

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ACİL YARDIM AKILLI TURNİKE SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Faruk BEYTAR

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Osman EROĞUL

AĞUSTOS 2017

Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

.....
Prof. Dr. Osman EROĞUL
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

.....
Prof. Dr. Osman EROĞUL
Anabilimdalı Başkanı

TOBB ETÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 141711003 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Faruk BEYTAR**'ın ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ACİL YARDIM AKILLI TURNİKE SİSTEMİ**” başlıklı tezi **04.08.2017** tarihinde aşağıda imzaları olan jüri tarafından kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Osman EROĞUL**
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Nazif ZEYBEK (Başkan)**
Sağlık Bilimleri Üniversitesi

Doç. Dr. Fatih BÜYÜKSERİN
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, alıntı yapılan kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, referansların tam olarak belirtildiğini ve ayrıca bu tezin TOBB ETÜ Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Faruk BEYTAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ACİL YARDIM AKILLI TURNİKE SİSTEMİ

Faruk BEYTAR

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman EROĞUL

Tarih: Ağustos 2017

Trafik kazaları, ateşli silah yaralanmaları ve patlama gibi olaylar sonucu oluşan ciddi ekstremitte yaralanması ve kan kaybı durumlarında yaralı, sağlık personeli müdahale edinceye kadar eğer tek eli sağlam kaldıysa kanayan ekstremitesine turnike uygulayarak kanamanın durmasını sağlayabilir. Turnike uygulanırken dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Eğer turnike kanın durması gereken basıncı sağlayacak kadar sıkılmamışsa kan kaybı devam eder ve yaralının hayatı tehlikeye girer. Gerekinden fazla basınç uygulandığında ve ara ara gevşetilip tekrar sıkılmadığında da ekstremitenin kangren olmasına sebep olur. Ayrıca yaralının kan kaybederken optimum basıncı ayarlayacak derecede turnikeyi manuel olarak uygulayabilmesi, özellikle bacakta, oldukça zordur.

Tez çalışmasının amacı, ekstremitte yaralanmalarında aşırı kan kayıplarını durdurabilmek için yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline bağlanarak gerekli basıncı otomatik olarak uygulayarak kanamayı başarıyla durdurabilen pnömatik, akıllı turnike sistemi geliştirilmesidir. Geliştirilen sistemin ambulanslarda, araçlardaki ilk yardım kitlerinde, hastanelerin acil servislerinde, ilk yardım kuruluşlarında, itfaiye araçlarında, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında riskli iş yerlerinin ilk yardım kitlerinde ve benzeri çoğu sivil alanda kullanımının yaygın olacağı düşünülmektedir. Tez çalışmasının çıktısı olarak; kol ve bacak için

uygulanabilen, hava motoru ile şişen, gelişmiş bir mikrodenetleyici ile birçok parametreyi yönetebilen, üzerindeki GPS (Global Positioning System) modülü ile turnikenin uygulandığı konumu, RTC (Real Time Clock) ile turnikenin uygulanmaya başladıktan sonra geçen süreyi, hava basınç sensörüyle turnikenin uyguladığı basınç bilgilerini üzerindeki OLED (Organic Light Emitting Diode) ekranda görüntüleyebilen, kullanıcıyı turnikeyi doğru bir şekilde uygulayabilmesi için gerekli direktiflerle sesli olarak yönlendiren, ayrıca toplanan verileri üzerindeki GSM (Global System for Mobile Communications) modülü ile cep telefonuna mesaj atabilen, en temel amacı hayat kurtarmak olan akıllı turnike sistemi prototipi üretilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Turnike, Akıllı turnike sistemi, Ekstremitte yaralanmaları.



ABSTRACT

Master of Science

INTELLIGENT TOURNIQUET SYSTEM FOR EMERGENCY AID

Faruk BEYTAR

TOBB University of Economics and Technology
Institute of Natural and Applied Sciences
Biomedical Engineering Science Programme

Supervisor: Professor Dr. Osman EROĞUL

Date: August 2017

Traffic accidents, firearm injuries and explosions can result in severe extremity injuries and hemorrhage while bleeding extremity can stop bleeding with a tourniquet if one hand remains intact until the healthcare personnel intervenes. There are a few things to consider when applying a tourniquet. If the tourniquet is not tightened enough to stop the blood loss, blood loss continues and the injured person's life becomes dangerous. If excessive pressure is exerted, and if it is not relaxed and squeezed intermittently, it may cause gangrene in the extremity. It is also very difficult to manually apply the tourniquet with optimum pressure, especially on the leg, when bleeding.

The aim of the thesis study is to develop a pneumatic, intelligent tourniquet system that can be used to stop excessive blood loss in extremity injuries by connecting to the proximal limb and applying the necessary pressure automatically to stop the bleeding successfully. It is thought that the developed system will be widely used in ambulances, first aid kits in vehicles, emergency services in hospitals, first aid institutions, fire trucks, first aid kits for risky workplaces under occupational health and safety and many similar civilian areas. As the output of the thesis study; an intelligent tourniquet system prototype has been produced that can be used for arm and leg, inflates with an air motor, has an advanced microcontroller that can manage many

parameters, has a GPS (Global Positioning System) module that can access the location of the injured person, has a RTC (Real Time Clock) that can calculate elapsed time since the start of the tourniquet, has a pressure sensor that can gauge the tourniquet pressure, can display these information on the OLED (Organic Light Emitting Diode) screen, direct the user with the necessary instructions to apply the tourniquet correctly, and also send messages to the mobile phone via the GSM (Global System for Mobile Communications) module on the collected data.

Keywords: Tourniquet, Intelligent tourniquet systems, Extremity injuries.



TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Osman EROĞUL'a, yüksek lisansım boyunca beraber çalıőtıęım ve bana her konuda destek olan değerli arkadaşım Erdem İnanç BUDAK'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Prof. Dr. Nazif ZEYBEK, Yrd. Doç. Dr. Aytekin ÜNLÜ, Fazıl DUMAN'a ve destekleriyle her zaman yanımda olan aileme, arkadaşlarıma ve yüksek lisansım boyunca burs sağlayan TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi'ne çok teşekkür ederim.

Bu çalışma 0932.STZ.2015 kodlu "Harp ve Acil Yardım Akıllı Turnikesi" projesi kapsamında TÜBİTAK ve ASELSAN tarafından desteklenmiőtir. Eęitimim süresince projedeki desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve ASELSAN'a teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
KISALTMALAR	xii
RESİM LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Acil Yardım Unsurları.....	2
1.2 Turnikenin Tarihçesi	3
2. MEVCUT SİSTEMLER VE TEZİN HEDEFLERİ	5
2.1 Mevcut Sistemler.....	5
2.2 Patentler.....	6
2.3 Tezin Gerekçesi ve İhtiyaçlar	9
3. AKILLI TURNİKE TASARIMI	11
3.1 Sistemin Blok Diyagramı	11
3.2 Tasarım Parametreleri	12
3.3 Prototip Tasarım.....	13
4. AKILLI TURNİKE ÜRETİMİ	15
4.1 Ana Kontrol Ünitesi Tasarımı	15
4.1.1 Gömülü sistem mimarileri	15
4.1.2 Mikrodenetleyici devresi tasarımı.....	16
4.1.2.1 Kullanıcı bilgilendirme ekranı elektronik alt sistemi.....	19
4.1.2.2 Kullanıcı sesli uyarı modülü elektronik alt sistemi.....	21
4.1.2.3 Zamanlayıcı modülü (RTC) elektronik alt sistemi.....	22
4.1.2.4 Pnömatik hava motorunun elektronik alt sistemi.....	23
4.1.2.5 Hava basınç sensörünün elektronik alt sistemi	25
4.1.2.6 GPS modülü elektronik alt sistemi.....	26
4.1.2.7 GSM modülü elektronik alt sistemi	29
4.1.3 Haberleşme protokolleri.....	30
4.2 Sistem Algoritması.....	34
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR İÇİN FANTOM ÜRETİMİ	37
5.1 Fantom Üretimi	37
5.2 Sirkülasyon Sistemi Gerçeklenmesi	43
6. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR	47
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	55

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dolaşım sisteminin bölümlerinde kan hacminin yüzdesel dağılımı	2
Şekil 2.1 : Mevcut turnike sistemleri	6
Şekil 2.2 : Kanamayı Durduran Bandaj, Baskı Sistemi ve Turnike.....	7
Şekil 2.3 : Tourniquet Timer.....	7
Şekil 2.4 : Pneumatic Tourniquet.....	8
Şekil 2.5 : Personal Tourniquet.....	8
Şekil 2.6 : Intelligent Tourniquet System	9
Şekil 3.1 : AYATS blok diyagramı.....	11
Şekil 3.2 : AYATS konsept tasarımı.....	13
Şekil 4.1 : Pnömatik akış sistemi	24
Şekil 4.2 : SDA veri yolu	32
Şekil 4.3 : SPI haberleşme protokolü master - slave ilişkisi	33
Şekil 4.4 : UART haberleşme protokolü ile veri gönderimi	34
Şekil 4.5 : Sistem algoritmasının blok diyagramı	35
Şekil 5.1 : Basma testi sonucu elde edilen grafik.....	40
Şekil 5.2 : Peristaltik pompa çalışma prensibi	43

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Penetrasyon test sonuçları..... 39



KISALTMALAR

ADC	: Analog to Digital Converter
ARM	: Acorn RISC Machine
AT	: Attention
ATS	: Automatic Tourniquet System
AYATS	: Acil Yardım Akıllı Turnike Sistemi
CAT	: Combat Application Tourniquet
CISC	: Complex Instruction Set Computer
CPU	: Central Processing Unit
DAC	: Digital to Analog Converter
EMT	: Emergency & Military Tourniquet
GLCD	: Graphical Liquid Crystal Display
GPS	: Global Positioning System
GSM	: Global System for Mobile Communications
I²C	: Inter Integrated Circuit
NMEA	: National Marine Electronics Association
OLED	: Organic Light Emitting Diode
PCB	: Printed Circuit Board
PIC	: Programmable Intelligent Computer
PTS	: Portable Tourniquet System
RISC	: Reduced Instruction Set Computer
RTC	: Real Time Clock
SCL	: Serial Clock Line
SDA	: Serial Data Line
SOFTT	: Special Operations Forces Tactical Tourniquet
SPI	: Serial Peripheral Interface
TFT	: Thin Film Transistor
UART	: Universal Asynchronous Receiver / Transmitter

RESİM LİSTESİ

Sayfa

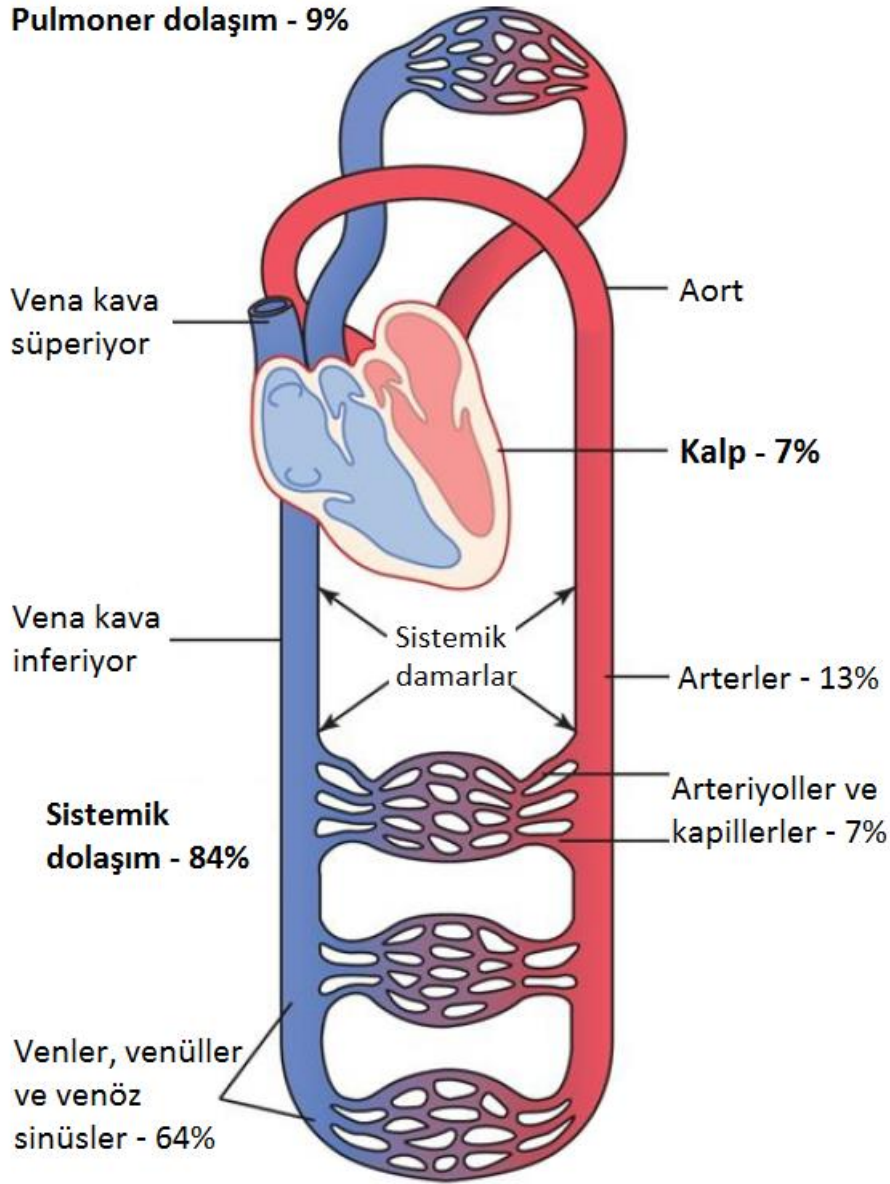
Resim 4.1 : ARM mimarili geliştirme kartı	18
Resim 4.2 : STM32F4 DISCOVERY SHIELD kiti	19
Resim 4.3 : GLCD ekran sürülmesi	20
Resim 4.4 : TFT ekran sürülmesi	20
Resim 4.5 : OLED C click	21
Resim 4.6 : Ses yükselteci ve hoparlör	22
Resim 4.7 : RTC devresi	23
Resim 4.8 : DC motor click motor sürücü kartı	25
Resim 4.9 : Basınç sensörü devresi	26
Resim 4.10 : Nano GPS click modülü	27
Resim 4.11 : GPS modülünden okunan veriler	28
Resim 4.12 : GSM click modülü	30
Resim 4.13 : GSM modülünden cep telefonuna gelen mesajlar	30
Resim 4.14 : AYATS prototipi	36
Resim 5.1 : Balistik jelatin tozu	37
Resim 5.2 : Farklı derişimlerde balistik jelatin örnekleri	38
Resim 5.3 : Saçmaların %10 derişimdeki balistik jelatine girme miktarları	39
Resim 5.4 : Basma testi uygulanan örnekler	40
Resim 5.5 : Siemens NX programıyla tasarlanan düzenek	41
Resim 5.6 : Tasarımı gerçekleştirilen düzenek	41
Resim 5.7 : Üretilen alt ekstremite fantomu	42
Resim 5.8 : Fantomun frontal (sol) ve sagital (sağ) düzlem röntgen görüntüleri	42
Resim 5.9 : Sirkülasyon sistemi düzeneği	44
Resim 5.10 : Turnike işlemleri uygulanan alt ekstremite fantomu	45
Resim 5.11 : Turnike işlemleri uygulanan üst ekstremite fantomu	45

1. GİRİŞ

Dolaşım sistemi sayesinde vücudun bütün hücrelerine ihtiyacı olan besin maddeleri ve oksijen, kan aracılığıyla taşınır. Aynı zamanda hücrelerde oluşan karbondioksit ve metabolik atıklar da bu sistem ile boşaltım organlarına ulaştırılmaktadır. Dolaşım sistemi; arterler, arteriyoller, kapillerler, venüller ve venlerden oluşur.

Arterler kanı dokulara yüksek basınç altında taşımaktadır. Bu nedenle güçlü damar çeperine sahiptirler ve kan arterlerde hızlı akmaktadır. Arteriyoller güçlü kas tabakaları ile sarılmıştır ve bu sayede kanın kapillerlere geçerken akımını değiştirerek kontrol edebilmektedir. Kapillerlerin ise çeperleri incedir ve porları su ve küçük moleküllü maddelere karşı geçirgendir. Kapillerler besin maddeleri, sıvı, hormon, elektrolit gibi maddelerin kan ile doku sıvısı arasında değişimini sağlamaktadır. Venüller kapillerlerden gelen kanı toplar ve birleşerek daha büyük venleri oluşturur. Venler ise kanı venüllerden kalbe taşımakla görevlidir. Şekil 1.1’de dolaşım sisteminin genel şeması ve çeşitli bölümlerindeki kan hacminin yüzdesel olarak dağılımı görülmektedir.

Kalp, kanı sürekli olarak aorta pompalar. Bu nedenle aorttaki basınç yaklaşık olarak 100 mmHg civarındadır. Arteriyel basınç; sistolik 120 mmHg ve diyastolik 80 mmHg arasında değişmektedir [1]. Ekstremitelerde vasküler yaralanmaları kişinin toplam kan hacminin yarısını kaybetmesi durumunda hayati risk taşır. Yetişkin bir insan vücudunda ortalama 6 litre kan bulunduğunu göz önüne alırsak kritik kan kaybı 3 litredir. Brakial arterde kan akışı yaklaşık 100 ml/dk dır ve üst ekstremitelerde yaralanması durumunda 30 dakikada 3 litre kan kaybedilebilir. Ana femoral arterde ise kan akışı yaklaşık 284 ml/dk dır. Alt ekstremitelerde yaralanması durumunda 10,6 dakikada 3 litre kan kaybı yaşanabilmektedir [2]. Bu nedenle ekstremitelerde yaralanmalarında kan kaybının acilen durdurulması gerekmektedir.



