



STM32F103C8 mikrodnetleyicisi temelli PLC tasarımı

Gamze Öztürk^{1*}, Murat Uzam¹

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri:

Geliş tarihi

03.08.2024

Kabul tarihi

16.09.2024

Yayın tarihi

31.12.2024

ÖZET

Bu çalışmada STM32F103C8 mikrodnetleyici temelli bir PLC (programlanabilir lojik denetleyici) tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu PLC'de STM32F103C8 mikrodnetleyicisi merkezi işlem birimi (CPU) olarak kullanılmış olup 8 dijital giriş ve 8 dijital çıkış mevcuttur. PLC yazılımı C dili kullanılarak STM32CubeIDE yazılım geliştirme ortamında oluşturulmuştur. STM32F103C8 mikrodnetleyicisi ile gerçekleştirilen bu PLC ile giriş/çıkış sayısı fazla olmayan endüstriyel otomasyon uygulamaları için ideal bir seçenek ortaya konulmuştur. Önerilen STM32F103C8 mikrodnetleyicisi tabanlı PLC tasarımıyla düşük maliyetli ve hızlı endüstriyel otomasyon uygulamaları için çok uygun bir çözüm elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler:

PLC
STM32
STM32CubeIDE
STM32F103C8 Mikrodnetleyici

PLC design based on STM32F103C8 microcontroller

ARTICLE INFO

Article history:

Received

03.08.2024

Accepted

16.09.2024

Published

31.12.2024

Keywords:

PLC
STM32
STM32CubeIDE
STM32F103C8 Microcontroller

ABSTRACT

In this study, a PLC (programmable logic controller) design based on STM32F103C8 microcontroller was carried out. In this PLC, STM32F103C8 microcontroller is used as the central processing unit (CPU) and it has 8 digital inputs and 8 digital outputs. PLC software was created in the STM32CubeIDE software development environment using C language. This PLC, implemented with the STM32F103C8 microcontroller, is an ideal option for industrial automation applications that do not have many inputs/outputs. An attractive solution for low-cost and fast industrial automation applications has been achieved with the proposed STM32F103C8 microcontroller-based PLC design.

1. GİRİŞ

Programlanabilir lojik denetleyiciler (Programmable Logic Controllers – PLC) mikroşlemci veya mikrodnetleyici temelli olarak üretilen otomasyon cihazlarıdır. PLC'ler 1970'lerin başından itibaren endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır. PLC üreticileri değişik fonksiyonlara sahip, farklı hafıza kapasiteleri olan, birkaç giriş-çıkıştan binlerce giriş-çıkışa kadar değişik sayıda giriş-çıkışı bulunan, farklı büyüklüklerde pek çok PLC üretip kullanıma sunmaktadır. Otomasyon sistemlerinin en önemli parçası olan PLC'ler çoğunlukla yabancı üreticilerin ürünleri olmakla birlikte yerli üreticilerin piyasaya sunduğu PLC'ler de mevcuttur. PLC üreticileri doğal olarak üretmiş oldukları donanımı ve yazılımı koruma altına alarak özellikle yazılımın rakip firmaların eline geçmesine müsaade etmemektedirler. Dışa bağımlılığı azaltmak için Türkiye'deki yerli ve milli PLC üreticileri de

ORCID ID: Gamze Öztürk: 0009-0005-3898-8055; Murat Uzam: 0000-0001-9625-5523

*Sorumlu yazar(lar)/Corresponding author(s): Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

Tel:+90 354 2421032

Fax: +90 354 242 10 56

E-mail: 91111722004@bozok.edu.tr

Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article: Öztürk, G., Uzam, M., "STM32F103C8 Mikrodnetleyicisi Temelli PLC Tasarımı", Bozok Journal of Engineering and Architecture, vol. 3, no. 2, pp. 1-12, 2024.

alternatif PLC'leri üreterek kullanıcılara sunmaktadırlar. Bu kapsamda PLC teknolojisinin geliştirilmesi için yapılacak olan çalışmalar çok büyük önem arz etmektedir.

Literatürde akademik çalışmalar incelendiğinde, 2007 yılında PIC16F84 mikrodenetleyicisi temelli 8 dijital girişli/8 dijital çıkışlı ve 5 MHz frekansında çalışan bir PLC çalışması görülmektedir. Yapılan çalışmada 5V DC gerilimle çalışan 8 giriş 74LS165 paralel seriye dönüşüm yapan bir shift register yardımıyla PIC16F84 tarafından okunmaktadır. 8 çıkış ise 12V DC gerilimle çalışan röleler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen PLC'nin yazılımında PLC'lerde kullanılmakta olan 'Boolean dili programlama' ya da komut listesi (statement list) olarak bilinen yöntemdekine benzer bir programlama ortamı oluşturulmuştur. Bunun için PIC assembly dili kullanılarak PLC komutları için makrolar yazılmıştır. Tasarlanan ve gerçekleştirilen PIC16F84 mikrodenetleyicisi temelli PLC'nin gerçek sistemlerin kontrolünde kullanılabilirliğinin test edilmesi amacıyla iki örnek sistem incelenmiştir. İki sistem için farklı çalışma senaryoları ele alınmış ve yazılan kontrol kodu sayesinde bu sistemlerin kontrolü başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen PLC yardımıyla küçük ölçekli otomasyon problemlerinin çözümü için çok ucuz bir ürün ortaya koyulmuştur [1]. 2008 yılında PIC16F877 Mikrodenetleyicisi temelli 7 dijital girişli/6 dijital çıkışlı bir PLC tasarlanmıştır. Merdiven (ladder) diyagramlarıyla yazılım geliştirebilecek gelişime açık bir bilgisayar yazılımı ve bu yazılımla gerçekleştirilen programları çalıştırabilecek üzerinde analog giriş-çıkışları, LCD paneli, tuş takımı, dijital girişleri ve röleli çıkışları olan bir PLC gerçekleştirilmiştir. Bu PLC'nin hem donanımı hem de yazılımı geliştirmeye açıktır [2]. 2008 yılında Atmega128 mikrodenetleyicisi tabanlı bir PLC tasarımı mevcuttur. Tasarlanan bu PLC için kontrol devrelerinin simülasyonunu yapabilen, hex kodlar üretebilen bir arayüz yazılımı geliştirilmiştir. Simülasyon programında kullanılan her bir nesne bir komut ile ifade edilmiştir. Derleyici her bir nesneye ait komutların hex kodlarını üretmektedir. Geliştirilen yorumlayıcı bu hex kodları tanıyarak mikrodenetleyiciye gerekli işlem komutlarını göndermektedir. Mevcut sistemin komut kümesi sınırlı olmasına karşın tasarlanan yazılım mimarisi komut kümesini geliştirmeye ve gelişmiş Atmega serisi mikrodenetleyicilerle kullanılmaya imkan tanımaktadır [3]. 2010 yılında PIC16F877 Mikrodenetleyicisi temelli başka bir 6 dijital girişli/5 dijital çıkışlı bir PLC tasarlanmıştır. Yapılan bu çalışmada PIC16F877 mikrodenetleyicisi kullanarak bir PLC tasarlanmıştır. Kullanılan PIC mikrodenetleyicisinde dijital portlarının yanında analog portları da kullanılmaktadır. Bu analog portları yardımı ile endüstriyel sistemlerde sıcaklık, basınç, hız, ivme, ağırlık v.s gibi sayısal değerlerin okunması ve bu değerlerin hesaplanarak dijital değerlere dönüştürülmesi mümkündür. Kullanılan PIC'in toplam 17 giriş-çıkış pini mevcuttur: 5V DC gerilim ile çalışan 6 dijital giriş, 5V DC ile çalışan 5 dijital röle çıkışı, 4 analog giriş. A/D dönüşümü için PIC16F877'nin ADC00, ADC01, ADRESH, ADRESL isimli dört tane kaydedicisi kullanılmaktadır. 2 PWM girişi, PWM sinyali üretmek için PIC16F877'nin CCP1CON, CCP2CON, T2CON, PR1, CCPR1L, CCPR2L isimli altı tane kaydedicisi kullanılmıştır. PIC 4 MHz çalışma frekansı ile işlem yapmaktadır. Hex kodlar üretebilen bir arayüz yazılımı geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen arayüz yazılımında merdiven (ladder diagram) diyagramı ve komut listesine (statement list) benzer bir programlama ortamı oluşturulmuştur [4]. 2011 yılında 16 bitlik bir PIC mikrodenetleyicisi ile 16 dijital girişli/16 dijital çıkışlı bir PLC tasarımı mevcuttur. 16 bitlik bir mikrodenetleyici kullanılarak program hafıza kapasitesi, çalışma hızı ve diğer donanım özellikleri, küçük kapasiteli 8 bitlik ve çok yüksek kapasiteli 32 bitlik PIC mikrodenetleyicilerine göre orta büyüklükte olan bir PLC'nin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla donanım ve yazılım özellikleri olarak orta büyüklükteki endüstriyel çözümler için uygun bir endüstriyel kontrol aracı elde edilmiştir. Gerçekleştirilen PLC yazılımı PIC C dili ile MPLAB IDE yazılım geliştirme ortamı yardımıyla geliştirilmiştir [5]. 2013 yılında PIC16F877A mikrodenetleyici temelli 16 dijital girişli/16 dijital çıkışlı bir PLC tasarımı detaylı olarak açıklanmıştır. Bu PLC'nin çalışma frekansı 20 MHz'dir [6]. 2013'deki PLC donanım ve yazılım olarak geliştirilerek 2022 yılında sunulmuştur. Girişler kısmında 16 adet ayrık giriş (discrete inputs) düzenlenmiştir. Her bir ayrık girişten 5V DC ya da 24V DC giriş sinyallerini kabul edilebilmektedir. Harici giriş sinyalleri NPN tipi PC817 bir optik yalıtıcı (opto-coupler) kullanılarak PLC kartındaki diğer kısımlardan elektriksel olarak izole edilmiştir. Harici girişlerin kullanılmadığı uygulamalarda, girişlerin simülasyonunu yapabilmek için kart üzerinde her bir giriş için ani temaslı bir buton ve bir sürgülü anahtar mevcuttur. Her bir girişte, giriş sinyalinin aktif olması durumunu gösteren bir LED kullanılmıştır. Çıkışlar kısmında, 16 adet ayrık röle çıkışı (discrete relay outputs) düzenlenmiştir. Her röle 12V DC ile çalışmaktadır. Her biri 8 röleyi süren iki adet ULN2803A darlington transistör sürücü entegresi yardımıyla 16 röle çalıştırılmaktadır. Her rölede, C (common – ortak uç), NC (normally closed – normalde kapalı) ve NO (normally open – normalde açık) olmak üzere üç bağlantı ucu olan SPDT (single pole double throw – tek grup iki konumlu) kontaklar mevcuttur. Devrede, her bir rölenin çalışmakta olduğunu gösteren bir LED mevcuttur. Röleleri sürmek için 220V AC/12V DC 3A adaptör kullanılır. PIC16F877A'nın, 16 adet ayrık röle çıkışı sürmek için kullanılan 16 çıkışlarıyla röle sürücü devresini elektriksel olarak izole etmek için PC817 optik izolatörler kullanılmıştır. PIC PLC'ye direk olarak program yükleme işlemi yapmak için MPLAB X IDE tarafından desteklenen bir programlayıcıyla gerçekleştirilmiştir. PIC16F877A mikrodenetleyicisi 20 MHz'te çalıştırılmaktadır. Bu çalışma frekansı, zaman gecikmesi fonksiyonlarındaki hesaplamalarda kullanılmıştır. Bu sebeple, farklı çalışma frekanslarında bu projede tanımlı olan zaman gecikmeleri geçerli olmayacaktır [7]. Gerçekleştirilen STM32F103C8 mikrodenetleyicisi temelli PLC tasarımı ise yerli ve milli PLC geliştirilmesi çalışmalarına katkı yapılması hedeflenmiştir. STM32F103C8 mikrodenetleyicisi kullanarak özellikle küçük çaplı uygulamalar için hem

