



# Eski Nesil Endüstriyel Ekipmanlar için Çok Fonksiyonlu IoT Dönüşüm Kartı: Tasarım, Gerçekleme ve Test Sonuçları

1st Ahmet AK - *Elektronik Ar-Ge Departmanı - Trex Dijital Akıllı Üretim Sistemleri A.Ş. - Bursa, Türkiye*  
ahmetak@trex.com.tr , 0009-0004-2184-6491

2nd Turgay Tugay BİLGİN - *Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bursa Teknik Üniversitesi - Bursa, Türkiye*  
turgay.bilgin@btu.edu.tr , 0000-0002-9245-5728

3rd Allaaddin YİĞİTLER - *Elektronik Ar-Ge Departmanı - Trex Dijital Akıllı Üretim Sistemleri A.Ş. - Bursa, Türkiye*  
ayigitler@trex.com.tr , 0009-0006-9448-7383

Aralık 2024

# Sunum İçeriđi

- Çalışmanın Amacı
- Metot ve Yöntemler
  - *Elektronik kartın geliştirilmesi ve üretilmesi*
  - *Gömülü yazılımın geliştirilmesi*
- Test Sonuçları
- Maliyet ve Sürdürülebilirlik Analizi
- Sistem Kısıtlamaları ve Gelecek alışmalar
- Açık Kaynak Ekosistemine Katkılarımız
- Sonuç

## Neden Tasarladık ?

Endüstriyel ortamlarda bulunan araç-gereçlerden veri alınamaması, verimlilik ve kalite süreçlerinin takip edilebilmesindeki en önemli engeldir.

Beyana dayalı üretim takiplerinde, zincirleme yolu ile öngörülemeyen hatalar ile karşılaşmaktadır.

Özellikle kritik-hayati parça üretimi/montaj işlemlerinde kullanılan bu ekipmanlar, kalite ve verimlilik konusunda ciddi önem arz etmektedir.



## Çalışmanın Amacı

Projenin temel amacı, endüstriyel sahalarda kullanılan geleneksel ekipmanları minimum maliyet ve maksimum uyumluluk ile Endüstri 4.0 standartlarına yükseltmektir.

Bu kapsamda, farklı marka ve modeldeki eski nesil ekipmanların tek bir standart çözüm ile dijitalleştirilmesi ve mevcut üretim yönetim sistemlerine entegrasyonu amaçlanmaktadır.

## Metot ve Yöntemler

- Elektronik kartın geliştirilmesi ve üretilmesi

- Donanım tasarımı ve komponent seçimi
- PCB tasarımı ve prototip üretimi
- Sensör entegrasyonu ve kalibrasyon
- Donanım testleri ve optimizasyon



# Metot ve Yöntemler

## - Elektronik kartın geliştirilmesi ve üretilmesi

- WI-FI protokolü (2.4 GHz)
- ESP32 kablosuz haberleşme modülü
- ARM tabanlı STM32F103C8T6 işlemci

### Sensör ve Ölçüm Birimleri:

- Hall effect sensörleri (WCS1700 ve ACS758LCB-050U-PFF-T)
- MPU9250 9 eksen IMU sensörü
- Temaslı ve temassız özelliklerde sensörler

