

LABİRENT ROBOTU TASARIMI VE UYGULAMASI

Ali ÇETİNER, Hüseyin EKİZ

Özet- Robotlar, gerek otomasyon sistemlerinde gerekse de günlük yaşantımızın çeşitli alanlarında gün geçtikçe daha geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Çok farklı alanlarda, çeşitli işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan robotlarda kontrol işlemi, mikroişlemciler veya mikrodenetleyiciler ile gerçekleştirilmektedir. Robot uygulamalarında, mikroişlemci ile birlikte çevre birimlerini içermesi nedeni ile mikrodenetleyicilerin kullanımı tercih edilmektedir.

Bu çalışmada, mikrodenetleyici kontrollü yürüyen bir robotun tasarımı ile ilgili detaylar verilmekte ve tasarlanan robotun gerçekleşmesi ile ilgili açıklamalar verilmektedir.

İki step motor kullanılarak oluşturulan iki tekerlekli robot, PIC16F84 mikro denetleyicisi kullanılarak kontrol edilmektedir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen sistemde 3 temel devre bulunmaktadır. PIC16F84 kullanılarak oluşturulan kontrol devresi, algılayıcı devresi ve PIC16F84 temelli step motor sürücü devresi.

Uygulaması yapılan robotta, yansıtıcı yüzeylere duyarlı algılayıcılardan gelen bilgiler doğrultusunda robot yönünü ve hareketini belirlemektedir. Algılayıcılardan gelen bilgiler, kontrol devresindeki PIC16F84 mikrodenetleyicisi tarafından yorumlanmakta ve PIC16F84'de bulunan programı yardımı ile step motorlar sürülerek motorun hareketi sağlanmaktadır.

Hareket edebilme kabiliyeti kazanan robot, labirentin duvarlarındaki yansıtıcı yüzeyleri dikkate alarak yönünü tayin edebilmekte ve robotun labirent içindeki hareketleri, kontrol devresindeki PIC16F84'e yüklenen programa göre gerçekleştirilmektedir.

Anahtar kelimeler-Labirent robot PIC16F84 algılayıcı step motor

H.Ekiz. Sakarya Üniversitesi, Adapazarı, Türkiye
A.Çetiner. Tuzla Teknik Lisesi, İstanbul

Abstract- Robots are widely used both in automation systems and in different areas of daily life from day to day. The Control process in Robots is done by means of microprocessors and microcontrollers. In the application of robots, it's preferred to use microcontrollers because it includes the neighbour units.

In this study the details about the design of the walking robots that walks by means of microcontroller and some explanations about this robot is given.

The robot formed by using two step motors and walking with two wheels has been controlled by using PIC16F84 microcontroller. There are 3 basic circuits in this system designed and operated. The first one is PIC16F84 control circuit, the second is the sensor circuit, and the third is the step motor driver circuit with PIC16F84.

The robot finds its way and move according to the information coming from the sensors sensitive to reflective surfaces. The information coming from sensors are interpreted by PIC16F84 microcontroller in control circuit, and step motors are driven with the help of the program in PIC16F84.

The robot that carries out the processes mentioned above becomes able to walk taking into consideration the reflective surfaces in the walls of the labyrinth and the motions of the robot in the labyrinth are enabled according to the program loaded on the PIC16F84 in the control circuit.

Keywords - Labyrinth robot, PIC16F84, sensor, step motor.

I. GİRİŞ

Bir robotun kontrollü olarak hareket edebilmesi, bir mikroişlemci veya mikrodenetleyici ile gerçekleştirilebilir. Mikroişlemci yanında çevre elemanlarının ve diğer temel bileşenlerin mikrodenetleyicilerde bulunması, mikrodenetleyici kullanılarak kontrolü pratik hale getirmektedir. Bu nedenle robot uygulamalarında mikrodenetleyicilerin önemi artmakta, bir çok uygulamada mikroişlemciler yerine mikrodenetleyiciler tercih edilmektedir.

Tasarlanan ve gerçekleştirilen Labirent Robotu'nda kontrol elemanı olarak, PIC16F84 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. PIC16F84 mikrodenetleyici hem robotun kontrolü, hem de step motorların sürülmesi işlemleri için kullanılmaktadır.

Robotun gözleri diyebileceğimiz elemanlar olarak, yansıtıcı yüzeylere duyarlı algılayıcılar (6 adet) kullanılmaktadır. Algılayıcılar yardımı ile yansıtıcı yüzeyden alınan bilgi (beyaz ise lojik 1) PIC16F84 mikrodenetleyicisine gönderilmektedir. Labirentin duvarlarını gözleyen iki adet algılayıcı dış, iki adet algılayıcı iç algılayıcı görevi yapmaktadır. Bir adet algılayıcı önde duvar olup olmadığını kontrol ederken, son algılayıcı duvara tam yanaşmak gerektiğinde kullanılmaktadır.

Labirent robotun ayakları görevini 'sağ motor' ve 'sol motor' olarak isimlendirilen step motorlar yapmaktadır. Algılayıcıların bulunduğu devreden gelen bilgiler doğrultusunda sağ ve sol motorların hareketi kontrol devresindeki mikrodenetleyici tarafından sağlanmaktadır. Bu mikrodenetleyici, "Kontrol mikrodenetleyicisi" olarak isimlendirilmektedir. Kontrol mikrodenetleyicisinin PortB pinleri giriş olarak şekillendirilmekte ve 1-6 nolu pinlere algılayıcı devresinden gelen bilgiler verilmektedir. Kontrol mikrodenetleyicisine yüklenen program, algılayıcıların konumuna göre step motor sürücü devresi için gerekli bilgiyi PortA'dan göndermektedir.

Robotun hareketini sağlayan iki step motorun sürülmesi, step motor sürücü devresindeki PIC16F84 ile yapılmakta ve bu PIC, "Sürücü mikrodenetleyicisi" olarak adlandırılmaktadır. Sürücü mikrodenetleyicisine yüklenen yazılım ile diğer mikrodenetleyiciden gelen bilgilere bağlı olarak step motorlar harekete geçirilmektedir.

Sürücü mikrodenetleyicisinin PortA pinleri giriş olarak kullanılmakta ve kontrol mikrodenetleyicisinden gönderilen verilerin girişi Sürücü mikrodenetleyicisi yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Sürücü mikrodenetleyicisinin PortB pinlerinin ilk 4 biti birinci motor için, ikinci dört biti ise ikinci motor için çıkış

olarak kullanılmaktadır. Böylece her motor için gerekli bitlik veri, PortB'den alınmaktadır.

II. MİKRODENETLEYİCİLER

Mikroişlemci ile birlikte kullanılma gereksinimi bulunan bellek, giriş ve çıkış birimlerinin tek bir entegre içerisinde üretilmesi ile oluşan eleman, 'mikrodenetleyici' (Microcontroller) olarak isimlendirilir. Bilgisayar teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, günümüzde otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax, modem cihazlarında, fotokopi, radyo, TV, oyuncaklar ve sayılamayacak kadar pek çok ev ve ofis cihazlarında kullanılmaktadır[1].

II.1 Mikrodenetleyicilerin Genel Özellikleri

Mikrodenetleyicilerin genel özellikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Programlanabilir dijital paralel giriş/çıkış.
- Programlanabilir analog giriş/çıkış.
- Seri giriş/çıkış (senkron, asenkron ve cihaz denetimi gibi).
- Motor veya servo kontrol için pals sinyali çıkışı.
- Harici giriş vasıtasıyla kesme.
- Zamanlayıcı (Timer) vasıtasıyla kesme.
- Harici bellek arabirimi.
- Harici yol arabirimi (PC ISA gibi).
- Dahili bellek tipi seçenekleri (ROM, EPROM, PROM ve EEPROM).
- Dahili RAM seçeneği.
- Kayan nokta hesaplaması.

