



# Kahramanmaraş Sütçü İmam University

## Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi :19/03/2018  
Kabul Tarihi : 06/07/2018

Received Date : 19/03/2018  
Accepted Date : 06/07/2018

### EtherCAT Protokolü ve EtherCAT Donanımları ile Programlama

### Programming with EtherCAT Protocol and EtherCAT Enhancements

<sup>1</sup>Ahmet BEKERECİ, <sup>2</sup>Özgen KORKMAZ

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Malzeme Bilimi Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye  
<sup>2</sup>Amasya Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Amasya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ahmet BEKERECİ, ahmetbekereci@gmail.com

#### ÖZET

EtherCAT (Ethernet for control automation technology) protokolü, esnek topoloji ve yüksek hızlı gerçek zamanlı çalışma performansı ile yeni standartlarda üretilmiş bir haberleşme protokolüdür. Çok sayıda firmanın uzak IO haberleşme modüllerinde kullandığı yeni nesil protokolüdür. 30 µs içinde 1.000 dağıtılmış I/O, neredeyse sınırsız ağ boyutu ve Ethernet ve internet teknolojileri sayesinde optimum dikey entegrasyon sağlamaktadır. EtherCAT sayesinde maliyetli Ethernet yıldız topolojisinin yerine basit bir hat ya da ağaç yapısı uygulanabilmekte ve pahalı altyapı bileşenlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu nedenle tam otomasyonlu çorba makinesi otomasyon sisteminde uzak IO modüllerinde haberleşme için EtherCAT protokolü seçilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** EtherCAT, Ethernet, Programlama, IO Haberleşme

#### ABSTRACT

EtherCAT (Ethernet for control automation technology) protocol, flexible topology and high-speed real-time operation performance is a communication protocol produced in the new standard. It is the next generation protocol that many companies use in remote IO communication modules. 1,000 distributed I/Os in 30 µs, virtually unlimited network size, and optimal vertical integration thanks to Ethernet and Internet technologies. Thanks to EtherCAT, a simple line or tree structure can be substituted for costly Ethernet star topology and expensive infrastructure components are not needed. For this reason, the EtherCAT protocol was chosen for communication in remote IO modules in a fully automated soup machine automation system.