yeterince hızlı hem de düşük maliyetli bir PLC tasarlanmıştır. Bu PLC'nin merkezi işlem birimi (CPU) olarak STMMicroelectronics firması tarafından üretilen 72 MHz clock frekansında çalışan STM32F103C8 (32-bit ARM Cortex-M3) mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. PLC'nin 8 dijital girişi ve 8 dijital çıkışı bulunmaktadır. Bu sayede özellikle zaman-kritik sistemler için kullanılması söz konusu olabilecek bir PLC altyapısı oluşturulması mümkün olmuştur. Bu tasarımın geliştirilmesiyle de hem çok hızlı hem de geniş işlem gücü ve çevresel uyumluluğu sayesinde düşük maliyetli olarak çok uygun bir PLC elde edilmiştir. Tasarlanan PLC'nin temel işlevlerini gerçekleştirmek için gerekli olan giriş/çıkış bağlantıları, STM32F103C8 mikrodenetleyicisi üzerindeki GPIO pinleri kullanılarak sağlanır. Bu, harici bileşenlere olan ihtiyacı azaltır ve tasarımı daha ekonomik hale getirir. Ayrıca, STM32F103 mikrodenetleyicilerinin geniş bir programlama diline sahip olması PLC yazılımını hızlı ve pratik bir şekilde geliştirmeyi mümkün kılar. Tasarlanan PLC STM32CubeIDE bütünlük geliştirme ortamı kullanılarak kolayca kodlanabilmektedir. Bu da projenin daha da erişilebilir olmasını sağlamıştır.

1.1. Makale İçeriği

Bu çalışma oluşturulurken STM32F103XX mikrodenetleyicileri ve kullanılan mikrodenetleyiciye ait temel bilgilerden ele alınarak tasarlanan PLC donanımı detaylı olarak incelenerek gerçekleştirilen PLC'ye ait temel yazılım bileşenleri vurgulanmıştır. PLC yazılım kısmında yer alan sırasıyla kontak ve röle temelli fonksiyonlar detaylı, sayıcı fonksiyonları, zamanlayıcı fonksiyonları, karşılaştırma fonksiyonları ve aritmetik fonksiyonlar, lojik ve kaydırma fonksiyonları örneklerle birlikte incelenmektedir. Son olarak elde edilen sonuçlar vurgulanmıştır.

1.2. Semboller, Birimler ve Kısaltmalar

Programlanabilir Lojik Denetleyici (Programmable Logic Controller-PLC, STM32F103C8 mikrodenetleyici, PLC Donanımı, Dijital Girişler, Dijital Çıkışlar, İleri Sayıcı (Up Counter-CTU), Geri Sayıcı (Down Counter-CTD), İleri/Geri Sayıcı (Up/Down Counter-CTUD), Düz Zaman Rölesi (On Delay Timer-TON), Ters Zaman Rölesi (Off Delay Timer-TOF), Karşılaştırma Fonksiyonları, Aritmetik Fonksiyonları, Lojik ve Kaydırma Fonksiyonları.

2. MATERYAL ve METOT

Gerçekleştirilen çalışmada PLC donanım ve yazılım tasarımlarını için bir bilgisayar kullanılmıştır. STM32F103C8 Mikrodenetleyicisi temelli geliştirme kartının bir protoboard üzerine yerleştirilmesi ve gerekli bağlantıların kablolar kullanılarak gerçekleştirilmesi sonrasında elde edilen PLC donanımı oluşturulmuştur. Bağlantıların yapılabilmesi için STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin kullanım kılavuzlarından yararlanılarak fiziksel giriş/çıkışlar kullanılmıştır. Laboratuvar ortamlarında güç kaynaklarından faydalanılarak bilgisayarda yazılımlar STM32CubeIDE geliştirme programına yazılıp testler ve simülasyonlar yapılmıştır. Buna ek olarak proje kapsamında ihtiyaç duyulan ekranda bir monitör ihtiyacı karşılamak için Putty programı yardımıyla RS 232 USB-TTL dönüştürücü modülü kullanılmıştır. Gerçekleştirilen PLC'de C dili kullanılarak tasarım sağlanmış olup kullanılan STM32CubeIDE programında aşağıda belirtilen özellikler yer almaktadır:

Başlık dosyaları (#include "main.h", #include "definitions.h", #include <stdarg.h> gibi programın başlangıcında yer almaktadır ve bu dosyalar, standart giriş/çıkış işlevlerini ve diğer önemli fonksiyonları içerir.