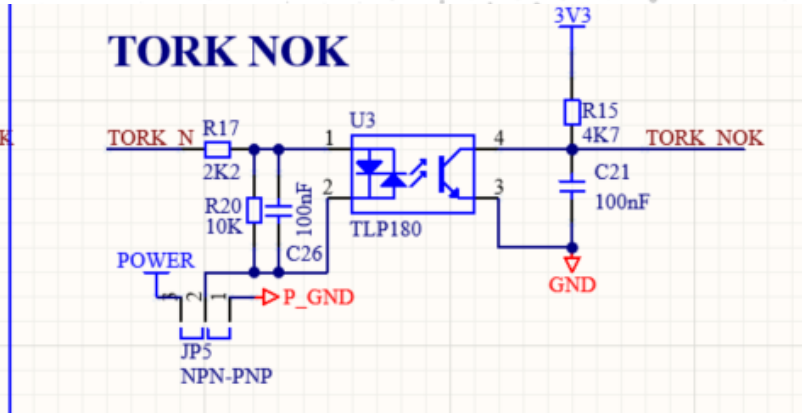
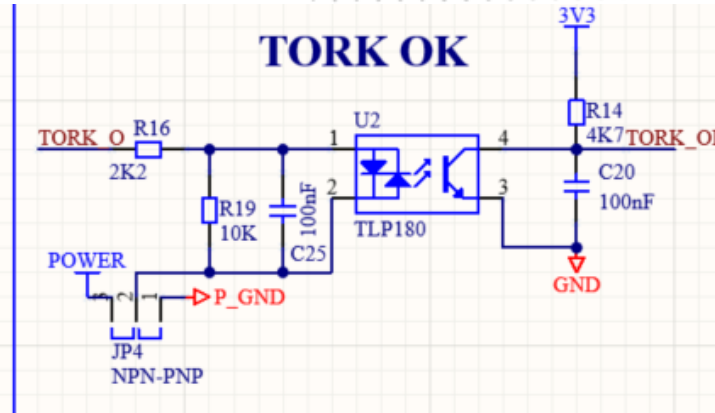
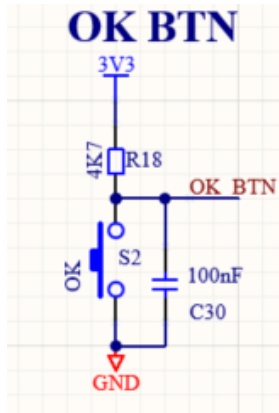
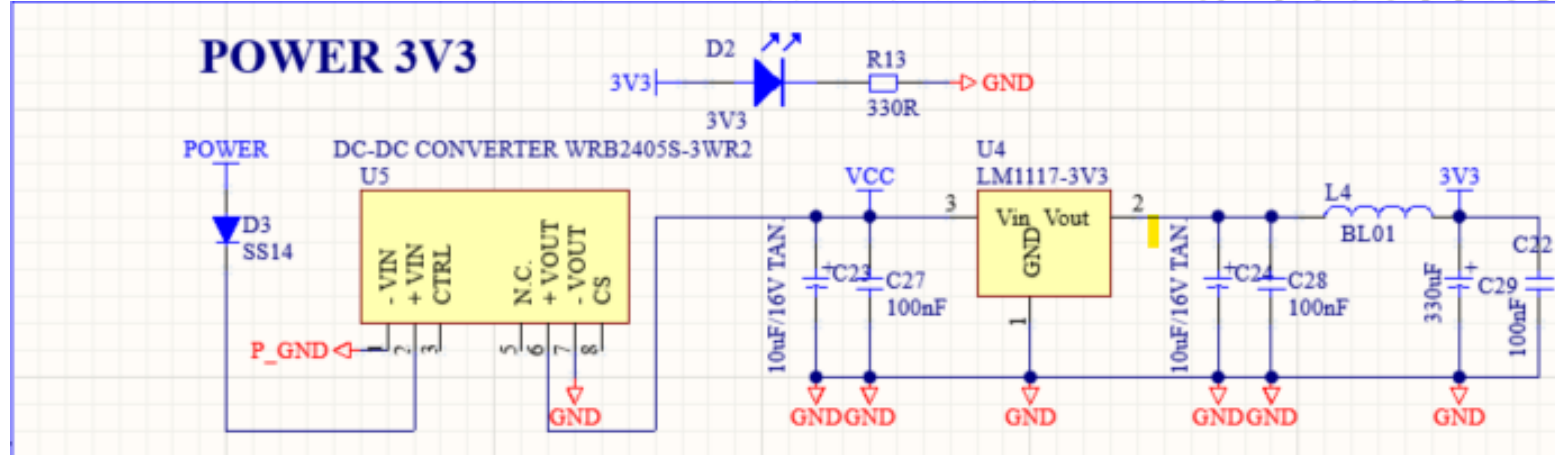
### Kullanıcı Arayüzü:

- LED indikatör
- OLED display
- Kontrol butonları



# Metot ve Yöntemler

- Elektronik kartın geliştirilmesi ve üretilmesi







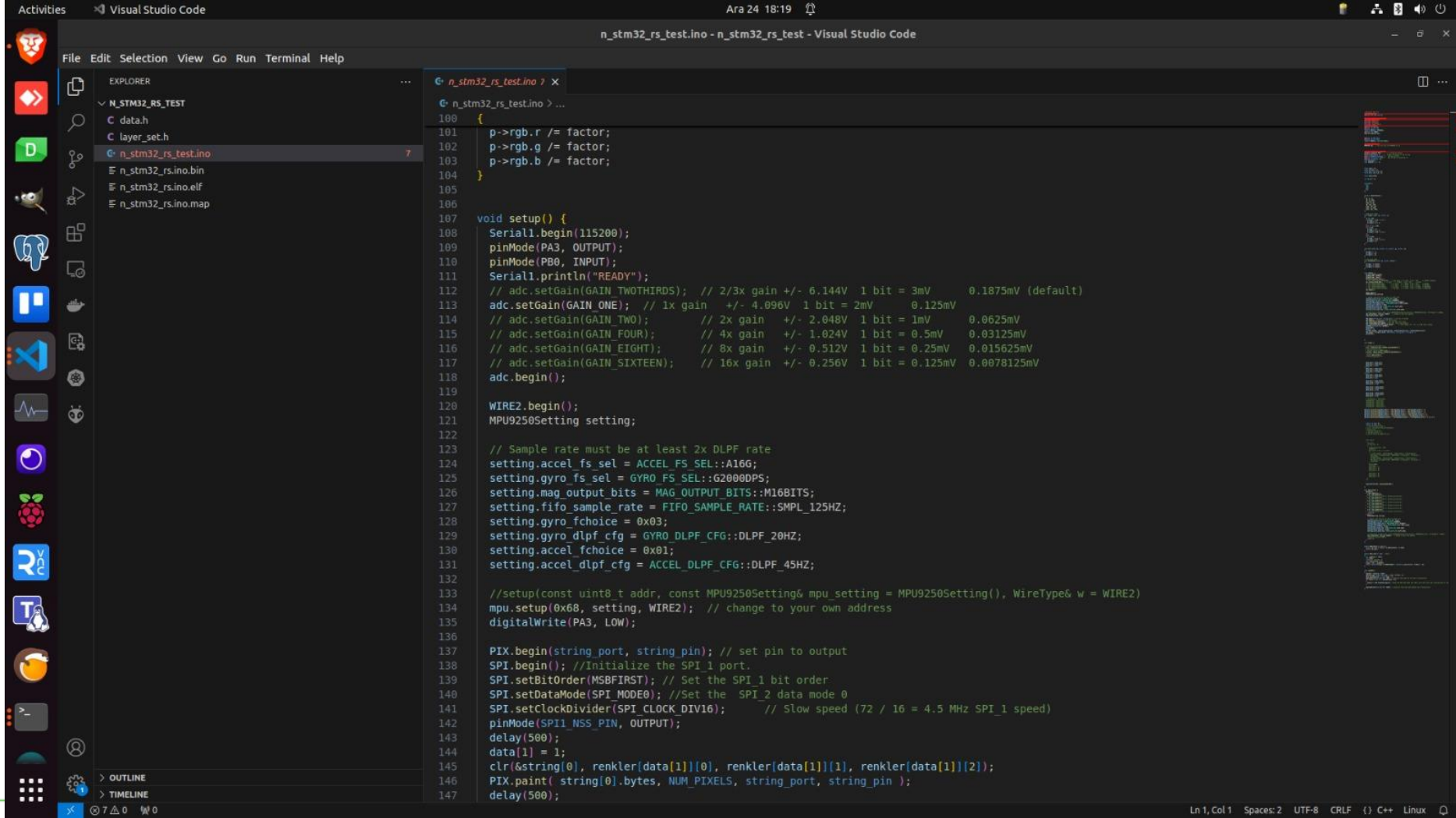
# Metot ve Yöntemler

- Elektronik kartın geliştirilmesi ve üretilmesi



# Metot ve Yöntemler

## -Gömülü yazılımın geliştirilmesi



```
100 {
101     p->rgb.r /= factor;
102     p->rgb.g /= factor;
103     p->rgb.b /= factor;
104 }
105
106
107 void setup() {
108     Serial1.begin(115200);
109     pinMode(PA3, OUTPUT);
110     pinMode(PB0, INPUT);
111     Serial1.println("READY");
112     // adc.setGain(GAIN_TWOTHIRDS); // 2/3x gain +/- 6.144V 1 bit = 3mV    0.1875mV (default)
113     adc.setGain(GAIN_ONE); // 1x gain +/- 4.096V 1 bit = 2mV    0.125mV
114     // adc.setGain(GAIN_TWO); // 2x gain +/- 2.048V 1 bit = 1mV    0.0625mV
115     // adc.setGain(GAIN_FOUR); // 4x gain +/- 1.024V 1 bit = 0.5mV    0.03125mV
116     // adc.setGain(GAIN_EIGHT); // 8x gain +/- 0.512V 1 bit = 0.25mV    0.015625mV
117     // adc.setGain(GAIN_SIXTEEN); // 16x gain +/- 0.256V 1 bit = 0.125mV    0.0078125mV
118     adc.begin();
119
120     WIRE2.begin();
121     MPU9250Setting setting;
122
123     // Sample rate must be at least 2x DLPF rate
124     setting.accel_fs_sel = ACCEL_FS_SEL::A16G;
125     setting.gyro_fs_sel = GYRO_FS_SEL::G2000DPS;
126     setting.mag_output_bits = MAG_OUTPUT_BITS::M16BITS;
127     setting.fifo_sample_rate = FIFO_SAMPLE_RATE::SMPL_125HZ;
128     setting.gyro_fchoice = 0x03;
