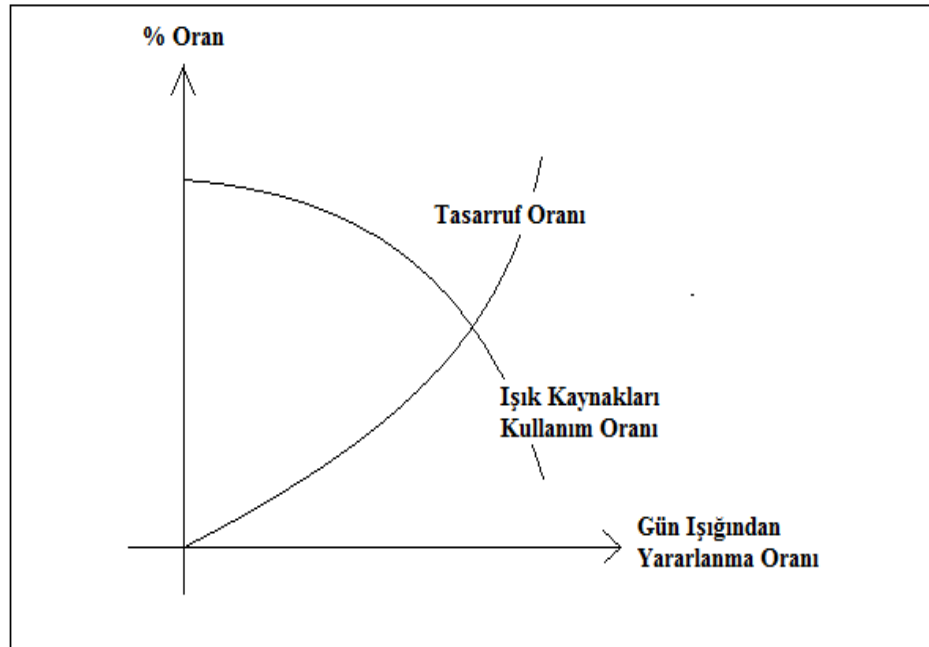
DEĞİŞKENLER :
<p>A: Sensör Okuma Değeri</p> <p>B: Set Değeri</p> <p>C: Set Değeri - Sensör Okuma Değeri (B-A)</p>
ALGORİTMA:
<p>Adım 1- Başla</p> <p>Adım 2- A'yı oku</p> <p>Adım 3- B'yi oku</p> <p>Adım 4- $C=B-A$</p> <p>Adım 5- Eğer $C>0$ ise veritabanını tara [V1,V2,V3....Vn]</p> <p>Adım 6- Eğer $C=V_x$ ise V_x kaynaklarını devreye al</p> <p>Adım 7- Adım 2'ye git</p> <p>Adım 8- Eğer $C<0$ ise veritabanını tara [V1,V2,V3...Vn]</p> <p>Adım 9- Eğer $C=V_x$ ise veritabanına denk düşen ışık kaynaklarını devreden çıkar</p> <p>Adım 10- Adım 2'ye git</p> <p>Adım 11- Eğer $C=0$ ise Adım 2'ye git</p> <p>Adım 12- Dur</p>

Şekil 3.20. PLC programı algoritması.

3.2. Aydınlatma Verimliliği

Otomasyon projelerinde amaç, konfor koşullarını sağlayan şartlara uygun yazılım programları geliştirmek ve uygulamaktır. Gün ışığı faktörü ve uygun güç tüketimindeki ışık kaynaklarının da hesaba katılması, enerji tasarrufu açısından gerekli hale gelmiştir. Enerji tasarrufu, aydınlatma projelerinde vazgeçilmez unsur haline gelmiştir. Birçok uygulamada, gün ışığının aydınlatma projelerine dahil edilmesiyle optimum seviyede tasarruf elde edilmektedir. Örneğin, bir fabrika tavanının bazı kesitlerinden gün ışığının direkt olarak fabrikanın içine alınması, üreticiyi önemli ölçüde tasarruf ettirmektedir.

Bu tez çalışmada, gün ışığının kullanılması ve bu sayede aydınlatmada tasarruf elde edilmesi esas kabul edilmiştir. Kullanılan ışık kaynaklarının gün ışığı ile bütünleşmiş çalıştırılması sağlanmış ve bu bağlamda bazı ışık kaynaklarının devre dışı kalması ile ölçülebilir bir tasarruf elde edilmiştir. Söz konusu tasarrufun gün ışığından faydalanma oranına bağımlı olarak değişim gösterdiği görülmüştür. Şekil 3.21’de gün ışığına bağlı olarak, tasarruf ve ışık kaynakları kullanım oranlarına ait bir değişim grafiği bulunmaktadır.



Şekil 3.21. Tasarruf ve ışık kaynaklarının kullanılma oranları arasındaki ilişki.

Şekil 3.21’den de görüldüğü üzere, tasarruf oranıyla şık kaynaklarının kullanım oranı birbirlerine zıt kavramlardır. Bu kavramlardan bir tanesinin oransal büyüklüğünün artışına karşın, diğer büyüklük azalma eğilimindedir.

3.3. “SET” Geriliminin Tanımlanması

Bu tez çalışmasında, “SET” gerilimi olarak tanımlanan kavram, esasen mekânlarda bulunan insanların ulaşmak istedikleri verimlilik ya da konfor standartlarının bir ölçüsünü ifade etmektedir. Bu standartlar, tamamen insanların bulunduğu ortamların kullanım amaçları, özellikleri, teknik yapıları ve insanların arzuladığı aydınlatma kalitesi ya da renk geriverimlerine bağlı olarak değişim göstermektedir.

Her ortamın ya da mekânın “SET” değerleri farklı olabilir. Aynı tip mekânlarda bulunan farklı insanlar farklı “SET” değerlerini tercih edebilirler. Bu yüzden, ortamların aydınlık düzeyi ve renk geriverimlerinin bütünleşik olarak tek bir gerilim değerine bağlı olarak hızlıca değişim gösterebilmesi önemlidir.

Çizelge 3.5’de bazı “SET” gerilim değerlerinin bazı ortamlardaki aydınlatma şiddeti karşılıkları tanımlanmıştır:

Çizelge 3.5. Mekânlarda “SET” gerilimi tanımlaması.

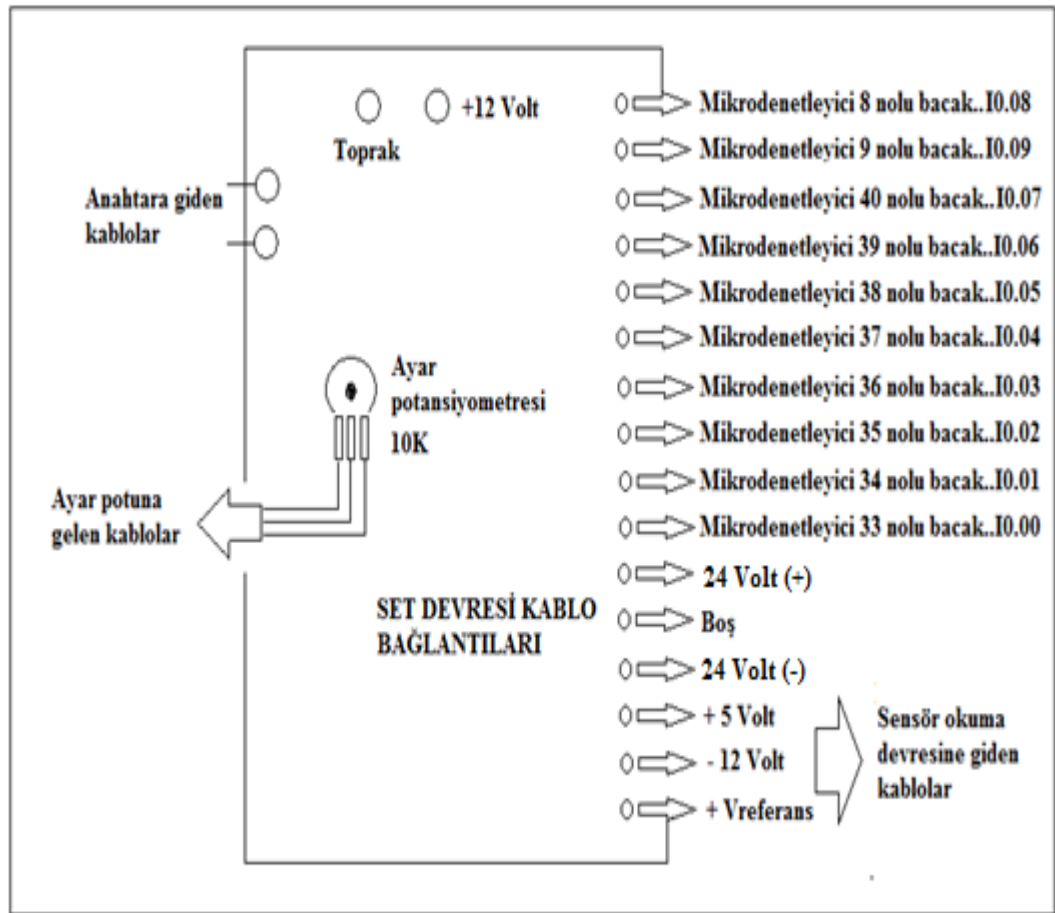
Mekânlar	Asgari Aydınlatma Şiddetleri (Lüx)	"SET" gerilimi (Volt)
Genel Aydınlatma	50	0,80 - 0,95
Özel	100	1,20 - 1,40
Mutfak	100	1,20 - 1,40
Yemekhane	125	1,55 - 1,80
Az kullanılan genel depo	25	0,55 - 0,65
Çok kullanılan genel depo	50	0,80 - 0,95
Büyük malzeme deposu	50	0,80 - 0,95
Küçük malzeme deposu	200	2,70 - 3,00
Dükkânlar	150	1,90 - 2,40
Teknik işyeri	400	4,10 - 4,40
Satış salonları	500	4,50 - 5,00
Laboratuvarlar	500	4,50 - 4,00
Fabrikalar	500	4,50 - 5,00

4. UYGULAMA

Aydınlatma kalitesini yazılım destekli artırma tasarımına yönelik ekipmanlar ve uygun işlem basamakları ile uygulama setinin kurulumu tamamlanarak gerekli analizler gerçekleştirilmiştir.

4.1. DeneySEL Sistem Kurulumu

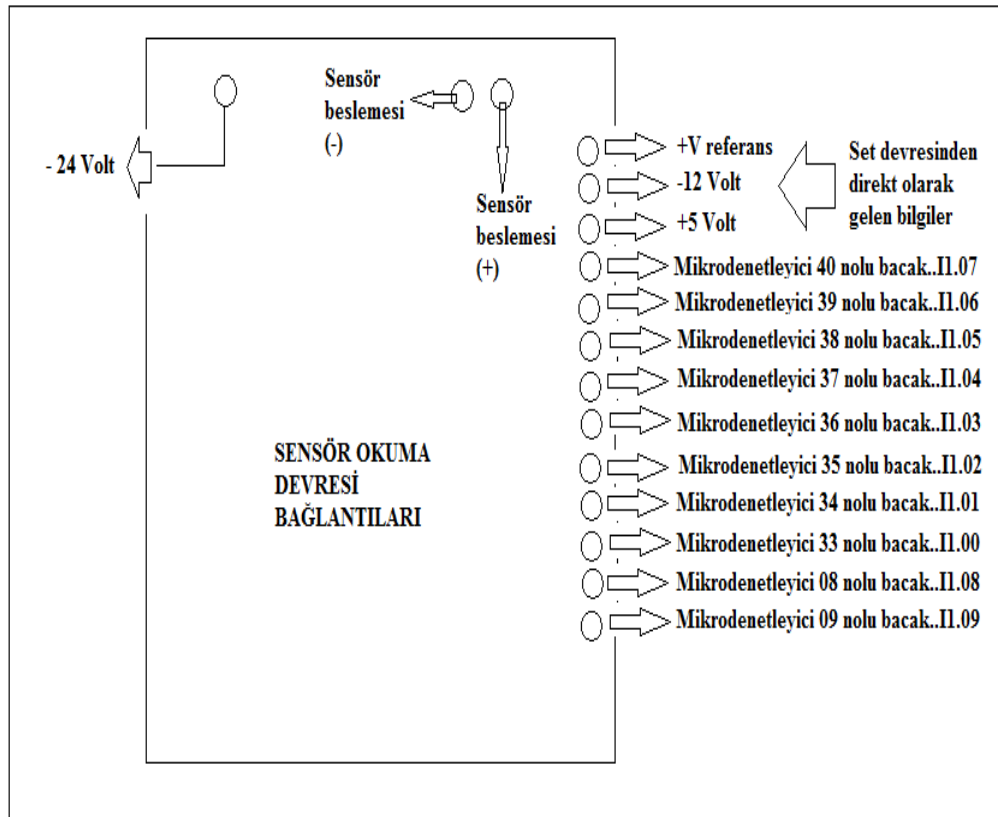
Set ve sensör okuma devreleri için gerekli olan malzemeler temin edildikten sonra, pertinaks üzerinde devre kurulumu ve montajı gerçekleştirilmiştir. Set devresi için kullanılan 9 Volt değerindeki batarya, aynı zamanda sensör okuma devresi için de kullanılmıştır. Bu batarya gerilimini gerektiğinde devreden kesebilmek için bir adet anahtar kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Set devresi kablo bağlantıları.

Şekil 4.1’de de görüldüğü üzere, set devresine bağlı olan kabloların bir kısmı mikrodnetleyici çıkışından direkt olarak PLC giriş kartına gönderilecek girişleri oluştururken, batarya gerilimini kesen anahtara giden kablolar ve bazı data kabloları da bu devre üzerinde bulunmaktadır.

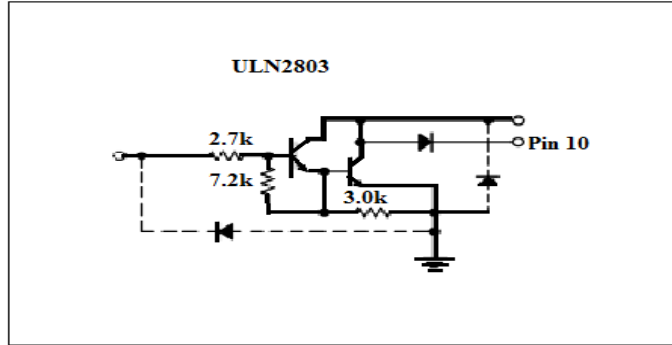
Bunun yanı sıra, set devresi üzerinde bulunan bazı kablolar sensör okuma devresine irtibatlandırılmaktadır. Örneğin 5 Volt, 12 Volt ve Vreferans bilgileri bu kart üzerinden direkt olarak sensör okuma devresine gönderilmektedir.



Şekil 4.2. Sensör okuma devresi kablo bağlantıları.

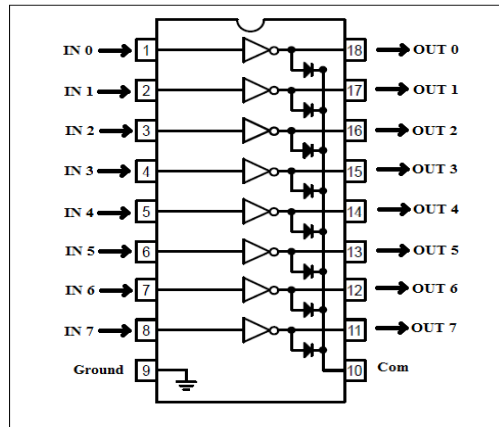
Şekil 4.2’de sensör okuma devresi bağlantısı görülmektedir. Sensör okuma devresinde ise, set devresinden direkt olarak gelen bilgilerin yanı sıra, PLC giriş kartına irtibatlanacak olan çevrim çıkışları da bulunmaktadır. Yukarıdaki şekilde görülen (-) 24 Volt ise, ULN2803 entegresi için kullanılmaktadır. PLC girişleri için 24 Volt DC gerektiğinden dolayı, mikrodnetleyici tarafından üretilen 5 Volt’luk çıkış sinyallerinin 24 Volt değerine yükseltilmesi ULN2803 entegresi ile sağlanmıştır.

ULN2803 entegresi, giriş uçlarına uygulanan gerilimi, referans olarak girilen gerilim değerine yükseltmek için tasarlanmış bir entegredir. Mikrodenetleyici çıkışları, 5 Volt DC olduğundan dolayı, PLC girişleri için uygun seviyeye getirilmesi gerekmektedir. PLC giriş seviyesi 24 Volt DC olduğu için, ULN2803 entegresinin referans gerilim değeri 24 Volt DC olarak belirlenmiştir. Şekil 4.3’de ULN2803 entegresinin şematik diyagramı mevcuttur.



Şekil 4.3. ULN2803 şematik diyagramı (Anonim7).

Şekil 4.4’de, ULN2803 entegresinin iç yapısı yer almaktadır. Referans gerilimi 5,5 Volt DC olarak belirlenmiştir. Çünkü kullanılan sensörün de okuduğu azami gerilim değeri 5 Volt DC civarındadır. Sensör ile mikrodenetleyici arasında çevrim senkronizasyonu oluşması için bu değer seçilmiştir.



Şekil 4.4. ULN2803 entegresi iç yapısı (Anonim7).

. Set ve sensör okuma devrelerinden gelen on bitlik sayısal çıkışlar, PLC programlama yapmak için gerekli olan girişlerdir. PLC cihazının ilk giriş kartına gelen

on bit (I0.00-I0.09), set devresinden gelen gerilim dönüşümünü; ikinci giriş kartına gelen diğer on bit de (I1.00-I1.09) sensör okuma devresinden gelen gerilim dönüşümünü temsil etmektedir.

Çalışmada, öncelikle maket tavanına yerleştirilen ışık kaynaklarının hem tekli hem de birbirleri ile kombinasyonel oluşturacakları çoklu çıkışların sensör tarafından hangi gerilim değerine denk düştüğü hesaplanmıştır.

4.2. Uygulama Sonuçlarının Analizi

Tez uygulamasında, PLC cihazının çıkışlarının kolaylık olması için bir harf ile sembolize edilmesi sağlanmıştır. Bu sayede, tüm kombinasyonlar harf ile sembolize edilebilmiş ve her kombinasyon için tekrar çıkış renginin yazılmasına gerek kalmamıştır.

Çizelge 4.1. Işık kaynaklarının sembolik ifadesi.

