

**T.C.  
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**YENİDOĞANA MÜDAHALEDE KULLANILACAK UYGULAMA  
SİMÜLATÖRÜNÜN ELEKTRONİK SİSTEM TASARIMI**

**Ahmetcan SUNGUR**

**Danışman  
Doç. Dr. Ali UYSAL**

**MANİSA-2025**

AHMET  
CAN  
SUNGUR

YENİDOĞANA MÜDAHALEDE KULLANILACAK UYGULAMA SİMULATÖRÜNÜN  
ELEKTRONİK SİSTEM TASARIMI

2025

Tez Sırtı Örneği

## TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi, tezin yazımında akademik ve etik kurallara aykırı herhangi bir yapay zekâ ve program kullanmadığımı beyan ederim.

**Ahmetcan SUNGUR**



## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

**Ahmetcan SUNGUR**  
**Manisa Celal Bayar Üniversitesi**  
**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**  
**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Ali UYSAL**

Simülasyonlar, birçok eğitim alanında, gerçek ortam koşullarının sağlanamadığı durumlarda dijital canlandırmalar yoluyla öğrenme sürecini destekleyen, güvenli bir uygulama alanı sunan ve bireyin bilgi ile beceri düzeyini pekiştiren araçlardır. Sağlık alanında kullanılan simülasyonlar, öğrencilerin klinik ortama çıkmadan önce uygulama kabiliyetlerini geliştirmelerine ve pratik yapma fırsatı elde etmelerine olanak tanımaktadır. Bu avantajlar dikkate alındığında, klinik yeterliliği artırmaya yönelik olarak ebellek eğitiminde simülasyon tabanlı eğitimin yenilikçi bir yaklaşım olarak benimsenmesi büyük önem taşımaktadır.

Tez çalışması kapsamında;

Önceden tanımlanmış klinik senaryolar doğrultusunda algoritmalar oluşturulmuş; parametreleri izleyebilecek uygun algılayıcılar seçilerek mikrodenetleyici tabanlı bir donanım altyapısı kurulmaktadır.

Toplanan veriler gerçek zamanlı olarak işlenmiş ve kullanıcıya görsel olarak sunulmak üzere bir grafiksel kullanıcı arayüzü kullanılmaktadır. Sistem, hazırlanan devre kartı ile hem donanım hem de yazılım bileşenleriyle entegre şekilde çalışmakta olup, kullanıcıların etkileşimli biçimde senaryoları deneyimlemesine olanak tanımaktadır. Ayrıca geliştirilen simülasyon sistemin performansı çeşitli testler aracılığıyla değerlendirilmiş ve elde edilen geri bildirimler doğrultusunda iyileştirmeler gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışma, algılayıcı teknolojileri, gömülü sistem tasarımı, algoritmik modelleme ve kullanıcı arayüzü geliştirme süreçlerini bir araya getirerek disiplinler arası bir yaklaşımla yenilikçi bir simülasyon çözümü sunmaktadır. Sonuç olarak, mekatronik mühendisliğinin, sağlık alanında eğitim teknolojilerine katkı sağlayabilecek bir simülasyonun elektronik sistem tasarım çalışması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler: Algılayıcılar, Elektro-Mekanik Yapılar, Elektronik sistem tasarımı, Mikrodenetleyiciler, Klinik simülasyon, Ebellek eğitimi, Yenidoğan canlandırma programı**

**2025, 68 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

**Ahmetcan SUNGUR**  
**Manisa Celal Bayar University**  
**Graduate School of Education**  
**Department of Mechatronic Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali UYSAL**

Simulators are instruments that facilitate the educational process by providing digital simulations in numerous fields of study where real-world conditions cannot be met. These instruments offer a secure testing environment and reinforce the individual's knowledge and skill level. Simulators employed in healthcare settings facilitate students' development of practical skills and acquisition of hands-on experience prior to their entry into clinical environments. In light of these advantages, the adoption of simulator-based education as an innovative approach in midwifery education to enhance clinical competence is of great importance.

In the context of the present thesis study;

Algorithms were developed based on predefined clinical scenarios; appropriate sensors capable of monitoring parameters were selected, and a microcontroller-based hardware infrastructure was established.

The collected data undergoes immediate processing and is subsequently presented to the user in a visual format via a graphical user interface. The system functions in an integrated manner with both hardware and software components using the prepared circuit board, allowing users to interactively experience the scenarios. Furthermore, the performance of the developed simulator system has been thoroughly evaluated through a series of rigorous tests, and subsequent improvements have been implemented based on the feedback obtained.

This work integrates sensor technologies, embedded system design, algorithmic modeling, and user interface development processes, offering an innovative simulator solution through an interdisciplinary approach. Consequently, an electronic system design study has been conducted for a simulator that has the potential to contribute to educational technologies in the field of health through mechatronics engineering.

**Keywords: Sensors, Electro-Mechanical Structures, Electronic system design, Microcontrollers, Clinical simulation, Midwifery education, Neonatal resuscitation program**

**2025, 68 pages**

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım esnasında karşılaştığım zorluklarda yardımlarını esirgemeyen hem ders döneminde hem de tez aşamasındaki anlayışı ile bana destek olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve kendisini tanımaktan onur duyduğum danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ali UYSAL' a, eğitim yaşamımda önemli katkıları olan değerli meslektaşım, Sarten Ambalaj Manisa Gıda Fabrika Müdürü Sn. Kamil ERSİN' e, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve her daim yanımda olan değerli eşim ve aileme yürekten teşekkür ederim.

Bu proje Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2024-075 proje numarası ile desteklenmiştir.

Ahmetcan SUNGUR  
Manisa, 2025

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	XI
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### LİTERATÜR TARAMASI VE TEZ AMACI

1.1. Literatür Taraması .....	3
1.2. Tezin Amacı.....	9

### İKİNCİ BÖLÜM

#### GENEL BİLGİLER

2.1. Kullanılacak Elektronik Sistem Bileşenleri ile İlgili Kavramlar .....	10
2.1.1. Ana Kontrol Birimleri.....	10
2.1.2. Haberleşme Birimleri.....	10
2.1.2.1. Seri Haberleşme.....	10
2.1.2.2. I2C Haberleşme.....	11
2.1.2.3. SPI Haberleşme.....	11
2.1.3. Hafıza Birimleri.....	12
2.1.3.1. Flash Bellek.....	12
2.1.3.2. EEPROM.....	13
2.1.4. Kullanıcı Arayüzü (UI – User Interface).....	13
2.1.5. Algılayıcılar.....	13
2.1.5.1. Dijital Algılayıcılar.....	14
2.1.5.2. Analog Algılayıcılar.....	15
2.1.5.3. Analog veya Dijital Çıkış .....	16
2.1.6. Aktüatörler.....	17
2.1.7. Güç Kaynağı.....	17
2.2. Kalibrasyon.....	18
2.2.1. Algılayıcılar Üzerinde Kalibrasyon.....	18
2.3. Elektromekanik Sistemler .....	19

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Mikrodenetleyici Kart .....	22
3.1.2. Hall Etki Algılayıcısı .....	23
3.1.3. LDR (Light Dependent Resistor).....	26
3.1.4. İnce Film Basınç Algılayıcısı .....	28
3.1.5. Hava Basınç Algılayıcısı .....	29
3.1.6. Civalı Kontak.....	30
3.1.7. Durum Takip Ekranı (Nextion HMI).....	32
3.1.7.1 Nextion Ekran Arayüzü Tanıtılması .....	33
3.2. Yöntemler.....	34
3.2.1. Algoritmanın Oluşturulması .....	34
3.2.2. Algılayıcıların Testi ve Verilerin Ölçeklendirilmesi .....	37
3.2.3. Nextion Arayüzlerinin Programlanması.....	44
3.3. Proje Elektronik Devre Tasarımı ve Programlaması .....	49
3.4. Göğüs Hareketi için Elektromekanik Kutu Tasarımı .....	53
3.5. Elektronik Devre Muhafaza Kutusu .....	56

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Kurulama İşlemi Algılaması .....	58
4.2. Baş-Boyun Pozisyonlama ve Açılı Doğrulama.....	59
4.3. Oksimetre Probu ve Puar Konumlandırma Doğruluğu .....	59
4.4. Hava Maskesi Takılıp Takılmadığının Algılanması .....	60
4.5. Yapay Kalp Atımı ve Göğüs Kafesi Hareketi.....	60
4.6. Kalp Masajı Doğruluğu Tespiti .....	61

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç.....	62
5.2. Tartışma.....	64
5.3. Öneriler.....	64
KAYNAKLAR.....	66

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AAP</b>	American Academy of Pediatrics (Amerikan Pediatri Akademisi)
<b>AC</b>	Alternative Current (Alternatif Akım)
<b>ADC</b>	Analog-to-Digital Converter (Analog-dijital dönüştürücü)
<b>APGAR</b>	Appearance (Görünüm), Pulse (Nabız), Grimace response (Yüz buruşurma), Activity (Aktivite), and Respiration (Solunum)
<b>bps</b>	Bits Per Second (Saniyedeki Bit Sayısı)
<b>CdS</b>	Kadmiyum sülfür
<b>DC</b>	Direct Current (Doğru Akım)
<b>EEPROM</b>	Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektriksel Olarak Silinebilen Programlanabilir Salt Okunur Bellek)
<b>GND</b>	Ground (Toprak)
<b>HMI</b>	Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
<b>I2C</b>	Inter-Integrated Circuit (Entegreler Arası Seri İletişim)
<b>I/ O</b>	Input/ Output (Giriş/ Çıkış)
<b>IDE</b>	Integrated Development Environment (Entegre Geliştirme Ortamı)
<b>IoT</b>	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
<b>IoMT</b>	Internet of Medical Things (Nesnelerin İnterneti Tabanlı Medikal Sistemler)
<b>LCD</b>	Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
<b>LDR</b>	Light Dependent Resistor (Işığa duyarlı direnç)
<b>LED</b>	Light Emitting Diode (Elektronik Işıklı Diyot)
<b>MISO</b>	Master In Slave Out (Master Girişi, Slave Çıkışı)
<b>MOSI</b>	Master Out Slave In (Master Çıkışı, Slave Girişi)
<b>NRP</b>	Neonatal Resüsitasyon Programı (Yenidoğan Canlandırma Programı)
<b>PCB</b>	Printed-Circuit Board (Baskı Devre Kartı)
<b>PD</b>	Parkinsons disease (Parkinson hastalığı)
<b>PPV</b>	Positive predictive value (Pozitif Öngörü Değeri)
<b>PRO</b>	Profesyonel
<b>RTC</b>	Real Time Clock (Gerçek Zamanlı Saat)
<b>RX</b>	Receive (Alıcı)
<b>SCL</b>	Serial Clock Line (Saat Sinyali)
<b>SCLK</b>	Serial Clock (Seri Saat Sinyali)
<b>SDA</b>	Serial Data Line (Seri Veri Hattı)
<b>SPI</b>	Serial Peripheral Interface (Seri Çevresel Arayüz)
<b>SS/CS</b>	Slave Select/Chip Select (Slave Seçim Hattı/ Yonga Seçim Hattı)
<b>TFT</b>	Thin Film Transistor (İnce Film Transistör)
<b>TX</b>	Transmit (İletici)
<b>UART</b>	Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Asenkron Alıcı / Verici)
<b>UI</b>	User Interface (Kullanıcı Arayüzü)
<b>USB</b>	Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veriyolu)
<b>V</b>	Volt (Gerilim)
<b>VR</b>	Virtual Reality (Sanal gerçeklik)
<b>WHO</b>	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Veri alım hattı .....	10
Şekil 2. Seri haberleşme.....	11
Şekil 3. Algılayıcı çalışma diyagramı .....	14
Şekil 4. Dijital çıkış.....	15
Şekil 5. Analog çıkış .....	15
Şekil 6. Aktüatör çalışma diyagramı .....	17
Şekil 7. Algılayıcı kalibrasyon aşamaları.....	19
Şekil 8. Algılayıcıların yapay bebek modeli üzerindeki yerleşimi .....	21
Şekil 9. Arduino Mega 2560 Pro mikrodenetleyici kart .....	22
Şekil 10. Arduino Mega 2560 Pro pin yerleşimleri .....	23
Şekil 11. Hall etki algılayıcısı .....	23
Şekil 12. Hall etki algılayıcısı çalışma şeması [32] .....	25
Şekil 13. Hall etki algılayıcısı çalışma değer grafiği [33] .....	25
Şekil 14. LDR çalışma değer grafiği [34].....	27
Şekil 15. LDR .....	27
Şekil 16. Led diyot sembolü .....	27
Şekil 17. İnce film basınç algılayıcısı iç yapısı [35].....	28
Şekil 18. İnce film basınç algılayıcısı .....	28
Şekil 19. İnce film basınç algılayıcısı çalışma değer grafiği .....	29
Şekil 20. MPX10DP hava basınç algılayıcısı .....	30
Şekil 21. Civalı kontak.....	30
Şekil 22. Civalı kontak çalışma prensibi.....	31
Şekil 23. Nextion HMI.....	33
Şekil 24. Nextion Editor arayüz.....	34
Şekil 25. Simülatör durum gözlem diyagramı .....	36
Şekil 26. Farklı ışık değerleri altında LDR ölçümleri.....	37
Şekil 27. Civalı kontak yapay bebek modeline yerleştirilmesi.....	38
Şekil 28. Civalı kontak çalışma değer grafiği .....	38
Şekil 29. Hall etkisi algılayıcısı çalışma değer grafiği .....	39
Şekil 30. Silikon aspire .....	39
Şekil 31. Elektromekanik kutu içerisine titreşim motorunun yerleştirilmesi ....	40
Şekil 32. Hava basınç algılayıcısı çalışma değer grafiği .....	41
Şekil 33. İnfantambu .....	41
Şekil 34. Göğüs şişme sönmeye durumu .....	42
Şekil 35. Oksimetre probu .....	43
Şekil 36. Laringoskop .....	43
Şekil 37. Simülatör başlangıç ekranı .....	44
Şekil 38. Komut panelinde "Repo" kullanımı.....	45
Şekil 39. Komut panelinde "Wepo" kullanımı.....	45
Şekil 40. Simülatör durum takip ekranı ayar sayfası .....	46
Şekil 41. Simülatör durum takip ekranı .....	46
Şekil 42. Simülatör algılayıcı değer ayar ekranı .....	47
Şekil 43. Simülatör senaryo karakter ayar ekranı .....	47
Şekil 44. Simülatör senaryo karakter ekranı .....	48
Şekil 45. Simülatör aşama durum ekranı .....	49
Şekil 46. Simülatör olumlu-olumsuz durum örneği.....	49

<b>Şekil 47.</b> Elektronik devre şeması.....	<b>51</b>
<b>Şekil 48.</b> Kontrol kart.....	<b>53</b>
<b>Şekil 49.</b> Göğüs hareketi elektromekanik modeli.....	<b>54</b>
<b>Şekil 50.</b> Göğüs hareketi elektromekanik model parçaları.....	<b>54</b>
<b>Şekil 51.</b> Göğüs hareketi elektromekanik model 3B baskı.....	<b>55</b>
<b>Şekil 52.</b> Göğüs hareketi elektromekanik model yay sistemi.....	<b>56</b>
<b>Şekil 53.</b> Kontrol kartı koruyucu kutusu çizimi.....	<b>56</b>
<b>Şekil 54.</b> Kontrol kart koruyucu kutu 3B baskısı.....	<b>57</b>
<b>Şekil 55.</b> Kurulama işlemi algılama.....	<b>58</b>
<b>Şekil 56.</b> Bir basamak için süre aşımı gösterimi.....	<b>59</b>
<b>Şekil 57.</b> Aspirasyon işlemine başlama.....	<b>60</b>



## TABLÖLAR DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 1.</b> Hafıza türleri ve özellikleri.....	<b>13</b>
<b>Tablo 2.</b> Kullanılan materyalleri çalışma bölgesi ve açıklaması .....	<b>20</b>
<b>Tablo 3.</b> Algılayıcı kullanım adımları.....	<b>37</b>
<b>Tablo 4.</b> Elektronik kısım için takip edilen işlem basamakları.....	<b>50</b>



## GİRİŞ

Yenidoğan döneminde meydana gelen ölümlerin büyük bir kısmı (%75), yaşamın ilk haftasında gerçekleşmekte olup, yaklaşık bir milyon yenidoğan hayatını kaybetme riskiyle karşı karşıya kalmaktadır [1]. Bu ölümlerin bir bölümü doğrudan doğum öncesinde veya doğum sırasında meydana gelirken, bir kısmı ise doğumdan sonraki ilk birkaç gün içinde ortaya çıkmaktadır. Doğum sırasındaki ve sonrasındaki başlıca ölüm nedenleri arasında oksijen yetersizliği, prematürelilik (erken doğum), solunum yetmezliği veya solunumun tamamen durması ve enfeksiyonlar yer almaktadır.

Yenidoğanın doğum sonrası sağlık durumu, hayatta kalabilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle sağlık durumu doğumdan hemen sonra değerlendirilmekte ve gerektiğinde acil müdahaleler uygulanmaktadır. Bu bağlamda, yenidoğanda acil bir durumda resüsitasyon (canlandırma) uygulamasının gerekmesi mümkündür. Bu prosedürün hızlı, doğru ve dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmesi hayati önem taşımaktadır. Yenidoğan resüsitasyonu; solunum yollarının açılması, oksijen sağlanması, kalp atışlarının izlenmesi, sıvı dengesinin sağlanması ve diğer temel yaşamsal fonksiyonların desteklenmesi gibi çeşitli teknik müdahaleleri kapsamaktadır [2]. Bu uygulamalar doğum sırasında, doğumdan hemen sonra ya da doğumu takiben ilk dakikalarda gerçekleştirilebilmektedir [3].

Yapılan çalışmada, Neonatal Resüsitasyon Programı (NRP) protokolü doğrultusunda yapılandırılmış olup müdahale basamaklarını temsil edecek şekilde donanım ve yazılım bileşenleriyle desteklenmektedir. NRP algoritmasının ilk adımı olan ısıtma, kurutma işlemleri sırasında, doğum odasında bebeğin kurulanmasını simüle etmek için LDR, pozisyon verme sırasında simüle etmek için civalı kontak kullanılmaktadır. Resüsitasyon sırasında, kalp masajı uygulamasının izlenebilirliğini sağlamak amacıyla, göğüs içerisine yerleştirilen dairesel bir basınç algılayıcısı kullanılmaktadır. Ayrıca, göğüs hareketlerini taklit ederek yapay bir akciğer işlevi gösterecek şekilde tasarlanmış elektromekanik bir model geliştirilmektedir. Bu modelde, tasarlanan yapay bebek modeli üzerinde uygulanmış ve MG90S mikro servo motor kullanılarak göğüs alanında gerçekçi şişme ve sönme hareketleri sağlanmaktadır. Yapay kalp atımının kullanıcıya hissettirilmesi amacıyla model içerisine entegre edilmiş titreşim motoru kullanılmaktadır. Ayrıca, yapay bebek

modelin ciğerlerine uygulanan pozitif basınçlı ventilasyonun etkinliğini değerlendirmek amacıyla, hava akışını algılayan bir hava basınç algılayıcısı kullanılmaktadır. Hava maskesinin modele doğru yerleştirilip yerleştirilmediğini kontrol edebilmek adına ise, pozisyon kontrolü sağlayan Hall etkisi algılayıcısı kullanılmaktadır. Bu bileşenlerin senaryoya uygun entegrasyonu sayesinde, simülatör sistemi, kullanıcıya hem gerçek zamanlı veri takibi hem de uygulama geri bildirimini sağlayan kapsamlı bir eğitim aracı niteliği kazandırmaktadır.

Tüm bu algılayıcılardan elde edilen veriler, Nextion dokunmatik ekran arayüzü üzerinden kullanıcıya senaryoya bağlı olarak görselleştirilmiş şekilde sunulmaktadır. Bu etkileşimli arayüz, hem uygulayıcının her adımda sistem geri bildirimini takip etmesine olanak tanımakta hem de eğitim sürecinde yapılan hataların gerçek zamanlı olarak analiz edilmesine imkân vermektedir. Dolayısıyla, ekran üzerinden sağlanan bu görsel ve fonksiyonel izlenebilirlik, simülatör tabanlı eğitimin etkililiğini artırmakta, öğrenme sürecini pekiştirmekte ve kullanıcıya klinik karar verme becerisi kazandırma noktasında önemli bir katkı sunmaktadır.

Bu müdahalelerin etkili bir şekilde uygulanabilmesi, sağlık personelinin pratik beceri düzeyine, koordinasyon yeteneğine, karar verme kabiliyetine, stresle başa çıkabilmesine ve zaman yönetimi becerilerine bağlıdır. Bu doğrultuda, söz konusu becerilerin geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla, ilgili müdahalelerin simülatör temelli bir yaklaşımla modellenmesi hedeflenmektedir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### LİTERATÜR TARAMASI VE TEZ AMACI

#### 1.1. Literatür Taraması

Sema ÖZBAŞ (2008) “Türkiye’de 2002, 2004 ve 2007 Yıllarında Gerçekleştirilen “Yenidoğan Canlandırma Programı Uygulayıcı Eğitimlerinin Belirlenen Kalite Kriterleri ve Katılımcı Geri Bildirimlerine Göre Değerlendirmesi” konulu Yüksek Lisans Tez’inde yenidoğan canlandırma programı uygulayıcı eğitimlerinin başarısı için gerekli olan kalite kriterlerine yer verilmektedir [4].

Hüseyin ALTUNHAN ve Fatma Hilal YILMAZ (2018) ‘ın yayınlamış olduğu Yenidoğanın Değerlendirilmesi ve Yenidoğan Taramaları isimli çalışmalarında yenidoğanın fiziki muayene basamakları, yenidoğan taramaları, metabolik taramalar ve benzeri tarama yöntemlerine yönelik değerlendirmeler ele alınmaktadır [5].

Gülşah EMRECİKSİN (2023) tarafından yayınlanmış olan “Hemşirelik Öğrencilerinin Yenidoğanın İlk Değerlendirilmesine İlişkin Bilgi ve Becerilerine Simülasyona Temelli Öğrenmenin Etkisi” isimli çalışmasında klinik simülasyon ve geleneksel eğitim yöntemleri kullanılarak hemşirelik öğrencilerinin bilgi ve beceri düzeylerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmış çalışmadır. [6]

Hale SEZER ve Fatma ORGUN (2017) tarafından yazılan makalede hemşirelik eğitiminde kullanılan simülasyonu, simülasyonun yönteminin amaçlarını ve yararlarını, simülasyonunun çeşitlerinin örneklerini ve simülasyon modelinin açıklanması amaçlanmaktadır [7].

Salih KOÇ ASLAN ve aradaşları (2018) tarafından yayımlanan Doğumhane Ortamında Yenidoğan Kriz Yöntemi Simülasyonu Uygulaması Deneyimi: Yenidoğan Canlandırma isimli yayımlarında yenidoğan yoğun bakım hemşirelerinin bilgi düzeylerini ve çözümlene yetkinliklerinin kriz yönetimine olan etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır [8].

Süreyya SARVAN ve Emine EFE (2021) tarafından hazırlanan Yenidoğan Resüsitasyon Eğitiminde Simülasyon Kullanımı: Sistemik Derleme isimli çalışmalarında yenidoğan resüsitasyon eğitimini geliştirmek için kullanılan simülasyon ile ilgili mevcut kanıtların gözden geçirilmesi amaçlanmaktadır [9].