Şekil 1.1 : Dolaşım sisteminin bölümlerinde kan hacminin yüzdesel dağılımı

1.1 Acil Yardım Unsurları

Ülkemiz karayolu ağında 2015 yılında 1 milyon 313 bin 359 adet trafik kazası meydana gelmiştir. Bu kazaların 183 bin 11 adedini ölümlü yaralanmalı trafik kazaları oluşturmaktadır ve bu kazalar sonucunda 7 bin 530 kişi hayatını kaybetmiş, 304 bin 421 kişi de yaralanmıştır [Url-1]. 2006-2014 yılları arasında ülkemizde meydana gelen terör olaylarında 677 güvenlik gücü personelimiz şehit olmuş, 1925 personelimiz de yaralanmıştır [3]. 2015 yılından bu yana meydana gelen terör saldırılarında ise 497 kişi yaşamını yitirmiş ve 2000'den fazla kişi de yaralanmıştır [Url-2]. Trafik kazaları veya patlama gibi terör saldırısı olayları sonucu meydana gelen ekstremiteler

yaralanmalarında kişiye acilen turnike uygulanması gerekmektedir. Yaralıya geç müdahale edildiği takdirde kan kaybından yaşamını yitirebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle araçların ilk yardım kitlerinde ve ambulanslarda bulunan turnikelerin kolay, hızlı uygulanabilir ve kan akışını tamamen durdurabilir olmaları gerekmektedir.

1.2 Turnikenin Tarihçesi

Turnike; bir bandaj yapısından oluşan, ekstremitelerin ven ve arterlerindeki kan akışının kontrol edilmesini sağlayan bir donanımdır. Turnike terimi ilk olarak 1718 yılında Jean Louis Petit tarafından Fransızca'da döndürmek anlamına gelen tourner kelimesinden esinlenerek ortaya atılmıştır. İlk turnike, ekstremitenin etrafından geçirilebilen, döndürülerek sıkıştırılabilen bir vida ve onun bağlı olduğu kavisli bir parça yapısının olduğu kayış kullanılarak oluşturulmuştur. Turnike ilk olarak ampütasyon operasyonlarında kan akışını engellemek için kullanılmıştır. Yaralanmalarda kol üzerinden kanı durdurmak için günümüzdeki şekliyle kullanılabilmesi yaklaşık 150 yıl önceye dayanmaktadır [4]. İlk pnömatik turnike ise 1904 yılında Harvey Cushing tarafından bir pompa kullanılarak turnikenin şişirilmesi şeklinde uygulanmıştır [5]. Turnike ilk uygulandığı tarihten itibaren önemli bir değişiklik göstermeyerek günümüze kadar gelmiştir. Uygulama yaklaşık 4 ila 7cm eninde kumaş bir bandın genellikle ikinci bir şahıs tarafından sıkıştırılması veya bir manşonun el pompası yardımıyla şişirilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Basit gibi gözükse de doğru turnike uygulaması önemli oranda hayat kurtarabilmektedir.



2. MEVCUT SİSTEMLER VE TEZİN HEDEFLERİ

2.1 Mevcut Sistemler

Yaralanmalar sonucu kan kayıplarını engellemek, hastane acillerinde ve amputasyon gibi cerrahi operasyonlarda kullanılmak için dünya çapında çeşitli turnikeler üretilmiştir. Bu ürünlerden başlıcaları: Combat Application Tourniquet (CAT), Special Operations Forces Tactical Tourniquet (SOFTT), Emergency & Military Tourniquet (EMT), Zimmer Automatic Tourniquet System (ATS), Delfi Medical Portable Tourniquet System (PTS)'dir. NATO standartlarında üretilmiş olup sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri ve Büyük Britanya Silahlı Kuvvetlerinde kullanılan CAT ve SOFTT turnikelerinde basınç, bocurgatın (windlass) döndürülerek sıkıştırılması ile sağlanmaktadır. EMT'de manuel olarak el pompası şişirilerek basınç oluşturulmakta ve kanama durdurulmaya çalışılmaktadır. Bu turnikelerin kanamayı başarıyla durdurma oranları: EMT'de %92, CAT'te %76, SOFTT'ta ise %66'dır [6]. Hastane ve ambulanslarda ise kan akışının durdurulması için steril lateks turnikeler kullanılmaktadır. Bu turnikeler çekerek sıkıştırılıp, kitlenerek uygulanmaktadır. ATS ve PTS ise hastanelerde kullanılan büyük elektronik cihazlardır. Bu cihazlar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Günümüzde turnike olarak kullanılan cihazlar arasında otomatik olarak kan akışını durdurabilecek, portatif ve kolay uygulanabilen bir turnike sistemi bulunmamaktadır.

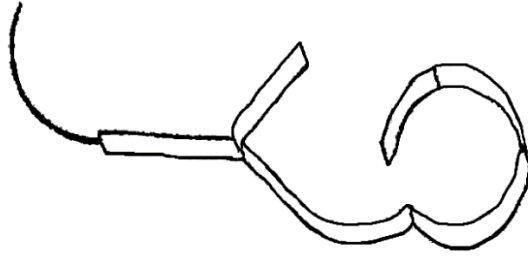


Şekil 2.1 : Mevcut turnike sistemleri

2.2 Patentler

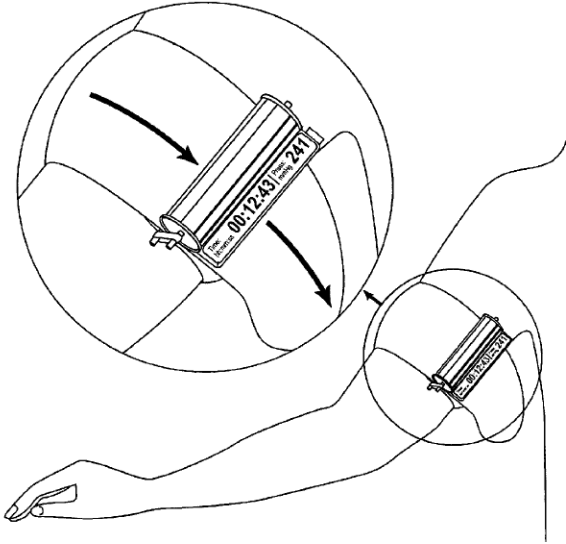
Türk Patent Enstitüsü, Amerika Birleşik Devletleri Patent ve Marka Ofisi, Avrupa Patent Bürosu ve Çin Patent ve Marka Ofisi veritabanlarında yapılan patent araştırmaları sonucunda çeşitli patentlere rastlanmıştır. Alınmış olan patentler ve özellikleri şu şekildedir:

- Üzerinde uygulanması gereken basıncı gösteren ve yarayla temas ettiğinde kanamayı daha hızlı durdurabilecek hemostatik özellikte madde içeren Şekil 2.2’de görülen “Kanamayı Durduran Bandaj, Baskı Sistemi ve Turnike” [7].



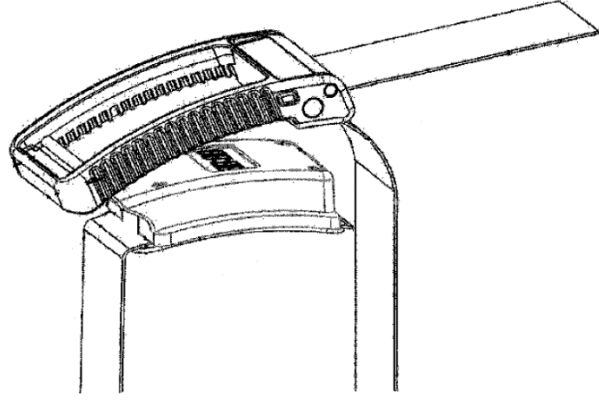
Şekil 2.2 : Kanamayı Durduran Bandaj, Baskı Sistemi ve Turnike

- Mekanik olarak sıkıştırma yapan, turnikenin bağlanma zamanını, kan akışını ve oksijen satürasyonu bilgilerini kablosuz olarak bir ana merkeze yollayabilen, fakat ürüne dönüşmemiş Şekil 2.3’te görülen “Tourniquet Timer” [8].



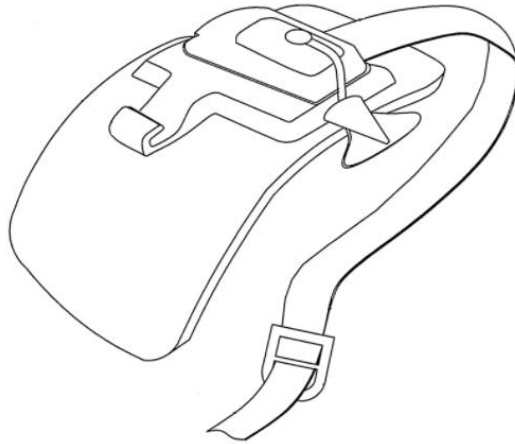
Şekil 2.3 : Tourniquet Timer

- İçerisindeki sıkıştırılmış gazı salarak turnikenin şişmesini sağlayan ve dijital zamanlayıcısı olan, Şekil 2.4’te görülen “Pneumatic Tourniquet” [9].



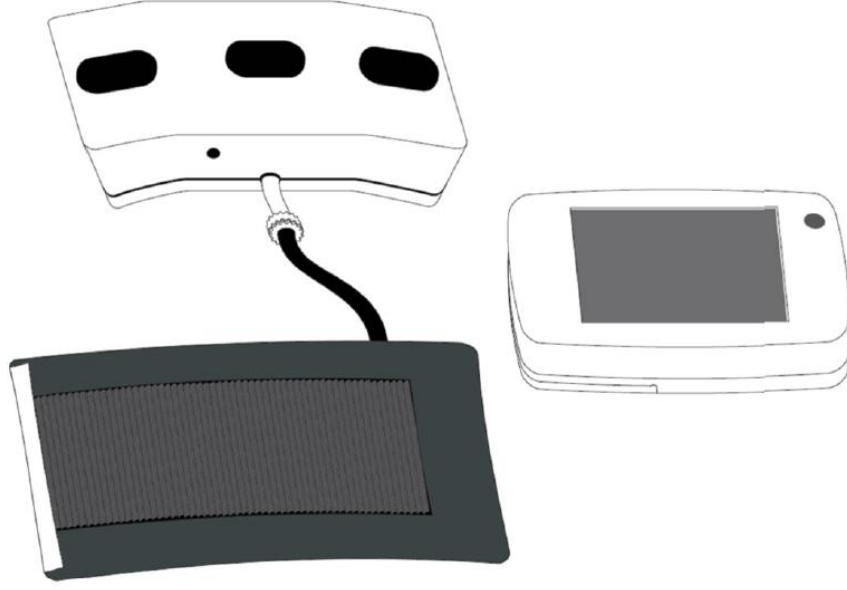
Şekil 2.4 : Pneumatic Tourniquet

- Üzerindeki manşon şişirilerek uygulanan, basınç göstergesi ve sesli uyararı olan, Şekil 2.5'te görülen “Personal Tourniquet” [10].



Şekil 2.5 : Personal Tourniquet

Ayrıca bu patentlerin dışında “Intelligent Tourniquet System” isimli otomatik olarak ortalama 196 mmHg basınç üretebilen ve basınç değeri kablosuz olarak uzaktan bir monitör sayesinde kontrol edilebilen, fakat şu anda aktif olarak kullanılmayan Şekil 2.6'daki gibi bir turnike sistemi de mevcuttur [11].



Şekil 2.6 : Intelligent Tourniquet System

2.3 Tezin Gerekesi ve İhtiyaçlar

Turnike uzun yıllardan beri süre gelen ve çok da değışmeyen basit ama hayat kurtaran bir uygulamadır. Turnike uygulaması 1.2 numaralı bölümde de anlatıldığı gibi kemer şeklinde kumaş bir bandın ekstremitte üzerine sarılıp kas dokusunun sıkıştırılmasının sağlanması ve kas dokusuna uygulanan basıncın arter üzerine baskı yapması ile kan akışının durdurulması ilkesine dayanmaktadır. Askeri uygulamalarda daha çok kemer ya da kayış şeklinde bir turnike bandının bocukat ile sıkıştırıldığı modelleri olan turnike, sağlık ocağı ve hastanelerde pnömatik olarak ekstremitteye sarılan manşonun şişirilmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Uygulama zamanı olarak daha kısa sürede gerçekleştirilebilen pnömatik turnike ile acil durum vakalarına müdahalenin hızlandırılması amaçlanmıştır. Tez kapsamında üretilen turnike sisteminde de kan akışı manşonun şişirilmesi ile pnömatik olarak durdurulmaktadır. Turnike uygulamalarında; acil yardım ve kaza durumlarında kullanılan bandaj şeklindeki turnikeyi kişinin kendisine tek başına uygulaması oldukça zordur. Yaralanma sonrası duyulan acı duygusu ve kanamaya bağlı kan basıncı dengesizliği yaralının kendisine turnike uygulamasını zorlaştırmakta, hatta can kaybına sebep olmaktadır. Turnike uygulamasının tek bir buton ile otomatik olarak yapılabilmesi durumunda turnike uygulamasını bilmeyen kişiler de rahatlıkla turnike uygulamasını gerçekleştirebilecek ve bu sayede kan kaybının neden olduğu engellenebilir ölümler azaltılabilecektir. Tez kapsamında üretilmiş olan Acil Yardım Akıllı Turnike Sistemi (AYATS) ile kullanıcı

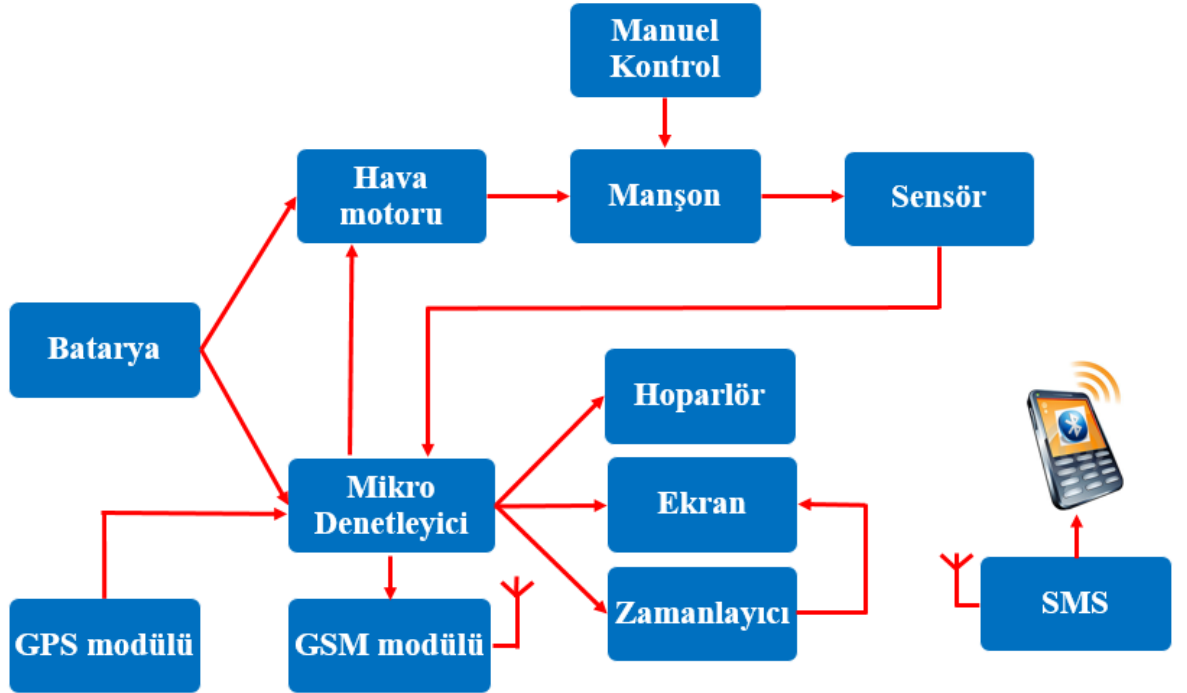
turnikeyi ekstremitesine kolay bir şekilde bağlayabilecek, bağladığı ekstremitenin adının yazdığı butona bastığı anda sistem çalışmaya başlayacak ve kullanıcının herhangi başka bir uygulama yapmasına gerek kalmadan turnike uygulaması gerçekleştirilmiş ve kan akışı durdurulmuş olacaktır.

Emniyet Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Trafik İstatistik Bülteni'ne bakılacak olursa yerleşim yerlerinde gerçekleşen trafik kazaları yerleşim yeri dışında gerçekleşen kazaların yaklaşık olarak dört katı olmasına rağmen ölümlü trafik kazası sayıları neredeyse aynı sayıdadır [Url-3]. Bu durumun sebepleri merkezi olmayan karayolu noktalarında meydana gelen kazalarda ilk yardımın kaza geçirenlere geç ulaşması veya yaralının yardım çağırırken konumunu tam olarak doğru bir şekilde verememesidir. Mevcut turnike sistemlerinin hiçbirisinde turnikenin uygulandığı konuma ait herhangi bir bilginin bir merkeze aktarılıp haber verilmesi ile ilgili bir örnek bulunmamaktadır. Bu kapsamda geliştirilen sistem özgün değer olarak; turnike uygulama basıncı, turnike uygulanma süresi ve turnikenin uygulandığı konum bilgilerini bir merkeze aktarabilmektedir. Hem Türkiye hem de Dünya pazarına bu katma değer ile girecek olan AYATS, turnike uygulamasının geliştirilerek çağın gereklerine uygun akıllı bir sistem olmasını sağlamıştır.

3. AKILLI TURNİKE TASARIMI

3.1 Sistemin Blok Diyagramı

Geliştirilmesi hedeflenen akıllı turnike sisteminin blok diyagramı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. AYATS; kullanıcıların basabileceği kol ve bacak butonları, şişirebilen manşon, manşonu şişirecek hava motoru ünitesi, hava motorunda meydana gelebilecek arıza durumunda turnikenin manuel olarak uygulanmasını sağlayabilecek el pompası, uygulanan basıncı ölçebilecek basınç sensörü, uyarı ve yönlendirmelerin gösterileceği ekran, sesli uyarı ve yönlendirme için hoparlör, turnike uygulama zamanını tutacak zamanlayıcı modülü, turnikenin uygulandığı konumu elde edebilen GPS modülü, toplanan verileri bir merkeze mesaj atabilecek GSM modülü, bütün sistemi kontrol eden ve birbirleriyle doğru bir şekilde haberleşmesini sağlayan gelişmiş bir mikrodenetleyici ve sisteme güç sağlayacak şarj edilebilir bir bataryadan oluşmaktadır.



