



Gömülü Sistem Tabanlı Çim Biçme Robotu Tasarımı

Design of Embedded System Based Lawn Mower Robot

Arif Emre CEYLAN¹, Selami BALCI², Kadir SABANCI^{2*}

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu
Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

(Alındı: 17 Ağustos 2020; Kabul edildi: 24 Kasım 2020)

Özet. Bu çalışmada, park ve bahçelerdeki çimleri biçmek için yüksek verimli, düşük maliyetli, kompakt ve otonom olarak hareket edebilen bir çim biçme makinesi robotu tasarlanmıştır. Geliştirilen robotun kontrolünde Arduino Nano kartı kullanılmıştır ve ön kısmına yerleştirilen ultrasonik mesafe sensör ile engeller algılanarak yön değiştirmesi sağlanmıştır. Ayrıca, enerji ihtiyacı için güneş enerjisinden faydalanılmıştır ve lityum-ion pillerin şarj olabilmesi için üst kısmına güneş paneli monte edilmiştir. Güç sistemindeki OLED monitör sayesinde pillerin durumu, şarj seviyesi gibi bilgiler kullanıcıya aktarılabilir.

Anahtar Kelimeler: Çim biçme robotu, Gömülü sistem, Otonom, Sensör.

Abstract. In this study, a high efficient, low cost, compact and autonomously movable lawn mower robot is designed to mow lawns in parks and gardens. Arduino Nanoboard is used in the control of the developed robot, and obstacles are detected with the ultrasonic distance sensor placed on the front of the robot and its direction is changed. In addition, solar energy has been used for energy needs and a solar panel is mounted on the top of the lithium-ion batteries to be charged. Thanks to the OLED monitor in

the power system, information such as battery status and charge level can be transferred to the user.

Key words: Lawn mower robot, Embedded system, Autonomous, Sensor.

1. Giriş

Çim biçme işlemi bir el aleti kullanarak çok fazla enerji gerektirdiğinden dolayı genel olarak yorucu bir iştir. Bu zorluk kesme işlemini kolaylaştıran basit makinelerin geliştirilmesine yol açmıştır [1]. Çim biçme makinesi, çimlerin dik bir şekilde kesilmesine yardımcı olur. Böylece, insanlar bahçelerini ve çimlerini sorunsuz bir şekilde güzelleştirebilir ve bu türdeki rutin işleri daha kolay bir şekilde yapabilirler [2]. Son yıllarda, sensör teknolojisinin gelişmesiyle birlikte otonom hareket edebilen çim biçme robotlar üzerine çalışmalar başlamıştır. Bir çim biçme robotu, özel bir bahçede veya halka açık bir parkta olduğu gibi düzgün bir şekilde peyzaj olması gereken çimleri kesmek için kullanılan otonom bir makinedir [3]. Çim biçme robotlarında, çevresindeki çalışma alanını tanımak üzere geri bildirim alabilmek için çeşitli sensörler kullanılmaktadır [4].

Literatür incelendiğinde, çim biçme robotları üzerine birçok araştırmacı tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu konuda yapılan bir çalışmada, Atmega 328p mikrodenetleyici kontrollü bir çim biçme robotu tasarlanmış ve çimin yüksekliğini hassas bir şekilde kesebilmek amacıyla engebeli bir arazide kesme aparatını yere paralel hale getirebilmek için çift eksenli bir ivmeölçer mekanizması kullanılmıştır. Böylece, bıçağın aynı mesafede zemine paralel olması sağlanarak kesme işlemi başarı ile yapılmıştır [5]. Arduino Uno tabanlı Bluetooth ve WIFI kontrollü olarak tasarlanan bir çim biçme robotunun uzaktan kontrolü için MIT App Inventor ile yapılan bir uygulama kullanılmış ve güç sistemi için seri bağlanmış iki adet 12 Volt 7 Amper şarj edilebilir kurşun asit pil tercih edilmiştir. Gömülü sistem tabanlı tasarlanan bu robot yaklaşık iki saat boyunca sürekli çalışmada 30x20 m² lik alandaki çimleri biçebilmektedir [6]. Arduino Uno ile kontrol edilen başka bir çalışmada ise güneş enerjisi ile beslenen bir çim biçme robotu tasarlanmıştır. Bu robotun algoritmasında, çim biçilecek alanın uzunluğu ve genişliği kullanıcı tarafından sisteme tanımlandıktan sonra robotun hareketi mikrodenetleyici tarafından otonom olarak kontrol edilmektedir [7]. Hashiyana ve ark. (2020) tasarladıkları çim biçme robotunun kontrolü için HC-05 Bluetooth modülü ile iletişim için MIT App Inventor ile bir Android uygulaması geliştirmişlerdir. Robotun kontrol

ünitesinde ise Arduino Uno mikrodenetleyici kartını kullanmışlardır. Geliştirdikleri otonom çim biçme robotu tanımlanan görevlerini başarı ile yürütmüştür [8].