Ghoman SK, Patel SD, Cutumisu M ve arkadaşları (2020) yenidoğan canlandırma programı için eğitim amaçlı simülasyonlar ve oyunlar olmak üzere toplam 12 adet çalışma yapmışlardır (dört masa oyunu, beş video oyunu ve üç sanal gerçeklik oyunu). Bu çalışmaların yenidoğan sağlık profesyonellerinde bilgi birikimini ve becerileri nasıl geliştirebileceğini incelenmektedir. Sonuç olarak, masa oyunu (bilgiyi akılda tutmada %10 artış) ve Neonatoloji Oyunu (kontrol ile karşılaştırıldığında 4,15 puan daha yüksek test puanı) için bilgide iyileşme rapor edildi. Yapacağımız çalışmanın bu çalışmalardan farkı, sadece aşamaları tekrarlar şeklinde sunup bu olayları ezber niteliğinde öğretmek değil, verilen senaryolar arasında farklı müdahale şekillerini de uygulayabilmesini ve gerçek zamanlama ile ortam atmosferini tam bir şekilde sağlayabilmek ve uygulayıcının karar yapısını ve müdahale hızını gerçekleştirecek canlı müdahaleler ile bire bir tutmaya çalışmaktır [10].

Huang, J., Tang, Y., Tang, J. ve diğerleri. (2019) NRP için ekip çalışması ve iletişim eğitimi, resüsitasyon performansını iyileştirmenin önemli bir yolu olarak görmüşlerdir. Simülasyon eğitimi, etkili takım çalışması ve iletişim becerilerinin eğitiminde güvenli ve kaliteli bir yöntem olarak yaygın olarak kullanıldığını ve bu nedenle, yüksek doğruluklu simülasyon tabanlı eğitimin kullanımının ekip çalışması performansında etkili olduğu düşünülmektedirler çünkü eğitim iletişimin iyileştirilmesine, durumsal farkındalığa ve görev dağıtımına odaklanmaktadır. Bu nedenle yapacağımız simülasyonda, ekip çalışmasını ve diğer uygulayıcıların simülasyon esnasında müdahaleleri etkin bir şekilde gözlemleyebilmesi için monitör kullanılacaktır [11].

Mustafa Yalın AYDIN ve arkadaşları (2024) tarafından yapılan “VR-NRP: A Virtual Reality Simulation for Training in the Neonatal Resuscitation Program” çalışmasında VR teknolojisi ile NRP basamakları birleştirilerek sanal ortam içerisinde yenidoğan bebeğe müdahale simülatörü oluşturulmuştur. [12]

Vadim BULİTKO ve arkadaşları (2015) tarafından başlatılan “RETAIN: a Neonatal Resuscitation Trainer Built in an Undergraduate Video-Game Class” çalışmasında öğrencilerin NRP ortamını video oyun mantığı ile tecrübe etmesi amaçlanmıştır. Buna istinaden bilgisayar ortamında bir video oyun hazırlanarak öğrencilerin deneyim kazanması hedeflenmektedir. Ayrıca oyuncuların resüsitasyon

kurslarından sonra tutmayı iyileştiren farklı resüsitasyon senaryolarında gezinmelerine olanak tanıyan RETAIN bilgisayar oyununu geliştirdiler [13].

Ayşe ŞENOĞLU ve arkadaşları (2023) tarafından hazırlanan “Ebelere Yönelik Yenidoğan Canlandırma Uygulamaları Hizmet İçi Eğitimlerinde Öğretim Tasarımının Geliştirilmesi” çalışmalarında yenidoğan canlandırma uygulamalarına yönelik eğitim ihtiyaçlarının belirlenip giderilmesi için en etkili ve verimli öğrenme sistemi oluşturulması amacıyla yaptıkları çalışmadır. Çalışma neticesinde eğitim metotları, eğitim uygulama sıklığı vb. durumlara değinilmektedir. Bu çalışma sayesinde algoritmanın hazırlanması esnasında kilit nokta olacak adımlar gözetilmektedir [14].

Zeliha Burcu YURTSAL ve Öznur HASDEMİR (2023) tarafından hazırlanan “Midwifery Students' Knowledge and Opinions on Virtual Reality and Augmented Reality Used in Midwifery Education” isimli çalışmalarında ebelik eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının faydaları hakkında genel görüş toplamak amacıyla yapılmış olan çalışmadır. Bu çalışma sayesinde ebelik öğrencilerinin sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik simülasyonları ile öğrenimlerinin daha etkili olduğu fikri verilmektedir [15].

Cutumisu ve arkadaşları (2019) bilginin tutulmasını değerlendirmek için bir masa oyunu kullanarak bilginin %12 oranında arttığını ortaya koymaktadır. [16].

Sawyer ve arkadaşları (2021), her canlandırma ekibi üyesine belirli bir rol, bir görev listesi ve ayakta durulacak bir yer ataması olarak tanımladıkları görev odaklı rol atamasını (TORA) değerlendirdiler. TORA eğitiminin simüle ederek neonatal canlandırma sırasında daha iyi davranışsal becerilerle sonuçlandığını sunmaktadırlar [17].

Emine ALTIN ve Serkan DEMİREL (2016), kızılötesi algılayıcıların sağlık alanında non-invaziv (girişimsel olmayan) teşhis yöntemleri geliştirmede önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu algılayıcıların kullanımı, özellikle tümör ve kanser gibi hastalıkların erken teşhisinde, zararlı ışınlara maruz kalmadan güvenli bir alternatif sunmaktadır [18].

Zülfü TÜYLEK (2017), söz konusu çalışmada, biyolojik sistemlerin işleyişinden esinlenilerek geliştirilen biyoalgılayıcıların günümüzde ulaştığı seviye ve gelecekteki potansiyeli detaylı biçimde ele alınmaktadır. Özellikle nanoteknoloji ile

entegre edilen biyoalgılayıcıların, yüksek duyarlılık ve özgüllük özellikleri sayesinde daha az analite ihtiyaç duyarak hızlı sonuç üretebildiği vurgulanmıştır. Bu algılayıcıların sağlık başta olmak üzere birçok sektörde yaygın kullanımını mümkün kıldığını sunmaktadır [19].

Emre Ozan ÖZTÜRK ve arkadaşları (2020) sanal gerçeklik uygulamalarının kullanılmasıyla birlikte, alanında daha donanımlı sağlık personelinin yetiştirilebileceği, tedavi süresince hasta motivasyonunun artacağı, tedavi süresinin ve maliyetlerinin azalacağını belirtilmektedir. Yakın gelecekte ise sağlık ve tıp sektöründe sanal gerçeklik uygulamalarının daha da fazla kullanılacağı ve önemli ölçüde pazar payına sahip olacağı vurgulanmaktadır [20].

Jungi MAO ve arkadaşları (2023), sağlık alanında dijitalleşme ve zekâ temelli uygulamaların artışıyla birlikte önem kazanan Nesnelerin İnterneti Tabanlı Medikal Sistemler (IoMT) kapsamında, Parkinson Hastalığı (PD) olan bireylerin izlenmesine yönelik yenilikçi bir sistem geliştirilmektedir. Çalışmada, esnek yapılı giyilebilir triboelektrik algılayıcılar ile derin öğrenme destekli veri analizinin sinerjik entegrasyonu sayesinde hem dayanıklı hem de akıllı bir sağlık izleme sistemi tasarlanmaktadır [21].

Malıkı MOUSTAPHA tarafından kalp hızı algılayıcısı, sıcaklık algılayıcısı vb. algılayıcıların Arduino UNO kart ile kontrol edilerek hasta veri takibini çevrimiçi veri tabanı ile yapılan çalışmadır [22].

Zheng ZHIBIN ve arkadaşları (2022) tarafından yapılan faydalı modelde, bir çekme ipi sensörü aracılığıyla oluşturulan baskı plakasının gücünü ve frekansını tespit ederek yenidoğan 'a resüsitasyon simülasyon eğitiminde kullanılacak bir simülasyon modeli oluşturmaktadır. Yapılan çalışma neticesinde kabuksu bir model ile çalışılmaktadır [23].

Mustafa PALAZ ve arkadaşları (2023) tarafından yapılan çalışmada bebeğin göğüs ve baş kısmına koyulan sensörler yardımı ile bebeğin zemine olan mesafe ölçümü yapılmaktadır. Yapılan ölçümlerden sonra bebeği göğüs kısmına yerleştirilen piston sayesinde uygulanacak olan 1/3'lük bası tayin edilmektedir [24].

Schertz MITCHELL ve Richards Robert R. (1996) yaptıkları çalışma ile gerçeğe yakın görünüm ve tepkilere sahip bir bebek androidi kullanmaktadır. Android,

içinde resüsitasyon gerektiren bir klinik durumu simüle edebilen akıllı ve etkileşimli bir kontrol mekanizması ile donatılmıştır. Simülatörü kullanan kursiyerin gerçekleştirdiği müdahaleleri algılayarak analiz eder ve bu müdahalelere karşılık olarak bebek androidin durumunu uygun şekilde değiştirir. Sanal gerçeklik ortamı, işitsel ve görsel olarak doğum odasının çalışma koşullarını simüle ederek, kursiyere gerçek klinik ortama benzer bir deneyim sunmayı amaçlamaktadır. Bu bütünleşik yapı sayesinde simülatör, kursiyerlere yenidoğan resüsitasyonu konusunda gerçek hayata yakın, uygulamalı bir eğitim imkânı sunar [25].

Mptos NICOLAS (2018) tarafından yapılan çalışmada resüsitasyon becerilerinin biçimlendirici testine yönelik bir sistem ve bilgisayar programı ürünü ile ilgilidir. Sistem, göğüs plakası ve akciğer içeren bir manken içine yerleştirilmek üzere bir sensör kümesi içerir. Sensör kümesi, göğüs plakasının yer değiştirmesini ölçmek için bir mesafe sensörü ve mankene uygulanan dış basıncı ve akciğerin genişlemesinden kaynaklanan basıncı ölçmek için bir basınç pedi içerir. Bilgisayar programı ürünü, mankenden sensör verilerini tekrar tekrar almak için bir birinci aşama ve performans verilerini, renk kodlu yetkinlik seviyesini ve performans verilerini iyileştirmek için bir değerlendirmeyi ekranda sunmak için bir ikinci aşamadan oluşan biçimlendirici bir test gerçekleştirmek için talimatlar içerir [26].

Craig MIELCARZ ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan çalışmada hastanın resüsitasyon ve solunum mekaniğini izlemek için bir sistem ve yöntem sunulmaktadır. Bir basınç sensörü, resüsitatörün hava akış yolundaki hava basıncını algılar ve buna yanıt olarak bir birinci algılama sinyali üretir. Bir akış hızı sensörü, hava akış yolu içindeki akış hızını algılar ve buna yanıt olarak ikinci bir algılama sinyali üretir. Bir işlemci, bir algoritma kullanarak birinci ve ikinci algılama sinyallerini alır ve işler, böylece solunum havasına karşılık gelen ventilasyon hızını, akciğer basıncını ve hava hacmini belirler. Hastanın solunumu hakkında ventilasyon hızı, akciğer basıncı ve hava hacmini içeren gerçek zamanlı geri bildirim raporu üretilir [27].

Daniel Alfonso BOTERO ROSAS ve arkadaşları (2020) tarafından yapılan çalışmada resüsitasyon sırasında torasik kompresyonların kalitesini değerlendiren ve geri bildirim sağlayan bir cihazı açıklamaktadır. Bu cihaz, kardiyopulmoner resüsitasyon sırasında yapılan torasik kompresyonların kalitesini en uygun şekilde değerlendirmeye olanak tanır ve söz konusu kompresyonların konumuna ilişkin geri

bildirim sağlar. Kardiyopulmoner resüsitasyon sırasında torasik kompresyonların kalitesini değerlendiren ve geri bildirim sağlayan cihaz, kızılötesi sensör, mikroişlemci, mantık araçları, grafik arayüz ve uzaktan bağlantı araçları gibi temel teknik özellikleri ile, kardiyopulmoner resüsitasyon prosedürü sırasında torasik kompresyonların derinliği ve sıklığı parametrelerini tahmin ederek bunların yeterli olup olmadığını belirlemeyi mümkün kılar [28].

Ramamurthy Rajam S. (1986) tarafından yapılan çalışmada Eşzamanlı insuflasyon ve dış kalp masajı manipülasyonlarını içeren kardiyopulmoner resüsitasyon eğitimi veya uygulaması için bebek boyutunda bir manken sağlanmaktadır. Manken, mankene uygulanan insuflasyonlar tarafından çalıştırılan ve uygulanan insuflasyonların hızını ve basıncını gösteren bir elektrik sinyali üreten bir basınç anahtarı dönüştürücüsü içeren akciğer simülasyon yapısına sahiptir. Manken ayrıca, mankene uygulanan kalp masajı manipülasyonları tarafından çalıştırılabilen bir piston mekanizmasına sahiptir. Piston mekanizması ise, kalp masajının hızını ve derinliğini gösteren bir elektrik sinyali üreten bir potansiyometre dönüştürücüsünü çalıştırır. Elektrik sinyalleri, manken üzerinde CPR uygulayan kişinin performans becerisini gösteren çeşitli CPR parametrelerinin görsel kaydını sağlamak için, kalp masajı eylemi ve insuflasyonun ayrı kayıt izlerini üreten bir kaydediciye kablo bağlantıları ile iletilir [29].

Yapılan literatür taraması neticesinde, çalışmada gerçekçi hissiyatın kullanıcıya aktarılabilmesi amacıyla poliüretan katkılı bir malzeme kullanılarak gerçekçi bir yapay bebek modeli oluşturulmuştur. Bu sayede gerçek deri dokusunu ve kas yapısına en yakın hissiyat oluşturulmuştur. Geliştirilen göğüs kafesi modelinde yer alan yaylı ve motor tahrikli yapı ile kullanılan ince film basınç algılayıcısı sayesinde, göğüs kafesinde meydana gelen şişmeler görsel olarak izlenebilmekte; aynı zamanda uygulanan bası kuvveti de ölçülebilmektedir. Boyun pozisyonlaması için kullanılan civalı kontaklara ilişkin olarak, literatür taramasında benzer bir kullanıma rastlanmamış olup, bu yaklaşım çalışmanın özgün yönlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Benzer şekilde, bebek kurulaması işlemi için LDR sensörünün kullanımı da mevcut literatürde daha önce rapor edilmemiştir. İncelenen çalışmalarda genellikle cisim algılayıcı sensörlerin tercih edildiği görülmekte, ancak LDR kullanımına rastlanmamaktadır. Simülatörün etkinliğine ilişkin değerlendirme çalışmaları

incelendiğinde ise, bu tür simülatörlerin mevcut eğitim yöntemlerine anlamlı katkılar sunduğu açıkça gözlemlenmektedir.

## **1.2. Tezin Amacı**

Bu tez çalışmasında, ebelik öğrencilerinin yenidoğan canlandırma becerilerini geliştirmelerine destek olmak amacıyla, elektronik sistem temelli bir yenidoğan canlandırma simülatörü tasarlanmıştır. Gerçekçi bir yapay bebek modeli ile entegre edilen bu simülatörde, canlandırma prosedürlerini izleyebilmek için çeşitli algılayıcılar kullanılmıştır. Algılayıcılardan elde edilen veriler, ATMEL tabanlı bir mikrodenetleyici aracılığıyla işlenmekte ve sonuçlar, kullanıcıya görsel geri bildirim sağlayan akıllı ekrana aktarılmaktadır. Akıllı ekran üzerinden uygulama aşamaları ve ölçüm verilerin sonucu anlık olarak takip edilebilmektedir. Bu çalışma, ebelik eğitiminde kullanılacak etkili ve işlevsel bir elektronik simülatör altyapısını sunmayı hedeflemektedir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Kullanılacak Elektronik Sistem Bileşenleri ile İlgili Kavramlar

Algılayıcıların özellikleri ve çalışma prensipleri, senaryolarda belirtilen durumlar ve uygulama adımları göz önünde bulundurularak seçilmektedir. Bu algılayıcıların tercih edilmesi ve ilgili durumlarla bağdaşması, çalışmanın en önemli basamaklarından biridir. Bu bölümde, algılayıcıların seçim kriterlerini ve özelliklerini anlamak için gerekli olan parametreler ve kavramlar verilmektedir.

##### 2.1.1. Ana Kontrol Birimi

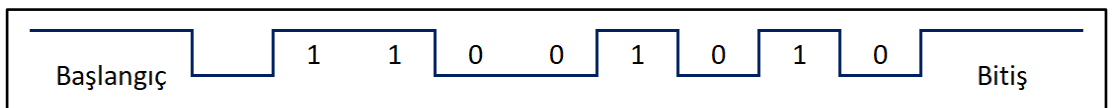
Ana kontrol birimi, sistem içerisindeki tüm bileşenleri yöneten ve koordine eden en temel yapıdır. Bu birim bileşenlerden gelen verileri işler, analiz eder ve sistemin diğer bileşenlerine uygun komutlar gönderir. Bu sayede sistemin tüm bileşenleri bir uyum içerisinde çalışmaktadır. Ayrıca çevresel değişikliklere hızlı ve doğru tepki verebilmesi sağlanmaktadır.

##### 2.1.2. Haberleşme Birimleri

Sistemdeki mikrodenetleyici ile bu sistemde kullanılacak bileşenlerin (Algılayıcılar, ekranlar, motorlar veya başka dış sistemler) arasındaki veri alışverişini sağlamaktadır. Bu iletişimin sağlanması çeşitli çalışma tipleriyle belirlenebilir.

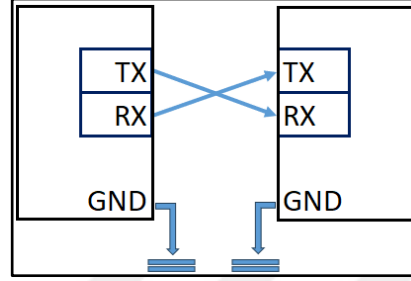
###### 2.1.2.1 Seri Haberleşme

Seri haberleşme, verilerin birer bit halinde tek bir hat üzerinden zaman sıralı olarak gönderildiği bir veri iletim yöntemidir. Bu yöntemde genellikle bir veya iki hat kullanılmaktadır. En temel haliyle, bir veri iletim hattı (TX- transmit) ve bir veri alım hattı (RX- receive) kullanılmaktadır. Şekil 1’de veri alım hattı verilmektedir.



Şekil 1. Veri alım hattı

Bu da kablolama karmaşasını azaltır ve uzun mesafelerde veri iletimini kolaylaştırır. Seri haberleşme genellikle paralel haberleşmeden daha yavaştır ancak uzun mesafelerde daha güvenilirdir. Şekil 2’de seri haberleşmeye ait görsel verilmektedir.



**Şekil 2. Seri haberleşme**

#### **2.1.2.2. I2C Haberleşme**

I<sup>2</sup>C protokolü, özellikle entegre devreler arasında düşük hızlı ama güvenilir iletişim ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiş senkron bir seri haberleşme protokolüdür. Bu protokol yalnızca iki hat kullanır: SDA (Serial Data Line) ve SCL (Serial Clock Line). Tek bir veri ve saat hattı üzerinden, birden fazla cihazla (hem master hem slave yapılarında) iletişim kurulabilmesi, I<sup>2</sup>C protokolünü birçok uygulamada oldukça cazip hâle getirmektedir. Her cihaza sistem içerisinde atanmış olan benzersiz adresler sayesinde, master cihaz belirli bir slave cihazla doğrudan iletişim kurabilir. I<sup>2</sup>C, düşük pin gereksinimi ve basit bağlantı yapısı nedeniyle, algılayıcı ağları, EEPROM’lar ve diğer gömülü sistem bileşenleriyle olan haberleşmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, SPI’ya kıyasla daha düşük veri iletim hızına sahiptir ve uzun mesafeli iletimlerde sinyal bozulmaları yaşanabilir.

#### **2.1.2.3. SPI Haberleşme**

SPI (Seri Çevresel Arabirim), mikrodenetleyiciler ile çevresel birimler arasında yüksek hızlı veri aktarımına olanak tanıyan senkron bir seri iletişim protokolüdür. Bu protokolde, genellikle bir ana cihaz (master) ve bir veya daha fazla bağımlı cihaz (slave) yer alır. SPI haberleşmesi dört temel hat üzerinden gerçekleştirilir: MISO

(Master In Slave Out), MOSI (Master Out Slave In), SCLK (Serial Clock) ve SS/CS (Slave Select/Chip Select). Bu hatlar aracılığıyla veri, saat sinyali eşliğinde iki cihaz arasında tam-dupleks (eşzamanlı veri alma ve gönderme) olarak iletilebilir. SPI protokolü, yüksek veri iletim hızları ve düşük gecikme süresi avantajları sayesinde genellikle algılayıcılar, bellek birimleri ve ekranlar gibi çevresel birimlerle iletişimde tercih edilmektedir. Ancak her cihaza özel bir SS hattı gerektirmesi, çoklu cihaz kullanımında karmaşık bağlantılar oluşturabilmektedir.

### **2.1.3. Hafıza Birimleri**

Mikrodenetleyiciler, gömülü sistem tasarımında yaygın olarak kullanılan entegre devrelerdir ve bünyelerinde işlem birimi (CPU), giriş/çıkış birimleri (I/O), zamanlayıcılar ve farklı türde bellek birimleri barındırırlar. Bu bellek birimleri, sistemin program kodunu, çalışma sırasındaki geçici verileri ve kalıcı kullanıcı bilgilerini saklama işlevlerini yerine getirir. Genellikle bir mikrodenetleyicide üç temel hafıza birimi bulunur: Flash bellek, SRAM (Static Random Access Memory) ve EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) [30][31].

#### **2.1.3.1. Flash Bellek**

Flash bellek, mikrodenetleyici sistemlerinde genellikle program hafızası (program memory) olarak kullanılan, silinip yeniden yazılabilir bir non-volatile hafıza türüdür. Sistem çalışmadığında bile veriler bu bellekte saklanır ve mikrodenetleyici, başlatma sırasında talimatları bu bellekten okur. Flash bellek, NOR ve NAND mimarilerine dayanarak üretilir; mikrodenetleyicilerde yaygın olarak NOR tipi Flash kullanılır çünkü rastgele erişim gerektiren kod yürütme işlemlerine daha uygundur [32].

Flash belleklerin avantajı, düşük güç tüketimi ve yüksek entegrasyon imkânıdır. Bununla birlikte, yazma-silme döngü sayısı sınırlı olduğundan, sık değişen veri saklamaya uygun değildir. Tipik olarak, yazma-silme ömrü 10.000 ila 100.000 döngü arasında değişir [33].

### 2.1.3.2. EEPROM

EEPROM, kullanıcı verilerinin kalıcı olarak saklanmasına olanak tanıyan bir diğer non-volatile hafıza türüdür. Diğer kalıcı bellek türlerine kıyasla daha yavaş yazma süresine ve sınırlı yazma döngüsüne sahip olmasına rağmen (genellikle 100.000 yazma-silme döngüsü), sistem parametrelerinin, konfigürasyon ayarlarının ve kullanıcı tanımlı verilerin uzun süreli saklanması için idealdir [34].

**Tablo 1. Hafıza türleri ve özellikleri**

Hafıza Türü	Uçuculuk	Kullanım Amacı	Tipik Boyut	Yazma Ömrü	Avantajlar
Flash	Hayır	Program kodu	32KB 2MB	– $10^4-10^5$	Kalıcı, yüksek yoğunluk
EEPROM	Hayır	Kalıcı kullanıcı verisi	128B 4KB	– $\sim 10^5$	Çalışma sırasında yazılabilir

EEPROM, mikrodenetleyici çalışırken yazılabilir ve okunabilir olmasıyla dinamik veri kaydına olanak sağlar. Örneğin, bir algılayıcı sisteminde yapılan kalibrasyon değerleri EEPROM' a kaydedilerek sistem yeniden başlatıldığında korunabilir.