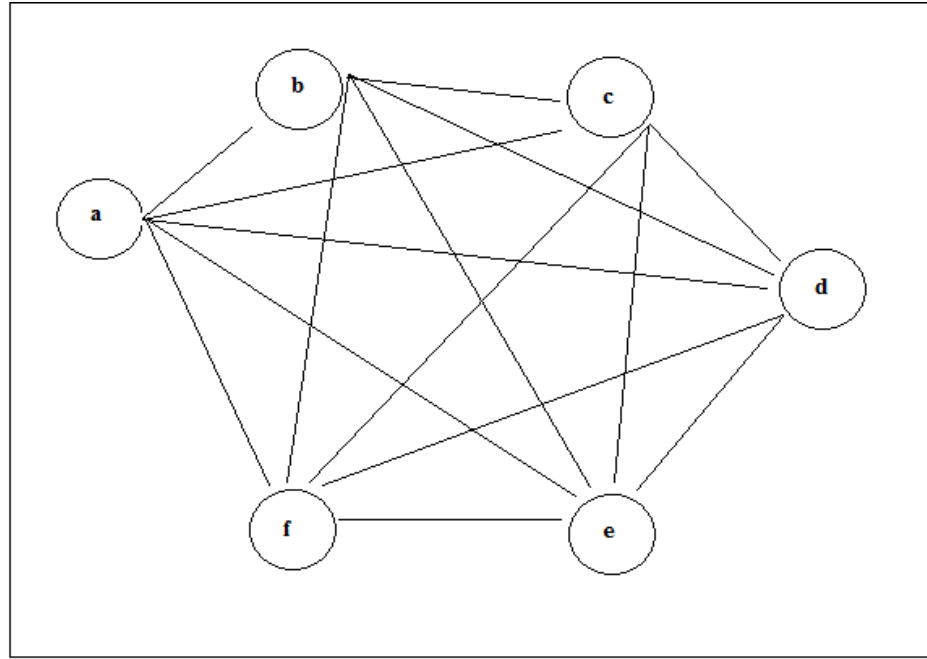
Çıkış Kaynağı Rengi	PLC Çıkışı Q(100.0n)...n=sıra no	Temsili Sembol
Mavi	Q(100.00)	a
Yeşil-2	Q(100.01)	b
Yeşil-1	Q(100.02)	c
Kırmızı-2	Q(100.03)	d
Beyaz	Q(100.04)	e
Kırmızı-1	Q(100.05)	f

PLC çıkışına bağlı olan ışık kaynaklarının tek tek gerilimleri ölçüldüğünde Çizelge 4.2'deki gibi olmaktadır:

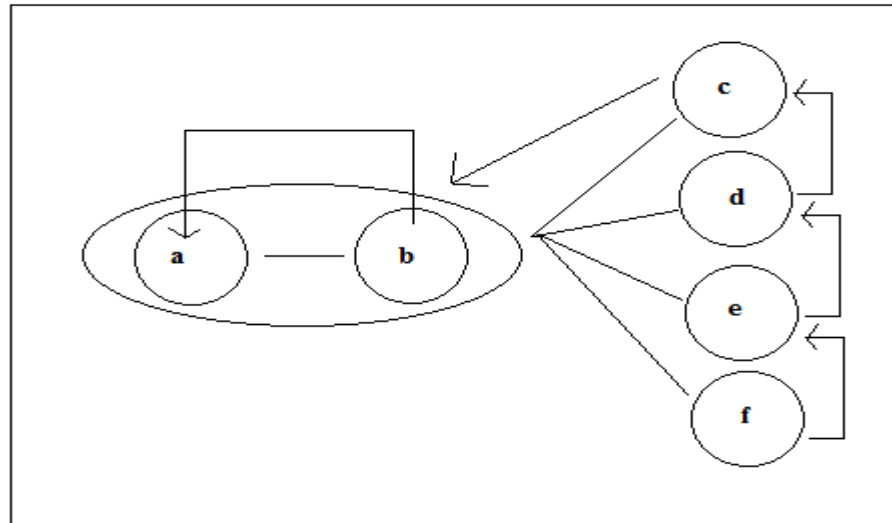
Çizelge 4.2. Tekli ölçüm sonuçları.

Sembolize Edilmiş Tekli Çıkış Kaynağı	Sensörün Ölçtüğü Gerilim Değeri (Volt DC)
a	0,11
b	0,23
c	0,36
d	0,85
e	1,27
f	3,45

Işık kaynaklarının, tek tek ölçüldüklerinde sensörün verdiği gerilim değerlerinin skaler oranda toplamları ile kombinasyonel çıkış gerilimleri elde edilmiştir. Örneğin, iki farklı ışık kaynağı ikili olarak birleştirildiğinde, tek tek ölçülen gerilimlerinin toplamları kadar gerilim değeri üretmektedir. Benzer şekilde üçlü, dördü, beşli ve altılı olarak da düşünülebilir. Şekil 4.5’de ikili, Şekil 4.6’da üçlü gruplama örnekleri görülmektedir.

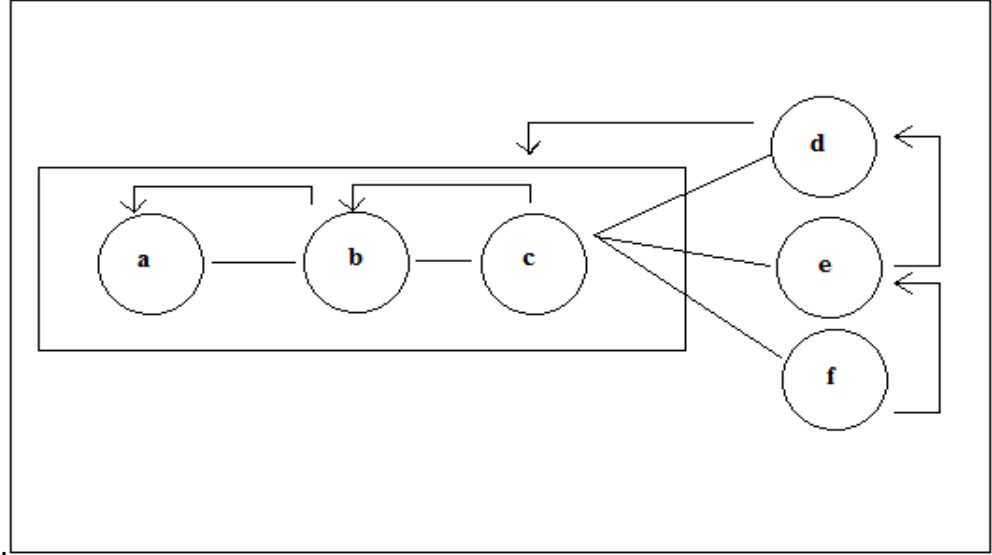


Şekil 4.5. Işık kaynaklarının ikili kombinasyonel gruplanması.

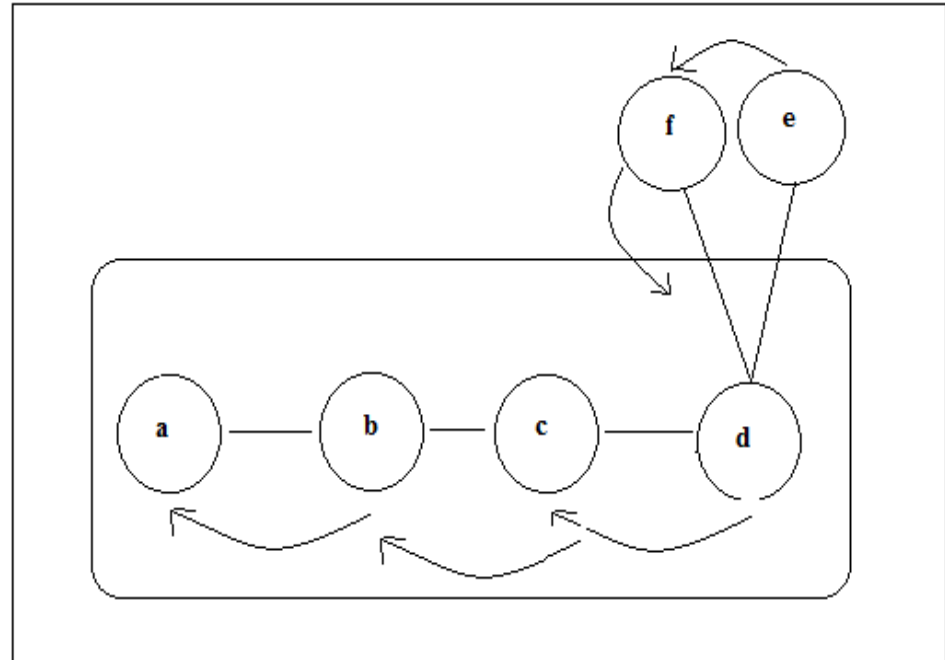


Şekil 4.6. Işık kaynaklarının üçlü kombinasyonel gruplanması.

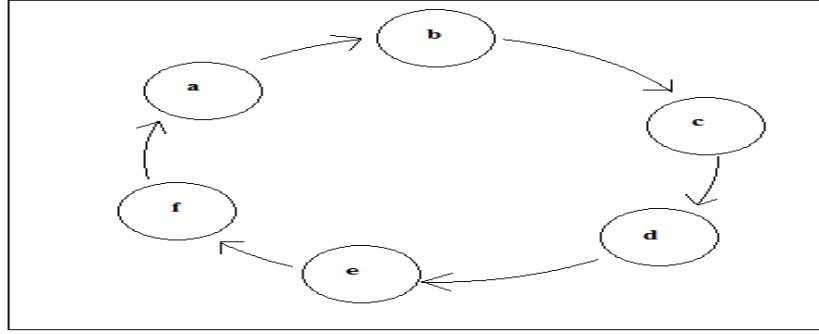
Şekil 4.7’de dörtlü, Şekil 4.8’de beşli ve Şekil 4.9’da altılı gruplama örnekleri görülmektedir. Işık kaynaklarının ikili kombinasyonları hesaplanmış ve her bir kombinasyonun verebileceği gerilim değeri Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.7. Işık kaynaklarının dörtlü kombinasyonel gruplanması.



Şekil 4.8. Işık kaynaklarının beşli kombinasyonel gruplanması.



Şekil 4.9. Işık kaynaklarının altılı kombinasyonel gruplanması.

Çizelge 4.3. İkili kombinasyon ölçüm sonuçları.

Sembolize Edilmiş İkili Çıkış Kaynağı	Sensörün Ölçtüğü Gerilim Değeri (Volt DC)
ab	0,34
ac	0,47
ad	0,96
ae	1,34
af	3,56
bc	0,59
bd	1,08
be	1,46
bf	3,68
cd	1,21
ce	1,59
cf	3,81
de	2,08
df	4,30
ef	4,68

İkili kombinasyon, ışık kaynaklarının farklı ikili olasılıkları düşünülerek hesaplanmıştır. Yukarıdaki çizelgeden de anlaşıldığı üzere, her ikili kombinasyonel grupta sensörün algıladığı gerilim, ayrı ayrı ölçülen gerilimlerin toplamı kadardır.

Benzer şekilde, diğer kombinasyonlar da düşünülmüş ve program için bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Işık kaynaklarının üçlü kombinasyonları hesaplanmış ve her bir kombinasyonun verebileceği gerilim değeri Çizelge 4.4'deki gibi elde edilmiştir:

Çizelge 4.4. Üçlü kombinasyon ölçüm sonuçları.

Sembolize Edilmiş Üçlü Çıkış Kaynağı	Sensörün Ölçtüğü Gerilim Değeri (Volt DC)
abc	0,70
abd	1,19
abe	1,57
abf	1,79
acd	1,32
ace	1,70
acf	4,01
ade	2,19
adf	4,41
aef	4,79
bcd	1,44
bce	1,82
bcf	4,04
bde	2,31
bdf	4,53
bef	4,91
cde	2,34
cdf	4,66
cef	5,04
cef	5,53

Işık kaynaklarının dörtlü kombinasyonları hesaplanmış ve her bir kombinasyonun verebileceği gerilim değeri Çizelge 4.5'deki gibi elde edilmiştir:

Çizelge 4.5. Dörtlü kombinasyon ölçüm sonuçları.

Sembolize Edilmiş Dörtlü Çıkış Kaynağı	Sensörün Ölçtüğü Gerilim Değeri (Volt DC)
abcd	1,55
abce	1,93
abcf	4,15
abde	2,42
abdf	4,64
abef	5,02
acde	2,45
acdf	4,77
acef	5,15
adef	5,64
bcde	2,57
bcd f	4,89
bcef	5,27
bdef	5,76
cdef	5,89

Işık kaynaklarının beşli kombinasyonları hesaplanmış ve her bir kombinasyonun verebileceği gerilim değeri Çizelge 4.6'daki gibi elde edilmiştir:

Çizelge 4.6. Beşli kombinasyon ölçüm sonuçları.

Sembolize Edilmiş Beşli Çıkış Kaynağı	Sensörün Ölçtüğü Gerilim Değeri (Volt DC)
abcde	2,78
abcdf	5,00
abcef	5,38
abdef	5,87
acdef	5,90
bcdef	6,02

Işık kaynaklarının altılı kombinasyonları ise Çizelge 4.7’deki gibi elde edilmiştir:

Çizelge 4.7. Altılı kombinasyon ölçüm sonuçları.

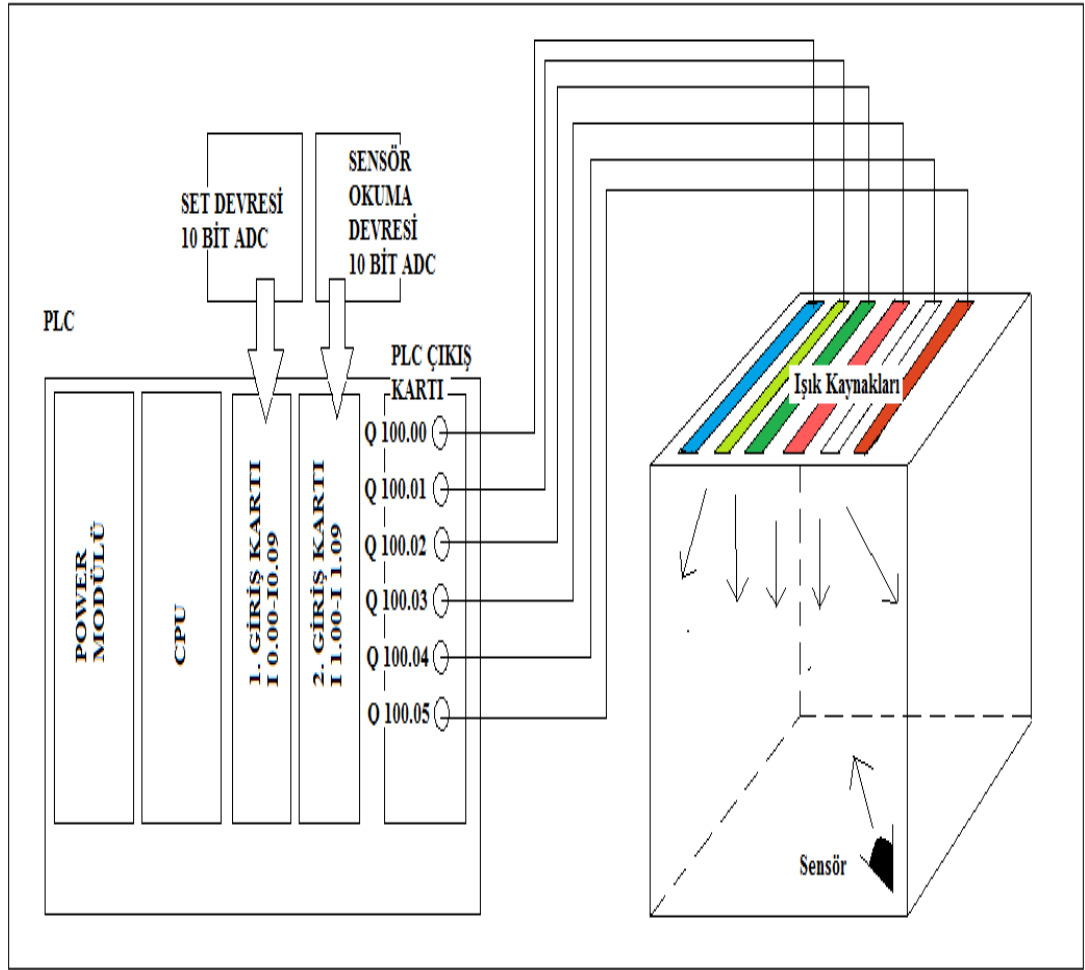
Sembolize Edilmiş Altılı Çıkış Kaynağı	Sensörün Ölçtüğü Gerilim Değeri (Volt DC)
abcdef	6,23

Bu şekilde ışık kaynaklarının tüm olasılıkları hesaplanmış ve bu olasılıkların karşılığı olan gerilim değerleri, PLC programı için ölçülüp kayıt altına alınmıştır. Alınan bu kayıtlar, daha sonra PLC programında ayrı ayrı sanal kayıtlara yüklenmiştir.

Kayıtlara yüklenmiş olan bu veriler, PLC için sensörün sürekli okuma yaptığı ve anlık olarak değişim gösterebilen değerlerdir. Bu değerler, set devresinde ayarlanan veya arzu edilen set gerilim değeri ile PLC programında karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu oluşan fark, yine kayıtlardaki veri tabanı ile ikinci defa kıyaslanmıştır. İkinci kıyaslama neticesinde, söz konusu fark değerine en yakın gerilim değerine sahip kayıttaki sembolize edilmiş çıkışlar PLC programı ile devreye alınmakta ya da devreden çıkartılmaktadır.

PLC devresinde, set ve sensör okuma devresinden gelen tüm çıkışlar, giriş kartlarına set ve sensör okuma girişleri olarak tanımlanmıştır. Toplamda 2358 satırdan ve 233 bloktan oluşan bir program yazılmıştır.

Işık kaynakları için önceden hesaplanan tüm kombinasyonlar sonucu ortaya çıkan bütün gerilim değerleri, küçükten büyüğe doğru dizilmiş ve set devresi ile okuma devresinden gelen girişler karşılaştırılmıştır. Eğer set değeri, okunandan büyükse; set geriliminden okunan gerilim çıkarılmakta ve çıkan değer kayıt altına alınmaktadır. Çıkan fark değeri, sırayla çıkış kombinasyonlarından hangi gerilim aralığına denk düşüyor ise, o gerilim aralığını veren çıkışlar devreye alınmaktadır. Eğer okunan değer, set değerinden büyükse; okunan gerilim değerinden set gerilim değeri çıkarılmakta ve aradaki farka denk düşen çıkışlar devreden çıkartılmaktadır. Şekil 4.10’da, tez uygulamasında kullanılan makette bulunan ışık kaynaklarının dizilimi ve PLC çıkışları ile bağlantısı yer almaktadır.