**Keywords:** EtherCAT, Ethernet, Programming, IO Communication

## 1. NEDEN EtherCAT PROTOKOLÜNE UYGUN DONANIM SEÇİLMİŞTİR?

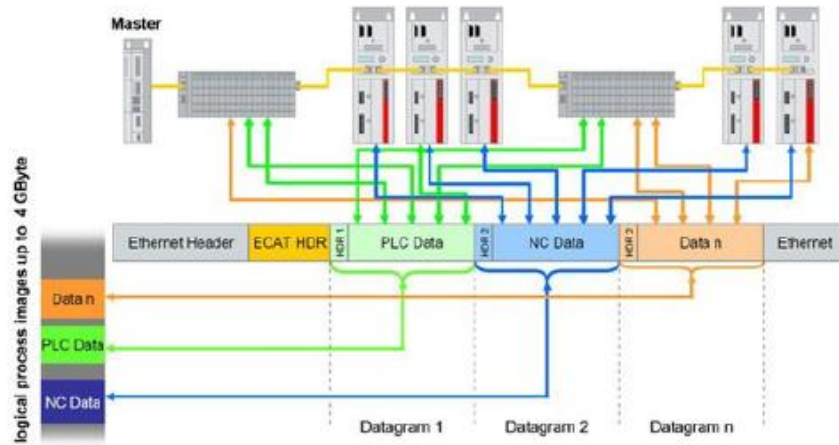
EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) yüksek performansı ve basit kurulumu ile endüstriyel otomasyon için önemli Ethernet çözümlerinden birisidir (URL-1, 2018). Yaygın olarak gerçek Zamanlı Ethernet olarak adlandırılan Ethernet tabanlı fieldbus ağları, özellikle hareket kontrol uygulamalarında fabrika otomasyon sistemlerinin kaçınılmaz bir parçası haline gelir (Knezic M. ve ark. 2010). Sistemlerin bilgisayarlarla haberleşmesi otomasyonlar için kaçınılmaz bir gerekliliktir. EtherCAT üstün performans sergilemekte, daha hızlı tepki hızı ve daha yüksek senkronizasyon sağlamaktadır (Jiao B., He X., 2014). Sistemlerin Ethernet üzerinde bilgisayarlara yüksek hızla bağlanabilmeleri, bu protokolün endüstriyel ortamlarda sıkça kullanılmasına neden olmuştur. Bu haberleşme protokolü gerçek zamanlı bir Ethernet teknolojisidir ve esnek genişletilebilirlik özelliklerine sahiptir. Mevcut endüstriyel haberleşme sistemleri sınırlarına ulaşırsa, EtherCAT yeni standartlar belirliyor: 1000 dağıtılmış I/O ile 30 µs'de 100 servo ile 100 µs'de haberleşme, neredeyse sınırsız ağ boyutu, Ethernet ve internet teknolojileriyle sağlanan uygun dikey bütünleşme EtherCAT'in sunduğu önemli avantajlar arasında sayılabilir (URL-1, 2018). Diğer Ethernet çözümlerinden farklı olarak, Ethernet paketi ağ düğüm noktasında alınıp yorumlanarak, işlem verileri kopyalandıktan sonra iletmek yerine doğrudan süreç içinde işlenir. Her cihazdaki (I/O terminalleri de dahil olmak üzere) EtherCAT Slave Denetleyici kendine ait veriyi, paket kendisi üzerinden geçerken okur. Aynı şekilde, giriş verileri de, tüm slave'leri dolaşan veri paketinin arasına eklenebilir. Paketler dolaşımdayken, slave ilgili komutları tanır ve sırayla işler. İşlemler, Slave Denetleyicinin donanımında gerçekleşiyor ve bu sebeple iletişim kuralı yapısı yazılımının çalışma zamanından ya da işlemci gücünden bağımsız olur. Son EtherCAT slave, tamamen işlenmiş olan mesaj paketini geri gönderir ve böylece ilk slave, bu paketi bir cevap paketimiş gibi Master denetleyiciye iletiyor (URL-1, 2018). Cortex-M0 mikrodenetleyici ile tasarlanmış bir slave modülü ile performansının endüstriyel otomasyondaki gerçek zamanlı gereksinimleri karşılayabildiği ve diğer modüllerle birleştirildiğinde kontrol fonksiyonlarının artacağı görülmüştür (Huang YW., Wu CH., 2014).

Sonuç olarak bu protokolün sağladığı ekonomiklik, hız ve kullanım kolaylığı gerekçelerinden dolayı Tam Otomasyonlu Çorba Makinesi otomasyon sisteminde aktivatörler ve sensör kontrolleri Beckhoff sistem mimarisi ile yapılmıştır. Bu mimaride haberleşme protokolü olarak EtherCAT Yüksek hızlı Ethernet protokolü seçilmiştir.

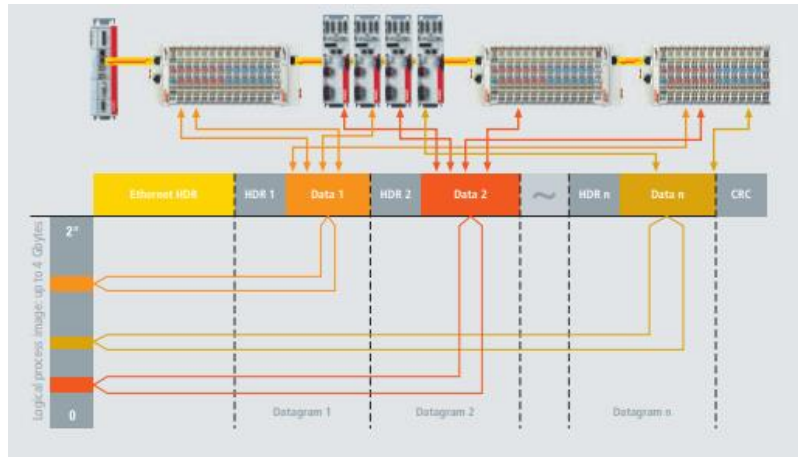
- IO seviyelerinde gerçek zamanlı Ethernet
- Sistemlerde düşük maliyet
- Topoloji esnekliği ve kolay kurulum
- Yüksek performans ve yüksek hız
- Mevcut endüstriyel sistemler ile protokol haberleşmesi
- Etkileyici performansı ve özellikle de basit kurulumu ile endüstriyel otomasyon için ideal Ethernet çözümü.

