



# BLM4021 Gömülü Sistemler Laboratuvar Projesi Final Raporu

Grup No: 1

Proje Kategorisi: Gömülü Sistemler Dersi  
Final Projesi

Kişilerin Çalışma Yüzdesi:

Grup Sorumlusu:	İsim Soyisim	Yüzde	Yapılan iş
	Ebru Kılıç	33	Arayüz Tasarımı, Devre Tasarımı ve Rapor
	İsmail Ayvaz	33	Devre Tasarımı, Kıyafetin Tasarımı ve Sistem Videosunun Kaydedilmesi
	Ubeyda Alnaccar	33	Arayüz Tasarımı, Devre Tasarımı ve Rapor

# İçerik

- I. Giriş ve Proje Tanıtımı..... Sayfa: 3
- II. *Fritsing* ile Ön Tasarım..... Sayfa: 5
- III. Kurulan Devre Detayları..... Sayfa: 7
- IV. Yazılım Tasarımı..... Sayfa: 11
- V. Sonuçlar, Demo Detayları ve Sunum Linki..... Sayfa: 15
- VI. Referanslar..... Sayfa: 18

## I. Giriş ve Proje Tanıtımı

Günlük yaşamda giyilebilir teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte, kişilerin sağlık verilerini anlık olarak takip edebilmesi giderek daha önemli hale gelmektedir. Özellikle kronik hastalığı bulunan bireyler, yaşlılar ve sporcular için kalp atış hızı ve vücut sıcaklığı gibi hayatı parametrelerin sürekli izlenmesi; olası risklerin erken tespiti ve gerektiğinde hızlı müdahale açısından kritik rol oynamaktadır. Bu projede, kalp atış hızı ve vücut sıcaklığı ölçebilen, bu verileri kablosuz olarak mobil uygulamaya iletten giyilebilir bir sağlık izleme sistemi tasarlanması amaçlanmıştır.

Geliştirilen sistemin temel mimarisi, giysiyi entegre edilmiş sensörler, bu sensörlerden gelen sinyalleri okuyan bir mikrodenetleyici kart (Arduino UNO R3), kablosuz veri iletimi için bir arduino bluetooth modülü (HC-05) ve verileri görselleştiren bir mobil uygulamadan oluşmaktadır. Kalp atış hızı ölçümü için MAX30100 tabanlı optik kalp sensörü, sıcaklık ölçümü ise analog LM35 sıcaklık sensörü kullanılması planlanmıştır. Sıcaklık sensöründe hata oluşması sebebiyle bu sensör yerine dokunma butonu sensörü eklenmiştir. Detaylar 3. bölümde karşılaşılan zorluklar başlığı altında anlatılmıştır. Sensörlerden alınan analog/dijital veriler arduino üzerinde işlenmekte, ardından bluetooth üzerinden mobil cihaza gönderilerek gerçek zamanlı bir arayüzde kullanıcıya sunulmaktadır. Projede ekip üyelerinin katkısı Tablo 1'de detaylı olarak belirtilmiştir.