C programlarının ana başlangıç noktası main() fonksiyonudur. Bu fonksiyon, programın çalışmasını başlatır ve diğer fonksiyonları çağırabilir. Gerçekleştirilen projede main() fonksiyonu şu şekilde başlar:

```
int main(void)
{
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    MX_TIM1_Init();
    USART2_setup();
    // Programda kod burada yazılmıştır.
}
```

Program içinde kullanılacak olan değişkenler tanımlanır.

Her satırın sonuna mutlaka ';' işareti getirilmelidir.

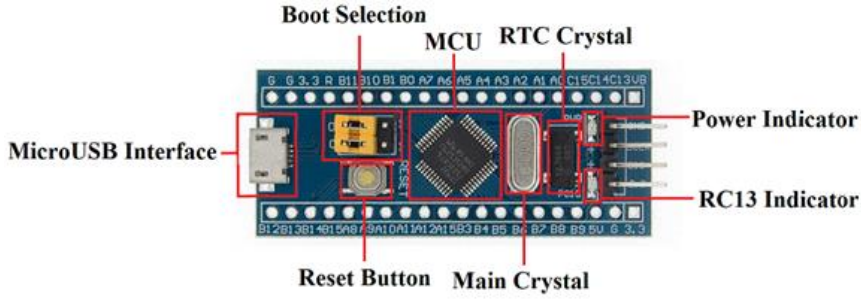
Her bloğun ve fonksiyonun başlangıcı ve bitişi sırasıyla '{' ve '}' sembolleri ile ifade edilir.

Açıklama operatörü '/*, */' sembolleri ile ifade edilir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında seçilen STM32F103C8 mikrodenetleyicinin yapısı ve bu çalışma kapsamında kullanılan bazı özellikleri incelenmektedir. STM32F103XX mikrodenetleyicileri orta yoğunluklu performans hattı ailesi olarak bilinir. 72 MHz frekansında çalışan yüksek performanslı Arm® Cortex®-M3 32-bit RISC çekirdeği, yüksek hızlı gömülü bellekleri içerir.

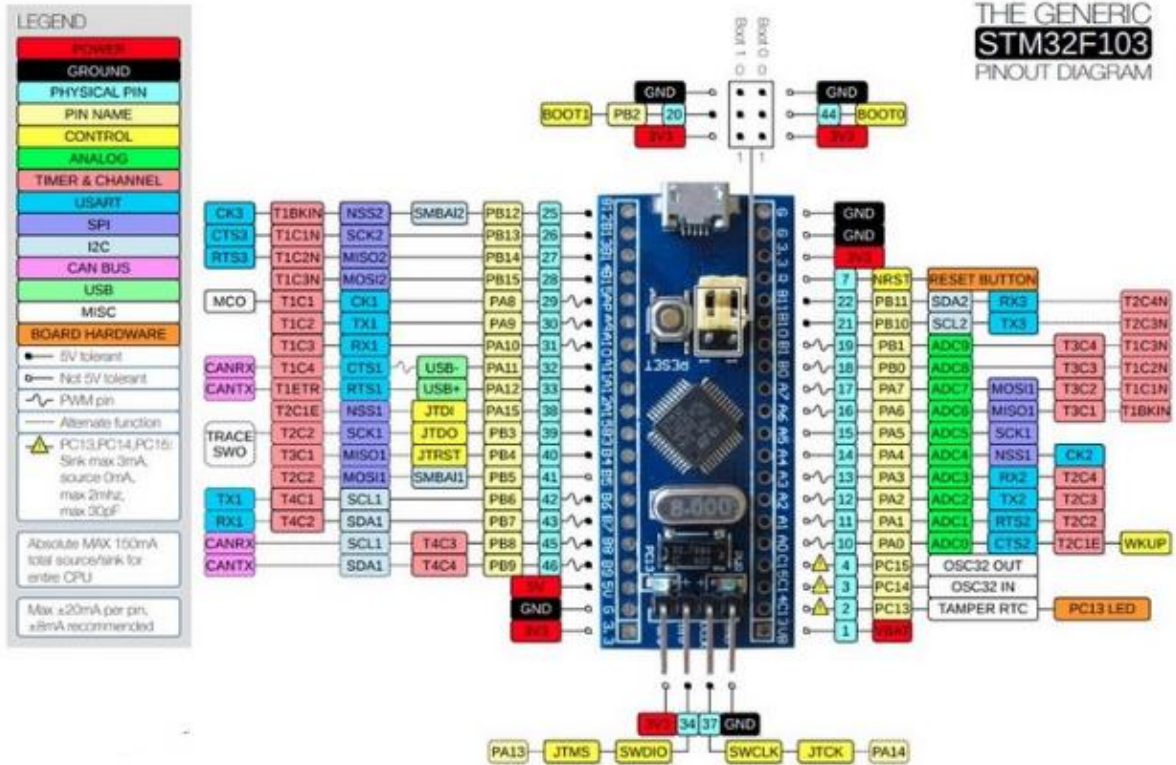
Bu çalışmada merkezi işlem birimi olarak Şekil 1’de üstten görünümü verilmiş olan STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisi temelli blue pill isimli kart kullanılmıştır. Bu kartın en belirgin özelliklerinden birisi çok güçlü bir Arduino Nano alternatifi olmasıdır. Bu mikrodenetleyici kartının üzerinde MicroUSB Interface, Boot Selection, MCU, RTC kristal, Power Indicator, RC13 Indikator, Main kristal ve reset butonu yer almaktadır.



Şekil 1. STM32F103C8T6 mikrodenetleyicisi temelli blue pill kartının üstten görünüşü

STM32F103C8 mikrodenetleyicileri; Motor sürücülerinde, Uygulama kontrollerinde, Tıbbi el ekipmanlarında, PC ve oyun çevre birimlerinde, GPS platformları, Endüstriyel uygulamalar, PLC’ler, İnvörtörler, Yazıcılar ve tarayıcılar, Alarm sistemleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır [8].

Şekil 2’de STM32F103C8 mikrodenetleyicisi temelli blue pill kartının pin diyagramı görülmektedir [9].



Şekil 2. STM32F103C8 mikrodenetleyicisi temelli blue pill kartının pin diyagramı

STMicroelectronics tarafından üretilen bir ARM Cortex-M3 tabanlı STM32F103C8 mikrodenetleyicide Şekil 2’de görülen pin diyagramı, bu mikrodenetleyicinin tüm pinlerinin işlevlerini ve konumlarını gösterir. Aşağıda, STM32F103C8’in pin diyagramının genel bir açıklamasına yer verilmiştir.

Pin Kategorileri:

1. Güç Pinleri:

VDD: 3.3V DC güç kaynağı pini.

VSS: Toprak (GND) pini.

VBAT: Yedek batarya bağlantısı için pin (RTC için).

2. Genel Amaçlı Giriş/Çıkış Pinleri (GPIO):

PAx, PBx, PCx, PDx, PEy: A, B, C, D, ve E portlarındaki pinler. Bu pinler dijital giriş veya çıkış olarak kullanılabilir.

3. Kanal ve Çarpın Pinleri:

ADC: Analog-dijital çevirici pinleri (örneğin, PA0, PA1).

DAC: Dijital-analog çevirici pinleri (DAC çıkışları).

4. Seri İletişim Pinleri:

USART: Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter pinleri (TX, RX).

SPI: Serial Peripheral Interface pinleri (SCK, MOSI, MISO).

I2C: Inter-Integrated Circuit pinleri (SDA, SCL).

5. Zamanlayıcı ve PWM Pinleri:

TIM: Çeşitli zamanlayıcılar için pinler. PWM çıkışları ve zamanlayıcı girişleri için kullanılır.

