

**HEDEFE**  
**İLERLERKEN**  
**ENGELLERDEN**  
**KAÇABİLEN ARAÇ**  
**PROJESİ**

FUNDA İNCEOĞLU

AYŞEGÜL ÖLMEZ

SEVCAN KÖKNAROĞLU

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. ARAÇ ÜZERİNDEKİ DONANIMLAR.....	3
2.1 PLC.....	3
2.1.1 IB IL DC AR 48/10A – DC Servo Amplifikatör Modülü.....	4
2.1.2 IB IL INC (-PAC) – Incremental Encoder Modülü.....	7
2.1.3 IB IL AI 8/SF – Analog Giriş Modülü.....	12
2.1.4 IB IL RS232 PRO Seri Haberleşme Modülü.....	19
2.2 Araç Üzerindeki Motorlar.....	21
2.2.1 Yönlendirme Motoru.....	21
2.2.2 Tahrik Motoru.....	22
2.3 SHARP Analog Mesafe Sensörleri.....	23
3. ARACIN PLC İLE PROGRAMLANMASI.....	26
3.1 DC Servo Amplifikatör Programı.....	26
3.2 Incremental Encoder Modülü Programı.....	27
3.3 RS232 PRO Modülü Programı.....	29
3.4 Koordinat Bilgisine Göre Rota Belirlenmesi.....	33
3.5 Engel Algılanması Durumunda İzlenecek Yol.....	40
4. SONUÇLAR.....	43
KAYNAKLAR.....	44

## SİMGE LİSTESİ

$\theta$	Ön tekerleklerin açısı (rd)
$n$	Devir sayısı (rd/s)
$r$	Tekerlek yarıçapı (m)
$l$	Aracın uzunluğu (m)
$R$	Dönüş yarıçapı (m)
$\beta$	Dönüş açısı (rd)

## **KISALTMA LİSTESİ**

PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Kontrolör)
PWM	Pulse Wide Modulation ( Darbe Genişlik Modülasyonu)
PSD	Position Sensitive Detector
PC	Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
IR	Infrared (Kızılötesi)

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Aracın üstten görünümü.....	3
Şekil 2.2 PLC ve modüller .....	4
Şekil 2.3 DC Servo amplifikatör.....	5
Şekil 2.4 DC servo amplifikatörün konfigürasyon ayarları .....	6
Şekil 2.5 PWM yönetimi ile akım-gerilim kontrolü .....	7
Şekil 2.6 Pozitif – negatif darbeler.....	7
Şekil 2.7 Incremental Encoder modülü bağlantıları.....	8
Şekil 2.8 Incremental encoder modülü devre şeması.....	9
Şekil 2.10 Analog inputun uygun bağlantılarından biri.....	13
Şekil 2.11 Aktif sensörlerin korumalı bağlantı ile 2-kablo teknolojisi kullanılarak bağlanması.....	14
Şekil 2.12 Analog input bağlantı noktaları iç devre şeması.....	15
Şekil 2.13 RS232 Seri haberleşme modülü.....	19
Şekil 2.14 RS232 Bağlantı şeması .....	20
Şekil 2.15 Yönlendirme motoru karakteristiği.....	21
Şekil 2.16 Yönlendirme motoru enkoderi.....	21
Şekil 2.17 Tahrik motoru .....	22
Şekil 2.18 Sharp Analog mesafe sensörleri .....	23
Şekil 2.19 SHARP GP2D12 mesafe algılayıcısının çalışma prensibi .....	23
Şekil 2.20 Sensör yerleşimi.....	24
Şekil 2.21 Sharp sensörlerinin çıkış karakteristiği.....	25
Şekil 2.22 Blok diyagramı .....	25
Şekil 3.1 Amplifikatör programı.....	27
Şekil 3.2 Incremental encoder modülü programı.....	29
Şekil 3.3 RS 232 Modülü programı .....	31
Şekil 3.4 Bluetooth kullanıcı arayüzü .....	32
Şekil 3.5 X –Y koordinatlarının formatlarının dönüştürülmesi .....	33
Şekil 3.6 Rota belirleme.....	34
Şekil 3.7 Rota belirleme programı .....	34
Şekil 3.8 Rota belirleme.....	35
Şekil 3.9 Rota belirleme programı .....	36

Şekil 3.11 Dönüş programı .....	37
Şekil 3.12 Dönüş programı .....	40
Şekil 3.12 Sensörlerin engel algılaması .....	41
Şekil 3.14 Engel algılama programı.....	42

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Incremental encoder bağlantıları .....	9
Çizelge 2.2 Incremental encoder kontrol komutu .....	10
Çizelge 2.3 Control word girişleri.....	10
Çizelge 2.4 Kontrol komutu.....	11
Çizelge 2.5 Control word girişleri.....	11
Çizelge 2.5 Referans noktası atama girişleri.....	12
Çizelge 2.6 Her konnektör için bağlantı noktaları atamaları. ....	13
Çizelge 2.7 Analog giriş kontrol komutu.....	16
Çizelge 2.8 Analog giriş kanal seçimi .....	17
Çizelge 2.9 Ölçme aralıkları .....	18
Çizelge 2.10 Analog input konfigürasyon ayarları .....	19
Çizelge 2.11 RS232 Terminal atamaları .....	20
Çizelge 2.12 Tahrik motoru karakteristik değerleri .....	22

## ÖNSÖZ

Bu projede PLC kontrollü yer aracı ve sensörlerle engel algılama sistemi tasarlanmıştır. Çalışmalarda Phoenix Contact ürünleri kullanılmıştır. Tezin gelecek bölümlerinde PLC ile motor kontrolü, açı-konum belirleme, engel tanıma ve rota belirleme konularında ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir. Bu bakımdan tez çalışmamızın PLC ile motor kontrolü ve sensör uygulamaları konularında çalışacak arkadaşlara kaynak teşkil edeceği düşüncesindeyiz.

Xplore Automation Award'08 yarışması kapsamında yönettikleri projelerde bize çalışma imkanı veren, çalışmalarımız sırasında desteklerini esirgemeyen tez danışmanımız Sn Yard. Doç. Dr. Şefer Naci ENGİN ve Sn Yard. Doç. Dr. Vasfi Emre ÖMÜRLÜ'ye, proje çalışmalarımız boyunca bize her zaman yardımcı olan Sn Araş. Gör. Levent UCUN ve Sn Araş. Gör. Fatma YILDIZ'a, ve yanımızda olduklarını daima hissettiğimiz ailelerimize teşekkürü borç biliriz.



## ÖZET

Bu projede PLC ile kontrol edilen yer aracının, bluetooth haberleşmesi kullanılarak PC üzerinden verilen koordinatlara gitmesi, aynı zamanda rotası üzerinde bulunan engelleri tanıyarak uygun rotadan ilerlemesi sağlanmıştır.

Sistemden beklenen belirlenen koordinatlara ulaşmaktır. Araç PLC kullanılarak kontrol edilmektedir. PC üzerinden bluetooth haberleşmesi ile araca X ve Y koordinatları bildirilir. Ardından araç üzerindeki PLC ile bu bilgiler işlenerek aracın belirtilen koordinatlara ulaşması sağlanır. Aracın rotası üzerinde herhangi bir engel olması durumunda aracın yeni bir rota belirleyerek hedefe ulaşması sağlanmıştır. Araç kontrolünde Phoenix Contact PLC, engel algılama sisteminde Sharp Analog Mesafe sensörlerinden faydalanılmıştır.

Araç 4 tekerlekli bir yapıya sahiptir. Arka tekerlekler itme, ön tekerlekler yönlendirme amacıyla kullanılmaktadır. Hem ön hem de arka tekerlekler Phoenix Contact DC servo amplifikatör cihazları ile sürülen DC motorlar ile tahrik edilmiştir. Ön tekerleklerin pozisyon kontrolü enkoderden alınan geri besleme ile sağlanmıştır. Arka tekerleklerde ise takometre aracılığıyla hız kontrolü yapılmıştır. Araç PC ile Phoenix Contact bluetooth modülü üzerinden haberleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** PLC donanımları, PLC ile motor kontrolü, mesafe sensör uygulaması, engel algılama, bluetooth haberleşmesi

## **ABSTRACT**

In this project, we control a ground vehicle with a PLC which communicates with the central computer through bluetooth. The vehicle was designed for perceiving barriers and determining a new route.

Aim of the system is arriving to the coordinates. The vehicle is controlled through Phoenix PLC . X and Y coordinates are sent to the vehicle through bluetooth. Data of coordinates is processed and the route is assigned. If there is a barrier on the route the vehicle must assigned a new route and arrive to the coordinates. Phoenix PLC and Sharp Analog Distance sensors were used to control the vehicle and perceive the barriers.

The vehicle has four wheels. Rear wheels are for thrust and the front wheels are for steering. Both rear and front wheels are excited by DC motors which are driven by Phoenix servo amplifiers. Position of the navigating front wheels are fed back to the inline positioning terminal for encoding and then to control. Rear wheel angular velocity is measured by a tachometer which is read by an inline analog terminal for velocity control. The vehicle communicates with the central computer through Phoenix Contact Bluetooth converter.

## 1. GİRİŞ

Projede, uzaktan kumanda edilebilen ve rotası üzerindeki engelleri algılayabilen bir yer aracı tasarımı amaçlanmıştır. Araç PLC üzerinden kontrol edilmiş ve sensörlerle desteklenmiştir. Araç üzerindeki PLC'ye bağlı modüller ile aracın bütün donanımları kontrol edilme olanağına sahip olmuştur. Böylece kontrol sistemleri arasında senkronizasyon sağlanmış olmaktadır.

Günümüzde haberleşme sistemine sahip olan ve uzaktan kontrol edilebilen araç sistemleri popüler çalışma alanlarından. Projede, endüstriyel sistemlerde önemi her geçen gün artan bluetooth haberleşmesi kullanılmıştır.

Kablosuz sistemlerle kontrol edilebilen araçlar, endüstriyel alanda özellikle taşıma sistemlerinde öneme sahiptir.

PLC kontrollü ve engel algılama özelliği olan yer aracının çalışması üç aşama üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar; aracın bulunduğu noktanın referans kabul edilerek PC üzerinden koordinat bilgisinin gönderilmesi; araç üzerindeki PLC ile bu koordinat bilgisinin işlenmesi, istenen noktaya ulaşmak için gidilecek rotanın belirlenmesi ve aracın hareket ettirilmesi; araç ilerlemeye başladıktan sonra ise rotası üzerinde herhangi bir engel olup olmadığının sürekli kontrol edilmesi ve engel olması halinde yeni bir rota belirlenerek gitmesi istenen noktaya ulaşmasının sağlanmasıdır.

Araç önde ve arkada ikişer tekerlek olmak üzere dört tekerleklidir. Ön tekerlekler aracın yönlendirilmesinde, arka tekerlekler ise itme gücünün sağlanmasında kullanılmışlardır. Aracın alt kısmında gerekli PLC donanımlarının yerleştirildiği bir platform bulunmaktadır. Aracın ön ve arka kısımlarında Phoenix Contact, IB IL DC AR 48/10A servo amplifikatör ürünü ile kontrol edilen DC motorlar bulunmaktadır. Ön tekerleklerin pozisyon kontrolü yapılırken motora bağlı US Digital S2 enkoder ve Phoenix Contact IB IL INC (-PAC) incremental encoder modülü kullanılmıştır. Arka tekerleklerin hız kontrolü ise takometreden alınan açısal hız bilgisinin analog input üzerinden PLC'ye aktarılmasıyla sağlanır. PLC üzerinde takometreden geri besleme almak ve diğeri sensörlerden gelen input bilgisini almak üzere IB IL AI 8/SF analog input modülleri bulunmaktadır. Araca koordinat bilgileri bluetooth aracılığıyla

gönderilmektedir. Bluetooth'tan alınan bilgi IB IL RS 232 PRO modülü ile PLC'ye aktarılır ve yazılan program ile gönderilen koordinatlar işlenir.

PLC programı alt bölümlerden oluşmuştur. Bu bölümler şu şekilde sıralanabilir:

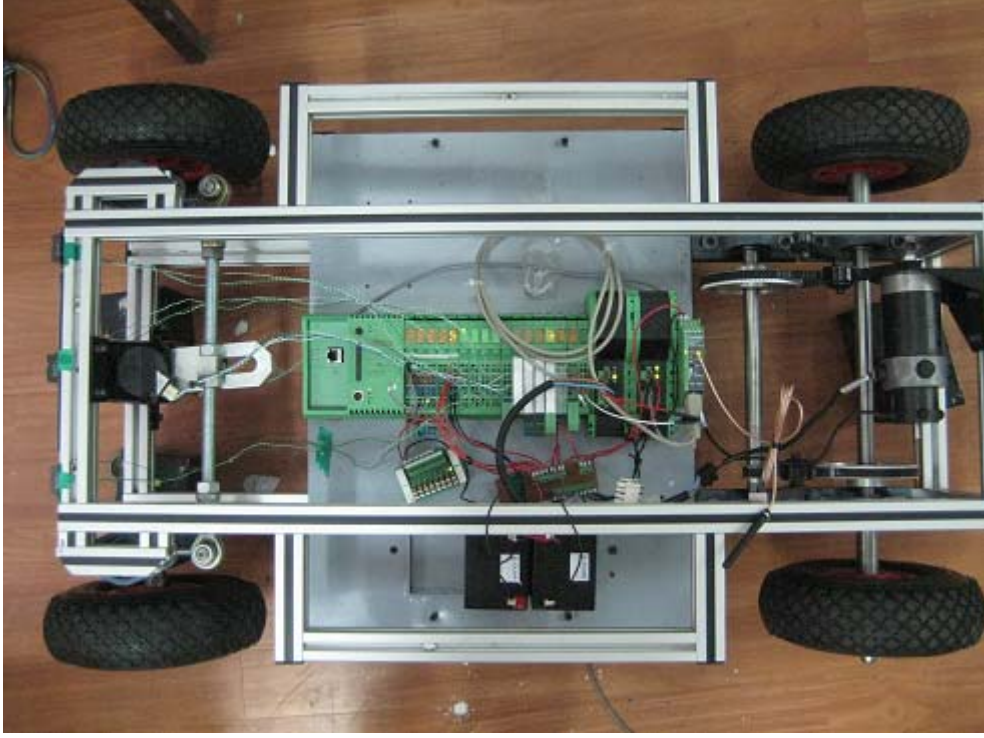
- Phoenix Contact DC servo-amplifikatör modüllerinin başlangıç konumuna getirilmesi
- Phoenix Contact Incremental Encoder modülünün başlangıç konumuna getirilmesi
- Phoenix Contact RS 232 PRO modülünün başlangıç konumuna getirilmesi
- Phoenix Contact Bluetooth modülü aracılığıyla koordinat bilgisinin alınması ve RS 232 PRO ile programa aktarılması
- Alınan koordinat bilgisine göre rotanın belirlenmesi
- Açık konum hesaplarının yapılması
- Aracın hareket ettirilmesi, engel taramasının yapılması ve istenen noktaya geldiğinde hareketin sonlandırılması

Engel tarama işleminde Sharp GP2D12 analog mesafe sensörleri kullanılmıştır. Kızılötesi kullanarak engelleri gören sensörler 10–80 cm arasında tarama yapıp analog çıkış vermektedirler.

Tezin diğer bölümlerinde araç üzerindeki donanımlar ve PLC programı hakkında ayrıntılı bilgilere yer verilmiştir.