II.2 PIC Mikrodenetleyicisinin Genel Özellikleri

Mikrodenetleyicili bir sistemle denetimi gerektiren bir uygulamayı geliştirirken, kullanılacak mikrodenetleyici çeşidine, mikrodenetleyicinin tüm istekleri/ihtiyaçları karşılayabilmesine ve maliyetine göre karar verilir.

PIC mikrodenetleyicisinin üstünlüklerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Yazılımın ücretsiz olarak elde edilebilmesi.
- Çok geniş bir kullanıcı kitlesinin bulunması.
- PIC'lerin kolaylıkla ve ucuz olarak elde edilebilmesi.
- Basit elemanlar kullanarak yapılan donanım programlanabilmesi.
- Çok basit reset, clock sinyali ve güç devreleri gerektirmeleri.

PIC, adını İngilizce'deki "Peripheral Interface Controller" (Çevresel Üniteler Denetleyici Arabirimi) cümlesindeki kelimelerin baş harflerinden almış olan bir mikrodenetleyicidir. PIC gerçekten de çevresel üniteler olarak değerlendirilen lamba, motor, röle, ısı ve ses

algılayıcısı v.b. G/Ç elemanların denetimini çok hızlı olarak yapabilecek şekilde dizayn edilmiş bir elemandır. RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisi ile üretilmeleri nedeni ile PIC'i programlamak için kullanılacak olan komutlar oldukça basit ve sayı olarak da azdır. 1980'lerin başından itibaren uygulanan bir tasarım yöntemi olan RISC mimarisindeki temel düşünce, daha basit ve daha az komut kullanılmasıdır. Bu yaklaşım ile üretilen PIC16F84 mikrodenetleyicisi toplam 35 komut kullanılarak programlanabilmektedir.

II.3 PIC16F84A Mikrodenetleyicisinin Özellikleri

PIC16F84 (veya PIC16F84A) mikrodenetleyicisinin yaygın olarak kullanılmasının en önemli nedeni; 'flash' teknolojisi ile üretilen program belleğine sahip olmasıdır.

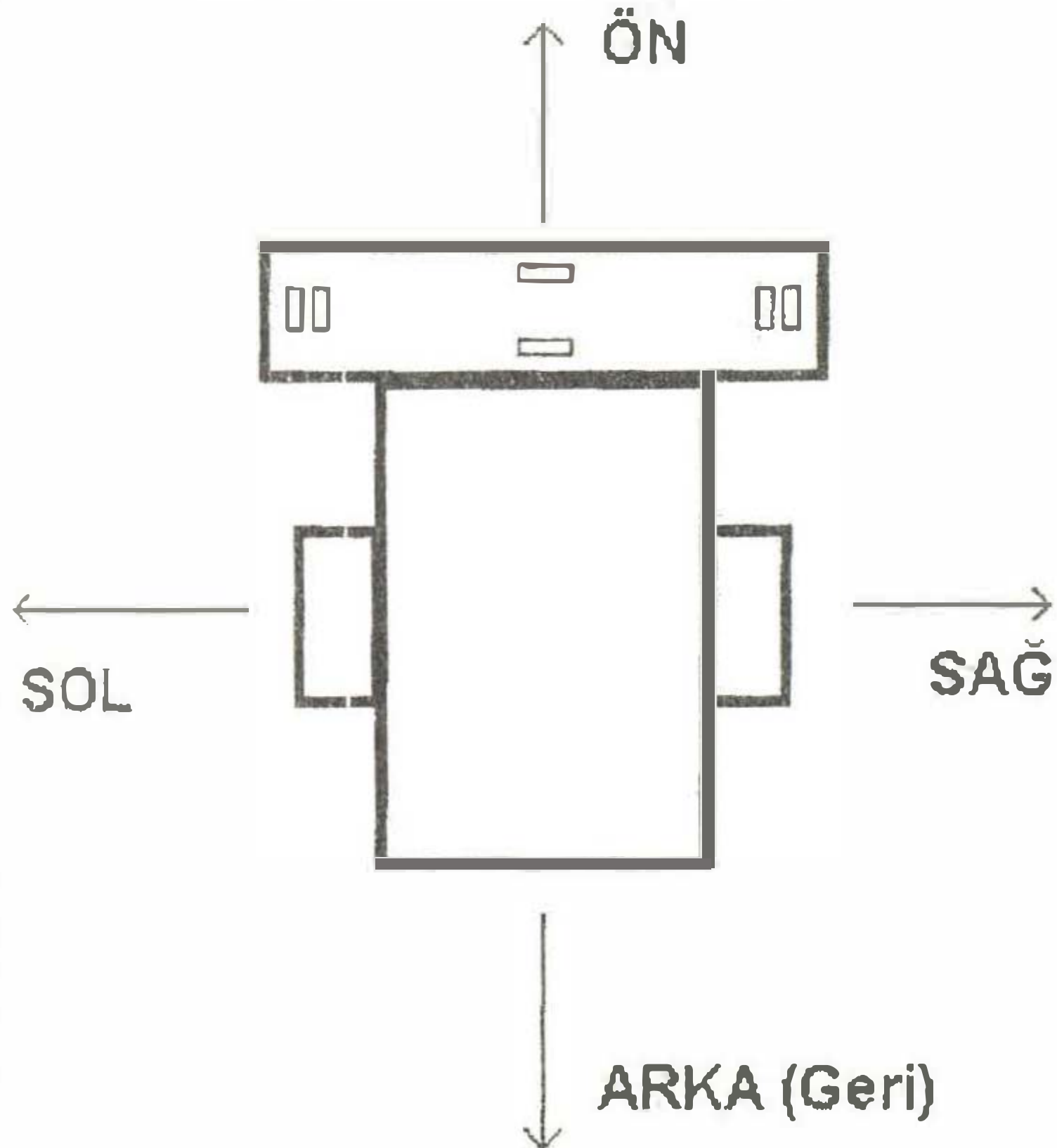
'Flash' teknolojisi ile üretilen bir belleğe yüklenen program, entegreye uygulanan enerji kesilse dahi silinmemekte ve isteğe göre belleğe yeniden bilgi yazılabilmektedir. 'Flash' bellekler bu özellikleri ile EEPROM bellekler ile aynı özelliklere sahiptir. Bu özelliği ile PIC16F84 mikrodenetleyicisi, defalarca program yazılıp silinebilme özelliğine sahip olmaktadır.

III. ROBOT TASARIMI VE UYGULAMASI

Yapılan çalışma kapsamında, ilk aşama olarak robotun tasarımı yapılmış ve ikinci aşamada tasarlanan robotun gerçekleştirilmesi yapılmıştır.