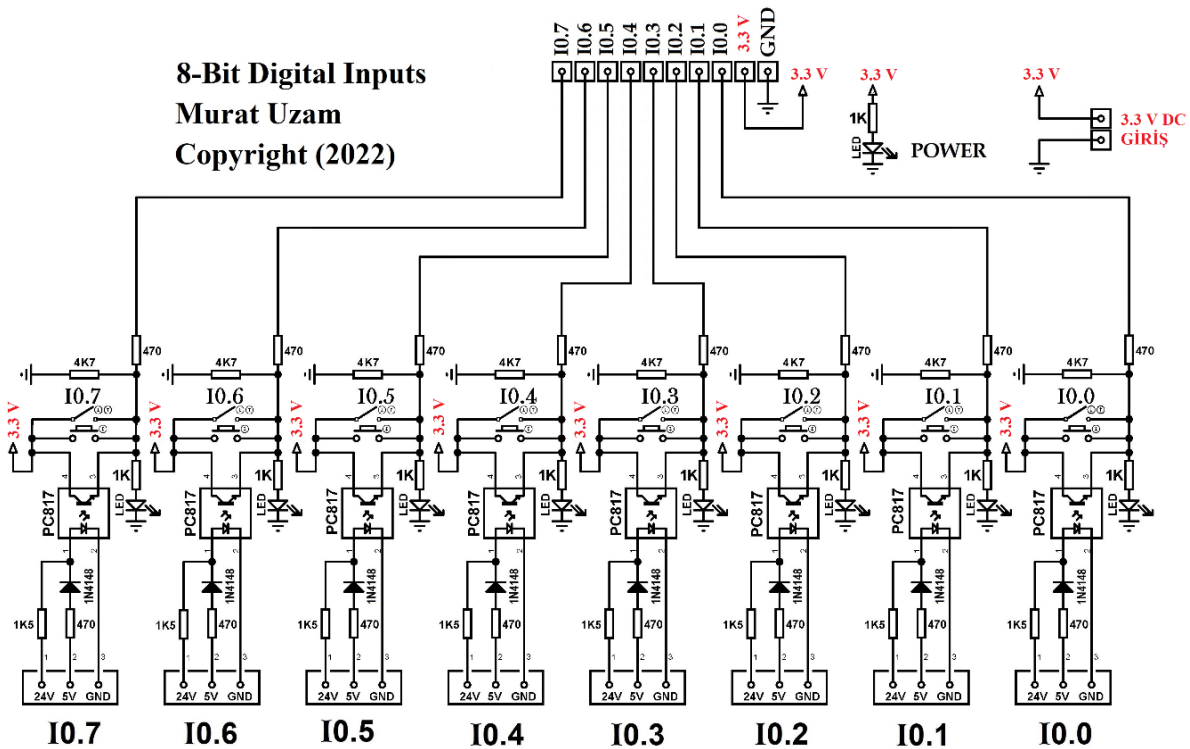
6. Diğer Fonksiyon Pinleri:

BOOT0/BOOT1: Başlangıç konfigürasyonu için pinler.

NRST: Dış reset pini.

3.1. Tasarlanan PLC'nin Donanımı

Bu proje kapsamında kullanılan 8 bit dijital PLC girişlerinin şeması Şekil 3'te görülmektedir. Bu şemaya uygun olarak gerçekleştirilmiş olan 8 bit dijital PLC giriş kartının üstten görünüşü de Şekil 4'te mevcuttur. PLC girişleri I0.7, I0.6, I0.5, I0.4, I0.3, I0.2, I0.1 ve I0.0 olarak isimlendirilmiştir. Bu dijital girişler için STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin PB4, PB3, PA15, PA6, PA11, PA10, PA9, PA8 isimli pinleri kullanılmıştır. Her bir ayrı girişten 5V DC ya da 24V DC giriş sinyallerini kabul edilebilmektedir. Harici giriş sinyalleri NPN tipi PC817 optik yalıtıcı (opto-coupler) kullanılarak PLC kartındaki diğer kısımlardan elektriksel olarak izole edilmiştir. Harici girişlerin kullanılmadığı uygulamalarda, girişlerin simülasyonunu yapabilmek için kart üzerinde her bir giriş için ani temaslı bir buton ve bir sürgülü anahtar mevcuttur. Her bir girişte, giriş sinyalinin aktif olması durumunu gösteren bir LED kullanılmıştır.