## 2. ARAÇ ÜZERİNDEKİ DONANIMLAR

Bu bölümde araç üzerinde bulunan donanımların teknik özellikleri, kullanım amaçları ve konfigürasyonları ayrıntılı biçimde anlatılmıştır.



Şekil 2.1 Aracın üstten görünümü

### 2.1 PLC

Araç kontrolünde endüstriyel bir kontrolör olan Phoenix Contact IBL 350 ETH PLC kullanılmıştır. Motor kontrolü ve haberleşme için kullanılan bütün modüller PLC'ye monte edilmiş, böylece kontrol sistemleri arasında senkronizasyon sağlanmıştır.

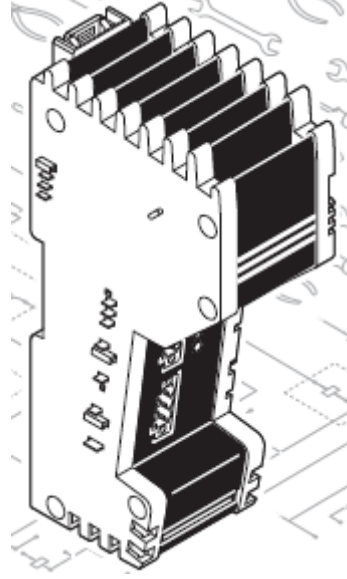


Şekil 2.2 PLC ve modüller

24 V DC gerilim ile beslenen PLC PC WorX ile programlanmıştır.

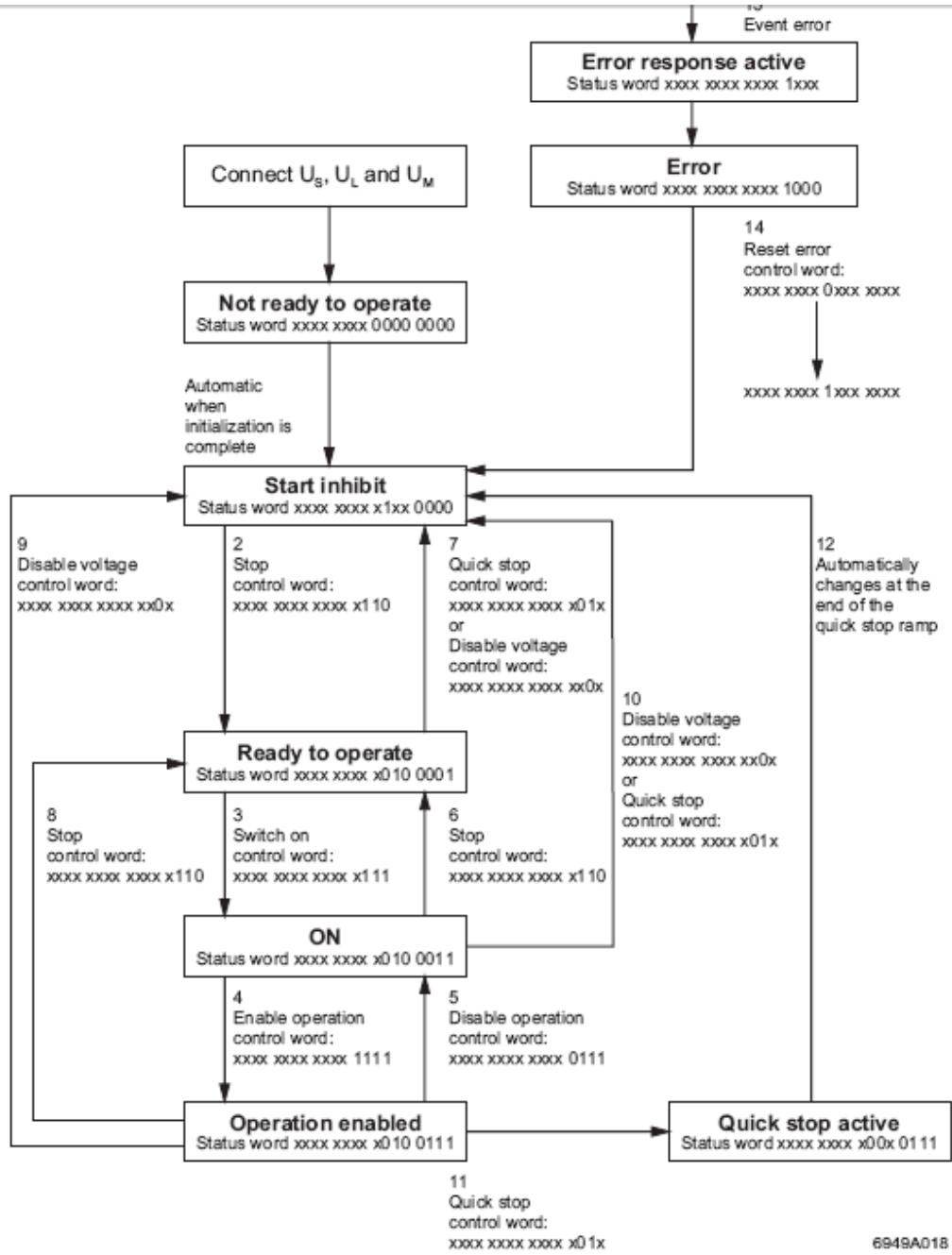
### **2.1.1 IB IL DC AR 48/10A – DC Servo Amplifikatör Modülü**

Projede kullanılmış olan modül 450 W değerine kadar güç tüketimiyle çalışan bir DC servo amplifikatörüdür. Hız veya tork kontrolü yapılabilen modül 12-48 V nominal gerilime sahiptir ve 0-10 A akım değerine kadar çalışabilmektedir. Inline servo amplifikatör başlı başına sürücü olarak veya modüler çok eksenli pozisyon kontrol sistemlerinde kullanılabilir. Servo amplifikatör dahili bir terminal olarak tasarlanmıştır. Böylece herhangi bir kontrol sisteminde kolayca kontrol edilebilmektedir.



Şekil 2.3 DC Servo amplifikatör

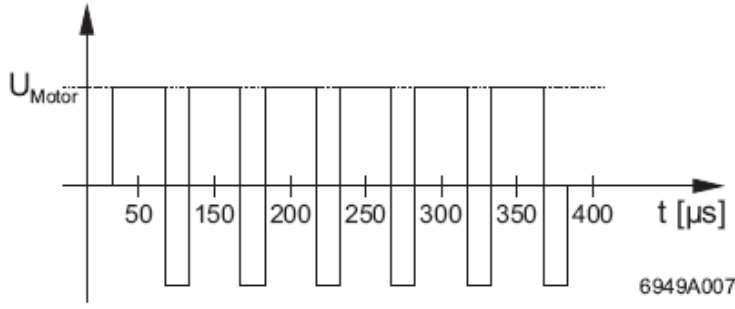
Araç üzerindeki amplifikatörler aracılığıyla analog çıkış değerlerinin sürme işlemi için yeterli olmayacağı motorların sürülmesi sağlanmıştır. Amplifikatörler ile motorlarda hız kontrolü yapılmıştır. Amplifikatörlerin başlangıç konumuna getirilebilmesi içinse program her çalıştırıldığında konfigürasyon ayarlarını tekrarlanması gerekmektedir. Bu ayarlar şekil 2.4'te de ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Buna göre amplifikatörün control word girişine gerekli sayılar girilerek konfigüre ayarları tamamlanmıştır. Status word üzerinden ise amplifikatörün mevcut durumu izlenebilmektedir.



Şekil 2.4 DC servo amplifikatörün konfigürasyon ayarları

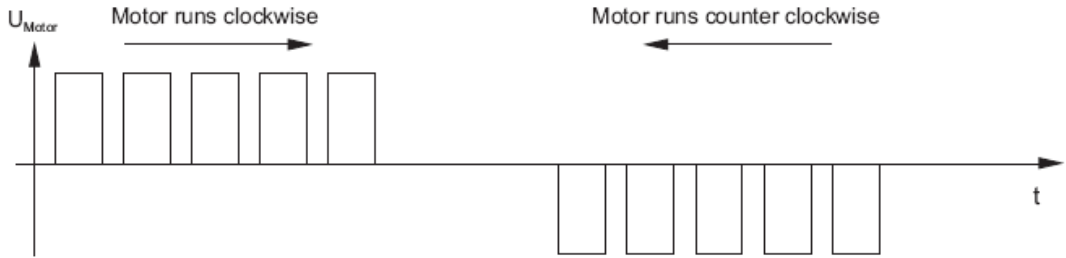
DC Servo amplifikatör istenen motor akımını veya gerilimini PWM yöntemi ile elde eder.





Şekil 2.5 PWM yönetimi ile akım-gerilim kontrolü

Motorun dönme yönüne bağlı olarak pozitif veya negative darbeler gönderilmektedir.

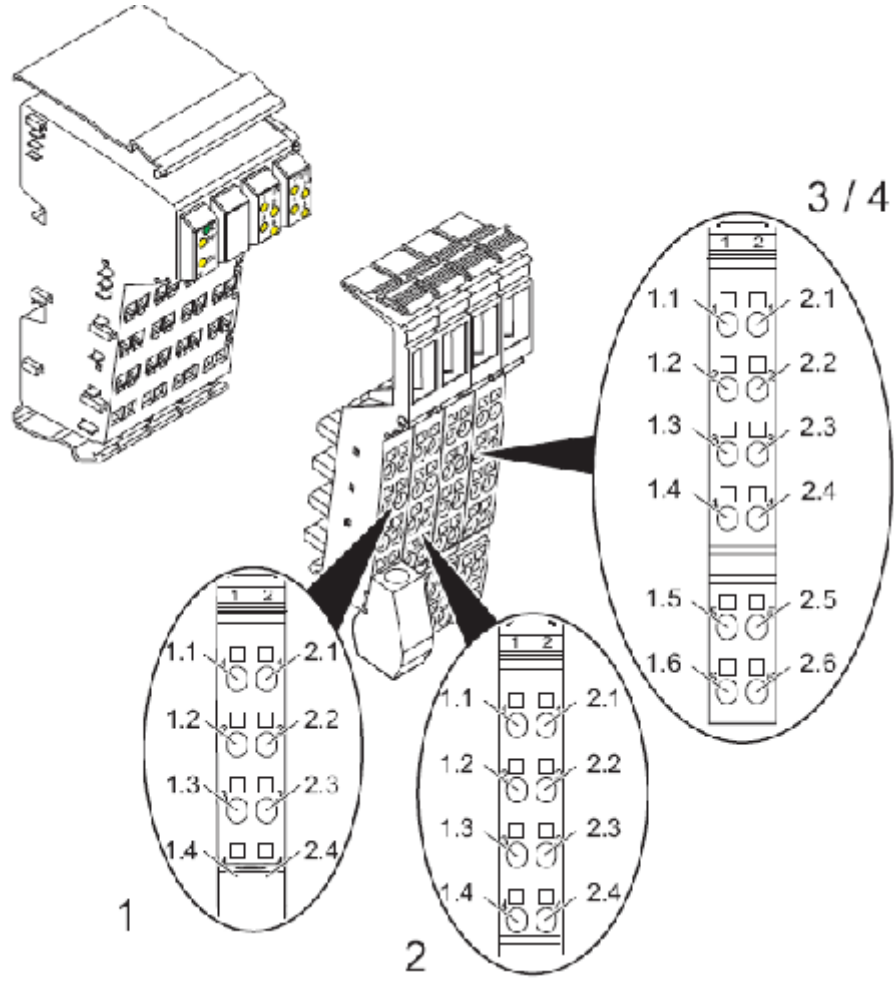


Şekil 2.6 Pozitif – negatif darbeler

### 2.1.2 IB IL INC (-PAC) – Incremental Encoder Modülü

Incremental encoder modülü aracın yönlendirme amacıyla kullanılan ön tekerleklerinin pozisyon kontrolünün gerçekleştirilmesinde kullanılır. Yönlendirme motoruna bağlı olan enkoderden alınan geri beslemenin incremental encoder modülü ile programa aktarılması ve yönlendirme motorunun pozisyon kontrolünün gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Modülün yapısı ve bağlantıları Şekil 2.1’ de gösterilmiştir.

Modül encoder bağlantısı için tasarlanmış olup, 24 V ve 5V enkoder besleme seçenekleri bulunmaktadır. Simetrik ve asimetric enkoderler için uygundur. Hassas bir kontrol sağlar.



Şekil 2.7 Incremental Encoder modülü bağlantıları

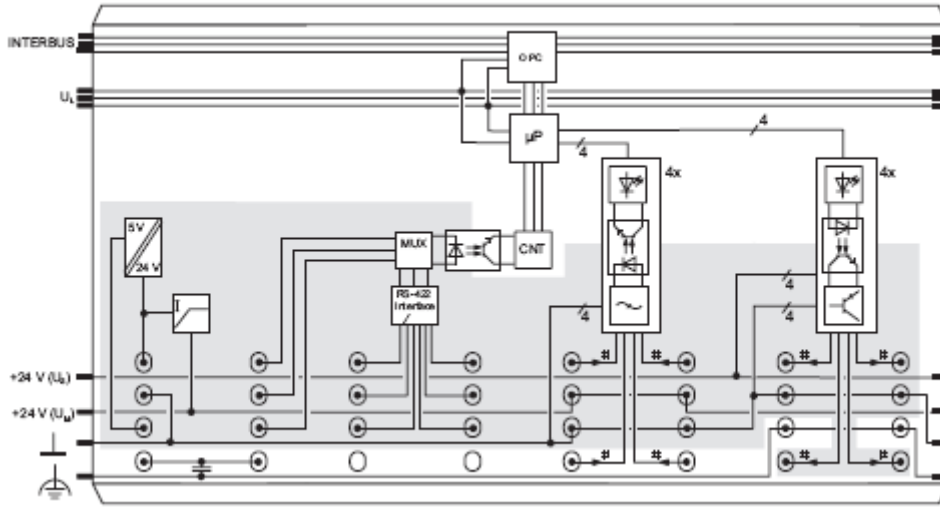
Yönlendirme motoru asimetrik olduğundan enkoderden gelen geribesleme modülün 1. kanalına bağlanmıştır. Ayrıca kullanılan encoder 5 V ile beslendiğinden 1. kanalın 1.2 , 1.3 , 2.1 , 2.2 ve 2,3 terminalleri kullanılmıştır.

Terminal Noktaları	Sinyal	Atamalar
1.1	24V	+ 24V DC enkoder beslemesi
1.2	GND	Enkoder için toprak bağlantısı
1.3	5V	+ 5V DC enkoder beslemesi
1.4	Shield	Koruma bağlantısı

2.1	A*	A kanalı
2.2	B*	B kanalı
2.3	Z*	Z kanalı
2.4	Shield	Koruma bağlantısı

Çizelge 2.1 Incremental encoder bağlantıları

Modülün devre şeması şekildeki gibidir.



Şekil 2.8 Incremental encoder modülü devre şeması

Incremental encoder modülünün her çalışmanın başında başlama konumuna getirilmesi, enkoder konfigure ayarlarının tekrarlanması kullanılan enkoderin modüle tanıtılması gerekmektedir. Bu konuma gelmesi için modülün 32 bitlik “control command” girişine belirli atamalar yapılmaktadır. Kontrol komutu 32 bitlik bir giriştir ve 4 bitlik gruplar halinde 0000 0000<sub>hex</sub> örneğinde olduğu şekilde girişler verilmektedir.