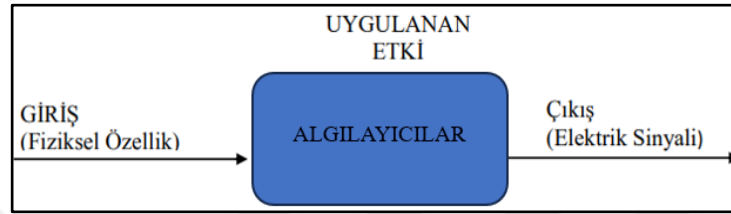
### 2.1.4. Kullanıcı Arayüzü (User Interface- UI)

Kullanıcı arayüzü (User Interface - UI), bir kullanıcının bir dijital sistemle etkileşime geçtiği tüm işlevsel ve görsel öğeleri ifade eder. Bu arayüz; butonlar, simgeler, uyarılar, görseller gibi öğeleri kapsar. Kullanıcı arayüzünün temel amacı, sistemin sunduğu işlevlerin kullanıcı tarafından kolay, anlaşılır ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Etkili bir kullanıcı arayüzü, kullanılabilirlik, erişilebilirlik ve görsel tutarlılık gibi kriterleri gözeterek tasarlanır. Bu sayede kullanıcı deneyimi geliştirilir ve sistemle etkileşim süreci daha verimli hâle gelir.

### 2.1.5. Algılayıcılar

Algılayıcılar, buldukları fiziksel çevrede meydana gelen değişimleri algılayarak bu değişimleri elektriksel sinyallere dönüştüren ve mikrodenetleyiciler,

bilgisayarlar veya diğerk elektronik sistemler tarafından işlenebilecek veriler haline getiren cihazlardır. Şekil 3'te algılayıcı çalışma diyagramı verilmektedir. Ortam koşullarındaki fiziksel, kimyasal veya biyolojik değışiklikleri ölçebilme yetenekleri sayesinde, algılayıcılar günümüzde sağlık teknolojilerinde otomasyon ve kontrol mekanizmalarında, fabrika üretim tesislerinde ve tüketici elektroniğine kadar birçok alanda kullanılmaktadır.



**Şekil 3. Algılayıcı çalışma diyagramı**

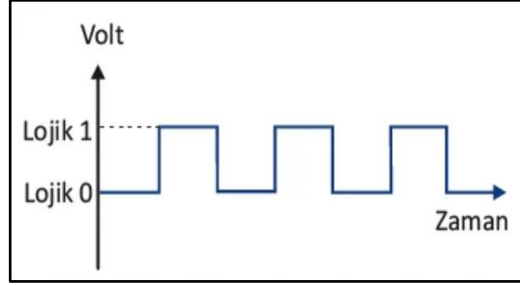
Algılayıcılar, ölçtükleri fiziksel niceliklere göre çeşitli sınıflara ayrılır. Bu sınıflandırma, her bir algılayıcının algıladığı parametreye ve işlevine göre yapılır. Başlıca algılayıcı çeşitleri sırasıyla termal algılayıcılar, optik algılayıcılar, hareket ve ivme algılayıcılar, mesafe algılayıcılar, manyetik algılayıcılar, gaz ve kimyasal algılayıcıları, basınç algılayıcıları gibidir. Bu algılayıcıların günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte hassasiyeti, doğruluğu ve enerji verimliliği artmaktadır. Bu da onları daha geniş uygulama alanlarında kullanılabilir kılmaktadır.

Algılayıcıların algıladıkları değışimler, belirli bir aralıkta sürekli olarak değışebileceği gibi, yalnızca iki durumlu (örneğin açık-kapalı, var-yok veya 0-1) şekilde olabilir. Bu farklılık, algılayıcıların çıkış sinyallerinin türüne göre sınıflandırılmasına neden olur. Bu bağlamda algılayıcılar, analog ve dijital olmak üzere iki temel gruba ayrılır. Örneğin, bir sıcaklık algılayıcısı ortam sıcaklığını belirli bir aralıkta sürekli ölçerek analog çıkış verirken, bir hareket algılayıcısı yalnızca hareket algılandığında tetiklenen dijital bir çıkış üretebilir.

#### **2.1.5.1. Dijital Algılayıcılar**

Dijital algılayıcılar, algıladıkları fiziksel değışimleri sayısal (dijital) sinyaller halinde, genellikle **0** veya **1** (lojik düzeyler) şeklinde sunan algılayıcılardır. Bu algılayıcılar, ölçtükleri değeri belirli eşik değerlerine göre değerlendirerek yalnızca iki

farklı durumda çıkış vermektedir. Örneğin, "var" veya "yok", "aktif" veya "pasif", "açık" veya "kapalı". Şekil 4'te dijital çıkışları verilmektedir.

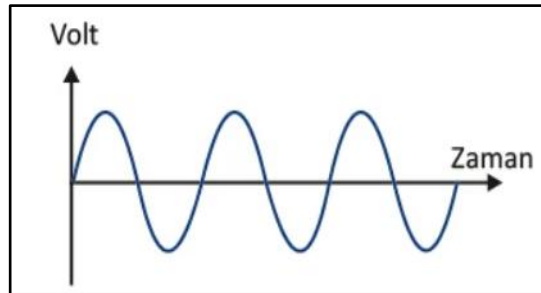


Şekil 4. Dijital çıkış

#### 2.1.5.2. Analog Algılayıcılar

Analog algılayıcılar, fiziksel bir büyüklükteki değişimi (örneğin sıcaklık, basınç, nem, ışık yoğunluğu) sürekli bir elektriksel sinyale dönüştüren algılayıcılardır. Bu sinyal genellikle voltaj (V) ya da akım (A) şeklindedir ve ölçülen fiziksel nicelik ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Başka bir deyişle, analog algılayıcılar çıkış olarak sürekli sinyal üretmektedir.

Örneğin, bir dairesel basınç algılayıcısı, belli bir basınç değeri aralığında olan değerler için 0V ile 5V arasında sürekli değişen bir çıkış üretir. Bu tür algılayıcılar, genellikle analog-dijital çeviriciler (ADC) ile kullanılarak mikrodenetleyici sistemlerine entegre edilir. Şekil 5'te analog sinyal çıkışı grafiği verilmektedir.



Şekil 5. Analog çıkış

### 2.1.5.3. Analog veya Dijital Çıkış

Algılayıcının ölçtüğü değer, analog veya dijital bir sinyal olarak çıkartılabilir. Analog bir çıkış, algılayıcının direnç değişimine doğrudan karşılık gelirken, dijital bir çıkış belirli eşikleri belirler. Şekil 6’da analog V dijital çıkış sinyaline ait bir örnek verilmektedir.

#### ➤ Dijital Analog Dönüştürücü

Dijital sinyallerin analog forma dönüştürülmesi süreci, özellikle sayısal sistemlerin analog dünyayla etkileşiminde büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, dijital sinyalin analog sinyale dönüştürülmesi kavramsal olarak, sayısal olarak belirli seviyelerde ifade edilen sinyallerin, sürekli değişken değerlere sahip analog sinyallere dönüştürülmesini ifade eder. Bir dimmer anahtar yardımıyla lambalara iletilen sinyal sürekli ve kademesiz bir şekilde artırılarak analog sinyalin sürekliliği temsil etmektedir. Bu sistem, sınırsız hassasiyetle  $\{0, 0.001, 0.002, \dots, 1\}$  gibi teorik olarak sonsuz sayıda değeri alabilir. Buna benzer olarak birden fazla ayrı dijital anahtar yardımıyla lambalar belirli seviyelerde yanmakta olup, sistem  $\{0, 0.25, 0.50, 0.75, 1\}$  gibi sınırlı sayıdaki seviyelerle çalıştırılabilmektedir. Bu yapı, dijital sinyallerin belirli basamaklarla artış göstererek analog sinyale yaklaşma prensibini ifade etmektedir., dijital sinyal merdiven basamakları şeklinde artarken, ideal analog sinyal eğrisel ve sürekli. Bu bağlamda, dijital sistemlerde çözünürlüğün artırılması, analog sinyale olan benzerliği artırmakta ve uygulamalarda daha hassas kontrol imkânı sunmaktadır.

#### ➤ Analog Dijital Dönüştürücü

Analog algılayıcılardan elde edilen sürekli sinyallerin, dijital sistemler tarafından işlenebilmesi için sayısal verilere dönüştürülmesi gereklidir. Bu dönüştürme işlemi, genellikle mikrodenetleyicilerde yer alan ADC (Analog-Digital Converter) birimleri aracılığıyla gerçekleştirilir. Ancak bazı uygulamalarda, analog sinyalin doğrudan dijital bir temsilini elde etmek amacıyla belirli bir eşik değeri kullanılarak basit bir karar mekanizması da uygulanabilir. Bu yaklaşımda, analog sinyal belirlenen eşik seviyesini aştığında çıkış lojik 1 (HIGH), aşmadığında ise lojik 0 (LOW) olarak değerlendirilir. Böylece analog kaynaklı veriler, temel bir karşılaştırma işlemiyle ikili (binary) forma dönüştürülerek dijital devrelerde daha basit ve hızlı şekilde işlenebilir hale getirilir. Bu yöntem, sistemin gereksinim duyduğu çözünürlük seviyesine bağlı

olarak hem donanımsal karşılaştırıcı (komparatör) devreleriyle hem de yazılımsal algoritmalarla uygulanabilir. Özellikle sınırlı işlem gücü veya düşük veri hassasiyeti gerektiren sistemlerde, analog sinyalin dijitalleştirilmesi bu şekilde pratik ve etkili bir çözüm sunmaktadır.

### 2.1.6. Aktüatörler

Kontrol sinyallerini hareket veya enerjiye dönüştüren elektromekanik cihazlardır. Girişte almış oldukları sinyaller sonucu çıkış olarak hareket, kuvvet, basınç ve yer değiştirme gibi fiziksel etki üretmektedirler. Şekil 6'da aktüatörlerin çalışma diyagramı verilmektedir.



Şekil 6. Aktüatör çalışma diyagramı

### 2.1.7. Güç Kaynağı

Herhangi bir cihazın veya sistemin çalışması için gerekli olan enerjiyi sağlayan birimdir. Elektronik sistemlerde DC veya AC kaynakları kullanılabilir. Güç kaynakları, enerji kaynağını uygun gerilim ve akım seviyesine dönüştürerek sistem bileşenlerinin güvenli bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır. Güç kaynağı sistemin ihtiyaç duyduğu gerilim, akım, kararlılık ve güvenlik gereksinimlerini karşılamalıdır. Aksi takdirde kısa veya uzun vadede sistemin çalışmasında sıkıntılar yaşanabilmektedir.

#### ➤ DC Güç Kaynağı:

DC (Direct Current - Doğru Akım) güç kaynağı, alternatif akımı (AC) çeşitli devre elemanları aracılığıyla doğru akıma (DC) çevirerek belirli bir gerilim ve akım sağlayan elektronik bir cihazdır. Bu tür kaynaklar, özellikle elektronik devrelerin güvenli ve kararlı bir şekilde beslenmesi amacıyla kullanılır. DC güç kaynakları, çıkış gerilimlerinin sabit tutulması ve yükten bağımsız olarak sistemin düzgün çalışmasının sağlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Bir DC güç kaynağının genel yapısı aşağıdaki temel bileşenlerden oluşur:

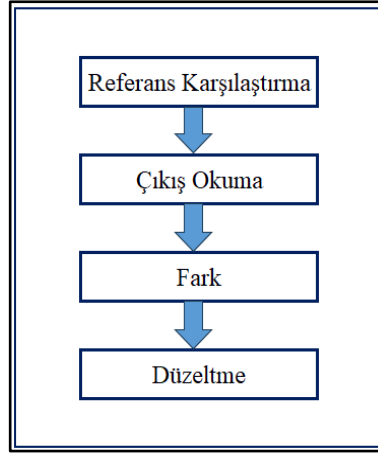
- Transformator (varsa): Girişteki AC gerilimin istenilen seviyeye indirilmesi veya yükseltilmesi için kullanılır.
- Doğrultucu: AC sinyalin tek yönlü hâle getirilmesini sağlar. Genellikle köprü tipi diyot yapıları kullanılır.
- Filtreleme Devresi: Doğrultulmuş sinyal üzerindeki dalgalanmaları (ripple) azaltmak için kondansatör ve/veya endüktörler kullanılır.
- Gerilim Regülatörü: Çıkış geriliminin kararlı kalmasını sağlar. Bu amaçla lineer regülatörler veya anahtarlamalı regülatörler (SMPS) tercih edilebilir.

## **2.2. Kalibrasyon**

Kalibrasyon, mühendislikte genel anlamda, bir ölçüm cihazının ya da sisteminin verdiği çıktılarını, bilinen referans değerlerle karşılaştırılarak doğruluğunun kontrol edilmesi ve gerektiğinde ayarlanması işlemidir. Bu süreç, cihazın ölçüm doğruluğunu artırmayı ve güvenilir veri elde etmeyi amaçlar. Kalibrasyon sayesinde ölçüm cihazlarının sistematik hataları tespit edilir ve minimize edilir. Özellikle kalite kontrol, otomasyon ve bilimsel araştırmalarda doğruluğun kritik olduğu durumlarda kalibrasyon hayati bir öneme sahiptir.

### **2.2.1. Algılayıcılar Üzerinde Kalibrasyon**

Algılayıcılar özelinde kalibrasyon, algılayıcının ölçtüğü fiziksel niceliğin (örneğin sıcaklık, basınç, ivme, nem, ışık, kuvvet vb.) gerçekte ne olduğunun belirlenmesi ve algılayıcı çıkışının bu gerçek değere uygun hale getirilmesidir. Algılayıcılar zamanla çevresel etkiler, mekanik aşınma veya elektronik sapmalar nedeniyle hassasiyetlerini kaybedebilirler. Bu da ölçüm hatalarına yol açar. Bu nedenle algılayıcılar periyodik olarak bilinen referans standartlarına göre kalibre edilmelidir. Algılayıcıların kalibrasyon aşamaları Şekil 7’de verilmektedir.



**Şekil 7. Algılayıcı kalibrasyon aşamaları**

### **2.3. Elektromekanik Sistemler**

Elektromekanik, elektriksel ve mekanik sistemlerin bütünleşik bir şekilde çalıştığı mühendislik disiplini. Bu sistemlerde elektrik enerjisi, mekanik hareketlerin üretilmesi veya kontrol edilmesi amacıyla kullanılır. Elektromekanik yapıların temelinde, elektriksel girdilerle mekanik çıktılar üreten ya da mekanik etkileri elektriksel sinyallere dönüştüren düzenekler yer almaktadır.

Bu sistemler genellikle motorlar, aktüatörler, algılayıcılar, röleler ve kontrol devreleri gibi bileşenlerden oluşur. Elektromekanik sistemler; otomasyon, robotik, otomotiv, savunma sanayi ve tüketici elektroniği gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mekatronik mühendisliği bağlamında değerlendirildiğinde elektromekanik sistemler, disiplinler arası yaklaşımın önemli bir bileşenidir. Elektrik-elektronik mühendisliği ile makine mühendisliğinin kesişiminde yer alan bu sistemler, modern mühendislik çözümlerinin temel yapı taşlarından birini oluşturmaktadır.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

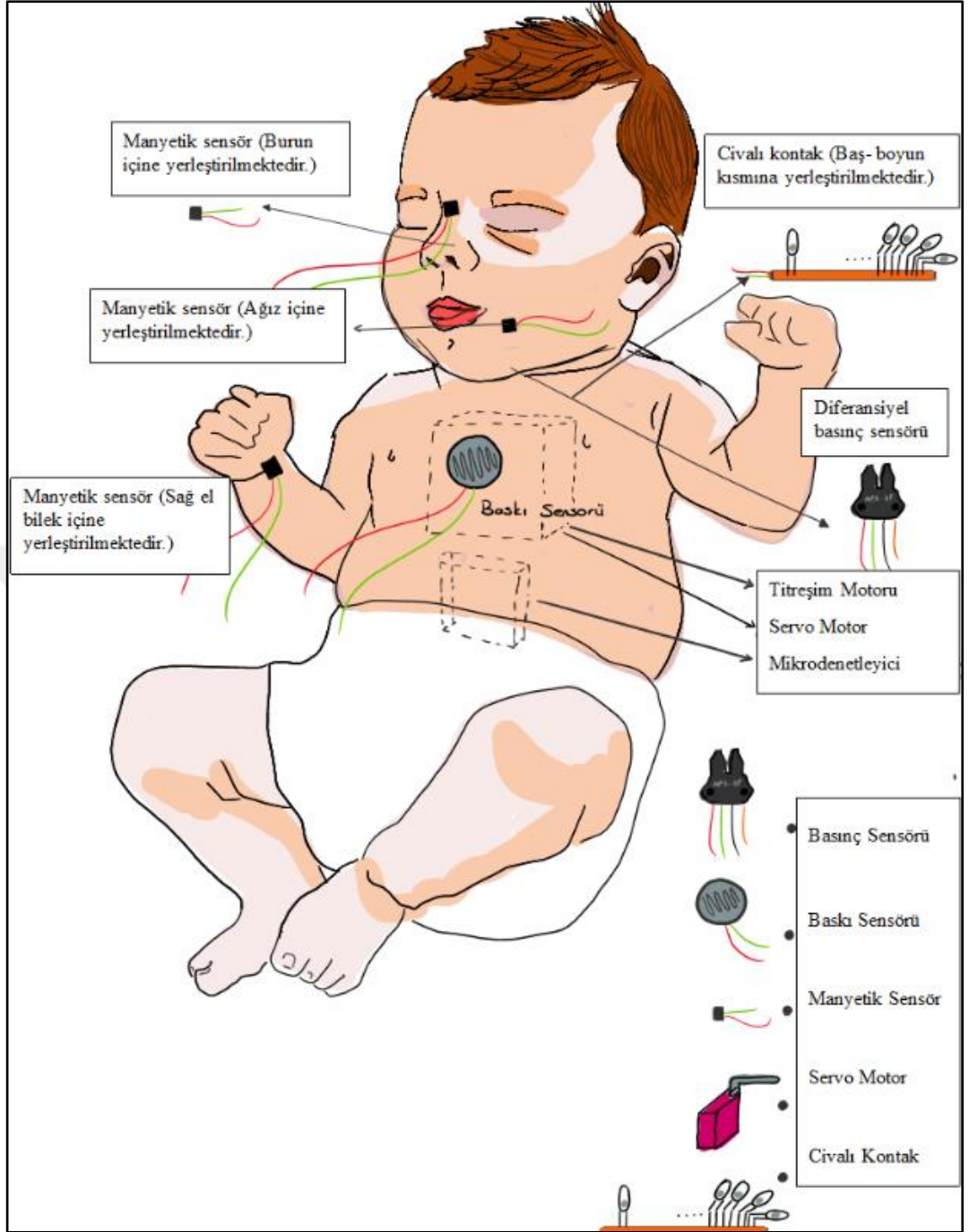
### MATERYAL VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada yapay bebek modeli üzerinde yapılan her bir işlemle uyumlu çalışacak algılayıcıların seçimleri yapılmaktadır. Kullanılacak algılayıcılar Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 2. Kullanılan materyalleri çalışma bölgesi ve açıklaması**

Materyal	Çalışma Bölgesi	Açıklama
Dairesel Basınç Algılayıcısı	Göğüs	Göğüs kompresyonu bası miktarını tespit etmek için kullanılmaktadır.
Hall Effect Algılayıcısı	Sağ el bilek içi, ağız, burun	Oksimetre probunun sağ el bilek içine takılıp takılmadığını ve ağız burun aspirasyon işleminin yapıldığını tespit etmek için kullanılmaktadır.
Civalı kontak	Boyun	Modelin boyun açısını tespit etmek için kullanılmaktadır.
LDR	Kulak içi	Modelin kurulanma işleminin yapıldığını tespit etmek için kullanılmaktadır.
Hava Basınç Algılayıcısı	Ağız boşluğu	Modelin ağız kısmında ambulama ve larengeal maskenin doğru takılmasını tespit etmek için kullanılmaktadır.
Dokunmatik ekran	Dış ortam	Simülasyonun durumunu görüntülemek ve algılayıcı verilerinin referans ayarları için kullanılmaktadır.
Batarya	Karın boşluğu	Simülasyonun kablosuz güç kaynağı ile çalıştırılabilmesi için kullanılmaktadır.
Mikrodenetleyici	Karın boşluğu	Simülasyonun algılayıcılardan gelen verilerini ekrana aktarmak için kullanılmaktadır.

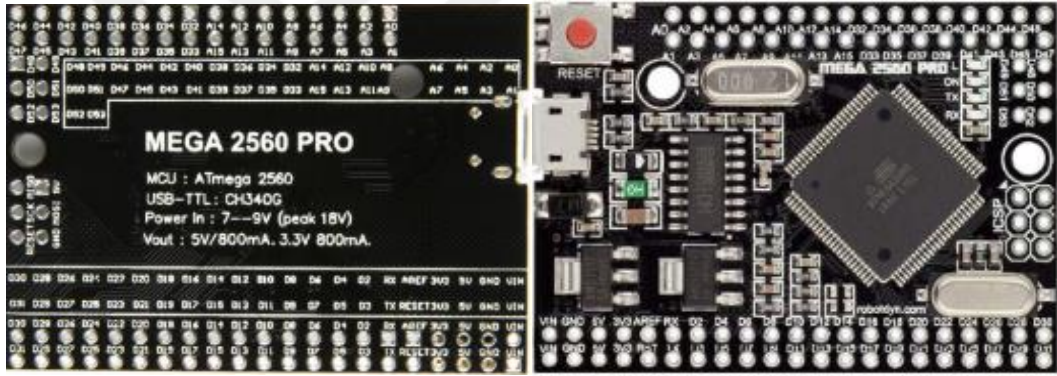


**Şekil 8. Algılayıcıların yapay bebek modeli üzerindeki yerleşimi**

Şekil 8’de algılayıcıların yapay bebek modeli üzerindeki yerleşimi verilmektedir. Görselde hangi algılayıcının modelin hangi noktasına yerleştirileceği belirtilmektedir.

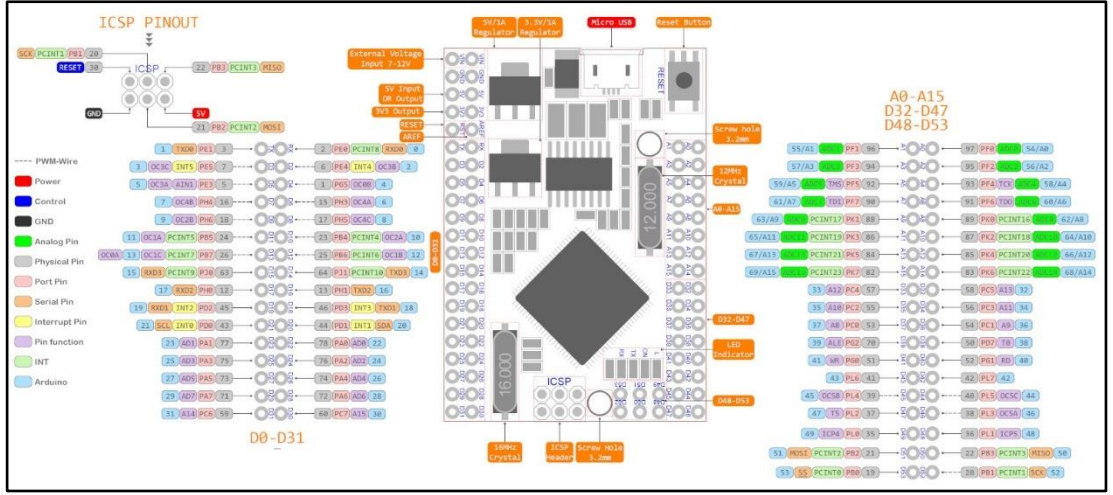
### 3.1.1. Mikrodenetleyici Kart

Mikrodenetleyici kart, üzerinde bir mikrodenetleyici (microcontroller) entegresi bulunan, algılayıcı, motor, ekran gibi elektronik bileşenleri kolayca bağlamaya ve kontrol etmeye olanak tanıyan pinleri bulunan bir elektronik karttır. Bu kartlar; gömülü sistemler, otomasyon, robotik, IoT ve eğitim amaçlı projelerde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılacak proje materyalleri sayısı ve çeşidine göre mikrodenetleyici modeli değiştirilebilmektedir. Tez çalışması için Arduino Mega 2560 PRO kullanılmaktadır. Simülasyon için gerekli olan dijital ve analog pin sayısına sahip, model boyutuna göre ideal ölçüde ve yeterli haberleşme pinine sahip bir mikrodenetleyicidir. Projede kullanılacak ana kontrol birimi olan Arduino Mega 2560 PRO Şekil 9’ da verilmektedir.