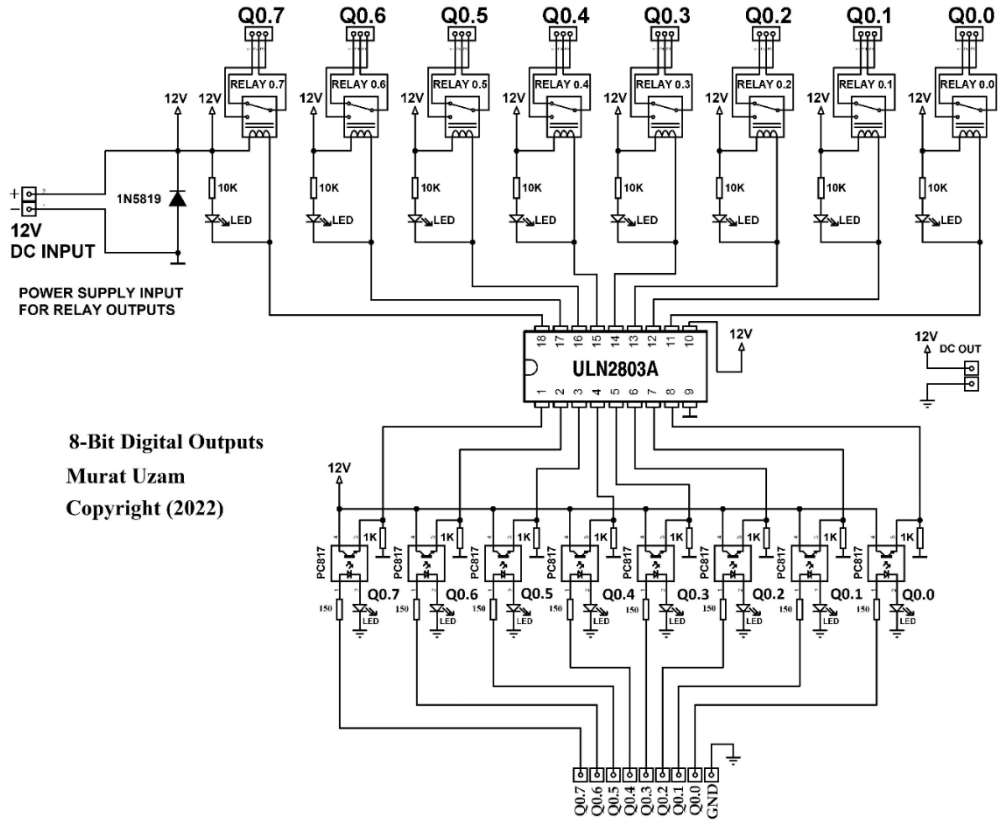


Şekil 3. 8 bit dijital PLC girişlerinin şeması

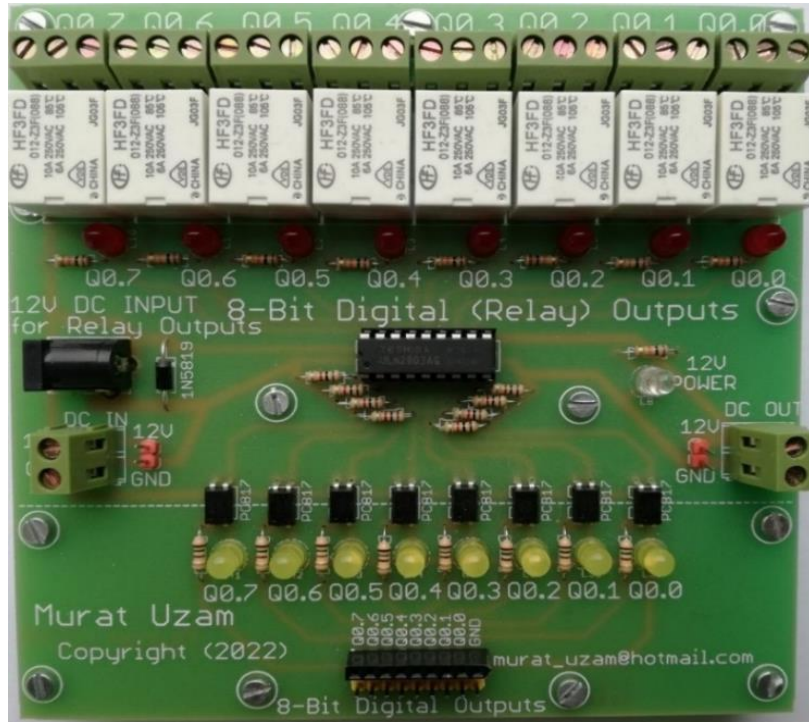


Şekil 4. 8 bit dijital PLC giriş kartının üstten görünüşü

Bu proje kapsamında kullanılan 8 bit dijital PLC çıkışlarının şeması Şekil 5’de görülmektedir. Bu şemaya uygun olarak gerçekleştirilmiş olan 8 bit dijital PLC çıkış kartının üstten görünüşü de Şekil 6’da mevcuttur. PLC çıkışları Q0.7, Q0.6, Q0.5, Q0.4, Q0.3, Q0.2, Q0.1 ve Q0.0 olarak isimlendirilmiş ve 8 adet ayrıklı röle çıkışı düzenlenmiştir. Bu röleleri sürmek için STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin PA4, PA5, PA6, PA7, PB0, PB1, PB10, PB11 isimli pinleri kullanılmıştır. Her röle 12V DC ile çalışmaktadır. Bu 8 röle bir tane ULN2803A darlington transistör sürücü entegresi yardımıyla sürülmektedir. STM32F103C8 mikrodenetleyicisi ile ULN2803A darlington transistör sürücü entegrelerini elektriksel olarak izole etmek için 8 tane NPN tipi PC817 optik yalıtıcı (opto-coupler) kullanılmıştır. Böylece röleleri sürmek için kullanılan 12V DC gerilim de STM32F103C8 mikrodenetleyicisinden elektriksel olarak izole edilmiştir. Her rölede, C (common – ortak uç), NC (normally closed – normalde kapalı) ve NO (normally open – normalde açık) olmak üzere üç bağlantı ucu olan SPDT (single pole double throw – tek grup iki konumlu) kontaklar mevcuttur. Devrede, her bir rölenin çalışmakta olduğunu gösteren bir LED mevcuttur. Ayrıca röleleri sürmek için kullanılan 12V DC gerilim kullanılmadan da çıkışların lojik durumlarını gözlemleyebilmek için her bir çıkış pinine bir LED bağlanmıştır.

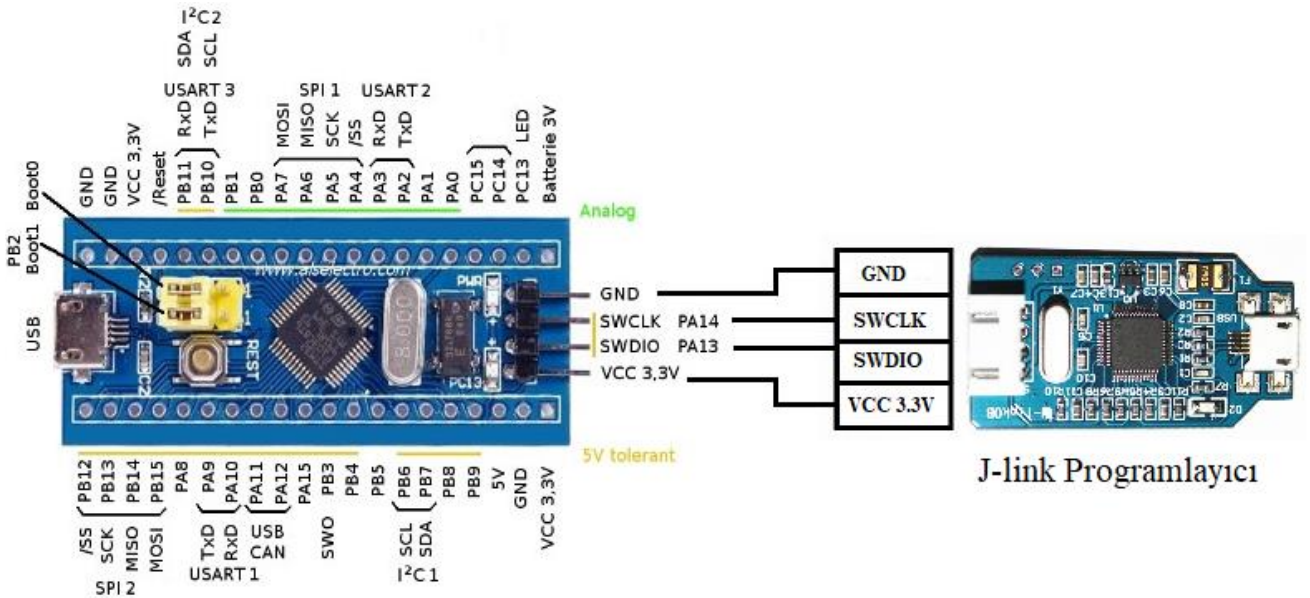


Şekil 5. 8 bit dijital PLC çıkışlarının şeması



Şekil 6. 8 bit dijital PLC çıkış kartının üstten görünüşü

Kullanılan STM32F103C8 mikrodenetleyicisine kullanıcı programının yüklemesi için J-Link olarak bilinen bir programlayıcı kullanılmıştır. Bu programlayıcı bir STMicroelectronics STM32 mikrodenetleyicisine bir kullanıcı programını yüklemek ve hata ayıklamak için kullanılan bir donanımdır. Gerçekleştirilen PLC projesi kapsamında STM32F103C8 mikrodenetleyici ile birlikte kullanılmıştır. Şekil 7’de STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin J-link programlayıcı donanımına bağlantısı görülmektedir. Bu sayede J-link, bir USB arayüzü aracılığıyla bilgisayara bağlanılıp ve bir yazılım geliştirme ortamı (IDE) veya hata ayıklayıcı yazılım aracılığıyla kullanabilmektedir.



Şekil 7. STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin J-link programlayıcı donanımına bağlanması

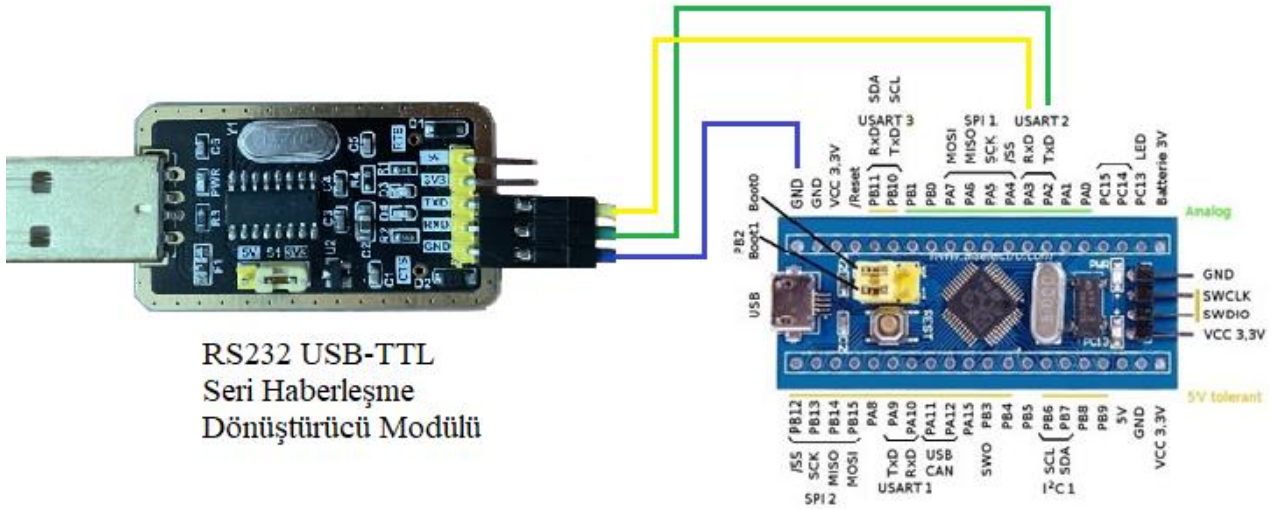
STM32F103C8 mikrodenetleyicisinin J-link donanımını STM32CubeIDE programında çalıştırmak için şu adımlar izlenmiştir: Öncelikle J-link donanımı STM32F103C8 mikrodenetleyicisine Şekil 7’de görülen dört bağlantı kablosu ile bağlanmıştır. Sonrasında STM32 için tercih edilen STM32CubeIDE tümleşik geliştirme programının kurulumu yapılmış ve STM32CubeIDE, kod yazma, derleme, hata ayıklama ve J-link aracılığıyla programlama işlemlerinde kullanılmıştır. STM32CubeIDE geliştirme ortamının J-link ile iletişim kurabilmesi için gerekli olan J-Link sürücülerini ve yazılımı proje kapsamında kullanılan bilgisayara yüklenmiştir.