III.1 Robot Tasarımı

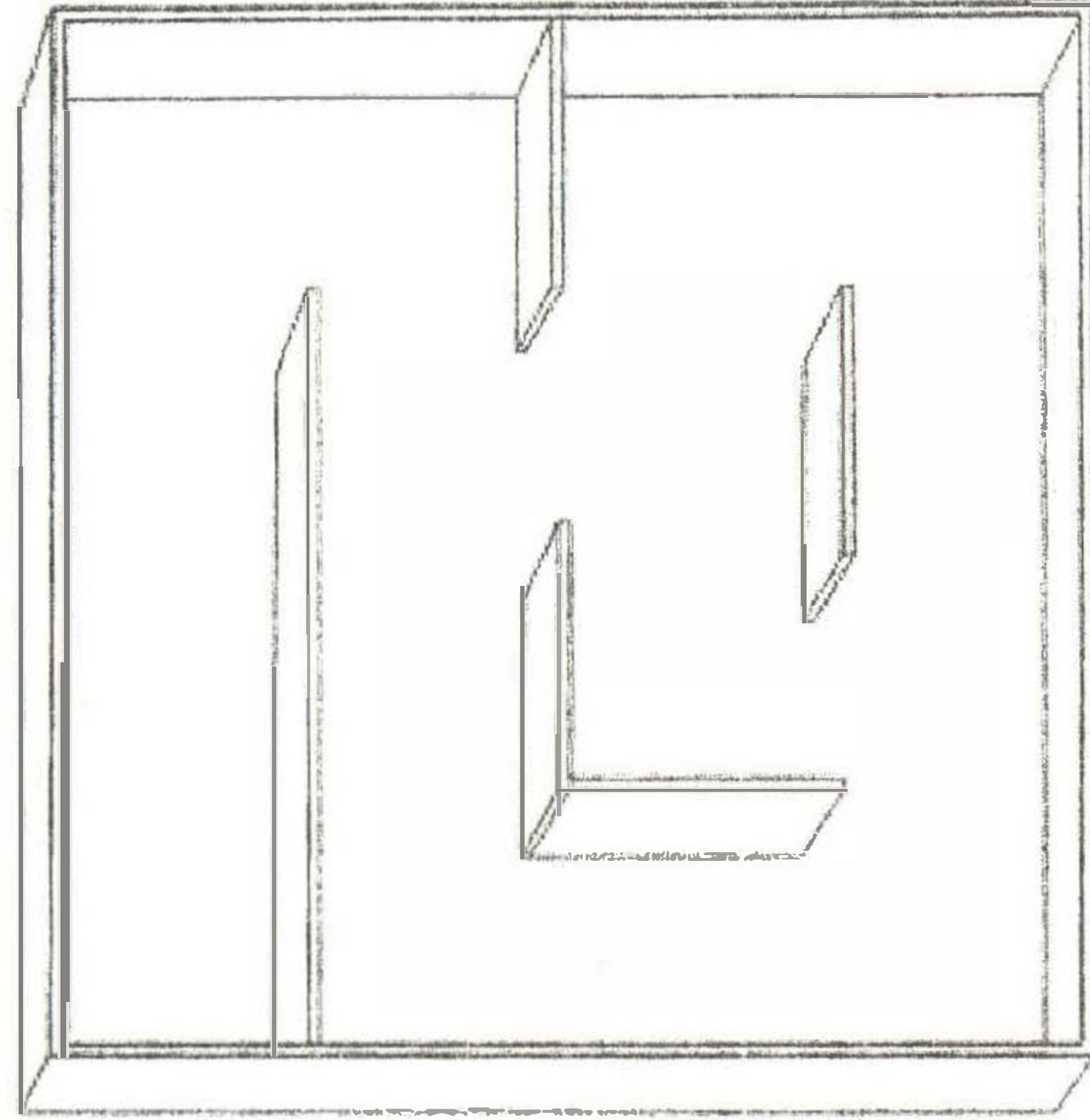
Tasarımı ve uygulaması yapılan Labirent Robot'ta hareket step motor kullanılarak sağlanmaktadır.



Şekil 1. Tasarlanan Labirent Robot'un genel görünüşü ve yönleri

Tasarlanan robot modelinde; iki adet step motor kullanılmış ve iki motora bağlanan tekerlekler ile dengenin sağlanması yeterli olmadığından, denge için ön ve arkaya bilyeler yerleştirilmiştir. Bu modelde robot sağ ve sol motorlar yardımıyla ileri, geri, sağa ve sola hareket edebilmektedir(Şekil 1). Dengenin sağlanması için, tekerleklerin ve bilyelerin konumunun uygun pozisyona ayarlanması gerekmektedir.

III.2 Labirentin Yapımı



Şekil 3. Labirent şekli

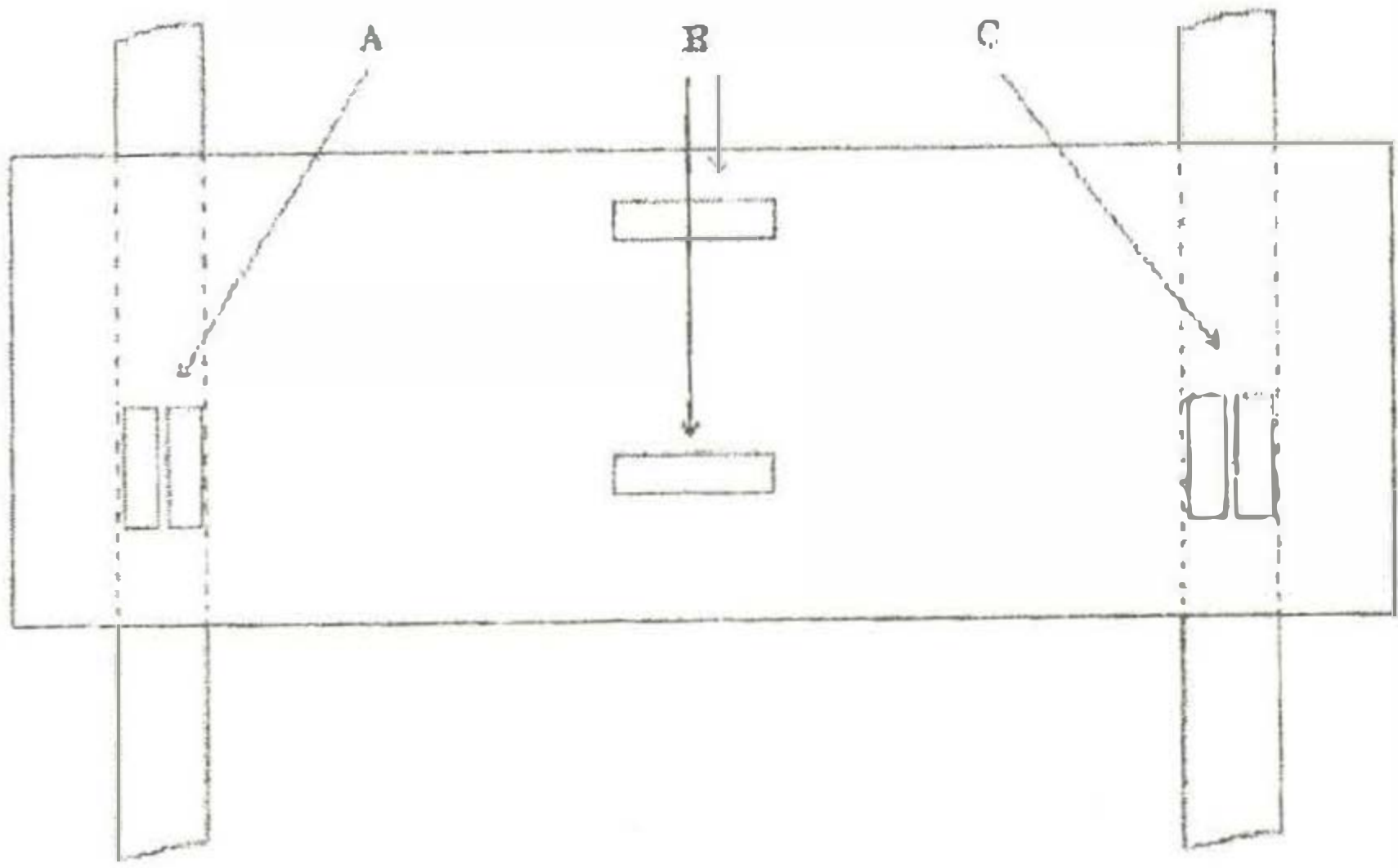
Robotun yürüyeceği labirent Şekil 3'de görüldüğü gibi tahta malzeme kullanılarak yapılmıştır. Labirentin zeminini ışığı yansıtmayan mat ve kaygan olmayan malzeme ile kaplanmış ve duvarların üst yüzeyi ışığı yansıtan bir renk ile (beyaz) boyanmıştır.