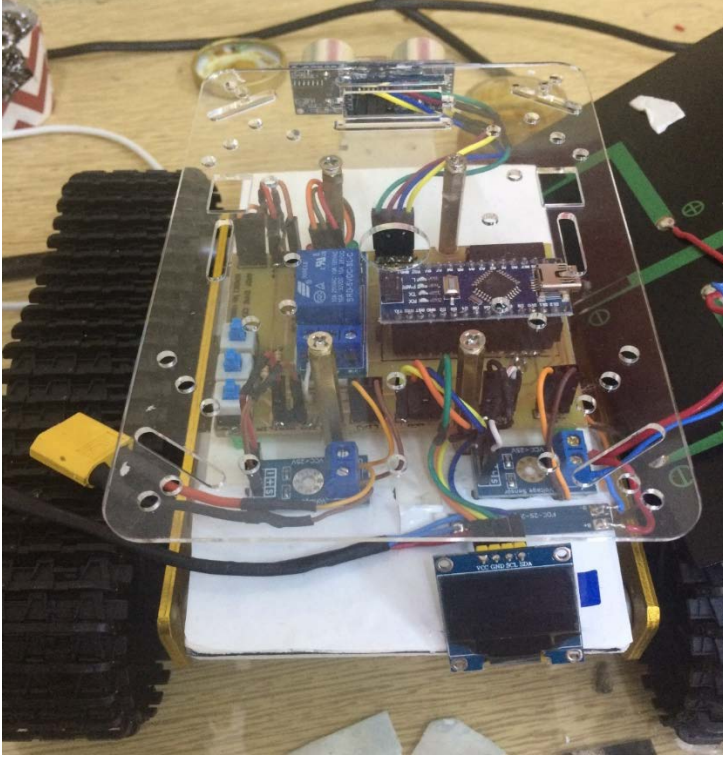
Bu çalışmada, engebeli arazide rahatlıkla çalışabilen paletli, otonom, Arduino Nano kontrollü ve güneş enerjisiyle beslenen bir çim biçme robotu geliştirilmiştir. Robotun ön tarafına yerleştirilen ultrasonik mesafe sensörü sayesinde hareketine kendisi karar verebilmektedir. Böylece, yeni nesil sensör teknolojisi ile donatılmış gömülü sistem tabanlı bir otonom çim biçme robotu tasarlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

Geliştirilen otonom çim biçme robotunun tasarım aşamaları bu bölümde ele alınmıştır. Robotun mekanik ve elektronik sistemleri ile kullanılan malzemeler ayrıntılı olarak verilmektedir. Ayrıca, gömülü sistem mimarisi ve otonom hareket için yapılan çalışmalar açıklanmıştır.

2.1. Çim biçme robotunun şasesi

Çim biçme robotunun gövdesi için TP100 paletli tank şasesi kullanılmıştır (Şekil 1). Şase malzeme olarak alüminyum alaşımdan, tekerlekleri ise plastik malzemeden yapılmıştır. Şasenin yaklaşık ağırlığı 650 gram ve boyutları 185x200x60 mm' dir. Robot üzerinde iki adet 25 mm, 9 V DC Motor bulunmaktadır.



Şekil 1. TP100 paletli tank şasesi

2.2. Arduino nano

Arduino, açık kaynak kodlu yazılım ve donanıma sahip bir geliştirme kartıdır [9]. Ayrıca, yeni başlayanlar için kullanım kolaylığı açısından diğer platformlara göre avantajlara sahiptir ve programlama için özel bir donanıma da ihtiyaç duyulmamaktadır [10]. Bu çalışmada, geliştirilen çim biçme robotunun elektrik motorlarını kontrol etmek ve ultrasonik mesafe sensöründen alınan bilgiye göre robotu yönlendirmek için Arduino Nano kullanılmıştır (Şekil 2). Arduino Nano, Arduino Uno ile hemen hemen aynı özelliklere ve bağlantılara sahiptir [11]. Arduino Nano' ya ait teknik özellikler Tablo 1' de verilmiştir.



Şekil 2. Arduino nano kartı

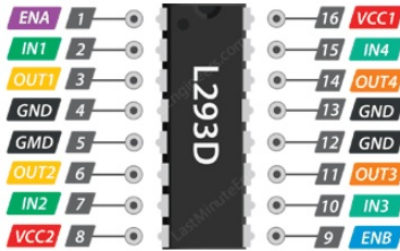
Tablo 1.

Arduino Nano' ya ait teknik özellikler [12]

Mikrodenetleyici	Atmega328
Çalışma Gerilimi	5V
Flash Bellek	32 KB, 2 KB si bootloader tarafından kullanılıyor.
SRAM	2 KB
Analog Giriş Pinleri	8
EEPROM	1 KB
Giriş/Çıkış Pinlerinin Akımı	40 mA
Giriş gerilimi	7- 12 V
Dijital Giriş / Çıkış Pinleri	14 (6 tanesi PWM)
Saat Frekansı	16 Mhz

2.3. Motor sürücüsü

L293D motor sürücüsü robotun hareket etmesini sağlayan DC motorların hız ve yön kontrolü için kullanılmıştır. DC motorların hız kontrolü motor girişlerine uygulanan gerilim genlik değerlerini değiştirerek yapılmaktadır. Giriş gerilim değerlerinin değiştirilmesinde kullanılan yaygın bir yöntem PWM (Darbe genişlik modülasyonu) yöntemidir [13]. L293D motor sürücüsüne ait pin konfigürasyonu Şekil 3' te verilmiştir. Böylece, ENA-ENB Arduino Nano geliştirme kartının D6 ve D9 PWM özellikli pinleri ile bağlantı yapılarak robotu tahrik eden motorların hız kontrolü yapılmıştır.