**Tablo 1 – Görev Tablosu**

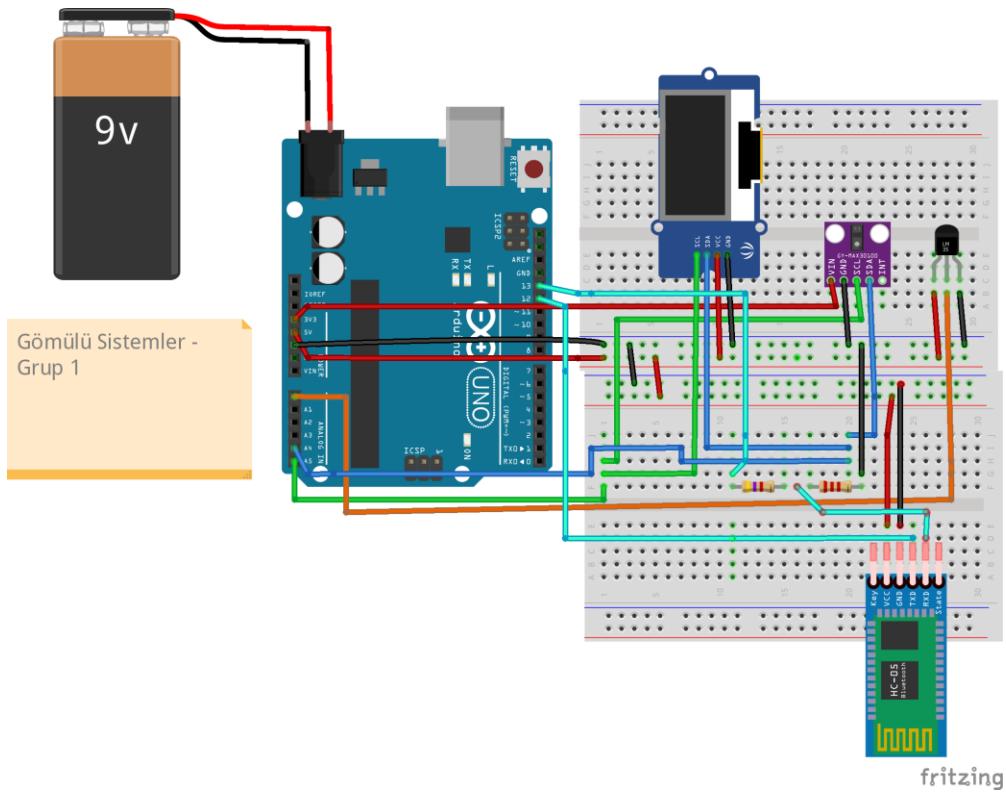
Adı Soyadı	Görev 1: Arayüz Tasarımı	Görev 2: Devre Tasarımı	Görev 3: Kıyafet Tasarımı	Görev 4: Sistem Videosu	Görev 5: Raporlama	Ek Görevler	Katkı Oranı (%)
Ebru Kılıç	Mevcut / Yaptı	Mevcut / Yaptı	Görev Almadı	Görev Almadı	Mevcut / Yaptı	Mobil Uygulam a Tasarımı	33
İsmail Ayvaz	Görev Almadı	Mevcut / Yaptı	Mevcut / Yaptı	Mevcut / Yaptı	Görev Almadı	Donanım Montajı	33
Ubeyda Alnaccar	Mevcut / Yaptı	Mevcut / Yaptı	Görev Almadı	Mevcut / Yaptı	Mevcut / Yaptı	Kod Entegrasy onu	33



## II. *Fritzing* ile Ön Tasarım

Planlanan sistemin genel blok diyagramı Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir. Fritzing üzerinde hazırlanan devre şemasında; Arduino UNO kartı, MAX30102 kalp sensörü, LM35 sıcaklık sensörü, HC-05 bluetooth modülü ve güç besleme elemanları aynı devre üzerinde konumlandırılmıştır. Her bir bileşenin pin bağlantıları devre üzerinde gösterilmiştir.

MAX30102 sensör modülü, I2C haberleşme protokolü kullandığı için SCL ve SDA pinleri Arduino'nun ilgili I2C pinlerine (A4 ve A5 pinleri) bağlanmıştır. Aynı zamanda sensörün besleme pinleri (VCC ve GND), Arduino'nun 3.3V veya 5V ve GND pinlerine uygun şekilde bağlanmıştır. LM35 sıcaklık sensörü ise, üç bacaklı bir yapıdadır; bir bacağı besleme (VCC), bir bacağı toprak (GND), ortadaki bacak ise analog çıkış pinidir. Fritzing şemasında LM35'in analog çıkış bacağı Arduino'nun A0 pinine bağlanarak sıcaklık ölçümünün analog olarak okunması planlanmıştır.



Şekil 1 – Planlanan Devre Şemasının Fritzing ile Gösterimi

HC-05 bluetooth modülü Arduino Uno R3 üzerinde yer alan dijital 12 ve 13. pinlere bağlanmıştır. Bu pinler SoftwareSerial kütüphanesi aracılığıyla yazılımsal TX ve RX pinleri olarak yapılandırılarak modül ile seri haberleşme sağlanmıştır. HC-05'in TX pini doğrudan belirtilen Arduino'nun yazılımsal RX pinine

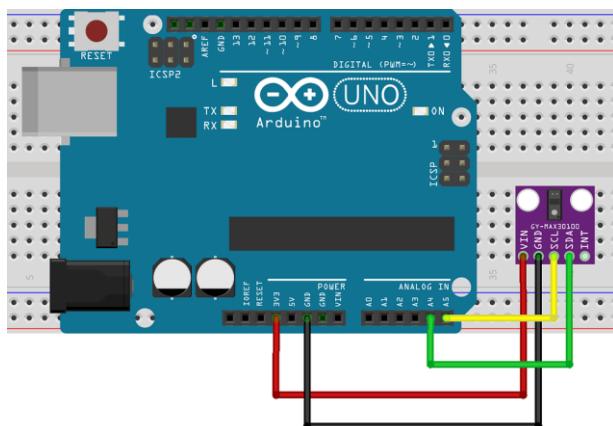
bağlanmıştır. Arduino'dan gelen 5V seviyesindeki TX sinyalinin modülün 3.3V RX girişine zarar vermemesi için, Arduino'nun TX hattı üzerine iki dirençten oluşan bir gerilim bölüğü eklenmiş ve sinyal bu bölüğü üzerinden HC-05 modülüne iletilmiştir. Arduino'dan sağlanan 5V hattı tüm sensörler ve modüller için temel besleme hattını oluşturmaktadır. Tüm bileşenlerin GND bağlantıları aynı toprak hattı üzerinde birleştirilerek sistemin kararlı çalışması sağlanmıştır.