Şekil 8’de sunulan RS232 USB-TTL seri haberleşme dönüştürücü modülü gerçekleştirilen proje kapsamında bilgisayarda bir monitör ekranı oluşturup özellikle matematik, lojik ve kaydırma fonksiyonlarıyla ilgili işlem sonuçlarının gözlemlenebilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu seri haberleşme dönüştürücü modülü, bilgisayarlar veya diğer USB destekli cihazlar ile seri haberleşme protokollerini kullanarak iletişim kurmaya yarayan bir donanım modülüdür. Bu modüller genellikle UART Universal Asynchronous Receiver/Transmitter olarak da adlandırılır. Bu modüller genellikle seri haberleşme hızı, veri biti, dur biti ve parite gibi iletişim parametrelerini ayarlamak için yazılım veya donanım düğmeleri sağlayan küçük cihazlardır. Bu tür modüller, genellikle mikrodenetleyiciler, Arduino ve diğer gömülü sistemlerle iletişim kurmak için ve hata ayıklama, veri alışverişi ve diğer seri haberleşme uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. Aynı zamanda bu dönüştürücü modülü sensörler, ekranlar, motor sürücüler gibi çeşitli elektronik bileşenlerle haberleşme işleminde de kullanılır.



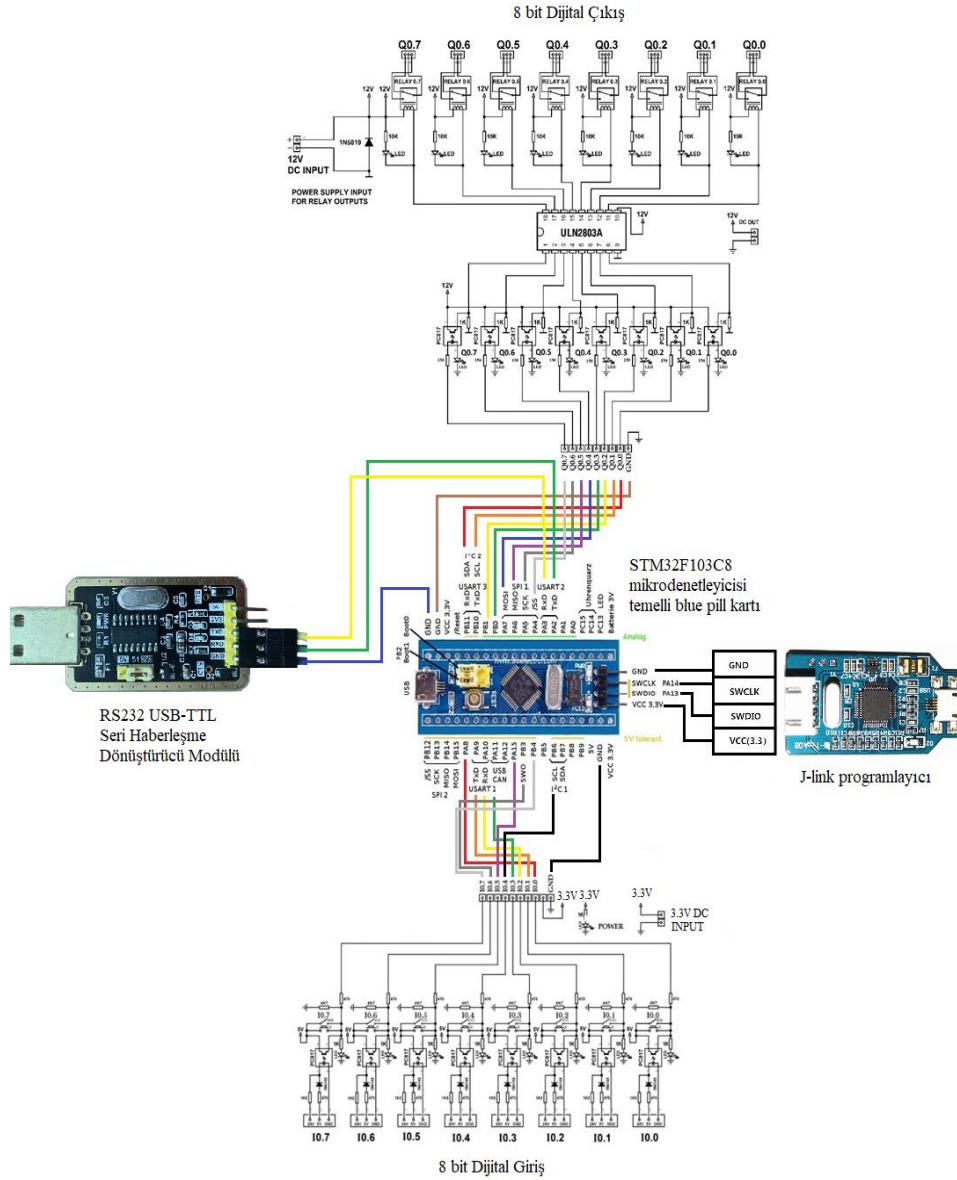
Şekil 8. RS232 USB-TTL seri haberleşme dönüştürücü modülünün üstten görünüşü

RS232 USB-TTL seri haberleşme dönüştürücü modülü STM32F103C8 mikrodenetleyici kartına bağlanmıştır ve STM32F103C8 mikrodenetleyici kartının haberleşme pinleri PA2 ve PA3 pinleri olarak belirlenmiştir. Bu durum Şekil 9’da ifade edilmiştir.



Şekil 9. RS232 USB-TTL seri haberleşme dönüştürücü modülünün mikrodenetleyiciye bağlanması

Sonuç olarak çalışma kapsamında STM32F103C8 mikrodenetleyici kullanılarak tasarlanan PLC’ye ait donanım şeması Şekil 10’da görülmektedir.



Şekil 10. Tasarlanan PLC'ye ait donanım şeması

Donanımı gerçekleştirilen PLC'de STM32F103C8 mikrodeneleyicisi merkezi işlem birimi (CPU) olarak kullanılmış olup 8 dijital giriş ve 8 dijital çıkış mevcuttur. Tasarlanan PLC'de yazılım dili olarak C dili kullanılmıştır ve STM32CubeIDE yazılım geliştirme ortamında oluşturulmuştur. Bahsedilen bu programda yapılan projenin ana programı Şekil 11'de görülmektedir.

```
#include "main.h"
#include "definitions.h"
int main(void)
{
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    MX_TIM1_Init();
    USART2_setup();

    while (1)
    {
        TIMER = TIMER_Val;

        //----- Timerlar için kullanılan referans zamanlama sinyalleri:
        re_T10ms = re_RTS(T_10ms, 61);
        re_T100ms = re_RTS(T_100ms, 62);
        re_T1s = re_RTS(T_1s, 63);

        get_inputs();

        //----- Kullanıcı Programı Burada Başlar-----
        //----- Kullanıcı Programı Burada Biter-----
        send_outputs();
    }
}
```

Şekil 11. Ana Program

STM32F103C8 mikrodenetleyicisi ile gerçekleştirilen bu PLC ile giriş/çıkış sayısı fazla olmayan endüstriyel otomasyon uygulamaları için ideal bir seçenek ortaya konulmuştur. Önerilen STM32F103C8 mikrodenetleyicisi tabanlı PLC tasarımıyla düşük maliyetli ve hızlı endüstriyel otomasyon uygulamaları için cazip bir çözüm elde edilmiştir.