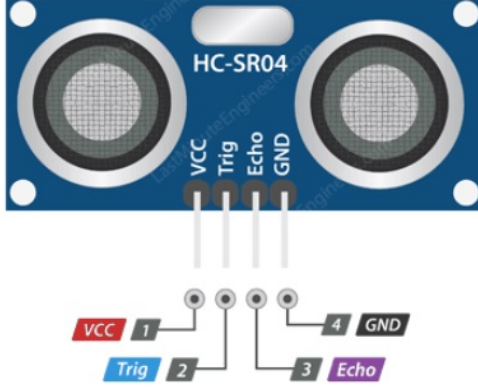


Şekil 3. L293D pin konfigürasyonu

2.4. HC-SR04 Ultrasonik mesafe sensörü

Arduino geliştirme kartı ile tasarlanan otonom çim biçme robotunda çimlerin biçilmesi esnasında önüne bir engel çıkması durumunda bulunduğu konumunu değiştirebilmesi için bir adet HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü kullanılmıştır (Şekil 4). Sensörün trig pininden uygulanan sinyal ile 40 kHz frekans değerinde ultrasonik bir ses dalgası üretilir. Bu ses dalgası herhangi bir nesneye çarpıp tekrar sensöre döndüğünde echo pinini tetikler

[14]. Bu iki sinyal arasındaki süre hesaplanarak nesnenin sensörden uzaklığı tespit edilir. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü 2-400 cm aralığında ve 3 mm hassasiyetinde ölçüm yapabilmektedir. Bu sensörün besleme gerilim değeri 5 V ve 15 mA akım çekmektedir.



Şekil 4. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü pin konfigürasyonu

2.5. OLED ekran

Tasarlanan otonom çim biçme robotunda, güneş panelleri tarafından üretilen gerilimi ve pilin şarj seviyesi gibi genel bilgileri görüntüleyebilmek için bir OLED ekran kullanılmıştır (Şekil 5). OLED ekran teknik özellikleri bakımından boyutu 0,96 inch, çalışma voltajı 3,3 – 5 V aralığında ve maksimum 20 mA çalışma akım kapasitesine sahiptir.



Şekil 5. OLED ekran

2.6. Güneş paneli

Tasarlanan çim biçme robotunda enerji sürekliliğini sağlamak, enerji harcarken aynı zamanda enerji üretmek ve güneşli günlerdeki kullanımda güç kaynağını şarj edebilmesi

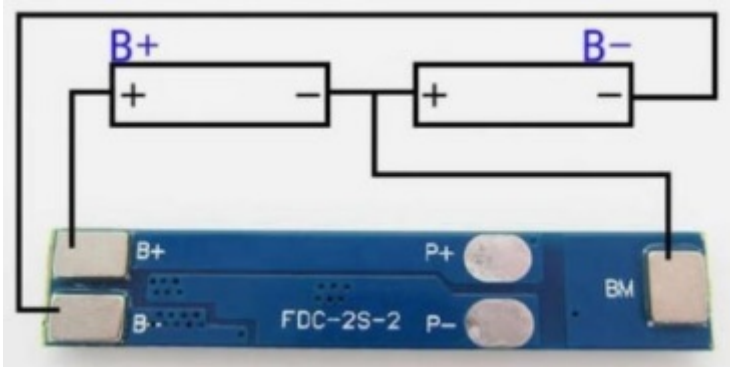
İçin Şekil 6’ da verilen güneş paneli kullanılmıştır. Güneş paneli teknik özellikler bakımından en boy oranı 165 mm olup 9 V DC ve 467 mA akım kapasitesine sahiptir.



Şekil 6. Güneş paneli

2.7. Lityum-Ion pil şarj modülü

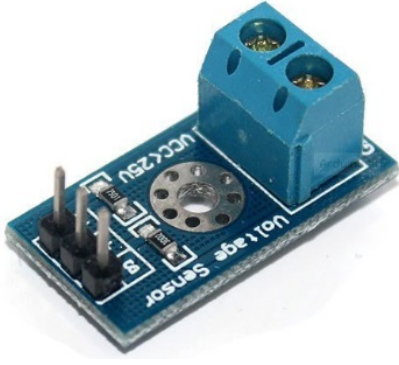
Çim biçme robotunda, güneş panellerinden üretilen enerji ile robot üzerindeki enerji kaynağının şarj edilmesi için Şekil 7’ de gösterilen 2S lityum-ion pil şarj modülü kullanılmıştır. Bu pil şarj modülü aynı anda iki adet lityum pili şarj edebilmekte ve kompakt boyutları sayesinde robot projelerinde sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 7. Lityum-ion pil şarj modülü ve bağlantı şeması

2.8. Gerilim sensörü

Güneş panelinden üretilen gerilimi ve lityum pillerin şarj durumunu ölçmek ve OLED ekranda kullanıcılara bildirmek için çim biçme robotunda iki adet gerilim sensörü kullanılmıştır (Şekil 8). Direnç ile gerilim bölme prensibine göre çalışan gerilim sensörü girişine uygulanan maksimum 25 V DC gerilimi 1/5 oranında düşürerek çıkış gerilimi alınmasını sağlayabilmektedir.