### III. Kurulan Devre Detayları

İkinci bölümde sensörlerin ve modüllerin genel bağlantı yapısı aktarılmıştır. Bu bölümde ise devrede kullanılan tüm donanım bileşenlerinin çalışma prensipleri, teknik özellikleri ve Arduino ile haberleşme yöntemleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Her bir sensör ve modül için hem çalışma mantığı hem de devre içerisindeki kullanım amacı ele alınmış; ayrıca bağlantı sırasında karşılaşılan zorluklar ve çözüm yöntemleri aktarılmıştır.

#### III.1. MAX30102 Kalp Atış ve Oksimetre Sensörü:

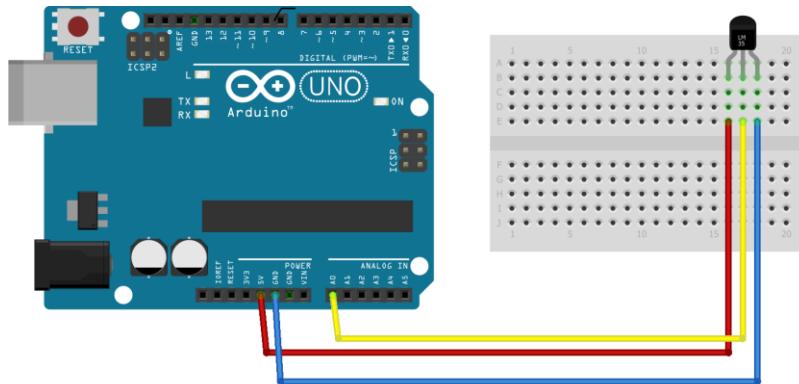
MAX30102 modülü, kalp atış hızını (BPM) ve kan oksijen seviyesini ( $\text{SpO}_2$ ) ölçmek için tasarlanmış bir biyometrik sensördür. Bu sensör, entegre LED'ler ve bir fotodiyot içermektedir [1]. Cilt üzerinden kırmızı ve kızılıtesi LED'ler ile ışık göndererek, geri yansyan ışığın miktarındaki değişimleri analiz eder ve bu değişimlerden kan akışı ile oksijenlenme düzeylerini hesaplar. Işık yansamasına dayalı bu fotopletismografi (PPG) yöntemi sayesinde kullanıcıdan herhangi bir müdahale gerektirmeden sürekli fizyolojik ölçüm yapılmaktadır. Giyilebilir sağlık cihazları, fitness ekipmanları, tıbbi takip sistemleri ve spor teknolojileri gibi pek çok uygulamada yaygın olarak kullanılan bu modül; kompakt yapısı, düşük güç tüketimi ve entegre optik sensörleri ile özellikle taşınabilir sistemler için uygun bir çözüm sunmaktadır. MAX30102 modülü, I<sub>2</sub>C tabanlı iletişim arayüzü sayesinde Arduino gibi mikrodenetleyicilerle kolayca haberleşebilmekte olup 3.3V ila 5V gerilimleri aralığında çalışmaktadır.



Şekil 2 – MAX30102 Sensörünün Arduino Bağlantısı

Proje kapsamında ilk olarak MAX30100 sensörü alınmıştır fakat bu modülde SCL ve SDA pinleri üç adet  $4.7 \text{ k}\Omega$  direnç aracılığıyla 1.8 V'a çekilmektedir. Bu durumdan ötürü Arduino ve Arduino seviyesindeki mikrodenetleyiciler, sensörü algılamakta sorun yaşamaktadır. Bu hatadan ötürü MAX30102 versiyonuna geçilmiştir ve sorun giderilmiştir.