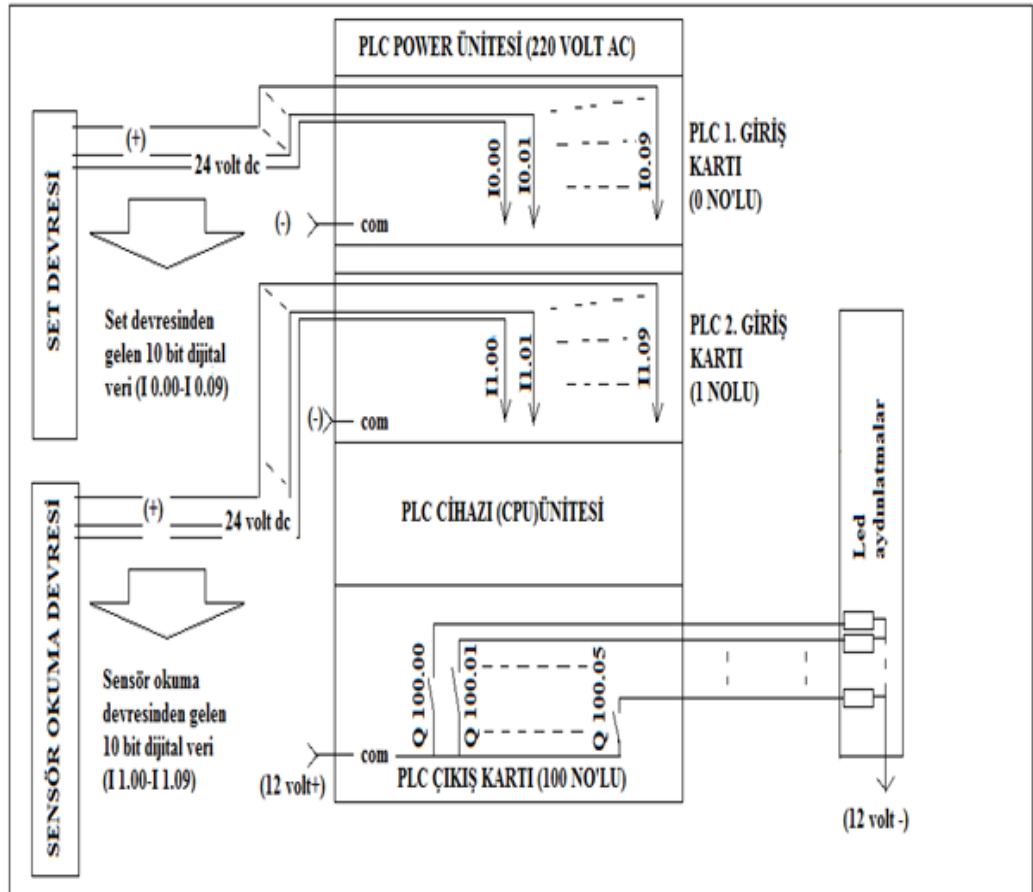


Şekil 4.10. PLC çıkışları ve ışık kaynaklarının dizilimi.

Uygulamada, seçilen aydınlatma led şeritleri arasındaki gerilim farklılıkları fazla olduğu için, program bazen bazı çıkışlarda devreye alma ve devreden çıkarma kararsızlığına gitmektedir. Bu kararsızlık, gerçek ortamlarda birbirine çok yakın gerilim değerleri verebilecek ve çok sayıda ışık kaynaklarının seçilmesiyle aşılabılır.

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi, led ışık kaynakları PLC çıkış kartından kumanda edilmektedir. Sensör ise, her an ortamda ölçüm yapmaktadır. Bu sayede, set edilen gerilim değeri ile sensörün ölçtüğü gerilim değeri sürekli kıyaslanmaktadır. Bu kıyaslamanın içeriğinde gün ışığı faktörü de etkilidir. Gün ışığı, maket camından içeriye girdiğinde, sensörün algılama geriliminde direkt olarak etki yapmakta ve bu etkiye bağımlı olarak en uygun ışık kaynakları devreye

alınmaktadır. Şekil 4.11'deki devre şemasından da anlaşıldığı gibi, led ışık kaynaklarımızın besleme gerilimi 12 Volt DC dir. Bu gerilimin (-) polaritesi, 12 Volt DC üreten güç kaynağından alınmıştır. Aynı güç kaynağından alınan (+) polarite ise, PLC çıkış kartının “com” noktasına irtibatlandırılmıştır. Böylece PLC, yüklü programı vasıtası ile hangi çıkışı devreye alacaksa o çıkışa ait kontağı kapatır ve “com” noktasındaki (+) polariteyi ilgili led üzerine göndermiş olur.



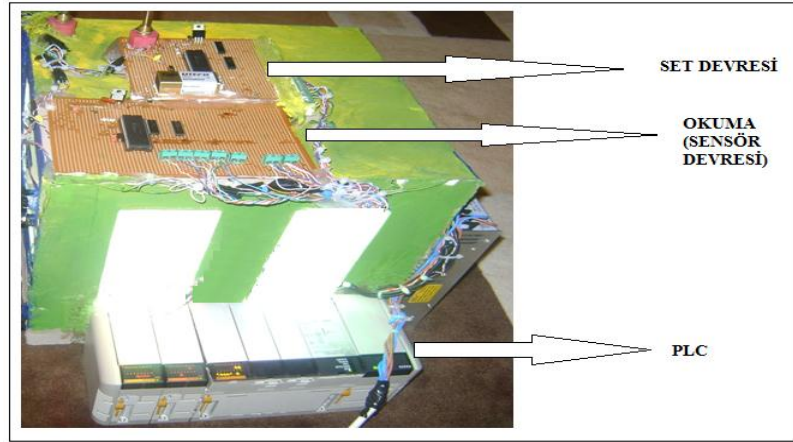
Şekil 4.11. Elektriksel devre şeması.

Giriş kartlarının gerilimi ise 24 Volt DC'dir. Bu nedenle, bir tane de 24 Volt DC üreten güç kaynağı kullanılmıştır. 24 Volt DC üreten güç kaynağının (+) polaritesi, sensör okuma ve set devrelerine ait analog-sayısal çevirme kartlarındaki “ULN2803” entegrelerinin “com” noktalarına irtibatlandırılmıştır. Bu sayede mikrodenetleyici çıkışındaki lojik sinyaller (5 Volt), PLC için gerekli olan gerilime (24 Volt) dönüştürülmüştür.

Sensör okuma ve set devrelerinden gelen 24 Volt, PLC birinci ve ikinci giriş kartlarındaki ilgili girişlere gönderilmiştir. Devrenin tamamlanması için, (-) polarite 24 Volt DC güç kaynağından alınmıştır. Bu polarite, PLC giriş kartlarındaki “com” noktalarına bağlanmıştır.

Sensör okuma ve set devrelerindeki sayısal çıkışların “on/off” durumlarına göre, PLC girişindeki ilgili girişler aktif ya da pasif edilmiş olur. Set devresindeki lojik çıkışlar PLC birinci giriş kartına gelirken, sensör okuma devresindeki lojik çıkışlar da ikinci giriş kartına bağlanmıştır.

Tüm bu giriş ve çıkışlar CPU ünitesinde, yüklenen program vasıtası ile değerlendirilir ve işlenir. Program ne yapılmasını istiyorsa PLC bu istek doğrultusunda devreye alınması gereken çıkış kontaklarını kapatır ve ilgili çıkışları devreye almış olur. Şekil 4.12’de program yüklü PLC ile çalışma durumundaki set ve sensör okuma devrelerini içeren kartlar görülmektedir.



Şekil 4.12. Program yüklü PLC ile kartların çalışma görünümü.

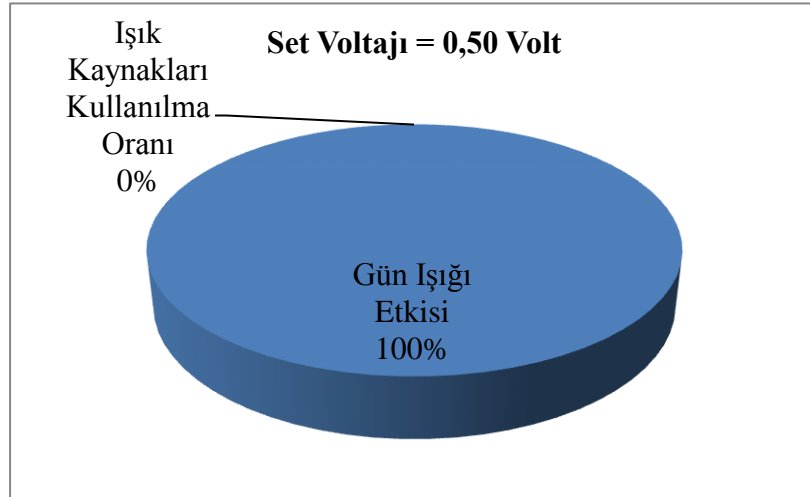
Çalışan program üzerinde yapılan gerilim ölçümlerinde, sistemde kararlılık sağlandığında sensör okuma ve set devrelerinden gelen gerilimlerin birbirlerine yakın oldukları görülmektedir. Program, her iki gerilim değeri arasındaki farkı sıfıra getirmeye çalıştığı için, ışık kaynaklarını devreye almada ve devreden çıkartmada kısa süreli kararsız durumlar yaşanabilmektedir. Bu durumun aşılması için, programda, devreye alma veya devreden çıkartma eşik değerleri yükseltilmiştir.

4.3. Gün Işığı Desteğıyle Aydınlatma Verimi Artışı ve Sonuçları

Programın çalışmasına yönelik yapılan ölçüm değerleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir. Bu çizelgelerdeki ölçülen değerler, gün ışığı etkisi azalırken yapılmıştır. Gün ışığı etkisi, okuma geriliminde 0,70 Volt DC olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.8’de, 0,50 Volt set gerilimi için devreye alınan ışıık kaynakları görölürken, Şekil 4.13’de, bu set değeri için ışıık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Set gerilimi-1 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işıık Kaynakları
0,50	0,70 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	-
		-
		-
		-
		-
		-



Şekil 4.13. Test-1, gün ışığı yararlanma oranı.

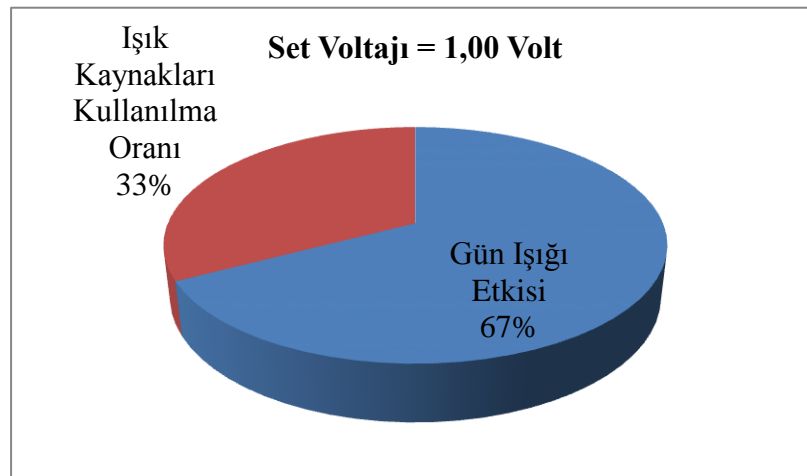
Şekil 4.12’de, gün ışıının verdiği gerilim değeri istenen set geriliminden daha yüksektir. Bu nedenle, program hiçbir ışıık kaynağını devreye almamıştır. Gün

ışığından ölçülen değer, set değerinden yüksek olduğu sürece hiçbir ışık kaynağı devreye girmemektedir.

Set değerinin, gün ışığının verdiği gerilim değerinden yüksek olmasıyla birlikte program en uygun ışık kaynaklarını taramaya başlamaktadır. Aradaki fark telafi olacak şekilde, en uygun ışık kaynakları devreye alınarak sistem kompanzasyonu sağlanmaktadır. Çizelge 4.9’da, 1,00 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.14’de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.9. Set gerilimi-2 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi(Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
1,00	1,04 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	a
		b
		-
		-
		-
		-



Şekil 4.14. Test-2, gün ışığı yararlanma oranı.

Çizelge 4.9’da istenen ayar gerilimi, sensörün okuduğu gün ışığı geriliminden 0,30 Volt daha fazladır. Bu nedenle, PLC “c” ve “b” ışık kaynaklarını devreye almış

ve aradaki farkı 0,04 Volt'a düşürmüştür. Bu sayede, 1 Volt olarak istenen set gerilimi sağlanmış olur. İstenen set geriliminin 0,70 Volt'luk değeri gün ışığından, geriye kalan 0,30 Volt'luk değeri ise, kullanılan ışık kaynaklarının devreye alınması ile elde edilmiştir. Eğer gün ışığı olmasaydı, program daha fazla ışık kaynağını devreye alarak istenen set gerilimini sağlamaya çalışacaktı. Bu da, programımızın enerji tasarrufu sağladığını açıkça göstermektedir. Çizelge 4.10'da, 1,50 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.15'de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.10. Set gerilimi-3 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
1,50	1,55 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	d
		-
		-
		-
		-
		-



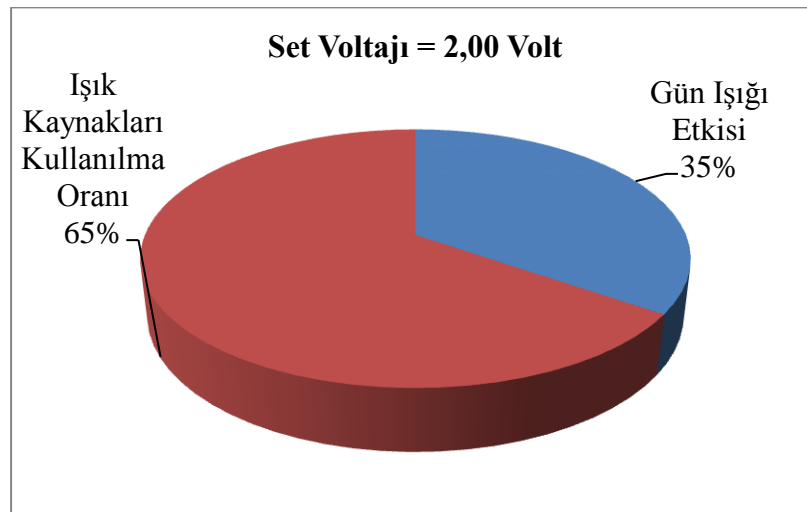
Şekil 4.15. Test-3, gün ışığı yararlanma oranı.

Set değerinin 1,5 Volt olarak ayarlanması durumunda, sistem “d” ışık kaynağını devreye almıştır. Bu durumda, 0,70 Volt değerinde gün ışığı ve 0,85 Volt değerindeki ışık kaynağı ile set değerine yakın bir aydınlatma elde edilmiştir.

Şekil 4.15’den de anlaşılacağı üzere, 1,5 Volt set değerinde ve 0,70 Volt gün ışığı koşullarında, gün ışığı etki oranının %45 oranında olduğu görülmektedir. Çizelge 4.11’de, 2,00 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.16’da, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.11. Set gerilimi-4 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
2,00	2,02 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	a
		c
		d
		-
		-
		-



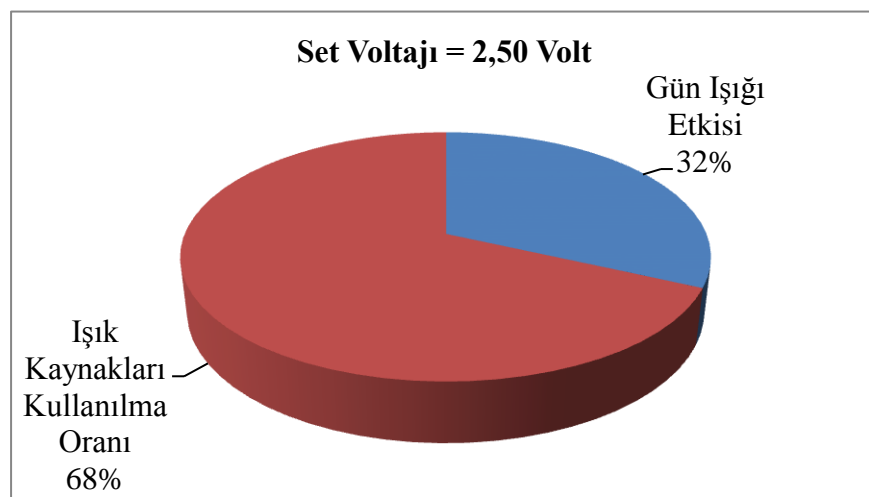
Şekil 4.16. Test-4, gün ışığı yararlanma oranı.

Set gerilimi 2 Volt seçildiğinde, program bu gerilim değerine ulaşabilmek için 3 tane ışık kaynağını devreye almıştır. Aldığı ışık kaynakları ile birlikte gün ışığı etkisi göz önüne alındığında son durumda 2,02 Volt değerine ulaşmıştır.

Program en uygun ışık kaynaklarını sürekli taramakta olduğu için, set gerilimine getirecek optimum gerilimi sağlayabilen kaynak arayışını devam ettirmektedir. Bu nedenle, devreye aldığı ışık kaynaklarından biri ya da bir kaçını bazen devreden çıkartıp, başka kaynakları devreye alabilmektedir. Çizelge 4.12’de, 2,50 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.17’de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.12. Set gerilimi-5 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
2,50	2,20 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	a
		c
		e
		-
		-
		-



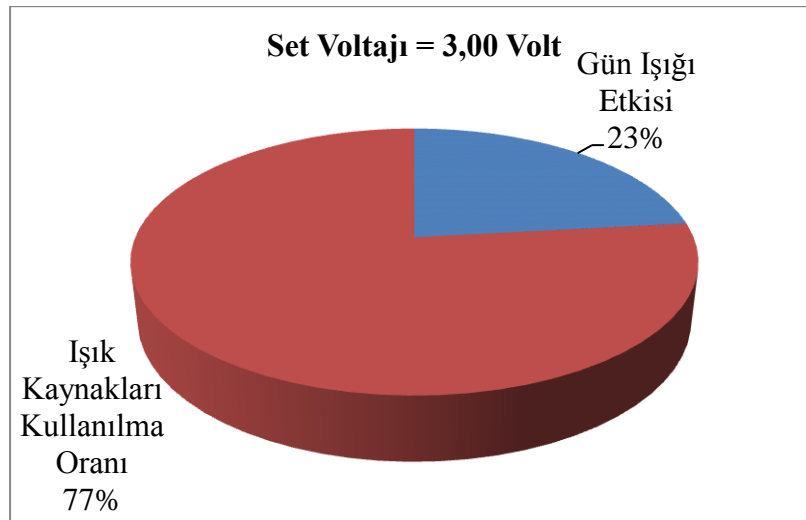
Şekil 4.17. Test-5, gün ışığı yararlanma oranı.