Şekil 9. Arduino Mega 2560 Pro mikrodenetleyici kart

TX RX pinleri, doğrudan USB üzerinden bilgisayara bağlanabilmektedir. Bu, USB üzerinden kolay programlama ve seri monitör kullanımı için pratik bir çözüm sunmaktadır. Arduino Mega 2560 PRO, 54 dijital giriş/çıkış pinine, 16 analog girişe ve 4 seri porta sahiptir. Bu, büyük ve karmaşık projeler için idealdir. Kartta 16 MHz Atmega 2560 mikrokontroller kullanılmıştır. Mega Mini Arduino kart üzerinde CH340G entegresi üzerinden direkt olarak PC’ye bağlanabilmektedir. PC’de oluşan com portu üzerinden Arduino IDE ile programlayabilmektedir. Arduino Mega Pro’ya ait pinler Şekil 10’da verilmektedir.



**Şekil 10. Arduino Mega 2560 Pro pin yerleşimleri**

### 3.1.2. Hall Etki Algılayıcısı

Hall etkisi, bir elektrik akımı taşıyan bir iletken malzemenin manyetik bir alan içinde hareket etmesi durumunda oluşan bir fenomeni ifade eder. Bu etki, manyetik alanın etkisi altında iletken malzemenin bir tarafındaki yük taşıyıcılarının diğer tarafındakilerden sapmasına neden olur. Bu sapma, bir gerilim oluşturur ve bu gerilim hall gerilimi olarak adlandırılır. Hall etkisi algılayıcıları, bu hall gerilimini algılayarak manyetik alanların ölçülmesini sağlar. Proje kapsamında kullanılacak olan hall etki algılayıcısı Şekil 11’ de verilmektedir.



**Şekil 11. Hall etki algılayıcısı**

Hall etkisi IC'si demir içeren malzemenin varlığını algılayacaksa, mıknatısın güney kutbu paketin arkasına takılır. Entegre devre demir içeren malzemenin yokluğunu algılayacaksa, mıknatısın kuzey kutbu arka yüzeye takılır [35].

Çalışma kapsamında Hall etkisi algılayıcısı nabız oksimetre probunun ve hava maskesinin bebeğin doğru noktalarında yerleştirilmesini tespit etmek amacıyla verilmektedir.

➤ İletken Malzeme

Hall etkisi algılayıcısı, bir iletken malzeme (genellikle silikon veya gallium arsenide) üzerine ince bir levha veya yarıiletken bir çip biçiminde yapılır.

➤ Manyetik Alan

Algılayıcı, bir manyetik alanın içine yerleştirilir. Bu manyetik alan, algılayıcının ölçmeyi amaçladığı alanın manyetik özelliklerini temsil eder.

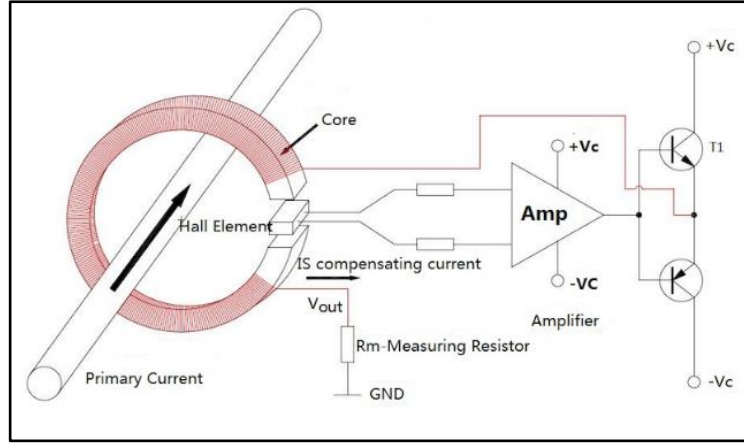
➤ Hall Gerilimi Oluşturma

Manyetik alanın etkisi altındayken, algılayıcının içinde hareket eden yük taşıyıcılarının (genellikle elektronlar) yolu sapar. Bu sapma, algılayıcının bir tarafında daha fazla yük taşıyıcısı birikmesine ve diğer tarafında daha az yük taşıyıcısı birikmesine neden olur. Bu yük taşıyıcısı birikimi, bir Hall gerilimi oluşturur.

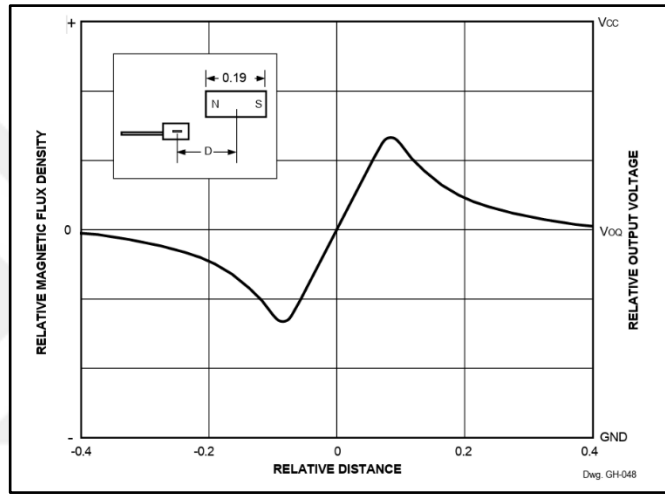
➤ Hall Gerilimi Algılama

Algılayıcı, bu Hall gerilimini algılar. Hall etkisi algılayıcısının özelliği, manyetik alanın yoğunluğu arttıkça veya azaldıkça Hall geriliminin değişmesidir. Bu nedenle, manyetik alanın şiddeti algılayıcı tarafından ölçülebilir.

Hall etkisi algılayıcıları, birçok farklı uygulama alanında kullanılır, örneğin endüstriyel kontrol sistemleri, otomotiv uygulamaları, manyetik alan haritalama, hız ölçümü ve konum algılama gibi. Manyetik alanın hassas ve doğru bir şekilde ölçülmesi gereken her yerde bu algılayıcılar değerli bir araç olabilirler.



**Şekil 12. Hall etki algılayıcısı çalışma şeması**



**Şekil 13. Hall etki algılayıcısı çalışma değer grafiği [36]**

#### ➤ Dijital Hall Etki Algılayıcısı

Dijital Hall algılayıcıları, içerdikleri Schmitt trigger devresi ve histerezis mekanizması sayesinde, girişteki manyetik alan değişimlerine karşı kararlı ve güvenilir dijital çıkışlar sağlar. Manyetik alan bir eşik seviyesini geçtiğinde çıkışı lojik 1 (HIGH), bu eşik altına düştüğünde ise lojik 0 (LOW) seviyesine çeker. Bu yönüyle dijital Hall algılayıcısı, genellikle konum algılama, dönüş sayma, açma-kapama tespiti ve tekerlek hız ölçümü gibi görevlerde tercih edilir.

Dijital algılayıcının avantajları arasında; düşük enerji tüketimi, gürültüye karşı direnç, çevresel koşullardan daha az etkilenme ve mikrodenetleyicilerle doğrudan iletişim kurabilme yer alır. Ancak, analog bilgi sağlama yeteneklerinin sınırlı oluşu nedeniyle uygulama alanı sadece eşik bazlı karar mekanizmalarıyla sınırlıdır.

### ➤ Analog Hall Etki Algılayıcısı

Analog Hall algılayıcı, maruz kaldıkları manyetik alanın şiddetine göre sürekli değişen bir çıkış gerilimi üretir. Bu çıkış voltajı genellikle lineer ya da yarı-lineer bir karakteristiğe sahiptir ve tipik olarak 0 – 5V arasında değişir. Analog çıkışlı Hall algılayıcıları, dijital muadillerinin aksine, sadece varlık-yokluk değil; aynı zamanda manyetik alanın şiddeti hakkında da ayrıntılı bilgi sunabilir.

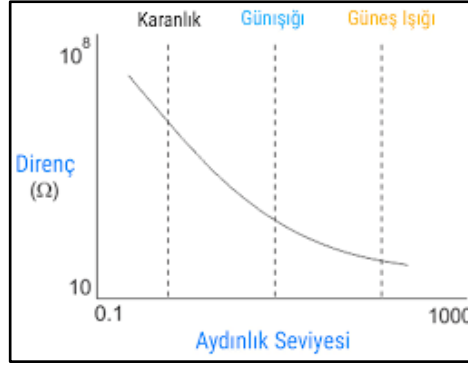
Bu algılayıcıların içerisinde Hall elementinin yanı sıra bir amplifikatör devresi bulunur. Bu sayede, ölçülen Hall gerilimi genlik olarak büyütülerek mikrodenetleyiciler veya analog işleme sistemleri tarafından kolaylıkla okunabilecek bir seviyeye getirilir. ADC (Analog-to-Digital Converter) içeren sistemlerde bu gerilim, sayısal değerlere dönüştürülerek işlemeye alınır.

Analog Hall algılayıcıları; akım ölçümü, temassız hız ve pozisyon kontrolü, mıknatıs uzaklık tespiti gibi uygulamalarda tercih edilir. Analog yapısı sayesinde daha fazla veri yoğunluğu ve hassasiyet sağlarken, dış etkenlere karşı filtreleme ve kalibrasyon gerektirebilir. Bu nedenle kullanımı hem donanımsal hem de yazılımsal dikkat gerektirir.

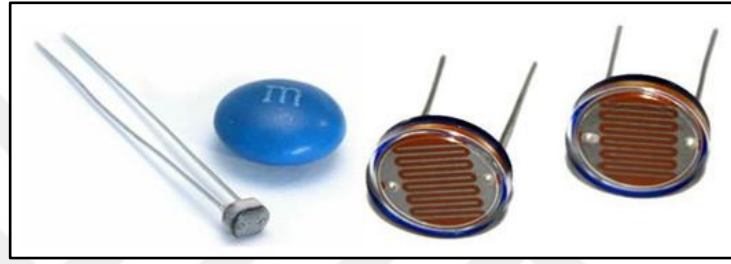
### 3.1.3. LDR (Light Dependent Resistor)

LDR (Light Dependent Resistor), üzerine düşen ışığın yoğunluğuna bağlı olarak elektriksel direnç değeri değişen bir pasif algılayıcıdır. Şekil 15'te LDR ye ait görsel verilmektedir. Fotorezistif bir yapıya sahip olan bu elemanlar, temel olarak kadmiyum sülfür (CdS) gibi yarı iletken malzemelerden üretilir. LDR'nin temel çalışma prensibi, ışık fotonlarının yarı iletken yüzeye çarparak elektronları serbest hale getirmesi ve böylece iletkenliği artırması esasına dayanır.

Karanlık ortamda LDR'nin direnci genellikle birkaç yüz kilo-ohm seviyesindeyken, güçlü bir ışık altında bu değer birkaç yüz ohm'a kadar düşebilir. Başka bir deyişle, karanlıkta elektrik dirençleri yüksek, aydınlıkta ise elektrik dirençleri düşüktür [37]. Bu özelliği sayesinde, ortam ışığını ölçmek için kullanılan sistemlerde analog gerilim bölücülerle kolayca entegre edilebilir. Mikrodenetleyiciye bağlanan bir analog pin üzerinden ortam ışık seviyesinin anlık değeri izlenebilir. Şekil 14'te LDR ışık altında çalışma grafiği verilmektedir.

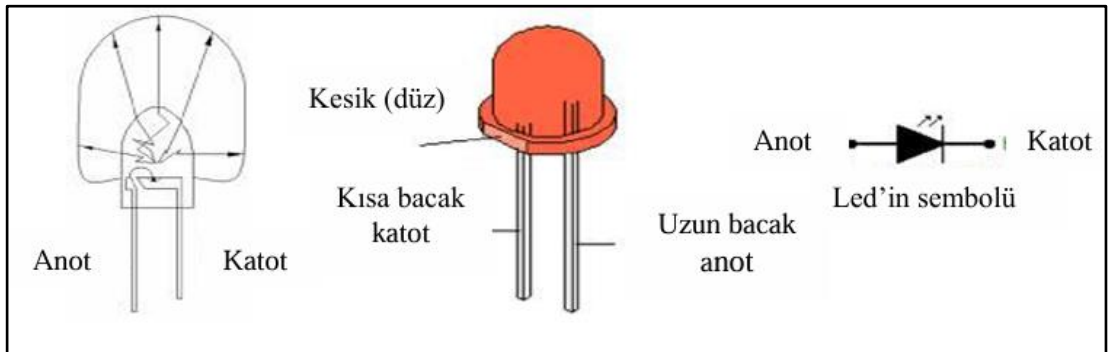


Şekil 14. LDR çalışma değer grafiği [38]



Şekil 15. LDR

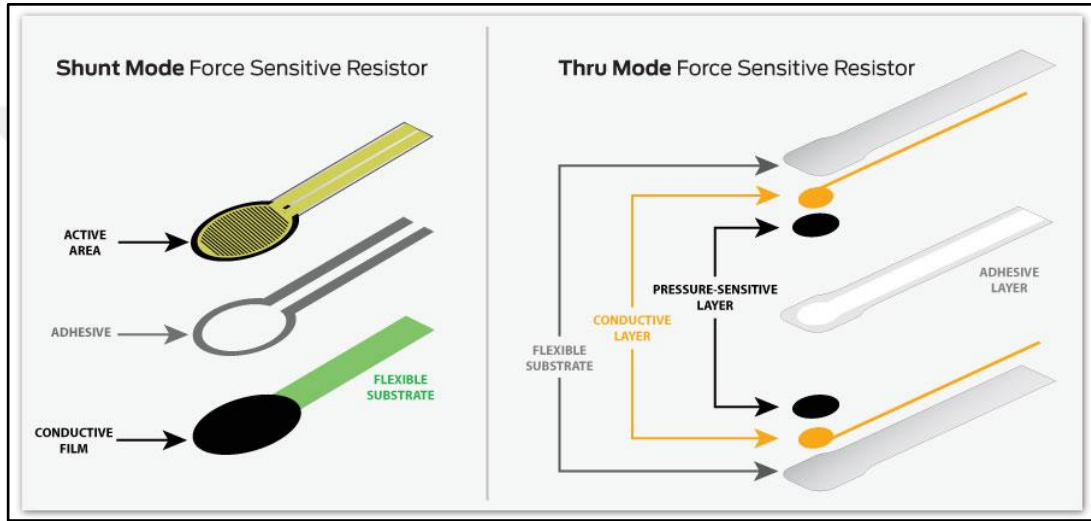
LDR algılayıcıları, otomatik aydınlatma kontrolü, gün ışığına bağlı perde sistemleri, basit güvenlik sistemleri ve ışığa duyarlı robotik uygulamalar gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır. Bununla birlikte, tepki süresinin hızlı olmaması ve doğrusal olmayan çıkış karakteristiği nedeniyle hassas uygulamalarda sınırlı tercih edilir. Yine de düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olmaları, eğitim ve prototipleme süreçlerinde yaygınlıklarını artırmaktadır.



Şekil 16. Led diyot sembolü

### 3.1.4. İnce Film Basınç Algılayıcısı

İnce film basınç algılayıcısı, mekanik basınca maruz kaldığında elektriksel direncinde değişiklik meydana gelen bir tür basınç algılayıcıdır. Bu algılayıcılar, birçok endüstriyel ve tıbbi uygulamada kullanılırlar. İnce film basınç algılayıcıları, ince bir tabaka (film) üzerine yerleştirilmiş direnç elemanlarından oluşurlar ve bu elemanlar basınca yanıt olarak elektriksel sinyalleri değiştirir. Şekil 17’de ince film basınç algılayıcısının iç yapısına yer verilmektedir.



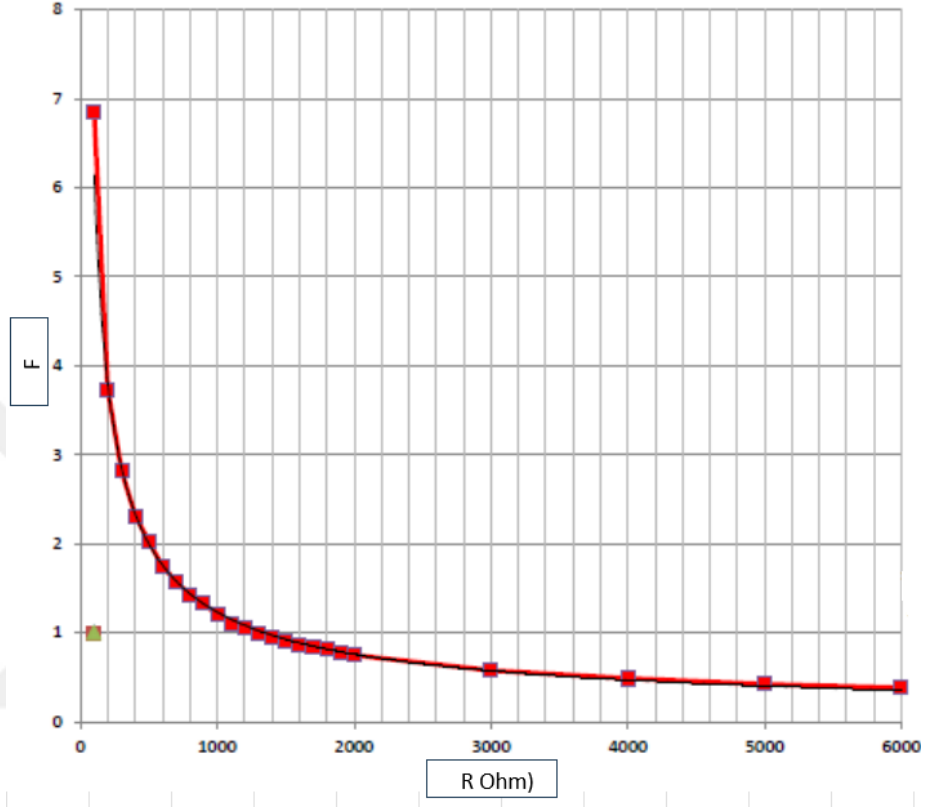
Şekil 17. İnce film basınç algılayıcısı iç yapısı

İnce film basınç algılayıcıları, geniş bir basınç aralığında ve hassasiyetle çalışabilme yeteneğine sahiptirler. Ayrıca, küçük boyutları ve dayanıklılıkları nedeniyle birçok uygulamada tercih edilirler. Projede kullanılacak olan ince film basınç algılayıcısı Şekil 18’de sunulmaktadır.



Şekil 18. İnce film basınç algılayıcısı

Çalışmada kullanılan İnce Film Basınç algılayıcımızın basınç değeri aralığı 20g ve 6kg aralığında olup direnç kuvvet grafiği Şekil 19’ da verilmektedir.



Şekil 19. İnce film basınç algılayıcısı çalışma değer grafiği

### 3.1.5. Hava Basınç Algılayıcısı

MPX10DP, yüksek hassasiyetli hava basınç ölçümleri yapabilen bir algılayıcıdır. MPX10DP, piezorezistif bir algılayıcıdır. Basınca maruz kaldığında, algılayıcının direnci değişir ve bu değişiklik, elektriksel sinyale dönüştürülür. MPX10DP, -10 kPa ila 10 kPa arasındaki basınç değişimlerini ölçebilir. Bu, negatif ve pozitif basınçları ölçmek için kullanışlıdır. Algılayıcı, yüksek hassasiyetle çalışır ve genellikle 0.2 mV/kPa çözünürlük sunar. MPX10DP, tipik olarak 5 V DC besleme gerilimi gerektirir. Bu, birçok mikrodenetleyici veya veri toplama sistemi ile uyumlu hale getirir. Algılayıcı, analog bir voltaj çıkışı üretir. Basınca bağlı olarak, çıkış gerilimi değişir. MPX10DP örneği Şekil 20’de verilmektedir.

MPX10DP hava basınç algılayıcısı, piezorezistif bir etkiyi kullanarak çalışır. İnce bir membran, hava basınca maruz kaldığında mekanik olarak deforme olur. Bu deformasyon, membranın üzerine yerleştirilen direnç elemanlarının elektriksel direncini değiştirir. Bu direnç değişikliği, bir köprü devresi aracılığıyla ölçülür ve bir analog voltaj sinyaline dönüştürülür. Bu voltaj sinyali, basınç seviyesini temsil etmektedir.



**Şekil 20. MPX10DP hava basınç algılayıcısı**

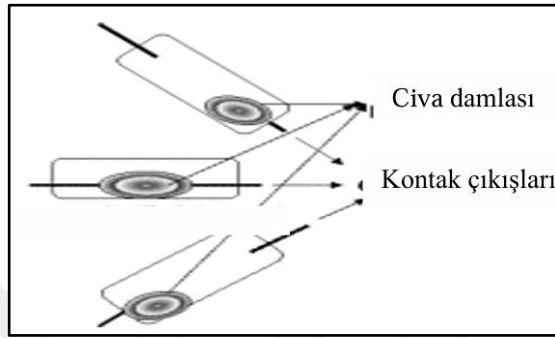
### 3.1.6. Civalı Kontak

Civalı kontak (mercury switch), içerisinde küçük bir miktarda sıvı civa bulunan, genellikle cam veya metal bir muhafaza içerisinde yer alan bir anahtarlama elemanıdır. Bu eleman, eğim veya titreşim gibi fiziksel değişimlere bağlı olarak açılıp kapanan bir kontak görevi görür. Civa, iyi bir iletken olması ve sıvı hâlde bulunduğu fiziksel pozisyona duyarlı bir anahtarlama yapısı oluşturması nedeniyle tercih edilmektedir.



**Şekil 21. Civalı kontak**

Civalı kontaklar, özellikle eğim, konum ya da sarsıntı algılaması gereken uygulamalarda kullanılır. Bir devrede dijital bir sinyal üretmek üzere tasarlanan bu yapı, belirli bir açığa ulaşıldığında civa taneciğinin iki elektrot arasında köprü görevi görmesiyle devreyi tamamlar ve böylece bir açık/kapalı durumu (dijital sinyal) elde edilir.



**Şekil 22. Civalı kontak çalışma prensibi**

Civa maddesinin toksik ve çevreye zararlı özellikleri nedeniyle günümüzde yerini daha çevreci eğim algılayıcılarına bırakmaya başlamıştır. Ancak kullanım alanı eğim algılamasının uzun ömürlü çalışmasını kısıtladığı için, model için uygun bulunmamaktadır.

#### ➤ Civalı Kontakın Analog Algılayıcıya Dönüştürülmesi

Civalı kontaklar yapıları gereği yalnızca iki durumlu (açık/kapalı) dijital sinyaller üretirler. Ancak bazı uygulamalarda, birden fazla civalı kontakın aynı sistem içerisinde kullanılması, eğim, titreşim veya konum değişimlerinin kademeli biçimde ölçülmesini gerektirebilir. Bu doğrultuda, civalı kontaklardan elde edilen ikili (lojik) sinyallerin analog bir forma dönüştürülmesi hedeflenebilir. Bu sayede, civalı kontakların işlevselliğini artırarak, sınırlı sayıdaki analog girişlerle daha çok durumun ayırt edilmesini mümkün kılar.

Çalışma ile önerilen yöntem, birden fazla civalı kontakın aynı analog girişe paralel olarak bağlanması esasına dayanır. Her bir kontakın bir ucu, belirli direnç değerleri üzerinden analog giriş pinine bağlanırken, diğer uçları ortak bir toprak

(GND) hattına bağlanır. Böylece, hangi kontak(lar)ın iletimde olduğuna bağlı olarak, analog girişte okunan gerilim değeri değişkenlik gösterir.