## 2. EtherCAT ÇALIŞMA PRENSİBİ

EtherCAT (Ethernet for Control Automation Technology) basit kurulum ve hızlı ağ performansı ile Endüstriyel otomasyon için doğru seçimler arasında yerini almıştır. 1000 dağıtılmış IO ile 30 µs de haberleşme ve 65535 cihaza kadar hat, ağaç yada yıldız topolojisinde haberleşme sunmaktadır. Maliyeti yüksek Ethernet yıldız topolojileri EtherCAT kullanılarak basit bir hat veya ağaç yapısıyla değiştirilebilir ve bu sayede pahalı altyapı bileşenleri gerekmeden sistem kurulumları yapılabilmektedir (URL-2,2018).



Şekil 1. Ethercat ve Veri İletim Modeli

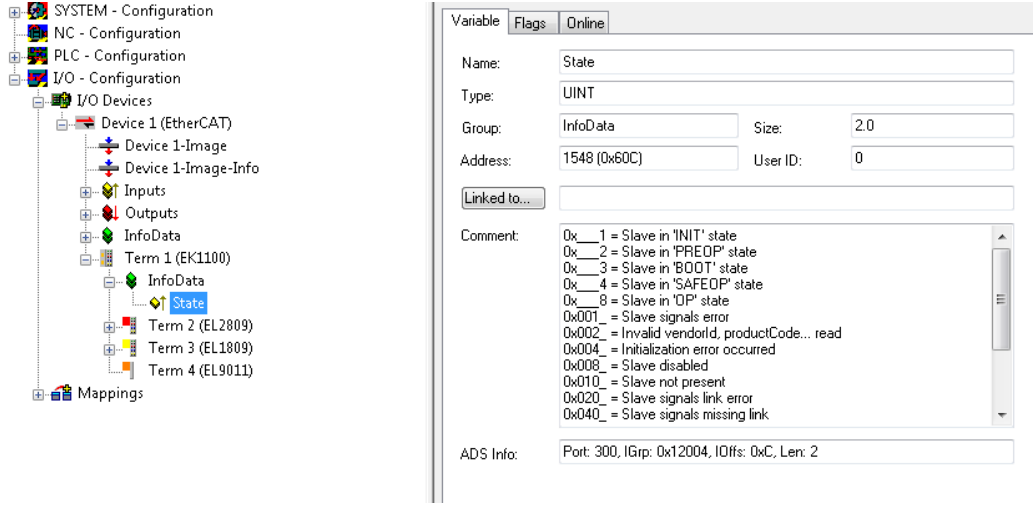


Şekil 2. Ethercat Veri İletim Modeli

Şekil 1 ve Şekil 2'de de görüldüğü gibi Ethercat haberleşme prensibinde paketi işlemleri, artık mesaj paketlerini almak, işlemek ve işlem verilerini kopyalamak gibi ard arda adımlar içermez. Saha cihazları (I/O terminaleri) EtherCAT Slave Denetleyici olarak kendine ait veriyi, paket ağ hattında dolaşırken, kendisi üzerinden geçerken okumaktadır. (URL-3, 2018) Aynı şekilde, giriş verileri de, tüm slave'leri dolaşan veri paketinin arasına eklenmektedir. Paketler ağ üzerinden dolaşırken, slave cihazlar ilgili komutları tanır ve sırayla paketleri işler. İşlemler, Slave Denetleyicinin donanımında gerçekleşir ve bu sebeple iletişim kuralı yapısı yazılımının çalışma zamanından ya da işlemci gücünden bağımsız olarak çalışır. Bu sayede son derece hızlı bir iletişim hattına sahiptir. Son EtherCAT adresli slave, tamamen işlenmiş olan mesaj paketini geri gönderir ve böylece ilk slave, bu paketi bir cevap paketiymiş gibi Master denetleyiciye iletir.

