

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

Proje Kategorisi: Sağlık ve İlk Yardım

Proje Adı: Yürüme Kusurlarını Bildiren Akıllı Ayakkabı

Takım Adı: Sağlıklı Kal

Takım ID: 64675

Takım Seviyesi: İlkokul – Ortaokul

Danışman Adı: Sabri BİLİCİ

İçindekiler

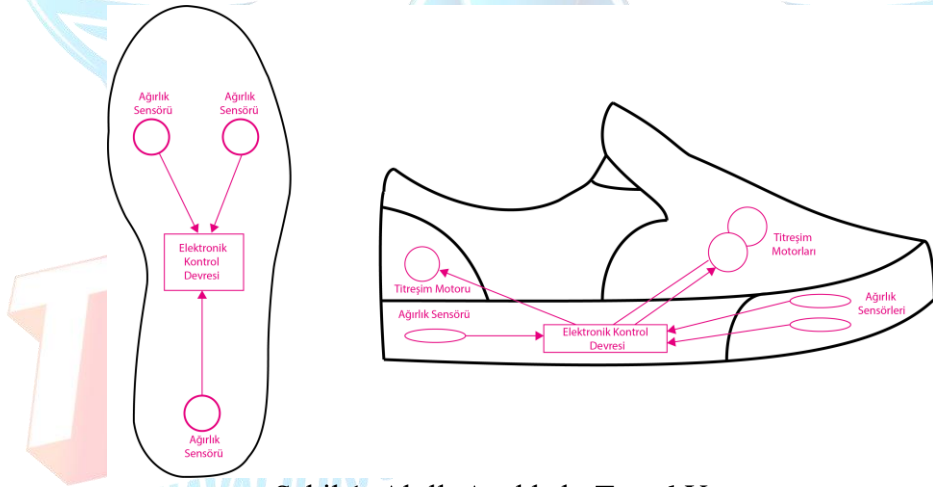
İçindekiler.....	2
1. Proje Özeti	3
1.1 Çözüm Ürettiği Sorun / İhtiyaç	3
1.2 Yerlilik ve Özgünlük Tarafı	4
1.3 Milli Ekonomiye Beklenen Katkı	4
1.4 Projenin Hedef Kitlesi	5
2. Yöntem.....	5
2.1. Sistem Donanımı	5
2.2. Sistem Yazılımı	7
3. Proje Ekibi	8
4. Proje Takvimi.....	9
5. Risk Yönetimi	9
6. Kaynakça.....	10



1. Proje Özeti

Hafif yürüme kusurları nitelikli fizik tedavi süreçleri sonunda ortadan kaldırılabilir veya düzeyi azaltılabilir ortopedik bozukluklardır. Bu tür yürüme kusurları olan insanların karşısına bir ayna koysak ve kendilerini yürürken izlemelerini sağlasak, yürüyüşlerindeki aksaklığın daha fazla farkına varır ve bunu düzeltmek için çaba sarf etmeye başlarlardı. Bu ve benzeri uygulamalara biyo-geribildirim (*ing. Bio-feedback*) adı verilmektedir [1]. Aslında elimizi bir noktaya hareketlendirdiğimizde de gözlerimizden eliminizin konum bilgisini geri bildirim olarak alırız ve bu sayede hareketimiz kesintisiz ve sürekli olur. Fizyoterapide balans terapisi cihazları (korebalans) bulunmaktadır ve bu cihazları biyo-geribildirim tedavisi için örnek olarak verebiliriz [2]. Bu cihaz vücut postüründe (duruş) bozukluklar olan hastaların tedavisinde kullanılmaktadır. Yerde bulunan platform üzerine çıkan hasta karşısındaki monitörde kendi ağırlık merkezini hareketli bir nokta olarak görmeye başlar. Bu ağırlık merkezini ortaya getirmeye çalışan hasta hem öz farkındalık kazanarak hem de bu durumu düzeltmeye çalışarak tedavi olur.