III.3 Algılayıcı (Sensör) Devresi

Robotların hareket edebilmesi ve yolunu düzgün olarak bulabilmesi için bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden birisi; ışık gönderme ve çarptığı yüzeyde yansıyan ışığı alma yöntemidir. Bu yöntemde algılayıcı olarak kullanılan verici ve alıcılar aynı eleman üzerindedir.

Algılayıcı devrede bulunan LED'e gerilim uygulandığında LED ışık (enfraruj) yayar. Eğer labirentin duvarları üzerinden yansıma olursa, algılayıcı üzerindeki ışığa duyarlı transistör bu ışığı alır ve durumunda değişme meydana getirir. Bu algılayıcı devresini yerleştirirken, alıcı-verici algılayıcıların yüzey ile mesafelerini uygun olarak ayarlamak gereklidir.

Tasarlanan sistemde, algılayıcı devresi üç kısımdan oluşmaktadır: Sağ taraf kontrolü, sol taraf kontrolü ve ön taraf kontrolü için kullanılan algılayıcı devreler. Algılayıcılar robotun düzgün hareket etmesini sağlamak amacıyla Şekil 4'deki gibi yerleştirilmiştir.

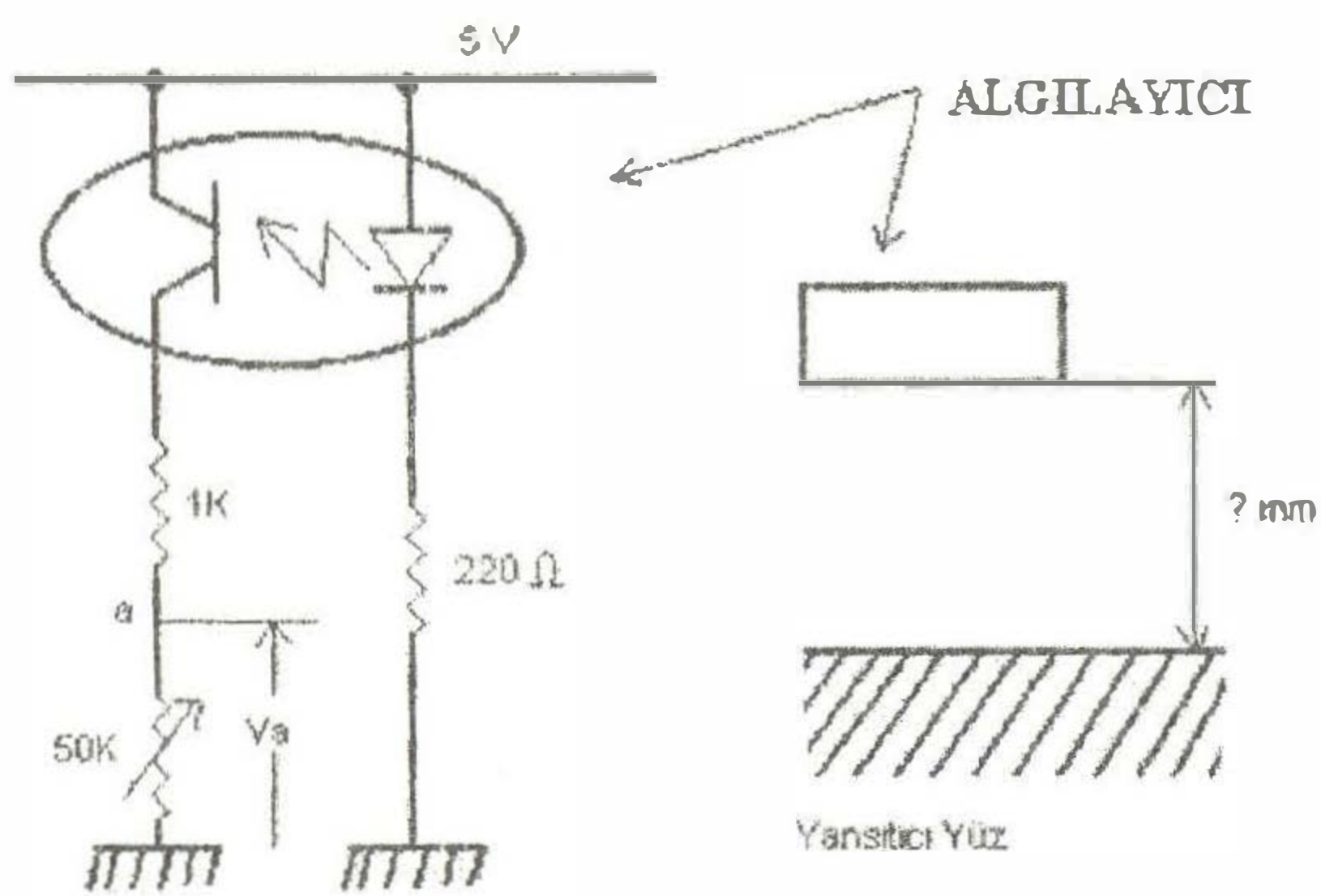


Şekil 4. Algılayıcıların robot üzerindeki konumları.

Algılayıcı kısmı duvarların üstünü hissedecek şekilde tasarlanmıştır. Robotun sağında ve solunda duvarın mesafesi olup Şekil 4'deki A ve C algılayıcılarıyla kontrol edilirken, B algılayıcıları ile robotun önünde duvarın durumu kontrol edilmektedir. Robotun yol üzerindeki pozisyonu A ve C algılayıcıları ile belirlenmektedir[3].

III.4 Algılayıcı Devresinin Tasarımı

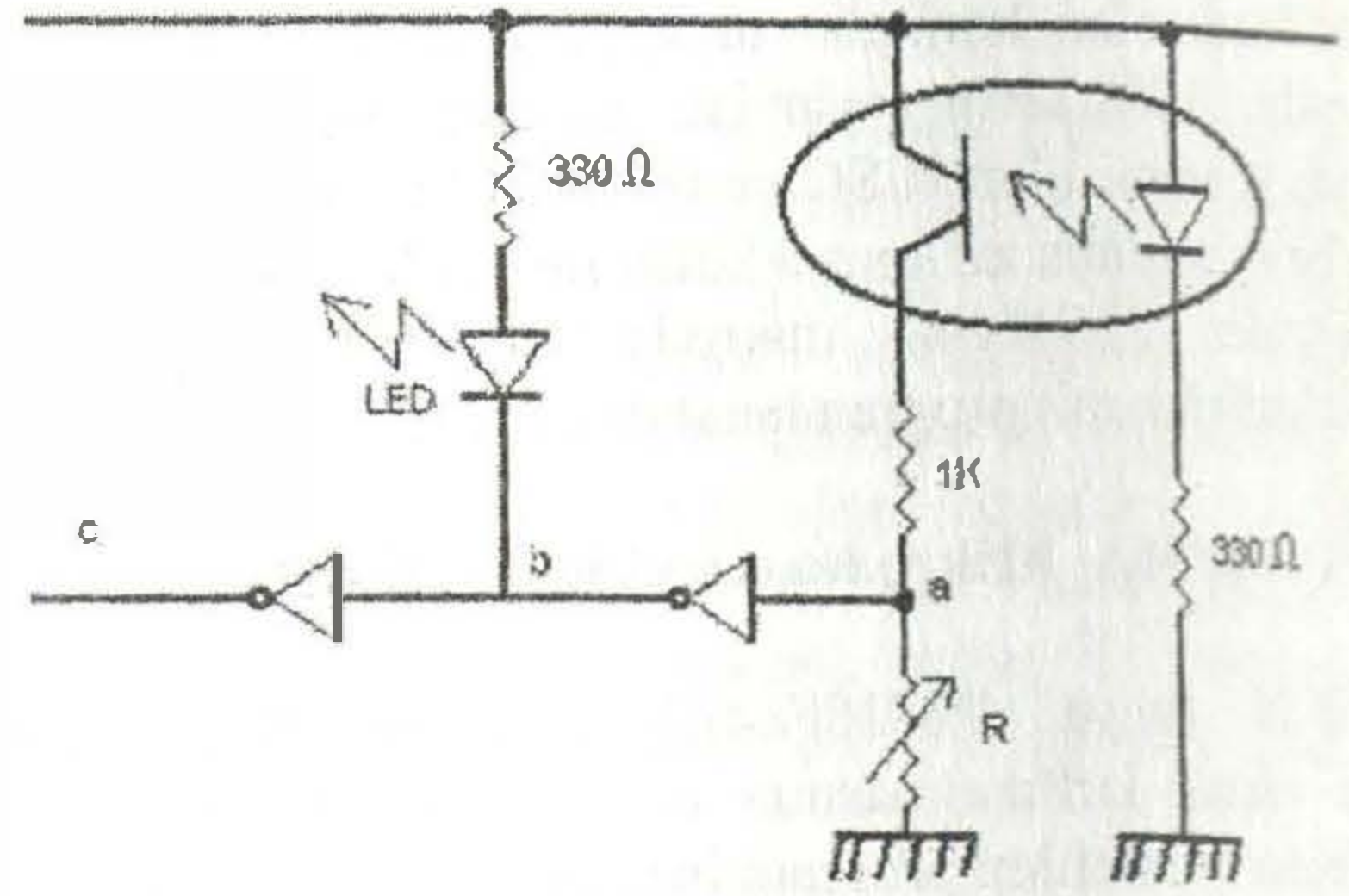
Tasarlanan devrede kullanılan algılayıcılar iki kısımdan oluşur: Işık yayan ve yayılan ışığın yansımalarını hisseden kısımlar. Işık yayıcı devre sürekli ışık yaymakta ve yayılan ışık alıcı kısmıyla takip edilmektedir. Alıcı tarafından hissedilen yansıma sinyalleri mikrodenetleyiciye iletilmektedir. Yansıyan ışınların mikrodenetleyiciye düzgün olarak iletilmesi ve algılayıcı çıkışındaki sinyalin yeterli seviyeye yükseltilmesi için mikrodenetleyici ile algılayıcılar arasında sürücü devre bulunmaktadır(Şekil 5).