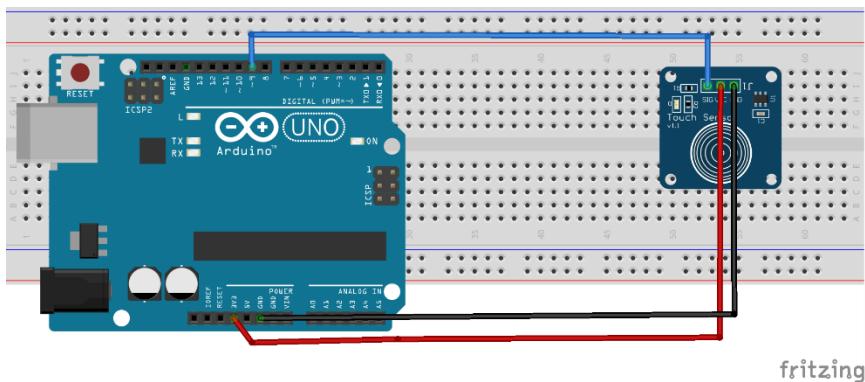
### 3.2. LM35 Sıcaklık Sensörü:



**Şekil 3 – LM35 Sensörünün Arduino Bağlantısı**

LM35 sıcaklık sensörü, ortam sıcaklığını analog gerilim çıktısı üretecek ölçen bir sıcaklık sensöridür.  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de) doğruluk sağlayan LM35,  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  ile  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasındaki geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilir ve düşük akım tüketimi (yaklaşık  $60\text{ }\mu\text{A}$ ) sayesinde kendi kendine ısınma etkisi oldukça düşüktür [2]. Üç bacaklı yapısı sayesinde devreye kolayca entegre edilebilen LM35'in bir ucu besleme gerilimine, bir ucu toprak hattına, orta ucu ise sıcaklık bilgisini sağlayan analog çıkış pinine bağlanır. Şekil 3'te sensörün Arduino ile bağlantısı gösterilmiştir.

### 3.3 Dokunmatik Sensör(TTP223B)

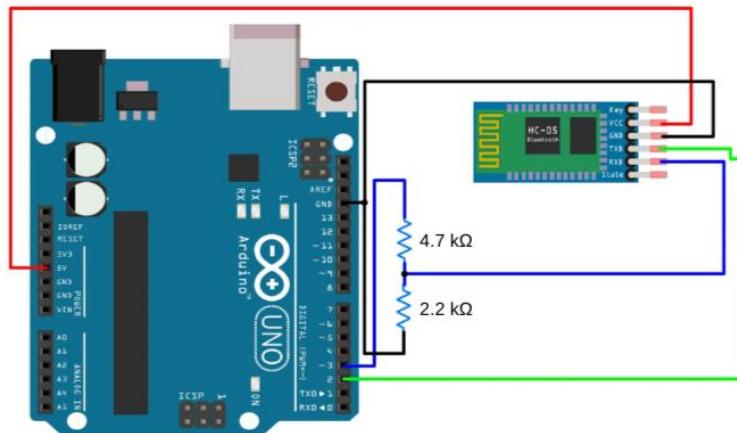


**Şekil 4 –Dokunmatik Sensörün Arduino Bağlantısı**

TTP223B, kapasitif algılama prensibiyle çalışan, temas gerektirmeden parmak dokunuşunu algılayabilen bir sensördür. Kullanıcı tarafından oluşturulan dokunmayı elektriksel kapasite değişimi olarak algılar ve bu değişimi dijital bir çıkış sinyaline dönüştürür. Böylece geleneksel mekanik butonlara ihtiyaç kalmadan sessiz, hızlı ve güvenilir bir kontrol imkânı sağlar.

Bu projede TTP223B sensörü, sistemin kullanıcı tarafından aktif/deaktif duruma alınmasını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Sensör, Şekil 4'te gösterildiği üzere Arduino'nun dijital giriş pinine bağlanmış olup dokunuş algılandığında HIGH lojik seviyesinde çıkış üretmektedir.

### 3.4. HC-05 Bluetooth Modülü:



**Şekil 5 – HC-05 Bleutooth Modülünün Arduino Bağlantısı [3]**

Şekil 5'te modül, Arduino üzerinde bulunan herhangi iki dijital pine takılmıştır. Bu pinler ikinci bölümde de bahsedildiği üzere SoftwareSerial kütüphanesi aracılığıyla yazılımsal TX ve RX pinleri olarak yapılandırılabılır.