Dört adet civalı kontak kullanıldığında ve her biri farklı direnç değerleri üzerinden bağlandığında; yalnızca birinin, ikisinin ya da dördünün iletken olduğu durumlara karşılık gelen analog gerilim seviyeleri farklı olacaktır. Bu seviyeler mikrodenetleyici üzerinde ADC (Analog-to-Digital Converter) ile okunarak sayısal değerlere dönüştürülür. Böylece sistem, 0, 25, 50, 100 gibi ayrık değerler üretmek suretiyle, yalnızca “var” veya “yok” durumundan öte, hangi kontakların aktif olduğunu ayırt edebilecek şekilde çalıştırılmaktadır.

Bu yöntemin en önemli avantajı, düşük maliyetli civalı kontakların analog düzlemde çoklayıcı (multiplexer) işlevi görmesini sağlamasıdır. Aynı zamanda sistemin hem basit hem de güvenilir olması nedeniyle, eğim açısı tanımlama, pozisyon kademelendirme veya hareket yönü belirleme gibi alanlarda kullanılabilirliği artar. Gerilim bölücü prensibine dayalı bu yapı, yazılımsal eşik değerleri tanımlanarak yorumlanabilir ve algılayıcı değerleri analog bir skala üzerinde anlamlandırılabilir.

### **3.1.7. Durum Takip Ekranı (Nextion HMI)**

Nextion, akıllı dokunmatik ekranlarla kullanıcı arayüzleri (HMI - Human Machine Interface) geliştirmeyi kolaylaştıran, mikrodenetleyici projelerine entegre edilebilen güçlü bir platformdur. Geliştiricilere arayüz tasarımı, veri iletişimi ve sistem kontrolü gibi pek çok işlevi tek ortamda sunar.

Nextion HMI (Human Machine Interface) ekranları, kullanıcı arayüzünün etkileşimli bir şekilde tasarlanması ve entegrasyonu için tasarlanmış güçlü bir teknolojik araçtır. Bu dokunmatik ekranlar, elektronik projelerde kullanıcı dostu ve özelleştirilebilir bir arayüz eklemenin önünü açar. Nextion HMI ekranları, farklı boyutlarda ve çözünürlüklerde sunulur, bu da projelerinizin gereksinimlerine uygun seçenekler sunar. Ayrıca, özelleştirilebilir grafikler ve görsellerle kullanıcı arayüzü tasarlama esnekliği sağlar. Nextion HMI ekranları, Arduino, Raspberry Pi ve diğer mikrodenetleyici platformlarıyla kolayca entegre edilebilir ve iletişim kurabilir. Bu özellikleri ile giyilebilir teknolojiye endüstriyel otomasyona ve tıbbi cihazlara kadar birçok uygulama alanında kullanılır. Bu sayede projenizi daha işlevsel ve kullanıcı dostu hale getirir. Örnek bir Nextion HMI Şekil 23'te gösterilmektedir.



**Şekil 23. Nextion HMI**

10 inç boyutundaki Nextion HMI ekran, yüksek boyutlu veri sunumunun gerekli olduğu uygulamalarda geniş görüş alanı ve gelişmiş etkileşim imkânı sağlar. 800×480 piksel çözünürlük sunan TFT LCD yapısı, düşük güç tüketimine rağmen yüksek kontrast oranı ve renk doğruluğu elde edilmesine imkân tanır. 10 inç panelde kullanılan kapasitif dokunmatik sensör teknolojisi, çoklu dokunma desteği ile yüksek hassasiyetli giriş algılaması sağlar. Ayrıca, genişletilmiş UART haberleşme hızı seçenekleri (9600 bps'den 115200 bps'ye kadar) sayesinde yüksek hacimli veri paketleri gecikme olmaksızın iletilebilir. Bu teknik nitelikler, ekranı özellikle gerçek zamanlı veri izleme uygulamaları için uygun bir bileşen haline getirmektedir.

### **3.1.7.1 Nextion Ekran Arayüzü Tanıtılması**

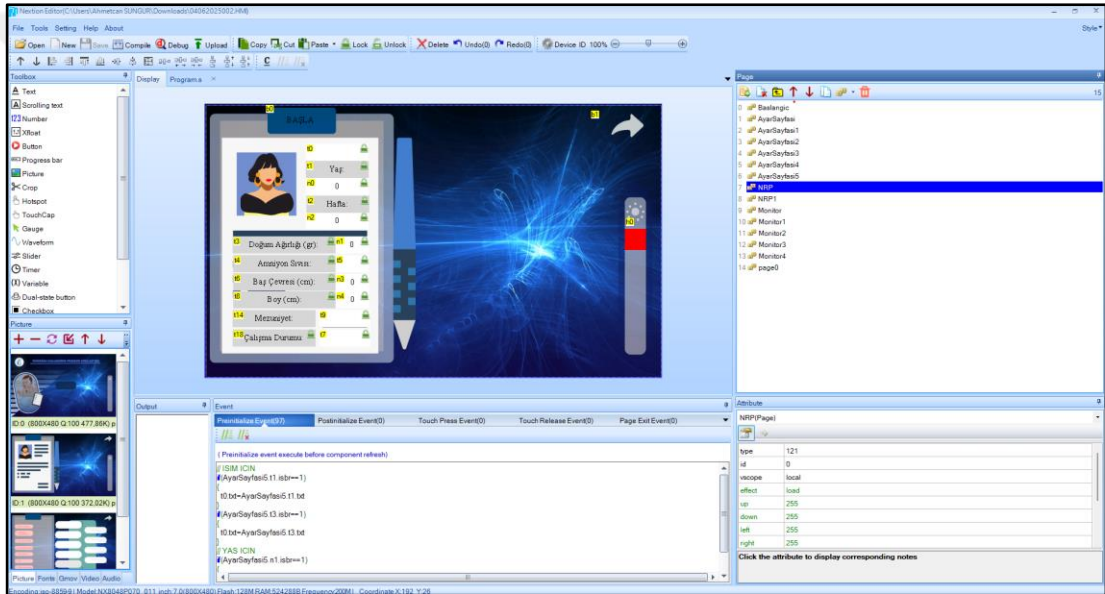
Nextion arayüzü, kendi yazılımı olan Nextion Editor üzerinden oluşturulur. Bu yazılım sayesinde sayfalar (pages) oluşturularak, her bir sayfaya farklı görsel bileşenler (components) yerleştirilebilir.

Arayüzün üst kısmında araç çubuğu (Toolbar), kullanıcıların sık kullanılan işlemlere hızlıca erişmesini sağlayan simge tabanlı bir arayüz bileşenidir. Bu çubuk genellikle dosya işlemleri (açma, kaydetme), düzenleme işlemleri (kopyala, yapıştır, kes), derleme, hata ayıklama, yükleme ve kilitleme gibi işlemlere yönelik butonları içerir.

Toolbox içerisinde arayüz içerisine eklenmek istenen komponentleri bulunan alandır. Bu alan içerisinde; buton, slider, text, image, gauge, timer, video gibi görsel bileşenler eklenebilmektedir.

Arayüz ekranının sağ tarafında ise sayfalar bölmesi yer almaktadır. Sayfalar bölmesi üzerinde yer alan ekleme, çıkartma, sayfa sıralaması değiştirme gibi özellikler bulunmaktadır. Bu özellikler sayesinde arayüze yeni sayfalar ekleyerek sayfalar arasında geçiş sağlanabilmektedir.

Arayüz ekranının alt kısmında ise komut paneli bulunmaktadır. Komut paneli sayfalara eklenen komponentlerin kodlanabilmesi için kullanılan bölümdür. Nextion Editor arayüze ait görsel Şekil 24.'te verilmektedir.



Şekil 24. Nextion Editor arayüz

## 3.2. Yöntemler

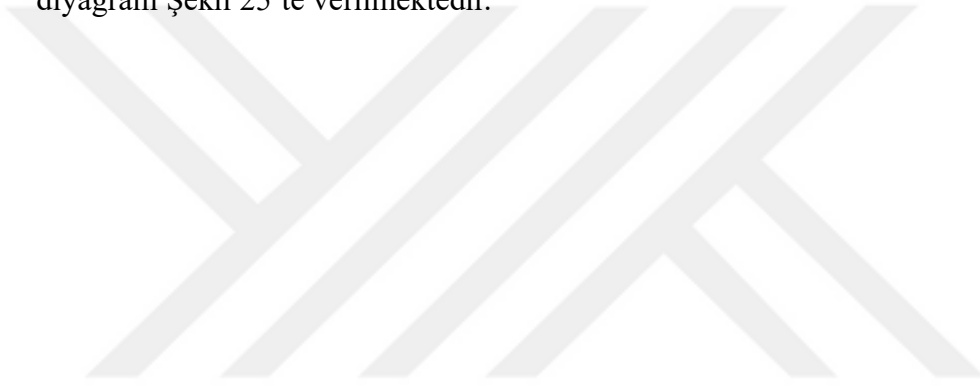
### 3.2.1. Algoritmanın Oluşturulması

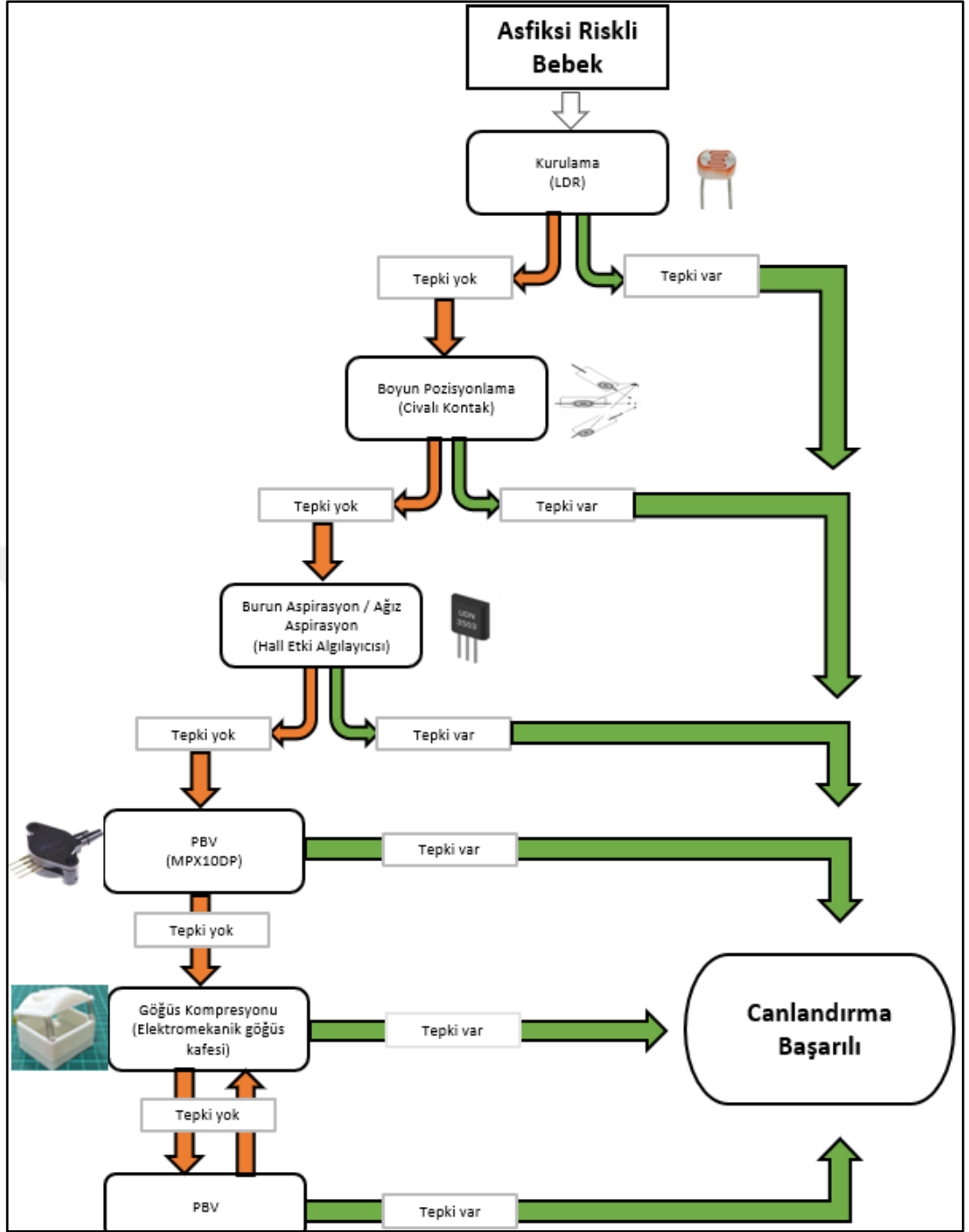
Algoritmanın açık ve sistematik bir şekilde tanımlanması, algılayıcı destekli otomatik kontrol sistemlerinin geliştirilmesi için temel bir adımdır. Her bir karar adımı (örneğin "tepki var mı?", "solunum başladı mı?") ölçülebilir parametrelere dönüştürülerek uygun algılayıcılarla eşleştirilebilir. Bu sayede, algoritma algılayıcı

verileriyle dijital olarak yorumlanabilir hale gelir ve gerçek zamanlı müdahalelerin otomasyonunu mümkün kılar.

Ayrıca algoritma, algılayıcıların yazılım düzeyinde nasıl programlanacağına dair yol gösterici bir yapı sunar. Hangi algılayıcının ne zaman ve hangi eşik değerler üzerinden çalışacağı, veri toplama sıklığı, değerlendirme kriterleri ve çıktıların sistem kontrol birimine nasıl aktarılacağı gibi detaylar algoritmanın mantığına dayanarak belirlenir. Bu sayede algılayıcılar yalnızca veri toplayan değil, karar alma sürecine aktif katılan bileşenler haline gelir.

Proje kapsamında uzman görüşüne bağlı kalarak oluşturulan senaryoların, NRP basamakları göz önüne alınarak algılayıcı kontrollerinin yapılacağı, basamaklara ait diyagram Şekil 25'te verilmektedir.





**Şekil 25. Simülör durum gözlem diyagramı**

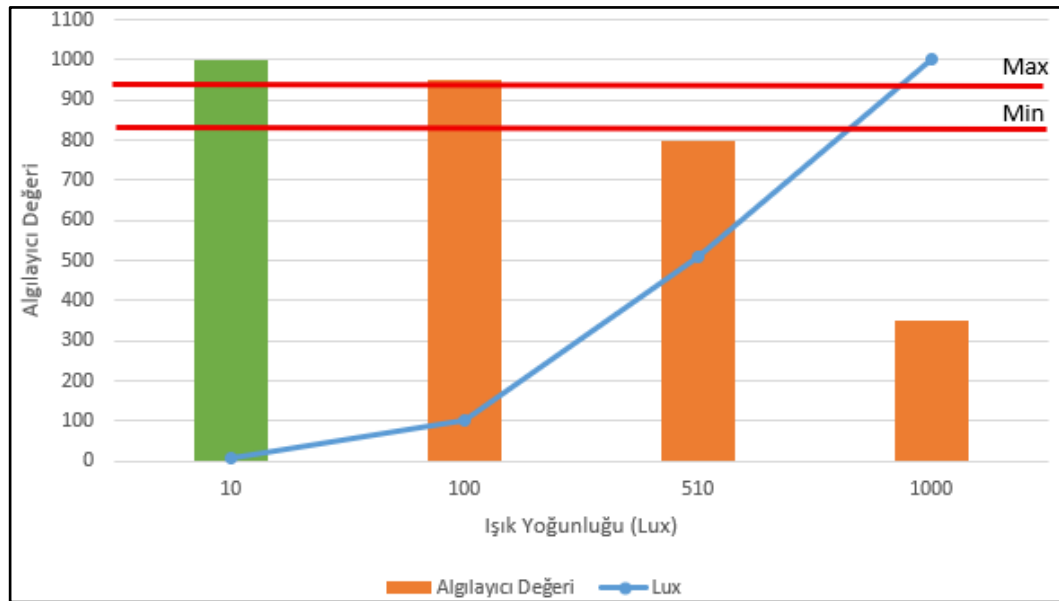
Yapılacak çalışma deneysel tipte bir çalışmadır. Gerçekleştirilecek olan simülör tasarımında NRP müdahale adımlarına uygun ilgili algılayıcılar ile deney yapılmaktadır. Yenidoğan değerlendirilmesi sonrasında hızlı bir şekilde NRP adımları sırası ile uygulanmaktadır. Tablo 3'te Nextion ekran üzerinde takip edilecek adımlar ve algılayıcı karşılıkları verilmektedir.

**Tablo 3. Algılayıcı kullanım adımları**

Adım	Kullanılacak Algılayıcılar
Bebek Kurulama	LDR
Baş-Boyun Pozisyonlama	Civalı Kontak
Ağız Puar ile Aspire	Hall Etki Algılayıcısı
Burun Puar ile Aspire	Hall Etki Algılayıcısı
Balon Maske	Hava Basınç Algılayıcısı
PBV	Elektromekanik Sistem – Titreşim Motoru
Göğüs Kompresyonu	İnce Film Basınç Algılayıcısı

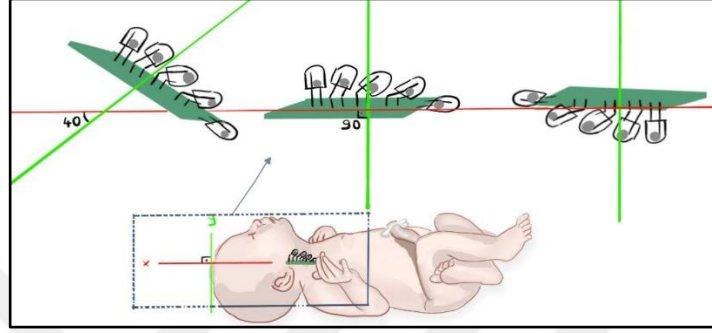
### 3.2.2. Algılayıcıların Testi ve Verilerin Ölçeklendirilmesi

İlk adım, bebeğin kurulması adımıdır. Bu adım için kulağa yerleştirilen LDR'ler sayesinde havlu ile kurulama esnasında LDR üzerindeki direnç, ışığın azalmasıyla birlikte düşmekte ve yazılım üzerinde bu adımın takibi yapılmaktadır. Test devresi 1k ohm direnç ile birbirine paralel bağlı iki LDR den oluşmaktadır. Test düzeneğinde uygulanan ışık yoğunluğu değerleri 10lux, 100lux, 510lux, 1000lux olmaktadır. Yapılan testler sonucunda algılayıcı değerinin 975 ve üzeri olduğu durumlarda işlemin başarılı sonuçlandığı görülmektedir. Hazırlanan test devresi üzerinden Arduino seri monitör ile LDR kontrolü Şekil 26'da verilmektedir.



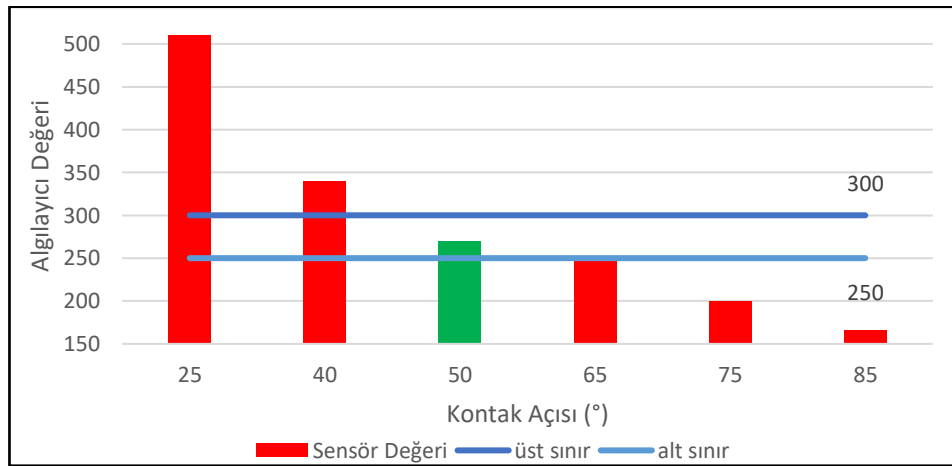
**Şekil 26. Farklı ışık değerleri altında LDR ölçümleri**

İkinci adım yenidoğan hava yolunun açıklığı için bebeğin baş ve boyun pozisyonunun (ekstansiyon) ayarlanmasıdır. Oluşturulan seri civalı kontak bağlantısı ile dijital iş gören kantağı analog sinyale dönüştürerek bebeğin bu algılayıcılardan gelen boyun derece verisine göre kalibre edilecektir. Kontaklar kendileri aralarında 10-15° açı olacak şekilde yerleştirilmektedir. Şekil 27’de kontak yerleşimi verilmektedir.



**Şekil 27. Civalı kantağın yapay bebek modeline yerleştirilmesi**

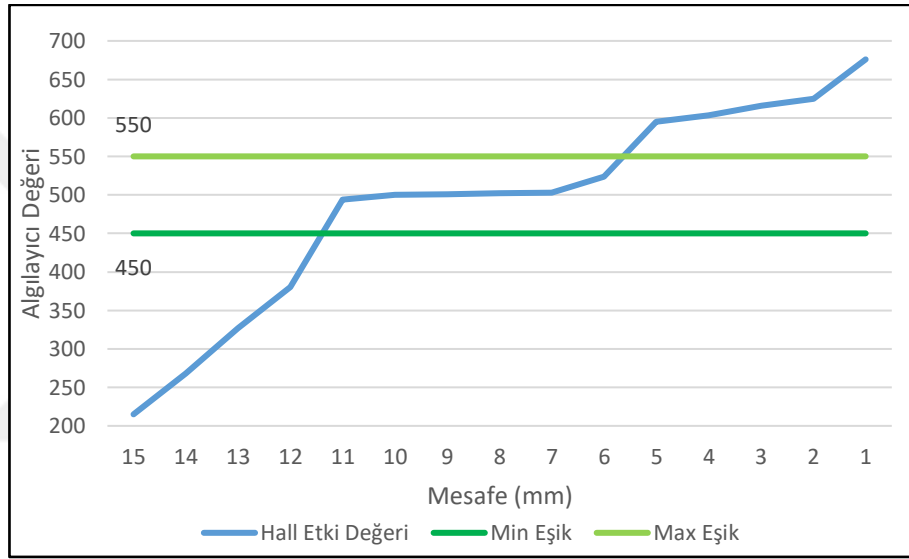
Yapay bebek modelinin boyun açısı değıştiğinde civalı kontaklar gerilim bölücü devre olarak çalıştığı için ölçülen değer düşüş eğilimi göstermektedir. Bu bilgiler ışığında uygun açılara (25, 40, 50, 65, 75, 85) yerleştirilen civalı kontaklardan alınan veriler sayesinde açı doğrulaması yapılabilmektedir. Şekil 28’te civalı kontakların açısına bağılı olarak algılayıcı tarafından alınan verilerin grafiğı paylaşılmıştır.



**Şekil 28. Civalı kontak çalışma değer grafiğı**

Üçüncü adım ağız ve burun içi aspirasyon işlemidir. Bu işlemde aspirasyon cihazının uç kısmına mıknatıs yerleştirilecektir. Cihazın uç kısmı ağız içine girdiğinde, ağız içinde bulunan hall etki algılayıcıların mıknatısı görmesi ile algılayıcı dijital çıkışı vermektedir.

Algılayıcılardan dijital çıkış alındığında bu adım doğru kabul edilip, simülasyona devam edilecektir. Bu adımlarda yapılan işlemler sonucunda görsel geri dönüş alınması hedeflenmektedir. Şekil 29'da Nextion ekran üzerinde hall etki algılayıcısı uygulama sonuçları verilmektedir.