Bu projede hafif yürüme kusuruna sahip bireylere biyo-geribildirim vererek terapi sağlamayı hedefleyen bir ayakkabı tasarlanacaktır. Tasarlanacak ayakkabının ayak tabanında üç tane ağırlık sensörü ve yan yüzeylerde üç titreşim motoru bulunacaktır. Eğer ayak yere düzgün basmazsa dengesizlik algılanıp ayakkabı tarafından ayağa hafif bir titreşim verilecektir. Böylece kullanıcıların yanlış yürüdüklerinin farkına varmaları ve kendilerini düzeltmek için çaba göstermeleri beklenmektedir.



Şekil 1. Akıllı Ayakkabı Temel Yapısı

Akıllı ayakkabıya ait temel yapı çizimi Şekil 1’de görülebilir. Görüldüğü gibi elektronik sistem mikrodenetleyici, ağırlık sensörleri ve titreşim motorları olacak şekilde üç temel parçadan oluşmaktadır. Tüm devre yapısı ayakkabının dışından görülmeyecek şekilde ayakkabının fiziksel yapısına içerisine yerleştirilecektir. Ayakkabı yürüme hatalarını titreşim ile verdiği için günlük hayat içerisinde fark edilmeden kullanılabilmesiyle ve düşük maliyetiyle öne çıkmaktadır.

1.1 Çözüm Ürettiği Sorun / İhtiyaç

Fizik tedavide ve rehabilitasyon süreçlerinde biyogeribildirim yani bio-feedback özellikle 1960’lı yıllardan beri yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [3]. Özellikle inme

rehabilitasyonu, periferik sinir yaralanmaları, omurilik yaralanmaları, serebral palsi, denge bozukluğu ve benzeri hastalıklarda biyo-geribildirim yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Çoğu uygulamada EKG (Elektrokardiyogram), EMG (Elektromiyogram) gibi elektrofizyolojik ölçmelerin sonucu olarak hastaya uyarılar verilirken, hastayı ayna karşısında yürüterek veya hareket ettirerek görsel olarak da geri bildirim verilebilir [4].

Soru 1: Proje fikrinin çözüm ürettiği sorun nedir?

Cevap 1: Hafif yürüme kusurları bulunan bireylere günlük yaşam içerisinde sıkça karşılaşmak mümkündür. Bu bireyler genellikle sağlık kurumlarının fizyoterapi kliniklerinde tedavi olmaktadır. Bu projede önerilen ayakkabı ile biyo-geribildirim yöntemi kullanılarak terapi uygulamalarının bir kısmı günlük yaşam zamanlarının içerisinde yer alabilecektir.

Soru 2: Şimdiki çözümler neden yetersiz kalmaktadır?

Cevap 2: Fizyoterapi uygulamaları emek yoğun uygulamalardır [9]. Tedavi seanslar halinde sağlık kurumlarının ilgili birimlerinde kısıtlı zaman bandında uygulanabilmektedir. Terapi cihaz ve sistemlerinin maliyetleri yüksektir. Önerilen ayakkabı Klinisyenlerin önerisi ile terapi sürecinin bir kısmını destek tedavi şeklinde yaşam zamanları içerisine yayarak tedavi başarılarını arttırabilir, sağlık kurumlarının iş yükünü kısmen azaltabilir.

1.2 Yerlilik ve Özgünlük Tarafı

Proje kapsamında gerçekleştirilecek ürün ile ilgili olarak literatür ve benzer ürünler üzerinde taramalar gerçekleştirildi. Bu tür sistemlerin çoğunlukla kişinin yürüyüşü ve postürü ile ilgili olarak veri toplama hedefli oldukları görüldü [5].

Soru 1: Benzer ürün veya proje var mı?

Cevap 1: Literatürde ağırlık sensörleri ve titreşim motorları kullanarak yapılmış ve önerilmiş, bizim projemize özdeş basit ve efektif donanım olmadığı görülmüştür.

Soru 2: Projenizi piyasada bulunan benzer ürünlerden ayıran özellikler nelerdir?

Cevap 2: Birçok çalışmada geri bildirim akıllı telefonlar veya kulaklıklar gibi aygıtlar ile hastaya verilmesi önerilmiştir [6-8]. Bu tür sistemler zaman zaman da bir sensör ağına bir parçası olarak önerilmiş ve sistem daha kompleks bir sistemin parçası olarak sunulmuş ve değerlendirilmiştir. Bu projede önerilen sistem basit ve ucuz malzemeler ile üretilebilmesinin yanında piyasada veya literatürde birebir aynı sistem veya tasarım bulunmamaktadır.