Şekil 8. Gerilim sensörü

2.9. Röle

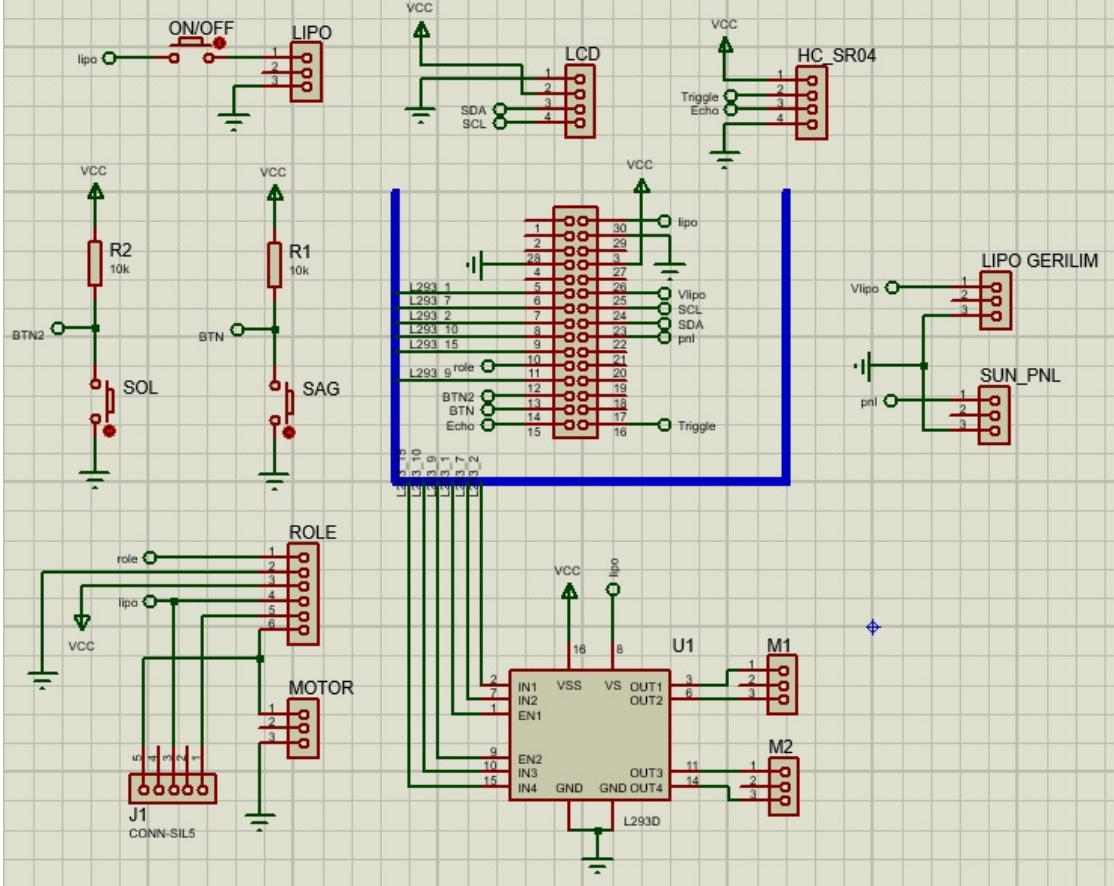
Çim biçme robotunda çimlerin biçilebilmesi için bir adet 9 V DC motor ve bu motorun arduino geliştirme kartı üzerinden kontrol edilmesi için ise bir adet röle kullanılmıştır (Şekil 9). Çimlerin biçilmesi esnasında, DC motorun hız ayarına gerek olmadığı ve tek yönde çalışacağı için röle tercih edilmiştir.