### 3. EtherCAT MODÜLLERİ İLE SAHA KONTROLÜ

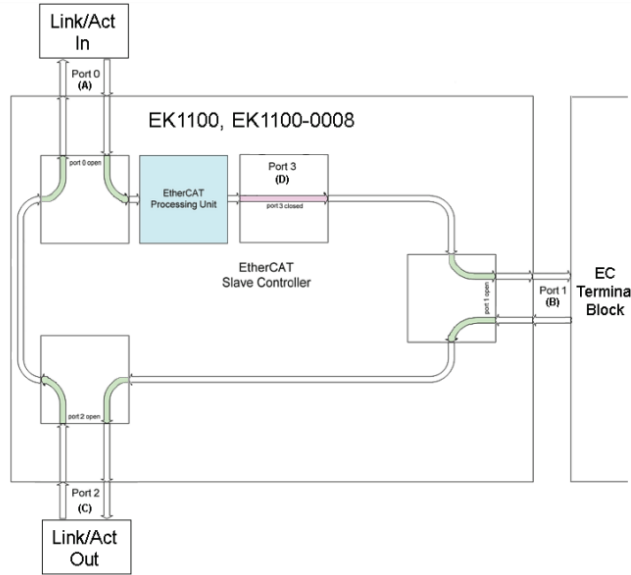
Ethercat hattı sahada kapalı veya açık çevrim olarak tasarlanabilmektedir. Modüllerin bağlantı bilgileri plc programlarından, dolayısı ile scada ve görsel dil yazılımları ile de okunabilmektedir.



Şekil 3. Ethercat Modül Donanım Kontrolü

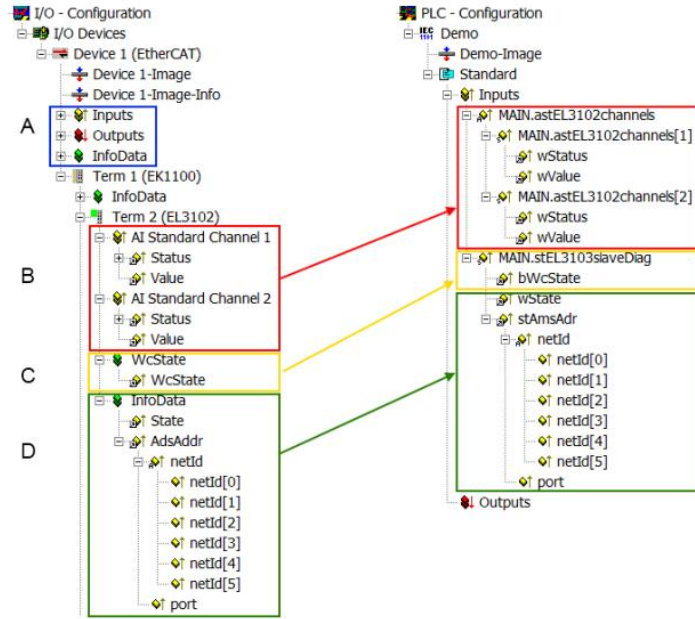
Şekil 3 penceresinde sahada kullanılan Ek1100 modülü için çalışma durumları verilmiştir. Bu durumlar istenildiğinde linked to ile değişken linklemesi ile program üzerinden kontrol edilebilmektedir. Bu sayede saha haberleşme modüllerindeki hatalar uyarılar olarak alınabilmektedir. Şekilde 0x8 Slave in “OP state” haberleşme modülünün hazır olduğunu göstermektedir. Bir Ethercat hattında haberleşme modülleri ile kullanılacak ilave modüller ;

- Ethercat bus coupler : Slave haberleşme modülleridir. Bu modüller genelde üzerinde cpu yoktur ve programlama amacı ile değil kendisine bağlı IO modüllerinin bağlantılarını master modül ile yapılmasını sağlar. 100 m ile 2 km aralıklara kadar çıkan ile seri bir haberleşme imkanı sunar. 100 Mbit hızında haberleşme sağlar. Her modüle 65.535 adet IO modülü bağlanabilir. Fiber ve Cat kablo olarak bağlanabilen modüller kullanılabilir.