Set değerinin 2,50 Volt olarak istenilen uygulamada, program 2,20 Volt değerine kadar sistemi kompanze edebilmiştir. Daha hassas ışık kaynaklarının kullanılması ile daha yakın değerler elde etmek mümkündür.

Uygulamada hassas ve verimli çalışmalar elde edebilmek için kullanılan sensör ve ışık kaynaklarının, projeye uygun olarak seçilmeleri çok önemlidir. Çizelge 4.13’de, 3,00 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.18’de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.13. Set gerilimi-6 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
3,00	3,01 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	b
		d
		e
		-
		-
		-



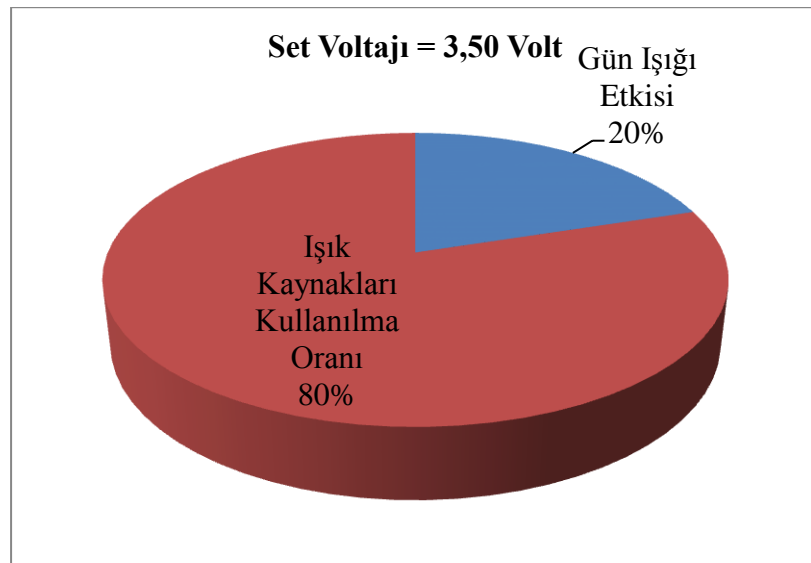
Şekil 4.18. Test-6, gün ışığı yararlanma oranı.

Set gerilimi 3,00 Volt olarak seçildiğinde, program oldukça hassas bir işlem yaparak 0,01 Volt'luk bir hata ile ortamı istenilen şartlara getirebilmiştir.

Görüldüğü üzere, set değerinin giderek yükselmesi, gün ışığından faydalanmayı azaltmakta ve aynı zamanda kullanılan ışık kaynaklarının devreye alınma oranını arttırmaktadır. Çizelge 4.14'de, 3,50 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.19'da, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.14. Set gerilimi-7 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
3,50	3,48 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	a
		b
		c
		d
		e
		-

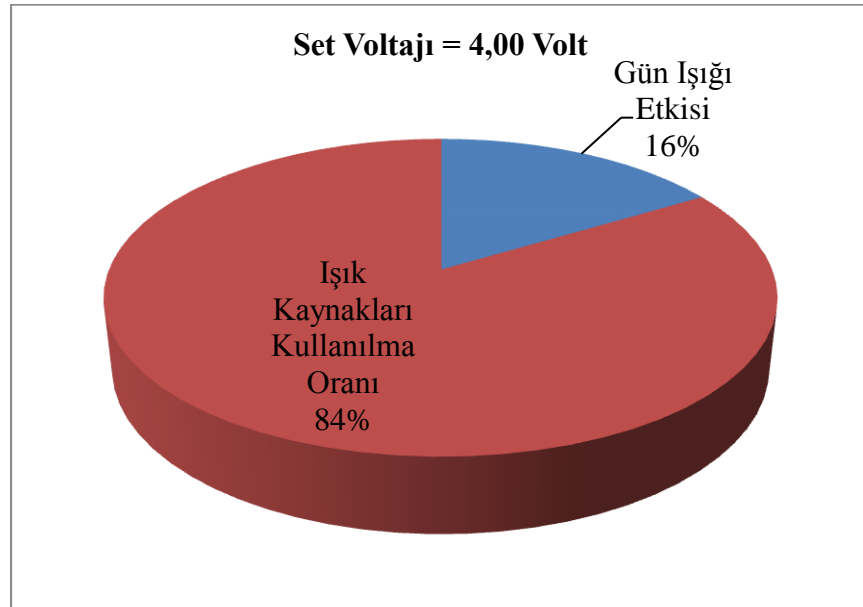


Şekil 4.19. Test-7, gün ışığı yararlanma oranı.

Şekil 4.19’da de, set değerinin 3,50 Volt değerinde programın hangi ışık kaynaklarını devreye aldığı görülmektedir. Bu durumda ışık kaynaklarının kullanılma oranı %80’e ulaşmış ve gün ışığının kullanılma oranı da %20’ye düşmüştür. Çizelge 4.15’de, 4,00 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.20’de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.15. Set gerilimi-8 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
4,00	4,26 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	a
		f
		-
		-
		-
		-

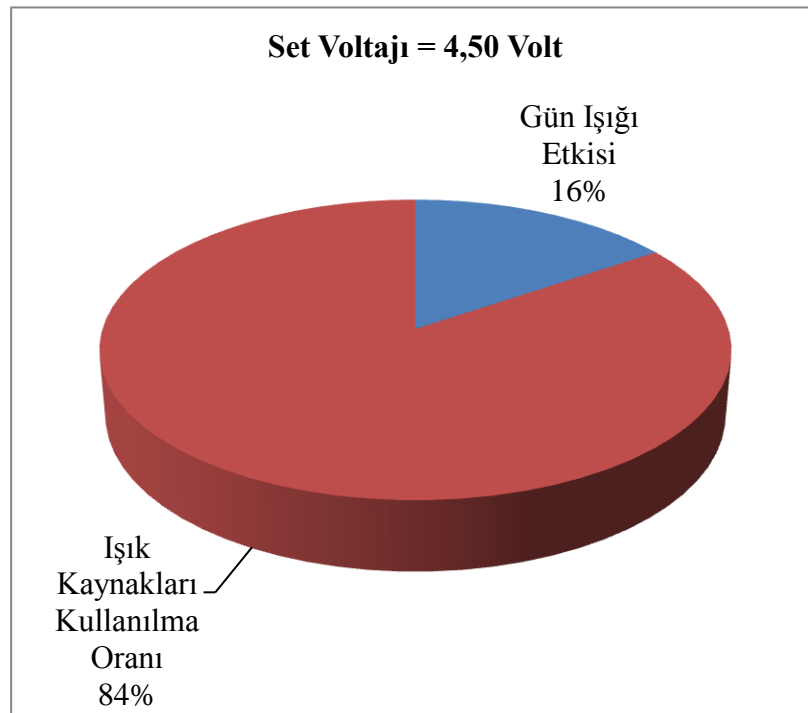


Şekil 4.20. Test-8, gün ışığı yararlanma oranı.

Set değerinin 4,00 Volt değerinde, ışık kaynaklarının kullanılma oranı %84'e ulaşmış ve gün ışığının kullanılma oranı da %16'ya düşmüştür. Çizelge 4.16'da, 4,50 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.21'de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.16. Set gerilimi-9 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
4,50	4,51 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	c
		f
		-
		-
		-
		-

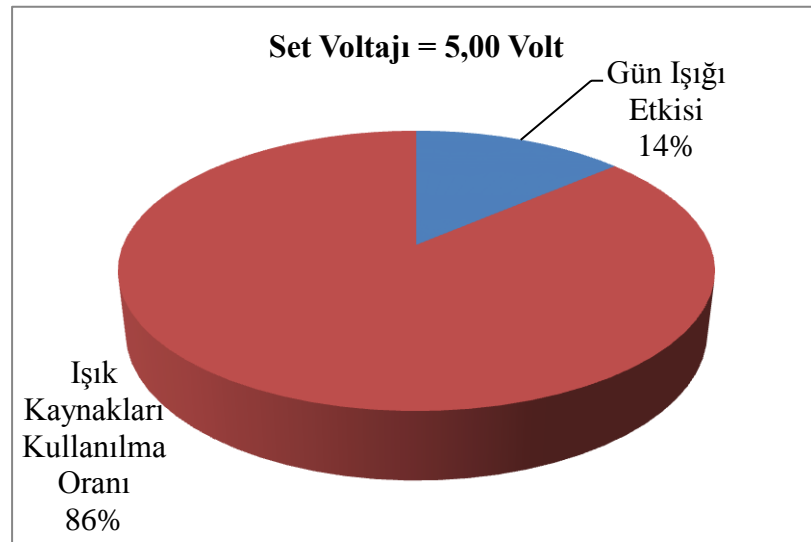


Şekil 4.21. Test-9, gün ışığı yararlanma oranı.

Set değerinin 4,50 Volt değerinde, ışık kaynaklarının kullanılma oranı %84'e ulaşmış ve gün ışığının kullanılma oranı da %16'ya düşmüştür. Buradan da anlaşılmaktadır ki, Şekil 4.20'deki ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları ile Şekil 4.21'deki oranlar değişmemiştir. Bu da kusuratlar mertebesinde bir değişim olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Çizelge 4.17'de, 5,00 Volt set gerilimi için devreye alınan ışık kaynakları görülürken, Şekil 4.22'de, bu set değeri için ışık kaynakları ve gün ışığı kullanılma oranları yer almaktadır.

Çizelge 4.17. Set gerilimi-10 testi sonuçları.

Set (Ayar) Gerilimi (Volt DC)	Sensör Okuma Gerilimi (Volt DC)	Devrede Olan Işık Kaynakları
5,00	5,11 (Gün ışığı : 0,70 Volt)	a
		d
		f
		-
		-
		-

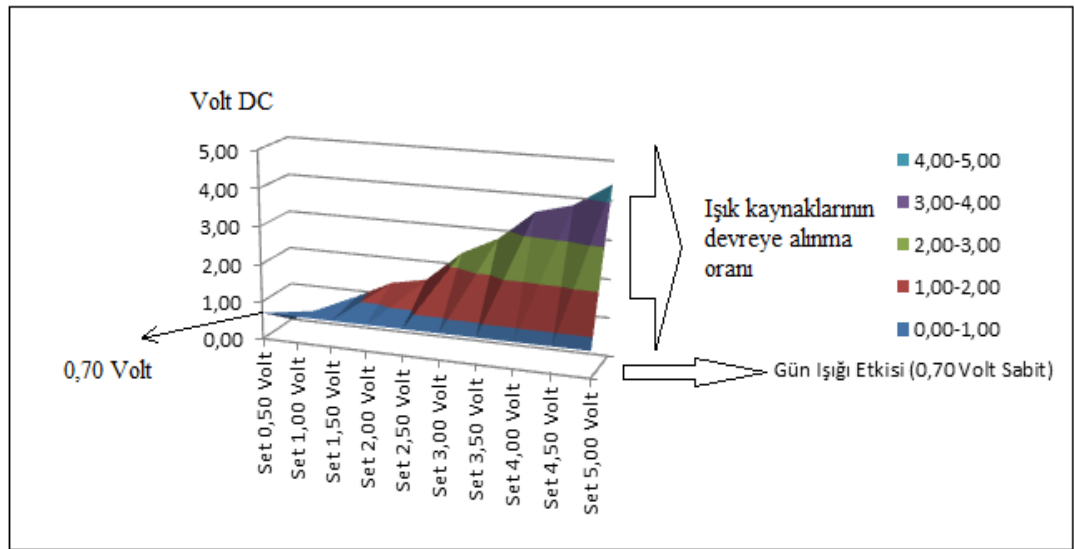


Şekil 4.22. Test-10, gün ışığı yararlanma oranı.

Yukarıdaki çizelge ve şekillerden de anlaşıldığı üzere, kararlılık sağlanıp belli ışık kaynakları devreye alındıktan ya da devreden çıkartıldıktan sonra, set gerilimi

ile sensör okuma gerilimi arasındaki fark, program kararlılığının mümkün kıldığı ölçüde azalmaktadır. Bu farkın daha da azaltılması gerçek uygulamalarda mümkündür. Işık kaynaklarının gerilimlerinin birbirlerine çok yakın seçilmesi, seçilen sensörün kararlılık ve hassasiyet derecesi, ortam koşulları vb. unsurlar söz konusu farkın azaltılmasına ve sistemin daha kararlı çalışmasına etki etmektedir.

Şekil 4.22’de, ışık kaynaklarının kullanılma oranı %86 olurken, gün ışığından faydalanma oranı ise %14 değerlerine kadar düşmüştür. Şekil 4.23’de, farklı set değerlerinde gün ışığı ve ışık kaynakları etkilerinin ne oranda değişim gösterdiği ifade edilmektedir.



Şekil 4.23. Set gerilimine bağlı olarak ışık kaynağı etkisi.

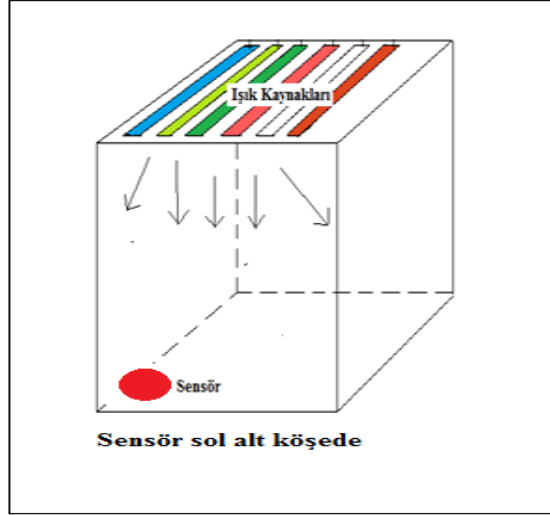
Görüldüğü üzere, set değerinin artış göstermesiyle birlikte, gün ışığının alansal oranı azalırken, ışık kaynaklarının kullanım oranında artış göze çarpmaktadır. Bu bağlamda, gün ışığının alımı ne kadar fazla ise söz konusu oranlarında bu alıma bağlı olarak değişim gösterecektir.

4.4. Sensör Pozisyonuna Bağlı Verimlilik Değişimi

Tez çalışmasında kullanılan sensörün uygulama maketi içindeki pozisyonunun değişimine bağlı olarak elde edilen ölçüm değerleri analiz edilmiştir. Beş farklı noktadan ölçüm değerleri alınmış ve değerlendirilmiştir.

4.4.1. Sensör pozisyonu-1:

Sensör pozisyonu, ilk olarak maket tabanında Şekil 4.24’ de görüldüğü gibi konumlandırılmıştır. Sensörün pozisyonunun değiştirilmesi, algılama gerilimini ve ışık kaynaklarından yayılan ışınların sensörde oluşturdukları gerilim değerlerini dolayısıyla PLC programına kayıt edilen veri tabanı gerilim değerlerini tamamen değiştirmektedir.



Şekil 4.24. Sensör pozisyonunun birinci test durumu.

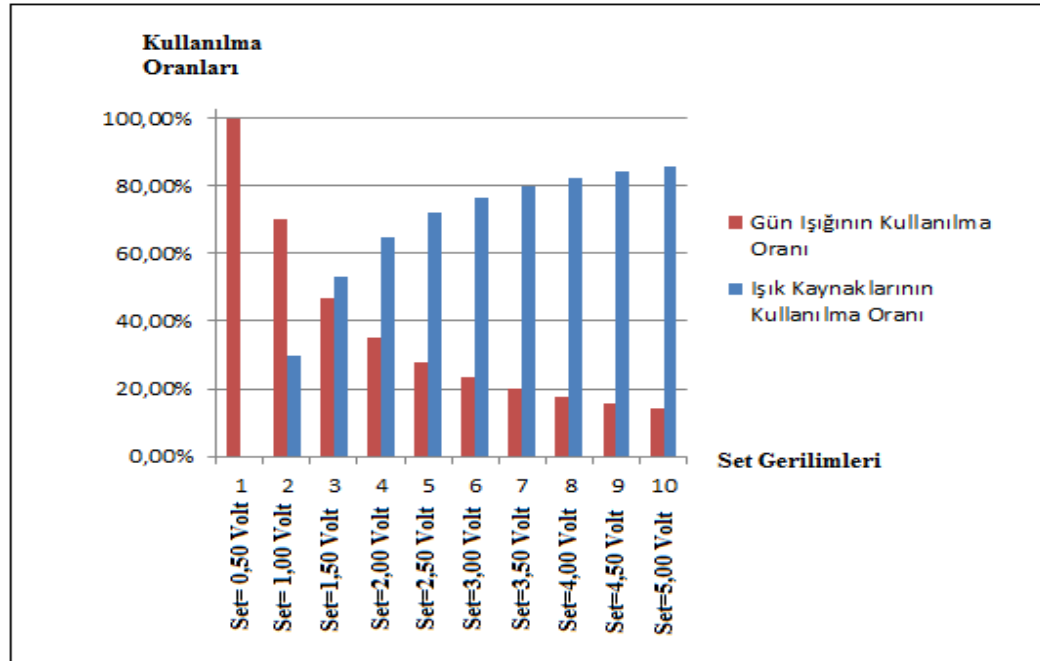
Sensör, Şekil 4.24’de görüldüğü pozisyonda iken alınan ölçüm değerleri Çizelge 4.18’de görüldüğü gibidir. Bu pozisyonda sensörün gün ışığı algılama gerilimi 0,70 Volt olarak ölçülmüştür. Aynı zamanda mevcut PLC programında kayıtlı veri tabanı gerilim değerleri de, sensörün bu pozisyonu için geçerlilik kazanmaktadır.