Şekil 9. 5 V DC röle

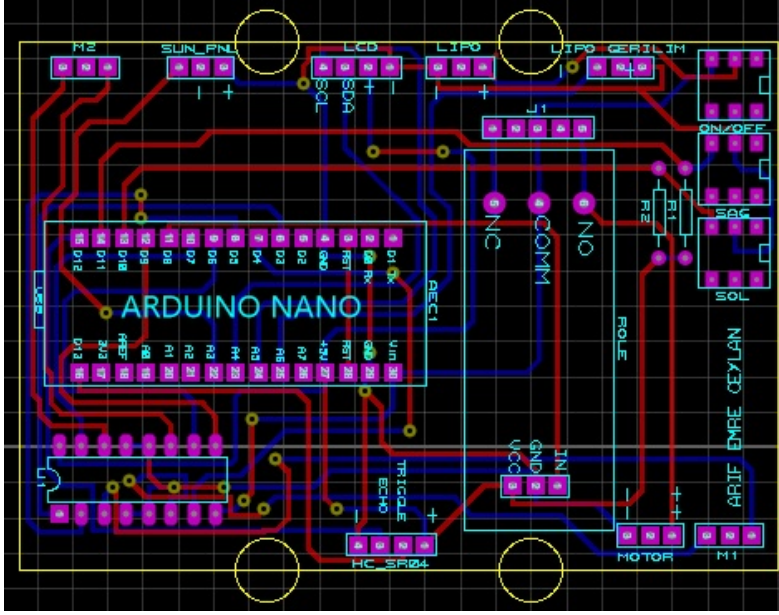
2.10. Tasarım aşaması

Arduino Nano V3 programlama kartının D3-D4-D5-D6-D7-D9 pinlerini L293D motor sürücüsüne, D8 pinini çim biçmede kullanılacak olan DC motorun kontrolünde kullanılan röleye, D10 ve D11 pinlerini robotun dönüş yönleri için kullanılan switch butonlara, D12-D13 pinlerini robotun önüne engel geldiğinde dönüş yapabilmesi için HC-SR04 Ultrasonik mesafe sensörünün Triggle ve Echo pinlerine, A3 pinini güneş panelinden üretilen gerilimin değerini okumak için gerilim sensörüne, A4 ve A5 pinlerini pil durumunu ve güneş panelinden üretilen gerilimi okuyabilmek için kullanılan OLED ekranın SCL ve SDA pinlerine bağlanmıştır. Geliştirilen çim biçme robotuna ait ISIS devre şeması Şekil 10' da görülmektedir.



Şekil 10. ISIS devre şeması

Proteus ISIS programında devre bağlantıları yapıldıktan sonra kartın yerleştirileceği bölgenin ölçüleri alınıp, elde edilen bu ölçüler doğrultusunda Proteus ARES programında malzeme yerleşimi yapılmıştır. Bu işlemi yaparken hangi malzemenin nereye yerleşmesi gerektiği belirlenerek baskı devre tasarımı tamamlanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Baskı devre şeması

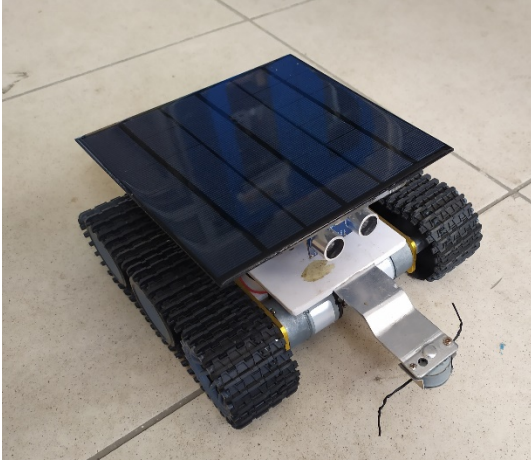
2.11. Robotun çalışması

Çim biçme robotuna yerleştirilen HC-SR04 Ultrasonik mesafe sensörünün önüne bir engel çıktığında robotun yön değiştirmesi sağlanmıştır. Çim biçme işlemlerinde portatif yapısı ve teminin kolay olmasından kaynaklı olarak genellikle misinalı çim biçme makinaları kullanılmaktadır. Çim biçiminde kullanılan misina normal yüzeylerdeki çimleri biçmenin yanı sıra duvar ve ağaç diplerindeki çimlerin biçiminde de aktif kullanılmaktadır (Şekil 12).



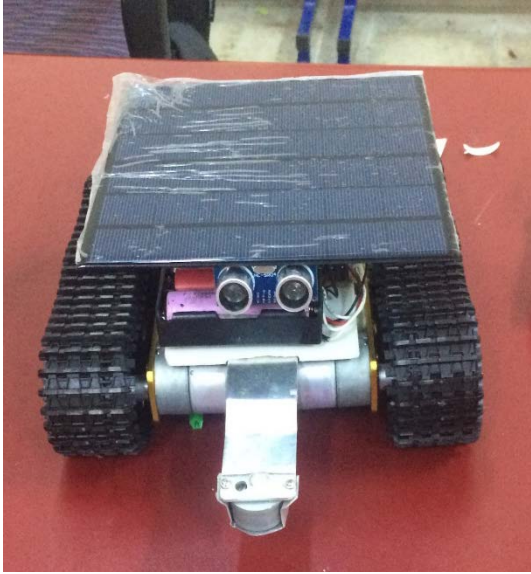
Şekil 12. Misinalı çim biçme aparatı

Tasarlanan çim biçme robotunda çim kesme işlemi, robotun önüne konumlandırılan DC motor ve bu motorun miline bağlı olan misina ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 13).