Şekil 5. Mesafe ölçümü devresi

Sürücü devre olarak kullanılan 'Schmitt tetik' devresi yardımı ile algılayıcı çıkışındaki sinyaller düzgün kare dalga sinyaller şekline dönüştürülmektedir[3]. Şekil 6'da devresi verilen 'schmitt tetik' devresine bir led bağlanarak algılayıcı devresinin durumunun kontrol edilebilmesi mümkün olmaktadır. Devrenin bu şekilde düzenlenmesi

ve LED'lerin Robot üzerine yerleştirilmesi ile algılayıcılardaki bilgilerin görüntülenmesi sağlanacaktır.



Şekil 6. Algılayıcı devre

III.5 Adım Motor Kontrolü İşlemi

Adım kontrollü motorlar (step motorlar) lojik işaretleri (0 ve 1) harekete çeviren aygıtlardır. Genellikle bilgisayar kontrollü hassas ve kesin hareket denetimi gerektiren yazıcılar, otomatik parça işleme tezgahları, disket sürücüler, v.b. uygulamalarda yaygın olarak kullanılırlar.

Adım kontrollü motorları döndürebilmek için belirli bir sıra dahilinde akım darbeleri (lojik 0 ve 1 değerleri) vermek gerekir. Bu darbelerin sırası ve verilme sıklığı step motorun hızını ve dönme yönünü belirler. Her bir darbe geldiğinde step motor sabit bir açı kadar hareket eder. Bu açı 1.8 ile 7.5 derece arasında olabilir ve motor tipine göre farklılık gösterir[4].

Step Motorlar manyetik alanların karşılıklı etkileşimi (itme-çekme) prensibiyle çalışırlar. Sürücü durumdaki manyetik alan stratejik olarak yerleştirilmiş bobin gruplarının enerjilendirilip ardından enerjinin kesilmesi yoluyla döner[4]. Bu dönen manyetik alan step motorun sabit mıknatıslı mil rotorunu beraber çekerek döndürür ve hareket oluşur.

Tablo 1. Step motor adım bilgileri

BOBİN	ADIM SAYISI				
	1	2	3	4	5
Bobin 1	1	1	0	0	1
Bobin 2	0	0	1	1	0
Bobin 3	1	0	0	1	1
Bobin 4	0	1	1	0	0

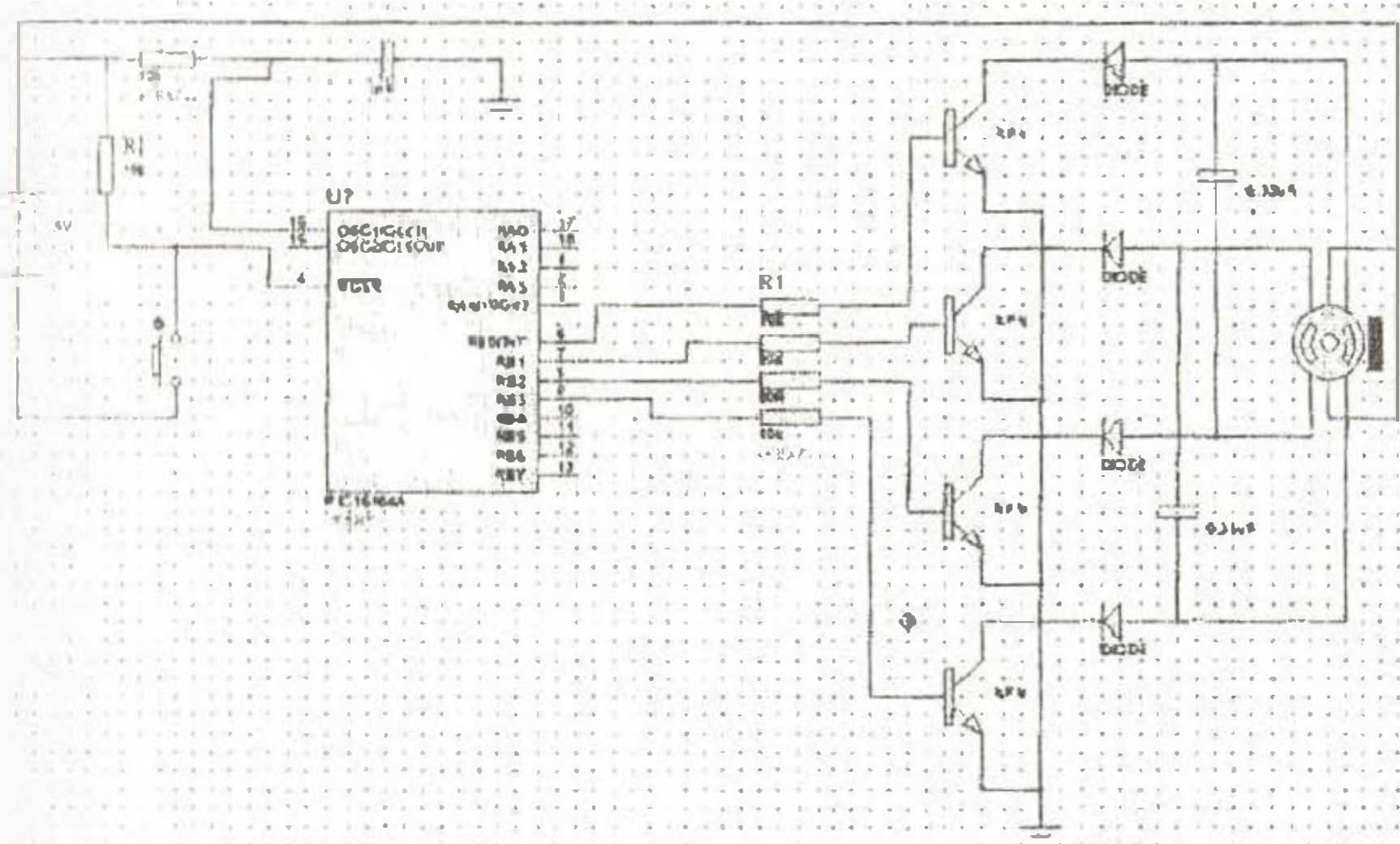
Step motorun bobin enerjilendirme sırası Tablo 1'deki gibi olabilir. Tablo 1'deki darbe sıralaması yukarıdan aşağı doğru uygulanırsa motor ileri doğru dönerken,

aşağıdan yukarı doğru uygulanması durumunda motor ters yönde dönmeye başlar. Uygulanan darbelerin '0' ve '1' süreleri ise motorun dönme hızını belirler. Darbe uygulaması kesilir veya en son uygulanan darbe korunursa motor fren yapar ve konumunu korur. Bu fren özelliği step motorların DC motorlara göre en önemli avantajıdır.