Sensör pozisyonu değiştirildiği takdirde, ışık kaynaklarının bağımsız ve kombinasyonel ölçüm sonuçları da değişmektedir. Bu da, PLC programının veri tabanının da değişmesi gerektiği anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, sistemden optimum çalışma performansı elde edilebilmesi için çok farklı noktalara sensör yerleştirilmesi ve sensör algılama gerilimi olarak bu noktalardan alınan ölçüm değerlerinin aritmetik ortalamasının alınması gerekmektedir. Ayrıca, sisteme veri tabanı olarak kayıt edilmesi gereken gerilimler de aynı metodla elde edilmeli ve PLC veri tabanının tüm noktalara en küçük hata toleransı ile oluşturulması sağlanmalıdır. Çizelge 4.18’de sensörün ilk pozisyonuna dair verileri mevcuttur.

Çizelge 4.18. Sensörün birinci pozisyon testi sonuçları.

Sensörün Gün Işığı Algılama Gerilimi (Volt)	Set Gerilimi (Volt)	Devreye Alınan Işık Kaynaklarının Toplam Gerilimi (Volt)	Gün Işığının Kullanılma Gerilimi (Volt)	Işık Kaynaklarının Kullanılma Oranı	Gün Işığının Kullanılma Oranı
0,70	0,50	0,00	0,70	0,00%	100,00%
	1,00	0,30	0,70	30,00%	70,00%
	1,50	0,80	0,70	53,33%	46,67%
	2,00	1,30	0,70	65,00%	35,00%
	2,50	1,80	0,70	72,00%	28,00%
	3,00	2,30	0,70	76,67%	23,33%
	3,50	2,80	0,70	80,00%	20,00%
	4,00	3,30	0,70	82,50%	17,50%
	4,50	3,80	0,70	84,44%	15,56%
	5,00	4,30	0,70	86,00%	14,00%

Çizelge 4.18’ de görülen değerleri Şekil 4.25’deki gibi grafik haline dönüştürmek mümkündür.



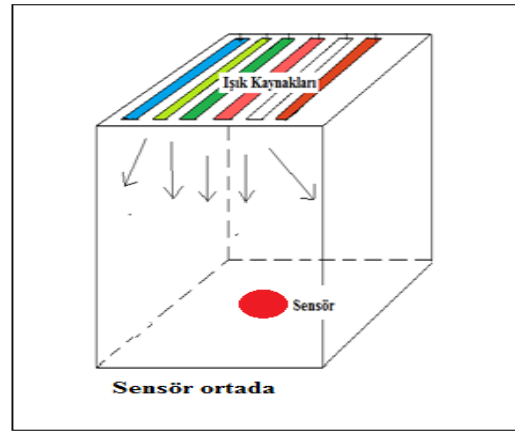
Şekil 4.25. Sensörün birinci pozisyon analizi grafiği.

Buradan da anlaşılmaktadır ki, sensörün Şekil 4.24’deki pozisyonunda, 0,50 Volt’luk adımlarla ilerlendiğinde ilk on iterasyonda gün ışığının etkisi

sıfırlanmamaktadır. Sensör bu pozisyonda monte edildiğinde gün ışığından algıladığı gerilim 0,70 Volt olarak kayıt edilmiştir.

4.4.2. Sensör pozisyonu-2:

Sesörün Şekil 4.26'daki konuma alınması durumunda gün ışığından algılanan gerilim değeri artmış ve 1,05 Volt olarak ölçülmüştür.

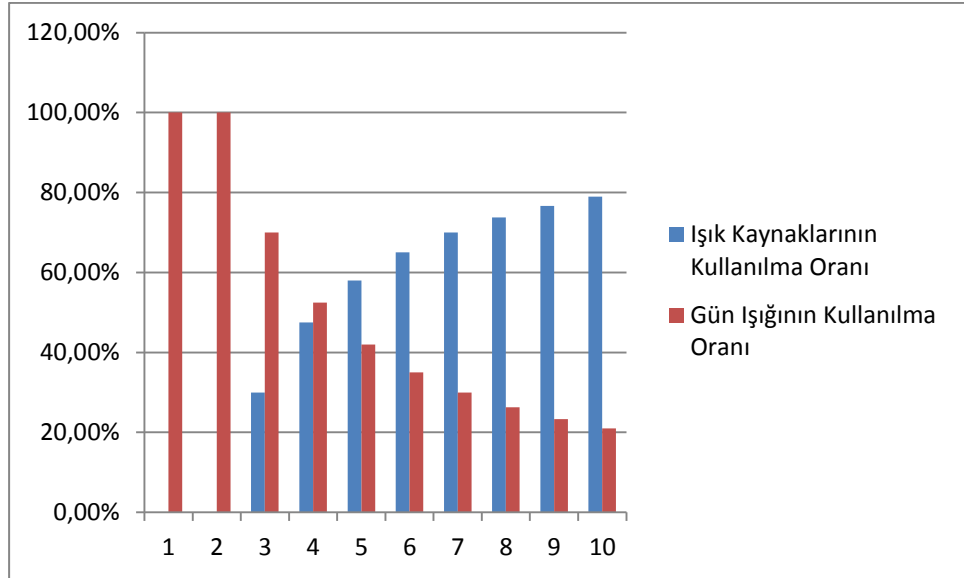


Şekil 4.26. Sensör pozisyonunun ikinci test durumu.

Bu konumda elde edilen ölçüm sonuçları ve gün ışığından yararlanma oranlarının aynı set değerleri için sonuçları Çizelge 4.19'da oluşturulmuştur.

Çizelge 4.19. Sensörün ikinci pozisyon testi sonuçları.

Sensörün Gün Işığı Algılama Gerilimi (Volt)	Set Gerilimi (Volt)	Devreye Alınan Işık Kaynaklarının Toplam Gerilimi (Volt)	Gün Işığının Kullanılma Gerilimi (Volt)	Işık Kaynaklarının Kullanılma Oranı	Gün Işığının Kullanılma Oranı
1,05	0,50	0,00	1,05	0,00%	100,00%
	1,00	0,00	1,05	0,00%	100,00%
	1,50	0,45	1,05	30,00%	70,00%
	2,00	0,95	1,05	47,50%	52,50%
	2,50	1,45	1,05	58,00%	42,00%
	3,00	1,95	1,05	65,00%	35,00%
	3,50	2,45	1,05	70,00%	30,00%
	4,00	2,95	1,05	73,75%	26,25%
	4,50	3,45	1,05	76,67%	23,33%
	5,00	3,95	1,05	79,00%	21,00%

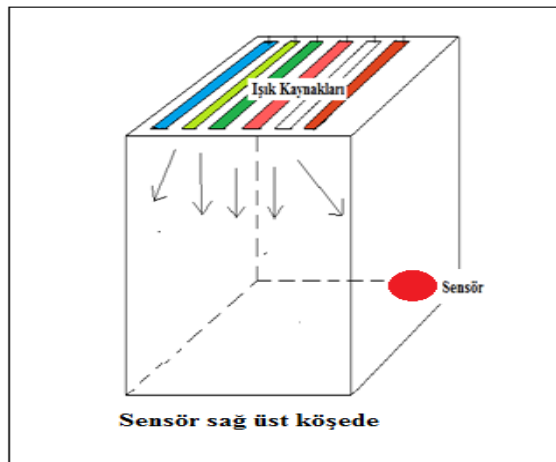


Şekil 4.27. Sensörün ikinci pozisyon analizi grafiği.

Şekil 4.27’de görüldüğü gibi, sensör pozisyonunun değişmesi sonucuna bağlı olarak, gün ışığı algılama geriliminin artış göstermesi, set değerlerindeki 0,50 Volt’luk adımlardaki ilk on iterasyon için ışık kaynaklarındaki kullanım oranını pozisyon-1’e göre %8 oranında düşürmüştür.

4.4.3. Sensör pozisyonu-3:

Sensörün Şekil 4.28’deki konuma alınması durumunda gün ışığından algılanan gerilim değeri azalmış ve 0,50 Volt olarak ölçülmüştür.

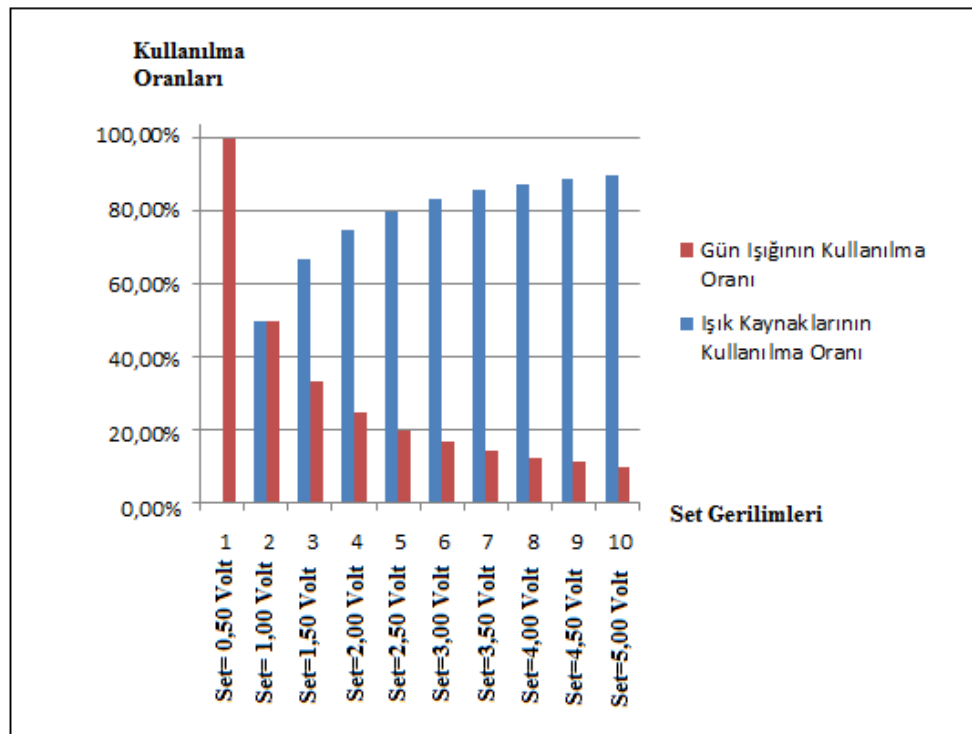


Şekil 4.28. Sensör pozisyonunun üçüncü test durumu.

Bu konumda elde edilen ölçüm sonuçları ve gün ışığından yararlanma oranlarının aynı set değerleri için sonuçları Çizelge 4.20’de oluşturulmuştur.

Çizelge 4.20. Sensörün üçüncü pozisyon testi sonuçları.

Sensörün Gün Işığı Algılama Gerilimi (Volt)	Set Gerilimi (Volt)	Devreye Alınan Işık Kaynaklarının Toplam Gerilimi (Volt)	Gün Işığının Kullanılma Gerilimi (Volt)	Işık Kaynaklarının Kullanılma Oranı	Gün Işığının Kullanılma Oranı
0,50	0,50	0,00	0,50	0,00%	100,00%
	1,00	0,50	0,50	50,00%	50,00%
	1,50	1,00	0,50	66,67%	33,33%
	2,00	1,50	0,50	75,00%	25,00%
	2,50	2,00	0,50	80,00%	20,00%
	3,00	2,50	0,50	83,33%	16,67%
	3,50	3,00	0,50	85,71%	14,29%
	4,00	3,50	0,50	87,50%	12,50%
	4,50	4,00	0,50	88,89%	11,11%
	5,00	4,50	0,50	90,00%	10,00%

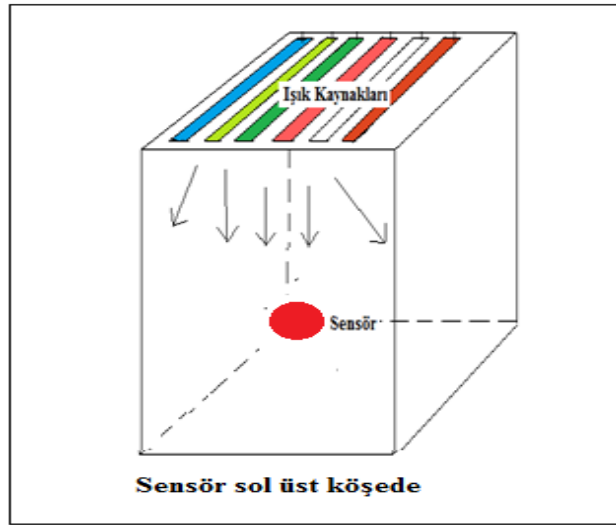


Şekil 4.29. Sensörün üçüncü pozisyon analizi grafiği.

Şekil 4.29’da görüldüğü gibi, sensör pozisyonunun değişmesi sonucuna bağlı olarak, gün ışığı algılama gerilimi azalmıştır. Buna bağlı olarak, gün ışığından yararlanma yüzdesinin de azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

4.4.4. Sensör pozisyonu-4:

Sesörün Şekil 4.30’daki konuma alınması durumunda gün ışığından algılanan gerilim değeri 0,30 Volt olarak ölçülmüştür.



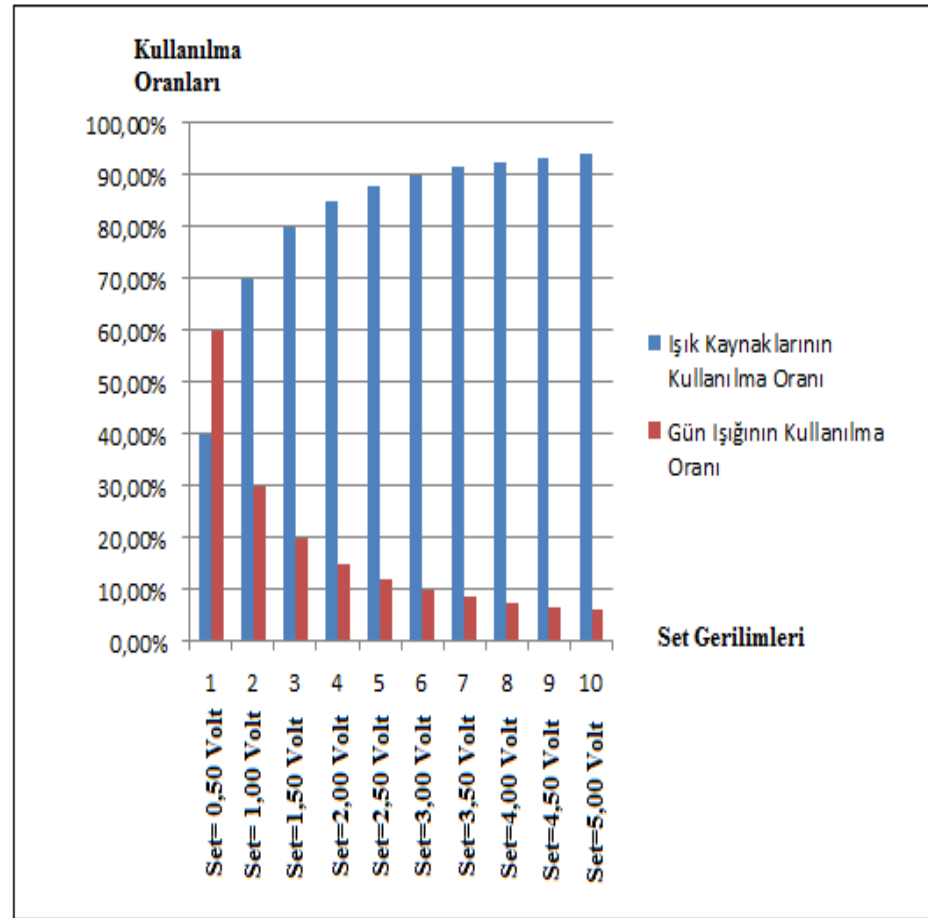
Şekil 4.30. Sensör pozisyonunun dördüncü test durumu.

Bu konumda elde edilen ölçüm sonuçları ve gün ışığından yararlanma oranlarının aynı set değerleri için sonuçları Çizelge 4.21’de oluşturulmuştur. Çizelge 4.21’den de görüleceği üzere, sensörün pozisyon-4 durumunda konumlandırılması ile algılama gerilimi 0,30 Volt olarak ölçülmüştür. Gün ışığının kullanılma oranının 0,50 Volt’luk adımlarla yapılan ilk on iterasyon içinde %100 değerine ulaşamadığı görülmüştür.

Benzer şekilde, pozisyon-4 durumunda set geriliminin 5 Volt değerine yaklaşmasıyla ışık kaynaklarının kullanılma oranının %90’ın üzerine çıktığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, gün ışığı kullanılma oranında %6 oranında seyrettiği gözlemlenmiştir. Aynı şartlarda, pozisyon-4 durumunun pozisyon-1, pozisyon-2, pozisyon-3 durumlarına göre daha az enerji tasarrufuna sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.21. Sensörün dördüncü pozisyon testi sonuçları.

Sensörün Gün Işığı Algılama Gerilimi (Volt)	Set Gerilimi (Volt)	Devreye Alınan Işık Kaynaklarının Toplam Gerilimi (Volt)	Gün Işığının Kullanılma Gerilimi (Volt)	Işık Kaynaklarının Kullanılma Oranı	Gün Işığının Kullanılma Oranı
0,30	0,50	0,20	0,30	40,00%	60,00%
	1,00	0,70	0,30	70,00%	30,00%
	1,50	1,20	0,30	80,00%	20,00%
	2,00	1,70	0,30	85,00%	15,00%
	2,50	2,20	0,30	88,00%	12,00%
	3,00	2,70	0,30	90,00%	10,00%
	3,50	3,20	0,30	91,43%	8,57%
	4,00	3,70	0,30	92,50%	7,50%
	4,50	4,20	0,30	93,33%	6,67%
	5,00	4,70	0,30	94,00%	6,00%

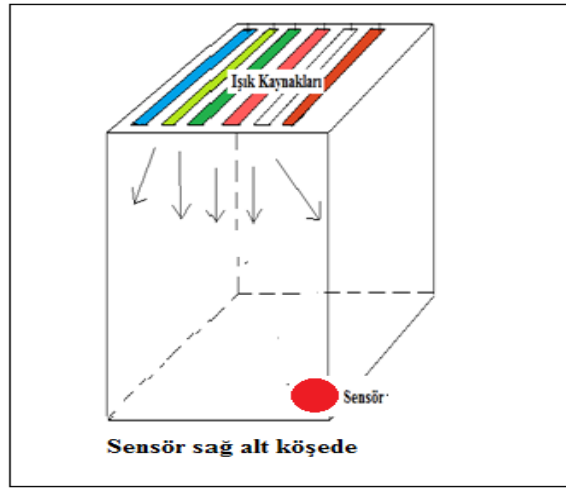


Şekil 4.31. Sensörün dördüncü pozisyon analizi grafiği.