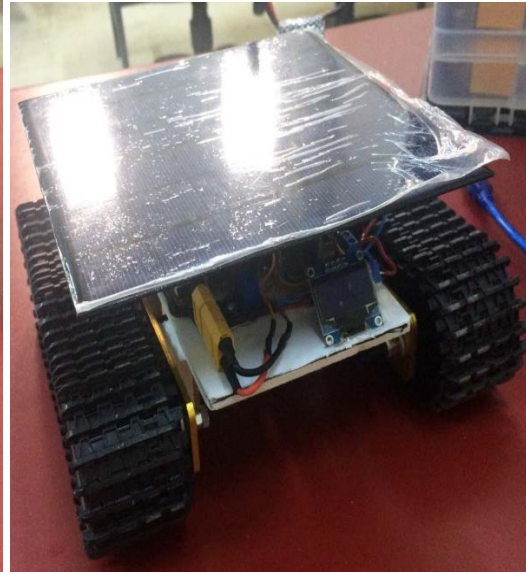


Şekil 13. Misinalı çim biçme aparatının robot üzerinde yerleşimi

Robotun güç sistemi için üzerine yerleştirilen ince film güneş paneli ile devrenin enerjisini sağlayan lityum pil şarj edilmesi ile sağlanmıştır. Ayrıca, OLED ekrandan üretilen enerjinin miktarı ve kullanılan enerji seviyesi gibi bilgiler gözlemlenebilmektedir. Tasarlanan çim biçme robotunun ön ve arka görünüşü Şekil 14’te verilmiştir.



a)



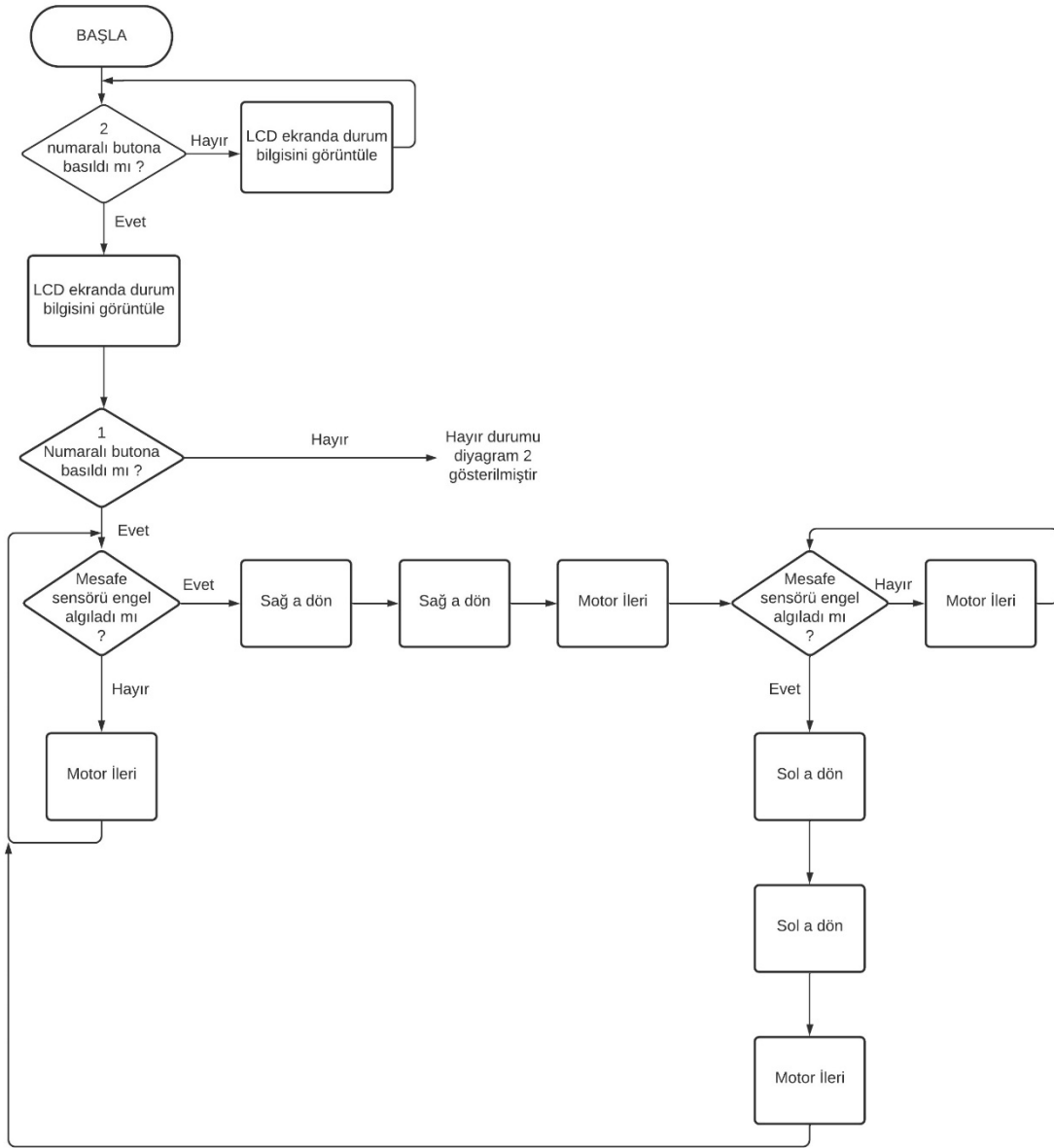
b)