1.3 Milli Ekonomiye Beklenen Katkı

Hastanelerin diğer pek çok biriminden farklı olarak fizik tedavi birimlerinde emek yoğun uygulamalar yapılmaktadır. Özellikle hekimlerin çalışması sebebiyle bu birimlerin en önemli gider kaleminin personel giderleri olduğu dikkat çekmektedir. 2017 verilerine göre fizik tedavi uygulama birim maliyeti 485,03 TL'dir [9]. Projemizde geliştirilecek ayakkabı ile tedavi ve rehabilitasyon sürecinin bir kısmı kişinin günlük hayatına yayılacaktır. Böylelikle hastane fizik tedavi birimlerinin hasta ziyaret sayılarında azalma ve sağlık birimlerinin genel maliyetlerinde düşüş beklenebilir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi ayakkabıya ait elektronik donanımın maliyeti 279,95 TL'dir (Programmer sadece bir defa kullanılacağı için toplam maliyetin dışında tutuldu). Bu maliyet çoklu üretimlerde çok daha düşük meblağlara gelebilir. Ayrıca proje ekibimiz ürünün patentlenmesi için (T3 Vakfının izni ile) çalışmalara başlamıştır.

1.4 Projenin Hedef Kitlesi

Projede hafif yürüme kusuru bulunan bireyler hedeflenmektedir. Bu tür hafif yürüme kusurları göz önüne alındığında ilk olarak akla; serebral palsili bireyler, ortopedik kusurlu bireyler ve inme sonucu yürüme kusuru gelişmiş bireyler gelmektedir. Bunun yanında pek çok hastalığın sonucu olarak ortaya çıkan hafif yürüme kusurlarında da proje sonucu ürünün kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