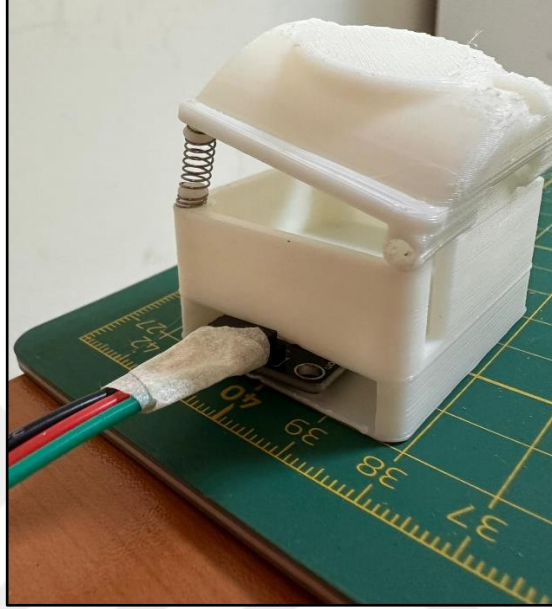
**Şekil 29. Hall etkisi algılayıcısı çalışma değer grafiği**



**Şekil 30. Silikon aspire**

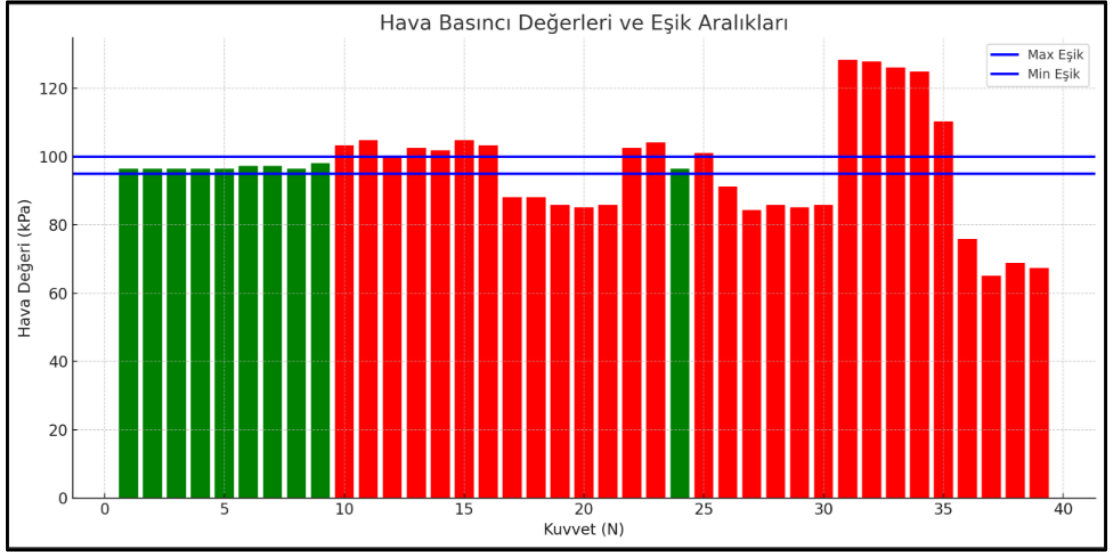
Dördüncü adımda ise yenidoğanın kötüye gideceği varsayılarak kalp tepesi atımı dakikada 100'den az ise ( $KTA < 100/dk$ ), geliştirecek simülatör üzerinde pozitif

basıncı ventilasyon (PBV) ve monitörizasyon (hastanın yaşamsal fonksiyonlarının izlenmesi ya da takip edilmesi) yapılacaktır. Simülasyon üzerinde kalp atımını gözlemlemek amacıyla titreşim motoru kullanılmıştır. Şekil 31’de elektromekanik parça altındaki titreşim motoru gösterilmektedir.



**Şekil 31. Elektromekanik kutu içerisine titreşim motorunun yerleştirilmesi**

Beşinci adımda ise yapay bebek modeline giden hava basıncı ölçülerek bebeğin nefes alma durumu hava basınç algılayıcısı tarafından kontrol edilecektir. Şekil 30’de hava basınç algılayıcısından okunan değer grafiği verilmektedir.



**Şekil 32. Hava basınç algılayıcısı çalışma değer grafiği**

PVB işleminde maske önce çene daha sonra burun köküne yerleştirilmelidir. Hava tornasının şişmesi için maskenin yüze iyice oturması gerekir, parmaklar ile kese sıkılarak bebeğe oksijen ve basınç verilir.



**Şekil 33. İnfant ambu**

Maske, simülör bebeğin ağız etrafına doğru temas ettiği sürece hava basınç algılayıcısının tahmin edilen şekilde çalışabildiği gözlemlenmektedir. Hava basınç algılayıcısından geçen hava akımı istenilen değer aralığında olması durumunda göğüs

kafesinde şişme işlemi gerçekleşecektir. Şekil 34’te göğüs hareketinin şişkin ve sönük olduğu durumları verilmektedir.



**Şekil 34. Göğüs şişme sönme durumu**

Gereken işlem sırasıyla yapılmadığı takdirde hava basınç algılayıcısından değer okunamadığı da açıkça gözlemlenmektedir. Maske doğru yerleştirildiğinde algılayıcısından dijital çıkış olarak görsel geri dönüş alınacaktır. Görsel geri dönüş hem Nextion HMI ekran üzerinden alınırken hem de göğüs kısmı için tasarlanan kutu mekanizma tasarımıyla modelin göğüs hareketi yaptığı açıkça gözlemlenmektedir.

Oksijen doygunluğu izlenip, Puls-oksometre (nabız ve kanın oksijen seviyesini ölçmek için kullanılan tıbbi cihaz) ile sağ elin avuç içine veya sağ bileğe yerleştirilir. Avuç içine hall effect, puls-oksimetreye de mıknatıs yerleştirilerek algılayıcıdan dijital veri alınacaktır. Burada da işlemin doğru yapıldığına dair görsel geri dönüş hedeflenmektedir.



**Şekil 35. Oksimetre probu**

Kalp tepe atımı (KTA) tekrar izlenir.  $KTA < 100/dk$  ise, simülatörün baş-boyun pozisyonu birinci adımdaki pozisyona getirildikten sonra laringoskop (gırtlak kısmının görülmesini ve hava yolu açılmasını sağlayan, görünüşü çekiç aletini andıran, tıbbi cihaz) ile ağız boşluğunun sağ tarafına girilecektir. Laringoskopun ucunda mıknatıs olacak ve ağız içinin sağ tarafında belirlenen bölgeye hall etki algılayıcısı yerleştirilecektir. Laringoskop belirlenen bölgeye yaklaştığında görsel geri dönüş alınarak, bir sonraki adıma geçilecektir.



**Şekil 36. Laringoskop**

Doğru bölgeye yerleştirilen laringoskop ile soluk borusu yolu açılacak ve entübasyon tüpü (ağız kısmından solunum yoluna doğru ilerletilmesi işlemi için kullanılan bir tüp) soluk borusuna ilerletilerek akciğerlerin havalanması sağlanır. Bu işlem 30 saniye içinde yapılmalı ve görsel geri dönüş alınması hedeflenmektedir.

### 3.2.3. Nextion Arayüzlerinin Programlanması

Nextion ekranlar çalışma bazlı özelleştirilebilen ekranlar olduğu için çalışma boyunca çeşitli ekranlar oluşturulmuş. Bu ekranlar içerisinde başlangıç ekranı, senaryo ekranları, ayar ekranları, algılayıcı kontrol ekranları ve durum takip ekranı gibi ekranlar yer almaktadır.

Nextion başlangıç ekranı içerisinde;

- Simülasyon programının ismi
- Başlatma butonu
- Ekran parlaklık ayarlama butonu
- Ayar sayfasına geçiş butonu
- İletişim bilgileri için QR kod yer almaktadır.



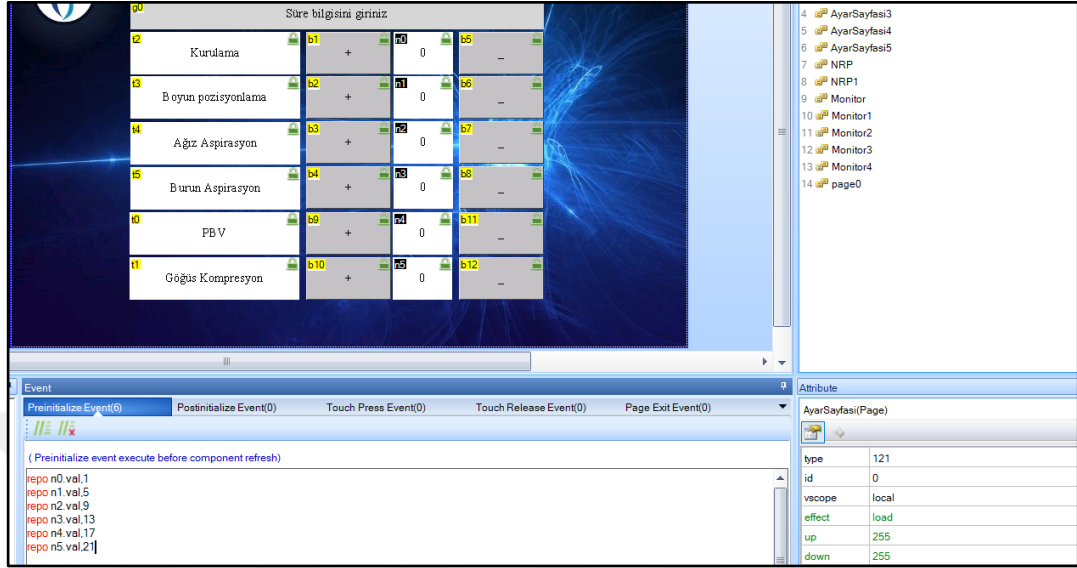
Şekil 37. Simülâtör başlangıç ekranı

“Ayar Sayfası” her bir işlem basamağının tamamlanması gereken süre değerlerinin girildiği sayfa olmaktadır.

Bu sayfa içerisinde ayarlamaları yapılan süreler simülasyon esnasında geçildiği esnada öğrenciye hata mesajı gidecektir. Bu sayede simülasyona katılan öğrenciler gerçek hayatta karşılaştıkları zaman mücadelesini daha iyi yaşayacaklardır.

Ekran üzerinde yer alan n0.val,1; n1.val,5 ; n2.val,9 ; n3.val,13 ; n4.val,17 ; n5.val,21 ifadeleri sayı değeri olup + ve – butonlar yardımı ile artırılıp azaltılmaktadır. Belirlenen bu değerler EEPROM hafızasında saklanması için “repo” komutu

kullanılmaktadır. EEPROM hafızada saklanan değerleri Nextion kapat aç işlemi yapıldıktan sonra tekrar yazdırabilmek için “wepo” komutu kullanılmaktadır.

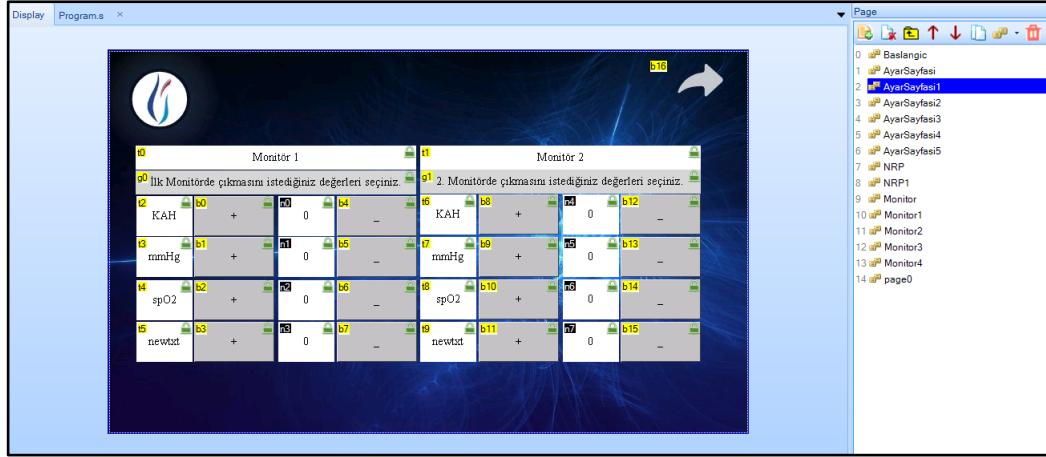


Şekil 38. Komut panelinde "Repo" kullanımı



Şekil 39. Komut panelinde "Wepo" kullanımı

Nextion ekran üzerinde daha önceden belirlenmiş olan senaryolardaki değerlerin girilebilmesi için; “Ayar Sayfası 1, Ayar Sayfası 2 ve Ayar Sayfası 3” ekranları oluşturulmuştur. Şekil 40’ta görüldüğü üzere Ayar Sayfası 1 ekranında simülasyon sırasında durum takip ekranı olarak kullanılacak ekranda gözükecek olan KAH, mmHg, spO2 değerleri girilmektedir.



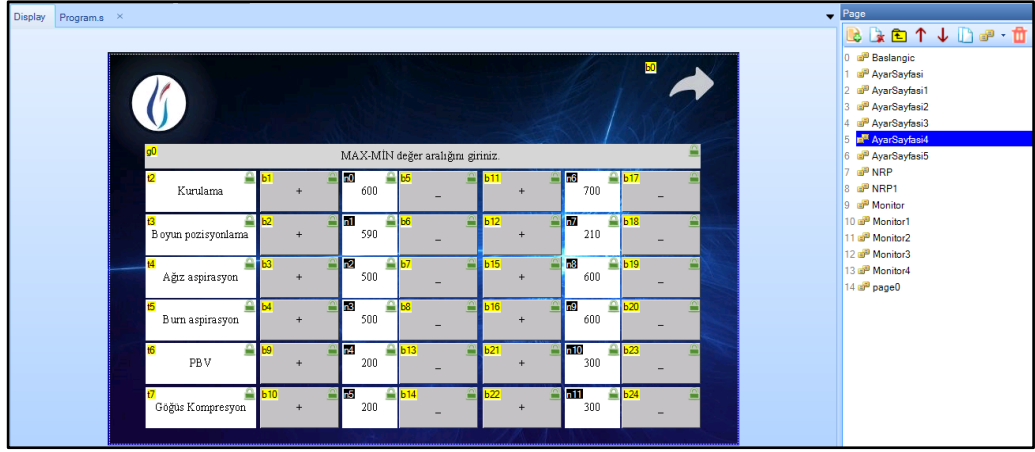
**Şekil 40. Simülâtör durum takip ekranı ayar sayfası**

Simülasyon esnasında algılayıcıların belirli bir değer aralığında kontrol edileceği, bazı algılayıcılar için bir min-max değer aralığı olacağını aktarılmıştı. “Ayar Sayfası 4” ekranı ise bu algılayıcıların min-max değerlerinin belirlendiği sayfa olmaktadır. Min-Max değerlerinin değiştirilebilir olması sayesinde çalışma süresince olası algılayıcılar yıpranmaları veya kalibrasyon değişimleri gibi durumlarda algılayıcıların değer aralıkları istenildiği gibi ayarlanabilecektir. Şekil 42’de Ayar Sayfası 4 üzerinde yapılan ayarlar verilmektedir.

Şekil 41’de “Ayar Sayfası 4” te yapılan ayarlar neticesinde kullanıcının simülasyon içerisinde karşılaşacağı ekran paylaşılmıştır. Ekranda yer alan görseller ve değerler “Monitor1-2-3-4” sayfalarında ayarlanmaktadır.

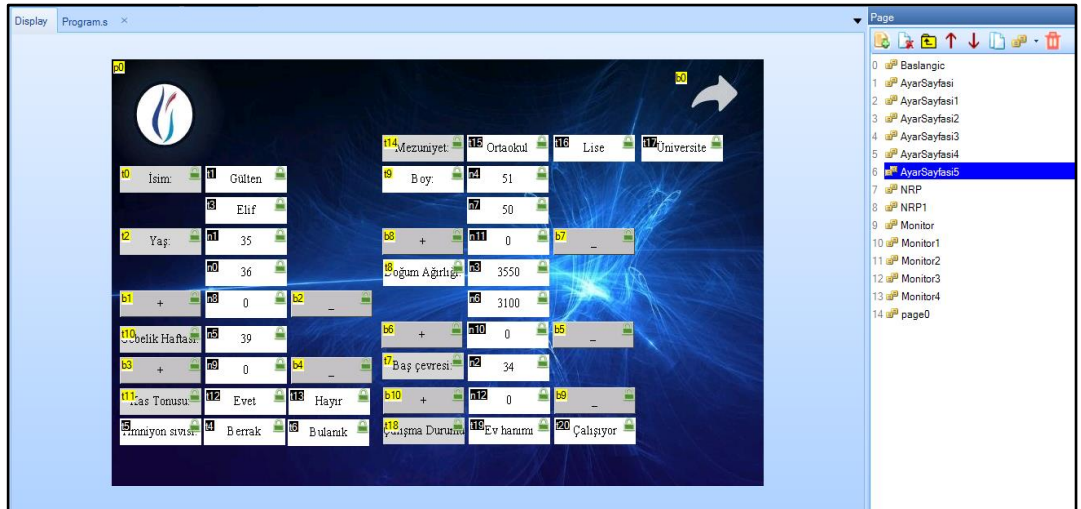


**Şekil 41. Simülâtör durum takip ekranı**



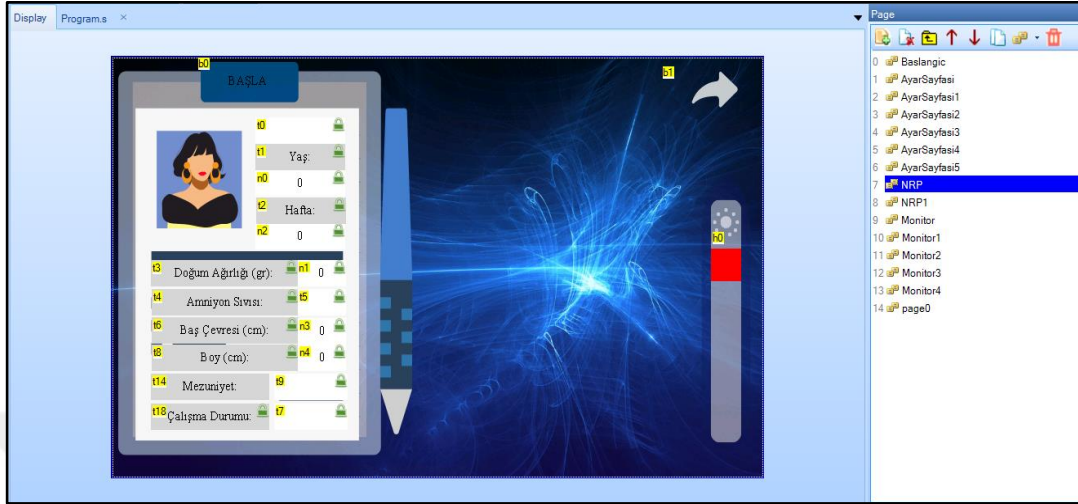
**Şekil 42. Simülâtör algılayıcı değeri ayar ekranı**

Çalışma içerisinde simülasyona hem gerçeklik katmak hem de senaryoları oluşturabilmek için gerçek hayatta müdahale esnasında yapılan sorgu ve alınan cevaplara yönelik dijital karakterler yaratılmaktadır. Bu karakterlerde belirlenen kriterler senaryo akışını etkileyip simülasyon kullanıcısının vermesi gereken tepkiyi etkilemektedir. Yaratılan bu karakterlerin kriterlerini ayarlamak üzere “Ayar Sayfası 5” ekranı oluşturulmuştur. Şekil 43’te de görüldüğü üzere “Ayar Sayfası 5” içerisinde yaratılan karaktere ait bilgiler hem standart senaryoya göre değerlendirilebilir hem de yeni bir karakter yaratılarak standart senaryo dışına çıkılabilmektedir. Bu sayede yapılan çalışmaya simülasyon amacı ve hedeflerinin dışına çıkmadan farklılık katmaktadır.



**Şekil 43. Simülâtör senaryo karakter ayar ekranı**

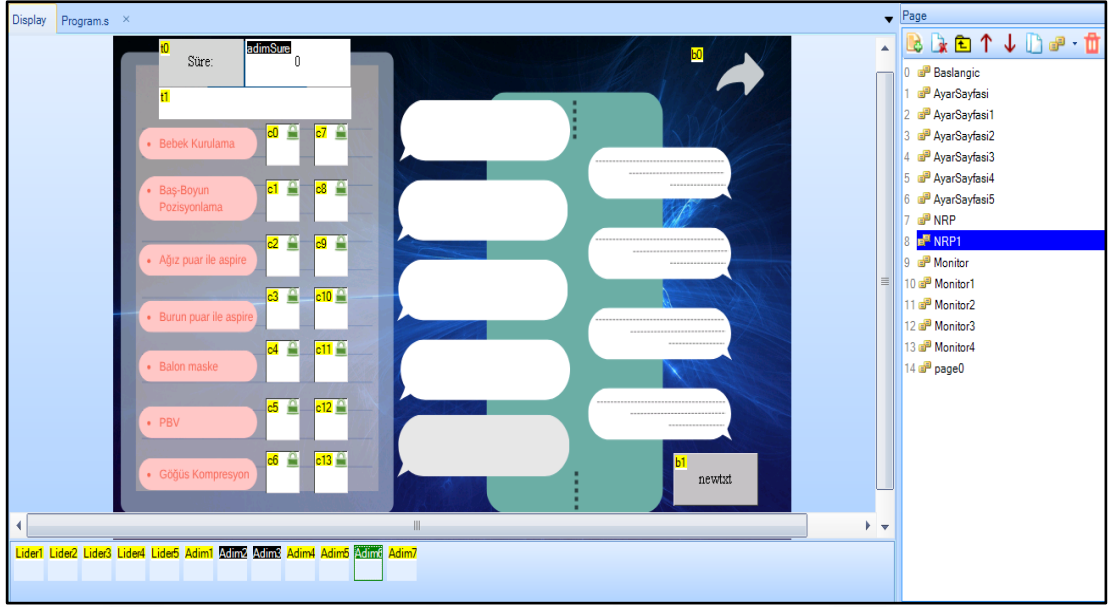
Arka planda yaratılan karakter kullanıcı tarafından ekranda Şekil 44'teki gibi görülmektedir.



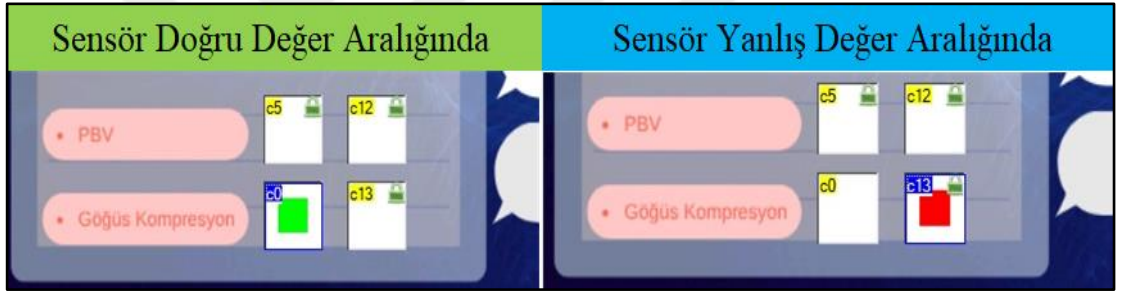
**Şekil 44. Simülasyon senaryo karakter ekranı**

Ekran üzerinden daha önceden belirlenen karakter bilgileri girerek kullanıcı senaryo gidişatını ve alınması gereken aksiyonları bu ekrandaki bilgilere göre karar vermektedir.