Şekil 4.31’de görüldüğü gibi, sensör pozisyonunun değişmesi sonucuna bağlı olarak, gün ışığı algılama gerilimi azalmıştır. Buna bağlı olarak, gün ışığından yararlanma yüzdesinin de azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

4.4.5. Sensör pozisyonu-5:

Sesörün Şekil 4.32’deki konuma alınması durumunda gün ışığından algılanan gerilim değeri 0,65 Volt olarak ölçülmüştür.



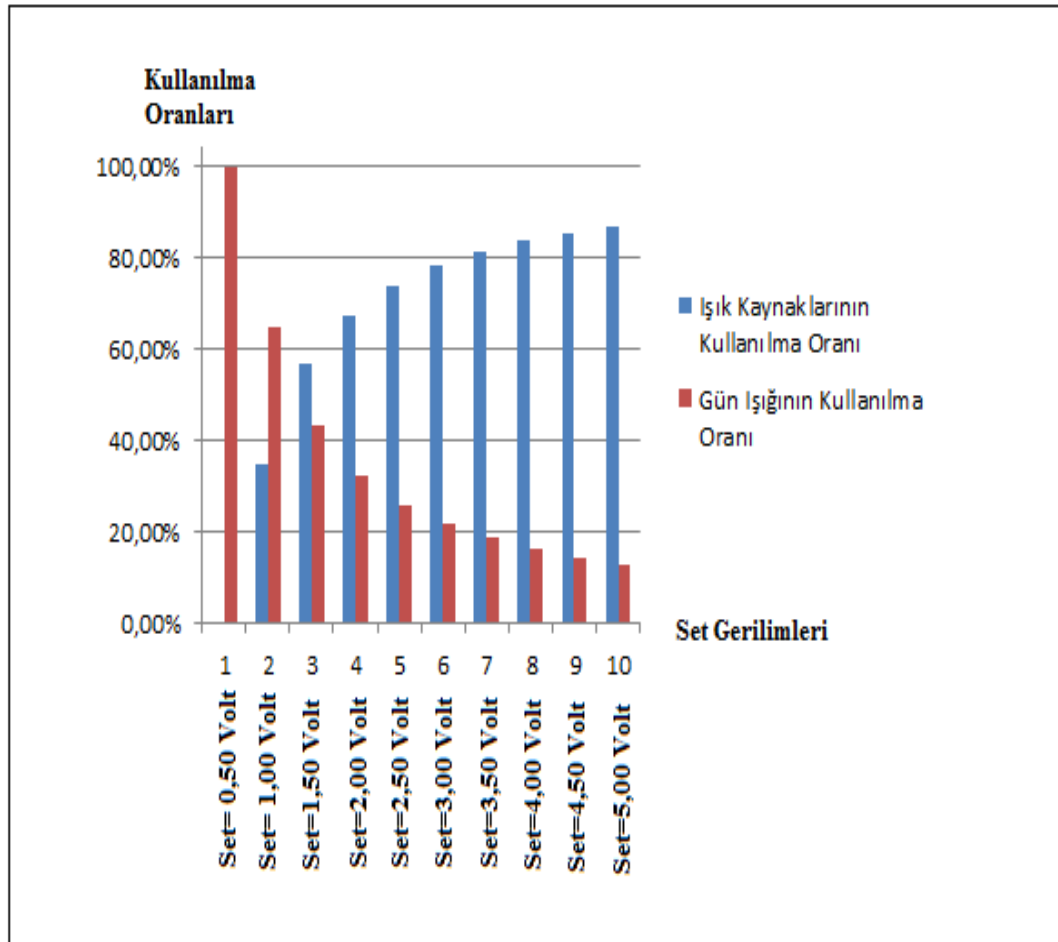
Şekil 4.32. Sensör pozisyonunun beşinci test durumu.

Bu konumda elde edilen ölçüm sonuçları ve gün ışığından yararlanma oranlarının aynı set değerleri için sonuçları Çizelge 4.22’de oluşturulmuştur. Bu konumda elde edilen ölçüm sonuçları ve gün ışığından yararlanma oranlarının aynı set değerleri için sonuçları Çizelge 4.22’de oluşturulmuştur.

Çizelge 4.22’den de görüleceği üzere, sensörün pozisyon-5 durumunda konumlandırılması ile algılama gerilimi 0,65 Volt olarak ölçülmüştür. Gün ışığının kullanılma oranının 0,50 Volt’luk adımlarla yapılan ilk on iterasyon içinde %100 değerine ilk adımda ulaştığı görülmüştür. Pozisyon-5 durumunda set geriliminin 5 Volt değerine yaklaşmasıyla ışık kaynaklarının kullanılma oranının %90’ın altında çıktığı görülmüştür. Buna bağlı olarak, gün ışığı kullanılma oranının %13 oranında seyrettiği gözlemlenmiştir. Çizelge 4.22 ve Şekil 4.33’de oransal karşılaştırmalar görülmektedir.

Çizelge 4.22. Sensörün beşinci pozisyon testi sonuçları.

Sensörün Gün Işığı Algılama Gerilimi (Volt)	Set Gerilimi (Volt)	Devreye Alınan Işık Kaynaklarının Toplam Gerilimi (Volt)	Gün Işığının Kullanılma Gerilimi (Volt)	Işık Kaynaklarının Kullanılma Oranı	Gün Işığının Kullanılma Oranı
0,65	0,50	0,00	0,65	0,00%	100,00%
	1,00	0,35	0,65	35,00%	65,00%
	1,50	0,85	0,65	56,67%	43,33%
	2,00	1,35	0,65	67,50%	32,50%
	2,50	1,85	0,65	74,00%	26,00%
	3,00	2,35	0,65	78,33%	21,67%
	3,50	2,85	0,65	81,43%	18,57%
	4,00	3,35	0,65	83,75%	16,25%
	4,50	3,85	0,65	85,56%	14,44%
	5,00	4,35	0,65	87,00%	13,00%



Şekil 4.33. Sensörün beşinci pozisyon analizi grafiği.

5. SONUÇLAR

İnsanların yaşadığı ortamlarda bulunan aydınlık ve renk düzeyi, insan psikolojisini etkilediği gibi, çalışma verimini de arttırabilmektedir. Bu bağlamda; mekânlarda aydınlatma ve renk düzeyinin istenilen düzeye çekilmesinin hızlı, pratik ve kolay bir yolunun olması zamandan, enerjiden ve personelden tasarruf sağlamaktadır.

Tez uygulamasında, maket bir ortam ya da mekân oluşturulmuştur. Maket bir oda içindeki aydınlık ve renk seviyelerinin toplamı sensör vasıtası ile ölçülerek, bu sensörün ölçümü ile istenilen renk ve aydınlık düzeyi ile ortamdaki renk ve aydınlık düzeyinin karşılaştırılması sağlanmıştır. Gerçekleştirilen bu karşılaştırma ile renksel olarak eksik görülen renklerin telafisi ile renksel geriverimin arttırılması amaçlanmıştır. Renksel geriverimin arttırılması ile daha az ışık akısı ile aydınlatmanın gerçekleştirilebilmesinden dolayı, aydınlatma verimliliğinde de artış gerçekleştirilmiştir.

Uygulamada görüleceği üzere, istenilen aydınlatma ve renksel geriverim düzeyleri için istenilen set gerilimine göre ortam geriliminin karşılaştırılması sağlanmış, set değerine hızlıca geçişler yapılabileceği anlaşılmıştır. Maket tavanına yerleştirilen led ışık kaynaklarının, belirlenen amaç doğrultusunda hazırlanan PLC programı sayesinde devreye girmesi ve tekrar devreden çıkması sağlanmıştır. PLC programı aynı zamanda insanlar için istenilen ortam koşullarını, kendi isteklerine göre kontrol edebilme imkânını sağlayacak olan otomasyon sisteminin temelini oluşturmaktadır.

Tez uygulamasında, PLC mantık denetleyicisinin giriş kartlarına on bitlik sayısal veriler gönderilmiştir. Söz konusu sayısal veriler, analog sayısal dönüşümü yapan hassas dönüştürme devrelerinden elde edilmiştir. Bu devrelerin içeriğinde PIC mikrodenetleyici kullanılmıştır. Analog sayısal dönüştürücü devrelerinin bir tanesi set olarak girilen analog gerilim değerini, diğeri ise sensör vasıtasıyla okunan ortamın analog gerilim değerini sayısal forma dönüştürmektedir. Analog sayısal dönüştürme devrelerinde kullanılan PIC16F877A entegresi ile çok sayıda giriş çıkış uçları elde edilmiştir. Çok sayıda çıkışa ihtiyaç duyulduğu için iki farklı analog dönüştürme kartı tasarlanmış ve iki ayrı programlama entegresi kullanılmıştır. Analog sayısal dönüştürme devrelerinde elde edilen sayısal veriler 5 Volt DC'dir. Bu sayısal verilerin irtibatlanacağı PLC giriş kartlarının aktive edilme gerilimi ise 24 Volt DC'dir. Bu

nedenle, 5 Volt DC değerinin 24 Volt DC değrine çıkarılması için ULN2803 entegresi kullanılmıştır. ULN2803 entegresinin “com” olarak tanımlı ucuna verilen referans gerilimi sayesinde, girişlerine uygulanan gerilimler çıkışlarından referans gerilimi büyüklüğünde elde edilmektedir. Analog sayısal dönüştürme kartlarında set gerilimini tanımlayabilmek için tek turlu potansiyometre kullanılmıştır. Bu potansiyometrenin uçlarına 9 Volt DC gerilime sahip bir üreteçten elde edilen kaynak gerilimi uygulanmıştır.

Uygulamada, iki adet DC güç kaynağı kullanılmıştır. Bu güç kaynaklarından bir tanesinden 12 Volt DC gerilim, diğerinden ise 24 Volt DC gerilim elde edilmiştir. Kullanılan ışık kaynaklarının besleme gerilimleri 12 Volt DC güç kaynağından karşılanmış, 24 Volt DC güç kaynağı ise PLC cihazının giriş kartlarındaki aktivasyon gerilimi için kullanılmıştır.

Yapılan ölçümlerde elde edilen gerilim değerleri ve enerji tasarrufunun sensörün pozisyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği sonucuna varılmıştır. Beş farklı noktadan alınan ölçüm değerlerinde, sensör pozisyonunun ışık kaynaklarına yaklaşması ile okunan gerilim değerinin artış gösterdiği ve daha az ışık kaynağını devreye alınması ile kompanse edildiği görülmüştür. Bu bağlamda, verimlilik ve aydınlatma kalitesinde en optimum çözümün, mümkün olduğunca fazla sensör kullanılması ve her birinden elde edilen gerilim değerlerinin aritmetik ortalamasının alınması elde edilen gerilim değerinin esas kabul edilmesi olduğu saptanmıştır.

Bu tez çalışmasında, en uygun sensör pozisyonunun tespiti için yapılan çok noktalı analiz sonucunda, ışık kaynaklarının tamamının görülebileceği ve gün ışığının en fazla alınabileceği noktanın en verimli nokta olacağı görülmüştür. Bu nedenle, maket uygulamasındaki mevcut sensör pozisyonunun en uygun pozisyon olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, kullanılan sensörün ölçüm kararlılığının bu tür uygulamalarda çok önemli bir faktör olduğu gözlemlenmiştir. PLC cihazının, çıkışlarını kontrol etmesindeki kararlılığının tamamen kullanılan sensörün kararlı olmasına bağımlı olarak değiştiği görülmüştür. Kullanılan sensörün hassas olması ile birlikte kararlı olmasına da dikkat edilmesi gerektiği tespitine varılmıştır.

Kullanılan sensörün kararlılığı, sensör üzerine düşen ışık ışınlarının yoğunluğundaki değişimler için sensörün verdiği gerilimdeki düzenlilik anlamına gelmektedir. Bu düzenlilik ne kadar devamlılık arz ederse, sistemin kararlılığı o kadar fazla olmaktadır. Renk ve aydınlık düzeyi büyüklüklerinin toplamının gerilim olarak ifade edildiği sistemin kararlı olarak çalışması, bu gerilim değerinin belli aralıklarda (benzer aydınlatma düzeylerinde) sabit kalmasına bağlıdır.

PLC cihazının çıkışları “on/off” anahtarlama mantığıyla çalışmakta olup, girişlerdeki değişimler çıkışlara direkt olarak etki etmektedir. Bu bağlamda, girişlerin hızlıca değişimleri çıkışlarda hızlı ve kararsız sinyallere neden olmaktadır. Bu tez çalışmasındaki PLC girişleri, ADC devrelerinden gelen 10 bit uzunluğundaki verilerle oluşturulmuştur. ADC devrelerinin analog girişlerindeki minimum değişimlerin, PLC girişlerinde çok büyük ve hızlı değişimler oluşturduğu görülmüştür. Bu durumun da sistem kararlılığında etkili olduğu yapılan ölçüm sonuçlarından anlaşılmıştır.

Bu çalışmada; kaliteli bir aydınlatma, enerji tasarrufu, isteğe bağlı konfor koşullarının oluşturulması için PLC yazılımıyla uygun bir otomasyon sistemi yapılmıştır. Bu tasarımın gerçek kapalı alan uygulamaları için bir fikir oluşturması, geliştirilerek iyi bir tasarıma giden yolda bir temel teşkil etmesi, faydalı projelere dönüştürülmesi, insanların hizmetine sunulan en verimli aydınlatma otomasyonları için ilham olması hedeflenmektedir. Çalışmanın, renksel geriverimin tespitine yönelik olarak devam ettirilmesi hedeflenmektedir.

6. EKLER

6.1. PIC Assembly İle Analog Sayısal Devresi Program Kodu:

```

SIFIR EQUU H"3F"
BİR EQUU H"06"
İKİ EQUU H"5B"
ÜÇ EQUU H"4F"
DÖRT EQUU H"66"
BEŞ EQUU H"6D"
ALTI EQUU H"7D"
YEDİ EQUU H"07"
SEKİZ EQUU H"7F"
DOKUZ EQUU H"6F"
:-----
DEGER EQUU H"0020"
DEGERH EQUU H"0021"
DEGERL EQUU H"0022"
DEGER3 EQUU H"0023"
SAYI1 EQUU H"0024"
SAYI2 EQUU H"0025"
SAYI3 EQUU H"0026"
SAYI4 EQUU H"0027"
D1 EQUU H"0028"
D2 EQUU H"0029"
D3 EQUU H"002A"
D4 EQUU H"002B"
KÜÇÜK_OLAN EQUU H"002C"
BÜYÜK_OLAN EQUU H"002D"
TEMP EQUU H"002E"
BEKLEM EQUU H"002F"
TOPLA1 EQUU H"0034"
TOPLA2 EQUU H"0035"
TOPLA3 EQUU H"0036"
:-----
ORG 00H
GOTO START
:-----
START
    CLEARF PORTA
    CLEARF PORTB
    CLEARF PORTC
    CLEARF PORTD
    CLEARF DEGER
    CLEARF DEGERH
    CLEARF DEGERL
    CLEARF DEGER3
    CLEARF SAYI1
    CLEARF SAYI2
    CLEARF SAYI3
    CLEARF SAYI4
    CLEARF D1
    CLEARF D2
    CLEARF D3
    CLEARF D4
    CLEARF KÜÇÜK_OLAN
    CLEARF BÜYÜK_OLAN

    CLEARF TEMP
    CLEARF BEKLEM
    MOVE_LW B"01000001"
    MOVE_WF ADCON0
    BSF STATUS,RP0
    MOVE_LW B"11111111"
    MOVE_WF TRISA^80H
    CLEARF TRISB^80H
    CLEARF TRISC^80H
    CLEARF TRISD^80H
    CLEARF TRISE^80H

    MOVE_LW B"10001111"
    MOVE_WF ADCON1
    MOVE_LW H"00"
    MOVE_WF CMCON
    MOVE_LW B"10000111"
    MOVE_WF OPTION_REG
    BCF STATUS,RP0
    GOTO ANA
:-----
ADC
    MOVE_LW ,250
    MOVE_WF TEMP
ADBEKLE
    DECFSZ TEMP,F
    GOTO ADBEKLE
    MOVE_LW ,250
    MOVE_WF TEMP
ADBEK2
    DECFSZ TEMP,F
    GOTO ADBEK2
    BSF ADCON0,GO :Analog-
Sayısal Dönüşüme Başla
TARA
    BTFSC ADCON0,GO
    GOTO TARA

    BSF STATUS,RP0
    MOVE_F ADRESL,W
    BCF STATUS,RP0
    MOVE_WF DEGERL
    MOVE_F ADRESH,W
    MOVE_WF DEGERH
    RETURN
:-----
KODLA
    ADDWF PCL,1
    RETLW SIFIR
    RETLW BİR
    RETLW İKİ
    RETLW ÜÇ
    RETLW DÖRT

```

```

    RETLW BEŞ
    RETLW ALTI
    RETLW YEDİ
    RETLW SEKİZ
    RETLW DOKUZ
:-----
BEKLE
    MOVE_LW    ,10

    MOVE_WF    BÜYÜK_OLAN
D11
    MOVE_LW    ,150
    MOVE_WF    KÜÇÜK_OLAN
D22
    DECFSZ     KÜÇÜK_OLAN,F
    GOTO D22
    DECFSZ     BÜYÜK_OLAN,F
    GOTO D11
    RETURN
:-----
HESAP
    MOVE_LW    ,0
    MOVE_WF    SAYI1
    MOVE_WF    SAYI2
    MOVE_WF    SAYI3
    MOVE_WF    SAYI4
HES
    MOVE_LW    ,100
    SUBWFDEGER,W
    BTFSS STATUS,C
    GOTO HES1
    MOVE_LW    ,100
    SUBWFDEGER,F
    INCF SAYI2,F
    GOTO HES
HES1
    MOVE_LW    ,10
    SUBWFDEGER,W
    BTFSS STATUS,C
    GOTO HES2
    MOVE_LW    ,10
    SUBWFDEGER,F
    INCF SAYI3,F
    GOTO HES1
HES2
    MOVE_LW    ,1
    SUBWFDEGER,W
    BTFSS STATUS,C
    GOTO HESSON
    MOVE_LW    ,1
    SUBWFDEGER,F
    INCF SAYI4,F
    GOTO HES2
HESSON
    RETURN
:-----
ANA
    CALL ADC

    MOVE_F     DEGERL,W
    MOVE_WF    DEGER
    CALL HESAP
    CALL HESAP2
    MOVE_F     SAYI1,W
    MOVE_WF    D1
    MOVE_F     SAYI2,W
    MOVE_WF    D2
    MOVE_F     SAYI3,W
    MOVE_WF    D3
    MOVE_F     SAYI4,W
    MOVE_WF    D4
    CALL DISPTARA
    MOVE_F     DEGERL,W
    MOVE_WF    PORTB
    MOVE_F     DEGERH,W
    MOVE_WF    PORTE
    GOTO ANA
:-----
DISPTARA
    BSF PORTC,0
    BSF PORTC,1
    BSF PORTC,2
    BSF PORTC,3
    MOVE_LW    ,0
    SUBWFD1,W
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO DIS0
    GOTO TEST1
DIS0
    BSF PORTC,1
    BSF PORTC,2
    BSF PORTC,3
    BCF PORTC,0
    MOVE_F D1,W
    CALL KODLA
    MOVE_WF PORTD
    CALL BEKLE
    BSF PORTC,0
    GOTO DIS1
:-----
TEST1
    MOVE_LW    ,0
    SUBWFD2,W
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO DIS1
    GOTO TEST2
DIS1
    BSF PORTC,2
    BSF PORTC,3
    BCF PORTC,1
    MOVE_F D2,W
    CALL KODLA
    MOVE_WF PORTD
    CALL BEKLE
    BSF PORTC,1
    GOTO DIS2
:-----