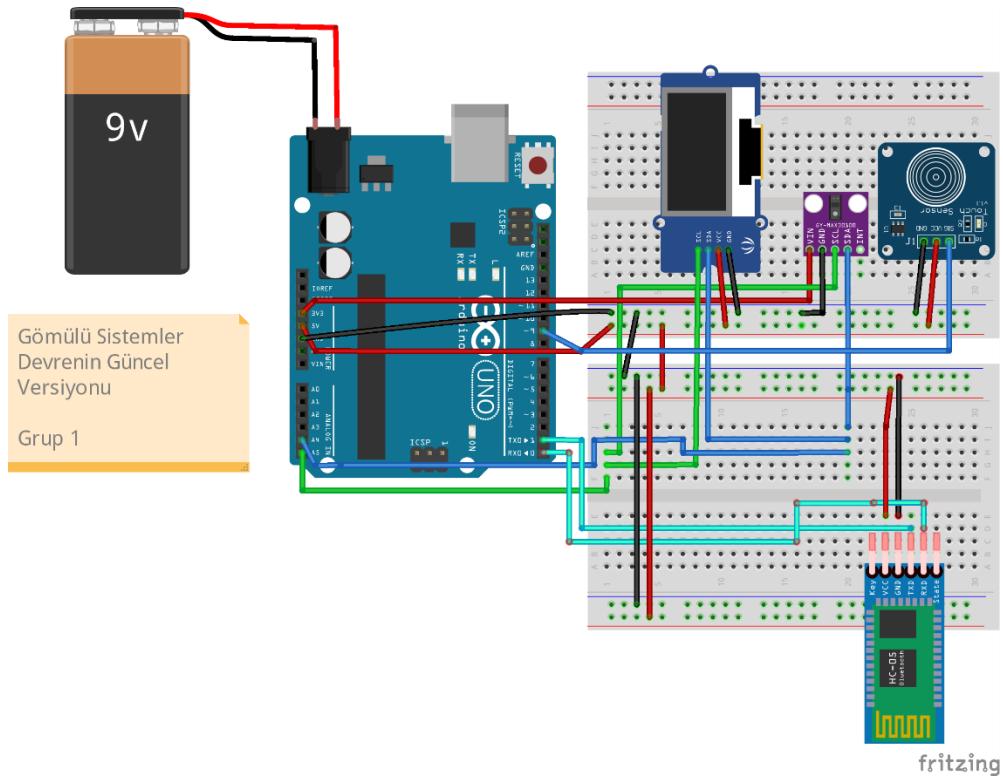
### 3.4. Karşılaşılan Zorluklar:

HC-05 Bluetooth modülünün bağlantısında karşılaşılan temel sorunlardan biri, modülün RX pininin yalnızca 3.3V lojik seviyesini desteklemesi, buna karşılık Arduino Uno'nun TX hattının 5V çıkış üretmesi olmuştur. RX pininin doğrudan 5V'a bağlanması modüle zarar verebileceğinden, güvenli bir seviye dönüştürme yapılması gerekmıştır. Bu problemi çözmek için  $4.7\text{ k}\Omega$  ve  $2.2\text{ k}\Omega$  olmak üzere iki adet direnç kullanarak bir gerilim bölücü devresi oluşturulmuştur.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Formülde kullanılan dirençleri ve gerilimi yerine koyduğumuzda ( $V_{in} = 5V$ ,  $R_1 = 4.7\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 2.2\text{ k}\Omega$ ) sonuç yaklaşık olarak 3.4V olmaktadır. Bu değer HC-05 modülünün güvenli çalışma aralığı olan 3.3V seviyesine oldukça yakın olduğundan, modülün RX hattı 5V lojik seviyesinden korunmuş ve kararlı bir seri haberleşme sağlanmıştır.

Aynı zamanda sıcaklık sensörünün (LM35) lehimleme işlemi sırasında yanlış bağlanılmasından ötürü bu sensör çalışmamaktadır. Bu durumdan ötürü güncel çalışan sistemin devre şeması Şekil 6'daki gibi olacak şekilde güncellenmiştir.



#### **Şekil 6 – Alınan Hatadan Ötürü Oluşturulan Sistemin Güncel Devre Şeması**

Projede kullanıcı kontrolünü kolaylaştırmak amacıyla devreye dokunmatik sensör eklenmiştir. Şekil 6'da sunulan güncel devre şemasında görülebileceği üzere sensör, ana kontrol hattına bağlanmıştır. Bu sensör üzerinden sistem açılıp kapatılabilir; böylece kullanım süreci daha güvenli ve enerji açısından verimli hale getirilmiştir.