OUT[0]				OUT[1]			
Byte 0		Byte 1		Byte 2		Byte 3	

		OUT[0]															
(Byte. bit) görünümü	Byte	Byte 0							Byte 1								
	Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ER
		9 (Write)				0				0				X			

		OUT[1]															
(Byte. bit) görünümü	Byte	Byte 0							Byte 1								
	Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	0	0	0	0	0	0	LF	0	0	0	RMOD	0	0	TYPE		
		0				X				0				X			

Çizelge 2.2 Incremental encoder kontrol komutu

Bu ayarlar yapılırken ilk giriş olarak 0000 0000<sub>hex</sub> değeri verilir ve ardından ayarlara geçilir. Çizelge 2.2'deki tabloya göre ilk giriş 9000 0002<sub>hex</sub> verilmiştir. Control word girişindeki bitler kullanılan enkodere uygun olarak teknik dökümandan aşağıdaki gibi seçilmiştir. Böylece ilk enkoder konfigüre ayarları yapılmış olur.

	Kod (binary)
ER (Enkoder Yönü)	0 : Standart
LF (Limit Frekans)	00 : 500 kHz
RMOD (Hedef Arama)	0 : Z sinyal dahil
TYPE	10 : Asimetrik 5V

Çizelge 2.3 Control word girişleri

Ardından eksen tanımlaması, giriş çıkış ayarları için 9400 2000<sub>hex</sub> girişi verilmiştir.

		OUT[0]															
(Byte. bit) görünümü	Byte	Byte 0							Byte 1								
	Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	AXIS	0	0	0	AABR	
		9 (Write)				4				0				X			

		OUT[1]																
(Byte. bit) görünümü	Byte	Byte 0								Byte 1								
	Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	Atama	0	OUTF				0	IN3F			0	IN2F			0	IN1F		
		X				X				X				X				

Çizelge 2.4 Kontrol komutu

Önceki girişe benzer şekilde teknik dökümandan sistem için uygun olan bitler seçilmiştir. Bu bitler ve anlamları tablodaki gibidir.

	Kod (binary)
AXIS (Eksen)	00 : Lineer
AABR (Bus resetlenirse çıkışların durumu)	0 : İşlem durur
OUTF	010 : Versiyon 2
IN3F	00 : Hedef pozisyon
IN2F	00 : Maksimum limit switch
IN1F	00 : Minimum limit switch

Çizelge 2.5 Control word girişleri

Son olarak kontrol komutuna 0000 0000<sub>hex</sub> girişi verilerek ayarlar aktif hale getirilir. Bu ayarlar modülün çalışmaya hazır hale gelmesi için her seferinde tekrarlanmalıdır.

Aracın ön tekerlekleri sağa ve sola 45° açıyla dönebilmektedirler. Yani toplamda 90° alanda kontrol edilmektedirler. Tekerleklerin 90° lik dönme açısına karşılık olarak incremental encoder modülünde 0-2000 aralığı tanımlanmıştır. Bu tanımlama yapılırken modülün “Referans Noktası Komutu” kullanılmıştır. Tekerleklerin referans noktasının belirlenmesi ve bu noktaya 1000 değerinin atanması için ilk önce kontrol komutu girişine 8000 0000<sub>hex</sub> değeri verilerek mevcut referans noktası sıfırlanmıştır.

		OUT[0]															
(Byte. bit) görünümü	Byte	Byte 0								Byte 1							
	Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	1	0	1	0	0	1	REFP									
		A (Write)				0				0				X			

		OUT[1]															
(Byte. bit) görünümü	Byte	Byte 0								Byte 1							
	Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	REFP															
		X				X				X				X			

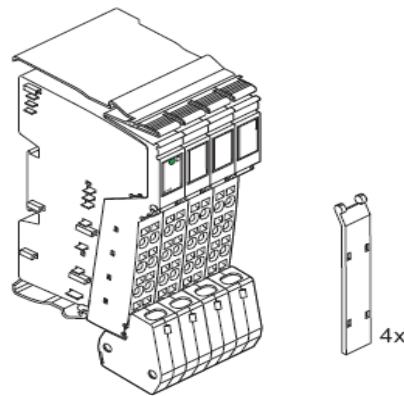
Çizelge 2.5 Referans noktası atama girişleri

Tekerleklerin bulunduğu noktaya atanmak istenen değer REFP bitlerine 26 bit olarak atanır. Aracın referans noktasına 1000 değerini atanması için sistemde kontrol komutuna A400 03E8<sub>hex</sub> girişi verilmiştir. Son olarak 0000 0000<sub>hex</sub> girişi verilerek ayarlar aktif hale getirilmiştir.

Aracın tekerleklerinin 0° de durduğu nokta referans kabul edilmiş ve bu noktaya 1000 değeri atanmıştır. Böylece tekerlekler 45° sağa döndüğünde modülde 2000 değeri, 45° sola döndüğünde modülde 0 değeri alınmıştır. Toplamda 90° lik açı değeri için 2000 sayısı karşılık geldiğinden 1°'lik açı değerinin karşılığı olarak 22 sayısı kullanılmıştır. Gönderilen koordinatlara göre aracın dönmesi gereken açı değeri, bu sayı ile çarpılarak sürücüye gönderilmiş ve tekerleklerin pozisyon kontrolü sağlanmıştır.

### 2.1.3 IB IL AI 8/SF – Analog Giriş Modülü

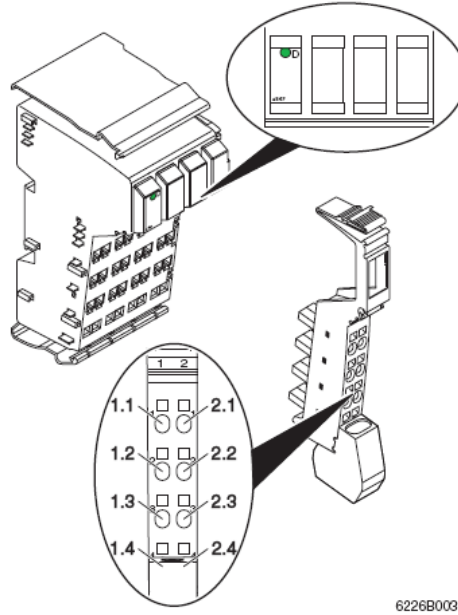
Yer aracının engel algılama sisteminde kullanılan sensörler analog çıkışlı olduğundan PLC üzerinde 8 kanal terminali bulunan IB IL 8/SF analog girişi modülü kullanılmıştır.



Şekil 2.9 Analog giriş modülü

Özellikleri:

- Çift kablo teknolojili sensörlerin bağlantısına uygundur.
- Değişken akım ve voltaj ölçme imkanı
- Kanallar başka bir bağımsız bus sistemini kullanarak konfigüre edilebilir.
- 16-bit analog/digital converter
- Ölçülen değerler 5 farklı formatta ifade edilebilir.
- Değişken akım ve voltaj ölçme aralıkları
- Durum göstergeleri



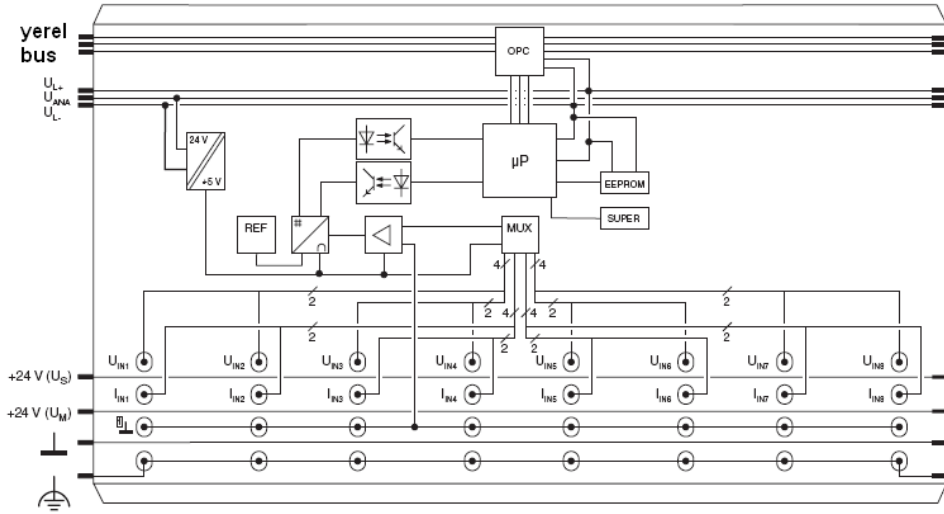
Şekil 2.10 Analog inputun uygun bağlantılarından biri

Terminal Noktaları	Sinyal	Atamalar
1.1	+U1	Voltaj giriş kanalı 1
2.1	+U2	Voltaj giriş kanalı 2
1.2	+I1	Akım giriş kanalı 1
2.2	+I2	Akım giriş kanalı 2
1.3, 2.3	-1, -2	Negatif girişi (akım ve gerilim için)
1.4, 2.4	Koruma	Koruma bağlantısı


Çizelge 2.6 Her konnektör için bağlantı noktaları atamaları.







Key:

	Protocol chip		Power supply unit with electrical isolation
	Optocoupler		Reference voltage source
	Microprocessor		Analog/digital converter
	Electrically erasable programmable read-only memory		Amplifier
	Microprocessor monitoring		Multiplexer

Şekil 2.12 Analog input bağlantı noktaları iç devre şeması

Analog inputu kullanabilmek için programı göndermeden önce, konfigüre ayarlarını yapan girişlerin yazılarak modüle gönderilmesi gereklidir. Konfigüre edilirken 32 bitlik bir kontrol sayısı girilir. Bu sayının soldan ilk 16 bit'ine OUT[0] ve diğer 16 bit'ine OUT[1] denilirse ve OUT[0] ve OUT[1] de aşağıdaki gibi gruplandırılırsa;

OUT[0]		OUT[1]			
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3		

		OUT[0]																
(Byte.bit) görünümü	Byte	Byte 0								Byte 1								
	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	
	Atama	0	Komut								0	0	0	0	0	0	0	0

		OUT[1]															
(Byte.bit) görünümü	Byte	Byte 2								Byte 3							
	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	0	0	0	0	0	0	0	Filtre	0	Format			Ölçme aralığı			

Çizelge 2.7 Analog giriş kontrol komutu

OUT [0] ( Komut Kodu): Kanal seçimi yapabilmek için bu bitler kullanılır. Hangi kanal için hangi bitlerin kullanılacağı aşağıda gösterilmiştir.

Bit 15'den Bit 8'e								OUT[0]	Komut Fonksiyonu
0	0	0	0	0	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>	0×00 <sub>hex</sub>	X kanalından ölçülen değerin okunması
0	0	0	1	0	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>	1×00 <sub>hex</sub>	X kanalının konfigürasyonunun ayarlanması
0	0	1	1	1	1	0	0	3C00 <sub>hex</sub>	Yazılım versiyonu okuma
0	1	0	0	0	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>	4×00 <sub>hex</sub>	X kanalı konfigürasyonu
0	1	0	1	0	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>0</sub>	5×00 <sub>hex</sub>	X kanalı konfigürasyonu ve X kanalından ölçülen değerin okunması
0	1	1	0	0	0	0	0	6000 <sub>hex</sub>	Tüm kanalların konfigürasyonu
0	1	1	1	0	Y <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>0</sub>	7×00 <sub>hex</sub>	Grup komutları

Z<sub>2</sub> Z<sub>1</sub> Z<sub>0</sub>: Kanal numarası

Y<sub>2</sub> Y<sub>1</sub> Y<sub>0</sub>: Grup numarası

Bit 10-bit 8 ( kanal numaraları Z<sub>2</sub>Z<sub>1</sub>Z<sub>0</sub> veya grup numaraları Y<sub>2</sub>Y<sub>1</sub>Y<sub>0</sub> )

Kod		Kanal	Grup
binary	decimal		
000	0	4 × 8-bit grup A (kanal 1,2,3,4)	1
001	1	4 × 8-bit grup B ( kanal 5,6,7,8)	2

<b>010</b>	2	Ayrılmış	3
<b>011</b>	3	Ayrılmış	4
<b>100</b>	4	2 × 16-bit grup A(kanal 1 ve 2)	5
<b>101</b>	5	2 × 16-bit grup B (kanal 3 ve 4)	6
<b>110</b>	6	2 × 16-bit grup C(kanal 5 ve 6)	7
<b>111</b>	7	2 × 16-bit grup D (kanal 7 ve 8)	8

Çizelge 2.8 Analog giriş kanal seçimi

*OUT[1] Ölçme aralığı:* Kullanılan girişlerin voltaj veya akım bilgisine göre voltaj ve gerilim aralıkları aşağıda verilmiştir.

Bit 3-bit 0:

Kod		Ölçme Aralığı (Voltaj)
binary	decimal	
<b>0000</b>	0	0V-10V (varsayılan)
<b>0001</b>	1	±10V
<b>0010</b>	2	0V-5V
<b>0011</b>	3	±5V
<b>0100</b>	4	0V-25V
<b>0101</b>	5	±25V
<b>0110</b>	6	0V-50V
<b>0111</b>	7	Ayrılmış

Kod		Ölçme Aralığı (Akım)
binary	decimal	
1000	8	0 mA-20 mA
1001	9	±20 mA
1010	10	4mA-20mA
1011	11	Ayrılmış
1100	12	0mA-40mA
1101	13	±40mA
1110	14	Ayrılmış
1111	15	Ayrılmış

Çizelge 2.9 Ölçme aralıkları

Komut için ayrılan 7 bitlik kısımda 0,1 ve 2. Bitler kanal seçimini belirlemek için kullanılır. Daha önce de çizelge 2.8’de gösterildiği gibi 1,2,3 ve 4. Kanalları seçmek için 0,1 ve 2. bitleri “0” seçilir.

Filtre için ayrılan kısımda varsayılan olan “00” değeri seçilir. Format için de varsayılan değer olan “000” seçilir. Ölçme aralığında ise sensörlerden 0.6V-3.1V aralığında değer okuduğumuzdan dolayı 0V-5V aralığını seçebilmek için “0010” değeri gönderildi. Yani analog inputa DWord olarak “00000000 00000000 00000000 00000010” (16#00000002) değeri girilerek analog input modülü konfigüre edilir.