Tasarımı gerçekleştirilen bu PLC'de:

Kontak ve Role Temelli Fonksiyonlar: Boole (ikili-binary) değişkenleri üzerinde işlem yapmak amacıyla kullanılmıştır. Şekil 12.de bu fonksiyona ait STMCubeIDE Programında C kodu, doğruluk tablosu, Merdiven diyagramı ve şematik sembolüyle birlikte aktarılmıştır. Örneğe göre: **ld** fonksiyonu bir merdiven diyagramındaki en soldaki normalde açık kontak olarak işlem yapar. Bilgiyi 'in' girişinden alır ve TEMP üzerinden dışarı aktarır. Eğer gelen bilgi 0 ise, çıkış (TEMP) 0 olur. Gelen bilgi 1 ise, çıkış (TEMP) 1 olur [7].

STMCubeIDE Programındaki C Kodu	Doğruluk Tablosu	Merdiven Diyagramı Sembolü / Şematik Sembol								
<pre>ld void ld(_Bool in){ if (in==0) TEMP=0; else TEMP=1; }</pre>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>IN</th> <th>OUT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>in</td> <td>TEMP</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	IN	OUT	in	TEMP	0	0	1	1	
IN	OUT									
in	TEMP									
0	0									
1	1									

Şekil 12. ld Fonksiyonu

Sayıcı Fonksiyonları: PLC'de sayıcılar, dahili veya harici olayların veya sinyallerin, yukarı ya da aşağıya doğru sayılmasını sağlayan fonksiyonlardır. PLC'lerde genel olarak üç temel sayma fonksiyonu kullanılmaktadır: İleri Sayıcı (Up Counter-CTU), Geri Sayıcı (Down Counter-CTD), İleri/Geri Sayıcı (Up/Down Counter-CTUD). Bu fonksiyonlar sayıcı içeriğini arttıran veya azaltan ve içerik belli bir değere ulaştığında sayıcı durum kaydedicisine veriyi ileterek çalışmaktadır [7].

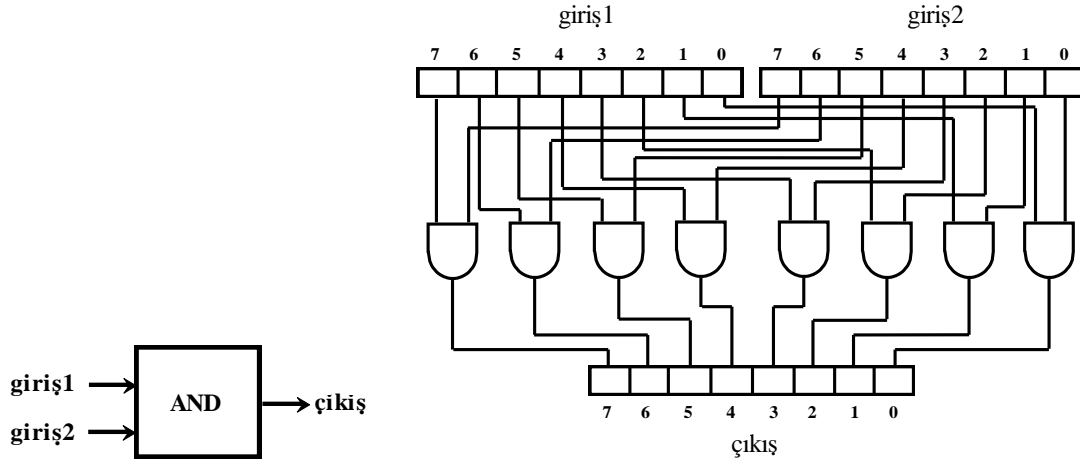
Zamanlayıcı Fonksiyonları: Programlama dillerinde belirli bir işlemin belirli bir süre sonra veya belirli aralıklarla otomatik olarak çalışmasını sağlayan özel fonksiyonlardır. Bu tür fonksiyonlar genellikle zamanlanmış görevlerin gerçekleştirilmesinde, periyodik işlemlerde veya belirli bir süre içinde bir işlemin tamamlanması gerektiği durumlarda kullanılır. Bu fonksiyonlar, programların otomatik olarak belirli bir zaman dilimi sonunda bir işlem gerçekleştirmesini veya belirli bir süre boyunca belirli bir işlemi tekrarlamasını sağlar. Gerçekleştirilen bu çalışmada gecikmenin yapısına bağlı olarak düz zaman rölesi (On Delay Timer - TON) ve ters zaman rölesi (OFF Delay Timer - TOF) olmak üzere iki zamanlayıcı fonksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu iki fonksiyonda gerekli olan referans zaman sinyallerinin elde edilmesi için, mikrodenetleyicinin 32 bitlik Timer1 dâhili zamanlayıcı modülü kullanılmıştır [7].

Karşılaştırma Fonksiyonları: PLC programlarında sıklıkla sayısal değerlerin karşılaştırılması gerekir. Bu fonksiyonda sayı1 ve sayı2 isimli iki giriş karşılaştırılacak iki sayısal değeri ifade etmektedir. Karşılaştırma işleminin sonucuna göre Boole-çıkış-değeri işlem sonucu doğruysa 1, yanlıssa 0 olur [7].

Aritmetik Fonksiyonları: PLC'lerde sayısal veriler üzerinde matematiksel işlemler yapmak için kullanılan fonksiyonlardır. Bunlar genellikle PLC programlama yazılımı tarafından sağlanan özel fonksiyon blokları veya komutlar olarak temsil edilir. Aritmetik fonksiyonlar genellikle toplama, çıkarma, çarpma, bölme gibi temel aritmetik işlemleri gerçekleştirirler. Bu işlemler hem değişik veri tiplerinde tanımlanan iki değişkenin içeriğine veya bir değişkenle bir sabit sayıya uygulanabilir. Bu tür işlemler, bir veya birden fazla değeri alarak bir işlem gerçekleştirir ve sonucu hesaplar. Hesaplanan sonucu daha sonra hafızaya kaydeder. Bu bölümde bu proje kapsamında aritmetik fonksiyonları gerçekleştirmek için altı tane fonksiyon tanımlanmıştır. Bunların dört tanesi ADD (addition - toplama), SUB (subtraction - çıkartma), MUL (multiplication - çarpma) ve DIV (division - bölme) fonksiyonlarıdır. Bu fonksiyonların yetkileme girişi EN (TEMP) aktif olduğunda giriş değişkenlerinden gelen verilerle işlem yapar ve sonucu çıkış değişkenine kaydeder [5]. Bu fonksiyonlarda iki giriş değişkeni olan "in1" ve "in2" ile bir çıkış değişkeni OUT (TEMP_REG) mevcuttur. Diğer iki tanesi ise INC (increment - bir arttırma) ve DEC (decrement - bir azaltma) fonksiyonlarıdır. INC ve DEC fonksiyonlarında bir giriş değişkeni olan "in" ve bir çıkış değişkeni OUT (TEMP_REG) mevcuttur. Bu bölümde incelenen aritmetik işlemler giriş ve çıkış verilerinin unsigned int veri tipinde olması durumu için tanımlanmıştır. Benzer aritmetik işlemler diğer veri tipleri için de tanımlanabilir [7].

Lojik ve Kaydırma Fonksiyonları: Bir lojik fonksiyon AND, OR, NAND, NOR, exclusive-OR (XOR) ve exclusive-NOR (XNOR) lojik işlemlerini iki giriş değişkenine (kaydediciye) ve NOT (değil) lojik işlemini sadece bir giriş değişkenine (kaydediciye) uygular ve bulunan sonucu çıkış değişkenine (kaydediciye) depolar. Örneğin Şekil 13.(a)'da görülen AND lojik

fonksiyonu giriş1 ve giriş2 olarak isimlendirilmiş kaynaklardan aldığı iki veri girişini lojik AND işlemine tabi tutup sonucu çıkış değişkenine kaydeder. Örnek olarak AND fonksiyonunun 8 bitlik değişkenlere uygulanması Şekil 13.(b)'de görüldüğü gibi gerçekleştirilir [7].