## IV. Yazılım Tasarımı

Giyilebilir sağlık izleme sistemi, Android mobil uygulama ve Arduino mikrodenetleyici yazılımı olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır. Android uygulaması, geleneksel View sistemi ile geliştirilmiş olup kullanıcı arayüzü, bluetooth haberleşmesi ve veri işleme katmanlarına sahiptir. Arduino tarafında ise MAX30105 sensörü ile fizyolojik veri toplama, işleme ve kablosuz iletişim gerçekleştirilmektedir.

Arduino yazılımı, MAX30105 optik sensörü aracılığıyla kullanıcının kalp atış verilerini toplar ve analiz eder. Sensörden okunan kızılötesi (IR) ve kırmızı ışık değerleri kullanılarak nabız atışı tespit edilir ve dakikadaki atış sayısı (BPM) hesaplanır. Aynı zamanda, nabız atışları arasındaki zaman farklılıklarını analiz edilerek basit bir stres seviyesi değerlendirmesi yapılır ve bu değer "Düşük", "Orta" veya "Yüksek" olarak sınıflandırılır. Elde edilen tüm veriler, HC-05 Bluetooth modülü üzerinden Android cihaza iletilir.

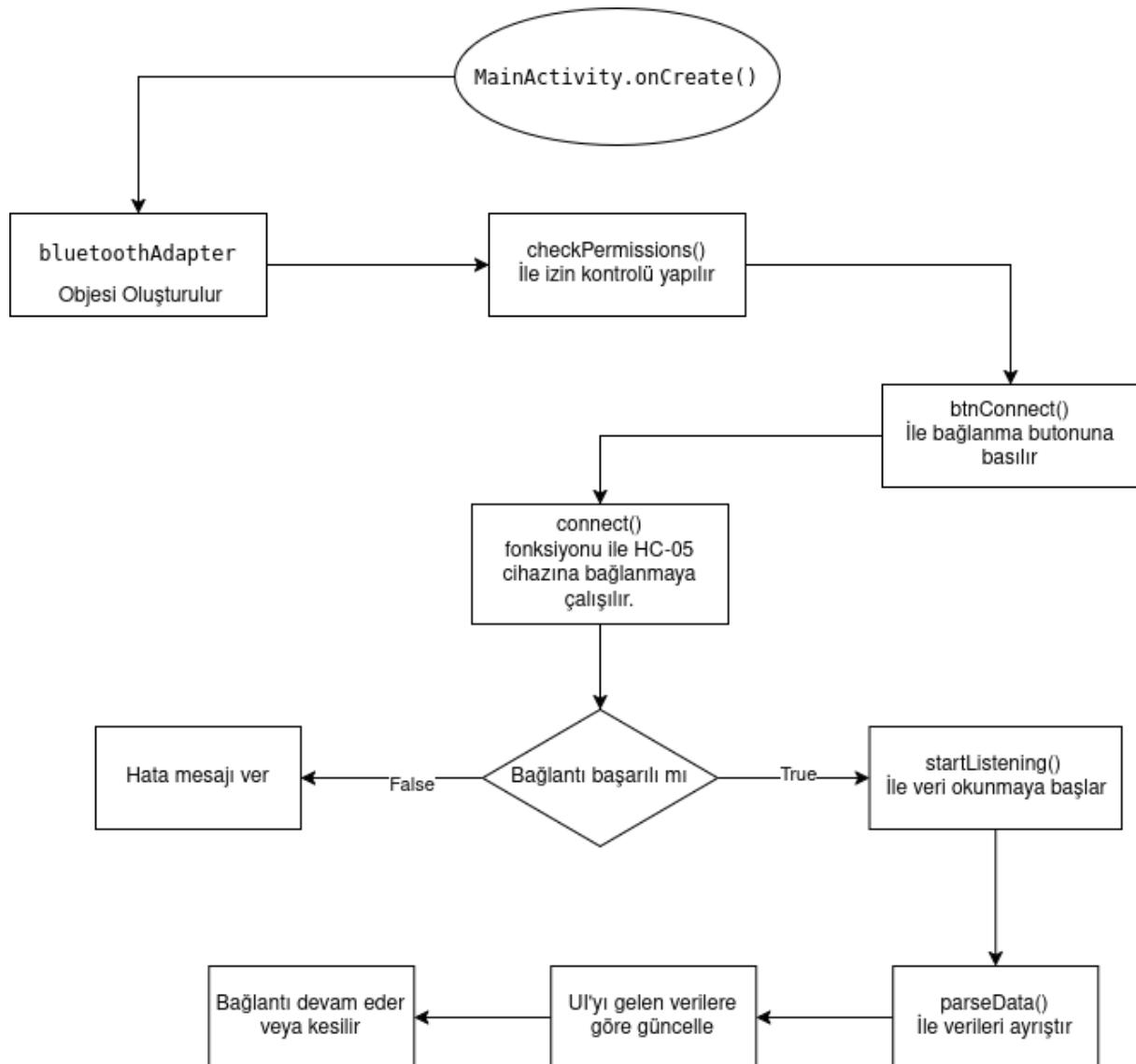
Arduino yazılımı ayrıca kullanıcı etkileşimi için bir OLED ekran entegrasyonu içermektedir. Ekranda kullanıcıya nabız değeri, stres seviyesi ve oksijen saturasyonu ( $SpO_2$ ) bilgileri gösterilir. Nabız değerlerinin normal aralığın dışına çıkması durumunda ekranda sağlık uyarı mesajları ("HR HIGH! REST" veya "HR LOW! WALK") görüntülenir. Sistem, kullanıcı tarafından bir buton ile aktifleştirilip durdurulabilmektedir.