Şekil 3.1 : AYATS blok diyagramı

3.2 Tasarım Parametreleri

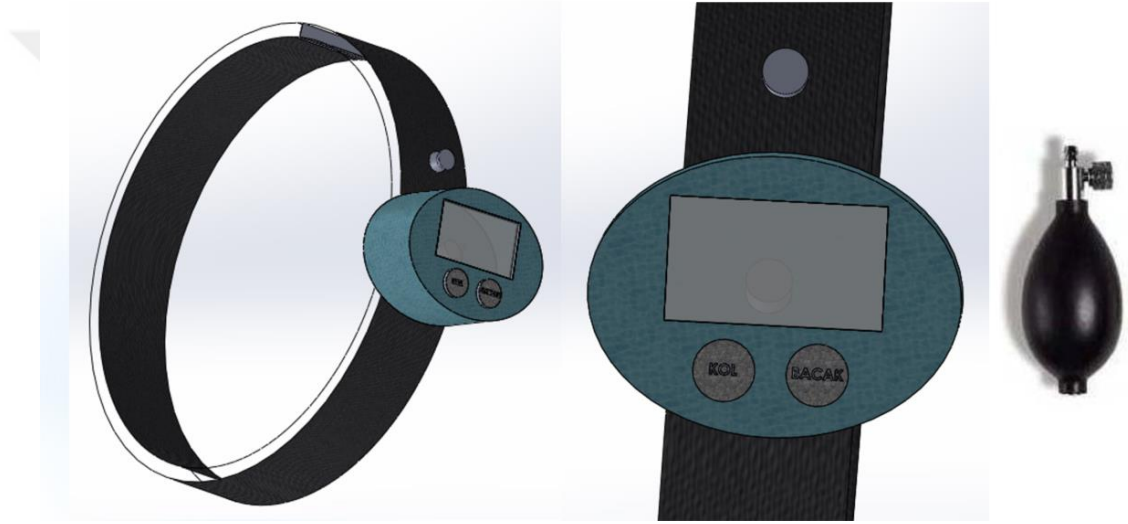
Geliştirilecek olan akıllı turnike sisteminin aşağıdaki hedeflere ulaşması amaçlanmaktadır:

- ✓ Ekstremitte yaralanmalarında aşırı kan kayıplarını engellemek için yaralanmanın olduğu ekstremitenin proksimaline bağlanarak kol için 200 mmHg, bacak için 300 mmHg basınca kadar çıkabilmesi, farklı genişliklerde ekstremitelere uyum sağlayabilmesi ve otomatik olarak uygulayarak kanamayı başarıyla durdurabilmesi,
- ✓ Yaralının kendisine kolaylıkla uygulayabilmesi,
- ✓ Üzerindeki kol ve bacak butonlarına basıldığında kan akışını durdurup tekrar harekete geçirebilmesi,
- ✓ Manuel olarak da uygulanabilmesi,
- ✓ Turnike uygulama basıncını ölçebilmesi,
- ✓ Turnike uygulanırken geçen zamanı kontrol edebilmesi,
- ✓ Turnikenin uygulandığı konum bilgisini elde edebilmesi,
- ✓ Turnikenin uygulandığı konum, uygulamış olduğu basınç ve uygulanmaya başladıktan sonra geçen süre verilerini bir merkeze kablosuz olarak iletebilmesi,
- ✓ Kaza yerindeki yaralılara müdahale edecek tüm sivil ambulans sistemlerine, hastanelerdeki, evlerdeki ve sivil araçlardaki ilk yardım kitlerinde yer alabilmesi.

Mevcut turnike sistemlerinde yukarıda sayılan hedeflerin tek bir üründe sağlandığı bir çözüm bulunmamaktadır. AYATS'ın yapılacak testler sonucunda bu hedefleri gerçekleştirebilecek ve acil durumlarda pek çok yaralının hayatını kurtarabilecek akıllı bir sistem olarak üretilmesi hedeflenmektedir.

3.3 Prototip Tasarım

AYATS'ta 3.1 numaralı bölümde bahsedilen komponentler bulunacaktır. Bu komponentler Şekil 3.2'de konsept tasarım olarak gösterilen bir kutu içerisinde toplanacaktır. Sistemin temin edilen modüller ile düzgün bir şekilde çalışması ve hedefleri gerçekleştirme sağlandıktan sonra elektronik devresi tasarlanacak, ilk çalışan prototip üretildikten sonra ticari ürün haline gelebilmesi için sistem olabildiğince küçültülecek ve tasarımlar geliştirilecektir. Tez çalışması kapsamında akıllı turnikenin hedeflenen parametreleri sağlayan ilk prototipi geliştirilmiştir. Üretim aşaması 4. Bölümde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.



Şekil 3.2 : AYATS konsept tasarımı

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi manşonun üzerinde tüm elektronik komponentleri içerisinde bulunduracak bir turnike kutusu olacaktır. Kutunun üzerinde kol ve bacak için uygulanması gereken basıncı otomatik olarak ayarlamayı sağlayan 2 adet buton bulunacaktır. Turnike kutusunun üst kısmında bulunan supap, sistemin elektronik aksamında bir sıkıntı meydana geldiğinde turnike işleminin manuel olarak el pompasıyla gerçekleştirilebilmesi için konulmuştur. Bu gibi durumlarda manuel el pompası supapa takılabilecek, sadece motorda bir arıza olması, basınç sensörü ve diğer elektronik komponentlerin çalışması durumunda ise turnike geri kalan işlevlerini yine yerine getirebilecektir.



4. AKILLI TURNİKE ÜRETİMİ

4.1 Ana Kontrol Ünitesi Tasarımı

4.1.1 Gömülü sistem mimarileri

Mikrodenetleyiciler direk ya da dolaylı yoldan yaşamı etkilemektedir. Farklı kullanım alanları bulunan mikrodenetleyiciler günümüzde mobil cihazlarda, oyun konsollarında, beyaz eşyalarda, güvenlik sistemlerinde neredeyse üretilen tüm elektronik cihazların içerisinde yer almaya başlamıştır. Mikrodenetleyiciler; veri yolu genişliklerine göre, hafızalarına göre, komut setleri ve hafıza mimarilerine göre sınıflandırılırlar.

Veri yolu genişliklerine göre mikrodenetleyiciler: 8, 16 ve 32 bit işlem yapabilme kapasitesine sahip mikrodenetleyiciler mikro ya da nano saniyede 8, 16 ya da 32 bit uzunluğunda işlemi gerçekleştirebilmektedir. 8 bitlik veri yolu genişliğine sahip mikrodenetleyicilere örnek olarak Intel 8031 / 8051 verilebilir. Bu mikrodenetleyiciler genellikle pozisyon ve hız kontrolü olan uygulamalarda kullanılmaktadır. 16 bitlik mikrodenetleyiciler yüksek hızlı uygulamalarda, servo motor kontrollerinde ve daha çok robotik uygulamalarda tercih edilmektedir. Intel 8096 ve Motorola MC68HC12 model mikrodenetleyiciler bunlara örnektir. 32 bitlik mikrodenetleyiciler ise komutlar ile aritmetik mantık işlemleri yapılmasında kullanılmaktadır. Bu mikrodenetleyiciler çok yüksek hızlı uygulamalar ve görüntü işleme algoritmalarının çalıştırılması için tercih edilmektedir. Haberleşmede ve akıllı sistemlerde kullanımı oldukça yaygınlaşan mikrodenetleyicilere Intel/Atmel 251 ailesi, PIC (Programmable Intelligent Computer) ve ARM (Acorn RISC Machine) mimarili mikrodenetleyiciler örnek olarak gösterilebilir.

Hafıza tiplerine göre mikrodenetleyiciler: Mikrodenetleyiciler gömülü hafıza ya da harici hafıza ile çalışabilmektedirler. Mikrodenetleyiciye örnek gösterilebilecek olan 8051 çipinin program ve veri hafızası bulunmaktadır. Giriş / Çıkış portları, seri haberleşmesi, sayıcı ve zamanlayıcı registerları (yazmaç) bulunan sistemin kesme

(interrupt) özelliği ile beraber tüm özellikleri bir gömülü sistemi tanımlamaktadır. Harici hafızalı mikrodenetleyicilerde ise bütün fonksiyonel gruplar gömülü sistem içerisinde yer almayabilir.

Komut setine göre mikrodenetleyiciler: Karmaşık komut setleri ile haberleşecek şekilde tasarlanmış olan mikrodenetleyicilere Complex Instruction Set Computer (CISC) denmektedir. Bu tip mikrodenetleyicilerde merkezi işlem birimi ve program komutları karmaşıktır, fakat bu bellek tasarrufu sağlar. Reduced Instruction Set Computer (RISC) mimarili mikrodenetleyiciler ise azaltılmış komut seti ile programlanıp haberleşebilmektedirler. Bunun avatajı olarak CISC mimarili mikrodenetleyicilere göre daha kolay çalıştırılabilmektedirler. CISC mimarili mikrodenetleyiciler ile birçok karmaşık komutla gerçekleştirilebilen işlemler RISC mimarili mikrodenetleyiciler ile birkaç komutla gerçekleştirilebilir.

Hafıza mimarilerine göre mikrodenetleyiciler: Mikrodenetleyiciler farklı mimarilerde üretilmektedir. Temelde iki ana tip mimari ile üretilen mikrodenetleyiciler Harvard ve Von Neumann mimarisi olarak şekillenmektedir. Harvard mimarisinde veri hafızası ve program hafızası ayrı ünitelerde bulunmaktadır. Veri yollarından işlem birimi ile haberleşen bu iki ana birim veri ve komut işlemlerini veri yolu içinde yer alan adres yolu ile gerçekleştirmektedir. Von Neumann mimarisi ile üretilmiş mikrodenetleyicilerde ise veri hafızası ve program hafızası ortak birimde yer alarak aynı veri yolu ile haberleşme sağlanmaktadır [12].

4.1.2 Mikrodenetleyici devresi tasarımı

Tez çalışmaları bir Ar – Ge projesi niteliğinde gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda turnike sisteminin elektronik altyapısı adım adım oluşturulmuş, AYATS alt sistemlere ayrılmış, alt sistemler alt birimlere ayrılmıştır. Her bir alt birimi oluşturan komponentler belirlenmiş ve tez çalışmaları kapsamında etkililiği araştırılmıştır. Güç tüketiminin düşük ve performansının yüksek olmasından dolayı başta akıllı telefonlar olmak üzere günümüzdeki çoğu elektronik alette olduğu gibi AYATS'ın kontrol sisteminde de ARM mimarili mikrodenetleyici kullanılmıştır.

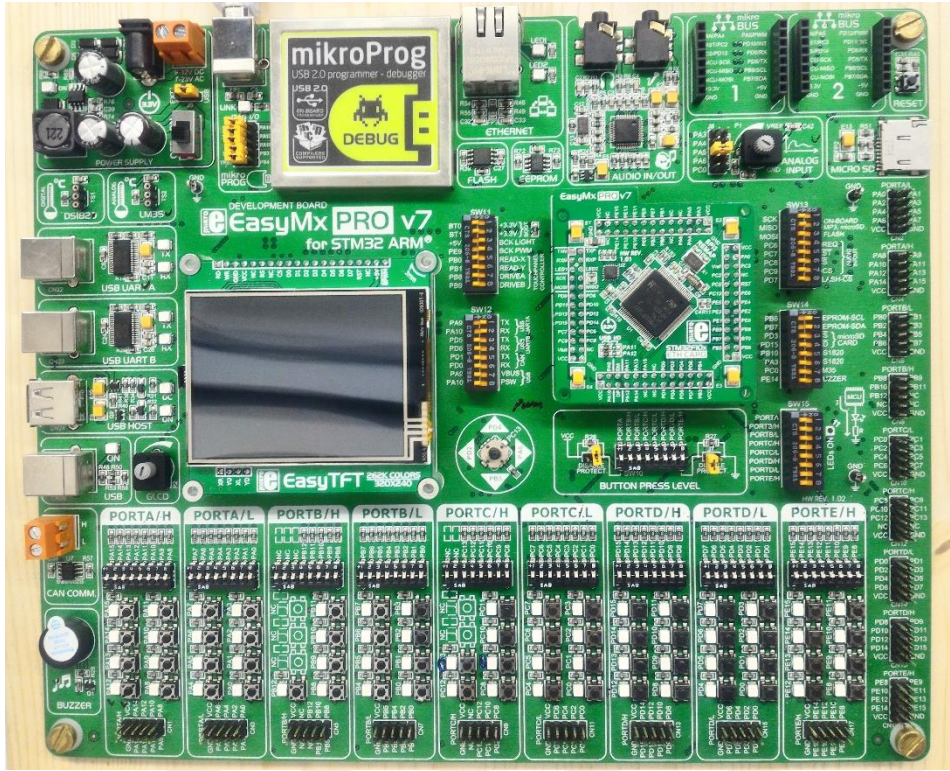
Mikrodenetleyici kullanılarak; hava motorunu süren motor sürücü ünitesi, geçen süre verisini tutabilen gerçek zamanlı saat (RTC) ünitesi, manşona uygulanan basıncı ölçebilen hava basınç sensörü ünitesi, manşon içerisindeki havanın boşaltılmasını

sağlayan boşaltma valfi ünitesi, kullanıcıya değerlendirilen verilerin ve gerekli uyarıların gösterilebildiği OLED ekran ünitesi, turnikenin uygulandığı konum verisini elde etmeye yarayan GPS ünitesi, turnike uygulama zamanı, turnike uygulanma basıncı ve turnikenin uygulandığı konum bilgisini GSM üzerinden bir merkeze göndermeye yarayan GSM ünitesi, clicker kartları ile modüler bir şekilde geliştirme kartında bir araya getirilerek birbirleri ile entegre bir şekilde haberleştirilmiştir.

AYATS; kullanıcı bilgilendirme ekranı ve ekranın sürülmesi için gerekli elektronik alt sistemi, kullanıcı sesli uyarı modülü ve modülün sürülmesi için gerekli elektronik alt sistemi, zamanlayıcı modülü ve modülün sürülmesi için gerekli elektronik alt sistemi, pnömatik hava motoru ve hava motorunun sürülmesi için gerekli elektronik alt sistemi, hava basınç sensörü ve sensörün sürülmesi için gerekli elektronik alt sistemi, GPS modülü ve GPS modülünün sürülmesi için gerekli elektronik alt sistemi, GSM modülü ve GSM modülünün sürülmesi için gerekli elektronik alt sisteminden oluşmaktadır.

ARM mimarili işlemcilerin çalışma mantığını anlamak ve AYATS'ın çevresel birimler ile veri iletiminin altyapısını oluşturmak amacıyla ARM mimarili Cortex M3 STM 32 işlemci içeren elektronik donanım ve gömülü yazılım geliştirme kiti üzerinde tez dönemi boyunca çalışmalar yapılmıştır. Resim 4.1'de gösterilen ve tez çalışmalarının Ar – Ge altyapısında kullanılan geliştirme kiti; ARM Cortex – M3 STM32 72MHz 256KB işlemci, Ethernet Controller, USB 2.0, 80 I/O pins, 4x16 bit timers, 2x12 bit ADC (Analog to Digital Converter) / DAC (Digital to Analog Converter), 5x UARTS (Universal Asynchronous Receiver / Transmitter), RTC (Real Time Clock), SWD & JTAG Debugger, TFT (Thin Film Transistor) ekran, GLCD (Graphical Liquid Crystal Display) touchpad, Audio I/O, Buzzer, Thermo Sensor

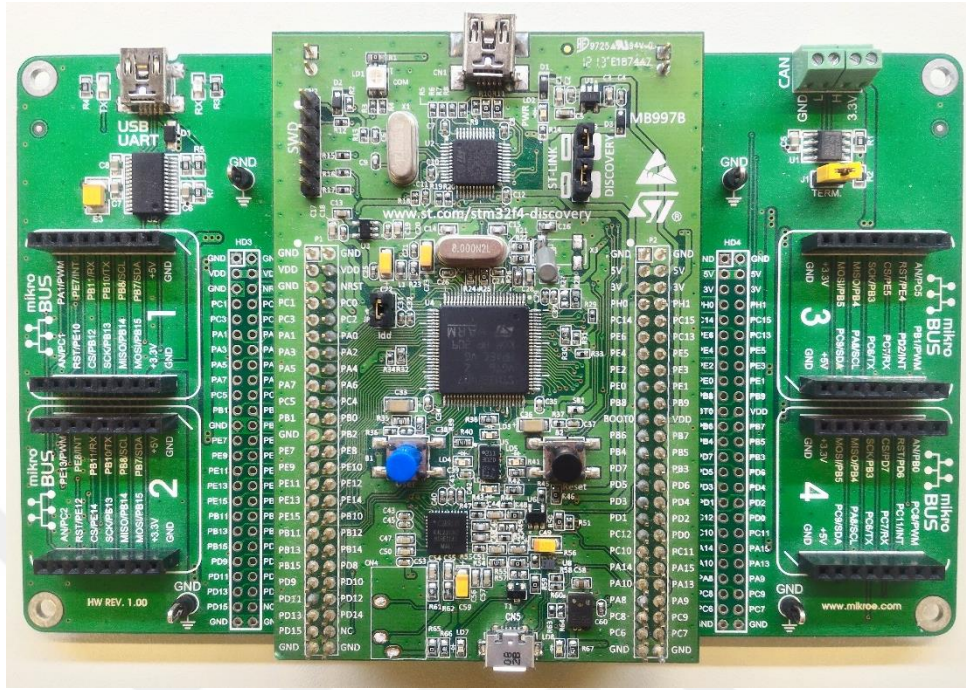
(A&D), 67 LEDS, Buton, MikroC Support modülleri bulunan ve harici olarak 2 Click ünitesinin bağlanmasını sağlayan soketlere sahiptir [Url-4].



Resim 4.1 : ARM mimarili geliştirme kartı

AYATS'ı oluştururken kullandığımız OLED ekran, RTC, hava basınç sensörü, hava motoru, boşaltma valfi, GPS ve GSM modülleri ilk olarak yukarıdaki geliştirme kartı kullanılarak ayrı ayrı çalıştırılmış, bütün modüllerin sorunsuz çalıştığına emin olduktan sonra da asıl sistemi üzerinde geliştirmiş olduğumuz Resim 4.2'de görülen, üzerinde STM32F4007VGT6 32 bit Cortex – M4 ARM mikrodenetleyicisi bulunan, 1Megabyte flash bellek hafızasına sahip, harici olarak 3V ve 5V besleme gerilimi verilebilen, 8 adet LED, 2 adet buton ve Click ünitelerinin bağlanabilmesini sağlayan 4 adet soket bulunduran STM32F4 DISCOVERY SHIELD geliştirme kiti kullanılarak tüm modüllerin bağlantıları gerçekleştirilmiş ve modüllerin birbirleriyle istenildiği

gibi haberleşmelerini sağlayan algoritma geliştirilerek mikroC PRO for ARM yazılımı kullanılarak gömülü yazılımı gerçekleştirilmiştir [Url-5, Url-6].