Karakter yaratma, algılayıcı değer aralıkları ayarı, aşama süre ayarı, senaryo gidişat ayarları yapıldıktan sonra kullanıcı tarafından simülasyon çalıştırılmaya başlanmaktadır. Kullanıcı simülasyon içerisinde anlık olarak hangi aşamada olduğunu ve aşama içerisinde başarılı olup olmadığı (doğru algılayıcı aralığında olup olmadığını) anlamak için “NRP1” ekranını kullanmaktadır. Şekil 45’te NRP1 ekranı paylaşılmaktadır. Bu ekran içerisinde kullanıcı aşama içerisinde ilgili algılayıcı daha önceden belirlenen aralık değerini okuması ile kutucuk yeşile dönerek aşamanın başarılı olduğunu görebilmektedir. Eğer okunan değer belirlenen algılayıcı değer aralığı içerisinde değil ise kutucuk kırmızıya dönecektir. Şekil 46’da aşama durum ekranı verilmektedir.



Şekil 45. Simülâtör aşama durum ekranı



Şekil 46. Simülâtör olumlu-olumsuz durum örneği

### 3.3. Proje Elektronik Devre Tasarımı ve Programlaması

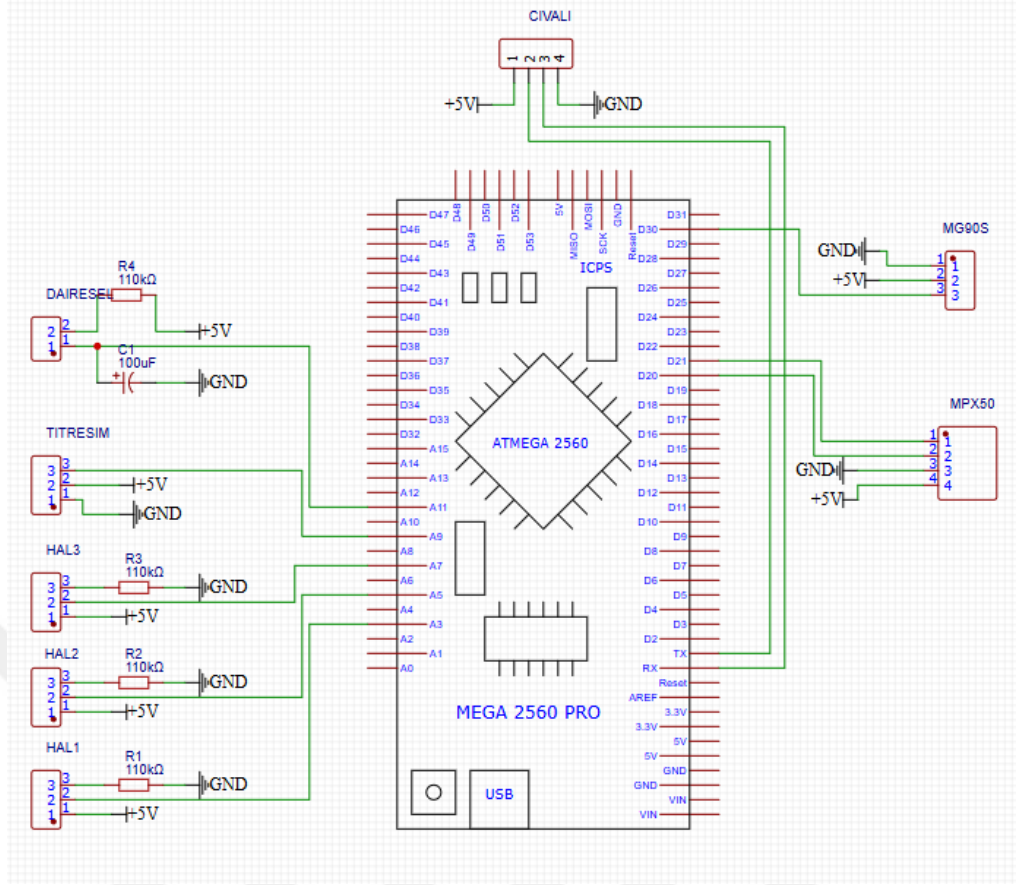
Yapılacak her bir adımda oluşan hatalar veya değişiklikler hem maliyet hem zaman açısından kritik etki oluşturmaktadır. Bundan sebeple her bir adım doğru işlem basamaklarıyla takip edilmelidir. Tablo 4’te seçilen materyallerin elektronik olarak programlanması ve son montaja kadar takip edilmesi gereken adımların sıralaması verilmektedir.

**Tablo 4. Elektronik kısım için takip edilen işlem basamakları**

	<b>Adım</b>	<b>Açıklama</b>
1	Bileşenlerin teknik özelliklerinin incelenmesi	Seçilen algılayıcıların ve entegrelerin datasheet dosyaları detaylı şekilde incelenmektedir. (gerilim, akım, pin yapısı vs.).
2	Simülasyon Ortamı Hazırlığı	Tinkercad, Fritzing, AutoDesk Student gibi yazılımlarda devre şeması sanal olarak hazırlanmaktadır.
3	Sanal Test ve Simülasyon	Sanal devrede sinyallerin doğruluğu, algılayıcı tepkileri, lojik işlemler ve devre güvenliği test edilmektedir.
4	Devre Şemasının Kağıt veya Dijital Ortamda Çizimi	Kağıt veya EDA yazılımları (EasyEDA, KiCAD, Fusion 360 Student vb.) ile detaylı devre şeması hazırlanmaktadır.
5	Breadboard/Delikli Plaket Üzerinde Kurulum	Fiziksel prototip breadboard veya delikli plaket üzerinde kurulmaktadır.
6	Fiziksel Test ve Sorun Giderme	Gerçek donanımla test yapılır, hatalar tespit edilip düzeltilir. Algılayıcı tepkileri gözlemlenmektedir.
7	Nihai Devre Şeması ve PCB Tasarımı	Sorunsuz çalışan şema üzerinden PCB tasarımı gerçekleştirilmektedir.
8	PCB Baskı ve Bileşen Montajı	PCB basımı yapılır ve bileşenler lehimlenir.
9	Nihai Devre Testi	PCB üzerinde test yapılır; algılayıcılar, mikrodenetleyici, çıkışlar vb. kontrol edilir.
10	Mekanik Yerleşim Üzerinde Montaj	Tüm sistem uygun muhafaza kutusuna veya yapıya yerleştirilir.
11	Sonuçların Gözlemlenmesi ve Performans Analizi	Sistem çalışma verimliliği test edilir. Gerekirse iyileştirme yapılır.

Elektronik devre tasarımında devre şeması oluşturmak, tasarım sürecinin en kritik adımlarından biridir. Devre şeması, bir devredeki tüm bileşenlerin nasıl bağlandığını açık ve sistematik bir şekilde gösteren görsel bir haritadır. Bu şema sayesinde hem devre tasarımcısı hem de projede yer alan diğer kişiler, devrenin yapısını kolaylıkla anlayabilir.

Doğru hazırlanmış bir devre şeması, olası hata ve çakışmaların önceden fark edilmesini sağlar, böylece zaman ve maliyet kaybı azaltılır. Ayrıca üretim, test ve bakım aşamalarında da önemli bir referans görevi görerek sürecin güvenilirliğini artırır. Şekil 47’de elektronik devre şeması verilmektedir.



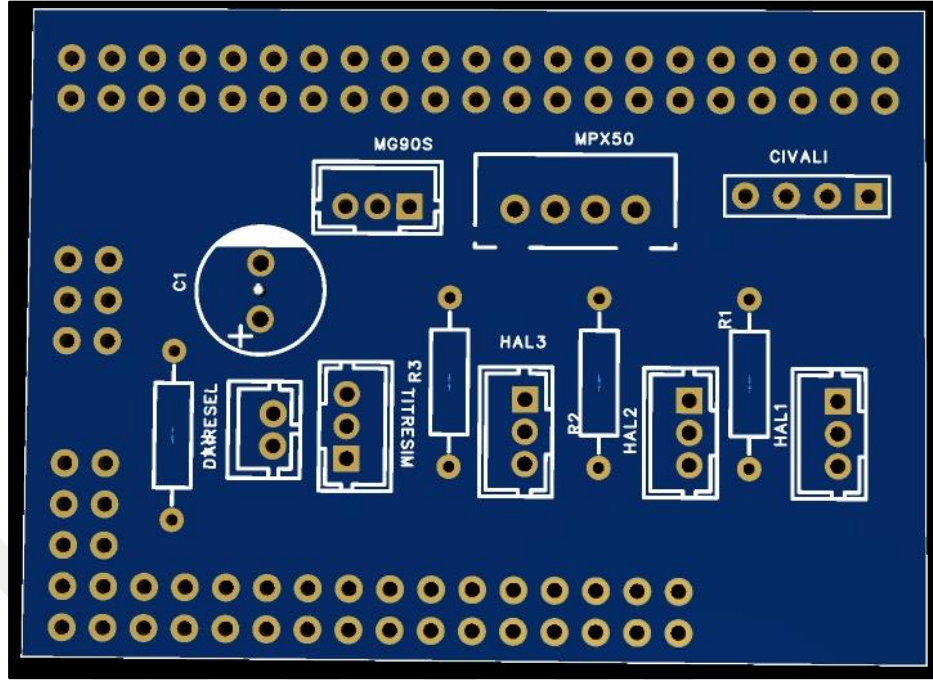
Bu hazırlık işlemi için önce açık kaynak yazılımlı program üzerinde benzer bir devre kurularak, algılayıcıların işlemleri test edilmektedir. Kullanılan bazı algılayıcılar ve mikroişlemci temsili olup aslına benzer bir analog/ dijital çıkış vermesinden dolayı seçim yapılmaktadır.

Elektronik sistemlerin güvenilirliğini sağlamak ve işlevsel doğrulama sürecini desteklemek amacıyla, devre kartı tasarımına geçilmeden önce fiziksel bir prototip oluşturulması oldukça önemlidir.

Bu prototip genellikle breadboard veya delikli plaket kullanılarak hazırlanır. Bu uygulama sayesinde, bağlantı hataları gibi olası tasarım kusurları erken aşamada tespit edilebilir ve gerekli düzeltmeler hızlıca yapılabilir. Ayrıca enerji kaynağının sistemin ihtiyaç duyduğu gerilim ve akımı sağlayıp sağlayamadığı da bu aşamada test edilerek, güç yönetimi açısından güvenli bir yapı oluşturulması sağlanır. Fiziksel kurulum, yalnızca donanımın değil, aynı zamanda gömülü yazılımın da devreyle uyum içinde çalışıp çalışmadığını gözlemlene imkânı sunar. Bu süreç, geliştirilecek yazılımın gerçek zamanlı çalışmasını ve algılayıcılar/aktüatör etkileşimlerini analiz etmede kritik rol oynar. Dolayısıyla bu ön test aşaması, sistemin nihai tasarımına geçmeden önce risklerin azaltılmasına, tasarımın doğrulanmasına ve geliştirme sürecinin daha verimli ilerlemesine katkı sağlar.

Breadboard üzerinde gerçekleştirilen ön testler başarıyla tamamlandıktan ve sistemin işlevselliği doğrulandıktan sonra, nihai elektronik devre kartının tasarım aşamasına geçilmektedir. Bu süreç, sistemin daha kompakt, dayanıklı ve uzun ömürlü hale getirilmesi amacıyla kritik bir öneme sahiptir. Devre kartı (PCB- Printed Circuit Board) tasarımı, önceden doğrulanmış şematik bağlantılar temel alınarak CAD tabanlı elektronik tasarım yazılımı olan Fusion 360 Student aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Tasarım sürecinde, bileşen yerleşimi, sinyal yollarının optimizasyonu, güç dağıtımı, topraklama stratejileri ve elektromanyetik girişim (EMI) gibi faktörler dikkate alınarak sistem performansını olumsuz etkilemeyecek bir yerleşim planı oluşturulur. Elde edilen devre düzeni, üretime uygun Gerber dosyaları şeklinde dışa aktarılır ve bu dosyalar aracılığıyla baskı devre üretimi gerçekleştirilir. Üretilen kart üzerine, doğruluğu daha önce test edilmiş bileşenlerin lehimlenmesiyle birlikte, nihai sistem fiziksel olarak tamamlanmış olur. Böylece hem elektriksel hem de mekanik yönden sağlam ve güvenilir bir yapıya sahip olan nihai devre, gerçek ortamda çalışmaya hazır

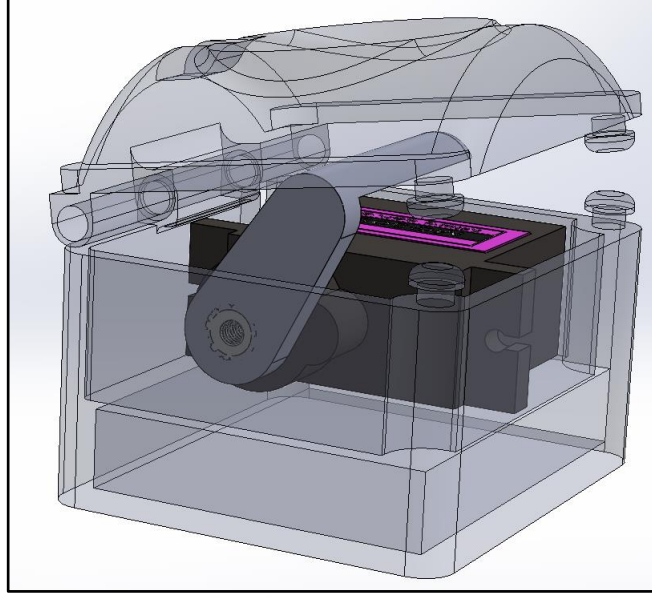
hale gelir. Şekil 48’de bu PCB nin Fusion 360 Student üzerinde çizilmiş baskı öncesi görseli verilmektedir.



Şekil 48. Kontrol kart

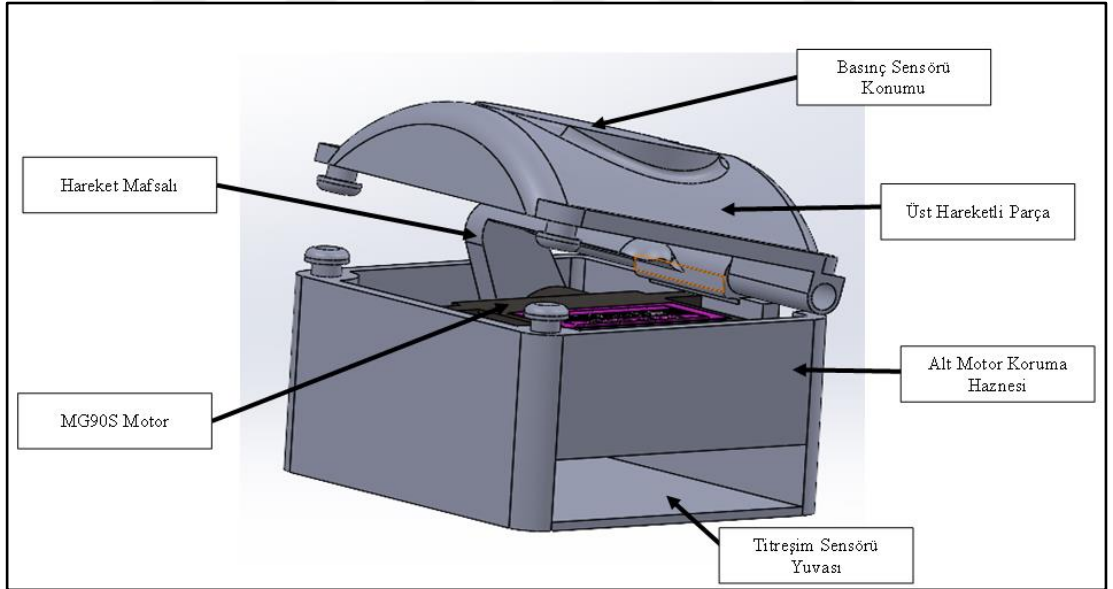
### 3.4. Göğüs Hareketi için Elektromekanik Kutu Tasarımı

Simülatör içerisinde gerçekçi bir göğüs kafesinin şişme ve sönme hareketlerinin izlenebilmesi için göğüs kafesi kutusu tasarlanmaktadır. Kutu tasarımı SolidWorks Student programında çizilmektedir. Kutu içerisine MG90S mikro servo motor sığacak boyutta tasarımı yapılmaktadır. Servo motor ucuna takılan hareketli mafsal sayesinde kutu kapağının açılması ve kapanması sağlanmaktadır. Bu sayede göğüs, içeriden yukarı-aşağı hareket ettirerek şişme ve sönme hareketlerinin izlenmesini sağlamaktadır. Şekil 49’da göğüs modeli için tasarlanan kutunun hareketi mafsal ve MG90S mikro servo motor ile sağlanmaktadır.



**Şekil 49. Göğüs hareketi elektromekanik modeli**

Şekil 50’ de tasarlanan hareketli elektromekanik göğüs parçaları gösterilmiştir.



**Şekil 50. Göğüs hareketi elektromekanik model parçaları**

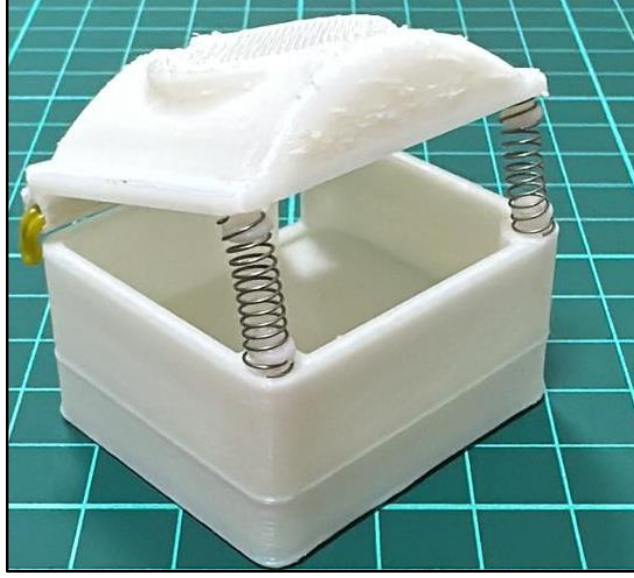
Şekil 51’de Göğüs hareketi için tasarlanan elektromekanik modelin 3D yazıcı ile basımına ait görsel verilmektedir.



**Şekil 51. Göğüs hareketi elektromekanik model 3B baskı**

3B baskı yöntemiyle üretilmiş kutu tasarımı, dairesel basınç algılayıcısı ve titreşim motoru gibi hassas bileşenleri barındırabilecek şekilde optimize edilmektedir. Kutunun üst kapağı açılıp kapanabilir şekilde tasarlanmış olup, iç hacmi elektronik bileşenlerin düzenli yerleşimini sağlayacak boyuttadır. Alt kısımda bırakılan açıklık ise algılayıcı yüzeyinin dış ortamla temasını kolaylaştırmakta ve gerekli veri iletimini mümkün kılmaktadır. Bu yapısal özellikler sayesinde hem bileşenlerin mekaniksel hasarlardan korunması sağlanmış hem de modelin işlevselliği artırılmaktadır.

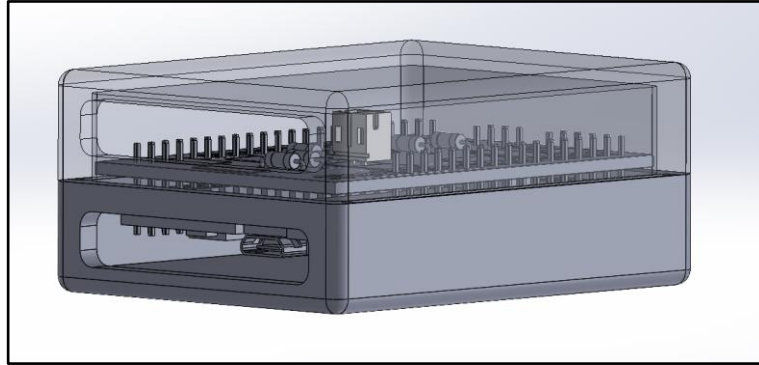
3B yazıcı ile basılan parça esnek yay yardımı ile sıkışma ve itme oluşturarak parça üzerinde referans belirlenmektedir. Bu sayede göğüs içinde şişme veya sönme hareketi olmadığı durumlarda göğüs belirli bir şişkinlik seviyesinde durarak daha gerçekçi bir görünüm elde edilmektedir. Esnek yay eklendikten sonraki parçaya ait görsel Şekil 52'de verilmektedir.



**Şekil 52. Göğüs hareketi elektromekanik model yay sistemi**

### **3.5. Elektronik Devre Muhafaza Kutusu**

Elektronik bileşenlerin doğru konumlandırılması ve güvenli bir şekilde muhafaza edilmesi, sistemin uzun ömürlü ve kararlı çalışması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, elektronik devre elemanlarının kaplayacağı minimum alan, prototipin genel boyutları ve kullanılacak malzemelerin fiziksel özellikleri dikkate alınarak bir tasarım programı olan SolidWorks Student' da özel bir muhafaza kutu tasarımı yapılmaktadır.



**Şekil 53. Kontrol kartı koruyucu kutusu çizimi**



**Şekil 54. Kontrol kart koruyucu kutu 3B baskısı**

Değerlendirme sonucu, yapılan bazı test sonuçlarına göre belirlenip fiziksel çalışmalara başlanmaktadır. Bu sayede zaman ve maliyetten tasarruf yapılabilir. Bebek model için tasarlanan kompakt kutu, Şekil 54'te verilmektedir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen yenidoğan müdahale simülatörüne entegre edilen elektronik sistem bileşenlerinin her biri belirli bir müdahale adımının doğru şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğini algılamak amacıyla tasarlanmıştır. Modelin işlevselliği, her alt sistemin bireysel doğruluk oranları ve genel sistem uyumu üzerinden değerlendirilmiştir.

#### 4.1. Kurulama İşlemi Algılaması

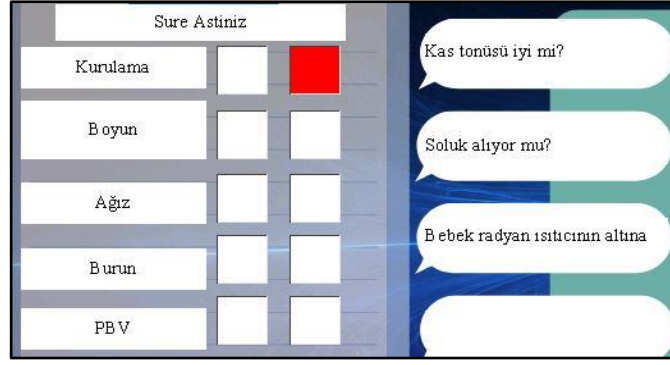
LDR (ışığa duyarlı direnç) tabanlı algılayıcı yerleştirmesiyle, ışık değişimleri aracılığıyla kurulama ekipmanının algılayıcı olan bölgeyi kapattığı algılanarak kurulama işleminin yapılıp yapılmadığı değerlendirilmektedir. Kurulama yapılan denemelerde ilgili ölçüm alınan bölgede kurulama ekipmanı algılandığında okunan değer değişiklikleri net bir şekilde görülmektedir. Kurulama adımının doğru yapılması sonucu ekranda gözükecek görsel görüntü Şekil 55’ te verilmektedir.



i13	Kurulama	e0	57
i12	B boyun	e1	e8
i8	Ağız	e2	e9
i9	Burun	e3	e10
i10	PBV	e4	e11
i7	Prop	e5	e12
i11	Kompresyon	e6	e13

Şekil 55. Kurulama işlemi algılama

Kurulama adımı uzman görüşü ile belirlenen süre içerisinde yapılmadığı takdirde ekranda süre aşıldığına dair yazı ve adımın doğru yapılamadığı görsel olarak Şekil 56’da verilmektedir. Ayrıca ekran üzerinde uygulayıcının hangi adımı yapması gerektiğini takip edebileceği mesaj kutusu verilmektedir.