Android uygulaması ise Bluetooth bağlantısı kurulduktan sonra Arduino'dan gelen ham verileri parseData() fonksiyonu ile ayırtırır. Gelen her nabız değeri, anlık olarak kullanıcı arayüzünde gösterilir ve 1 dakikalık ortalama hesaplaması için bpmReadingsBuffer adlı bir tampon belleğe eklenir. Her 60 saniyede bir, processMinuteData() fonksiyonu çağrılarak bu tampondaki verilerin ortalaması hesaplanır. Hesaplanan ortalama değerler sayısal olarak arayüzde gösterilir ve zaman bazlı bir grafikte (pulseChart) görselleştirilir.

Durum değerlendirme mekanizması, updatePulseStatus() ve updateAvgPulseStatus() fonksiyonları ile nabız değerlerini normal (50-100 BPM), düşük ( $<50$  BPM) veya yüksek ( $>100$  BPM) olarak sınıflandırır ve her durum için farklı renkler ve açıklayıcı mesajlar gösterir. Uygulamanın teması, Theme.kt, Color.kt ve Type.kt dosyaları ile yönetilir ve kullanıcının sistem temasına uyum sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

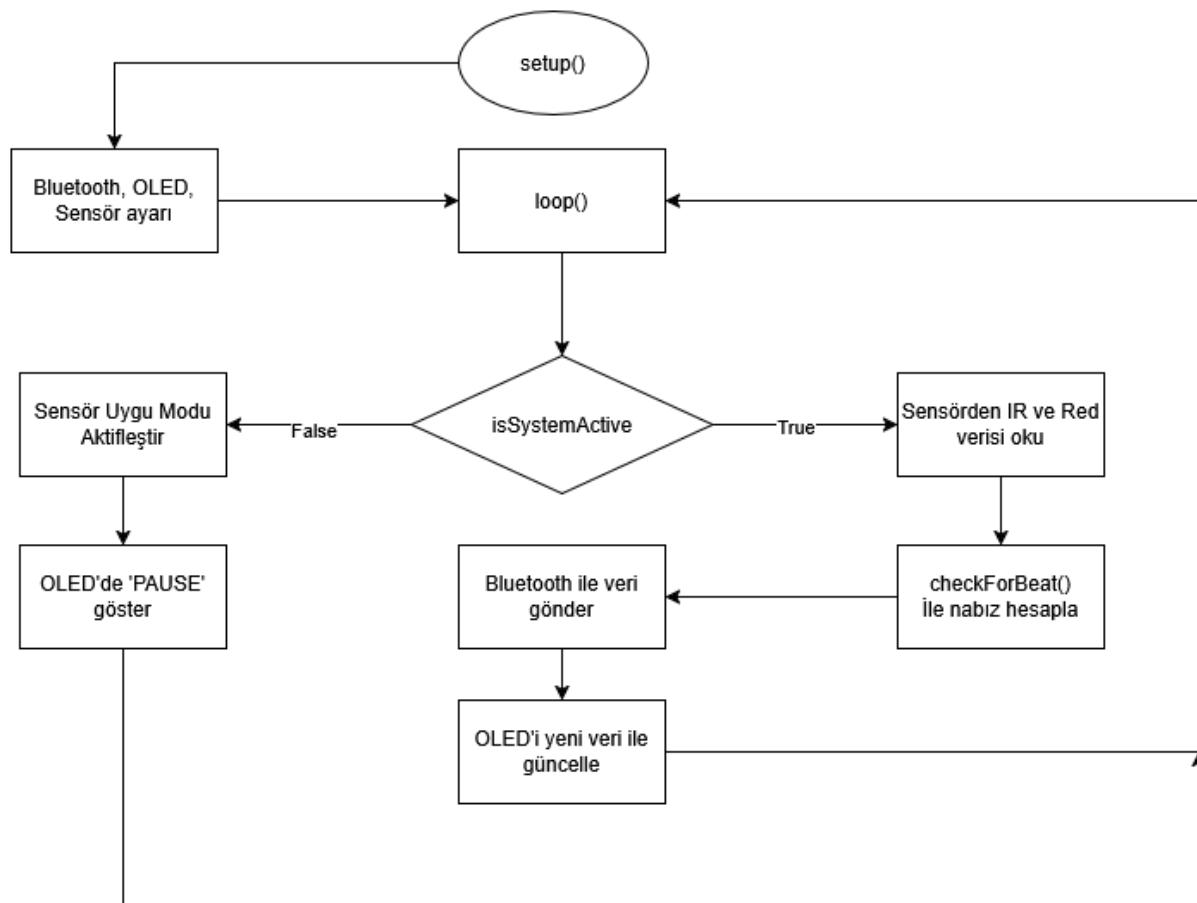
İki katmanlı bu yazılım mimarisi, giyilebilir cihazdan veri toplanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması süreçlerini sorunsuz bir şekilde entegre etmektedir.