Şekil 14. Geliştirilen çim biçme robotu

a) Ön görünümü b) Arka görünümü

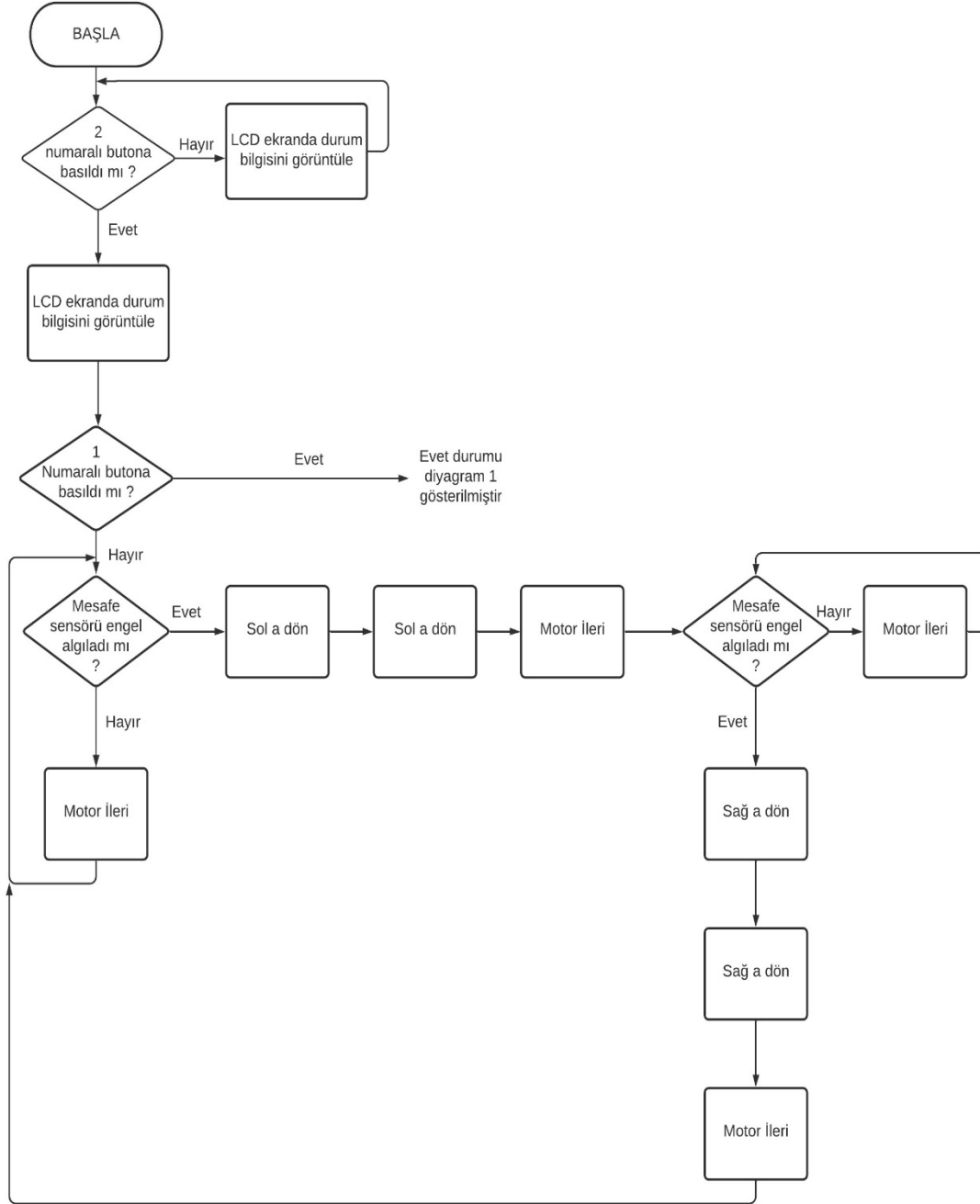
Geliştirilen otonom çim biçme robotunun çalışması iki senaryo ile kodlanmıştır. Robot üzerinde “SOL (2 numaralı buton)” ile isimlendirilen switch butona basılmadığı sürece 5 saniye aralıklarla “Hoş geldiniz,” Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, “Arif Emre

CEYLAN”, Güncel pil enerji durumunuz; Pil enerjiniz Üretilen Enerjiniz ...” bilgileri aktarılacaktır. “SOL” switch butona basılı iken “SAĞ (1 numaralı buton)” diye isimlendirilen butona basıldığında robot bahçenin soluna bırakılması gerekmektedir. Bu durumda mesafe sensörü 15 cm’lik mesafeden engel algılayana kadar düz ilerleyecektir. 15 cm lik mesafeden engel algıladıktan sonra sırasıyla ‘sağ-sağ’ dönüşlerini gerçekleştirecektir. Mesafe sensörü 15 cm’lik mesafeden engel algılayana kadar ileri yönde gidecek ve yeniden engel algıladığında sırasıyla ‘sol-sol’ dönüşlerini gerçekleştirerek bahçenin tamamı taranacaktır. Robotun sola konumlanması akış diyagramı Şekil 15’ te gösterilmiştir.



Şekil 15. Robotun arazinin soluna konumlandırma akış diyagramı (Diyagram 1)

“SOL” butona basılı iken “SAĞ” butona basılmadığında robotun bahçenin sağ tarafına bırakılması gerekmektedir. Bu durumda mesafe sensörü 15 cm’lik mesafeden küçük engel algılayana kadar düz ilerleyecektir. İlk engelini algıladıktan sonra ‘sol-sol’ dönüşlerini gerçekleştirecektir. Mesafe sensörü tekrar engel algıladıktan sonra sırasıyla ‘sağ-sağ’ dönüşlerini gerçekleştirerek bahçenin tamamı taranacaktır. Robotun sağa konumlanması akış diyagramını ise Şekil 16’ da gösterilmiştir.