Resim 4.2 : STM32F4 DISCOVERY SHIELD kiti

4.1.2.1 Kullanıcı bilgilendirme ekranı elektronik alt sistemi

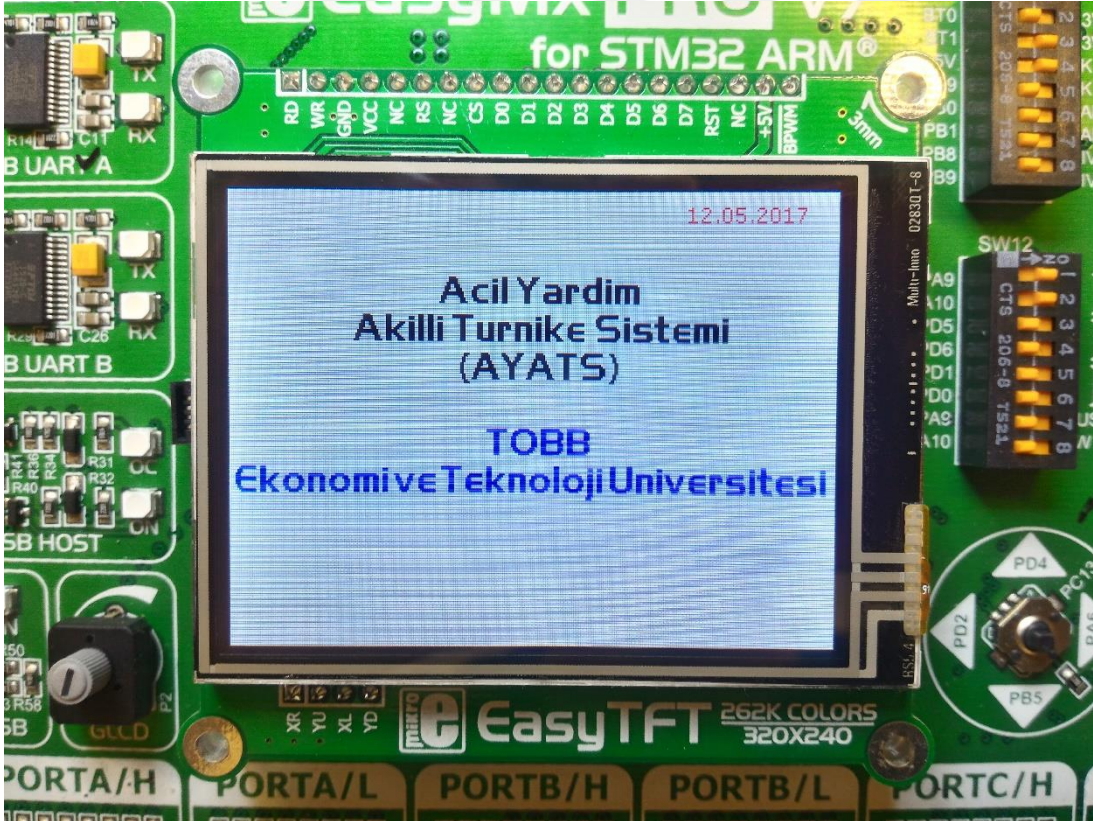
AYATS aktif olduğu andan itibaren kullanıcıya uyarı vermektedir. Bir uzvunda aşırı kan kaybı yaşayan kullanıcı panikle acil yardım ve doğru müdahale beklemektedir. Bu açıdan AYATS'ın kullanıcıyı bilgilendirmesi kişi üzerindeki stresi azaltarak kişinin soğukkanlılıkla turnike uygulamasını yapmasına katkı sağlamaktadır. AYATS üzerinde kullanıcıların sistemi çalıştırması için 3 adet buton bulunmaktadır. Bu butonlardan iki tanesi sistemin kol ve bacak için gerekli algoritmasının çalışmasını sağlamaktadır. Üçüncü buton ise sistemin sıfırlama (reset) butonudur. Kullanıcının turnikeyi doğru bir şekilde uygulayabilmesi için gerekli direktifler AYATS'ın OLED ekranında yazdırılmaktadır.

Tez çalışmaları kapsamında ilk olarak geliştirme kiti ile sırasıyla Resim 4.3 ve Resim 4.4'te gösterilen GLCD ve TFT uygulamaları yapılmıştır. AYATS'ta kullanılan ekranda farklı parametre ve uyarıların gösterilmesi için metinlerin farklı puntolar ile yazılması gerekmektedir. Bu doğrultuda GLCD ve TFT ekranda farklı puntolar

kullanılarak denemeler yapılmış, bu şekilde geliştirilecek sistemin kullanıcı arayüzünün altyapısı oluşturulmuştur.



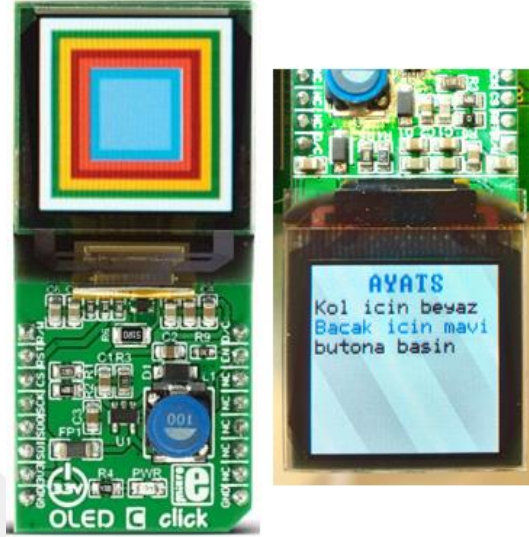
Resim 4.3 : GLCD ekran sürülmesi



Resim 4.4 : TFT ekran sürülmesi

GLCD ve TFT ekranlarda denemeler yapıldıktan sonra son üründe kullanılacak olan OLED ekran üzerinde çalışmalar yapılmıştır. OLED ekranların düşük güç tüketimi

olması, tepki sürelerinin kısa olması ve 175 dereceye varan geniş görüş açlarına sahip olması sebebiyle AYATS'ta OLED ekran kullanılmıştır. Resim 4.5'te görülen OLED Click için font kütüphanesi yazılmış ve ekranda gösterilecek uyarı ve bilgi metinleri oluşturulmuştur.

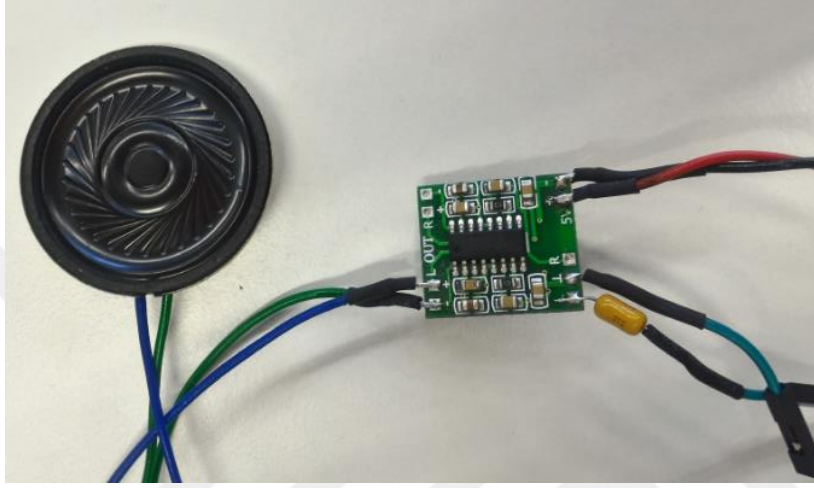


Resim 4.5 : OLED C click

4.1.2.2 Kullanıcı sesli uyarı modülü elektronik alt sistemi

AYATS'ta kullanıcının turnikeyi doğru bir şekilde uygulayabilmesi ve sistemin çalışıp verilerin merkeze yollanıp yollanamadığı bilgilerinin kullanıcıya bildirilmesi için sesli uyarı sistemi oluşturulmuştur. Bu işlem mikrodenetleyicinin Timer registerının konfigüre edilerek istenilen sürede timerın kesme oluşturması ile gerçekleştirilmektedir. Timer registerı ile mikrodenetleyicinin çıkabildiği maksimum donanım hızı çeşitli ön bölücüler ile ayarlanarak istenilen değerde kesme üretilmektedir. AYATS'ın sesli uyarıları mikrodenetleyicinin flash hafızasında tutulmaktadır. Her bir wav türündeki ses kaydı, kaydın örneklendiği frekansa göre data seti oluşturmaktadır. Bu kayıtlar oluşturuldukları sıra ile mikrodenetleyicinin DAC'sinden output edilerek Resim 4.6'da görülen ses yükselteci ile kuvvetlendirilip hoparlörden ses çıkışı yapılmaktadır. Bunun için sistemin DAC registerı konfigüre edilmiş, DAC registerının bağlı olduğu ve ses çıkışı yapacak mikrodenetleyici pini analog input olarak konfigüre edilmiş, timer registerı mikrodenetleyici işlemci frekansına göre kaydın uzunluğu kadar içindeki counterın sayması için konfigüre edilmiştir. Tüm bu işlemler yapıldıktan sonra sistemin defaultta koşan ana kodu içerisinde timer modülü aktif edildiği anda timer kayıt uzunluğu kadar sayarak her bir

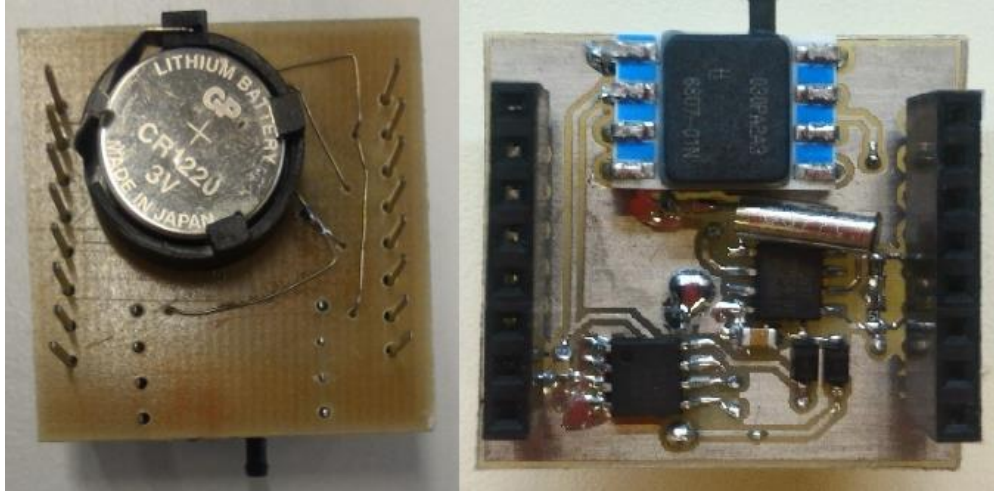
sayma işleminde kaydın bulunduğu dosyanın indis adreslerine erişerek o adresin kayıtlı tuttuğu datayı DAC modülüne aktarmaktadır. Böylece kayıt uzunluğu kadar geçecek bir sürede timer donanımsal olarak sayma işlemi gerçekleştirerek kaydın ana kodda gerçekleşen ve CPU (Central Processing Unit) tarafından koşturulan koddaki işlemlerden bağımsız olarak AYATS'ın hoparlöründen uyarı - bilgilendirme ses kayıtlarını çalması sağlanmaktadır.



Resim 4.6 : Ses yükselteci ve hoparlör

4.1.2.3 Zamanlayıcı modülü (RTC) elektronik alt sistemi

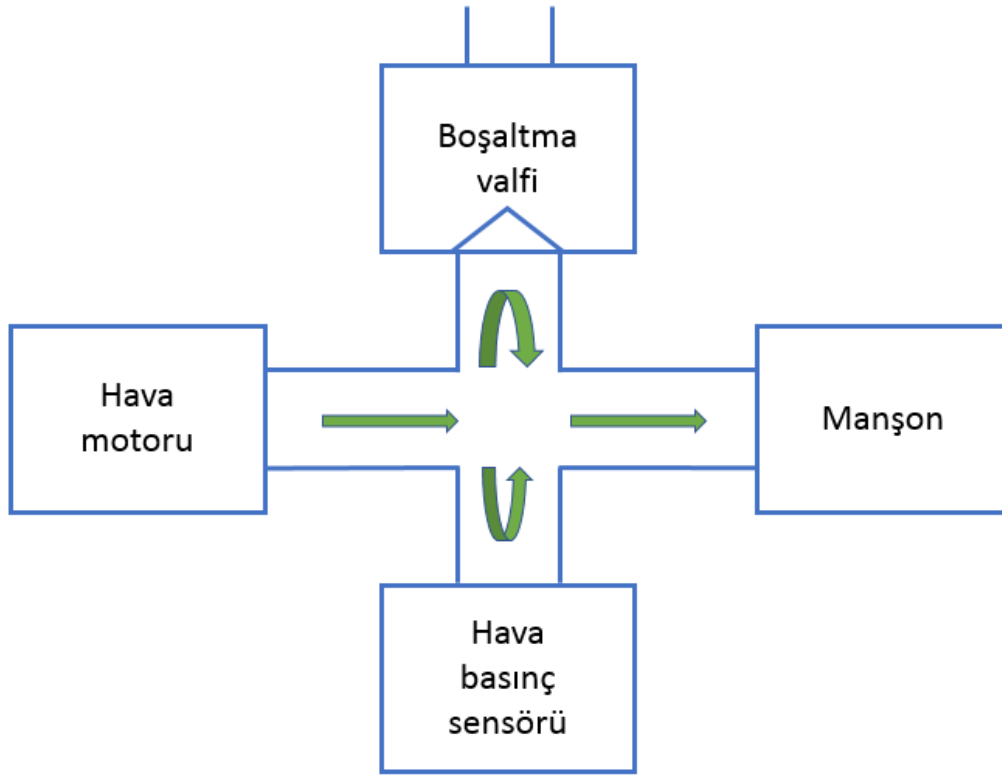
Turnikenin uygulandığı ekstremitenin kangren olmaması için turnike uygulanmaya başladıktan sonraki her saatte bir 5 dakika süreyle gevşetilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için turnikenin uygulanmaya başladıktan sonra geçen süre bilgisinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiyi elde etmek için AYATS'ta Resim 4.7'de görülen RTC modülü kullanılmıştır. RTC üzerinde belirli bir frekansta puls üreten kristal osilatör bulunmaktadır. AYATS'ta kullanılan RTC'de osilatör frekansı 32768 Hz'tir. $32768 \cdot 2^{15}$ nin 15inci kuvvetidir. Osilatörün pulslarını binary bir sayaç olarak düşünersek 16 bitlik registerda ilk bit 32769. pulsta 1 olur. Yani sadece ilk bite bakılacak olursa her saniye geçtiğinde ilk bit 1 olur, daha sonra sayaç sıfırlanır. Modül de bu şekilde saat dakika ve saniye verisini sayabilir [13]. AYATS'ta RTC modülü kullanılarak sistem çalışmaya başladığında sayaç başlatılmaktadır ve bu süre verileri kullanılarak boşaltma valfinin ve motorun çalışması kontrol edilmekte, aynı zamanda turnike uygulanma süresi de elde edilmektedir.



Resim 4.7 : RTC devresi

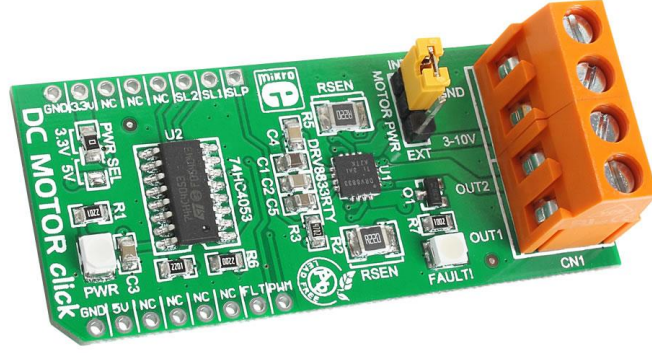
4.1.2.4 Pnömatik hava motorunun elektronik alt sistemi

Acil durumlarda yaralılar tarafından kullanılacak olan AYATS, pnömatik olarak kan akışını durduran akıllı bir sistemdir. AYATS, bir manşon içerisine hava basılması ile bağlanacağı alt veya üst ekstremitenin arterindeki kan akışını durdurmaktadır. Turnike işlemi manşonun turnikenin uygulandığı ekstremiteye yüzeysel olarak baskı yapması ile gerçekleştirilmektedir. Manşon içerisine basılan hava, bir hava motoruyla dış ortamdan alınarak kapalı pnömatik akış sistemine basılmaktadır. Pnömatik sistem Şekil 4.1’de gösterildiği gibi 4 ana birim ve bu birimler arasındaki bağlantı borularından (silikon hortum) oluşan kapalı bir devredir. Pnömatik devre oluşturulması; hava motoru, manşon, boşaltma valfi ve basınç sensörünün temini ile başlamış, her birinin sisteme entegrasyonu ile tamamlanmıştır.



Şekil 4.1 : Pnömatik akış sistemi

Literatürde, yapılan çalışmalarda üst ekstremité için ortalama 140 mmHg, alt ekstremité için ise ortalama 229 mmHg lık basınç değerlerinde arterdeki kan akışının durduğu görölmüştür [14]. AYATS'ta kullanılan hava motoru 750 mmHg lık hava basıncına kadar çıkabilmektedir. Hava motoru, giriş ve çıkış kanalları arasındaki hava akışını fırçalı DC motor yardımıyla sağlayan elektronik bir sistemdir. Pnömatik hava motoru, sistemin kontrolcüsü tarafından Resim 4.8'de görölen DC Motor Click motor sürücü kartı kullanılarak sürölmektedir. Sürücü entegresi kontrolcü tarafından gelen dijital sinyalle pinlerine bağlı olan hava motorunu çalıştırarak pnömatik hava akış sistemine havanın gönderilmesini sağlamaktadır.