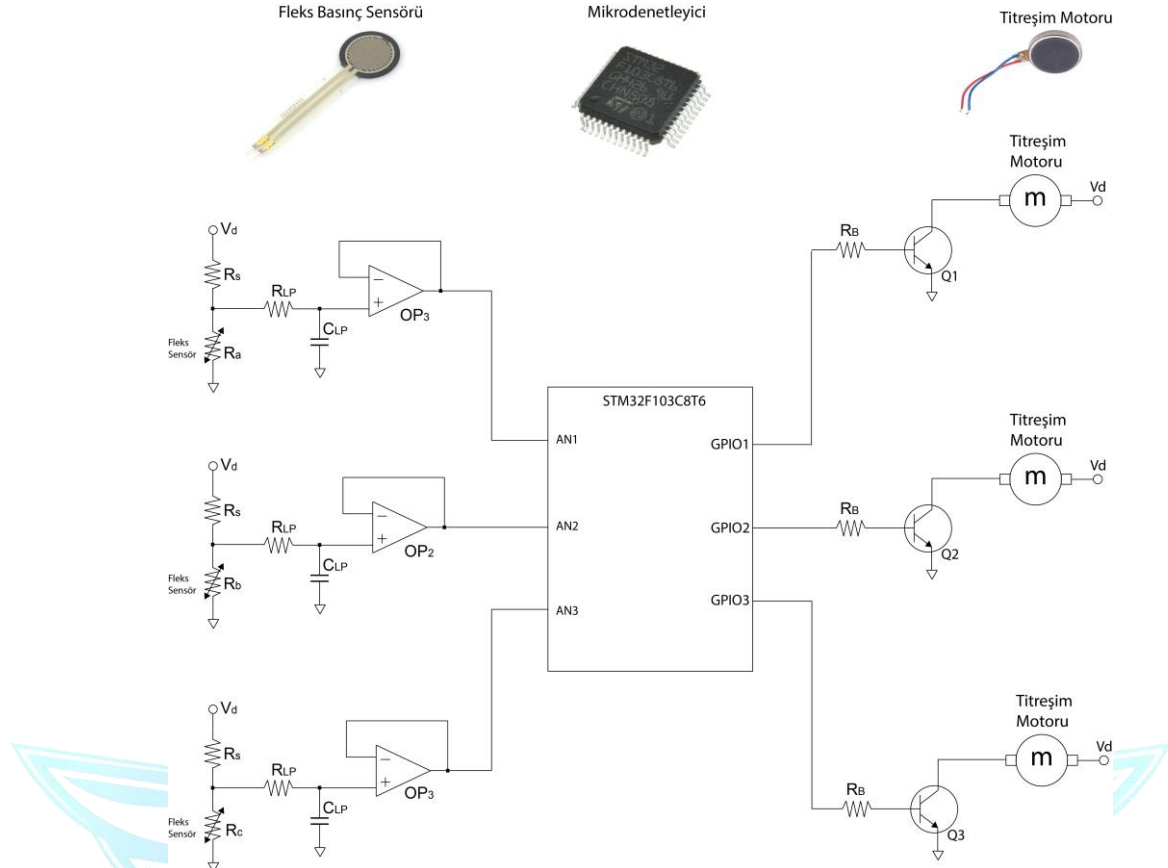
2. Yöntem

2.1. Sistem Donanımı

Tasarlanacak olan elektronik donanım mikrodenetleyici tabanlı olacaktır. Mikrodenetleyici, içerisindeki yazılım ile girdi olarak aldığı ağırlık sensörü bilgilerini yorumlayacak ve algoritma gereği olan durumlarda ayağa verilecek titreşim ile kullanıcıyı uyaracaktır. Çalışmada mikrodenetleyici olarak STM32F103C8T6 [10] kullanılacaktır. Bu mikrodenetleyicinin tercih edilme sebepleri ticari ürüne dönüşmeye uygun, ucuz, kararlı olması ve performansının yüksek olmasıdır. Mikrodenetleyicinin programlanması için ise ST-Link V2 Programmer/Debugger donanımına ihtiyaç olacaktır.

Kullanıcının ayağının yere basmasına dair baskı 3 ağırlık sensörü ile ölçülecektir. Flex sensör olarak da bilinen bu sensörler çok ince olmaları sebebiyle tercih edildiler. Böylece ayakkabı tabanında kolaylıkla montajlanabileceklerdir. Bu sensörlerden alınan basınca karşılık elektriksel gerilim bilgisinin mikrodenetleyici tarafından yorumlanabilecek seviyede ve elektriksel gürültüden nispeten arınmış olması beklenir. Bunun için ise Opamp'lı (İşlemsel Yükselteç) yükselteç ve filtre devreleri kurulacaktır.

Mikrodenetleyicinin üç terminalinde ise titreşim motorları bağlı olacaktır. Bu titreşim motorları küçük bir bozuk para boyutundadır. Bu motorlar mikrodenetleyiciye doğrudan bağlanamayacakları için her biri için birer transistörlü devre oluşturulacaktır. Proje devre donanım şeması şekil 2'de görülebilir.



Şekil 2. Akıllı Ayakkabı Devre Şeması

Şekil 2’de görüldüğü gibi şeklin sol tarafında fleks sensör devreleri, sağ tarafında ise titreşim motorlarının devreleri bulunmaktadır. Fleks sensör üzerindeki gerilimin okunması ile sensör üzerindeki yük mikrodenetleyici tarafından tespit edilmektedir. Mikrodenetleyicinin analog girişlerinden 3 tanesi bu işlem için tahsis edilmiştir. Ayrıca Mikrodenetleyici, titreşim motorlarını birer transistör üzerinden sürmektedir.

Tablo 1 akıllı ayakkabının elektronik aksam malzemelerinin listesini ve fiyat bilgilerini içermektedir. Tablonun 2. satırında yer alan programlama kiti ayakkabı üzerinde kalmayacağı ve yalnızca programlama anında kullanılacağı için ayakkabının maliyeti değerlendirilirken listeden çıkarılmalıdır. Buna göre ayakkabının elektronik aygıt maliyeti 300TL’nin altında olmaktadır.