129     setting.gyro_dlpf_cfg = GYRO_DLPF_CFG::DLPF_20HZ;
130     setting.accel_fchoice = 0x01;
131     setting.accel_dlpf_cfg = ACCEL_DLPF_CFG::DLPF_45HZ;
132
133     //setup(const uint8_t addr, const MPU9250Setting& mpu_setting = MPU9250Setting(), WireType& w = WIRE2)
134     mpu.setup(0x68, setting, WIRE2); // change to your own address
135     digitalWrite(PA3, LOW);
136
137     PIX.begin(string_port, string_pin); // set pin to output
138     SPI.begin(); //Initialize the SPI_1 port.
139     SPI.setBitOrder(MSBFIRST); // Set the SPI_1 bit order
140     SPI.setDataMode(SPI_MODE0); //Set the SPI_2 data mode 0
141     SPI.setClockDivider(SPI_CLOCK_DIV16); // Slow speed (72 / 16 = 4.5 MHz SPI_1 speed)
142     pinMode(SPI1_NSS_PIN, OUTPUT);
143     delay(500);
144     data[1] = 1;
145     clr(&string[0], renkler[data[1]][0], renkler[data[1]][1], renkler[data[1]][2]);
146     PIX.paint( string[0].bytes, NUM_PIXELS, string_port, string_pin );
147     delay(500);
```

# Metot ve Yöntemler

## -Gömülü yazılımın geliştirilmesi

Node-RED

home about blog documentation forum flows github

Search library

node-red-contrib-open-protocol 1.0.3

A Node-RED node to interface with Power Tools using the Atlas Copco Open Protocol

npm install node-red-contrib-open-protocol

A Node-RED node to interface with Power Tools using the Atlas Copco Open Protocol.

This node was created by Smart-Tech as part of the ST-One project.

Library

This node is based on Open Protocol Library.