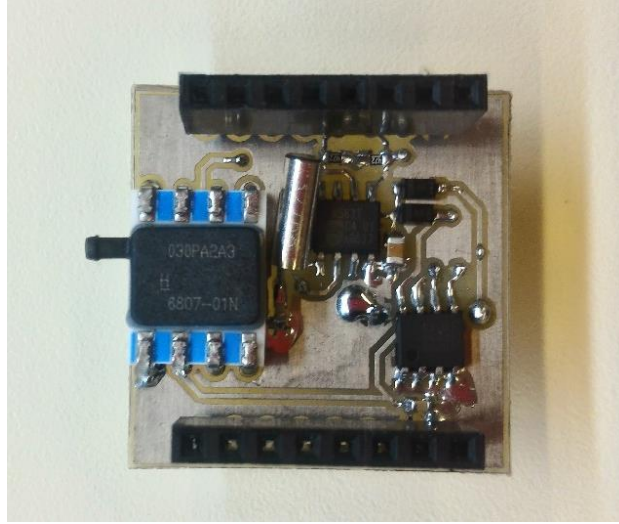


Resim 4.8 : DC motor click motor sürücü kartı

Turnike işlemleri sırasında yaralanma olan ekstremitedeki kan akışı tamamen durdurulmaktadır. Ekstremitelerdeki kan akışının uzun süre durdurulması kan akışının durdurulduğu noktanın distalindeki dokularda perfüzyonun azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle turnikenin uygulandığı noktanın distalindeki bölgede kangren oluşmaması için turnike saatte bir 5 dakika süre ile açılarak kan akışı sağlanmalı ve sonra tekrar sıkılmalıdır [15]. Bunu sağlamak için turnike işleminin ikinci aşaması olan gevşetme işleminde boşaltma valfi sayesinde manşondaki hava boşaltılmakta, 5 dakika sonra da tekrar turnike uygulaması gerçekleştirilerek turnikenin uygulandığı ekstremitedeki kan akışı durdurulmaktadır.

4.1.2.5 Hava basınç sensörünün elektronik alt sistemi

Kullanıcı hatalarına bağlı olarak manuel turnike uygulamasının etkili bir şekilde sonuçlanması imkansızlaşır. Yaralanmaya bağlı kan kaybı sırasında kişinin kanama şiddetinin azalması yaşam süresini artırsa da tamamen durdurulamaması, şok ve devamında yaşam kaybını getirebilmektedir. Bu sebeple turnike uygulamalarında uygulanan turnike basıncının bilinmesi hayati açıdan önem taşımaktadır. AYATS'ın pnömatik akış sistemi yukarıda 4.1 nolu şekilde gösterilmiştir. Sistem kapalı bir hava akış türbini gibi çalışmaktadır. Akış şiddetinin enstrümantasyon olarak ölçülebilmesi için Resim 4.9'da görülen basınç sensörü devresi kullanılmıştır. Analog olarak havayı giriş valfinden alan sensör iç sistemindeki diyaframı gerdirmektedir. Bu sayede çıkış pini ile toprak arasında kapasitif değişime bağlı gerilim seviyesini değiştirmektedir. Kullanılan sensör 1500 mmHg basınca kadar ölçüm yapabilmektedir.



Resim 4.9 : Basınç sensörü devresi

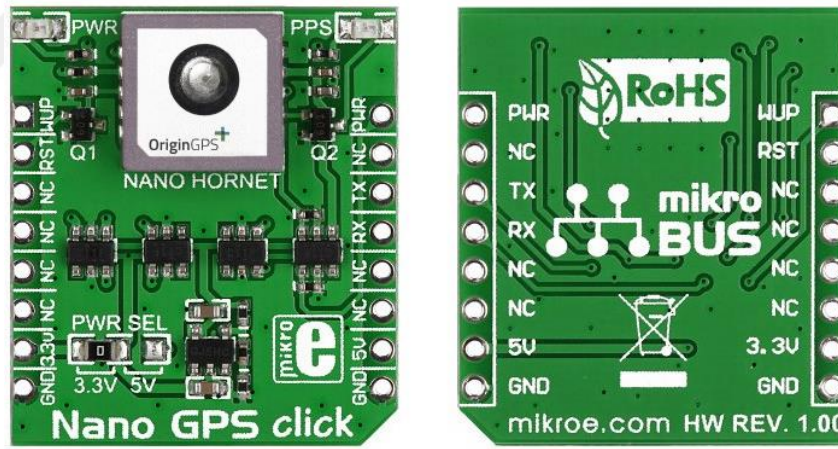
Analog çıkışı olan basınç sensörü pnömatik akış sisteminin anlık basınç seviye değişimine göre bu çıkışı dalgalandırmaktadır. Bu değer bir merkeze gönderilebilmesi için kontrol biriminin bu bilgiyi kayıpsız olarak GSM modülüne aktarması gerekmektedir. 12 bitlik çözünürlüğe sahip olan ADC'si bulunan mikrodenetleyici 0 - 3.6 V arasını 4096 bite bölmektedir. Bu şekilde her 0.88 mV luk değişim için ADC çıkışı bir bit değişim göstermektedir. Yüksek hassasiyete sahip olan sistem ile pnömatik akış sisteminin kapalı devre basıncı neredeyse kayıpsız olarak sistem kontrolcüsünün EEPROM'una kaydedilmektedir. Daha sonraki bölümlerde anlatılacak olan GSM modülü, kontrolcünün EEPROM'dan aldığı sistem basınç bilgisini 20 dakika ara ile merkeze aktaracaktır.

4.1.2.6 GPS modülü elektronik alt sistemi

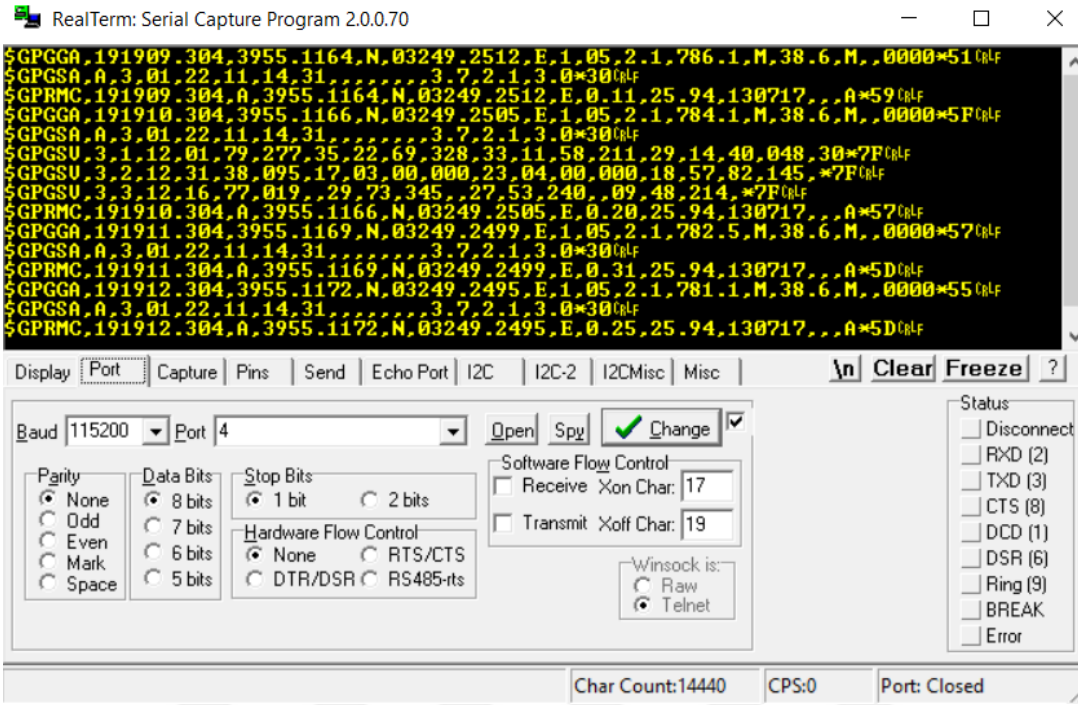
GPS, 1970li yılların başlarında ABD Savunma Bakanlığı'nın askeri amaçlı olarak konum belirleme gereksinimleri sonucu geliştirilmiştir. İlk uydu 1987 yılında yörüngeye fırlatılmış ve sistem 1995 yılında faaliyete geçmiştir [16]. 18 Nisan 2017 itibarıyla Dünya yörüngesinde kullanıma hazır bulunan 31 uydu bulunmaktadır. Bu uyduların 24 tanesi sürekli olarak çalışmakta, diğerleri ise herhangi bir uydunun çalışmaması halinde devreye girmek üzere beklemektedir. Her uydu Dünya üzerine radyo sinyalleri gönderir. Bir GPS modülüyle bu sinyaller alındığında sinyalin gelmesine kadar geçen süre verisinden o uydunun modüle olan uzaklığı hesaplanabilir. Konum bilgisinin hesaplanabilmesi için modüle en az 3 uydudan uzaklık bilgisi gelmelidir. 3 uydudan gelen uzaklık bilgilerine göre modülün bulunduğu konum enlem

ve boylam olarak elde edilebilmektedir. Bir uydudan gelen sinyalle hesaplanan uzaklık verisini yarıçap olarak kullanarak o uydunun bulunduğu konum merkez alınacak şekilde bir küre çizildiğinde modülün o küre üzerinde herhangi bir noktada bulunabileceği çıkarımında bulunulabilir. Bir uydudan daha uzaklık bilgisi geldiğinde aynı şekilde bir küre düşünülürse bu iki kürenin kesişim noktalarından birisinde olduğumuz çıkarımında bulunulur. Tam olarak hangisinde olduğumuz bilgisinin elde edilebilmesi için ise üçüncü uyduya ihtiyaç duyulur. Üçüncü uydunun merkezinden de aynı şekilde bir küre çizildiğinde bu üç kürenin kesişim noktası modülün bulunduğu konumu vermiş olur [Url-7].

GPS modülünün uydulardan aldığı veriler seri port yardımıyla görüntülenebilir. AYATS'ta kullanılan GPS modülü Resim 4.10'da gösterilmiştir. Modül Resim 4.11'de görüldüğü gibi NMEA (National Marine Electronics Association) protokolü olarak adlandırılan, \$GP ile başlayan birçok veri döndürür. Bu verilerden \$GPGGA ile başlayan Global Positioning System Fix Data verisi, saat bilgisini ve derece - dakika olarak enlem boylam bilgisini verir.



Resim 4.10 : Nano GPS click modülü



Resim 4.11 : GPS modülünden okunan veriler

GPS modülünün verisini ele alırsak;

\$GPGGA,191909.304,3955.1164,N,03249.2512,E,1,05,2.1,786.1,M,38.6,M,*51

Burada ilk virgülden sonraki kısım bize saat bilgisini saat, dakika ve saniye olarak verir (19:19:09). İkinci virgülden sonraki kısım enlem bilgisini derece ve dakika olarak verir (39°, 55.1164'). Sonraki N harfi ise north'u, yani kuzey yarım küreyi temsil eder. Bir sonraki kısım ise derece ve dakika olarak boylam verisidir (32°, 49.2512'). Sonraki E harfi de east'i, yani doğu yarım kürede olduğumuz bilgisini bize verir. Derece ve dakika verisinden standart enlem - boylam (latitude - longitude) bilgisini elde etmek için dakika bilgisi 60'a bölünüp derece verisiyle toplanır. Bu örnekte enlem: $39 + 55.1164/60 = 39.9186$ olarak, boylam da $32 + 49.2512/60 = 32.8209$ olarak hesaplanır. Bir sonraki kısımdaki 1 sayısı GPS verisinin kalitesini verir. Bu sayının 0 olması durumunda konum belirlenemez. Geri kalan verilerde ise modülün kaç uyduyu gördüğü bilgisi, hassasiyet bilgisi ve modülün deniz seviyesinden yükseklik bilgileri bulunur. En sondaki 51 sayısı ise bir kontrolcü olarak kullanılır (checksum). Veriler XOR'lanarak bu değer elde edilir. Uydudan gelen checksum değeri ile diğer verilerden hesaplanan değer karşılaştırılarak bir bayt verinin bile yanlış alınması durumunda verinin tam olarak doğru alınmadığı bilgisi elde edilmiş olur [Url-8].

Tez çalışmasında GPS modülünden gelen bu veri paketinin ilgilendiğimiz kısmı olan konum bilgisi ayrıştırılmış ve bir sonraki bölümde anlatılacak olan GSM modülü kullanılarak SMS yoluyla bir merkeze iletilmiştir.

4.1.2.7 GSM modülü elektronik alt sistemi

Kablosuz iletişim günümüzde en hızlı gelişen endüstrilerden biridir. Kablosuz iletişimde kullanılan GSM, sayısal modülasyon, ağ mimarileri ve topolojilerini belirleyen ilk hücresel telekomünikasyon sistemidir. GSM 1991 yılında Avrupa’da ilk kez piyasaya sürülmüştür ve şu an günümüzde kullanılan en yaygın hücresel standarttır [17].

AYATS’ta GSM modülü olarak Resim 4.12’de görülen GSM Click kullanılmıştır. GSM modülünde haberleşme AT (Attention) komutları ile sağlanır. Modüle yaptırmak istenilen işlemler AT ile başlayan ve satır başına dönüş karakteri olan carriage return (<CR>) ile sonlanan komutlar şeklinde yollandığında modül de cevap olarak bilgi gönderir. Modülle haberleşmenin sağlanabildiğinin testi için ilk olarak modüle sadece AT komutu gönderilir. Bu komuta modülden OK cevabı geliyorsa haberleşme düzgün bir şekilde sağlanıyor demektir. GSM modülü ile SMS yollamak için modüle AT+CMGF=1 komutu gönderilir. Modül yine OK geri dönüşünü verdiğinde mesaj gönderilmek istenen numara AT+CMGS=“+905...” şeklinde modüle yollanır. Daha sonra gönderilmek istenen mesaj modüle yollanır. Son olarak da ASCII olarak 26 karakteri modüle yollanır. Mesaj başarılı bir şekilde gönderildiyse modül cevap olarak +CMGS:1 verir. Gönderilemediyse de ERROR cevabını verir. Bu şekilde modüle komutlar gönderilerek ve modülden gelen cevaplar kontrol edilerek istenilen zamanlarda istenilen numaraya istenilen mesaj bilgisi gönderilebilmektedir. AYATS’ta kullanılan GSM modülü turnike basıncını, turnikenin uygulandığı konunun enlem ve boylam bilgilerini ve turnike uygulanmaya başladıktan sonra geçen süre verilerini merkez olarak belirlenen bir cep telefonuna Resim 4.13’te görüldüğü gibi mesaj atmaktadır.



Resim 4.12 : GSM click modülü



Resim 4.13 : GSM modülünden cep telefonuna gelen mesajlar

4.1.3 Haberleşme protokolleri

Mikrodenetleyiciler işlemleri sırayla yapan, çalışma frekansları oldukça yüksek işlem birimleridir. Yüksek çalışma frekansları sayesinde çok hızlı işlem yapabilmektedirler. Bu sayede işlemler sıra ile yapılmış olmasına rağmen neredeyse aynı anda yapılacak kadar hızlı gerçekleştirilmektedir. Mikrodenetleyiciler yaptıkları işlemleri giriş ve çıkışlarındaki gerilim seviyesi değişimlerine göre ayarlamaktadırlar. Mikrodenetleyicilerin mimarilerine ve üretilme prosedürlerine göre pin sayısı değişebilmektedir. Mikrodenetleyicilerin dijital ve analog olmak üzere giriş çıkışları donanımsal olarak gerilim değişimlerini anlamlandırabilecek şekilde üretilmektedir. Analog portların 0 – 3.3 V gerilim seviyeleri arasında mikrodenetleyicilerin sahip oldukları ADC'lerin çözünürlükleri kadar değişimi mantıksal olarak anlamlandırabilme kabiliyetleri vardır. Dijital portların ise 0 – 3.3 V arasındaki

değerler içinde sadece mantıksal olarak 0 ve 1 değerlerini anlamlandırabilme kabiliyetleri vardır. Mikrodenetleyicilerin içerisinde; portlarına gelen ve gönderilen 1 ve 0 değerlerinin saklandığı ve yönlendirildiği register denen birimler mevcuttur. Registerlar mikrodenetleyicilerdeki verilerin tutulmasını sağlayan depo ve işlem birimleridir. Registerlar birbirleri ile farklı bit genişliklerindeki veri yolları ile haberleşmektedir. Registerlar mikrodenetleyicinin çevresel elemanlar ile de haberleşmesini sağlamaktadır. Bu şekilde mikrodenetleyiciye bağlı olan ve I²C (Inter Integrated Circuit), SPI (Serial Peripheral Interface), UART haberleşme protokolleri ile haberleşilen cihazlara ait çalıştırılma prosedürleri, alınan ve gönderilen veriler mikrodenetleyicinin registerlarında muhafaza edilmektedir. Modüllerin birbiri ile haberleşmesi mikrodenetleyici ile sağlanmaktadır. AYATS'ta kullanılan modüller;

Basınç sensörü → I²C

Boşaltma valfi → Dijital çıkış

RTC → I²C

GPS → UART

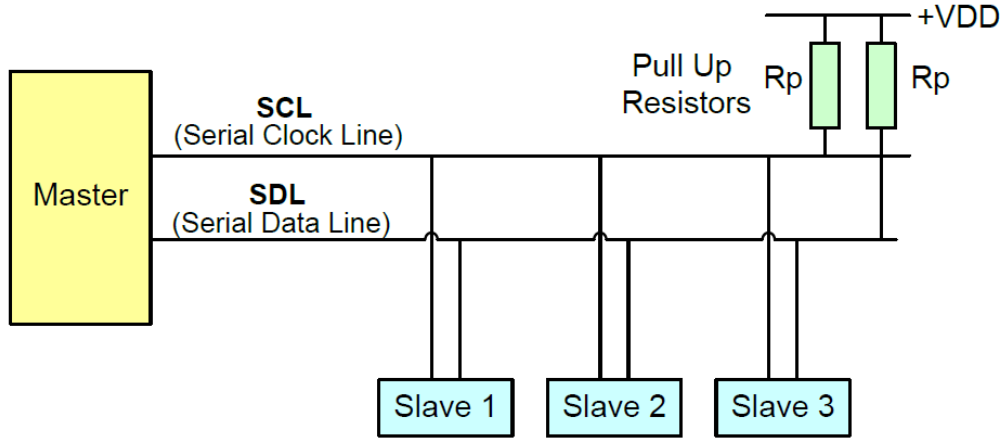
GSM → UART

OLED ekran → SPI

protokolleri ile çalışmaktadır. Mikrodenetleyicilerin çevresel modüller ile haberleşmesinde farklı protokoller izlenmektedir. Haberleşme protokolleri:

I²C: Birçok cihazın aynı veri yolu ile bağlanabildiği ve cihazlar arasında yavaş veri transferi sağlayan bir haberleşme protokolüdür. I²C veri yolu, çift yönlü veri yolları ile bu yollara bağlı olan çevresel elemanların mikrodenetleyici ile haberleşmesine olanak sağlamaktadır. I²C protokolü master ve slave ilişkisini kullanmaktadır. Mikrodenetleyici genellikle master olmaktadır, slaveler ise RTC, ivmeölçer, basınç sensörü gibi çevre elemanlarıdır. I²C metodu iki veri hattına sahiptir. Bunlardan birisi SDA (Serial Data Line) diğeri SCL (Serial Clock Line) dir. Şekil 4.2'de gösterilen SDA veri yolu slaveden mastera ya da masterdan slave e veri gönderilmesini

sağlamaktadır. SCL ise master ve slave modülleri arasında veri transferinin sağlanması için gerekli senkron bilgisini sağlamaktadır.