Şekil 16. Robotun arazinin sağına konumlandırma akış diyagramı (Diyagram 2)

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, çim biçme işlemlerini otonom olarak yapabilen düşük maliyetli bir çim biçme robotu tasarlanmıştır. Önünde bulunan ultrasonik mesafe sensörü ile karşısına çıkan engelleri algılayarak yönünü değiştirmesi sağlanmıştır. Robotunun güç sistemi 2 adet lityum-ion pil ve güneş enerjisinden sağlanmıştır. Robot aktif olarak kullanılmadığı zamanlarda robot üzerindeki güneş panelleri ile lityum piller şarj edilmektedir. Güneş enerjisinin yetersiz olması durumunda ise robot üzerinde bulunan lityum piller devreye girerek kesintisiz enerji sağlanmaktadır. Deneysel olarak denemeler yapılmış olup çimleri 3 cm seviyelerinde kestiği gözlemlenmiş ve robotun performansı test edilerek rapor edilmiştir. Böylece, enerji verimliliğine sahip, hafif, ucuz ve akıllı bir kompakt çim biçme robotu geliştirilmiştir.

Geliştirilen robotun daha doğrusal gidebilmesi için birden fazla HC-SR04 Ultrasonik mesafe sensörü kullanılabilir. Bunun yanı sıra üzerine GPS takılıp cep telefonundan anlık olarak çim biçilen bölgenin takibi yapılabilir. Güneş enerjisinden daha fazla faydalanılabilmesi için de verimi yüksek paneller kullanılabilir. Böylelikle kendini daha kısa sürede şarj edebilir. Ayrıca geliştirilen bu robotta Pixhawk kontrol kartı veya benzer kartlar kullanılarak belirtilen koordinatlarda otonom bir şekilde çimlerin biçilmesi sağlanabilir. Bununla birlikte Nodemcu veya benzer modüller kullanılarak internet üzerinden de kontrol imkânı sağlanabilir.

Kaynaklar

- [1] Drake C., Helmick C., Industrial motor application, Halsted Inc., New York, 62, (1983).
- [2] Khan D.M., Mumtaz Z., Saleem M., Ilyas Z., Ma Q., Ghaffar S., Solar Powered Automatic Pattern Design Grass Cutting Robot System Using Arduino, Preprints, (2019).
- [3] Hicks II R.W., Hall E.L., Survey of robot lawn mowers, Intelligent Robots and Computer Vision XIX: Algorithms, Techniques, and Active Vision, International Society for Optics and Photonics, 262-9, (2000).

- [4] Vipul P., Tanvi P., Pratik S., Shah K., Arduino Controlled Lawn Mower, International Journal for Scientific Research & Development, 3, 392-4, (2016).
- [5] Saji A., Bastian G.G., Muhammad Jaseel K., Sajeevan S., Design and Implementation of Intelligent Lawn-Mower Robot, International Journal of Innovative Science and Research Technology, 3, 477-80, (2018).
- [6] Paala N.M.A., Garcia N.M.M., Supetran R.A., Fontamillas M.E.L.B., Android Controlled Lawn Mower Using Bluetooth and WIFI Connection, 2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS): IEEE, 702-6.
- [7] Shah A.D., Mujawar S.J., Sutar P.R., Prasad S.R., Solar Powered Intelligent Grass Cutter Robot, International Journal of Scientific Development and Research, 5, 229-34, (2020).
- [8] Hashiyana V., Haiduwa T., Suresh N., Shishiiveni T., Mutalya A., A Prototype of an Android Application Controlled Lawnmower, 2020 IST-Africa Conference (IST-Africa): IEEE, 1-5, (2020).
- [9] Ibrahim B., Brahmaiah V.S., Sharma P.J.M.T.P., Design of smart autonomous remote monitored solar powered lawnmower robot, Materials Today: Proceedings, 28, 2338–44, (2020).
- [10] Koo K.Y., Hester D., Kim S., Time Synchronization for Wireless Sensors Using Low-Cost GPS Module and Arduino, Frontiers in Built Environment, 4, 82, (2019).
- [11] Derander J.M., Andersson P., Wennerberg E., Nitsche A., Moen E., Labe F., Smart robot lawn mower, Department of Computer Science Engineering Chalmers University of Technology University of Gothenburg Gothenburg, Sweden, (2018).

[12] Arduino. Arduino Nano. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>:2020 (Eriřim tarihi: 10.08.2020).

[13] Shetti P.R., Mangave A.G., DC Motor Speed Control with Feedback Monitor Based on C# Application, International Journal of Research in Engineering Technology, 3, 398-401, (2014).

[14] Babaođlu M.G., Arduino ile Hooke Yasasının İncelenmesi, Fen Matematik Giriřimcilik ve Teknoloji Eđitimi Dergisi, 3, 1-9, (2020).