Birçok mikroişlemci, step motor kontrolünde her bir adım için 4 bitlik adım bilgisi üretir. Bu bitler step motor bobinlerini süren transistörlere uygulanır ve bu şekilde step motorun bobinlerinin enerjisi kontrol edilir.

III.6 Step Motor Sürücü Devresi

Sürücü devresi olarak kullanılan PIC16F84 mikrodenetleyicisindeki B portunda bulunan B0-B3 pinleri, 1. step motorun kontrolü için kullanılmaktadır (Şekil 7). Portta bulunan B4-B7 pinleri ise 2. step motoru kontrol etmektedir. Step motorların yüksek akım çekmeleri nedeni ile, mikrodenetleyici çıkış portunda elde edilen bilgi step motorlara transistörler üzerinden yapılmaktadır. Transistör olarak NPN tipi transistör kullanılması nedeni ile step motorun ortak bobin uçları +5V'a bağlanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Step motor sürücü devresi açık şeması.

III.7 Labirent Robot Hareket Şekilleri

Tasarlanan robotun 6 farklı hareket şekli bulunmaktadır (Şekil 8). Bu hareket şekilleri, robotun labirent içinde uygun yönlere dönebilmesini ve ilerlemesini sağlamaktadır. Şekil 8'deki 1 ve 2 nolu hareket şekli, step motorların aynı yönde dönmesi ile gerçekleşmektedir.

Tasarlanan robotun sola ve sağa dönüşü step motorlardan birinin durması ve diğerinin dönmesi (yarım tur) ile gerçekleşmekte, bu dönüş Şekil 8'deki 3 ve 4 nolu hareket şekillerinde görülmektedir. Labirent içerisindeki manevra alanının dar olması nedeni ile, Robot'un bu şekilde dönüş yapması tercih edilmemektedir. Bunun

yerine robotun kendi eksenini etrafında dönmesi tercih edilmektedir.

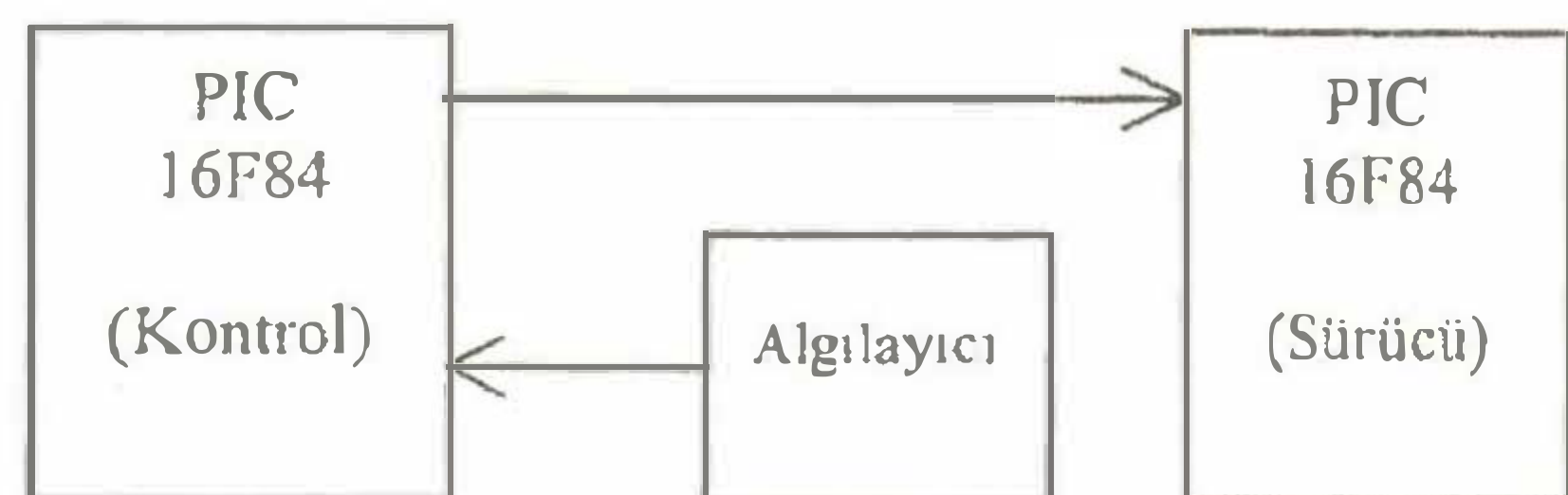
Labirent Robot'un kendi eksenini etrafında dönmesi (tam tur), her iki step motorun farklı yönde dönmesi ile mümkün olmaktadır. Şekil 8'deki 5 ve 6 nolu hareket şekillerinde tam tur dönüş görülmektedir.