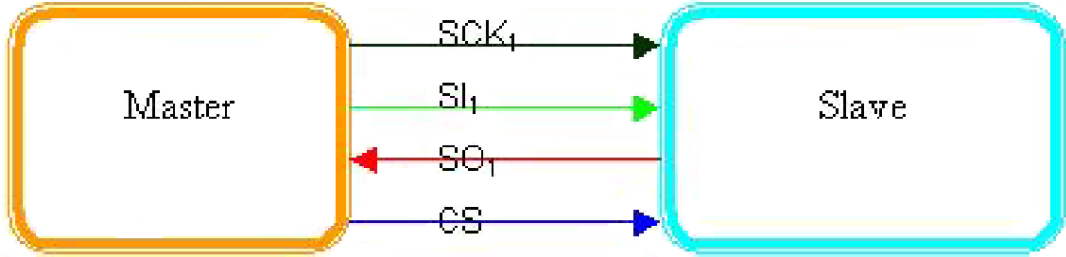


Şekil 4.2 : SDA veri yolu

Slave olan modüller veri yollarına açık kollektör (open collector) olarak bağlanmışlardır. Slavelerin veri hattının masterin giriş anahtarlama elemanına dirençsiz olarak bağlanmasına open collector modu denir. Bu durumda masterin anahtarlama elemanı açıldığı anda veri yolu, besleme ile kısa devre olur. Bu durumun engellenmesi için besleme hattı pull up direnci ile korunmalıdır. Hem SDA hem SCL iki yönlü veri yoludur. Sistem performansının artması için iki yolun da kapasitif olarak yüklenmesi gerekmektedir. Buna ek olarak I²C spesifik olarak tüm hatlarında 400pF lık kapasiteye izin vermektedir. Böylelikle clock sinyalinin yükselen ya da alçalan kenarlarında 400 kHz lik hızlara çıkılabilmektedir. I²C standart modda 100 kbit/s hızlarda haberleşirken, hızlı modda 400 kbit/s hızlara kadar çıkabilmektedir [18, Url-9].

SPI: Birçok farklı üründe kullanılan haberleşme protokollerinden birisidir. SPI senkron olarak seri veri gönderilmesini sağlamaktadır. Tam çift yönlü (full duplex) veri taşınmasını sağlayan SPI, aynı veri yolu üzerinden iki yönlü olarak simultane bir şekilde veri aktarımını sağlamaktadır. SPI ile haberleşen cihazlar master - slave ilişkisini kullanmaktadır. Master konumundaki cihaz veri yapısını başlatmaktadır. Master, clock sinyalini başlatıp slave olan cihazı seçtiği zaman veri iki yönde de transfer olabilmektedir. SPI haberleşme protokolünde 4 ana transfer sinyali mevcuttur. Bunlar sırasıyla SCK₁ (Serial Clock) seri clock sinyali, SI₁ (Slave Data Input) slave cihazına master ünitesinden veri gönderilmesini sağlayan veri sinyali, SO₁ (Slave Data

Output) master cihazına slave birimlerinden veri gönderilmesini sağlayan veri sinyali ve CS (Chip Select) master ünitesinin veri göndereceği slave birimlerini seçmesini sağlayan veri sinyalidir. SPI'nın temel haberleşme protokolü şekil 4.3'te görülmektedir.

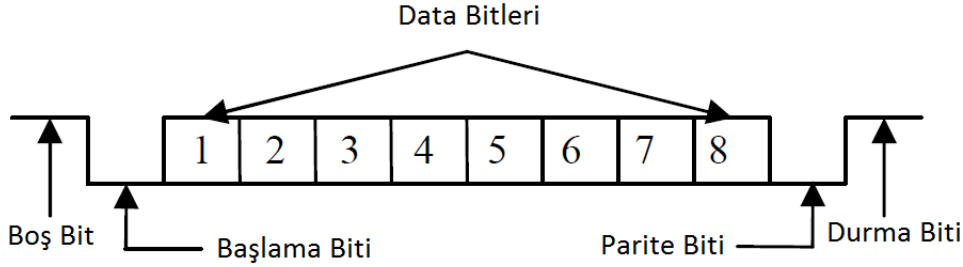


Şekil 4.3 : SPI haberleşme protokolü master - slave ilişkisi

SPI protokolündeki basitlik ve I²C ye kıyasla mevcut olan haberleşmenin 2 kanal yerine 4 kanal üzerinden olması veri transferinin hızlanmasını sağlamaktadır. Bu durumda SPI haberleşme hızı 20 Mbit/s olabilmektedir. SPI haberleşme protokolünde veriler her bit için kayarak gelir ve her gelen clock sinyalinin zıt kenarında veri gönderilmiş olur [Url-10].

UART: Tam çift yönlü olarak seri hat üzerinden sistemlerin birbirleri ile haberleşmesini sağlayan bir protokoldür. UART haberleşmede; gönderici birimden alıcı birimine veri alınmasını sağlayan RX ve gönderici birimden alıcı birimine veri gönderilmesini sağlayan TX olarak sadece iki tip sinyal mevcuttur. Sinyaller logic 1 ve logic 0 lar ile iki birim arasında aktarılmaktadır. Logic seviyeler gönderici ve alıcı birimlerin önceden belirlenmiş maksimum besleme gerilimlerine göre değişmektedir. UART haberleşmesi ile veri kelimesinin iletilmesi başlangıç bitinin gönderilmesi ile başlamaktadır. Başlangıç biti gönderildikten sonra kelimeye ait en düşük basamaklı biti LSB (least significant bit) gönderilmektedir. Her bir bit aynı süre içerisinde gönderilmelidir. Alıcı başlangıç biti ve ondan sonra gelen bitin arasında geçen süreye göre her bir datayı aynı zaman dilimi içerisinde beklemektedir. Tüm veri gönderildiğinde gönderici bir parite biti de gönderebilir. Parite biti gönderilen verinin doğru gönderilip gönderilmediğinin kontrolünün sağlandığı hata kontrol biti olarak adlandırılmaktadır. Parite biti gönderildikten sonra durma biti de gönderilerek

aktarılmak istenen kelimenin tamamı karşıya aktarılmaktadır. Şekil 4.4'te UART haberleşmesine ait veri gönderme sıralaması yer almaktadır.



Şekil 4.4 : UART haberleşme protokolü ile veri gönderimi

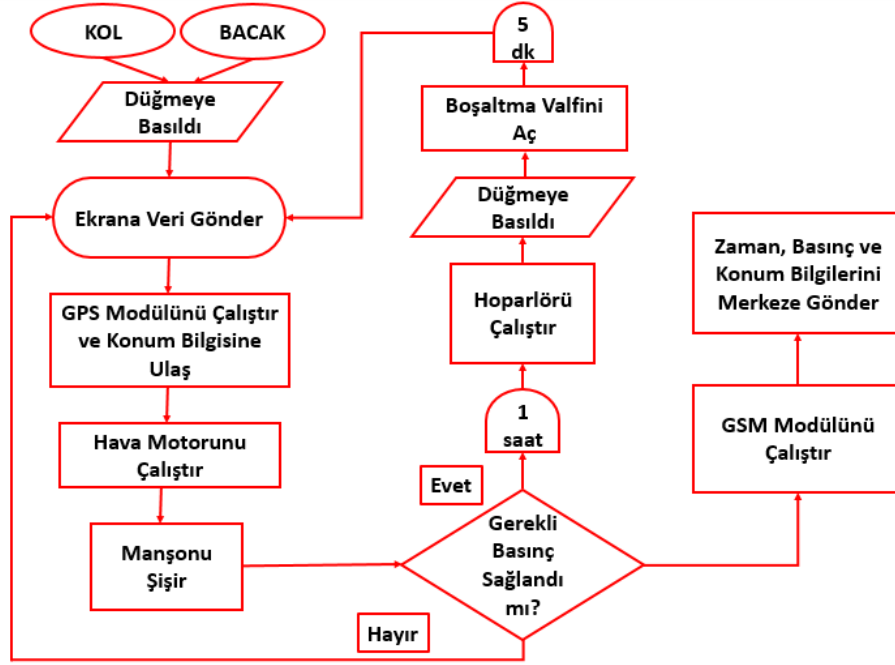
UART seri haberleşme modülü 3 alt modüle bölünebilir. Bunlar sırasıyla baudrate üretici, algılayıcı ve gönderici modüldür. Baudrate üretici lokal clock sinyali üretmektedir. Bu şekilde RX ve TX modülleri bilinen bir frekansta haberleşme sağlamaktadır. UART algılama modülü RXD üzerinden gönderilen seri veriyi paralel veriye dönüştürmektedir. UART gönderici modülü bayt tipindeki verileri belirlenmiş formatta seri verilere çevirmektedir.

Baudrate üretici aslında bir frekans bölücü olarak görev yapmaktadır. Baudrate, işlemcinin maksimum frekansını belirli değerler için bölmektedir. Bu şekilde işlemci TIMER registerı içerisinde belirlenen değere kadar sayıp veriye ait bir biti gönderici modülüne iletmektedir. Bu şekilde bir saniyede istenilen sayıda bit karşı tarafa seri olarak iletelebilmektedir. Seri portların en çok kullandığı baudrate değerleri; 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 56000, 57600, 115200'dür. Yüksek işlemci hızına sahip modüller arasında ise 128000, 153600, 230400, 256000, 460800, 921600 baudrate hızlarında veri transferi gerçekleştirilebilmektedir [19].

4.2 Sistem Algoritması

Şekil 4.5'te verilen blok diyagram AYATS'ın yazılımsal algoritmasını göstermektedir. Algoritma, mikroC PRO for ARM yazılımı kullanılarak geliştirilmiştir. Sistem algoritması mikrodenetleyicinin kullanacağı tüm pin ve registerlarının tanımlanması ile başlamaktadır. Gömülü sistemlerin tasarlanıp geliştirilmesi aşamalarında yazılımın gömüldüğü merkezi işlemci ile çevresel elemanların hangi pinler üzerinden hangi haberleşme protokolleri ile haberleşecekleri

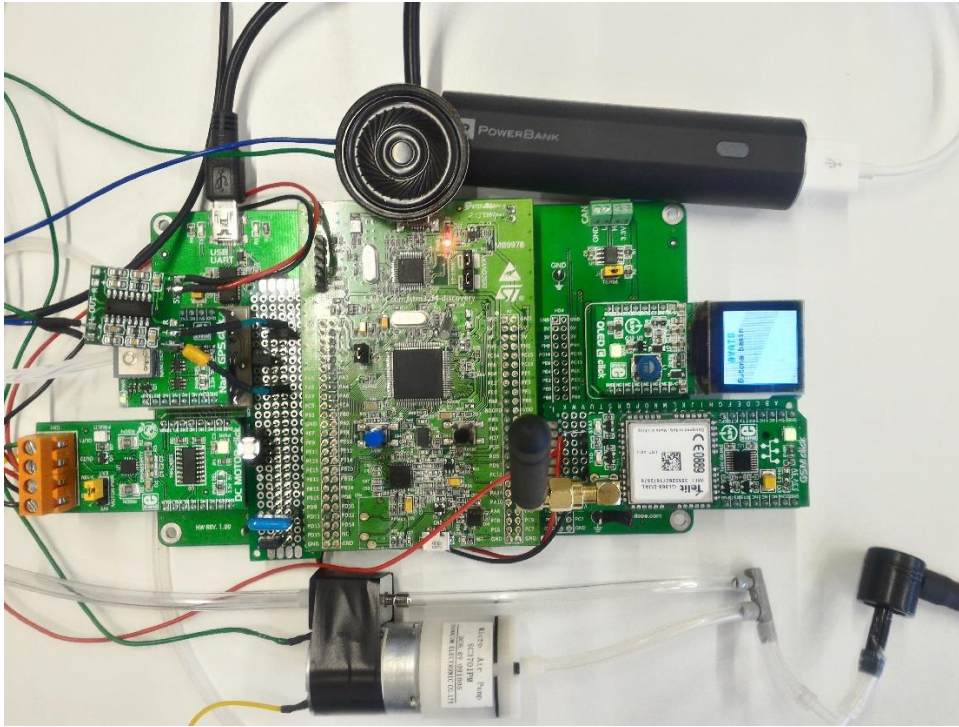
önceden tanımlanmalıdır. Bu komutlar işlemcinin ROM hafızasında yapılacak işlemlerin yer aldığı adres komutları ve o komutların gösterdiği işletim kodları ile tanımlanmaktadır.



Şekil 4.5 : Sistem algoritmasının blok diyagramı

AYATS algoritmasında ilk olarak EEPROM, RTC, basınç sensörü ve OLED ekran için oluşturulmuş olan kütüphaneler import edilmiştir. Daha sonra genel amaçlı kullanılacak olan değişkenler tanımlanmış, sonra sırasıyla DC motor, boşaltma valfi, GPS, GSM, OLED, RTC, basınç sensörü ve butonların pinleri tanımlanmıştır. Kullanılan modüllerin çalışmaya başlamaları için gerekli pinlerinin aktive edilmesi gerekmektedir. Bu işlemler modüllerin hangi haberleşme protokollerini kullandıklarına göre değişkenlik göstermektedir. 4.1.3 bölümünde belirtildiği şekilde modüllerin pinleri ve kullandıkları haberleşme protokolü baudrateleri ayarlanmıştır. Sistemde modüllerin aynı anda çalışabilmeleri gerekmektedir. AYATS'ta kullanıcı butona bastığı anda hem sesli olarak turnike uygulaması başlıyor uyarısı verilmekte, hem de aynı anda hava motoru manşonu şişirmekte ve basınç ölçülmektedir. Bu işlemler 4.1.2.2 bölümünde bahsedilen kesmeler kullanılarak aynı anda paralel bir şekilde yapılabilmektedir. Kesme kodları da yazıldıktan sonra modüllerin hangi sırayla ve ne kadar süreyle çalışacaklarının ayarlandığı ana kod bölümüne geçilmiştir. Bu bölümde ilk kısımda yazılan başlatma komutları çalıştırılmış, GPS ve GSM modülleri çalışır duruma geçirilmiştir. Daha sonra ekranda 'AYATS' ve 'Turnikeyi uygulamak istediğiniz ekstremitenin yazdığı butona basın' uyarılarının yazdırılması,

oluşturulan OLED font kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra kullanıcıdan butona basılması beklenmektedir. Kullanıcı butonlardan hangisine bastıysa kod o kısımdan devam etmekte, motor çalışmakta ve aynı anda sesli olarak turnikenin uygulanmaya başladığı bilgisi verilmekte, turnikenin uygulanmış olduğu basınç bilgisi ve turnikenin uygulanmış olduğu konum ve turnike uygulanmaya başlamasından itibaren geçen süre verileri güncel bir şekilde ekranda görüntülenmektedir. Gerekli basınç sağlandığında hava motoru manşonu şişirmeyi durdurmakta ve toplanan veriler sistemin EEPROM'undan çekilip GSM modülüne gerekli komutlar gönderilerek belirlenen merkez bir cep telefonuna kısa mesaj olarak gönderilmektedir. Turnike uygulanmaya başlandıktan sonra geçen süre verisi sürekli kontrol edilmekte ve bilgiler 20 dakika aralıklarla merkeze gönderilmektedir. Geçen süre 1 saat olduğunda turnikenin gevşetilmesi gerektiği uyarısı sesli olarak kullanıcıya bildirilmekte ve aynı zamanda ekranda da gösterilmektedir. Bu sırada kullanıcıdan butona basması 15 saniye beklenmekte, butona basıldığı takdirde boşaltma valfi çalışmaya başlamakta ve manşondaki hava boşaltılmaktadır. Butona basılmadığı takdirde ise otomatik olarak gevşetme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlemler döngü olarak devam ettirilmekte ve kullanıcının reset butonuna basması halinde sistem çalışmayı durdurmakta ve ilk durumuna dönmektedir. Bu işlemleri gerçekleştiren AYATS'ın ilk prototip görüntüsü Resim 4.14'te gösterilmiştir.



Resim 4.14 : AYATS prototipi

5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR İÇİN FANTOM ÜRETİMİ

5.1 Fantom Üretimi

Geliştirilen akıllı turnike sisteminin işlevselliğini test edebilmek için insan anatomisine uygun alt ekstremite fantomu üretilmesi ihtiyacı doğmuştur. Fantom üretmek için kas dokusunu modelleyecek balistik jelatin tozu, femur kemiğini modelleyecek plastik kemik ve arteri modelleyecek silikon hortum temin edilmiştir.

Jelatin, domuz, sığır gibi hayvanların deri, kemik ve bağ dokularında bulunan kolajenin hidroliziyle elde edilen bir protein maddesidir. Jelatin üretilirken ilk olarak ham maddeler temizlenir ve asit veya alkali uygulama ile bir ön işlemden geçirilir. Bu sayede kolajenin yapısında bulunan bağlar parçalanıp protein hidrolizi gerçekleşmiş olur. Daha sonra ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada sıcaklık 55 °C'tan başlayarak kademeli olarak 100 °C'a kadar yükseltilir. Sonrasında elde edilen sıvı çeşitli süzgeçlerden geçirilerek filtreleme işlemi gerçekleştirilir. Süzülen sıvı belirli bir konsantrasyona ulaşınca kadar içerisindeki su buharlaştırılarak kurutma işlemi gerçekleştirildikten sonra sterilizasyon işlemi gerçekleştirilip soğutulularak jel haline getirilir. Son olarak da jelatin kurutularak Resim 5.1'de görüldüğü gibi toz haline getirilir [20, 21].