Tablo 1. Akıllı Ayakkabı Malzeme Fiyat Listesi

No	Malzeme Adı	Adet	Birim Fiyatı (TL)	Toplam (TL)
1	STM32F103C8T6 Mikrodenetleyici	1	42,79	42,79
2	ST-Link V2 Debugger/Programmer	1	44,15	44,15
3	Fleks Basınç Sensörü (RP-C18)	3	58,81	176,43
4	Şaftsız Mini Titreşim motoru	3	6,91	20,73

5	Muhtelif Elektronik Malzeme (Transistör, İşlemsel Yükselteç, Direnç, Pil vs.)	1	50	50
Genel Toplam				334,1

2.2. Sistem Yazılımı

Mikrodenetleyiciye ait tasarım süreci ve kodların derlenmesi için bir IDE (Integrated Development Environment) kullanılacaktır. Bu yazılım belli bir boyuta kadar kodları ücretsiz olarak derlemektedir. Bu sebeple bu çalışmada kullanılması uygun bulunmuştur.

Daha önce belirtildiği gibi mikrodenetleyici yazılım ile oluşturulmuş algoritma gereği giriş sensör bilgilerini yorumlayarak çıkış üretmektedir. Bu yorumlama esnasında öncelikle ayağın yere basıp basmadığı konusunda karar verilecektir. Bu karar üç sensörden en az bir tanesinin bir eşik basınç seviyesini aşması olarak ifade edilebilir. Bu şekilde ayağın yere basmasının tespitinin ardından üç ağırlık sensöründen alınan baskı seviye bilgilerinin ortalaması alınacaktır.

$$P_{ort} = \frac{P_a + P_b + P_c}{3} \quad (1)$$

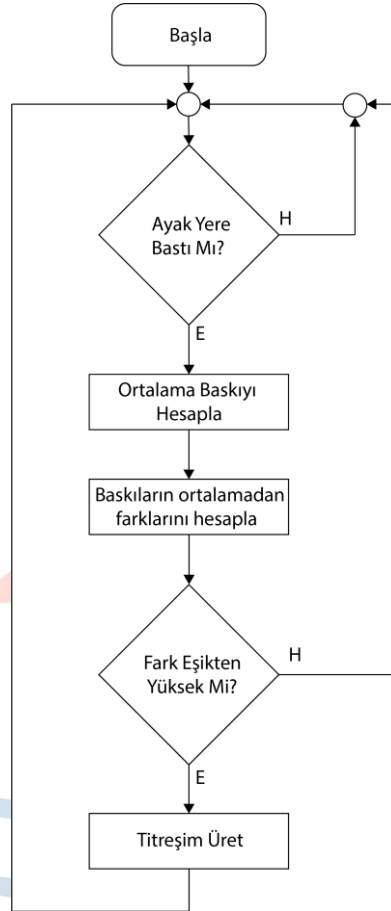
Denklem (1)'de P_a , P_b ve P_c her bir sensöre ait ağırlık bilgileridir. Bu işlemin ardından ortalama değer ile her bir sensör ağırlık bilgilerinin farkı hesaplanacaktır.

$$P_x = P_{ort} - P_a \quad (2)$$

$$P_y = P_{ort} - P_b \quad (3)$$

$$P_z = P_{ort} - P_c \quad (4)$$

Bu işleme ait denklemler Denklem (2)-(4)'te görülebilir. Bunun ardından her bir fark ağırlığa ait (P_x , P_y , P_z) değerler eşik ağırlık değerleri ile karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırma sonunda ortalamadan olan farkı eşik değerini aşan sensörün yakınına bağlı titreşim motoru bir titreşim üreterek kullanıcıyı uyaracaktır. Eşik değerleri değiştirilebilir olduğu için kişiye uygun şekilde sistem çalışması düzenlenebilir. Mikrodenetleyici algoritmasına ait akış şeması Şekil 3'te görülebilir.