Tablo 2. Robotun hareket bilgileri

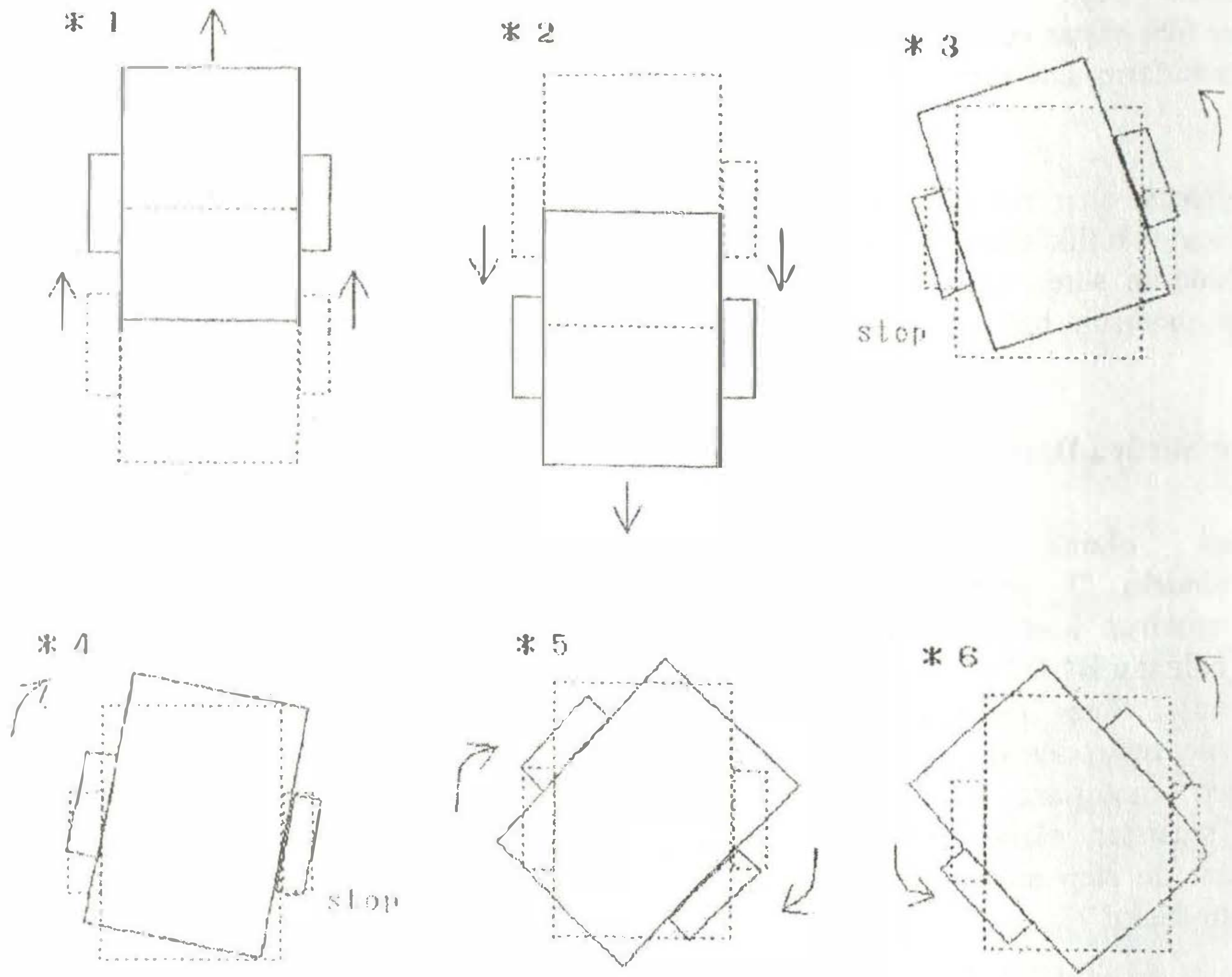
GİRİŞ BİLGİLERİ				HAREKET ŞEKLİ
A3	A2	A1	A0	
0	0	0	0	Sola dön (Duvar ara)
0	0	0	1	Sağa 90° dön
0	0	1	0	Sola 90° dön
0	0	1	1	İleri hareket (devam et)
0	1	0	0	Tam tur geri dön (Sağa 180°)
0	1	0	1	İki adım sağa düzelt
0	1	1	0	İki adım sola düzelt
0	1	1	1	10 adım geri git
1	0	0	0	İleri hareket (yavaş)

III.8 Robot Kontrol Devresi

Algılayıcılardan gelen bilgilerin değerlendirilip, sürücü devreye gerekli sinyallerin verildiği mikro denetleyici devresi, kontrol bölümünü oluşturmaktadır. Robotun bütün gözlem ve hareketleri kontrol bölümü tarafından yönetilmektedir. Kontrol devresinde mikrodenetleyici olarak PIC16F84A kullanılmıştır. Kontrol devresinde bulunan 6 adet algılayıcı mikrodenetleyicinin gözleri olarak kullanılırken, robotun ayaklarını step motorlar oluşturmaktadır.



Şekil 9. Labirent robot devresi blok şeması.



Şekil 8. Labirent Robotun Yönleri.

Algılayıcılardan gelen bilgiler kontrol PIC16F84 mikrodenetleyicisinin B1-B6 nolu pinlerine uygulanmaktadır. Sürücü mikrodenetleyicisi olarak kullanılan PIC16F84, ise Kontrol mikrodenetleyicisinden aldığı bilgilere göre step motorları hareket ettirmektedir (Şekil 9).

IV. PROGRAM YAZILIMI

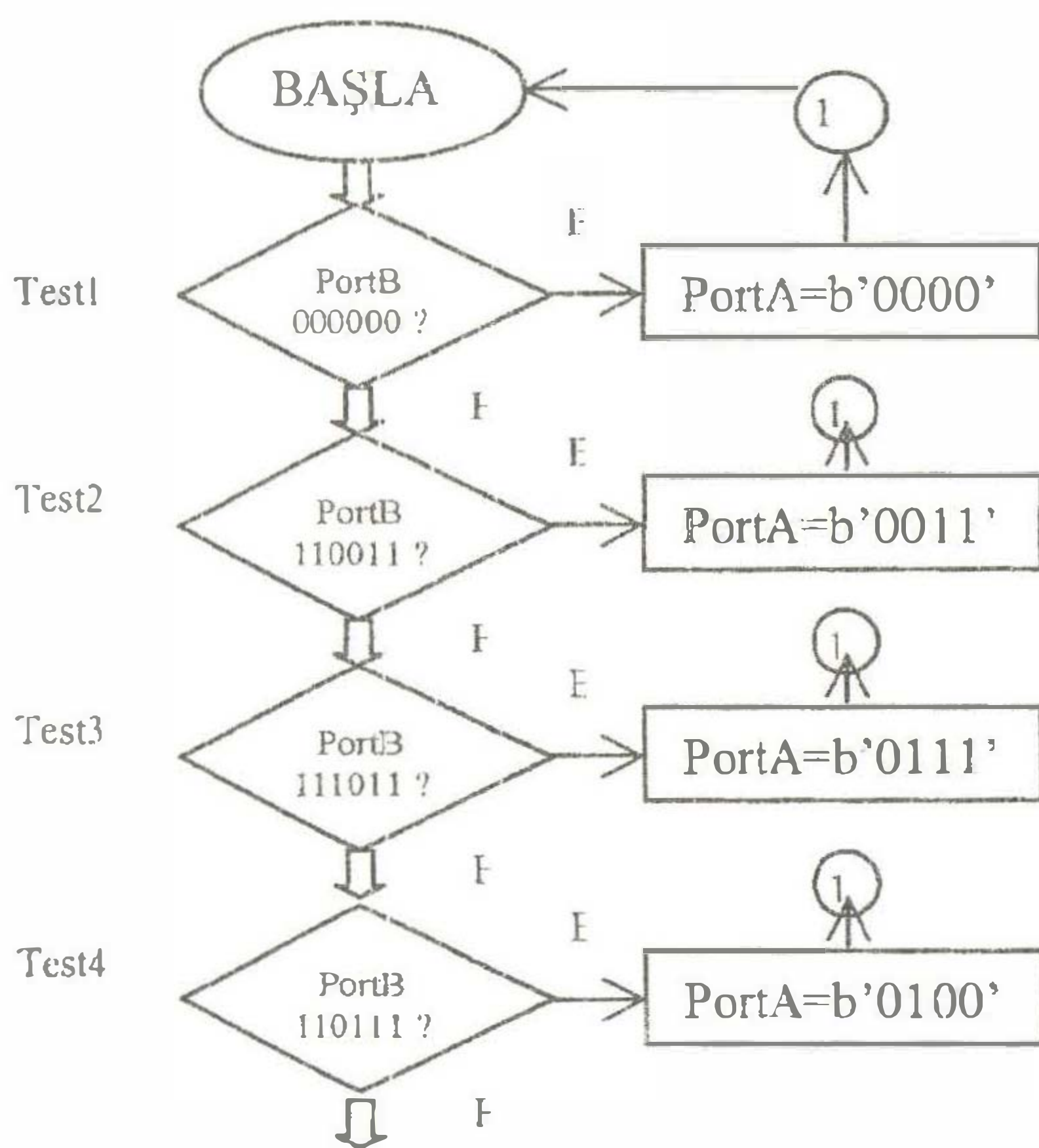
Tasarımı ve uygulaması yapılan Labirent Robotunda iki ayrı yazılım geliştirilmiştir: Kontrol mikrodenetleyicisi algılayıcıların durumunu kontrol eden ve sürücü mikrodenetleyicisine gerekli bilgileri gönderen kontrol mikrodenetleyicisi programı ve kontrol mikrodenetleyicisinden aldığı bilgileri yorumlayarak motorları hareketini sağlayan sürücü mikrodenetleyicisi programı.