Collection Info

IoT - Industrial Internet of Things

Node Info

Version: 1.0.3

Updated 4 years ago

License: GPL-3.0-or-later

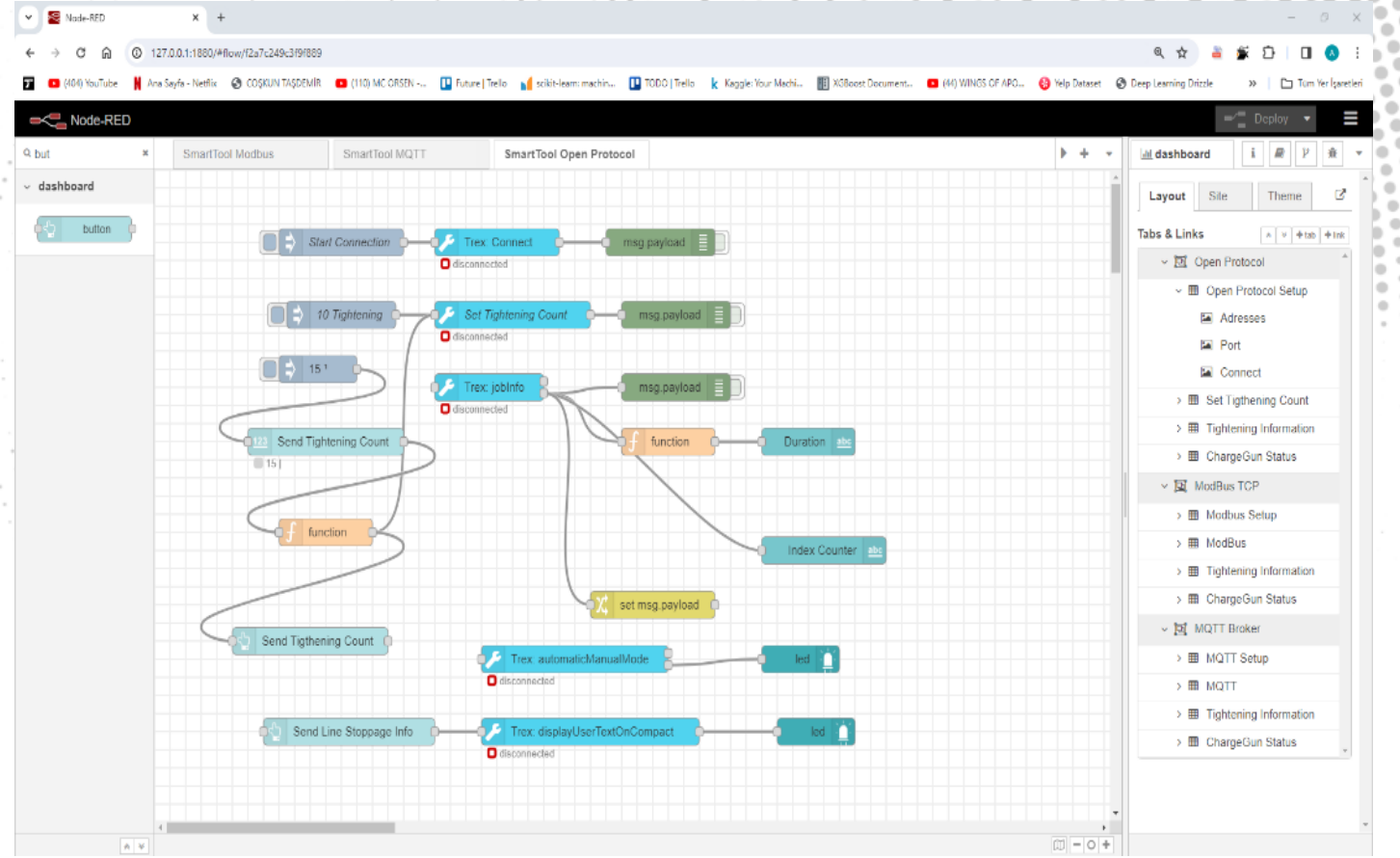
Rating: 5.0 ★ 2

View on npm

View on GitHub

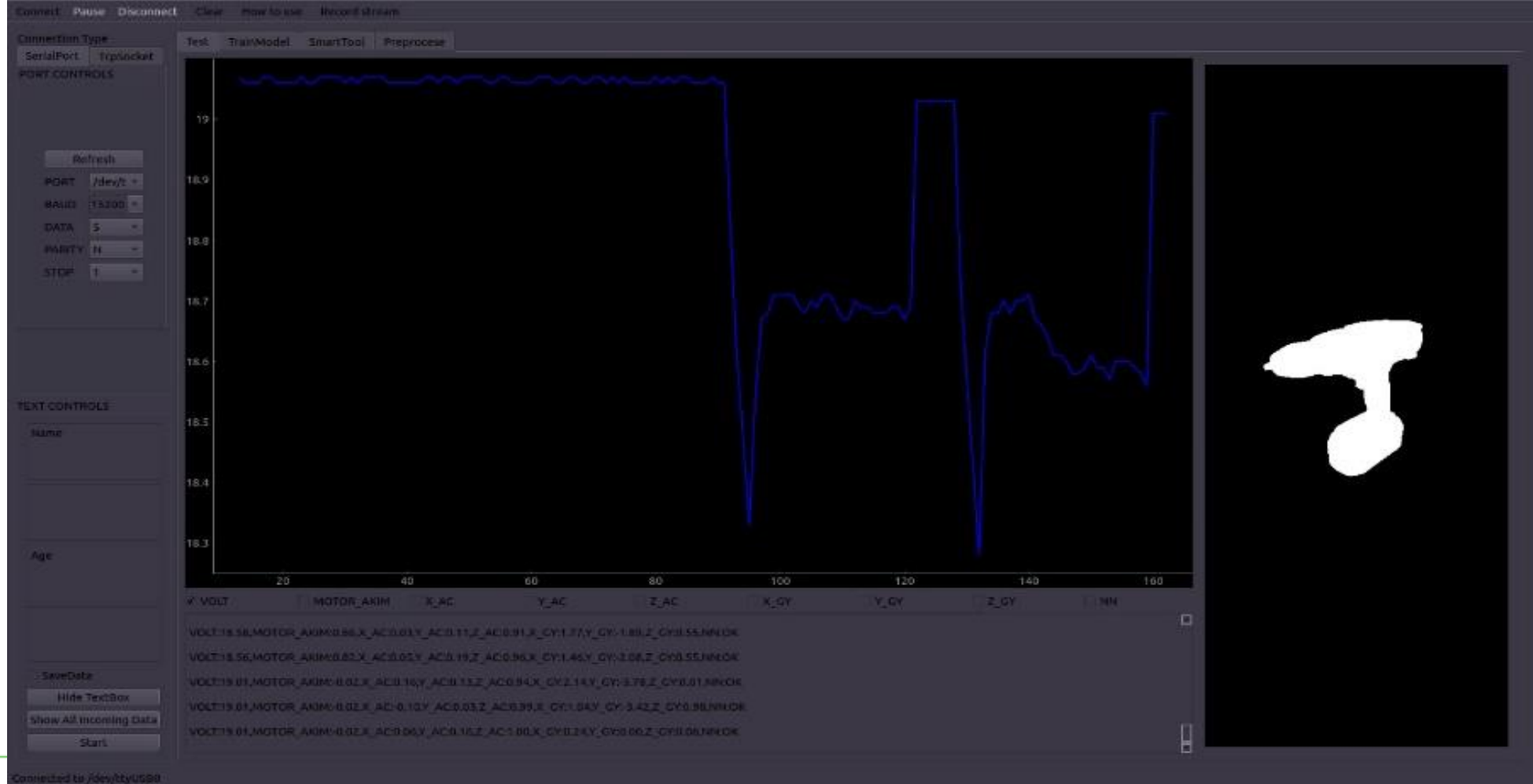
Actions

Rate: ☆ ☆ ☆ ☆ ☆



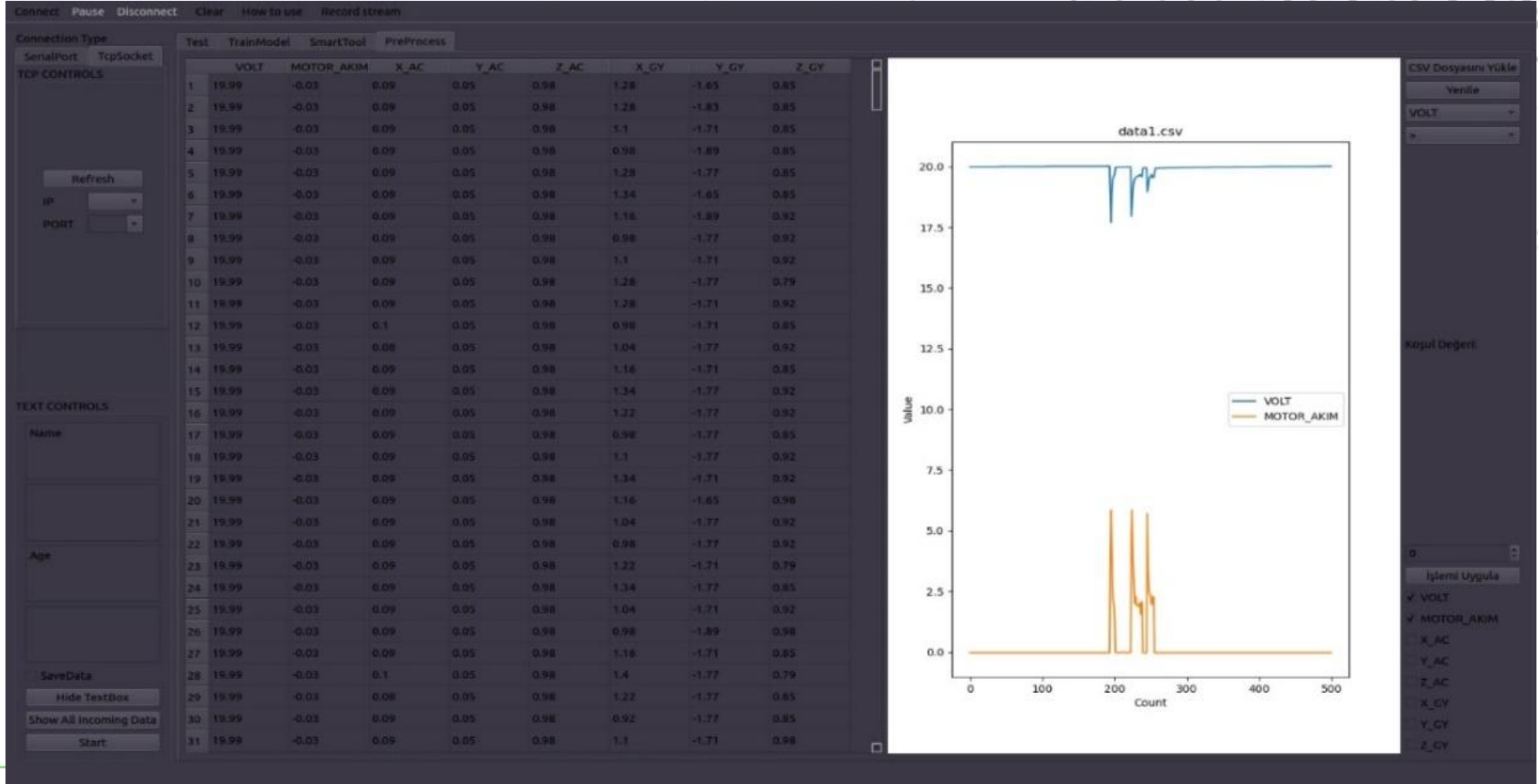
## Metot ve Yöntemler

-Gömülü yazılımın geliştirilmesi ; Kullanıcı arayüzü ve Sistem Monitorizasyonu



## Metot ve Yöntemler

-Gömülü yazılımın geliştirilmesi ; Kullanıcı arayüzü ve Sistem Monitorizasyonu



## Test Sonuçları

Sistemin performans testleri kapsamında şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Endüstriyel ortam koşullarında 200 dB gürültü seviyesinde dahi kararlı çalışma,
- Güç katı sıcaklığının 30°C bandında stabilize olarak artış göstermemesi,