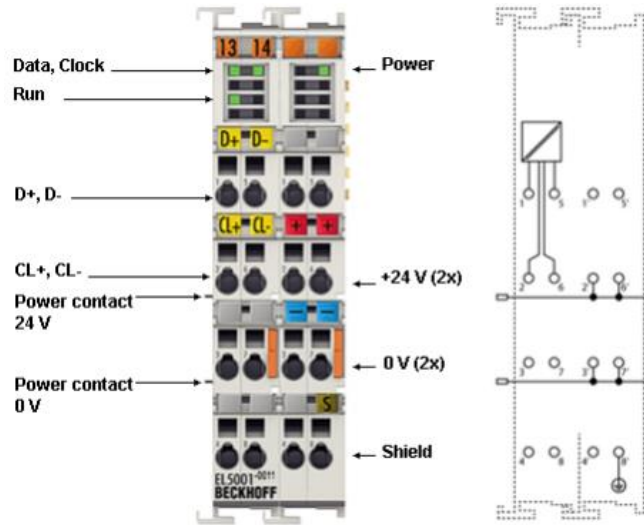
Şekil 4. Ethercat Bağlantı

- Ethercat Digital Input-output modülleri : ethercat bus coupler modüllerine bağlanabilen uzak IO modülleridir. Dijital Giriş ve çıkış modülleri olarak kullanılır. IO adres bilgileri değişken adreslemesi ile okunabilmektedir.



Şekil 5. Ethercat PLC ve IO Link Metodu

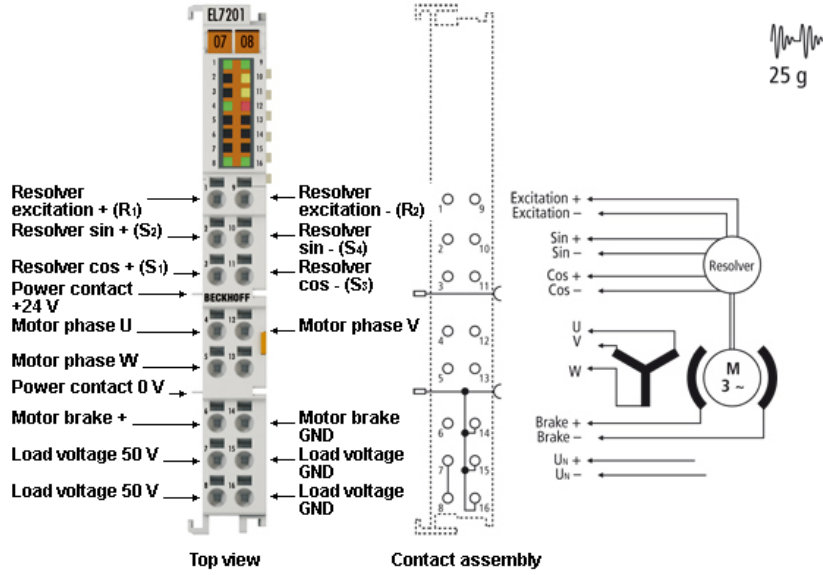
- Analog input ve output modülleri : Ethercat slave modüllerine bağlanabilen modüllerdir. 0-10v, 4-20ma,0-20ma modüller olarak kullanabilmektedir.
- Pozisyon ölçüm terminalleri : Encoder modülleridir. Sahada encoder bilgilerini ethercat bus coupler modülü ile master modüllerine aktarır. Safe modülleri de sahada kullanabilmektedir.