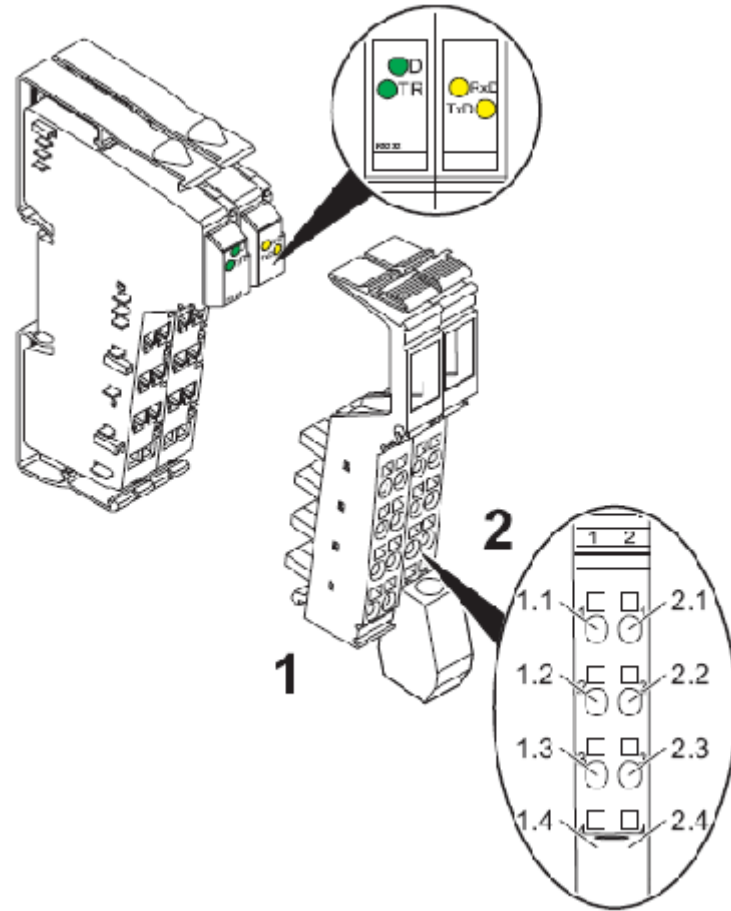
		OUT[0]															
(Byte.bit) görünümü	Byte	Byte 0								Byte 1							
	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		OUT[1]															
(Byte.bit) görünümü	Byte	Byte 0								Byte 1							
	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
	Atama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Çizelge 2.10 Analog input konfigürasyon ayarları

#### 2.1.4 IB IL RS232 PRO Seri Haberleşme Modülü

Yer aracının gitmesi istenen noktanın koordinatları, araca PC üzerinden bluetooth ile gönderilmektedir. Bluetooth üzerinden alınan bilgi ise PLC programına RS 232 modülü üzerinden aktarılmaktadır.



Şekil 2.13 RS232 Seri haberleşme modülü

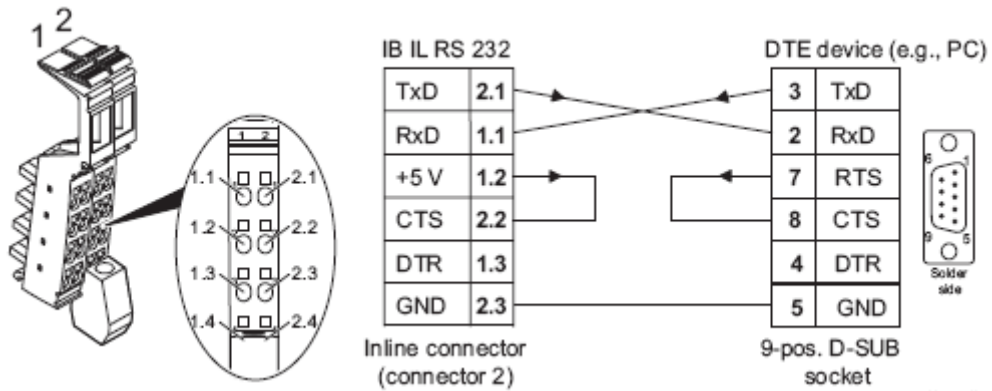
Modül üzerinde seri giriş/çıkış kanlı bulunmaktadır. Çeşitli haberleşme protokolleri desteklenmektedir. 38400 baud iletim hızına erişebilmektedir.

Terminal atamaları ise şöyledir:

Konnektör	Terminal noktası	Sinyal	Atama
1	1.4, 2.4	FE	Fonksiyonel toprak bağlantısı
	Bu konektörün diğer terminalleri kullanılmamaktadır.		
2	1.1	RxD	Seri veri girişi
	2.1	TxD	Seri veri çıkışı
	1.2	+5V	Kontrol çıkışı dahili olarak bağlıdır.
	2.2	CTS	Donanımlar için kontrol girişi
	1.3	DTR	Donanımlar için kontrol çıkışı
	2.3	GND	Seri arayüz için toprak bağlantısı
	1.4 , 2.4	Shield	Koruma bağlantısı

Çizelge 2.11 RS232 Terminal atamaları

Araç üzerinde ise aşağıdaki bağlantı şeması kullanılmıştır.



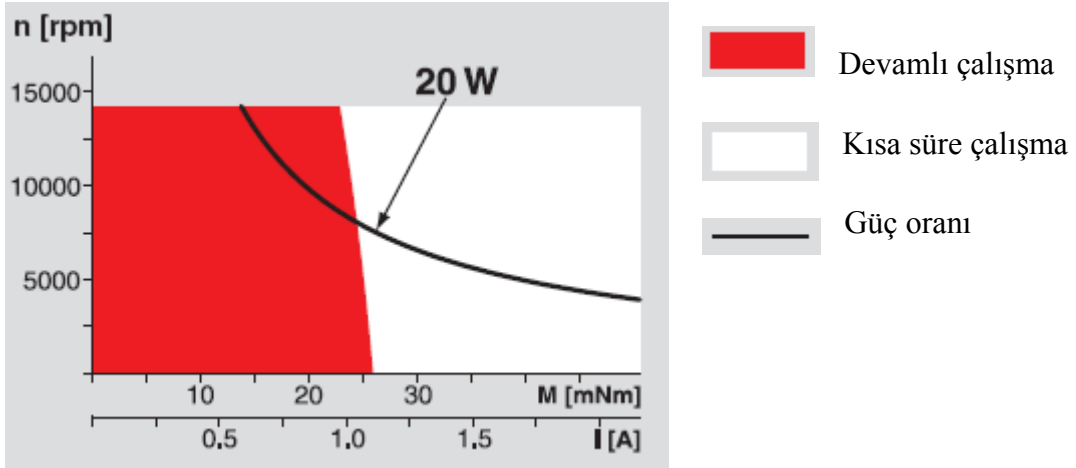
Şekil 2.14 RS232 Bağlantı şeması

## 2.2 Araç Üzerindeki Motorlar

Araç üzerinde biri ön tekerleklerin yönlendirilmesinde, diğeri arka tekerleklerin tahrik edilmesinde kullanılan 2 adet DC motor kullanılmıştır. Motorlar teknik detayları önceki bölümde anlatılan DC servo amplifikatörler aracılığıyla sürülmüşlerdir.

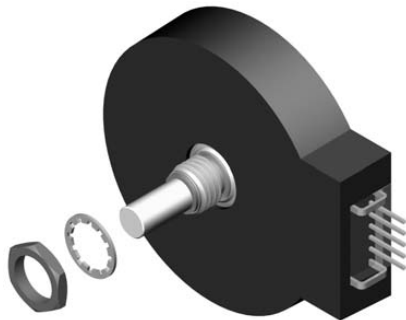
### 2.2.1 Yönlendirme Motoru

Aracın ön tekerleklerinin yönlendirilmesinde 20 W gücünde 24 V gerilim ile çalışan Maxon DC motor kullanılmıştır. Motorun başlama akımı 11.1 A olarak belirtilmiş olup, maksimum verimi %86'dır. Motorun işletme eğrisi aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.15 Yönlendirme motoru karakteristiği

Yönlendirme motoruna incremental encoder modülüne geri besleme sağlayacak olan US Digital S2 enkoder bağlanmıştır. +5V DC gerilim ile beslenen enkoder 3 kanallıdır.



- 1 : Toprak bağlantısı
- 2 : Index
- 3 : A kanalı
- 4 : 5 VDC
- 5 : B kanalı

Şekil 2.16 Yönlendirme motoru enkoderi

## 2.2.2 Tahrik Motoru

Aracın arka tekerleklerini tahrik edilmesinde RS330 DC servo motor kullanılmıştır.



Şekil 2.17 Tahrik motoru

Motorun karakteristik özellikleri ile gerilim, akım değerleri aşağıdaki çizelgede sıralanmıştır.

<i>Low speed torque</i>	<i>0.78</i>	<i>N.m</i>	<i>Mo</i>
<i>Permanent current at low speed</i>	<i>5.9</i>	<i>A</i>	<i>Io</i>
<i>Supply voltage with loaded motor</i>	<i>51</i>	<i>V</i>	<i>U</i>
<i>Definition speed</i>	<i>3000</i>	<i>rpm</i>	<i>N</i>
<i>Maximum supply voltage</i>	<i>65</i>	<i>V</i>	<i>Umax</i>
<i>Maximum speed</i>	<i>4500</i>	<i>rpm</i>	<i>Nmax</i>
<i>Peak current</i>	<i>18.5</i>	<i>A</i>	<i>Imax</i>
<i>Back emf constant at 1000 rpm (25°C)*</i>	<i>14.3</i>	<i>V</i>	<i>Ke</i>
<i>Torque constant</i>	<i>0.137</i>	<i>N.m/A</i>	<i>Kt</i>
<i>Static friction torque</i>	<i>2.6</i>	<i>N.cm</i>	<i>If</i>
<i>Viscous damping for 1000 rpm</i>	<i>0.63</i>	<i>N.cm</i>	<i>Kd</i>
<i>Winding resistance(25°C)</i>	<i>1.01</i>	<i>Ω</i>	<i>Rb</i>
<i>Winding inductance</i>	<i>1.65</i>	<i>mH</i>	<i>L</i>
<i>Rotor inertia</i>	<i>0.00011</i>	<i>kg.m<sup>2</sup></i>	<i>J</i>
<i>Thermal time constant</i>	<i>6.2</i>	<i>min</i>	<i>Tth</i>
<i>Motor mass</i>	<i>1.72</i>	<i>kg</i>	<i>M</i>

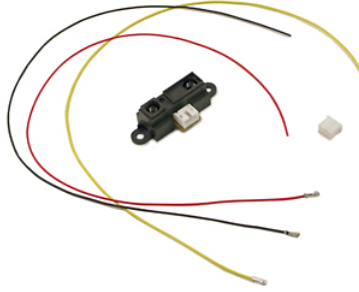
Çizelge 2.12 Tahrik motoru karakteristik değerleri

Tahrik motorunun hız kontrolü yapılmasında motora bağlanmış takometre kullanılmıştır ve analog giriş yardımıyla motor çalışması 1000 d/dak değerine ayarlanmıştır.

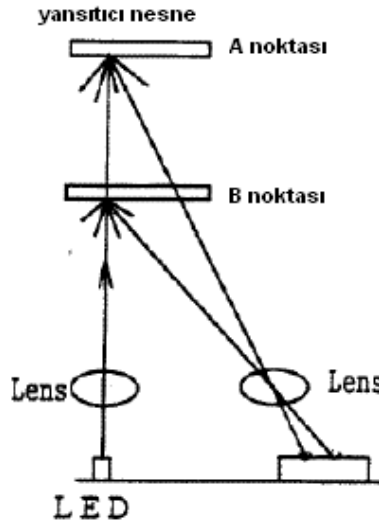


### 2.3 SHARP Analog Mesafe Sensörleri

Araçta engel tanıma amacıyla IR alıcı-verici ikilisin pasif hedefleri algılaması için robot sistemlerinde sıklıkla kullanılan SHARP GP2D12 mesafe algılayıcısı kullanılmıştır. GP2D12, 10 ile 80cm arasında ölçüm yapabilen, bir adet IR LED ve bir adet IR alıcıdan oluşan bir algılayıcıdır. GP2D12'nin çıkış gerilimi, mesafe ile ters orantılı olarak azalan doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Doğrusal olmama durumu GP2D12'nin algılama sisteminin trigonometrik prensiplere dayanmasından dolayıdır.

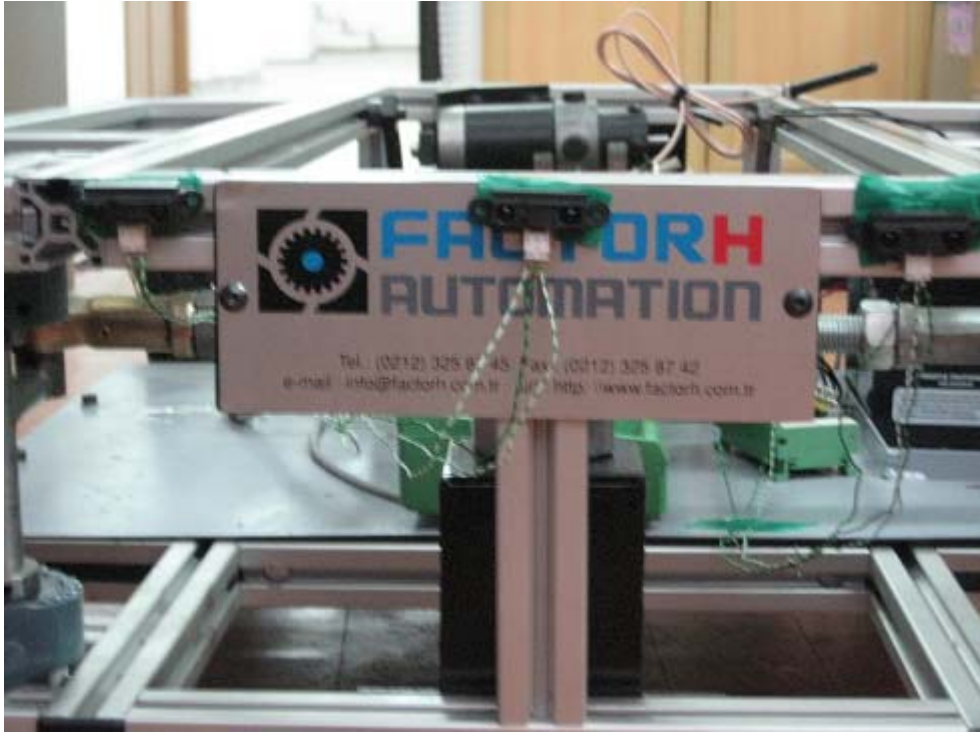


Şekil 2.18 Sharp Analog mesafe sensörleri



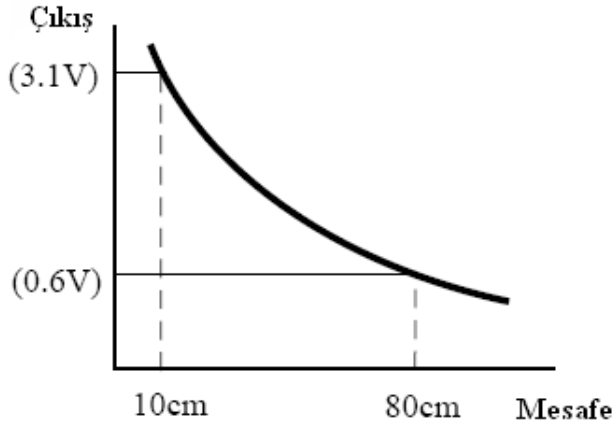
Şekil 2.19 SHARP GP2D12 mesafe algılayıcısının çalışma prensibi

GP2D12’de, IR alıcı olarak pozisyon algılayan cihaz (PSD-position sensitive detector) kullanılmaktadır. PSD, IR ışığa duyarlı tek boyutlu bir CCD dizilimidir. Yansıyan ışığın düştüğü hücre ve üçgenleşme prensibi kullanılarak ışığın yansıdığı cismin uzaklığı tahmin edilebilmektedir. Bu sayede cismin renginin ve ortamın aydınlatmasının mesafe ölçümü üzerine hiç bir etkisi olmamaktadır. GP2D12’nin teknik özellikleri incelendiğinde yarı-koni açısının çok düşük olduğundan bahsedildiği halde bu konu ile ilgili çok açık bir bilgi mevcut olmadığı görülmektedir. Yarı-koni açısının yaklaşık 7 derece olduğu hesaplanmıştır. Aracın engel görme alanının genişletilmesi amacıyla araç önünde dört adet sensör kullanılmış, bu sensörlerin çıkışları analog giriş modülü ile alınmıştır.