Resim 5.1 : Balistik jelatin tozu

Toz halindeki jelatine farklı oranlarda su karıştırılarak farklı derişimlerde jelatin elde edilebilmektedir. Fantom üretim işlemine başlanmadan önce ilk olarak balistik jelatin tozu ile Resim 5.2’de görüldüğü gibi farklı yoğunluklarda küçük örnekler oluşturulmuştur. Daha sonra insan kas dokusunu doğru bir şekilde modelleyecek oranı tespit edebilmek için %9, %10, %11 ve %14’lük derişimlerde test blokları üretilme aşamasına geçilmiştir.



Resim 5.2 : Farklı derişimlerde balistik jelatin örnekleri

Balistik jelin üretiminde 200 gram 250 Bloom jelatin tozu ve 1800 gram su kullanılmıştır. +4 °C’teki suya jelatin tozu eklenmiş ve manyetik karıştırıcı yardımıyla tozun suda çözünmesi sağlanmıştır. Karıştırma esnasında aynı zamanda su da yavaş yavaş ısıtılmış ve 40 °C’a gelmesi sağlanmıştır. Karışımdaki köpürmeleri gidermek için birkaç damla tarçın yağı eklenmiş ve tozun suda tamamen çözündüğüne emin olduktan sonra karışım 10*12*5 cm boyutlarındaki kaplara doldurulup oda sıcaklığında 24 saat dinlendirilmiştir. Daha sonra +4 °C buzdolabına konmuş ve buzdolabında da 24 saat bekletilmiştir [22, 23]. Elde edilen farklı derişimlerdeki bloklara penetrasyon testi uygulanmıştır. Penetrasyon testi 154 m/s hıza sahip havallı tabanca ile bloklara 1 cm uzaklıktan küt üçlü saçma sıkılarak gerçekleştirilmiştir. Her blok için 10 adet atış yapılmıştır. Uzar ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada [34] insan dokusunu modelleyen balistik jelatine yapılan penetrasyon testleri sonucunda saçmaların ortalama 70 ± 3 mm girdiği görülmüştür. Çizelge 5.1’de de

görüldüğü gibi %10'luk derişimde hazırlanmış olan blok bu değere en uygun olan sonucu vermiştir.

Çizelge 5.1 : Penetrasyon test sonuçları.

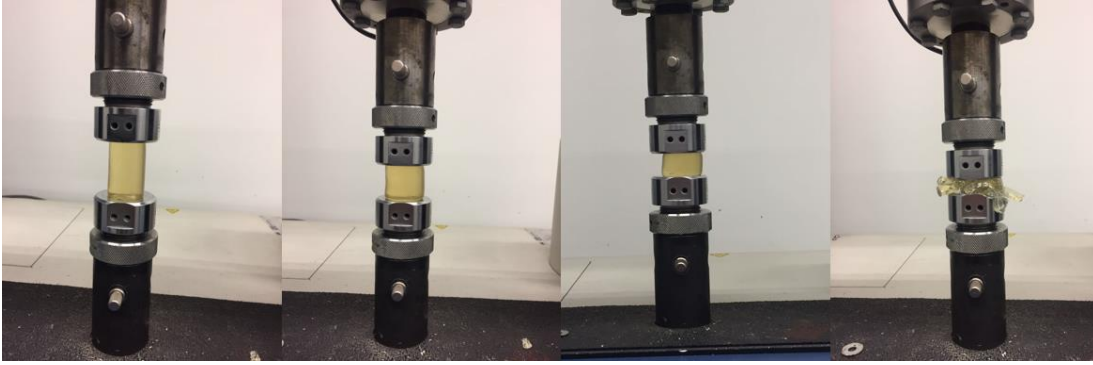
Derişim	1. atış	2. atış	3. atış	4. atış	Ortalama
% 14	43 mm	41 mm	39 mm	40 mm	40,75 mm
% 11	55 mm	53 mm	54 mm	54 mm	54 mm
% 10	70 mm	77 mm	71 mm	71 mm	72,25 mm
% 9	75 mm	77 mm	79 mm	74 mm	76,25 mm

% 10 derişimde hazırlanan blok için gerçekleştirilen atışlar sonrası saçmaların balistik jele girme miktarları Resim 5.3'te gösterilmiştir.



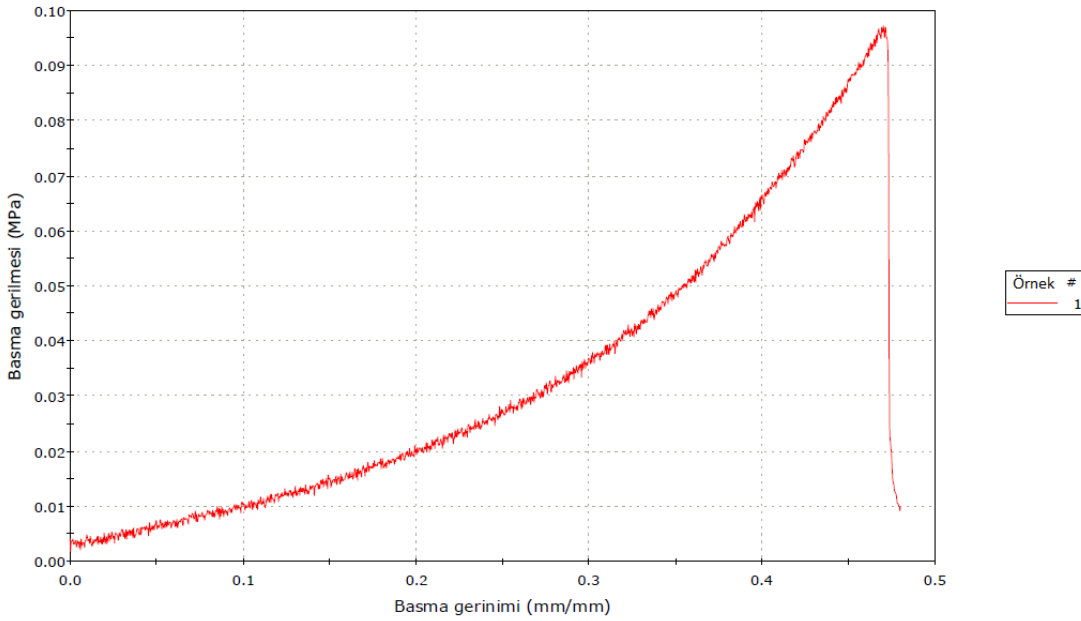
Resim 5.3 : Saçmaların %10 derişimdeki balistik jelatine girme miktarları

Penetrasyon testinden sonra, hazırlanan %9, %10 ve %11 derişimdeki örneklere Resim 5.4'te görüldüğü gibi tek eksenli basma testi uygulanmıştır.



Resim 5.4 : Basma testi uygulanan örnekler

Basma testi sonucunda elde edilen grafik Şekil 5.1'de görülmektedir. Bu testte de %10'luk derişimdeki balistik jelatinin insan kas dokusunu en yakın olarak temsil ettiği görülmüş ve hazırlanan fantomda da bu oran kullanılmıştır [25].



Şekil 5.1 : Basma testi sonucu elde edilen grafik

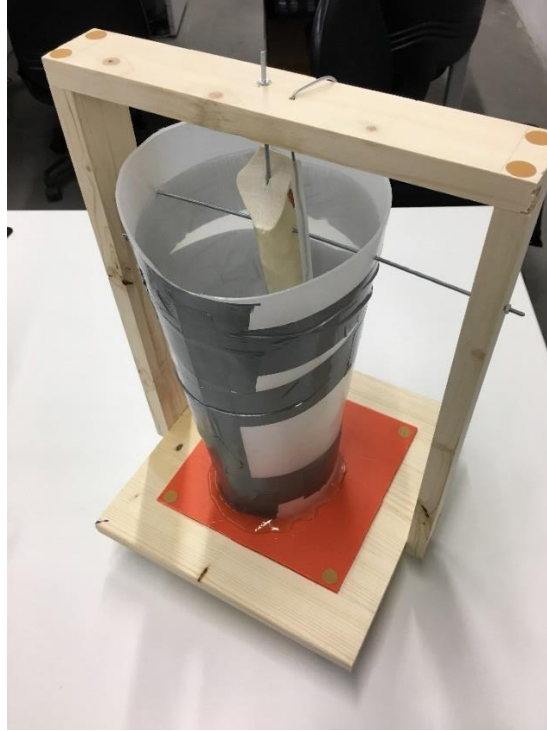
Test aşamaları tamamlandıktan sonra fantomda kullanılacak kemik, damar ve sıvı balistik jelatinin döküleceği kalıp temin edilmiştir. İlk yapılan denemelerde kemik ve damarın istenildiği gibi sabitlenememesi nedeniyle bacak modeli anatomik olarak doğru bir şekilde oluşturulamamış, bu nedenle kemik ve damarın anatomik olarak doğru bir biçimde yerleştirilmesi ve fantomu gerçek insan alt ekstremitesine en uygun

şekilde üretebilmek için kurulacak düzenek Siemens NX programı kullanılarak Resim 5.5'te görüldüğü gibi tasarlanmıştır.



Resim 5.5 : Siemens NX programıyla tasarlanan düzenek

Daha sonra tasarlanan düzenek Resim 5.6'daki gibi oluşturulmuş ve fantomda kullanılacak balistik jelatin üretimi aşamasına geçilmiştir.



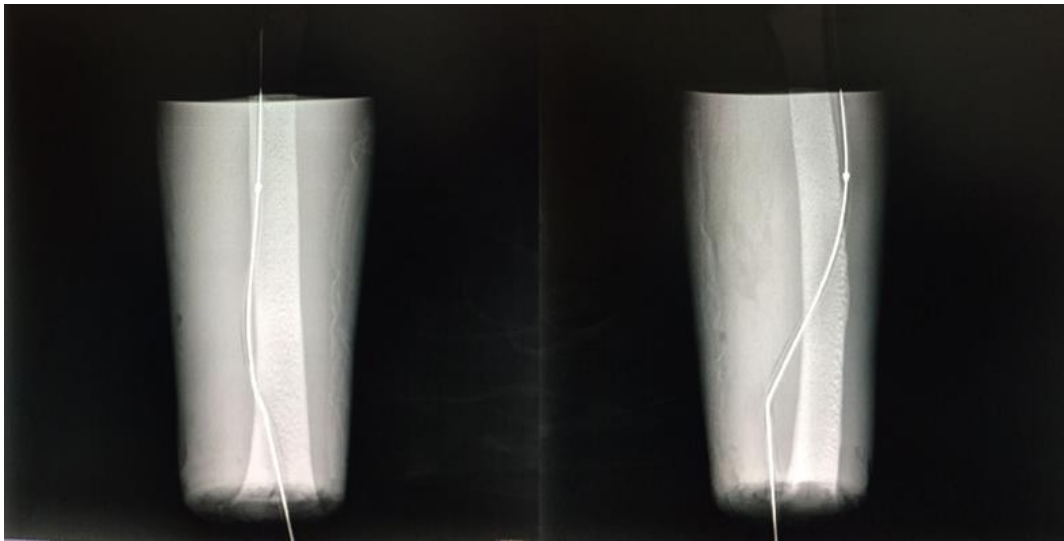
Resim 5.6 : Tasarımı gerçekleştirilen düzenek

İlk deneme olarak 400 gr jelatin tozu ve 3600 gr su kullanılarak %10' luk çözelti hazırlanmış ve kalıba dökülüp soğutularak Resim 5.7'de görülen alt ekstremite fantomu elde edilmiştir.



Resim 5.7 : Üretilen alt ekstremite fantomu

Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde üretilen fantomun frontal ve sagittal düzlemden röntgen filmi çekilerek femur ve femoral arterin anatomik olarak doğru bir şekilde yerleştirilip yerleştirilmediği kontrol edilmiştir. Elde edilen röntgen görüntüleri Resim 5.8'de gösterilmiştir.

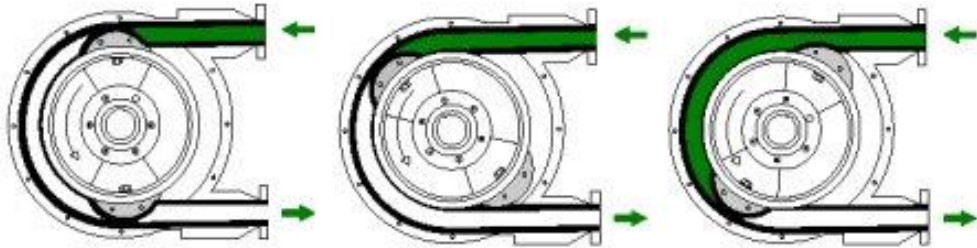


Resim 5.8 : Fantomun frontal (sol) ve sagittal (sağ) düzlem röntgen görüntüleri

Üretilen fantom üzerinde turnike denendiğinde fantom basınca dayanamamış ve parçalanmıştır. Bunun sebebi turnike uygulamasının oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bunun üzerine parçalanmayı engellemek ve test işlemini oda sıcaklığında gerçekleştirebilmek için %20 derişimde başka bir çözelti hazırlanmış ve +4 °C’de 72 saat muhafaza edilmiştir [26]. Daha sonra elde edilen fantom üzerinde turnike işlemi uygulanmış, normalde 250 mmHg’a kadar şişecek olan manşonun 400 mmHg’a kadar şişirildiği durumda bile fantom üzerinde herhangi bir deformasyon olmamıştır. Bu aşamadan sonra turnikenin kan akışını durdurup durdurmadığını test edebilmek için kan dolaşımını simüle edebilecek sirkülasyon sistemi oluşturulma aşamasına geçilmiştir.

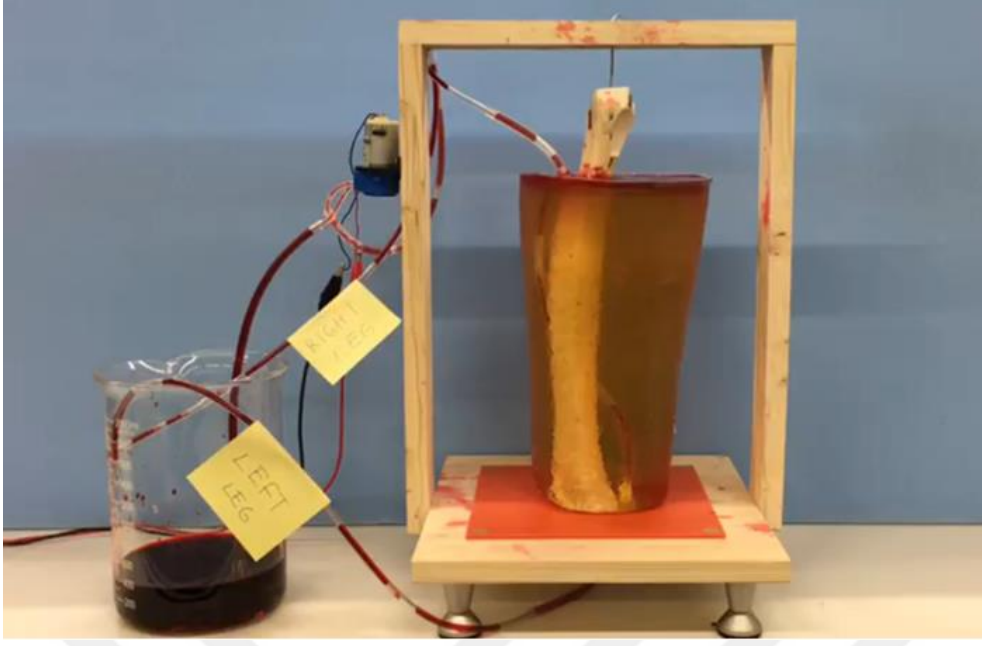
5.2 Sirkülasyon Sistemi Gerçeklenmesi

Femoral arterde kan akışı ortalama 635.9 ml/dk dır [27]. Bu değere ulaşmak ve kalbi simüle etmek için peristaltik pompa kullanılmıştır. Peristaltik pompa, Şekil 5.2’de görüldüğü gibi ortasındaki elektrik motorunun rotoru döndürmesi ve bu şekilde hortumun sıkışarak içindeki sıvıyı hareket ettirmesi prensibiyle çalışır.



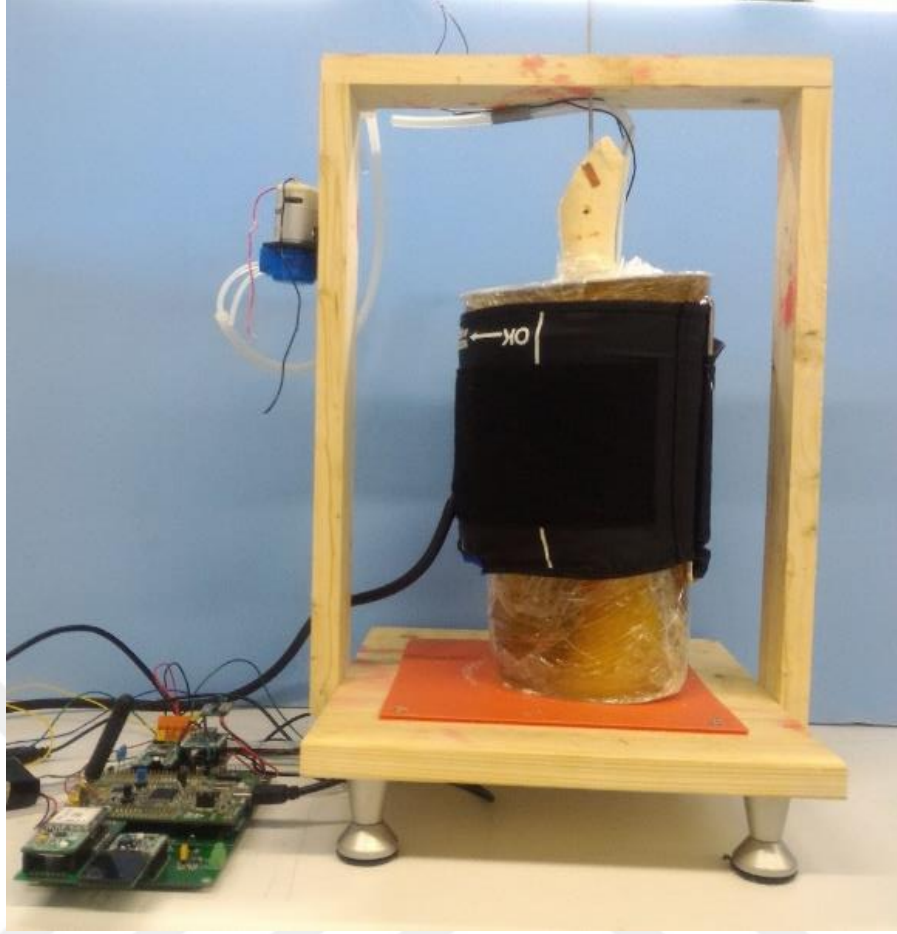
Şekil 5.2 : Peristaltik pompa çalışma prensibi

Fantomun içinde femoral arteri temsil etmek için ilk olarak silikon hortum kullanılmıştır. Peristaltik pompa yardımıyla 650 ml/dk akış hızında yapay kan sirküle ettirecek sistem turnike uygulaması test aşaması için Resim 5.9’deki gibi tasarlanmıştır. Turnike uygulandıktan sonra femoral arterdeki kan akışı duracağı için sirkülasyon sisteminde mekanik bir arıza çıkmaması için paralel olarak başka bir hortum da diğer bacağı femoral arterini temsil edecek şekilde T bağlantı hortumu ile yerleştirilmiş ve bu şekilde sistem turnike testi için hazır hale gelmiştir.