Şekil 6. Encoder Modül Bağlantısı

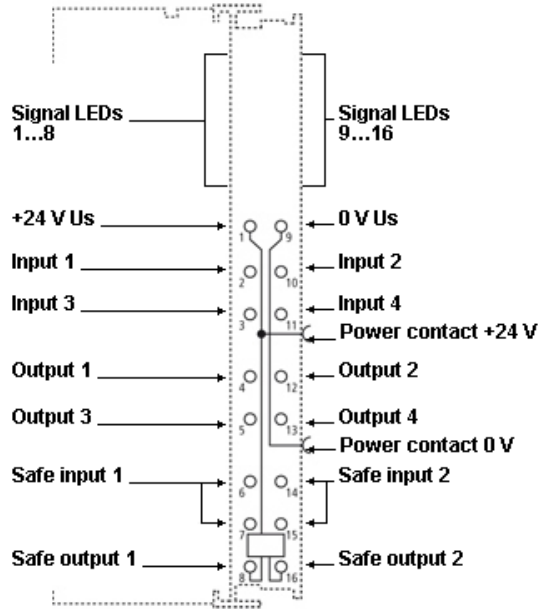
- Protokol haberleşme modülleri: Ethercat bus coupler modülünden sahadaki diğer protokoller ile de haberleşme yapılarak veriler alınabilmektedir. Aşağıda örnek haberleşme protokolleri verilmiştir.
  - Seri haberleşme Rs232
  - Rs485-rs422 haberleşme
  - IO-Link Master
  - Profinet
  - Ethernet /IP
  - Lightbus
  - Profibus
  - Interbus
  - Canopen

- Devicenet
  - DMX Master
  - BacNet
- Motor sürücü terminalleri : Ethercat alt yapısındaki servo-step-dc motorlar ile doğrudan saha içerisinde ana master plc modülünden haberleşme yapılabilmektedir.



Şekil 7. Ethercat Servo Motor Terminal

- Sıcaklık Ölçüm Terminalleri: Ethercat hattı ile saha sıcaklık ölçüm ekipmanları okutularak master plc bilgileri gönderilmektedir.
- Güvenlik terminalleri: Saha ekipmanlarında güvenlik terminalleri de kullanılabilmektedir.



Şekil 8. Ethercat Güvenlik Modülü

- Ayrıca sistem modülleri arasında, loadcell yük ölçüm hücreleri ve benzeri hücreler içinde ethercat modülleri sahadaki master modül ile haberleşme yapılabilir.

Ethercat modülleri istenildiğinde güç bağlantılarında tek merkezden aktarıldığı modüller olarak da kullanılabilmektedir (URL-4, 2016).

#### 4. SİSTEM TWINCAT DONANIM TASARIMI

Donanım Modülleri : (UERL-5, 2018)

EK1100 EtherCAT bus coupler

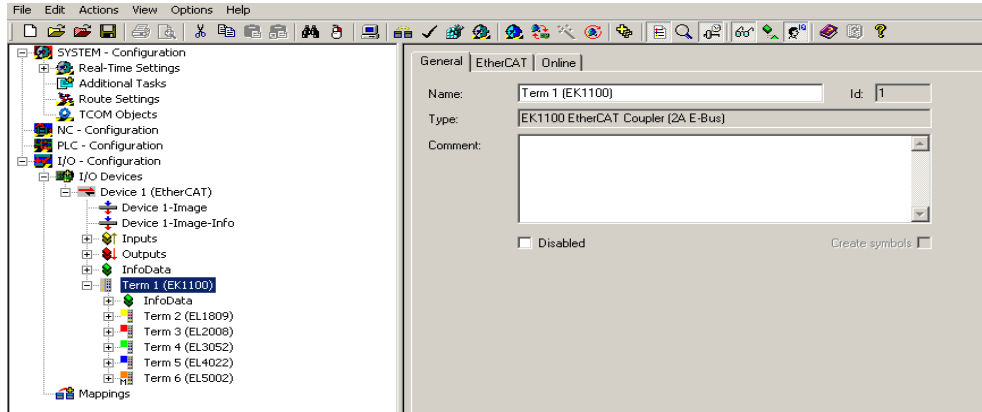
EL1809 EtherCAT 16 digital input

EL2008 EtherCAT 8 digital output

EL3052 EtherCAT 4 analog input

EL4022 EtherCAT 2 analog output

EL5002 EtherCAT PT100 modülü



Şekil 9. Twincat Donanım Tanıtımı EtherCAT

start AT %I\*:BOOL;