- Gerçek zamanlı veri aktarımında, paketlerde veri kaybı olmadığı gözlenmiştir.
- Yapay sinir ağı modelinin entegrasyonu ile sistem %95 güven aralığında  $\pm 2.5\%$  hata payı ile çalışma performansı göstermektedir.



## Maliyet ve Sürdürülebilirlik Analizi

Geliştirilen sistemin maliyet analizi ve sürdürülebilirlik değerlendirmesi:

- Geleneksel tork sensörleri ve dijitalleştirme çözümlerine kıyasla yaklaşık %60 maliyet avantajı sağlanmıştır,
- Modüler tasarım yaklaşımı sayesinde mevcut ekipmanlara minimum teknik müdahale ile entegrasyon,
- Bakım personelinin özel bir eğitim gerektirmeden sistemi devreye alabilmesi,
- Düşük işletme ve bakım maliyetleri



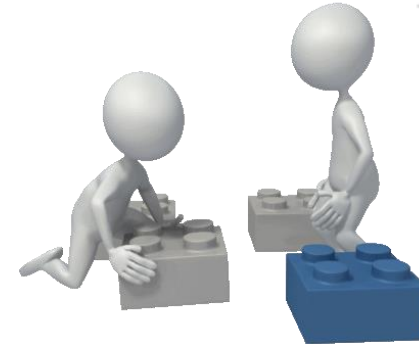
# Sistem Kısıtlamaları ve Gelecek Çalışmalar

Mevcut sistem kısıtlamaları;