Şekil 3. Akıllı Ayakkabı Algoritması

3. Proje Ekibi

Takım Lideri: Şebnem KARAKULAK

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya Problemlerle İlgili Tecrübesi
Şebnem KARAKULAK	Takım Lideri	Ticaret ve Sanayi Odası İ.O.	Takım kaptanı ve proje tasarım sorumlusu ve donanım konusunda görevli
Almila GÜLAL	Üye	Ticaret ve Sanayi Odası İ.O.	Projede yazılım konusunda görevli
Sabri BİLİCİ	Danışman Öğretmen	Ticaret ve Sanayi Odası İ.O.	Danışman

Proje prototipinin hazırlanması esnasında elektronik donanım ile ilgili olarak ortaya çıkacak sorunlar ile ilgili işbirliği için Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi'nden Öğr.Gör. Fatih ÖZEN ile, yazılım ile ilgili sorunlarda ise yine aynı kurumdan Öğr.Gör. Ersoy MEVSİM ile işbirliği kurulacaktır. Bu işbirliklerine ait bazı ayrıntılar Risk Yönetimi kısmında da verilmiştir.

4. Proje Takvimi

Tablo 3’te projenin iş planı görülmektedir. Bu plana göre prototipin hazırlanması için gereken zaman 8 haftadır.

Tablo 3. Proje iş takvimi

İş Adımı No	Haftalar							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Planlama ve malzeme tedariki yapılması	✓	✓						
Donanımın bir araya getirilmesi			✓	✓				
Yazılımın hazırlanması ve testler				✓	✓	✓		
Sistemin bir ayakkabıya montajı ve testler						✓	✓	✓

5. Risk Yönetimi

Bu bölümde projenin gerçekleşmesi esnasında yaşanması beklenebilecek sorunlar ve bu sorunlara karşılık alınacak aksiyonlar tablo halinde verilmiştir.

Risk	Çözüm
Mikrodenetleyicinin bozulması	Bu durumda proje ekibinin elinde bulunan aynı donanımlardan birisi kullanılacaktır.
Programlama donanımının bozulması	Proje ekibinin elinde daha önceden alınmış benzer programlama donanımları kullanılacaktır.
Yazılım geliştirilmesi sürecinde beklenmeyen sorunlar	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi’nden Öğr.Gör. Ersoy MEVSİM’den yardım istenecektir.
Elektronik donanımlar kaynaklı beklenmeyen sorunlar	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi’nden Öğr.Gör. Fatih ÖZEN’den yardım istenecektir.
Yazılım çok uzun olması sebebiyle yazılım derleyici (IDE) ile ilgili lisanslama vs. şeklindeki sorunlar.	Bu durumda bedava durumdaki Mbed [11] Web derleyici kullanılacaktır.

6. Kaynakça

- [1] Giggins, O. M., Persson, U. M., & Caulfield, B. (2013). Biofeedback in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 10(1), 1-11.
- [2] Panjan, A., & Sarabon, N. (2010). Review of methods for the evaluation of human body balance. *Sport Science Review*, 19(5-6), 131.
- [3] Sung, Michael, Carl Marci, and Alex Pentland. "Wearable feedback systems for rehabilitation." *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 2.1 (2005): 1-12.
- [4] Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2013;10:60. Published 2013 Jun 18.
- [5] Edgar, S. Ryan, et al. "Wearable shoe-based device for rehabilitation of stroke patients." 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology. IEEE, 2010.
- [6] Donovan, Luke, et al. "Effects of an auditory biofeedback device on plantar pressure in patients with chronic ankle instability." *Gait & posture* 44 (2016): 29-36.
- [7] Isakov, E. "Gait rehabilitation: a new biofeedback device for monitoring and enhancing weight-bearing over the affected lower limb." *Europa medicophysica* 43.1 (2006): 21-26.
- [8] Seeger, B. R., D. J. Caudrey, and J. R. Scholes. "Biofeedback therapy to achieve symmetrical gait in hemiplegic cerebral palsied children." *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 62.8 (1981): 364-368.
- [9] Akpınar, Sema., Derya Karabay. "Sağlık Kurumlarında Birim Maliyet Hesaplama: Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Poliklinik Uygulaması" *İşletme Bilimi Dergisi* 5.2 (2017): 199-215.
- [10] STM32F103C8 ARM Cortex M3 Microcontroller <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103c8.html> (Erişim zamanı: 08/06/2021)
- [11] Mbed Free Open Source Development Tool, <https://os.mbed.com/> (Erişim zamanı: 08/06/2021)