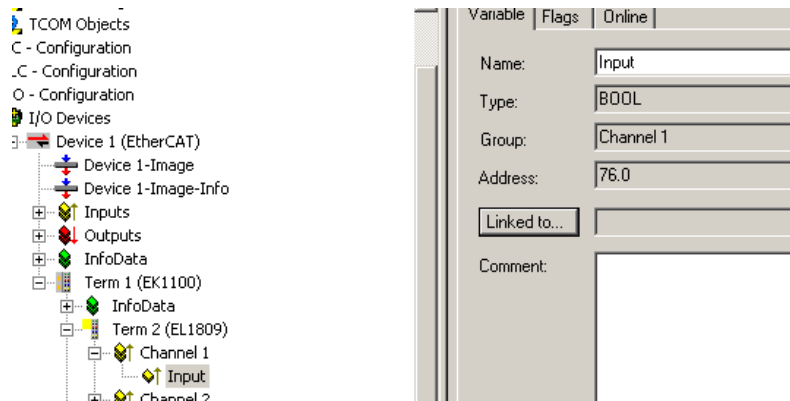
motor AT %Q\*:BOOL;

analogoku AT %I\*:INT;

analoggonder AT %Q\*:INT;

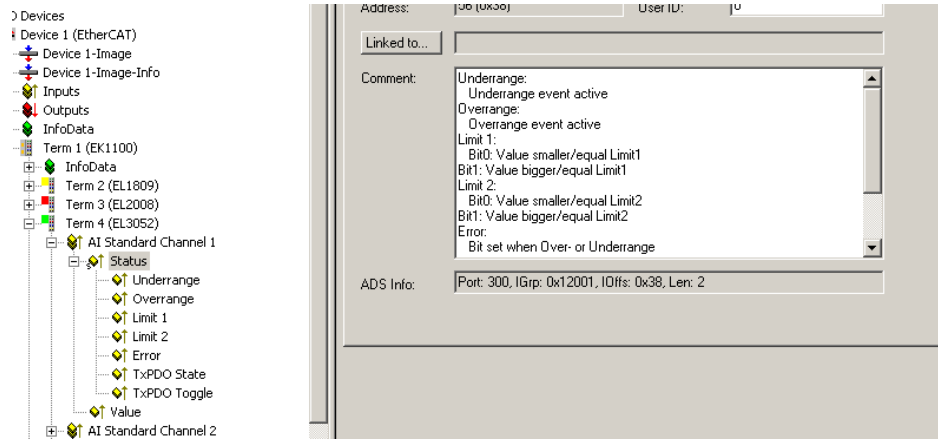
sicaklik AT %I\*:DINT; (Arslan, 2013)

linklemesi yapılacak tanımlanan değişkenler.



Şekil 10. Linkleme Ekranı (URL-5, 2018)

Bu bağlantılar ile EtherCAT modülleri ve tanımlamalar yapılır.



Şekil 11. EtherCAT Modül Donanım Kontrolörü

Aynı zamanda EtherCAT donanım modüllerine ait hata bildirimleri program üzerinden okunabilmektedir. Yukarıdaki şekilde Analog input modüle ait birinci kanaldaki hata bildirimleri status linki ile okunabilecektir. Aynı zamanda etherCAT modüllü üniteler, TwinCAT 3, C/C++'den nesneye dayalı IEC 61131-3 uzantısına kadar tüm yaygın programlama standartlarını desteklemektedir. Matlab®/Simulink® tümleşimi, hidrolik sistemin işleme alınma öncesindeki simülasyonunun yapılması gibi uygulamaları mümkün kılar (URL-6, 2018).

#### 4.1. St(Structure Text) Yöntemi ile Programlama

```
IF start=TRUE AND moduldurum=8 THEN (* start input girişinden girilen sinyal true ise motorlar çalışır *)
    motor:=TRUE;
```

```
ELSE
```

```
    motor:=FALSE; (* mudul bilgisi 8 değerinden farklı ise arıza bilgisi gelmiştir *)
```

```
END_IF
```

```
analogscala:=INT_TO_REAL(analogoku)*0.001;
```

```
IF analogscala >=0 AND analogscala<=20 THEN
```

```
    analoggonder:= 30 * REAL_TO_INT(655.36);
```

```
    (* inverter girişine 30hz sinyali için analog çıkış gönderildi*)
```