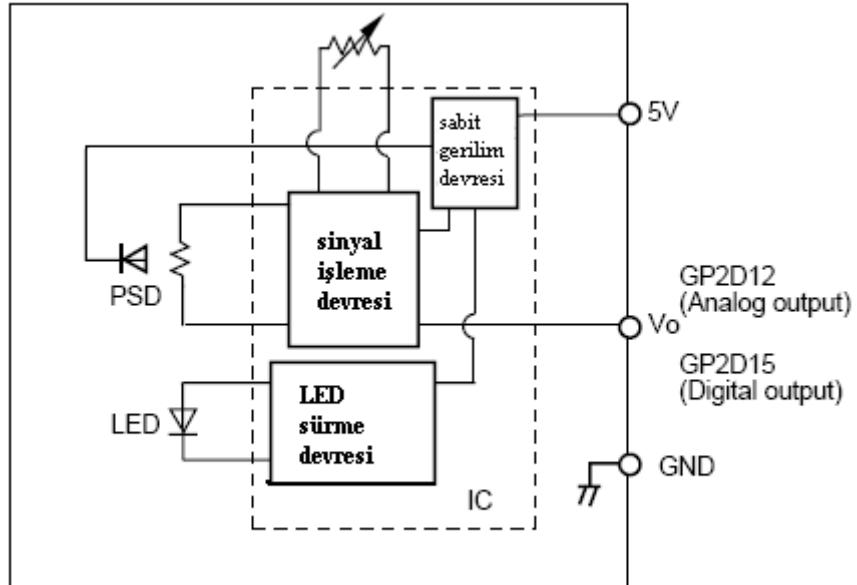
Şekil 2.20 Sensör yerleşimi

Sensörün çıkış karakteristiği:



Şekil 2.21 Sharp sensörlerinin çıkış karakteristiği

Blok diyagramı:



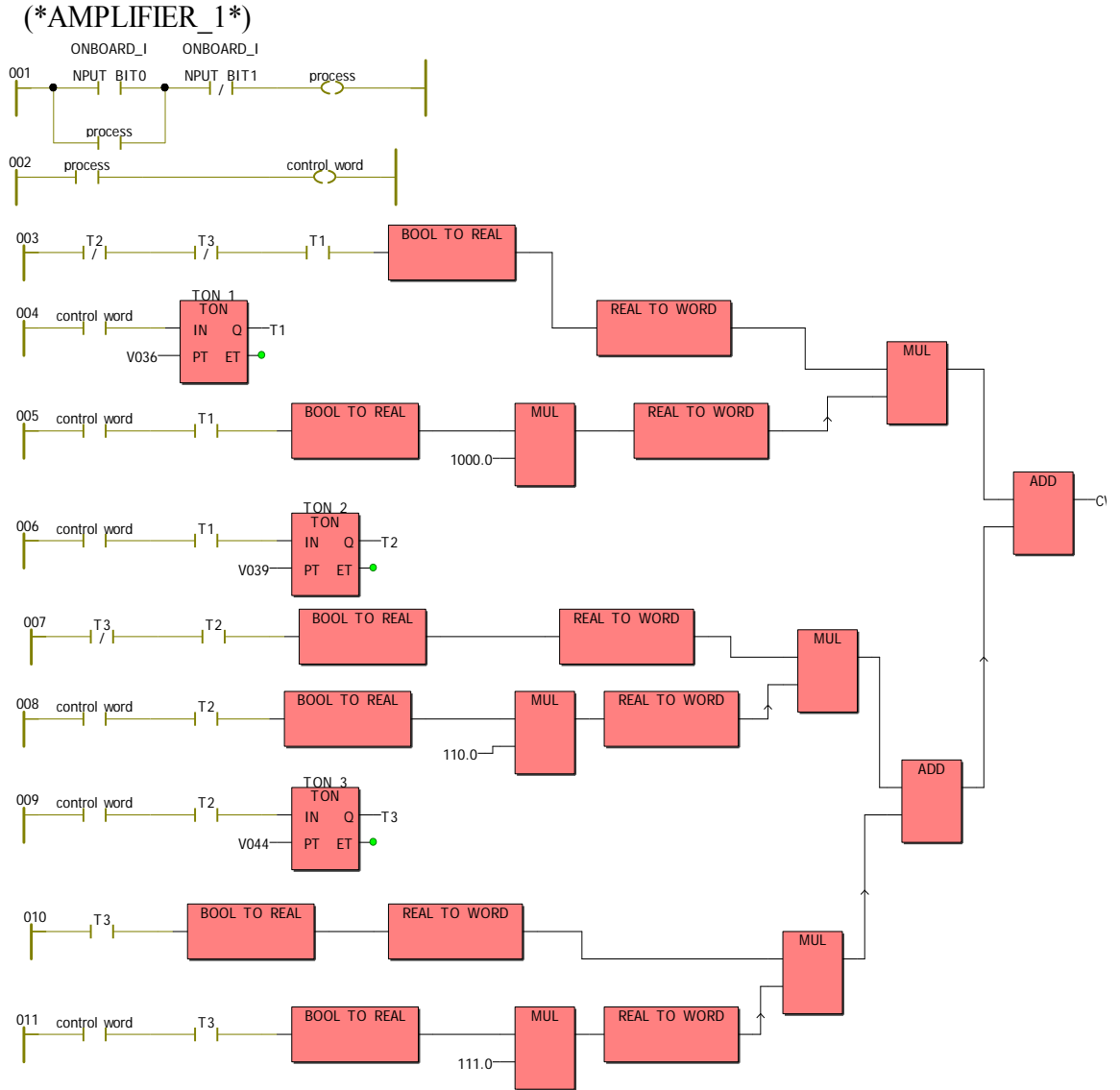
Şekil 2.22 Blok diyagramı

### **3. ARACIN PLC İLE PROGRAMLANMASI**

Aracın çalışmasını sağlayan PLC programı alt programlardan oluşturulmuştur. Önceki bölümlerde anlatılan modül konfigürasyon ayarları, aracın yön – rota belirlemesi ve engel algılaması bu alt programlar sayesinde sağlanmıştır. Bu bölümde alt programlar ayrı başlıklar altında anlatılacaktır.

#### **3.1 DC Servo Amplifikatör Programı**

Servo amplifikatörlerin 2.1.1 bölümünde anlatılan konfigürasyon ayarları ve başlangıç konumuna getirilmesi bu program ile sağlanmıştır. Motorları sürmek için kullandığımız IB IL IC 48V/10A amplifikatörlerin her çalıştırmadan önce konfigüre edilmesi için kontrol girişlerinin belirli sırada girilmesi gereklidir. Bu sayıları her seferinde yeniden girilmesi çok zor olacağından bu ayarlar alt program halinde yazılmış ve programa eklenmiştir. Böylece amplifikatörlerin konfigürasyon ayarları program her çalıştırıldığında tekrarlanmış olmaktadır. Şekil 3.1'deki program ile bu sayılar her seferinde otomatik olarak girilmektedir. Bu program her bir motor için ayrı amplifikatör olduğundan dolayı iki kez yazılmış ve CW çıkışları ayrı ayrı amplifikatörlere gönderilmiştir.



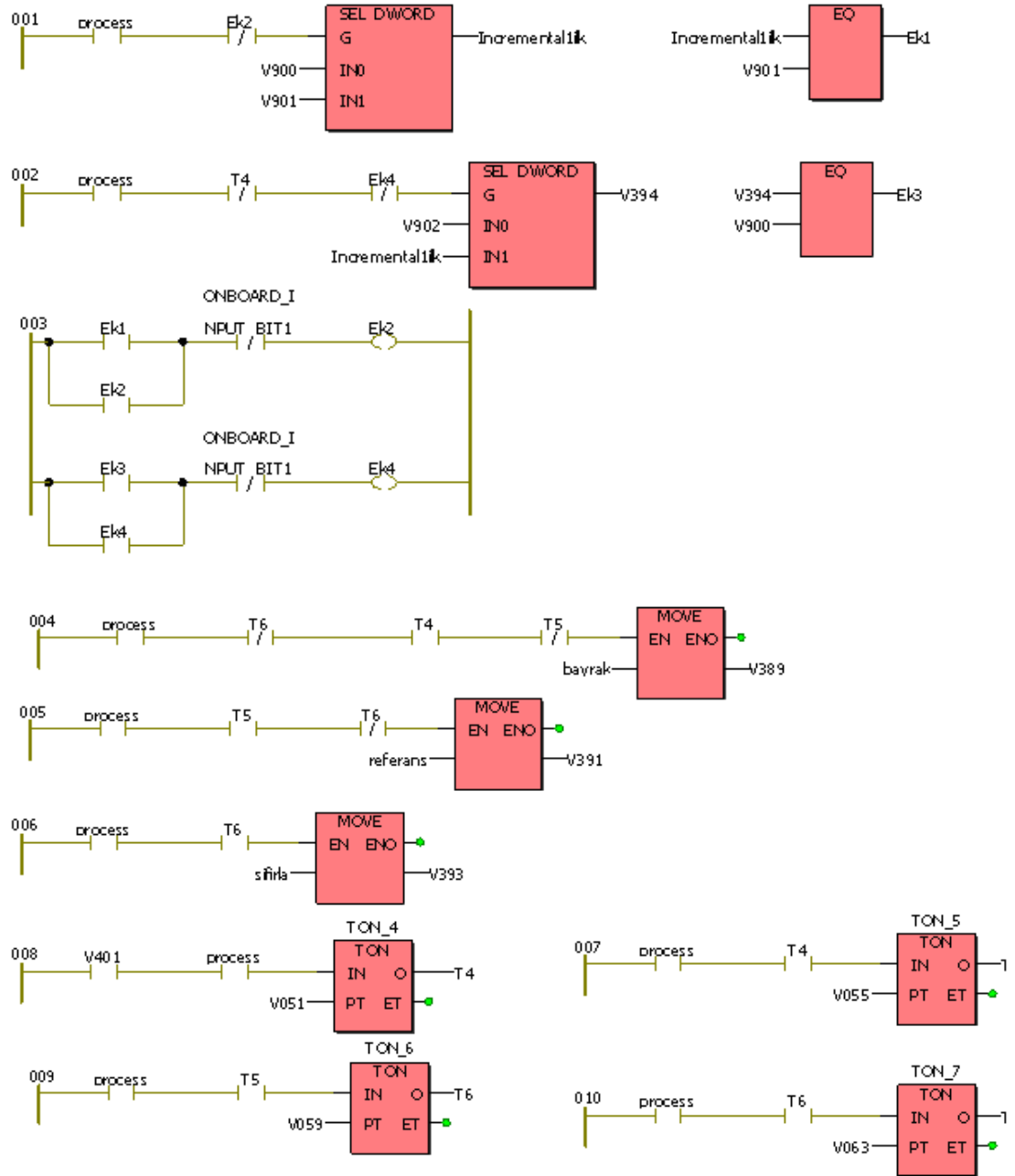
Şekil 3.1 Amplifikatör programı

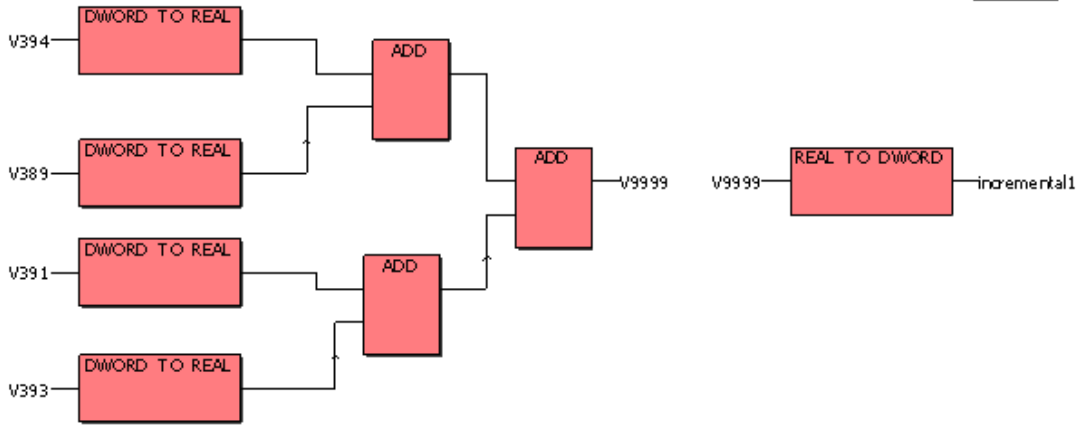
### 3.2 Incremental Encoder Modülü Programı

Yönlendirme motorunu kontrol etmek ve yön vermek amacıyla kullandığımız IB IL INC (-PAC) incremental encoderin her çalıştırmadan önce konfigüre edilmesi için belli sırada sayıların girilmesi gereklidir. Bu girişler 2.1.2 nolu bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu girişlerin program her çalıştırıldığında tekrarlanması için bir alt program yazılmıştır. Şekil 3.2'deki program ile bu sayılar her seferinde otomatik olarak girilmektedir. Programın çıkışındaki incremental11 çıkışı incremental encoder

modülüne gönderilmiştir.

**(\*INCREMENTAL\*)**





Şekil 3.2 Incremental encoder modülü programı

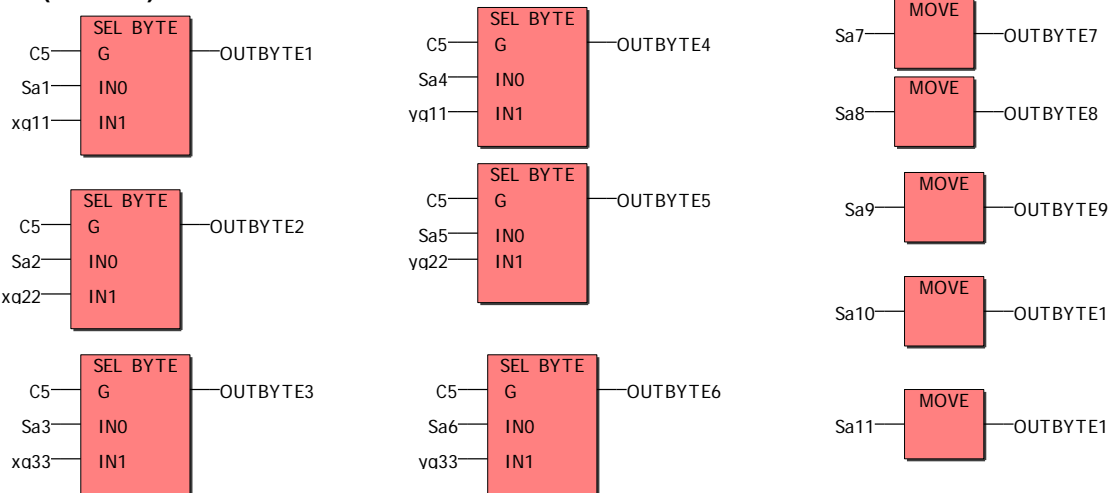
### 3.3 RS232 PRO Modülü Programı

Araçta kullandığımız RS232 modülünün çalışabilmesi için konfigüre ayarlarının yapılması gerekmektedir.