- Yapay sinir ağı modelinin eğitimi için kapsamlı veri seti gereksinimi
- Yüksek tork değerlerinde ek doğrulama ihtiyacı
- Endüstriyel haberleşme protokollerinin tam entegrasyonu gerekliliği

Gelecek Çalışma Hedefleri:

- Edge computing uygulamaları ile veri işleme kapasitesinin artırılması
- Kestirimci bakım fonksiyonlarının implementasyonu





## Açık Kaynak Ekosistemine Katkılarımız

### Donanım Ekosistemi :

- ESP32 gibi geliştirme ortamları açık kaynak olan platformlar temel alınmıştır
- PCB tasarım detayları açık olarak paylaşılmıştır

### İletişim Altyapısı :

- Modbus , MQTT , Open Protocol gibi açık standartlar kullanılmıştır

### Yazılım Geliştirme:

- Yapay sinir ağı modeli açık kaynak kütüphaneler ile geliştirilmiştir
- Hall Effect sensör verilerinin işlenmesinde açık kaynak araçlar kullanılmıştır



## Sonuç

Geliştirilen sistemin endüstriyel üretim süreçlerine ;

- İşletmelerde halen kullanılan, akıllı olmayan / veri alınamayan mevcut ekipmanların atıl hale getirilmeden akıllandırılarak işletmeler için dijitalleşme maliyetlerinin düşürülmesi imkanı sağlamıştır.
- İşletmeler zaman, kaynak ve kalite kayıplarını en alt seviyeye çekerek planladıkları üretim zamanlarında, yüksek verimlilikle, yüksek kalitede üretim gerçekleştirebilirken, üretimi de izlenebilir hale kılma konusunda bulanık nokta bırakmamış hale geleceklerdir.



## ***Değerli Sorularınız ?***



# Teşekkürler.

Ahmet AK

**trex Dijital Akıllı Üretim Sistemleri A.Ş.**

Elektronik ArGe Yöneticisi / Elektronik Mühendisi

[ahmetak@trex.com.tr](mailto:ahmetak@trex.com.tr)