Resim 5.9 : Sirkülasyon sistemi düzeneği

Literatürde, kan akışının üst ekstremitede 140 mmHg, alt ekstremitede 229 mmHg basınçta duracağı belirtilmiştir. Fakat üretilen alt ekstremitte fantomunda basınç 500 mmHg'ya kadar çıkarılmasına rağmen kan akışı durdurulamamıştır. Turnike uygulanan fantomun görüntüsü Resim 5.10'da gösterilmiştir. Fantomda femoral arteri simüle etmek için kullanılan silikon hortum gerçek damar etkisini gösterememiştir. Bu yüzden damarı daha iyi modelleyebilecek organik damar temin edilmiş, temin edilen organik damar kullanılarak Resim 5.11'de görülen üst ekstremitte fantomu üretilmiş ve turnike denenmiştir. Bu denemede de beklenen sonuç elde edilememiştir. Kan akışının 140 mmHg basınçta durması beklenirken turnike basıncı 400 mmHg'ya çıkarıldığında kan akışının durduğu gözlemlenmiştir. Gerçek insan alt ve üst ekstremitelerini birebir modelleyebilen bir model üzerinde turnikenin test işlemleri gerçekleştirilemediğinden turnikenin işlevselliğini kanıtlamak için gerekli etik kurul izinleri alınarak üretilen akıllı turnike sisteminin insanlar üzerinde denenmesi planlanmaktadır.



Resim 5.10 : Turnike işlemi uygulanan alt ekstremite fantomu



Resim 5.11 : Turnike işlemi uygulanan üst ekstremite fantomu



6. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasının sonucu olarak ambulanslarda, araçlardaki ilk yardım kitlerinde, hastanelerin acil servislerinde, ilk yardım kuruluşlarında, itfaiye araçlarında, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında riskli iş yerlerinin ilk yardım kitlerinde ve benzeri çoğu sivil alanda kullanılabilen akıllı turnike sistemi 'AYATS' geliştirilmiştir. AYATS hem kol hem bacağına uygulanabilmektedir. Kullanıcı, manşonu yaralanan uzvuna takıp taktığı uzvunun adı yazılmış olan butona basarak sistemi çalıştırmaktadır. İki aşamalı olan turnike işleminin ilk aşaması bu şekilde başlamaktadır. Sistem çalıştığında ekranda ilk bilgilendirmeler gösterilmektedir. Arka planda eş zamanlı olarak işlemci hava motorunu çalıştırma komutunu motor sürücüsüne iletmektedir. Hava motoru sürücü sistemi hava motorunu çalıştırarak ekstremiteye sarılı manşonu şişirmeye başlamaktadır. Sistem hava basınç sensörüne bağlı kapalı çevrimli bir sistem olup mikrodenetleyici, sensörden gelen veriye bağlı olarak hava motorunun çalışmasını kontrol etmektedir. Sensör, oluşan hava basıncını mmHg cinsinden ölçmektedir. Ölçülen basınç kol için 200 mmHg, bacak için 250 mmHg' ya ulaştığında sistem otomatik olarak durmaktadır. Gerekli basınç sağlanana kadar sistem otomatik olarak sensörden aldığı veriye göre hava motoru sürücüsünü sürmektedir. Karar mekanizması, beklenen durum tamam olduğunda yani gerekli basınç sağlandığında hava motorunu durdurmaktadır ve turnike bekleme moduna geçmektedir. 1 saat sonra mikrodenetleyici tarafından sisteme otomatik olarak timer kesmesi ile müdahale edilerek hoparlör aracılığıyla kullanıcıya sistemin gevşetilmesi gerektiği bildirilmektedir. Kullanıcı bu noktada tekrar yaralanmanın olduğu uzva ait olan butona basarak sistemin hava boşaltma valfinin açılmasını sağlamaktadır. Bu geri dönüş aynı zamanda kişinin yaşıyor yaşamadığına dair önemli bir geri bildirim sağlamaktadır. Kullanıcının butona basmama ihtimaline karşı da 15 saniye sonra sistem otomatik olarak gevşetme işlemini gerçekleştirmektedir. 5 dakika sonra mikrodenetleyici tarafından hava motoru çalıştırılarak sistem otomatik olarak turnike işlemine tekrar başlamakta ve manşonu şişirmektedir. Turnike işlemi ilk uygulanmaya başlandığı sırada GPS modülü de aktive edilip konum verisinin gelip gelmediği kontrol

edilmektedir. Aktif olan GPS modülü turnikenin uygulandığı konuma ulaştığında enlem ve boylam koordinat bilgilerini ve diğer bilgileri işlemcinin EEPROM'una kaydetmektedir. Aynı zamanda GSM modülünü çalıştıran sistem GSM üzerinden merkez ile haberleşmeye hazır hale gelmektedir. Sistem GSM üzerinden merkez ile haberleştiği her noktada EEPROM'una güncel veri olarak kaydedilen konum, turnike uygulama basıncı ve turnike uygulanmaya başladıktan sonra geçen süre bilgilerini merkeze 20 dakika aralıklarla aktarmaktadır.

AYATS sayesinde trafik kazaları, ateşli silah yaralanmaları ve patlama gibi olaylar sonucu oluşan ciddi ekstremite yaralanması ve kan kaybı durumlarında yaralı turnike uygulamasını bilmeseyse bile sadece manşonu yaralanan ekstremitesine takıp butona basarak turnike uygulamasını gerçekleştirebilecek ve turnikeyi uyguladığı konum bilgisi de ilgili merkeze bildirileceği için acil yardım ekibi olabildiğince erken bir şekilde yaralıya müdahale edebilecek ve bu şekilde bir çok engellenebilir ölüm engellenebilecektir.

AYATS tez çalışmaları boyunca gömülü yazılımı STM32F4 DISCOVERY SHIELD kiti üzerinden geliştirilmiştir. Kullanılan geliştirme kiti üzerine 4 farklı modül takılabilmektedir. Tez çalışmaları bu slotlara takılan modüller ile gerçekleştirilmiştir. AYATS'ın bundan sonraki aşamalarında öncelikli olarak elektronik kontrol kartı geliştirilecektir. Elektronik kontrol kartı geliştirmek için tez çalışmasının bir parçası olduğu 0932.STZ.2015 proje kodlu Harp ve Acil Yardım Akıllı Turnikesi adlı ASELSAN'la ortak olarak yürütülen TÜBİTAK projesi kapsamında alınan Altium Designer yazılımı kullanılacaktır. Devre tasarımı birçok alt başlıklara ayrılabilir oldukça kapsamlı bir işidir. Hedeflenen projeye; gereksinim analizi, ön hazırlık ve plan, malzeme fizibilitesi ve doğru malzeme seçimi, eş zamanlı olarak elektronik tasarım ve gömülü yazılım geliştirilmesi, seçilen malzemelerin 3 boyutlu modellerinin de eşleştirildiği PCB (Printed Circuit Board) footprintlerinin hazırlanması, yapılan elektronik tasarıma uygun olarak hazırlanmış olan footprintler kullanılarak PCB devre şemasının tasarlanması, PCB üretimi için gerber dosyalarının oluşturulması ve tasarlanan kontrol kartının PCB olarak bastırılması, temin edilen malzemelerin ürettirilen PCB üzerine dizdirilmesi, geliştirilen gömülü yazılımın karta gömülmesi ve sistemin çalıştırılması işlemleri gerçekleştirilecektir. PCB devre kartının tüm oluşturulma aşaması Altium Designer programında profesyonelce

gerçekleştirilebilmektedir. AYATS'ın kontrol kartı geliştirildikten sonra ürünün kullanılacağı süre hesaplanarak olabilecek en küçük boyutlarda batarya seçiminin yapılması gerekmektedir. Güç tüketim hesabı ürünleşme için oldukça önemli bir parametredir. PCB kart üretimi ve batarya seçimi tamamlandıktan sonra son işlem AYATS'ın mekanik ve endüstriyel tasarımı olacaktır. Kutu içerisindeki parçaların dijital step dosyalarının da eklenebildiği SIEMENS NX programında tamamlanacak olan mekanik tasarım AYATS'ın son halini almasını sağlayacaktır. Endüstriyel tasarımı da eş zamanlı olarak devam eden AYATS'ın hem kol hem de bacağa uygun olarak bağlanabilecek manşon ünitesinin ergonomik tasarımı kullanıcıların sistemi kullanmasını kolaylaştıracaktır. AYATS'ın tüm bileşenleri ile birlikte tasarlandıktan sonra kontrol kutusunun 3 boyutlu yazıcıdan bastırılması ve tüm bileşenlerin montajı sistemin CE belgesi başvurusu yapılabilecek bir ürün haline gelmesini sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] **Hall, J.E.**, *Guyton and Hall textbook of medical physiology*. (Sf. 233,234),Elsevier Health Sciences, (2011).
- [2] **Pienkowski, D. and Lee, G.B.**, (2009). Electromechanical Tourniquet for Battlefield Application, U.S. Patent Application No: 12/424,200. Tarih: 16.09.2010.
- [3] **Jandarma Genel Komutanlığı Faaliyet Raporu** (2007, 2010, 2012, 2014).
- [4] **Klenerman, L.**, (1962). The tourniquet in surgery, *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 44.4 937-943.
- [5] **Cushing, H.**, (1904). Pneumatic tourniquets: with especial reference to their use in craniotomies. *American Periodicals*, pg. 577.
- [6] **Kragh Jr, J.F., Walters, T.J., Baer, D.G., Fox, C.J., Wade, C.E., Salinas, J., & Holcomb, J.B.**, (2008). Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 64(2), S38-S50.
- [7] **Khantamrcharkas, O.**, (2013). Kanamayı Durduran Bandaj, Baskı Sistemi ve Turnike, Türk Patent Enstitüsü, Başvuru numarası: 2013/02726 Tarih: 06.03.2013.
- [8] **Gavriely, N.**, (2012). Tourniquet Timer, U.S. Patent No. 8,147,417. Application No: US 12/010,297. Tarih: 03.04.2012.
- [9] **M.A.S. Med Global Ltd**, (2014). Pneumatic Tourniquet, WO2014191987 A1, Application No: PCT/IL2014/050465. Tarih: 04.12.2014.
- [10] **Eshed H.A. Medical Device Ltd.**, (2010). Personal Tourniquet, WO2011001431 A1, Application No: PCT/IL2010/000523. Tarih: 06.01.2011.
- [11] **Kragh, J.F., Darrach, M., Gradilla, C., Salinas, J., Aden, J.K., & Dubick, M.A.**, (2014). An intelligent tourniquet system to stop traumatic extremity bleeding. *The American journal of emergency medicine*, 32(11), 1420-1421.
- [12] **Khadse, R., Gawai, N., Bagwan, M.F.**, (2014). Overview and Comparative Study of Different Microcontrollers. *IJRASET: Volume 2 Issue XII*, 2321-9653.
- [13] **Eichelberger, C.W., & Miller, E.B.**, (1979). Real-time clock having programmable time initialization and read-out, U.S. Patent No. 4,168,531. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Application No: US 05/871,990. Tarih: 18.09.1979.
- [14] **McEwen, J.A., & Inkpen, K.**, (2004). Surgical tourniquet technology adapted for military and prehospital use. *BRITISH COLUMBIA UNIV VANCOUVER*.

- [15] **Tecimer, T., Yedek, I., Bilgic, E., Zaim, E., & Kilickap, C.,** (2004). Ekstremitte cerrahisinde turnike kullanımı. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*, 29(2).
- [16] **Noureldin, A., Karamat, T.B., & Georgy, J.,** (2013). Global Positioning System. *Fundamentals of Inertial Navigation, Satellite-based Positioning and their Integration*, 65-123.
- [17] **Gu, G., & Peng, G.,** (2010). The survey of GSM wireless communication system. In *Computer and Information Application (ICCIA), 2010 International Conference on* (pp. 121-124). IEEE.
- [18] **Khan, S.R., Kabir, A., & Hossain, D.A.,** (2012). Designing smart multipurpose digital clock using real time clock (RTC) and PIC microcontroller. *International Journal of Computer Applications*, 41(9).
- [19] **Fang, Y.Y., & Chen, X.J.,** (2011). Design and simulation of UART serial communication module based on VHDL. In *Intelligent Systems and Applications (ISA), 2011 3rd International Workshop on* (pp. 1-4). IEEE.
- [20] **GMIA,** (2012). *Gelatin Handbook*. "Gelatin Manufacturers Institute of America." New York.
- [21] **Yetim, H.,** (2011). Jelatin Üretimi, Özellikleri ve Kullanımı. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi. Gıda Katkı Maddeleri: Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Sayfa, 86-94.
- [22] **Fackler, M.L., & Malinowski, J.A.,** (1988). Ordnance gelatin for ballistic studies. Detrimental effect of excess heat used in gelatin preparation. *The American journal of forensic medicine and pathology*, 9(3), 218-219.
- [23] **Jussila, J.,** (2004). Preparing ballistic gelatine—review and proposal for a standard method. *Forensic science international*, 141(2), 91-98.
- [24] **Uzar, A.I., Dakak, M., Ozer, T., Oğünç, G., Yiğit, T., Kayahan, C., & Sen, D.,** (2003). A new ballistic simulant "transparent gel candle" (experimental study). *Ulusal travma ve acil cerrahi dergisi = Turkish journal of trauma & emergency surgery: TJTES*, 9(2), 104-106.
- [25] **Cronin, D.S., & Falzon, C.,** (2011). Characterization of 10% ballistic gelatin to evaluate temperature, aging and strain rate effects. *Experimental mechanics*, 51(7), 1197-1206.
- [26] **Berlin, R., Janzon, B., Rybeck, B., Sandegård, J., & Seeman, T.,** (1976). Local effects of assault rifle bullets in live tissues. Part II. Further studies in live tissues and relations to some simulant media. *Acta chirurgica Scandinavica. Supplementum*, 477, 5-48.
- [27] **Ganz, V., Hlavová, A., Froněk, A., Linhart, J., & Přerovský, I.,** (1964). Measurement of blood flow in the femoral artery in man at rest and during exercise by local thermodilution. *Circulation*, 30(1), 86-89.

Url-1 <<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21611>>, alındığı tarih: 31.03.2017.

- Url-2** <<http://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-38365351>>, alindiđı tarih: 30.04.2017.
- Url-3** <<http://www.trafik.gov.tr/SiteAssets/istatistik/2016d.pdf>>, alindiđı tarih: 11.06.2017.
- Url-4** <<https://shop.mikroe.com/easymx-pro-stm32>>, alindiđı tarih: 10.07.2017.
- Url-5** <<https://shop.mikroe.com/stm32f4-discovery-click-shield>>, alindiđı tarih: 10.07.2017.
- Url-6** <<http://www.st.com/en/evaluation-tools/stm32f4discovery.html>>, alindiđı tarih: 10.07.2017.
- Url-7** <<http://www.gps.gov/systems/gps/space/>>, alindiđı tarih: 05.07.2017.
- Url-8** <<http://aprs.gids.nl/nmea/>>, alindiđı tarih: 05.07.2017.
- Url-9** <https://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-i2c-communications-digital-output-force-technical-note_008291-1-en.pdf>, alindiđı tarih: 23.07.2017.
- Url-10** <http://www.ritsumei.ac.jp/~piumarta/topics4/doc/spi_i2c.pdf>, alindiđı tarih: 23.07.2017.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Faruk BEYTAR
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.09.1991, Bursa
E-posta : farukbeytar1963@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Yıl	Yer	Görev
2014 - 2017	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Özel Başarı Burslu Yüksek Lisans Öğrencisi
2017 -	SİMTEK Simülasyon ve Bilişim Teknolojileri Eğitim Mühendislik Danışmanlık Ticaret Limited Şirketi	AR-GE Mühendisi

YABANCI DİL: İngilizce

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Beytar, F.**, Budak, E., Ünlü, A., Eroğul, O., 2017. Development of Lower Limb Phantoms for Engineering and Medical Applications, European Biotechnology Congress 2017, May 25 - 27, Dubrovnik, Croatia.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Budak, E. İ., **Beytar, F.**, & Eroğul, O. (2015, October). Features extraction from respiration rate variability signals for apnea prediction. In *Medical Technologies National Conference (TIPTEKNO), 2015* (pp. 1-4). IEEE.
- Koçak, O., Budak, E. İ., **Beytar, F.**, Özgöde, B., Çoruh, B., Koçoğlu, A., & Eroğul,

- O. (2016, October). City hospitals model in biomedical calibration service. In *Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO), 2016* (pp. 1-4). IEEE.
- Koçak, O., **Beytar, F.**, Fırat, H., Telatar, Z., & Eroğul, O. (2016, October). Comparison of non-parametric PSD detection methods in the analysis of EEG signals in sleep apnea. In *Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO), 2016* (pp. 1-4). IEEE.