Şekil 13. a) AND fonksiyonu b) AND fonksiyonunun 8 bitlik değişkenlere uygulanması

4. SONUÇLAR

PLC'ler günümüzde endüstriyel otomasyon sistemlerinde çok yaygın olarak kullanılan kontrol cihazlarıdır. Pek çok yerli ve yabancı PLC üreticisi değişik kapasiteye ve hıza sahip PLC'leri farklı ihtiyaçları karşılamak üzere üretmektedir. PLC'lerin tasarımı konusunda daha önce yapılmış olan çalışmalar ve benzer şekilde konuyla ilgili Türkçe ve İngilizce yazılmış kitaplar da mevcuttur. Daha önce PLC'lerle ilgili yapılan çalışmalarda PIC16F84 mikrodenetleyicisi temelli 8 dijital girişli/8 dijital çıkışlı ve 5 MHz frekansında çalışan bir PLC tasarımı, Atmega128 mikrodenetleyicisi tabanlı bir PLC tasarımı, PIC16F877 Mikrodenetleyicisi temelli başka bir 6 dijital girişli/5 dijital çıkışlı bir PLC tasarımı, 16 bitlik bir PIC mikrodenetleyicisi ile 16 dijital girişli/16 dijital çıkışlı bir PLC tasarımı, PIC16F877A mikrodenetleyici temelli 16 dijital girişli/16 dijital çıkışlı bir PLC tasarımı ile ilgili çalışmalarına ulaşılmıştır. Yapılan bu çalışmaların, 2024 yılında ulaşılan yaklaşık maliyet fiyatları Tablo 1'de sunulmuştur. Sunulan bu fiyatlar Türkiye güncel kuru 1 Dolar=34,06 TL; 1 Euro=37,57 TL fiyatlarıyla karşılaştırılarak aktarılmıştır [10].

Tablo 1. PLC tasarımları ve yaklaşık maliyetleri

Plc Tasarımları	Mikrodenetleyici Maliyeti	Diğer Donanım Maliyeti
PIC16F84 mikrodenetleyicisi temelli 8 Girişli/8 Çıkışlı PLC [1]	6-7,3 Dolar / 204,36-248,64 TL	78,36 Dolar / 2.669,11 TL
Atmega128 mikrodenetleyicisi tabanlı bir PLC [3]	6-15 Dolar / 204,36-510,9 TL	84,21 Dolar/2868,37 TL
PIC16F877 Mikrodenetleyicisi temelli 7 Girişli/6 Çıkışlı PLC [2]	7,4-12 Dolar/252,04-408,72 TL	86,61 Dolar/2950 TL
PIC16F877 Mikrodenetleyicisi temelli 6 Girişli/5 Çıkışlı PLC [4]	7,4-12 Dolar/252,04-408,72 TL	79,40 Dolar/2.704,3 TL
16 Bitlik bir PIC mikrodenetleyicisi ile 16 Girişli/16 Çıkışlı PLC [5]	PIC24FJ128GA010 5-6,5 Dolar / 170,3-221,39 TL	PIC24F/24H: 330,38 Dolar / 11.252,74 TL PLC G/Ç Kartı: 131,78 Dolar/4.488,62 TL
PIC16F877A mikrodenetleyici temelli 16 Girişli/16 Çıkışlı PLC [6], [7]	6,8-8,5 Dolar / 231,6-289,5 TL	103,62 Dolar/3.529,26 TL

Bazı PLC markalarının ise 2024 yılında yaklaşık maliyet fiyatları Tablo 2'de sunulmuştur. Sunulan bu fiyatlar Türkiye güncel kuru 1 Dolar=34,06 TL; 1 Euro=37,57 TL fiyatlarıyla karşılaştırılarak aktarılmıştır [11].

Tablo 2. PLC modelleri ve maliyetleri

Marka	Model	Maliyet
Schneider Electric	TM200C16R Schneider 9 Giriş; 7 Çıkış; IP20	247.84 Euro / 9.311,35 TL
Panasonic	AFPORC32CP Panasonic 16 Giriş; 16 Çıkış; FP0R	285.71 Euro / 10.734,12 TL
Schneider	TM221M16T Schneider 8 Giriş; 8 Çıkış; 24V DC	289.82 Euro / 10.888,54 TL
Omron	CP1L-L14DT1-D Omron 8 Giriş; 6 Çıkış PNP 24V DC Modbus Ethernetli PLC	404.54 Euro / 15.198,57 TL

Gerçekleştirilen STM32F103C8 Mikrodenetleyicisi temelli PLC'nin maliyeti mikrodenetleyici kartı için 106,48 TL deney kartı için 2.596,04 TL olmuştur. Bu kapsamda özellikle küçük çaplı uygulamalar için hem hızlı hem de çok düşük maliyetli bir PLC tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu projede STMicroelectronics tarafından üretilen 32-bitlik STM32F103C8 (ARM Cortex-M3) mikrodenetleyicisi kullanılarak 72 MHz gibi yüksek bir hızda çalışan 8 dijital girişli/8 dijital çıkışlı bir PLC tasarımı gerçekleştirilmiştir. Böylelikle zaman-kritik sistemler için kullanılması söz konusu olabilecek bir PLC altyapısı ortaya konulmuştur. Bu tasarımın geliştirilmesiyle hem çok hızlı hem de geniş işlem gücü ve çevresel uyumluluğu sayesinde düşük maliyetli ve aynı zamanda yerli ve milli bir PLC tasarımı oluşturulmuştur. Uygulamada, PLC'nin temel işlevlerini gerçekleştirmek için gerekli olan I/O bağlantıları, STM32F103C8 mikrodenetleyici üzerindeki GPIO pinleri kullanılarak sağlanmıştır. Bu, harici bileşenlere olan ihtiyacı azaltıp tasarımı daha ekonomik hale getirmiştir. Yapılan çalışma STM32CubeIDE arayüz programı gibi popüler bütünleşik geliştirme ortamı üzerinde C dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu da projenin daha da erişilebilir olmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışmayla STM32F103C8 Mikrodenetleyicisi Temelli PLC Tasarımı yerli ve milli PLC olarak geliştirilmiştir.

ETİK

“Bu makalenin yayımlanmasında herhangi bir etik sorun bulunmamaktadır.”

KAYNAKLAR

- [1] Ş. Kitiş, "PIC16F84 mikrodenetleyicisi ile bir programlanabilir lojik denetleyici tasarımı ve uygulaması", Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2007.
- [2] H. O. Erkol, "Mikrodenetleyici tabanlı PLC donanımı ve yazılımının gerçekleştirilmesi", Yüksek lisans tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2008.
- [3] V. Tongur, "Atmega128 tabanlı PLC tasarımı", Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008.
- [4] Ö. F. Rafat, "PIC16F877 mikrodenetleyicisi ile bir PLC tasarımı", Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2010.
- [5] A. Harmanda, "16 bitlik bir PIC mikrodenetleyicisi ile bir programlanabilir lojik denetleyici tasarımı ve uygulaması", Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2011.
- [6] M. Uzam, PIC16F877A temelli PLC, Birsen Yayınevi, 2013, p. 322 sayfa.
- [7] M. Uzam, PIC16F877A temelli PLC sürüm 2.0, Kodlab Yayınevi, 2022, p. 688 sayfa.
- [8] Diyot.net, <https://diyot.net/stm32f103/>. [Erişim Tarihi: 01 Temmuz 2024].
- [9] STM32F103 pinout diagram, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Stm32f103_pinout_diagram.png. [Erişim Tarihi: 31 Mayıs 2024].
- [10] digikey.com, <https://www.digikey.com/en/products/filter/microcontrollers/685?s=N4IgtTCBcDaIAoEkDCYAsAxAUgRjADgHEBBABmxJAF0BfIA>. [Erişim Tarihi: 10 09 2024].
- [11] tme.eu, <https://www.tme.eu/tr/tr/>. [Erişim Tarihi: 10 09 2024].