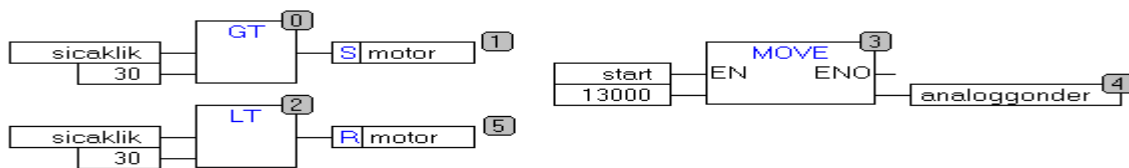
```
ELSIF analogscala >=21 AND analogscala<=30 THEN
```

```
    analoggonder:= 50 * REAL_TO_INT(655.36);
```

```
    (* inverter girişine 50hz sinyali için analog çıkış gönderildi*)
```

```
END_IF
```

#### 4.2. Ethercat Link ile CFC Yöntemi ile Programlama



Şekil 12. Ethercat Link ile CFC Yöntemi ile Programlama

Sıcaklık analog bilgisi okunarak karşılaştırma yapılmıştır. Analog değer ethercat modül üzerinden okunmuştur. Okunan değer scala edilerek 30 derece üstünde ise motor set edilmiş altında ise motor resetlenmiştir. Start butonu ile ethercat modülüne bağlı analog çıkışa, inverter frekansı için değer gönderilmiştir.

## 5. SONUÇ

Makine uzak IO birimleri ile kurulmuş, haberleşme hızları yüksek ve maliyeti ucuz bir protokol ile desteklenmiştir. Tüm Ethernet cihazları bir ağ anahtarı ya da anahtar portu aracılığıyla sisteme dahil edilmiştir. Sistem Beckhoff twincat üzerinde test edilmiş ve yazılımı sağlanmıştır. Yazılımda ethercat protokolü ile IO birimleri kullanılmıştır. Sistem yazılımı Twincat 2 üzerinden yapılmıştır. EK1100 ethercat bus coupler modülüne bağlı IO birimleri linkleme metodu ile cp6600 endüstriyel pc üzerinde programlanmıştır. Sistem codesys destekli olarak programlanmıştır. EtherCAT modüllerine bağlı bütün IO birimleri 5 ms aralıklar ile taranmış, okuma yazma işlemleri yapılmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

Arslan F. (2013). Codesys ile Programlama. *Birsen Yayın Evi*, İstanbul.

Huang YW., Wu CH. (2014). Design and Implementation of EtherCAT Slave Based on ARM Cortex-M0. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 293. *Springer*, Cham.

Jiao B., He X. (2014). Application of the Real-Time EtherCAT in Steel Plate Loading and Unloading System. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2014.

Knezic M., Dokic B., Ivanovic Z. (2010). Topology aspects in EtherCAT networks. Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), 2010 14th International.

URL 1, Aydan, C. (2018). EtherCAT'in Makine Otomasyonuna Katkıları. *Otomasyon*. <http://www.otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/ethercatin-makine-otomasyonuna-katkilari> adresinden 12.03.2018 tarihinde erişilmiştir.

URL-2. EtherCAT Technology Group, <http://www.ethercat.org/> adresinden 05.01.2018 tarihinde erişilmiştir.

URL-3- [www.baumuller.com.tr](http://www.baumuller.com.tr) adersinden 06.01.2018 tarihinde erişilmiştir.

URL-4 Beckhoff (2016). EtherCAT Ölçüm Teknolojisi Modülleri. [https://download.beckhoff.com/download/press/2016/turkish/pr202016\\_Beckhoff\\_tr.pdf](https://download.beckhoff.com/download/press/2016/turkish/pr202016_Beckhoff_tr.pdf) adresinden 05.01.2018 tarihinde erişilmiştir.

URL-5- (2018). Beckhoff EtherCAT Publications. <http://www.beckhoff.com/EtherCAT-IO/> adresinden 07.01.2018 tarihinde erişilmiştir.

URL-6-. Beckhoft. (2018). PC ve EtherCAT Tabanlı Kontrol Teknolojisi Ethercat Ölçüm Teknolojisi Modülleri. <http://www.beckhoff.com/> adresinden 09.01.2018 tarihinde erişilmiştir.