```

```

TEST2
    MOVE_LW    ,0
    SUBWFD3,W
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO DIS2
    GOTO DIS3
DIS2
    BSF PORTC,0
    BSF PORTC,3
    BCF PORTC,2
    MOVE_F D3,W
    CALL KODLA
    MOVE_WF PORTD
    CALL BEKLE
    BSF PORTC,2
    GOTO DIS3
:-----
DIS3
    BSF PORTC,0
    BSF PORTC,1
    BCF PORTC,3
    MOVE_F D4,W
    CALL KODLA
    MOVE_WF PORTD
    CALL BEKLE
    BSF PORTC,3
:-----
    RETURN
HESAP2
    MOVE_LW    ,0
    SUBWFDEGERH,W
    BTFSC STATUS,Z
    RETURN
    BTFSC DEGERH,0
    GOTO YAZ256
DEVAM
    BTFSC DEGERH,1
    GOTO YAZ512
    RETURN
SONUC
    MOVE_LW    ,10
    SUBWFSAYI4,W
    BTFSC STATUS,C
    CALL BUYUK
    MOVE_LW    ,10
    SUBWFSAYI3,W
    BTFSC STATUS,C
    CALL BUYUK1
    MOVE_LW    ,10
    SUBWFSAYI2,W
    BTFSC STATUS,C
    CALL BUYUK2
    RETURN
BUYUK
    MOVE_WF    SAYI4
    INCF SAYI3,F
    RETURN
BUYUK1
    MOVE_WF    SAYI3
    INCF SAYI2,F
    RETURN
BUYUK2
    MOVE_WF    SAYI2
    INCF SAYI1,F
    RETURN
YAZ256
    MOVE_LW    ,2
    ADDWF      SAYI2,F
    MOVE_LW    ,5
    ADDWF      SAYI3,F
    MOVE_LW    ,6
    ADDWF      SAYI4,F
    CALL SONUC
    GOTO DEVAM
YAZ512
    MOVE_LW    ,5
    ADDWF      SAYI2,F
    MOVE_LW    ,1
    ADDWF      SAYI3,F
    MOVE_LW    ,2
    ADDWF      SAYI4,F
    CALL SONUC
    RETURN
END

```

6.2. Analog Sayısal Devresi Makine Kodu:

```
:0200000040000FA
:1000000001288501860187018801A001A101A201C3
:10001000A301A401A501A601A701A801A901AA01A4
:10002000AB01AC01AD01AE01AF0141309F008316C1
:10003000FF30850086018701880189018F309F008C
:1000400000309C008730810083126A28FA30AE00AD
:10005000AE0B2828FA30AE00AE0B2C281F151F1946
:100060002F2883161E088312A2001E08A100080074
:1000700082073F3406345B344F3466346D347D344C
:1000800007347F346F340A30AD009630AC00AC0BCF
:100090004728AD0B452808000030A400A500A600A5
:1000A000A70064302002031C59286430A002A50A6E
:1000B00051280A302002031C61280A30A002A60A37
:1000C000592801302002031C69280130A002A70A28
:1000D0006128080026202208A0004C20B520240812
:1000E000A8002508A9002608AA002708AB007D2043
:1000F00022088600210889006A280714871407153A
:10010000871500302802031D8628902887140715BC
:1001100087150710280838208800432007149528E1
:1001200000302902031D95289E2807158715871082
:1001300029083820880043208714A32800302A0289
:10014000031DA328AC280714871507112A08382097
:10015000880043200715AC280714871487112B0843
:100160003820880043208715080000302102031939
:1001700008002118D428A118DC2808000A3027021A
:100180000318CB200A3026020318CE200A3025029D
:100190000318D1200800A700A60A0800A600A50A97
:1001A0000800A500A40A08000230A5070530A6072C
:1001B0000630A707BE20BB280530A5070130A607DB
:0801C0000230A707BE20080071
:02400E00323F3F
:00000001FF
```

6.3. PLC Cihazında Kullanılan Program Kodu:

LT0.00	LDNOT 1.05	anDLD
LDNOT 0.00	KEEP(11) hR1.05	ouT hR70.01
KEEP(11) hR0.00	LT1.06	LTP_On
LT0.01	LDNOT 1.06	ouT TR0
LDNOT 0.01	KEEP(11) hR1.06	CMP(20) hR55 DM2
KEEP(11) hR0.01	LT1.07	LTP_GT
LT0.02	LDNOT 1.07	oR P_EQ
LDNOT 0.02		anDLD
KEEP(11) hR0.02	ouT hR50.00	ouT hR57.02
LT0.03	LTTR0	LTTR0
LDNOT 0.03	anD P_LT	anD hR57.02
KEEP(11) hR0.03	ouT hR50.01	CMP(20) hR55 DM3
LT0.04	LTTR0	LTP_LT
LDNOT 0.04	anD P_EQ	oR P_EQ
KEEP(11) hR0.04	ouT hR50.02	anDLD
LT0.05	lThR50.02	ouT hR70.02
LDNOT 0.05	MOV(21) &0 hR55	LTP_On
KEEP(11) hR0.05	MOV(21) &0 hR56	ouT TR0
LT0.06	lThR50.00	CMP(20) hR55 DM3
LDNOT 0.06	SBB(51) hR1 hR0 hR55	LTP_GT
KEEP(11) hR0.06	LTP_On	oR P_EQ
LT0.07	ouT TR0	anDLD
LDNOT 0.07	CMP(20) hR55 DM0	ouT hR57.03
KEEP(11) hR0.07	LTP_GT	LTTR0
LT0.08	oR P_EQ	anD hR57.03
LDNOT 0.08	anDLD	CMP(20) hR55 DM4
KEEP(11) hR0.08	ouT hR57.00	LTP_LT
LT0.09	LTTR0	oR P_EQ
LDNOT 0.09	anD hR57.00	anDLD
KEEP(11) hR0.09	CMP(20) hR55 DM1	ouT hR70.03
LT1.00	LTP_LT	LTP_On
LDNOT 1.00	oR P_EQ	ouT TR0
KEEP(11) hR1.00	anDLD	CMP(20) hR55 DM4
LT1.01	ouT hR70.00	LTP_GT
LDNOT 1.01	LTP_On	oR P_EQ
KEEP(11) hR1.01	ouT TR0	anDLD
LT1.02	CMP(20) hR55 DM1	ouT hR57.04
LDNOT 1.02	LTP_GT	LTTR0
KEEP(11) hR1.02	oR P_EQ	anD hR57.04
LT1.03	anDLD	CMP(20) hR55 DM5
LDNOT 1.03	ouT hR57.01	LTP_LT
KEEP(11) hR1.03	LTTR0	oR P_EQ
LT1.04	anD hR57.01	anDLD
LDNOT 1.04	CMP(20) hR55 DM2	ouT hR70.04
KEEP(11) hR1.04	LTP_LT	LTP_On
LT1.05	oR P_EQ	ouT TR0

CMP(20) hR55 DM5	anD hR57.08	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM9	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM12
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR57.05	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR70.08	anDLD
anD hR57.05	LTP_On	ouT hR57.12
CMP(20) hR55 DM6	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM9	anD hR57.12
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM13
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR70.05	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR57.09	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR70.12
CMP(20) hR55 DM6	anD hR57.09	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM10	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM13
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR57.06	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR70.09	anDLD
anD hR57.06	LTP_On	ouT hR57.13
CMP(20) hR55 DM7	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM10	anD hR57.13
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM14
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR70.06	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR57.10	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR70.13
CMP(20) hR55 DM7	anD hR57.10	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM11	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM14
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR57.07	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR70.10	anDLD
anD hR57.07	LTP_On	ouT hR57.14
CMP(20) hR55 DM8	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM11	anD hR57.14
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM15
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR70.07	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR57.11	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR70.14
CMP(20) hR55 DM8	anD hR57.11	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM12	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM15
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR57.08	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR70.11	anDLD

ouT hR57.15	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.02	anDLD
anD hR57.15	LTP_On	ouT hR58.06
CMP(20) hR55 DM16	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM19	anD hR58.06
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM23
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR70.15	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR58.03	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR71.06
CMP(20) hR55 DM16	anD hR58.03	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM20	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM23
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR58.00	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.03	anDLD
anD hR58.00	LTP_On	ouT hR58.07
CMP(20) hR55 DM17	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM20	anD hR58.07
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM24
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR71.00	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR58.04	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR71.07
CMP(20) hR55 DM17	anD hR58.04	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM21	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM24
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR58.01	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.04	anDLD
anD hR58.01	LTP_On	ouT hR58.08
CMP(20) hR55 DM18	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM21	anD hR58.08
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM25
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR71.01	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR58.05	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR71.08
CMP(20) hR55 DM18	anD hR58.05	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM22	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM25
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR58.02	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.05	anDLD
anD hR58.02	LTP_On	ouT hR58.09
CMP(20) hR55 DM19	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM22	anD hR58.09
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM26

LTP_LT	CMP(20) hR55 DM29	anD hR59.00
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM33
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR71.09	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR58.13	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.00
CMP(20) hR55 DM26	anD hR58.13	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM30	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM33
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR58.10	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.13	anDLD
anD hR58.10	LTP_On	ouT hR59.01
CMP(20) hR55 DM27	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM30	anD hR59.01
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM34
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR71.10	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR58.14	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.01
CMP(20) hR55 DM27	anD hR58.14	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM31	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM34
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR58.11	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.14	anDLD
anD hR58.11	LTP_On	ouT hR59.02
CMP(20) hR55 DM28	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM31	anD hR59.02
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM35
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR71.11	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR58.15	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.02
CMP(20) hR55 DM28	anD hR58.15	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM32	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM35
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR58.12	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR71.15	anDLD
anD hR58.12	LTP_On	ouT hR59.03
CMP(20) hR55 DM29	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM32	anD hR59.03
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM36
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR71.12	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR59.00	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.03

LTP_On	ouT hR59.07	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.10
CMP(20) hR55 DM36	anD hR59.07	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM40	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM43
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR59.04	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR72.07	anDLD
anD hR59.04	LTP_On	ouT hR59.11
CMP(20) hR55 DM37	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM40	anD hR59.11
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM44
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR72.04	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR59.08	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.11
CMP(20) hR55 DM37	anD hR59.08	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM41	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM44
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR59.05	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR72.08	anDLD
anD hR59.05	LTP_On	ouT hR59.12
CMP(20) hR55 DM38	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM41	anD hR59.12
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM45
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR72.05	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR59.09	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.12
CMP(20) hR55 DM38	anD hR59.09	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM42	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM45
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR59.06	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR72.09	anDLD
anD hR59.06	LTP_On	ouT hR59.13
CMP(20) hR55 DM39	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM42	anD hR59.13
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM46
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR72.06	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR59.10	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR72.13
CMP(20) hR55 DM39	anD hR59.10	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM43	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM46
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT

oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM53
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR59.14	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR73.01	anDLD
anD hR59.14	LTP_On	ouT hR61.05
CMP(20) hR55 DM47	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM50	anD hR61.05
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM54
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR72.14	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR61.02	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR73.05
CMP(20) hR55 DM47	anD hR61.02	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM51	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM54
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR59.15	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR73.02	anDLD
anD hR59.15	LTP_On	ouT hR61.06
CMP(20) hR55 DM48	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM51	anD hR61.06
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM55
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR72.15	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR61.03	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR73.06
CMP(20) hR55 DM48	anD hR61.03	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM52	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM55
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR61.00	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR73.03	anDLD
anD hR61.00	LTP_On	ouT hR61.07
CMP(20) hR55 DM49	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM52	anD hR61.07
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR55 DM56
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR73.00	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR61.04	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR73.07
CMP(20) hR55 DM49	anD hR61.04	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM53	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR55 DM56
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR61.01	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR73.04	anDLD
anD hR61.01	LTP_On	ouT hR61.08
CMP(20) hR55 DM50	ouT TR0	LTTR0

anD hR61.08	LTP_On	CMP(20) hR56 DM61
CMP(20) hR55 DM57	ouT TR0	LTP_GT
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM60	oR P_EQ
oR P_EQ	LTP_GT	anDLD
anDLD	oR P_EQ	ouT hR61.15
ouT hR73.08	anDLD	LTTR0
LTP_On	ouT hR61.12	anD hR61.15
ouT TR0	LTTR0	CMP(20) hR56 DM62
CMP(20) hR55 DM57	anD hR61.12	LTP_LT
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM61	oR P_EQ
oR P_EQ	LTP_LT	anDLD
anDLD	oR P_EQ	ouT hR74.01
ouT hR61.09	anDLD	LTP_On
LTTR0	ouT hR73.12	ouT TR0
anD hR61.09	LTP_On	CMP(20) hR56 DM60
CMP(20) hR55 DM58	ouT TR0	LTP_GT
LTP_LT	CMP(20) hR55 DM61	oR P_EQ
oR P_EQ	LTP_GT	anDLD
anDLD	oR P_EQ	ouT hR62.00
ouT hR73.09	anDLD	LTTR0
LTP_On	ouT hR61.13	anD hR62.00
ouT TR0	LTTR0	CMP(20) hR56 DM61
CMP(20) hR55 DM58	anD hR61.13	LTP_LT
LTP_GT	CMP(20) hR55 DM62	oR P_EQ
oR P_EQ	LTP_LT	anDLD
anDLD	oR P_EQ	ouT hR74.02
ouT hR61.10	anDLD	LTP_On
LTTR0	ouT hR73.13	ouT TR0
anD hR61.10	LTP_On	CMP(20) hR56 DM59
CMP(20) hR55 DM59	CMP(20) hR55 DM62	LTP_GT
LTP_LT	LTP_GT	oR P_EQ
oR P_EQ	oR P_EQ	anDLD
anDLD	anDLD	ouT hR62.01
ouT hR73.10	ouT hR73.14	LTTR0
LTP_On	lThR50.01	anD hR62.01
ouT TR0	SBB(51) hR0 hR1 hR56	CMP(20) hR56 DM60
CMP(20) hR55 DM59	LTP_On	LTP_LT
LTP_GT	ouT TR0	oR P_EQ
oR P_EQ	CMP(20) hR56 DM62	anDLD
anDLD	LTP_GT	ouT hR74.03
ouT hR61.11	oR P_EQ	LTP_On
LTTR0	anDLD	ouT TR0
anD hR61.11	ouT hR61.14	CMP(20) hR56 DM58
CMP(20) hR55 DM60	LTTR0	LTP_GT
LTP_LT	anD hR61.14	oR P_EQ
oR P_EQ	ouT hR74.00	anDLD
anDLD	LTP_On	ouT hR62.02
ouT hR73.11	ouT TR0	LTTR0

anD hR62.02	LTP_On	ouT hR62.09
CMP(20) hR56 DM59	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM54	anD hR62.09
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM52
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR74.04	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR62.06	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR74.11
CMP(20) hR56 DM57	anD hR62.06	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM55	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM50
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR62.03	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR74.08	anDLD
anD hR62.03	LTP_On	ouT hR62.10
CMP(20) hR56 DM58	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM53	anD hR62.10
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM51
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR74.05	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR62.07	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR74.12
CMP(20) hR56 DM56	anD hR62.07	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM54	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM49
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR62.04	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR74.09	anDLD
anD hR62.04	LTP_On	ouT hR62.11
CMP(20) hR56 DM57	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM52	anD hR62.11
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM50
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR74.06	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR62.08	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR74.13
CMP(20) hR56 DM55	anD hR62.08	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM53	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM48
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR62.05	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR74.10	anDLD
anD hR62.05	LTP_On	ouT hR62.12
CMP(20) hR56 DM56	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM51	anD hR62.12
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM49
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR74.07	anDLD	oR P_EQ

anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR74.14	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.00	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR75.05
CMP(20) hR56 DM47	anD hR63.00	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM45	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM40
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR62.13	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.02	anDLD
anD hR62.13	LTP_On	ouT hR63.04
CMP(20) hR56 DM48	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM43	anD hR63.04
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM41
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR74.15	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.01	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR75.06
CMP(20) hR56 DM46	anD hR63.01	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM44	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM39
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR62.14	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.03	anDLD
anD hR62.14	LTP_On	ouT hR63.05
CMP(20) hR56 DM47	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM42	anD hR63.05
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM40
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR75.00	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.02	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR75.07
CMP(20) hR56 DM45	anD hR63.02	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM43	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM38
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR62.15	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.04	anDLD
anD hR62.15	LTP_On	ouT hR63.06
CMP(20) hR56 DM46	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM41	anD hR63.06
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM39
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR75.01	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.03	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR75.08
CMP(20) hR56 DM44	anD hR63.03	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM42	ouT TR0