**Şekil 56. Bir basamak için süre aşımı gösterimi**

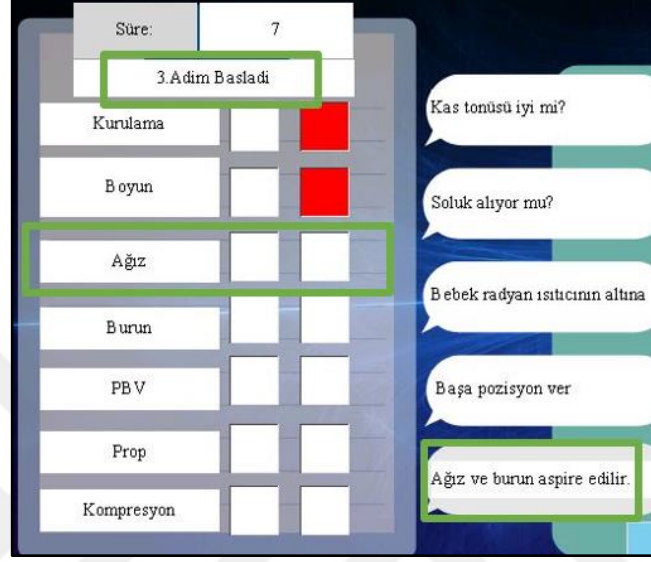
#### **4.2. Baş-Boyun Pozisyonlama ve Açı Doğrulama**

Yenidoğana yapılan müdahalelerde doğru baş-boyun pozisyonlaması, hava yolunun açıklığını sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bu amaçla farklı açılara tepki veren civalı kontaklar, baş-boyun ünitesine yerleştirilmiş ve belirli referans eğim açlarına göre kalibrasyon yapılmıştır. Bu referans açıları modelin boyun kısmını gerçekçi pozisyonlama değerlerine ulaştırabilmek için 25,40,50,65,75,85 derecelik konumda yerleştirilmesi yapılmıştır. Simülatör, optimal pozisyonuna ulaştığında kontakların tetiklenmesiyle kullanıcıya görsel uyarı sağlamaktadır. Nextion ekran üzerinde doğru pozisyonun yakalanması esnasında ilgili adımın değerlendirme kutucuğu yeşile döndüğü için anlık olarak kontrol yapılabilmektedir. Farklı eğimlerde yapılan denemelerde sistemin başarılı bir şekilde pozisyon hatasını yakaladığı görülmektedir. Hatalı pozisyonlamalarda sistem uyarı vererek müdahale eden kişiyi düzeltmeye yönlendirmiştir.

#### **4.3. Oksimetre Probu ve Puar Konumlandırma Doğruluğu**

Hall etkisi algılayıcısı, oksimetre probunun, ağız ve burun ile puar adımlarının hedeflenen pozisyona yerleştirilip yerleştirilmediğini algılamak amacıyla kullanılmıştır. Yapılan testlerde, algılayıcının doğru konumlandırmayı başarılı bir şekilde algıladığı görülmektedir. Yapılan testler esnasında ekipmanların algılayıcıya olan mesafesi net bir şekilde ölçülebilmüş ve bu ölçümler neticesinde kullanıcı konum doğrulamasını kolay bir şekilde yapabildiği görülmektedir. Yanlış yerleştirme durumlarında Nextion ekranında konuma ulaşılamadığı için aşamanın başarısız olduğu yazı görülmektedir. Ayrıca uzman görüşü ile belirlenen süre içerisinde adım

tamamlanmadığı takdirde ekranda süre aşımını gösterir bir yazı ile uygulayıcıya uyarı verilmektedir. Şekil 57’de uygulayıcı hangi adımda olduğunu sürenin altındaki kutucuktan ve ne yapması gerektiğini mesaj kutucuğundan takip edebiliyorken süresini ve adımını da doğru veya yanlış yaptığını görsel olarak takip edebilmektedir.



Şekil 57. Aspirasyon işlemine başlama

#### 4.4. Hava Maskesi Takılıp Takılmadığının Algılanması

Simülatöre entegre edilen hava basınç algılayıcısı, maske temasındaki sızdırmazlığı değerlendirmektedir. Doğru takılmayan maskelerde basınç değerinde düşüş gözlemlenmiş ve hatalı uygulamaları başarılı şekilde tespit etmiştir. Ayrıca hava maskesinden alınan değerler sayesinde elektromekanik sistemde şişme ve sönmeler görülmektedir. Kullanıcı hava maskesini yanlış takması durumunda elektromekanik göğüs kafesi tam şişme göstermeyip kullanıcıya hatalı bir bağlantı yapıldığı bilgisini vermektedir. Yapılan testler sonucunda sistemin doğrulunun algılayıcıdan okunan değerler ile istenilen eşik değer aralığında olup olmadığı Nextion ekran üzerinde kontrol edilebilmektedir.

#### 4.5. Yapay Kalp Atımı ve Göğüs Kafesi Hareketi

Titreşim motoru aracılığıyla oluşturulan yapay kalp atımı, kullanıcıya ritmik geribildirim sağlamakta, böylece müdahalede zamanlama becerisi geliştirilmektedir.

Elektromekanik yaylı sistem ile simüle edilen göğüs kafesi hareketi, basıya yanıt olarak sistemin şişme ve sönme durumlarını değerlendirmektedir. Bu yapı sayesinde sistemin fizyolojik geri bildirimine yakın bir deneyim sunduğu gözlemlenmiştir. Bu sayede simülatör gerçekçiliği arttırarak kullanıcıya gerçek klinik deneyine yakın bir deneyim sunmaktadır. Yapılan testler esnasında kalp atımı için kullanılan titreşim motorunun elektromekanik göğüs kafesiyle entegre şekilde çalışarak göğüs şişme ve inme durumlarında kalp atımının da stetoskop yardımı ile rahat bir şekilde duyulabildiği görülmektedir. Titreşim motorunun yapay bebek modelini gereğinden fazla sarsmadığı bu sayede gerçek hayatta olduğu gibi bir ekipman yardımı ile kalp atımının kontrol edilebildiği bir istem olmaktadır. Ayrıca titreşim sonucunda diğer algılayıcılara zarar vermeden başarılı bir şekilde çalıştığı test aşamaları sırasında görülmektedir.

#### **4.6. Kalp Masajı Doğruluğu Tespiti**

İnce film dairesel basınç algılayıcısı, kalp masajının hem doğru anatomik bölgeye uygulanıp uygulanmadığını hem de uygulanan kuvvetin sınırlar içinde olup olmadığını ölçmektedir. Testler sırasında optimum basınç aralığı 5 N olarak belirlenmiş, sapmalar sistem tarafından algılanmış ve kullanıcıya Nextion ekran üzerinden geribildirim verilmiştir. Elektromekanik yaylı göğüs kafesi sistemi sayesinde bası uygulanan nokta gerçek hayatta olduğu gibi şişme ve sönme durumu gösterdiği için yapılan bası değeri hem nicel değer olarak hem de görsel kontrol olarak yapılabilmektedir. Bu sayede kullanıcı gerçek klinik vakalarında doğru konumun bulunması, doğru bası değerinin bulunması ve göğüs kafesinin görsel çöküntüsünü görebilme fırsatı yakalamaktadır.

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1. Sonuç

Yenidoğana müdahalede kullanılacak uygulama simülatörü çalışmasının temel amacı, sağlık çalışanlarının doğru müdahale yapmasını, pratik kazanmasını, hızlı bir şekilde karar alabilmesi ve en az hatayla simülasyonu bitirebildiğini gözlemlemek adına yapılmaktadır.

Bu bağlamda geliştirilen mikrodenetleyici temelli elektronik sistemin, yenidoğana yönelik temel yaşam desteği uygulamalarında kullanılan, becerilerin öğrenilmesi ve değerlendirilmesinde etkili bir araç sunduğu görülmektedir.

Müdahale sürecindeki kritik adımlar, sisteme entegre edilen sensörler aracılığıyla algılanmakta; bu veriler mikrodenetleyici tarafından anlık olarak işlenerek değerlendirme sürecine aktarılmaktadır.

Hall etkisi algılayıcısıyla oksimetre konumlandırmasının tespiti, özellikle el becerilerinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge sunmaktadır. Benzer şekilde hava basınç algılayıcısının maske takma adımındaki başarımı, olası hava sızıntılarının erken aşamada fark edilmesini sağlamaktadır. Bu durum gerçek klinik ortamlarda hayati öneme sahip olabilmektedir.

Kalp masajının doğru anatomik noktaya ve uygun basınçta uygulanması, öğrenme sürecinde sıkça hatalı yapılan bir adımdır. İnce film basınç algılayıcısı ile bu iki parametrenin eşzamanlı olarak değerlendirilmesi, sistemin katkılarından biri olarak öne çıkmaktadır. Bu yapı, kullanıcının hem pozisyonel farkındalığını hem de kuvvet kontrolünü geliştirmektedir.

Kurulama işlemi gibi genellikle göz ardı edilen ancak hipotermi riskini azaltma açısından kritik olan bir adımın bile simülatör tarafından algılanabiliyor olması, sistemin detaylı geribildirim kabiliyetini ortaya koymaktadır.

Titreşim motoru ile sunulan ritmik kalp atımı ve elektromekanik sistemle oluşturulan göğüs kafesi hareketi, kullanıcıya yalnızca görsel ve işitsel değil, dokunsal bir deneyim de sunmakta, böylece çoklu duyuşsal öğrenme süreci desteklenmektedir. Bu özellik, simülatörün gerçeklik etkinliğini artırmaktadır.

Her bir algılayıcı için yapılan test çalışmalarıyla beraber; Boyun pozisyonlama için civalı kontakların çalışabilirliği, hava basınç algılayıcısının maske ile paralel olarak çalışabilirliği, Nextion ekranda seçilen senaryoya göre kalp atım hızının doğru orantıda çalışabilirliği test edilmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde yapılan elektronik devrenin, yazılımın ve seçilen algılayıcıların birbiri ile uyum içinde çalıştığı, haberleşme sıkıntılarının gözlemlenmediği, bataryanın simülatör modele uygun olarak tasarlandığı ve şarj durumunun ekran tam parlaklıkta iken yaklaşık 4,5 saat çalışabildiği gözlemlenmiştir. Göğüs hareketini gözlemlemek için tasarlanan kutunun gözle görülür bir şekilde nefes alma ve vermeyi canlandırabildiğini kalp atışı için kullanılan titreşim motorunun uygulayıcılar tarafından %97'lik yüksek oranda hissedilebildiği görülmüştür. Test verileriyle yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre; Algılayıcıların kablolar ile lehimlendiği bağlantı kısımları çok hassastır. 2. APGAR skorlamasına kadar toplamda 5 dakikalık süre içerisinde tüm adımların yapılması hedeflendiğinden, algılayıcıların uzun vadede çalışabilmesi için daha önce belirtilen konumlara model bebeğin dökümü esnasında iç kısma gömülmüş ve hassas olan algılayıcıların korunması amacıyla kutu tasarımları yapılmıştır.

Bu çalışma, yenidoğan müdahale eğitiminde kullanılan simülatör sistemlerine çoklu algılayıcı entegrasyonu, düşük maliyetli tasarım ve genişletilebilir mimari özellikleri kazandırarak literatüre özgün bir katkı sunmaktadır. Hall etkisi, basınç, LDR ve civalı kontak gibi algılayıcılarla müdahalelerin konumsal, kuvvetsel ve pozisyonel doğruluğu nesnel biçimde değerlendirilebilmekte; böylece geleneksel sistemlerde ölçülemeyen baş-boyun pozisyonlaması ve kurulama gibi adımlar da simülasyona entegre edilmektedir. Bu yönüyle çalışma, yalnızca hayati müdahaleleri değil, bütüncül bir eğitim yaklaşımını destekleyen yerli ve erişilebilir bir çözüm önerisi olarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

## 5.2. Tartışma

Bu çalışmada tercih edilen algılayıcılar, uygulamanın gereksinimleri, sensörlerin çalışma prensipleri ve uzun vadeli kullanım kriterleri doğrultusunda araştırmacı tarafından değerlendirilerek seçilmiştir. Hava basıncını algılamak amacıyla kullanılan MPX10DP sensörü, piyasada mevcut daha geniş ölçüm aralıklarına sahip sensörlerle karşılaştırıldığında sınırlı bir ölçüm aralığına sahip olsa da sistemin hedeflediği ölçüm aralığıyla tam uyumlu olması nedeniyle tercih edilmiştir. Bu sayede, ölçüm hassasiyetinden ödün verilmeden hem maliyet hem de sistem karmaşıklığı azaltılmıştır. Baş-boyun pozisyonlamasının doğruluğunu belirlemek üzere kullanılan civalı kontak sensör, alternatif olarak değerlendirilen esneklik sensörlerine kıyasla daha uzun kullanım ömrü ve daha yüksek fiziksel dayanıklılık sunduğu için araştırmacı tarafından uygun bulunmuştur. Benzer şekilde, gyroskop kullanımı da değerlendirilmiş ancak zemin değişikliklerinde kalibrasyon ihtiyacı doğurması sebebiyle sistem güvenilirliğini olumsuz etkileyebileceği gerekçesiyle tercih edilmemiştir. Görsel algılama amacıyla yapılan sensör seçiminde ise LDR (ışığa duyarlı direnç) ile cisim algılayıcı sensörler karşılaştırılmış, ancak cisim algılayıcıların uygulama sırasında bebeğe temas eden kullanıcı uzuvlarını da yanlışlıkla algılayabileceği göz önünde bulundurularak, daha seçici ve kontrollü tepkiler verebilen LDR sensörünün kullanımı uygun görülmüştür. Son olarak, yapay göğüs kafesi hareket sisteminin tasarımında motorla tahrik edilen bir sistem yerine, sınırlı iç hacme sahip bebek modelinde alan verimliliği sağlamak amacıyla yaylı mekanizma tercih edilmiştir. Bu yaklaşım sayesinde, simülâtörün fiziksel boyutları minimal düzeyde tutulurken, işlevselliği de etkin bir biçimde korunmuştur.

## 5.3. Öneriler

Uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi için oluşturulan deneysel düzenek, belirli aralıklarla uygulayıcıların katılımıyla gerçekleştirilecek eğitimlerle desteklenmesi gerekmektedir. Böylelikle tasarlanan modelin gerçekçiliği sistematik olarak gözden geçirilerek doğrulanabilir. Literatürde birçok farklı eğitim simülâtörü bulunmaktadır. Yapılmış olan simülâtörün eğitime olan katkısı uygulayıcı ve eğiticiler tarafından değerlendirilmelidir. Bu çalışmada kullanılan gerçekçi model üzerinde kullanılmak üzere bazı algılayıcılar yer almaktadır. Bu algılayıcıların çalışabilirliği

kullanım koşullarına ve algılayıcı hassasiyetine göre değişmektedir. Bu özellikler, uygulamalar esnasında yeniden incelenip varsa sorunlar alternatif sensörler kullanılarak çözümlenmelidir. Yapılan bataryanın şarj durumu, Nextion ekranının tam parlaklıkta çalışmasıyla gerçekleştirilen testler sonucunda belirlenmiştir. Bu süre sistemin tam performansta tekrarlanan testleri sonucunda elde edilen değerlerle yeniden incelenmelidir. Bataryadaki hücre sayısının artırılması, cihazın kullanım süresini uzatmaktadır. Bu sayede sistem daha uzun süre boyunca kesintisiz çalışabilmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] Şenoğlu, A., Karaçam, Z., & Altunsu, A. T. (2023). Ebelere Yönelik Yenidoğan Canlandırma Uygulamaları Hizmet İçi Eğitimlerinde Öğretim Tasarımının Geliştirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 7(3), 714-731.
- [2] Neonatal Resuscitation: Current Concepts, 2nd Edition" (Yenidoğan Resüsitasyonu: Güncel Kavramlar, 2. Baskı) kitabı
- [3] "Yenidoğan Canlandırma Programı" Erişim tarihi: 20 Aralık 2023.[Çevrimiçi] Erişim Adresi: <http://mkkanburoglu.com/wp-content/uploads/2018/05/Kenan-NRP.pdf>
- [4] Özbaş, S. (2008). Türkiye'de 2002, 2004 ve 2007 Yıllarında Gerçekleştirilen Yenidoğan Canlandırma Programı Uygulayıcı Eğitimleri' nin Belirlenen Kalite Kriterleri ve Katılımcı Geri Bildirimlerine Göre Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).
- [5] Altunhan, H., & FH, Y. (2018). Yenidoğanın değerlendirilmesi ve yenidoğan taramaları. *Türkiye Klinikleri J Fam Med-Special Topics*, 9(1), 28-32.
- [6] Emreciksin, G. (2023). Hemşirelik Öğrencilerinin Yenidoğanın İlk Değerlendirilmesine İlişkin Bilgi ve Becerilerine Simülasyona Temelli Öğrenmenin Etkisi [Yüksek Lisans Tezi, Hemşirelik].
- [7] Sezer, H., & Orgun, F. (2017). Hemşirelik Eğitiminde Simülasyon Kullanımı ve Simülasyon Modeli. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 33(2), 140-152.
- [8] Koç Aslan, S., Serbest, Ş., Güven, F., Sağır Koptaş, O., Belhan, Z., & Ovalı Güral, S. (2018). Doğumhane Ortamında Yenidoğan Kriz Yönetimi Simülasyon Uygulaması Deneyimi: Yenidoğan Canlandırması. *Türkiye Klinikleri Journal Of Nursing Sciences*, 10(4). Doi: 10.5336/Nurses.2016-53155
- [9] Sarvan, S., & Efe, E. (2021). Yenidoğan Resüsitasyon Eğitiminde Simülasyon Kullanımı: Sistemik Derleme. *Journal of Tepecik Education & Research Hospital/İzmir Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*, 31(2). Doi:10.5222/terh.2021.03789
- [10] Ghoman, S. K., Patel, S. D., Cutumisu, M., von Hauff, P., Jeffery, T., Brown, M. R., & Schmölzer, G. M. (2020). Serious games, a game changer in teaching neonatal resuscitation? A review. *Archives of Disease in Childhood-Fetal and Neonatal Edition*, 105(1), 98-107. Erişim Adresi: <http://dx.doi.org/10.1136/archdischild-2019-317011>
- [11] Huang, J., Tang, Y., Tang, J., Shi, J., Wang, H., Xiong, T., ... & Mu, D. (2019). Educational efficacy of high-fidelity simulation in neonatal resuscitation training: a systematic review and meta-analysis. *BMC medical education*, 19, 1-10.

- [12] Aydin, M. Y., Curran, V., White, S., Pena-Castillo, L., & Meruvia-Pastor, O. (2024). VR-NRP: a virtual reality simulation for training in the neonatal resuscitation program. arXiv preprint arXiv:2406.15598.
- [13] Bulitko, V., Hong, J., Kumaran, K., Swedberg, I., Thoang, W., von Hauff, P., & Schmolzer, G. (2015). RETAIN: a neonatal resuscitation trainer built in an undergraduate video-game class. arXiv preprint arXiv:1507.00956.
- [14] Şenoğlu, A., Karaçam, Z., & Altunsu, A. T. (2023). Ebelere Yönelik Yenidoğan Canlandırma Uygulamaları Hizmet İçi Eğitimlerinde Öğretim Tasarımının Geliştirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 7(3), 714-731.
- [15] Zeliha Burcu YURTSAL ve Öznur HASDEMİR, Midwifery Students' Knowledge and Opinions on Virtual Reality and Augmented Reality Used in Midwifery Education, *Journal of Health Sciences Institute*, 8(Special Issue): 303-308, 2023, DOI: 10.51754/cusbed.1311131
- [16] Cutumisu, M., Patel, S. D., Brown, M. R., Fray, C., Von Hauff, P., Jeffery, T., & Schmolzer, G. M. (2019). RETAIN: a board game that improves neonatal resuscitation knowledge retention. *Frontiers in pediatrics*, 7, 13.
- [17] Litke-Wager, C., Delaney, H., Mu, T., & Sawyer, T. (2021). Impact of task-oriented role assignment on neonatal resuscitation performance: a simulation-based randomized controlled trial. *American Journal of Perinatology*, 38(09), 914-921. DOI: 10.1055/s-0039-3402751
- [18] Altın, E., & Demirel, S. Applications Of Infrared Sensors İn Field Of Health Kızılotesi Sensörlerin Sağlık Alanındaki Uygulamaları.
- [19] Tüylek, Z. (2017). Biyosensörler ve nanoteknolojik etkileşim. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 71-80.
- [20] Öztürk, E. O., & Sondaş, A. (2020). Sanal sağlık: Sağlıkta sanal gerçekliğe genel bakış. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 164-169.
- [21] Mao, J., Zhou, P., Wang, X., Yao, H., Liang, L., Zhao, Y., & Zheng, H. (2023). A health monitoring system based on flexible triboelectric sensors for intelligence medical internet of things and its applications in virtual reality. *Nano Energy*, 118, 108984
- [22] Malıkı MOUSTAPHA, Nesnelerin İnternetine Dayanan Akıllı Sağlık Bakım Sistemi Geliştirilmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı*, 2019, Kayseri YÖK Tez No: 536178

- [23] Zheng Zhibin ve arkadaşları, Newborn Teaching Model, Simulation Tech Shenzhen Co Ltd, 2022
- [24] Palaz Mustafa, Bebekler ve Yenidoğanlar İçin Kalp Masajı Cihazı, Türk patent başvuru numarası: 2021/002259, 2023
- [25] Schertz Mitchell ve Richards Robert R. , Interactive Neonatal Resuscitation Training Simulator and Method, WIPO:US5509810 Rofeh Simulations Limited, USA, 1996
- [26] MPOTOS NICOLAS, System For The Formative Testing Of Cardiopulmonary Resuscitation Skills, WIPO:EP3370220, European Patent Office, 2018
- [27] Mielcarz, Craig, System And Method For Monitoring Resuscitation Or Respiratory Mechanics Of A Patient, WIPO: WO/2014/078840, 2013
- [28] Daniel Alfonso BOTERO ROSAS ve arkadaşları, Device For Assessing And Providing Quality Feedback In Thoracic Compressions During Cardiopulmonary Resuscitation, WIPO:16606756, United States of America, 2020
- [29] Ramamurthy Rajam S., Simulator For Teaching Neonatal Resuscitation, WIPO:06214437, United States of America, 1986
- [30] Mazidi, M.A., Naimi, S., & Naimi, S. (2013). The AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Assembly and C. Pearson Education.
- [31] Barrett, S.F., & Pack, D.J. (2012). Atmel AVR Microcontroller Primer: Programming and Interfacing. Morgan & Claypool Publishers.
- [32] Liu, C. (2010). Flash Memory: Fundamentals and System Issues. Springer.
- [33] Atmel Corporation. (2016). ATmega328P Datasheet. Retrieved from
- [34] Peatman, J.B. (1998). Design with Microcontrollers. McGraw-Hill.
- [35] Ratiometric, Linear Hall-Effect Sensors, UGN3503, Allegro MicroSystems  
Erişim Adresi: [https://www.bristolwatch.com/hall\\_effect/ugn3503.pdf](https://www.bristolwatch.com/hall_effect/ugn3503.pdf)
- [36] Gilbert and Ray Dewey, Linear Hall-Effect Sensors, Allegro MicroSystems
- [37] Photoresistors, 5mm, 12mm, & 20mm LDR Radial Lead Types, NTE Electronics  
Erişim Adresi: <https://www.acdcshop.gr/content/02-LDR1.pdf>
- [38] “Arduino LDR Çalışma Değer Grafiği” Erişim tarihi: 17 Nisan 2024.[Çevrimiçi]  
Erişim Adresi: <https://blog.direnc.net/arduino-ldr-kullanimi-buzzer-ve-led-kontrolu/>