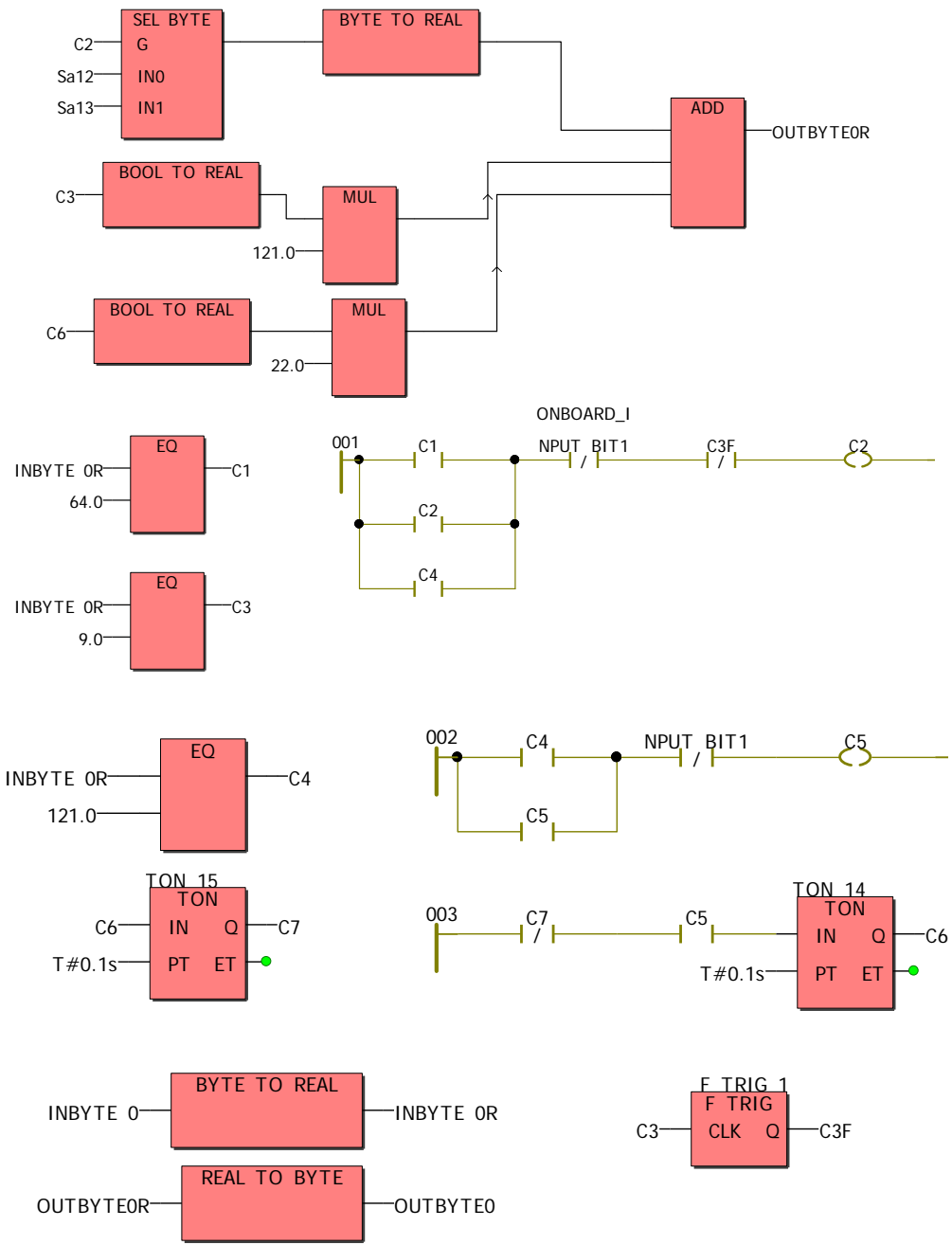
İlk adımda outbyte3'e 16#74, diğer byte'lara da 16#00 gönderilmiştir. INBYTE0'dan alınan değer 16#40'a eşit olduğunda yani konfigüre ayarları bittiğinde x ve y bilgileri alınmaya hazır hale gelmiştir.

(\*RS232PRO\*)

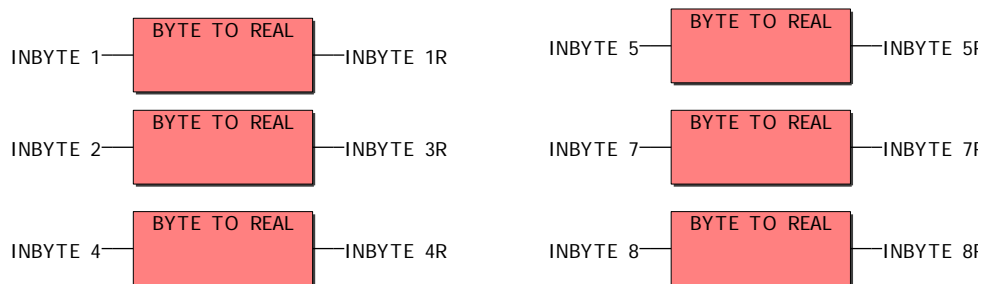
(\*1.ADIM\*)



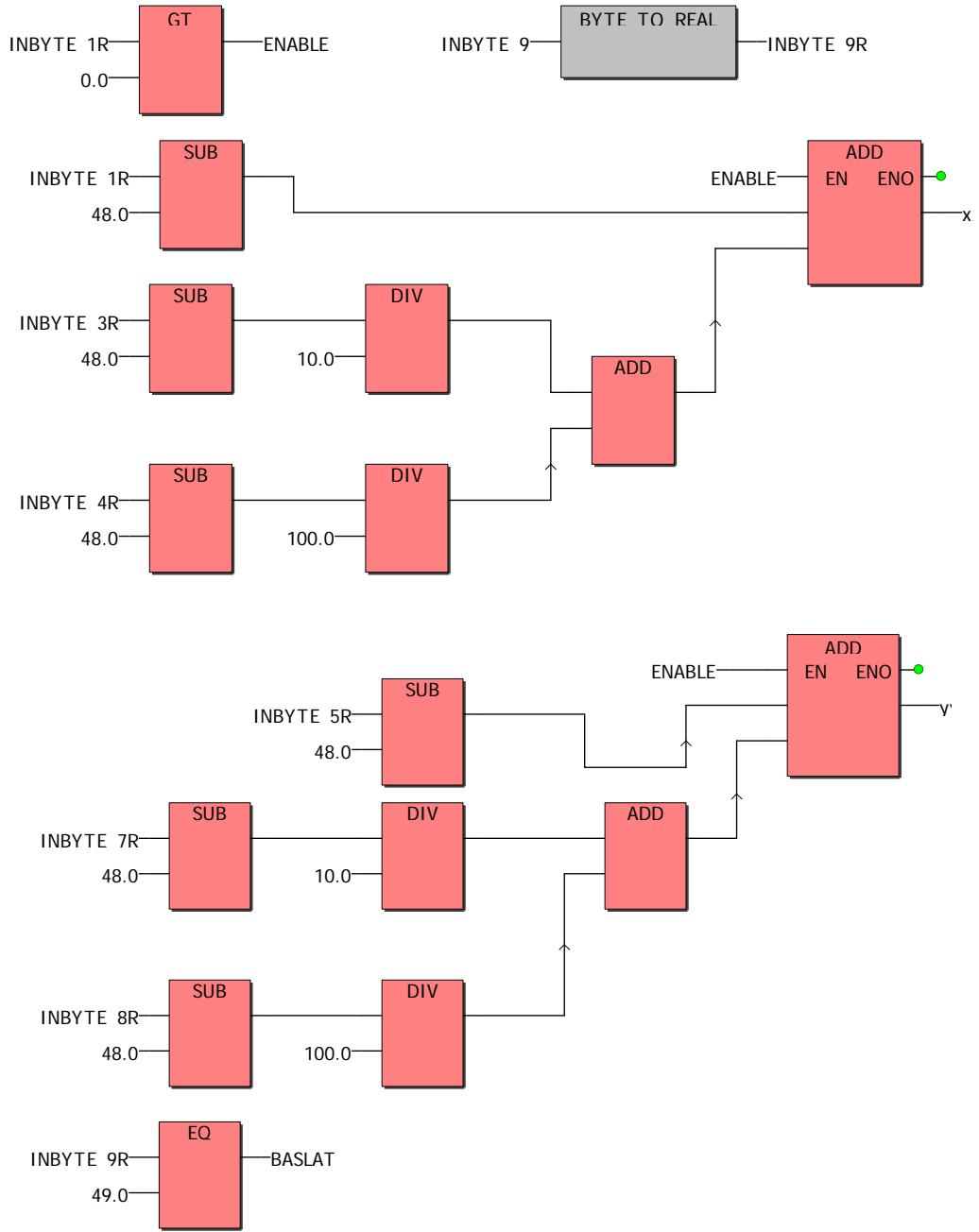
(\*2.ADIM\*)



(\*3.ADIM\*)

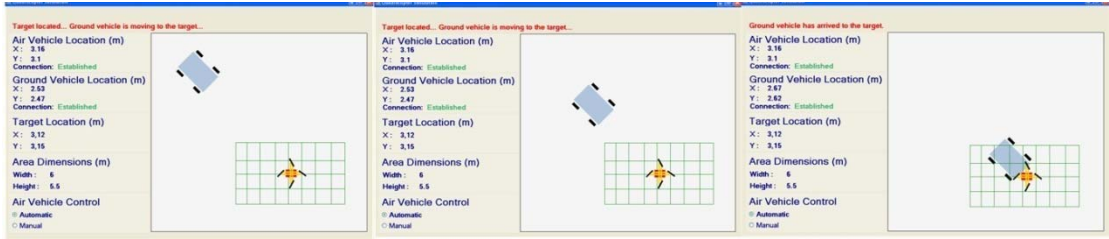






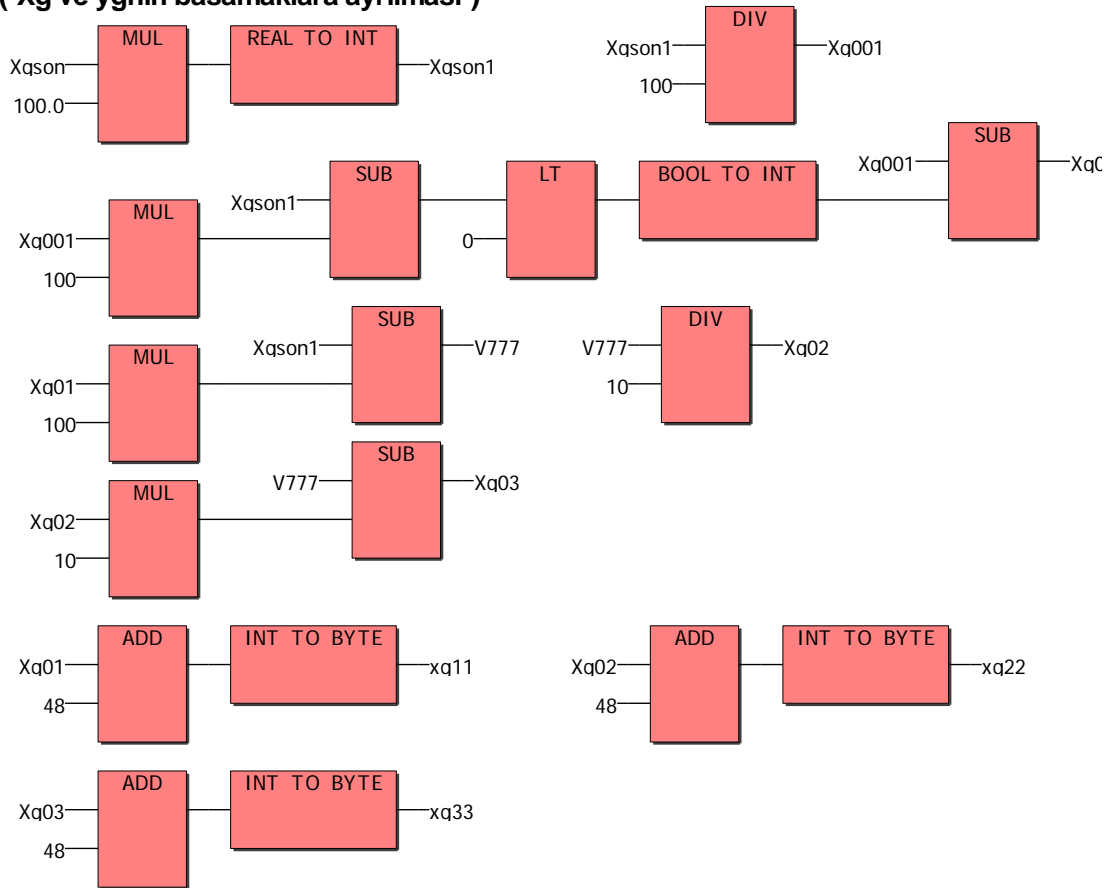
Şekil 3.3 RS 232 Modülü programı

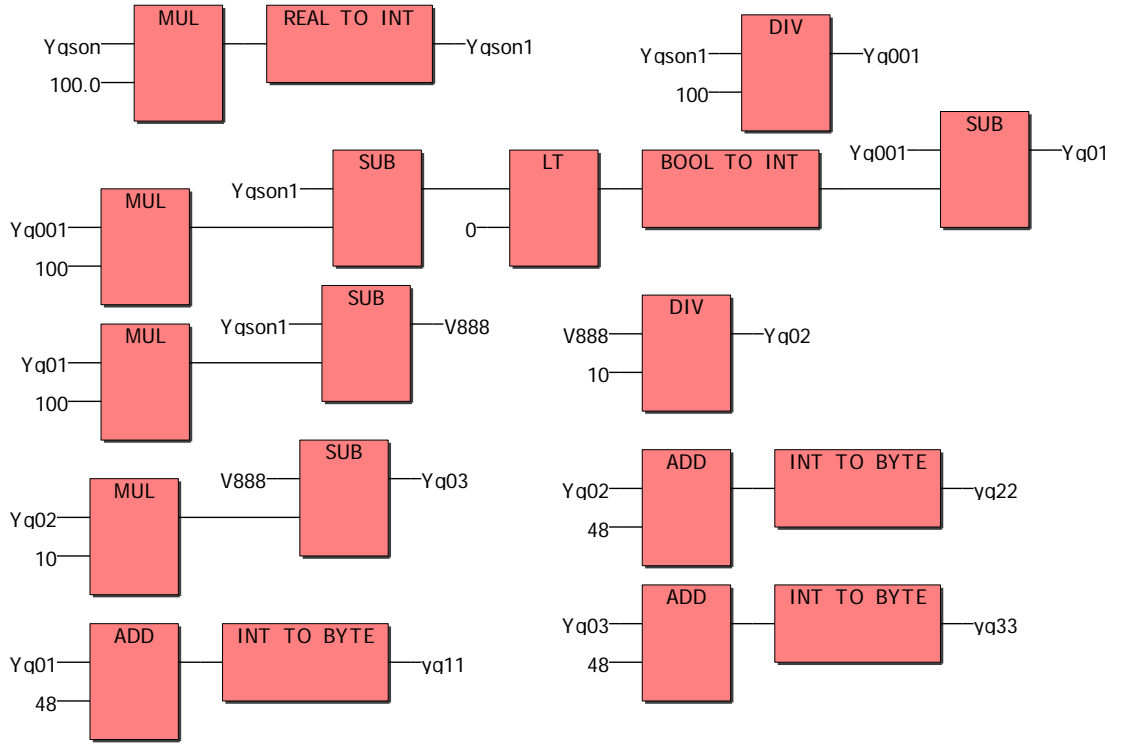
Bilgisayar ile araç arasındaki bağlantı bir kullanıcı arayüzü üzerinden gerçekleştirilmiştir. Arayüz üzerinde aracın bulunduğu referans noktası ve gitmesi gereken koordinatlar grafik olarak görülebilmektedir. RS232 aracılığıyla alınan koordinatlar program içinde kullanılacak yapıda olmadığından, alınan koordinat bilgilerinin formatının değiştirilmesi gerekmiştir.