Sistem, modüler yapısı sayesinde gelecekte farklı sensörlerden gelen verilerin de eklenmesine olanak tanımaktadır. Android uygulamanın akış diyagramı Şekil 7'de gösterilmiştir.



**Şekil 7 – Sistem Kapsamında Geliştirilen Android Uygulamanın Akış  
Diyagramı**

Arduino mikrodenetleyicisinin kullanılan devre elemanlarının çalışması adına yazılan kodun akış diyagramı Şekil 8'deki gibidir.



**Şekil 8 – Arduino Sisteminin Yazılımsal Akış Diyagramı**



## V. Sonuçlar, Demo Detayları ve Sunum Linki

Bu proje kapsamında, gerçek zamanlı sağlık izleme amacıyla giyilebilir bir sistem başarıyla tasarlanmış ve uygulanmıştır. Sistem, MAX30102 optik nabız sensörü ile fizyolojik verileri toplamakta, Arduino mikrodenetleyici üzerinde işlemekte ve HC-05 Bluetooth modülü aracılığıyla Android tabanlı bir mobil uygulamaya kablosuz olarak aktarmaktadır. Proje sürecinde, I2C ve Serial (UART) iletişim protokollerini kullanılarak donanım bileşenleri arasında veri alışverişi sağlanmış, aynı zamanda Android Bluetooth API'leri ile mobil cihaz-entegre sistem haberleşmesi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen mobil uygulamada, kullanıcı dostu bir arayüz ile gerçek zamanlı veri görselleştirmesi ve durum bazlı uyarı mekanizmaları entegre edilmiştir. Ek olarak nabız verileri

Proje, gömülü sistem tasarıımı, sensör entegrasyonu, kablosuz iletişim ve mobil uygulama geliştirme alanlarında kapsamlı bir deneyim sağlamıştır. Temel fizyolojik parametrelerin ölçülmesi, işlenmesi ve anlamlandırılması süreçlerine dair pratik bilgiler edinilmiştir. Oluşturulan mobil uygulamanın çalışamadığı durumdaki arayüzü Şekil 9'da verilmiştir. Ek olarak kıyafete entegre edilen led ekranının gösterdiği özellikler Şekil 10'da yer almaktadır.



**Şekil 9 – Mobil Uygulama Arayüzü**



**Sekil 10 – Kıyafete Entegre Edilen Led Ekranı**

Tüm sistemin çalışma prensibinin gösterildiği, kullanılan sensörlerin işlevlerinin açıklanıldığı ve mobil uygulama üzerinden elde edilen verilerin gösterildiği video bağlantısı aşağıda sunulmuştur:

---



## VI. Referanslar

- [1] “MAX30102 Nabız ve Nabız Oksimetre Sensörü (A0813),” Robotronik. [Online]. Available: <https://www.robotronik.com.tr/max30102-nabiz-ve-nabiz-oksimetre-sensoru-a0813>
- [2] “LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors,” Texas Instruments. [Online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [3]“HC-05 Bluetooth Module Interfacing with Arduino UNO,” ElectronicWings, [Online].Available: <https://www.electronicwings.com/arduino/hc-05-bluetooth-module-interfacing-with-arduino-uno>