IV.1 Kontrol Mikrodenetleyicisi Programı

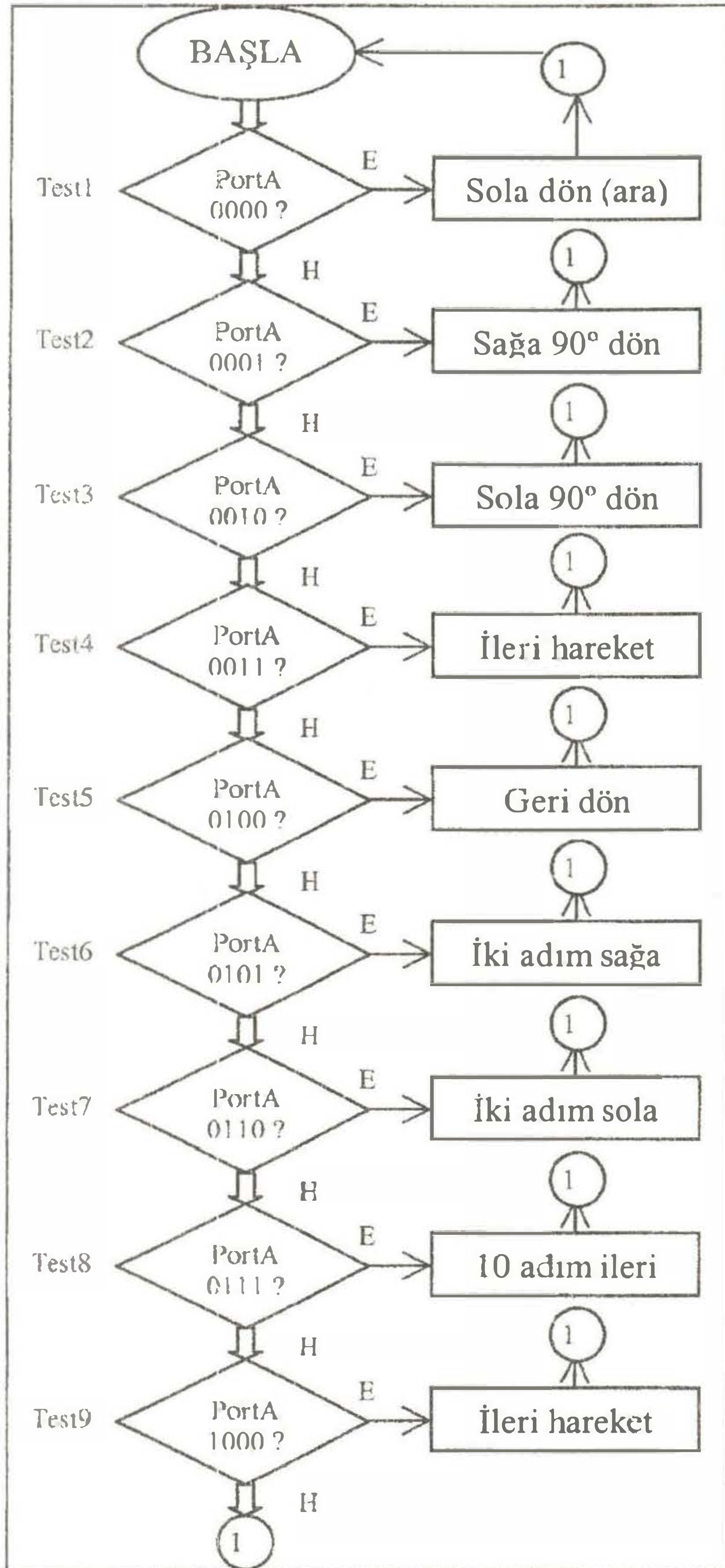
Genel akış şemasının başlangıç bölümü Şekil 10'da görülen kontrol mikrodenetleyicisi programında 26 ayrı durumu sorgulayan test bölümleri bulunmaktadır. Testlerin her biri algılayıcıların durumunu kontrol etmekte ve algılayıcılar bulunduğu duruma göre mikrodenetleyiciye gerekli bilgiyi göndermektedir.

IV.2 Sürücü Mikrodenetleyicisi Programı

Kontrol mikrodenetleyicisinden gelen bilgilere göre sürücü mikrodenetleyicisi step motorları sürmektedir. Sürücü mikrodenetleyicisi programının yazılması için yapılan genel akış şeması Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 10. Kontrol mikrodenetleyicisi program bölümünün akış şeması



Şekil 11. Sürücü mikrodeneleyicisi programı genel akış şeması

Tablo 3. Step motor tam ve yarım adım bilgileri

Adım	Yarım adım bilgisi	Tam adım bilgisi
1	0001	0001
2	0011	0010
3	0010	0100
4	0110	1000
5	0100	
6	1100	
7	1000	
8	1001	

Sürücü mikrodeneleyicisindeki programın en önemli kısmını step motorları çalıştırma şekli oluşturmaktadır. Step motoru “tam adım”-“yarım adım” gibi farklı sürme

yöntemleri (Tablo 3) kullanılabileceği için, bit kaydırma işlemi RRF-RLF komutlarıyla kullanılmış, her bir adım için gerekli veriler ayrı ayrı gönderilmiştir.

Step motorların yarım adım bilgileri ile sürülmesi hassasiyeti artırmaktadır. Tam adım bilgileri ile step motorlar sürüldüğünde, hızlı ve sarsıntılı çalışan bir robot ortaya çıkmaktadır.

Step motora gönderilen her bilginin ardından bir gecikme sağlanmakta, gecikme alt programının sağladığı gecikme süresi motorların hızını belirlemektedir.

V. SONUÇ

Yapılan çalışmada, Labirent Robotu tasarımı ve uygulaması yapılarak, robotun yapım aşamaları, basitten karmaşığa doğru tek tek işlenmiş, ortaya akıllı bir robot çıkmıştır. Robotun labirent içinde bilinçli olarak yürümesi, duvarları dikkate alması ve yazılan programa uygun hareket etmesi, çalışmanın başarı ile sonuçlandığının göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Tasarlanan ve uygulaması yapılan Labirent Robotu, step motorlar ve mikrodeneleyiciler ile ilgili çalışmalara güzel bir örnek teşkil etmektedir. Yapılan uygulamanın mikrodeneleyici kullanılarak gerçekleştirilmesi, mikroişlemci teknolojisine göre daha az sayıda komut ile daha çok işlevleri gerçekleştirebilmesine olanak tanımakta ve maliyetin daha düşük olmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- [1]. ALTINBAŞAK, O., Mikrodeneleyiciler ve PIC Programlama, Eylül 2000, İstanbul
- [2]. ALTINBAŞAK, O., PIC Basic Pro ile PIC Programlama, Eylül 2002, İstanbul
- [3]. AYDINYÜZ, M. E. - TAŞÇI, S. Z., Proje Atölyesi -- JICA, 1992, İstanbul
- [4]. ÇETİN, K., Endüstriyel Elektronik ve Uygulama Devreleri, Birsen Yayınevi, 1999, İzmir
- [5]. DİNÇER, G., PIC Microcontroler Uygulamaları Devreleri
- [6]. KARAKAŞ, H., İleri PIC16F84 Uygulamaları-1, Eylül 2002, Tuzla
- [7]. GARDNER, N. PIC Programlama El Kitabı, Ç: C.Yalçın
- [8]. ÖZKAN, T., Mikro İşlemciler, Mikro Bilgisayarlar, 1993
- [9]. TAŞÇI, S. Z., Sistem Tasarımı ve Kontrol, 1992, Tuzla
- [10]. TURGUTLU, H. F., PIC Mikrodeneleyicisi Kullanarak Deneysel Bir End. Sis. Kont. Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Mart 2002