Şekil 3.4 Bluetooth kullanıcı arayüzü

(\*Xg ve ygnin basamaklara ayrılması\*)



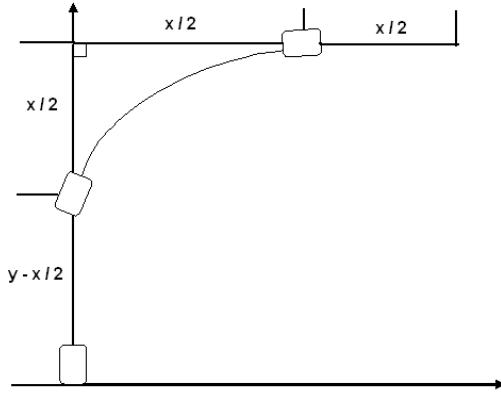


Şekil 3.5 X –Y koordinatlarının formatlarının dönüştürülmesi

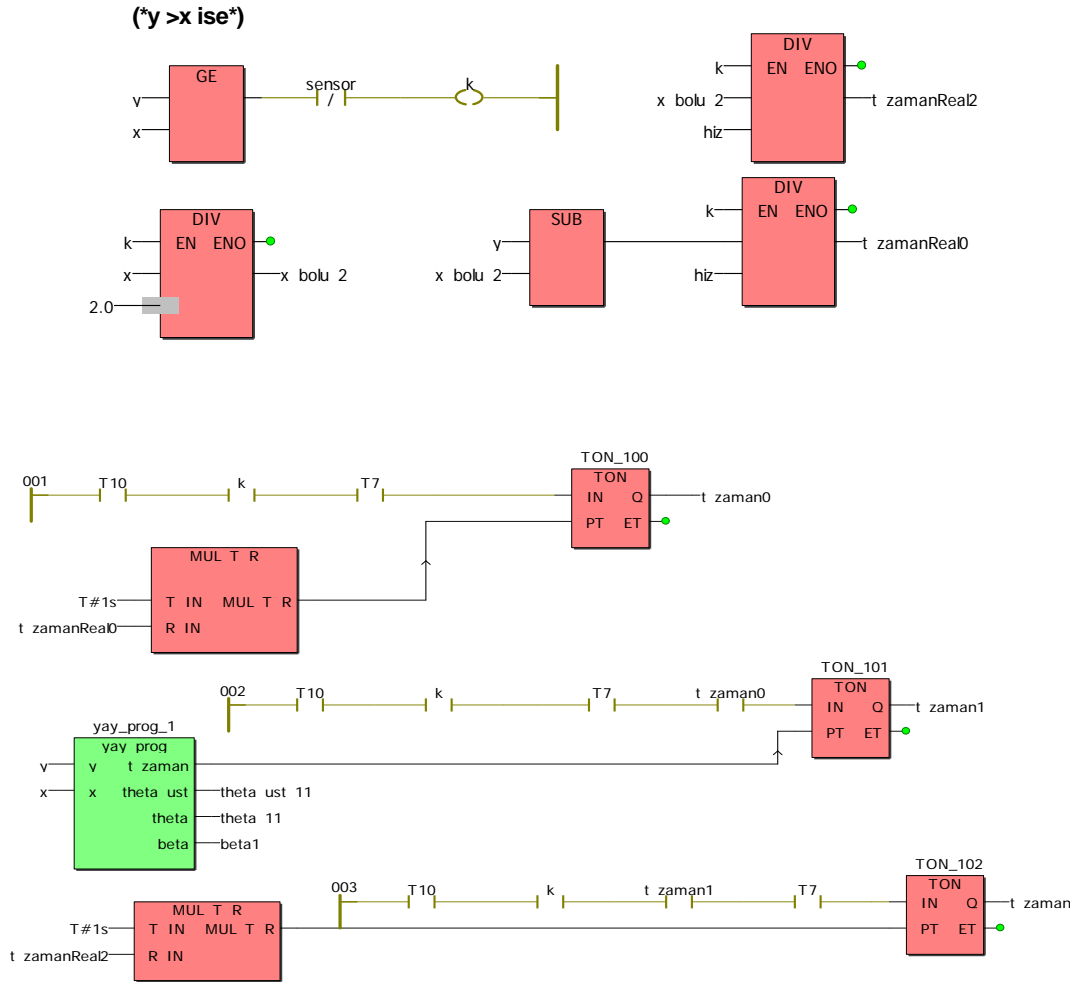
### 3.4 Koordinat Bilgisine Göre Rota Belirlenmesi

Araç sağa veya sola maksimum 45 derecelik açılarla dönebilmektedir. Herhangi bir engelle karşılaşmaz ise programına yüklediğimiz iki programdan uygun olanı seçip bu program dahilinde hareketini tamamlamaktadır. Bu programlar arasındaki fark y ekseninde giderken hangi mesafeden dönüş programına geçmesine karar verilmesidir.

*Program 1:* Bilgisayardan girilen koordinatlardan y noktası x noktasından büyükse, y ekseninde  $(y-x/2)$  kadar mesafeyi düz gittikten sonra bu mesafenin sonunda  $x/2$  yarıçaplı dairenin çevresinin  $1/4$ 'ü kadar olan yayı, yazdığımız yay programıyla alıp sonra tekrar tekerleklerini eski konumuna aldıktan sonra , kalan  $x/2$  mesafesini düz giderek bu mesafenin sonunda hareketini tamamlar.

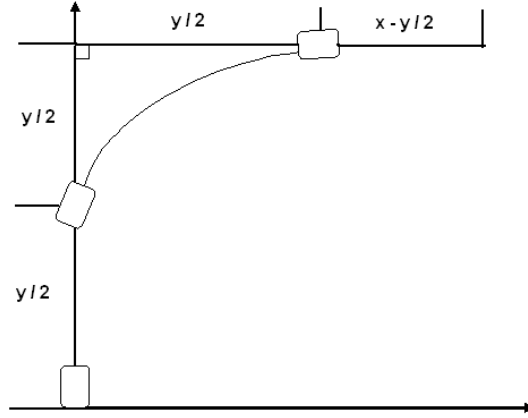


Şekil 3.6 Rota belirleme

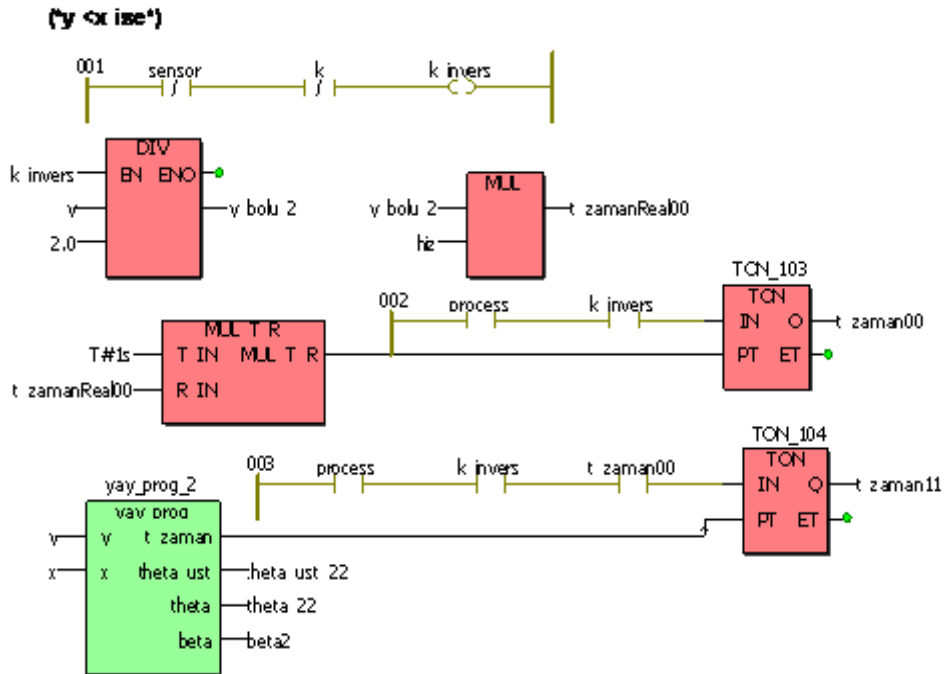


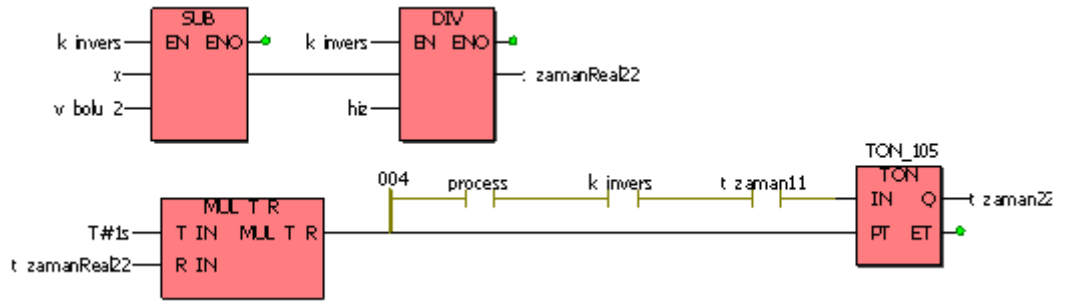
Şekil 3.7 Rota belirleme programı

*Program 2:* Bilgisayardan girilen koordinatlardan y noktası x noktasından küçükse, y ekseninde  $y/2$  kadar mesafeyi düz gittikten sonra bu mesafenin sonunda  $y/2$  yarıçaplı dairenin çevresinin  $1/4$ 'ü kadar olan yayı, yazdığımız yay programıyla alıp sonra tekrar tekerleklerini eski konumuna aldıktan sonra, kalan  $(x-y/2)$  mesafesini düz giderek bu mesafenin sonunda hareketini tamamlar.



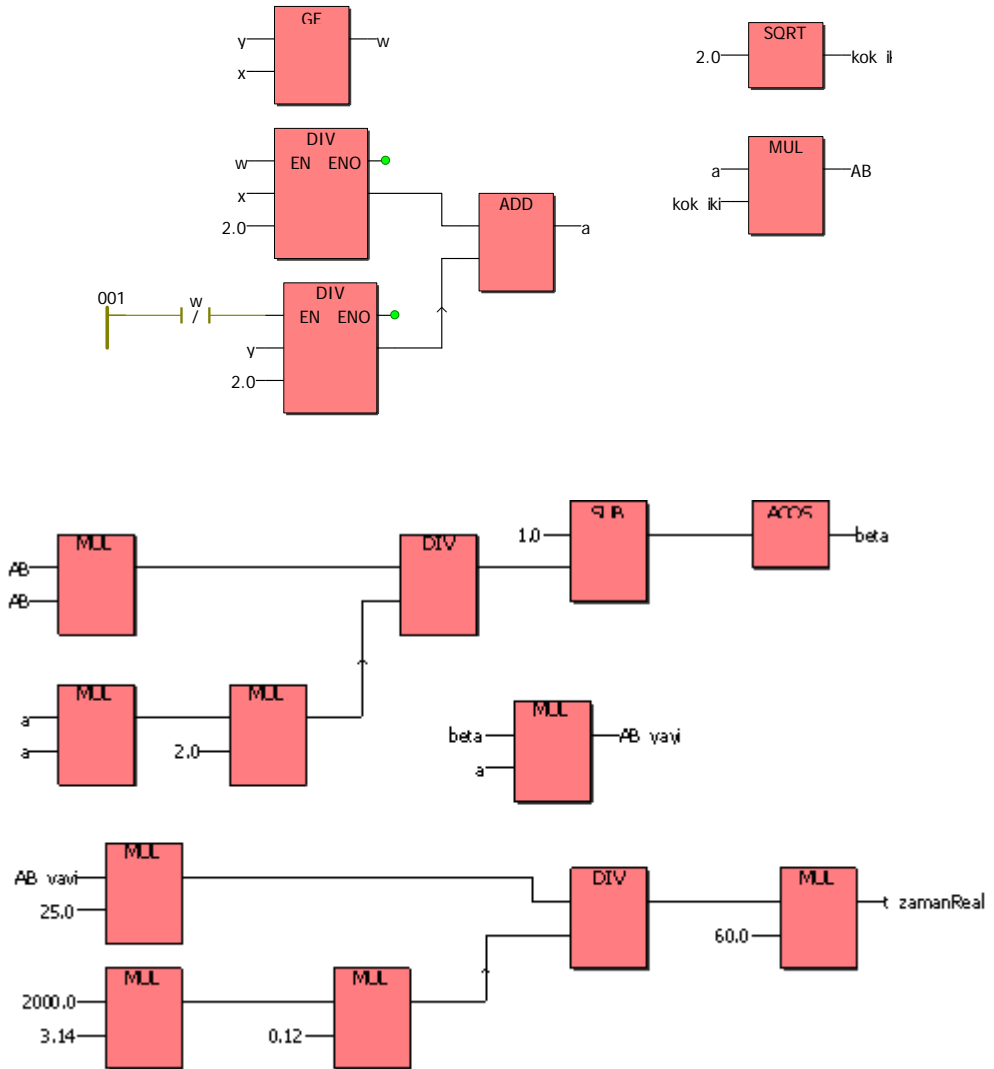
Şekil 3.8 Rota belirleme

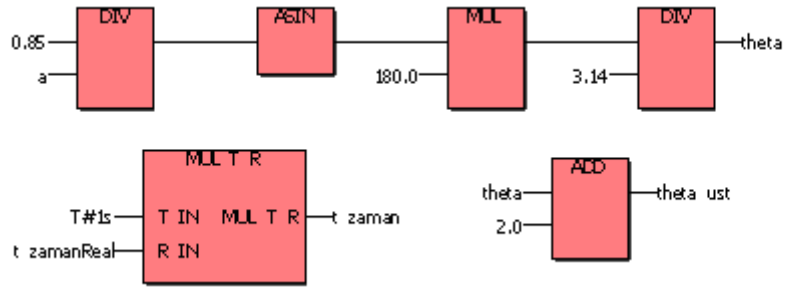




Şekil 3.9 Rota belirleme programı

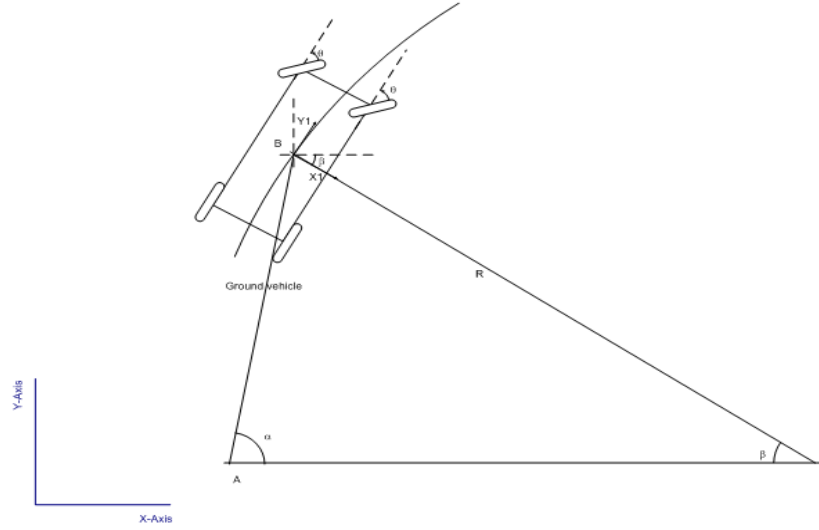
yay\_prog bloğunun iç yapısı:





Şekil 3.10 Yay programı

*Dönüş programı:*



Şekil 3.11 Dönüş programı

Eşitlikler:

$$R = \frac{1}{\sin \theta} \quad \text{Eşitlik (3.1)}$$

$$\text{For } \theta = \pi, R=1 \quad \text{Eşitlik (3.2)}$$

$$\text{For } \theta = 0, R = \infty \quad \text{Eşitlik (3.3)}$$

$$|AB| = 2\pi rnt = \frac{(2\pi R\beta)}{2\pi} \quad \text{Eşitlik (3.4)}$$

$$\beta = \frac{r.n.2.\pi.\sin\theta}{l} \quad \text{Eşitlik (3.5)}$$

$\theta$  : ön tekerleklerin açısı (rd)

n: devir sayısı (rd/s)

r: tekerlek yarıçapı (m)

l: aracın uzunluğu (m)

R: dönüş yarıçapı (m)

$\beta$  : dönüş açısı (rd)

$$\alpha = \frac{\pi - \beta}{2} \quad \text{Eşitlik (3.6)}$$

$$|AB| = R\sqrt{2(1 - \cos\beta)} \quad \text{Eşitlik (3.7)}$$

y eksenini için dönüşüm:

$$|AB| \sin \alpha$$

x eksenini için dönüşüm:

$$|AB| \cos \alpha$$

Aracın hareket noktasına göre konumu:

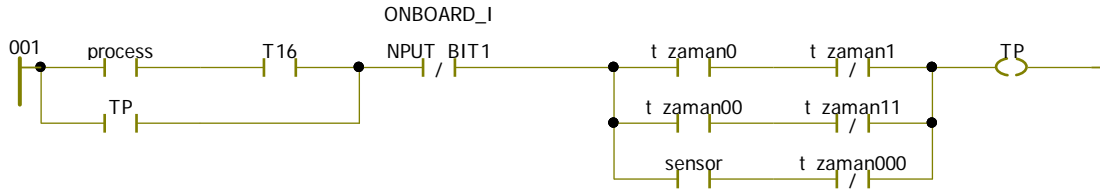
$$\bar{y} = 2.\pi.r.n.t + |AB|. \sin \alpha \quad \text{Eşitlik (3.8)}$$

$$\bar{x} = |AB| \cos \alpha \quad \text{Eşitlik (3.9)}$$

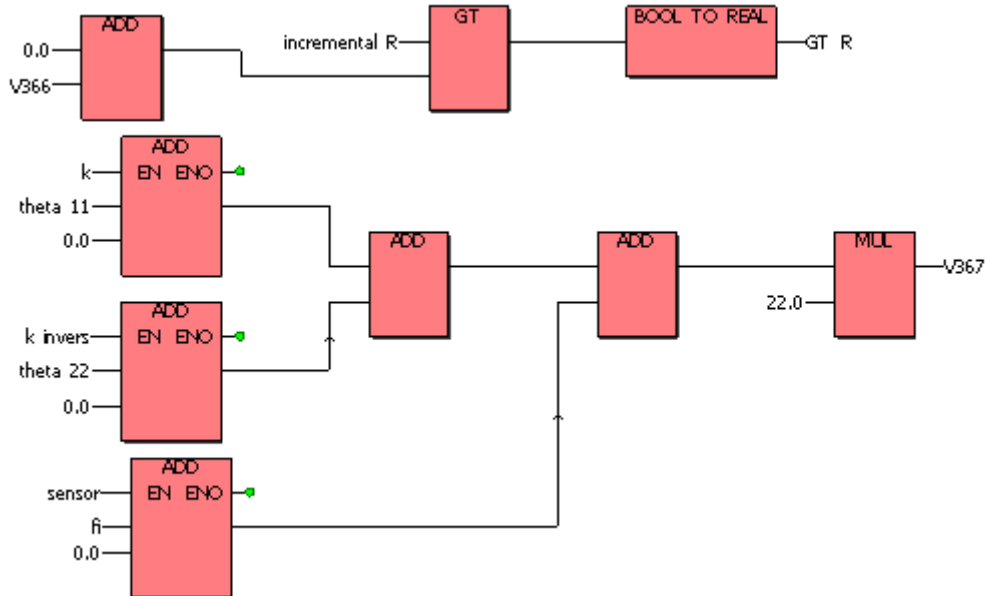
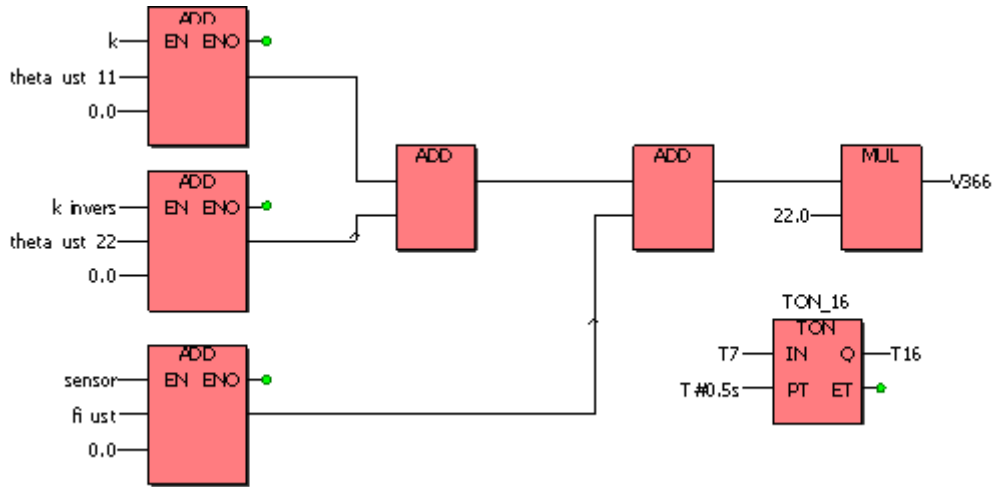
Yukarıdaki formüllerle hesaplanan gidiş süresi ve tekerleğin dönüş açısına göre PLC programı:

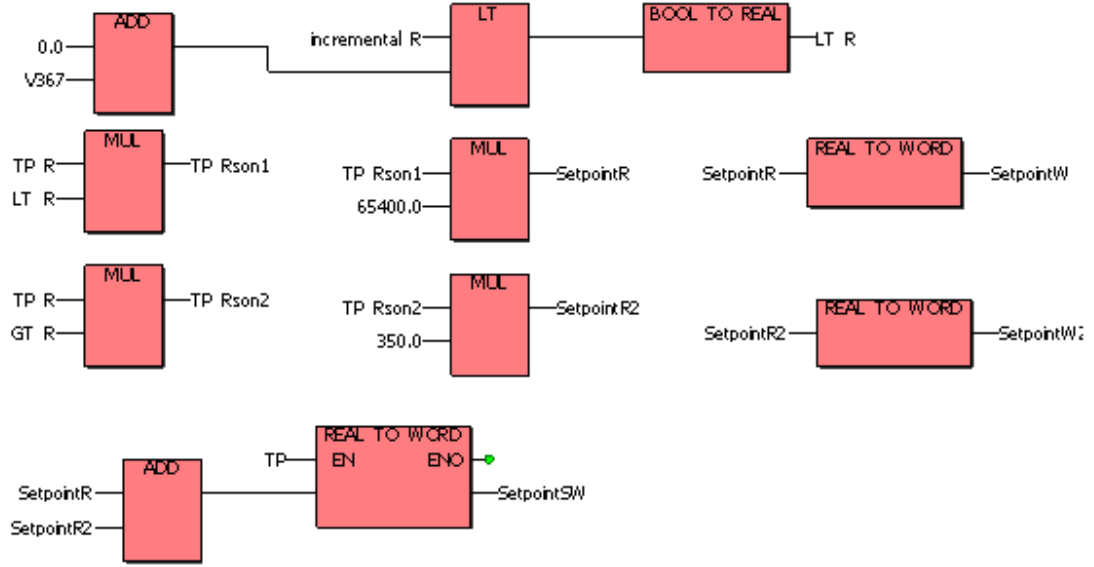


(\*donus\_programi\*)



(\*inc.den alınan değer\*)





Şekil 3.12 Dönüş programı

### 3.5 Engel Algılanması Durumunda İzlenecek Yol

Aracın herhangi bir anda engelle karşılaşması durumunda yani aracın önüne monte ettiğimiz dört sensörün herhangi birinden engelin 80 cm’den görüldüğü bilgisi alınır ise engel programları takip edilecektir.

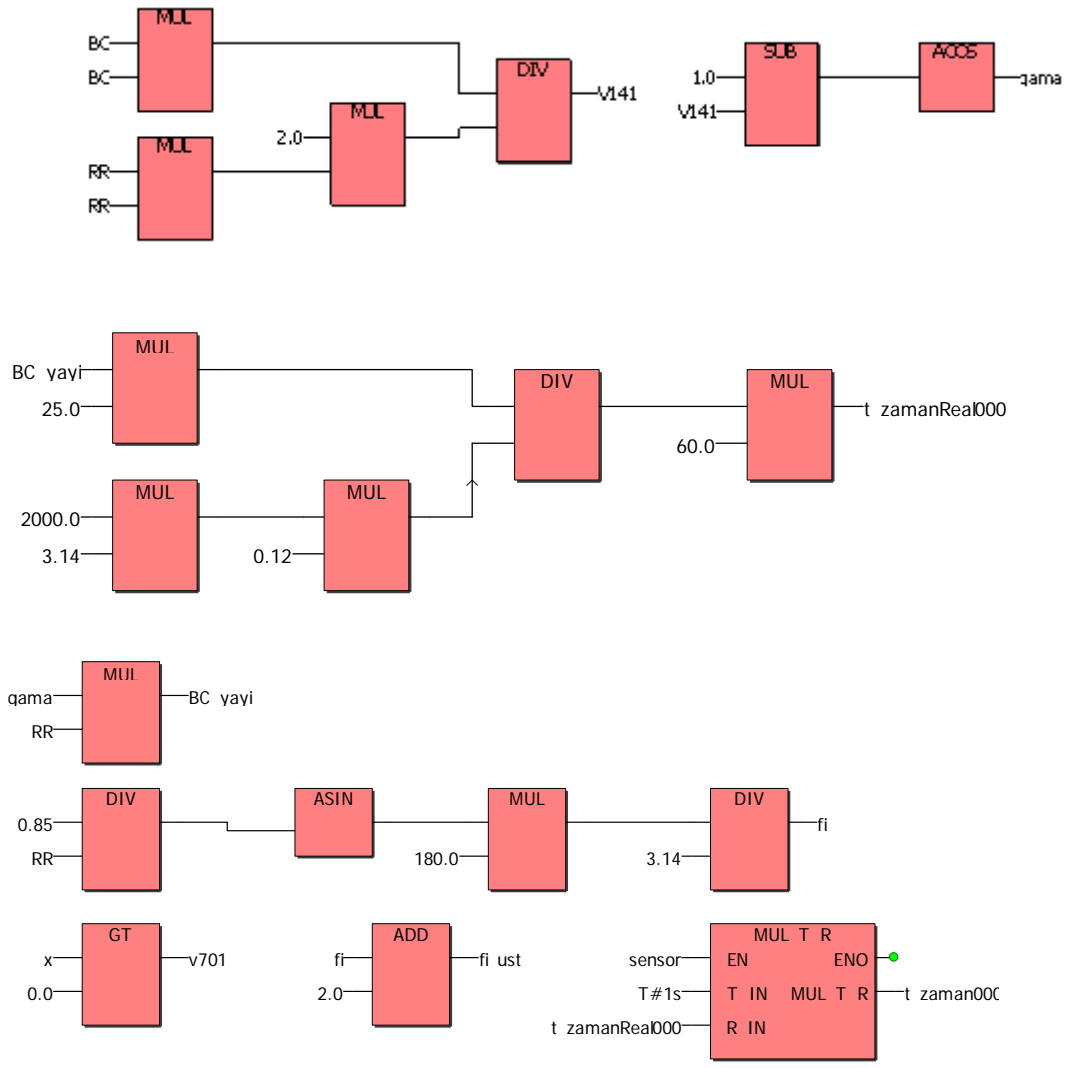
Analog input modülü girdiğimiz konfigüre ayarlarına göre gerilim sınırlarını 0V-5V seçmiştik. PLC bu sınırı 0-30000 birime dönüştürmektedir. Sensör 80 cm’de engel görmesi durumunda 0.6V gerilim sinyali verir ve engele yaklaştıkça bu gerilim değeri artar ve 10 cm’de 3.1V gerilim sinyali verir. 0V-5V aralığını 0-30000 aralığına göre çevirirsek;

0.6V’un eşdeğeri:

$$\frac{(30000 * 0.6)}{5} = 3600 \quad \text{Eşitlik (3.10)}$$

Sensörlerden bilgi alınması durumunda hareket programlarına veri gönderilmesi için yazılan PLC programı:





Şekil 3.14 Engel algılama programı

#### 4. SONUÇLAR

Proje çalışmaları sonunda, bluetooth haberleşmesi ile ilgili koordinatlara gönderilebilen ve PLC ile kontrol edilen araç tasarımı tamamlanmıştır. Aracın donanımsal kısmı dışında kalan açı-konum belirleme, rota belirleme, engel algılandığı takdirde izlenecek yol gibi program bölümleri aracın hareket kapasitesine bağlı kalınarak yazılmıştır. Aracın yönlendirme için kullanılan ön tekerleklerinin dönebildiği açı değerinin sınırlı olması ve itme gücünün sadece arka tekerleklerden sağlanması nedeniyle program yazımında bazı kısıtlamalar bulunsa da mevcut sistem için ideal olan çözüm tasarlanmaya çalışılmıştır.

Proje, bitirme tezi kapsamında hazırlanmış bir prototip olarak düşünülürse, aracın hareketi ağırlıklı olarak program tabanlı olduğundan, aracın tasarımında yapılacak değişikliklerle ve yazılacak uygun algoritmalarla taşıma sistemlerinde veya farklı uygulamalarda kullanılması mümkündür.

Projenin geliştirilebileceği bir diğer alan ise bluetooth haberleşmesinin etkinlik alanının artırılmasıdır. Ayrıca araç takip sistemleri kullanılarak aracın bulunduğu nokta izlenebilir. Benzer şekilde engel algılandığı takdirde izlenecek yol üzerinde değişiklikler yapılabilir.

Örneklerde olduğu gibi, araç sistemlerinin kullanım alanları oldukça fazladır. PLC ve PLC'ye bağlı modüllerin kullanımı sistemde yapılacak değişiklikleri mümkün kılmış, aracın kullanım alanlarını genişletmiştir.

## **KAYNAKLAR**

IB IL DC AR 48/10A DC Servo Amplifier Datasheet, Phoenix Contact

IB IL DC INC (-PAC) Incremental Encoder Datasheet, Phoenix Contact

IB IL AI 8/SF Analog Input Datasheet, Phoenix Contact

IB IL RS232 Serial Data Transmission Datasheet, Phoenix Contact

Parvex RS330E DC Motor Datasheet

Maxon 25 W DC Motor Datasheet

S2 Encoder Datasheet, US Digital