CMP(20) hR56 DM37	anD hR63.10	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM35	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM30
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR63.07	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.12	anDLD
anD hR63.07	LTP_On	ouT hR63.14
CMP(20) hR56 DM38	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM33	anD hR63.14
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM31
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR75.09	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.11	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR76.00
CMP(20) hR56 DM36	anD hR63.11	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM34	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM29
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR63.08	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.13	anDLD
anD hR63.08	LTP_On	ouT hR63.15
CMP(20) hR56 DM37	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM32	anD hR63.15
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM30
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR75.10	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.12	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR76.01
CMP(20) hR56 DM35	anD hR63.12	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM33	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM28
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR63.09	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.14	anDLD
anD hR63.09	LTP_On	ouT hR64.00
CMP(20) hR56 DM36	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM31	anD hR64.00
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM29
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR75.11	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR63.13	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR76.02
CMP(20) hR56 DM34	anD hR63.13	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM32	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM27
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR63.10	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR75.15	anDLD

ouT hR64.01	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR76.06	anDLD
anD hR64.01	LTP_On	ouT hR64.08
CMP(20) hR56 DM28	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM23	anD hR64.08
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM21
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR76.03	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR64.05	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR76.10
CMP(20) hR56 DM26	anD hR64.05	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM24	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM19
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR64.02	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR76.07	anDLD
anD hR64.02	LTP_On	ouT hR64.09
CMP(20) hR56 DM27	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM22	anD hR64.09
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM20
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR76.04	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR64.06	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR76.11
CMP(20) hR56 DM25	anD hR64.06	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM23	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM18
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR64.03	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR76.08	anDLD
anD hR64.03	LTP_On	ouT hR64.10
CMP(20) hR56 DM26	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM21	anD hR64.10
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM19
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR76.05	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR64.07	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR76.12
CMP(20) hR56 DM24	anD hR64.07	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM22	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM17
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR64.04	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR76.09	anDLD
anD hR64.04	LTP_On	ouT hR64.11
CMP(20) hR56 DM25	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM20	anD hR64.11
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM18

LTP_LT	CMP(20) hR56 DM13	anD hR65.02
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM11
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR76.13	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR64.15	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR77.04
CMP(20) hR56 DM16	anD hR64.15	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM14	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM9
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR64.12	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR77.01	anDLD
anD hR64.12	LTP_On	ouT hR65.03
CMP(20) hR56 DM17	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM12	anD hR65.03
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM10
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR76.14	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR65.00	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR77.05
CMP(20) hR56 DM15	anD hR65.00	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM13	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM8
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR64.13	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR77.02	anDLD
anD hR64.13	LTP_On	ouT hR65.04
CMP(20) hR56 DM16	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM11	anD hR65.04
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM9
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR76.15	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR65.01	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR77.06
CMP(20) hR56 DM14	anD hR65.01	LTP_On
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM12	ouT TR0
oR P_EQ	LTP_LT	CMP(20) hR56 DM7
anDLD	oR P_EQ	LTP_GT
ouT hR64.14	anDLD	oR P_EQ
LTTR0	ouT hR77.03	anDLD
anD hR64.14	LTP_On	ouT hR65.05
CMP(20) hR56 DM15	ouT TR0	LTTR0
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM10	anD hR65.05
oR P_EQ	LTP_GT	CMP(20) hR56 DM8
anDLD	oR P_EQ	LTP_LT
ouT hR77.00	anDLD	oR P_EQ
LTP_On	ouT hR65.02	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR77.07

LTP_On	ouT hR65.09	anDLD
ouT TR0	LTTR0	ouT hR77.14
CMP(20) hR56 DM6	anD hR65.09	lThR70.00
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM4	oR hR70.02
oR P_EQ	LTP_LT	oR hR70.04
anDLD	oR P_EQ	oR hR70.06
ouT hR65.06	anDLD	oR hR70.08
LTTR0	ouT hR77.11	oR hR70.10
anD hR65.06	LTP_On	oR hR70.13
CMP(20) hR56 DM7	ouT TR0	oR hR70.14
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM2	oR hR71.01
oR P_EQ	LTP_GT	oR hR71.02
anDLD	oR P_EQ	oR hR71.04
ouT hR77.08	anDLD	oR hR71.05
LTP_On	ouT hR65.10	oR hR71.07
ouT TR0	LTTR0	oR hR71.09
CMP(20) hR56 DM5	anD hR65.10	oR hR71.12
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM3	oR hR71.13
oR P_EQ	LTP_LT	oR hR71.15
anDLD	oR P_EQ	oR hR72.01
ouT hR65.07	anDLD	oR hR72.04
LTTR0	ouT hR77.12	oR hR72.06
anD hR65.07	LTP_On	oR hR72.08
CMP(20) hR56 DM6	ouT TR0	oR hR72.10
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM1	oR hR72.13
oR P_EQ	LTP_GT	oR hR72.14
anDLD	oR P_EQ	oR hR73.01
ouT hR77.09	anDLD	oR hR73.02
LTP_On	ouT hR65.11	oR hR73.04
ouT TR0	LTTR0	oR hR73.06
CMP(20) hR56 DM4	anD hR65.11	oR hR73.08
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM2	oR hR73.10
oR P_EQ	LTP_LT	oR hR73.12
anDLD	oR P_EQ	oR hR73.14
ouT hR65.08	anDLD	anDNOT hR78.00
LTTR0	ouT hR77.13	ouT 100.00
anD hR65.08	LTP_On	lThR77.14
CMP(20) hR56 DM5	ouT TR0	oR hR77.12
LTP_LT	CMP(20) hR56 DM0	oR hR77.10
oR P_EQ	LTP_GT	oR hR77.08
anDLD	oR P_EQ	oR hR77.06
ouT hR77.10	anDLD	oR hR77.04
LTP_On	ouT hR65.12	oR hR77.01
ouT TR0	LTTR0	oR hR77.00
CMP(20) hR56 DM3	anD hR65.12	oR hR76.13
LTP_GT	CMP(20) hR56 DM1	oR hR76.12
oR P_EQ	LTP_LT	oR hR76.10
anDLD	oR P_EQ	oR hR76.09

oR hR76.07	oR hR73.09	oR hR71.04
oR hR76.05	oR hR73.10	oR hR71.06
oR hR76.02	oR hR73.13	oR hR71.07
oR hR76.01	oR hR73.14	oR hR71.11
oR hR75.15	anDNOT hR78.01	oR hR71.13
oR hR75.13	ouT 100.01	oR hR71.14
oR hR75.10	lThR77.13	oR hR71.15
oR hR75.08	oR hR77.12	oR hR72.03
oR hR75.06	oR hR77.09	oR hR72.04
oR hR75.04	oR hR77.08	oR hR72.05
oR hR75.01	oR hR77.05	oR hR72.06
oR hR75.00	oR hR77.04	oR hR72.11
oR hR74.13	oR hR76.15	oR hR72.13
oR hR74.12	oR hR76.14	oR hR72.15
oR hR74.10	oR hR76.13	oR hR73.01
oR hR74.08	oR hR76.12	oR hR73.03
oR hR74.06	oR hR76.09	oR hR73.04
oR hR74.04	oR hR76.08	oR hR73.05
oR hR74.02	oR hR76.07	oR hR73.06
oR hR74.00	oR hR76.04	oR hR73.11
ouT hR78.00	oR hR76.02	oR hR73.12
lThR70.01	oR hR76.00	oR hR73.13
oR hR70.02	oR hR75.15	oR hR73.14
oR hR70.06	oR hR75.12	anDNOT hR78.02
oR hR70.09	oR hR75.09	ouT 100.02
oR hR70.10	oR hR75.08	lThR77.11
oR hR70.15	oR hR75.05	oR hR77.10
oR hR71.00	oR hR75.04	oR hR77.09
oR hR71.01	oR hR74.15	oR hR77.08
oR hR71.02	oR hR74.14	oR hR77.03
oR hR71.05	oR hR74.13	oR hR77.01
oR hR71.06	oR hR74.12	oR hR76.15
oR hR71.07	oR hR74.09	oR hR76.13
oR hR71.10	oR hR74.08	oR hR76.11
oR hR71.12	oR hR74.05	oR hR76.10
oR hR71.14	oR hR74.04	oR hR76.08
oR hR71.15	oR hR74.01	oR hR76.07
oR hR72.02	oR hR74.00	oR hR76.03
oR hR72.05	ouT hR78.01	oR hR76.01
oR hR72.06	lThR70.03	oR hR76.00
oR hR72.09	oR hR70.04	oR hR75.15
oR hR72.10	oR hR70.05	oR hR75.11
oR hR72.15	oR hR70.06	oR hR75.10
oR hR73.00	oR hR70.11	oR hR75.09
oR hR73.01	oR hR70.13	oR hR75.08
oR hR73.02	oR hR70.15	oR hR75.03
oR hR73.05	oR hR71.01	oR hR75.01
oR hR73.06	oR hR71.03	oR hR74.15

oR hR74.13	oR hR77.03	oR hR73.01
oR hR74.11	oR hR77.01	oR hR73.02
oR hR74.10	oR hR76.15	oR hR73.03
oR hR74.09	oR hR76.13	oR hR73.04
oR hR74.08	oR hR76.06	oR hR73.05
oR hR74.03	oR hR76.05	oR hR73.06
oR hR74.02	oR hR76.04	oR hR73.07
oR hR74.01	oR hR76.03	oR hR73.08
oR hR74.00	oR hR76.02	oR hR73.09
ouT hR78.02	oR hR76.01	oR hR73.10
lThR70.07	oR hR76.00	oR hR73.11
oR hR70.08	oR hR75.15	oR hR73.12
oR hR70.09	oR hR75.07	oR hR73.13
oR hR70.10	oR hR75.06	oR hR73.14
oR hR70.11	oR hR75.05	anDNOT hR78.04
oR hR70.13	oR hR75.04	ouT 100.04
oR hR70.15	oR hR75.03	lThR77.02
oR hR71.01	oR hR75.01	oR hR77.00
oR hR71.08	oR hR74.15	oR hR76.14
oR hR71.09	oR hR74.13	oR hR76.12
oR hR71.10	oR hR74.07	oR hR76.11
oR hR71.11	oR hR74.06	oR hR76.10
oR hR71.12	oR hR74.05	oR hR76.08
oR hR71.13	oR hR74.04	oR hR76.07
oR hR71.14	oR hR74.03	oR hR76.06
oR hR71.15	oR hR74.02	oR hR76.05
oR hR72.07	oR hR74.01	oR hR76.04
oR hR72.08	oR hR74.00	oR hR76.03
oR hR72.09	ouT hR78.03	oR hR76.02
oR hR72.10	lThR70.12	oR hR76.01
oR hR72.11	oR hR70.14	oR hR76.00
oR hR72.13	oR hR71.00	oR hR75.15
oR hR72.15	oR hR71.02	oR hR75.02
oR hR73.01	oR hR71.03	oR hR75.00
oR hR73.07	oR hR71.04	oR hR74.14
oR hR73.08	oR hR71.06	oR hR74.12
oR hR73.09	oR hR71.07	oR hR74.11
oR hR73.10	oR hR71.08	oR hR74.10
oR hR73.11	oR hR71.09	oR hR74.09
oR hR73.12	oR hR71.10	oR hR74.08
oR hR73.13	oR hR71.11	oR hR74.07
oR hR73.14	oR hR71.12	oR hR74.06
anDNOT hR78.03	oR hR71.13	oR hR74.05
ouT 100.03	oR hR71.14	oR hR74.04
lThR77.07	oR hR71.15	oR hR74.03
oR hR77.06	oR hR72.12	oR hR74.02
oR hR77.05	oR hR72.14	oR hR74.01
oR hR77.04	oR hR73.00	oR hR74.00

ouT hR78.04	oR hR73.05	oR hR75.04
lThR71.05	oR hR73.06	oR hR75.03
oR hR72.00	oR hR73.07	oR hR75.02
oR hR72.01	oR hR73.08	oR hR75.01
oR hR72.02	oR hR73.09	oR hR75.00
oR hR72.03	oR hR73.10	oR hR74.15
oR hR72.04	oR hR73.11	oR hR74.14
oR hR72.05	oR hR73.12	oR hR74.13
oR hR72.06	oR hR73.13	oR hR74.12
oR hR72.07	oR hR73.14	oR hR74.11
oR hR72.08	anDNOT hR78.05	oR hR74.10
oR hR72.09	ouT 100.05	oR hR74.09
oR hR72.10	lThR76.09	oR hR74.08
oR hR72.11	oR hR75.14	oR hR74.07
oR hR72.12	oR hR75.13	oR hR74.06
oR hR72.13	oR hR75.12	oR hR74.05
oR hR72.14	oR hR75.11	oR hR74.04
oR hR72.15	oR hR75.10	oR hR74.03
oR hR73.00	oR hR75.09	oR hR73.02
oR hR73.01	oR hR75.08	oR hR74.01
oR hR73.02	oR hR75.07	oR hR74.00
oR hR73.03	oR hR75.06	ouT hR78.05
oR hR73.04	oR hR75.05	enD

KAYNAKLAR

- Akova O. “Bilişim toplumunda bilişsel ergonomi ve önemi” *K.H.O. Bilgi toplama ve yayım merkezi yayınları*, 2000.
- Anonim1, <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf>>, (23.02.2012).
- Anonim2,<<http://www.fenokulu.net/portal/Sayfa.php?Git=KonuKategorileri&Sayfa=KonuBaslikListesi&baslikid=85&KonuID=482>>, (25.12.2011).
- Anonim3, <<http://www.omron-pro.ru/doc/automation/cqm1h.PDF> />, (25.12.2011).
- Anonim4, <<http://www.cicicee.com/cocuk-sayfa.aspx?menuId=20&sayfaId=65>>, (20.01.2012).
- Anonim5, <http://www.sure-electronics.net/download/DC-SS501_Ver1.0_EN.pdf>, (05.06.2012).
- Anonim6, <<http://www.profahmet.tr.gg/PIC16f877-10Bit-ADC.htm>>, (02.02.2012).
- Anonim7, “Octal High Voltage, High Current Darlington Transistor Arrays”, <http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/90/366828_DS.pdf>, (19.04.2012).
- Anonim8,<http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/400/249955_DS.pdf>, (19.04.2012).
- Anonim9, “TC. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi Bilişim Teknolojileri Mikrodenetleyiciler-1” <http://www.cizgitagem.org/resource/vfiles/tagem/dms_file/2779/mikrodenetleyiciler1.pdf>, 2007.
- Anonim10, <<http://www.bilgiustam.com/16f84-ile-basit-devre-kurmak/>>, (26.05.2012).
- Aydınlı S. “Temel tasarım ders notları” *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 1989.
- Braun C., Mine P.B., Silver N.C.,”The influence of colour on warning label perceptions” *International Journal of Industrial Ergonomics* ,15(3): 179(1995).
- Demirdeş, H.,“Uygun Aydınlatma Bileşenleri” *Kaynak Elektrik Dergisi*, 1993.
- Flynn, J.E., “Lighting design decisions as interventions in human space” *Environmental Aesthetics, Theory and Application*. Jack Nasar, ed, Cambridge University Press, New York, 1992.

KAYNAKLAR(Devam ediyor)

- Flynn, J.E, Spencer, T., Martyniuk, O., Hendrick, C., “Interim study of procedures for investigating the effect of light on impression and behaviour” *Selected Papers on Architectural Lighting. Mark Rea, ed,435-442, SPIE Optical Engineering Press, Washington, 1992.*
- Gençoğlu M.T., Özbay E., “Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri”, *XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir, 2007.*
- Güney İ., Kocabey S., Oğuz Y., “Aydınlatmanın Öğrenme Sürecindeki Katkısının İncelenmesi” *4.Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 2002.*
- Hendrick C., Martyniuk O., Spencer, T., Flynn J.E, “Procedures for investigating the effect of light on impressions-simulation of a real space by slides” *Environment and Behavior*, 9(4): 491-510(1977).
- İnal K., Akçayol M.A., “GSM Tabanlı Akıllı Ev Uygulaması”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2009.
- Kadırbeyoğlu, M., “Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Önemi” *Elektrotech Dergisi*, 2002.
- Katar İ., “Mikrodenetleyiciler Ders Notları”, 2006.
- Kutlu R., Yener A., Manav B., Küçükdoğu M.Ş., “Daylight analysis and lighting energy management for schools in hot-temperate climates”, *ITU Journal of Faculty Architecture (ITU A/Z)*, <<http://www.az.itu.edu.tr/azv9no1web/13kutlu-yener-manav-kucukdogu-09-01.pdf/>>, 2012.
- Manav, B., “Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parıltı Farkı ve Renk Sıcaklığının Görsel Konfor Koşullarına Etkisi” *Bir Model Çalışması, Doktora Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.*
- Microchip Technology Inc., “PIC16F84 Data Sheet 18-Pin EnhancedFlash/Eprom 8-bit Microcontrollers”, <<http://www.microchip.com/>>, 2001.
- Miyasawa N., Nakamura Y., Wakasa N., “Effect of personal adjustment of brightness on the satisfaction of office lighting” *Journal of Light and Visual Environment*, 27(2): 92-106. *Lighting Research and Technology*, 31(3): 107-115(2003).
- Onaygil, S., “Aydınlatmanın temel prensipleri” *Tedaş Semineri, İTÜ Enerji Enstitüsü, 2007.*

KAYNAKLAR(Devam ediyor)

- Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin F.D. “İç mekân aydınlatmasında renk ve aydınlatma sistemi ilişkisi” *D.Ü. II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 2003.
- Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin D., “İç Mekan Aydınlatmasında Renk ve Aydınlatma Sistemi İlişkisi” *Dicle Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi*, <http://www.emo.org.tr/ekler/0db17c6772e2a26_ek.pdf>, (04.04.2012).
- Özbudak Y.B., Gümüş B., Çetin F.D., <http://www.emo.org.tr/ekler/0db17c6772e2a26_ek.pdf>, (20.03.2012).
- Philips Lighting, “Philips Lighting B.V.” *Lighting Manual 5th Edition*, <<http://www.lighting.philips.com.tr/>>, Netherlands, 1993.
- Sağocak M., “Tasarım tarihi” *Vipaş*, Bursa, 2003.
- Sağocak M., “Ergonomik Tasarımda Renk” *Uludağ Üniversitesi*, Bursa, 2005.
- Sirel, S., “Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Ders Notları” *Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 1980.
- Veitch J.A. ve Newsham G.R., “Lighting quality and energy-efficient effects on task performance, mood, health, satisfaction and comfort” *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27(1): 107-130(1998).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mustafa ZEYTİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bozüyük/Bilecik 15.05.1981

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-
Elektronik Mühendisliği
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce
Bilimsel Faaliyetleri : -

İş Deneyimi

Stajlar : Eczacıbaşı Karo Seramik A.Ş. (2002)
Akenerji A.Ş. (2001)
Çalıştığı Kurumlar : Toprak A.Ş. Karo Fab. Elektrik Bakım Şefi (2004-2007),
Türk Telekom A.Ş. Enerji ve Soğutma Sistemleri
Uzmanı (2007- Halen)

İletişim

Adres : Türk Telekom A.Ş. Bilecik İl Müdürlüğü
Merkez / Bilecik
Tel : 0506 645 47 75
E-Posta Adresi : mustafa.zeytin@turktelekom.com.tr
zeytin2000@yahoo.com

Diğer: -

Tarih: 26.09.2012

İmza: