



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**

**BME317/EEM311/313/EEE313  
ORTAK PROJE FİNAL RAPORU**

**2023-2024 GÜZ DÖNEMİ**

**GRUP NO:10**

**Frekansı 20 Hz - 16Khz Arasında Değişen  
Milivolt Seviyesinde Ses Sinyallerini  
12 Ohm'luk ve 40 W'lık  
Kazancı 1-100 Aralığında Değiştirilebilen  
Hoparlör Sistemi Tasarımı**

Grup Lideri:	Samet Bayat	22293730 (EEM)
Grup Üyeleri:	Çağla Eminoğlu	21794529 (BME)
	Berfin Seme Yaşar	22098151 (BME)
	Muhammed Salih Aslan	22094723 (EEM)
	Ramazan Alper	22098516 (EEM)

Bu Rapor “Frekansı 20 Hz veya 16kHz arasında değişen milivolt seviyesinde ses sinyallerini 12 ohm’luk ve 40 W’lık, kazancın 1-100 aralığında değiştirilebilen hoparlör sistemi tasarımı” / / tarihinde aşağıda üye adları yazılı jüri tarafından kabul edilmiştir.

Unvan	Adı Soyadı	İmza
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

## ÖZ

Bu final raporu, ses iletimi ve çoğaltımının temel unsuru olan hoparlör teknolojisinin geliştirilmesi ve optimize edilmesine yönelik gerçekleştirilen projenin başarıyla tamamlandığını göstermektedir. Proje kapsamında elde edilen sonuçlar, geniş frekans aralığındaki ses sinyallerini düşük empedanslı bir hoparlör sistemiyle entegre etmek, enerji verimliliği sağlamak, estetik tasarım ve kullanıcı dostu bir deneyim sunmak gibi hedeflere ulaşıldığını göstermektedir. Elde edilen başarılar, ses iletimi teknolojisinin ileri düzeydeki standartlarını belirlemede önemli bir adım oluşturmaktadır.

## **ABSTARCT**

This final report demonstrates the successful completion of the project aimed at developing and optimizing speaker technology, which is a fundamental element of sound transmission and reproduction. The results obtained within the scope of the project indicate the achievement of goals such as integrating sound signals across a wide frequency range with a low-impedance speaker system, ensuring energy efficiency, providing aesthetic design, and offering a user-friendly experience. The accomplishments attained represent a significant step in setting advanced standards for sound transmission technology.

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZ.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTARCT .....</b>	<b>4</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Giriş .....</b>	<b>7</b>
1.1. Sistem Tasarımı Aşamaları .....	7
1.2. Sistem Tasarımı Zorlukları: .....	7
<b>2. Literatür Taraması, Teknik Terimler, Genel Bilgiler .....</b>	<b>8</b>
2.1. Aktif ve Pasif Filtre Arasındaki Farklar Nelerdir? .....	8
2.2. Güç Kaynağı.....	8
2.3. İşletme Yeteneği.....	8
2.4. Frekans Tepkisi .....	8
2.5. Güç Tüketimi .....	8
2.6. Filtre Kullanım Alanları.....	8
2.7. Neden Hoparlör Sistemi Tasarımında Aktif Filtreyi Tercih Ediyoruz?* .....	8
2.8. Hoparlör Sistemi Tasarımının Önemi ve Amaçları Nelerdir?.....	9
2.9. Biyomedikal Alanda Hoparlör Sisteminin Önemi Nedir? .....	9
2.10. Ses Sinyallerinin Frekans Aralığı ve Milivolt Seviyeleri Nelerdir? .....	9
2.11. Hoparlör Sistemi Tasarımının Hedefleri ve Parametreleri Nelerdir? .....	9
2.11.6. Malzeme Kalitesi: .....	10
2.11.7. Hedefleri:.....	10
2.12. LM386 .....	10
2.12.1. LM386 KAZANÇ AYARI** .....	10
2.12.2. KAZANÇ FORMÜLÜ** .....	10
2.12.3. KAZANÇ AYARLAMA .....	11
2.12.4. UYGULAMA NOKTALARI.....	11
2.13. HOPARLÖR SİSTEMİ TEMELLERİ .....	11
2.13.1. Hoparlörün Çalışma Prensibi.....	11
Hoparlörlerin çoğu, elektromanyetik indüksiyon prensibini kullanır. Hoparlördeki bobin, ses sinyaline göre değişen bir elektrik akımı alır. Bu akım, bobinin manyetik alanını değiştirir. ....	11
2.13.2. Hoparlörün Temel Bileşenleri .....	11
2.13.3. Frekans Aralıklarının Hoparlör Performansına Etkisi .....	11
2.13.4. Frekans Yanıtının Önemi .....	12
2.14. Milivolt seviyelerinin hoparlör gücü üzerindeki etkisi .....	12
<b>3. Ara Rapor Sonrası Neler Değişti?.....</b>	<b>13</b>
3.1. Filtreleme Problemleri ve Tolerans Sorunları .....	13
3.2. Simülasyon Sürecinde Beklenmeyen Ses Karışımı .....	13
3.3. Simülasyon Sonrası Sorunlar .....	13
3.3.1. Gürültü ve Datasheet Dilemması .....	13
3.3.2. Örtüşmeyen Commercial Devre Elemanı Değerleri .....	13
3.3.3. Hoparlör Değerleri .....	13

<b>4. Şemalar, Görseller .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. Simülasyon .....</b>	<b>14</b>
4.1.1. Simülasyon: İlk Deneme .....	14
4.1.2. Simülasyon: Nihai .....	14
<b>4.1.3. Simülasyon: Karşılaştırma .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2. Breadboard Denemeleri .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3. PCB Baskısı ve Son Hâli .....</b>	<b>16</b>
<b>5. Sonuçlar, Çıkarımlar ve Notlar .....</b>	<b>17</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>17</b>
<b>ŞEKİLLER .....</b>	<b>18</b>

Raporun dijital kopyasına ulaşmak için:  
[https://sametb.com/eem/313/donem\\_rapor\\_eem313.pdf](https://sametb.com/eem/313/donem_rapor_eem313.pdf)



## 1. Giriş

Hoparlör devresi tasarlarken bandpass filtre içeren bir sistem entegre etmek, sesi belirli bir frekans aralığına odaklamak veya sınırlamak için kullanılır. Bu tür bir tasarım, özellikle ses sistemleri, müzik sistemleri veya konuşma uygulamaları gibi alanlarda tercih edilebilir. Bandpass filtre içeren hoparlör devresi tasarlama aşamaları ve zorluklarını şöyle sıralayabiliriz:

### 1.1. Sistem Tasarımı Aşamaları

#### **Gereksinim Analizi:**

Devrenin hangi frekans aralığında çalışması gerektiğini, hangi tür ses sinyallerini işlemesi gerektiğini anlamak önemlidir.

#### **Frekans Cevabı Belirleme:**

Bandpass filtre tasarımında, istenen frekans aralığı belirlenir. Alt kesim frekansı (low cut-off) ve üst kesim frekansı (high cut-off) sinyali sınırlayacak ve istenmeyen frekansları engelleyecektir.

#### **Filtre Tipi Seçimi:**

Kazanç hesapları ( $1+R_{out}/R_{in}$ ) sonucunda isterlere göre filtreleri belirlenir. Ayrıca daha sonra değineceğimiz aktif-pasif filtre seçimi tasarımın en kritik parçaları arasındadır. Aktif filtre seçilmesi takdirde çıkış empedansının düşük olması hasebiyle arzu edilen sonuca daha uygun olacaktır.

#### **Hoparlör Seçimi:**

Tasarımınızın kullanılacağı bağlamı dikkate alarak uygun bir hoparlör seçilir. Hoparlör, belirlenen frekans aralığında etkin bir şekilde çalışabilmelidir. [23]

#### **Devre Tasarımı:**

Bandpass filtre içeren devrenin şematik tasarımı ilgili 'datasheet'ler ve yazılımlar (Proteus, Altium vs.) yararlanılarak yapılmalıdır.

#### **Simülasyon ve Analiz:**

Tasarımın simüle edilmesi ve analizi fiziksel ortamda denemeden önce gerçekleştirilmelidir. Bu, frekans cevabını, faz tepkisini ve diğer performans ölçütlerini değerlendirmemizi sağlar.

#### **Prototip Üretimi ve Test:**

Tasarım prototip olarak üretilmeli ve fiziksel olarak (breadboard üzerinde vs.) test edilmelidir. Gerçek dünya koşullarında performansı değişebileceği için baskı devre aşamasından evvel değerlendirilmesi gereklidir.

#### **Optimizasyon:**

Gerekirse tasarım optimize edilmelidir. Frekans cevabını düzeltmek, bant genişliğini ayarlamak veya diğer performans parametrelerini iyileştirmek için geliştirmeler yapılmalıdır.[19]

### 1.2. Sistem Tasarımı Zorlukları:

#### **Filtre Karakteristikleri:**

Filtre karakteristiklerini doğru bir şekilde elde etmek ve istenilen frekans aralığında etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak zor olabilir.

#### **Hoparlör-Filtre Entegrasyonu:**

Hoparlörü filtreyle uyumlu hale getirmek, istenen performansı elde etmek önemlidir.

#### **Gürültü ve Bozulma:**

Elektriksel gürültü ve diğer bozulmalar, tasarımın ses kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle, filtre tasarımında dikkatli bir şekilde gürültü kontrolü yapılmalıdır.

### **Faz Tepkisi:**

Faz tepkisi, özellikle filtre tasarımında dikkate alınması gereken bir faktördür. Faz uyumsuzlukları, ses sinyalinin bozulmasına neden olabilir. (Test aşamalarında optimizasyon vaktimizi en çok harcadığımız proje aşaması olmuştur.) [24]

### **Optimizasyon Zorlukları:**

İdeal tasarım elde etmek için optimizasyon süreci, zaman alıcı ve bazen karmaşık olabilir.

Hoparlör devresi tasarımı genel olarak karmaşık bir süreçtir ve özellikle belirli frekans aralıklarındaki ses sinyallerini işlemek istiyorsanız, bandpass filtre eklemek ek zorluklar getirebilir. Bu nedenle, tasarım sürecinde dikkatli bir planlama ve test aşamaları önemlidir.

## **2. Literatür Taraması, Teknik Terimler, Genel Bilgiler**

### **2.1. Aktif ve Pasif Filtre Arasındaki Farklar Nelerdir?**

Aktif ve pasif filtreler, elektronik devrelerde sinyal işleme ve frekans tepkisi üzerinde farklı işlevlere sahip olan iki temel tiptir.

Aktif ve pasif filtre arasındaki temel farklılıkları sıralayacak olursak;

### **2.2. Güç Kaynağı.**

Aktif filtreler enerji kazançları veya işleme katılımı sağlamak için bir güç kaynağına ihtiyaç duyar. Bu, genellikle transistörler veya opamp kullanarak gerçekleştirilir. Pasif filtreler güç kaynağı kullanmaz ve genellikle dirençler, kondansatörler ve indikatörler gibi pasif bileşenlerle sınırlıdır.

### **2.3. İşletme Yeteneği**

Aktif filtre sinyalleri işlemek, güç kazancı eklemek veya frekans tepkilerini değiştirmek için enerji harcarlar. Bu filtreler, sinyalleri güçlendirebilir veya zayıflatılabilir, frekansları değiştirebilir ve diğer işlemleri gerçekleştirebilir. Pasif filtre sinyaller üzerinde işlem yapma yeteneği sınırlıdır. Pasif filtreler, genellikle sadece frekans tepkisini değiştirir veya belli bir frekans aralığındaki sinyalleri geçirir ya da engeller. [25]

### **2.4. Frekans Tepkisi**

Aktif filtreler frekans tepkisi geniş bir aralıkta olabilir ve genellikle daha esnek bir şekilde ayarlanabilir. Bu filtreler, genellikle düşük frekanslardan yüksek frekanslara kadar geniş bir frekans spektrumunu kapsayabilir. Pasif filtrelerin frekans tepkisi genellikle daha sınırlıdır ve genellikle belirli bir frekans bandında çalışır. [20]

### **2.5. Güç Tüketimi**

Aktif filtrelere güç kaynağı gerektiği için genellikle daha fazla güç tüketirler.

Pasif filtrelerde güç kaynağı kullanılmadığı için genellikle daha az güç tüketirler.

### **2.6. Filtre Kullanım Alanları**

Aktif filtreler ses işleme, veri iletimi, kontrol sistemleri ve sinyal işleme gibi birçok uygulama için idealdir. Pasif filtreler filtreleri olarak kullanılır ve anten sistemleri, hoparlör crossover'ları ve frekans bant geçiren filtreler gibi uygulamalarda yaygındır.

### **2.7. Neden Hoparlör Sistemi Tasarımında Aktif Filtreyi Tercih Ediyoruz?\***

Hoparlör sistemleri tasarımında aktif filtre kullanımı birçok avantaj sağlayabilir. Avantajlardan bazıları; esnek frekans ayarı, düşük distorsiyon, güç dağılımı, dinamik kontrol, hoparlör koruma, sistem entegrasyonu, daha küçük boyut ve hafiflik ve yüksek performanslı ses sistemleri örnek verilebilir.



## 2.8. Hoparlör Sistemi Tasarımının Önemi ve Amaçları Nelerdir?

Hoparlör sistemi, ses sinyallerini alarak ve çoğaltarak sesi duyulabilir hale getirir. Bu, müzik dinleme, film izleme, oyun oynama ve genel ses deneyimi açısından kritik bir rol oynar. Aynı zamanda kaliteli bir hoparlör sistemi sesi doğru bir şekilde çoğaltabilir ve net bir şekilde iletebilir. Bu, müzik enstrümanlarının doğru bir şekilde duyulabilmesi, ses efektlerinin etkileyici bir şekilde iletilmesi ve konuşmaların anlaşılabilir olması anlamına gelir.

Hoparlör sistemi, belirli bir frekans aralığındaki sesleri çoğaltabilir. Frekans tepkisi, düşük, orta ve yüksek frekanslardaki sesleri nasıl işlediğini belirler. Kaliteli bir hoparlör sistemi, geniş bir frekans bandında doğru tepki verebilir.

Hoparlör sistemi tasarımında, dinamik aralık, çevresel uyum gibi farklı alanlarda kullanılacak olan hoparlör sistemi tasarımlara ihtiyaç duyulacağı için bu konular da önem taşımaktadır.

## 2.9. Biyomedikal Alanda Hoparlör Sisteminin Önemi Nedir?

Biyomedikal alanda hoparlör sistemlerinin kullanımı, bir dizi uygulama ve avantaj sağlar. Tıbbi görüntüleme ve tanı sistemlerinde, cerrahi sistemlerde ve simülasyonlarda, hasta izleme ve alarm sistemlerinde, rehabilitasyon ve konuşma terapisinde kullanılır. Biyomedikal alanda hoparlör sistemlerinin kullanımı, tıbbi uygulamalarda sesin doğru ve güvenilir bir şekilde aktarılmasına katkıda bulunur, bu da tanı, tedavi ve eğitim süreçlerini iyileştirebilir.

## 2.10. Ses Sinyallerinin Frekans Aralığı ve Milivolt Seviyeleri Nelerdir?

Ses sinyalleri genellikle belirli bir frekans aralığı içinde bulunur. İnsan kulağı, genellikle 20 Hz ile 20.000 Hz (20 kHz) arasındaki frekansları duyabilir. Ancak, bu değerler bireyden bireye değişebilir aynı zamanda yaşa, cinsiyete ve genel sağlık durumuna bağlı olarak farklılık gösterebilir. Frekans aralıkları ise;

- **Bass (Düşük Frekanslar):** 20 Hz ile 250 Hz arası
- **Midrange (Orta Frekanslar):** 250 Hz ile 4 kHz arası
- **Treble (Yüksek Frekanslar):** 4 kHz ile 20 kHz arası'dır.

Mikrofonlar, hoparlörler, ses kayıt ekipmanları ve diğer ses cihazları genellikle bu frekans aralığında çalışacak şekilde tasarlanır.

Ses sinyallerinin milivolt seviyeleri, geniş bir yelpazede değişebilir. Bu seviyeler, ses kaynakları, mikrofonlar, preamplifikatörler ve diğer ses ekipmanları tarafından üretilen veya işlenen ses sinyallerine bağlı olarak farklılık gösterir. Genellikle, mikrofon sinyalleri milivolt seviyelerinde olabilirken, hoparlör sinyalleri genellikle volt seviyelerindedir.

Hoparlör sistemlerine giden ses sinyalleri genellikle line level seviyelerinde veya daha yüksek voltajlarda olabilir. Genellikle seviyeler volt cinsindendir. "Line level" seviyeleri genellikle -10 Dbv (yaklaşık 0.316 Vrms) ile +4 dBu (yaklaşık 1.228 Vrms) arasında değişebilir.

Ses sinyalleri genellikle mikrofonlardan veya diğer ses kaynaklarından alınan düşük seviyeli sinyallerdir. Bu sinyaller genellikle bir mikrofon ön amplifikatörü veya bir mikser tarafından işlenir ve daha sonra hoparlör sürücüsüne veya amfiye yönlendirilir. Amfiler genellikle daha yüksek voltajlarda (örneğin, birkaç volt ila onlarca volt) çalışarak hoparlörleri sürer.

## 2.11. Hoparlör Sistemi Tasarımının Hedefleri ve Parametreleri Nelerdir?

Hoparlör sistemi tasarımı, bir dizi hedef ve parametreyi içerir ve bu hedefler, tasarlanan sistemden beklenen performans ve özelliklere dayanır. [21] Parametreler:

**2.11.1. Frekans Tepkisi:** Frekans tepkisi, hoparlörün belirli bir frekans aralığındaki performansını belirler. Doğru frekans tepkisi, sistemin genel ses kalitesini etkiler.

**2.11.2. Empedans:** Empedans, hoparlörün elektriksel direncini belirtir. Hoparlör, kullanılacağı amfi veya ses sistemine uygun bir empedansa sahip olmalıdır.

**2.11.3. Duyarlılık (Ses Hassasiyeti):** Duyarlılık, hoparlörün belirli bir giriş seviyesinde ne kadar ses üretebileceğini belirler. Daha yüksek duyarlılık, daha düşük güç seviyelerinde bile yüksek ses çıkışı sağlar.

**2.11.4. Güç Kapasitesi:** Hoparlör, belirli bir güç seviyesine kadar dayanabilmelidir. Bu, hoparlörü sürmek için kullanılacak amfi veya ses sisteminin güç çıkışını dikkate almayı gerektirir.

**2.11.5. Directivity (Yönlülük):** Hoparlörün sesi ne kadar yönlendirdiği önemlidir, özellikle belirli bir ses sistemi tasarımı. Bazı uygulamalarda geniş bir alanı kapsayan hoparlörler, diğerlerinde daha yönlü hoparlörler tercih edilebilir.

**2.11.6. Malzeme Kalitesi:** Hoparlörün yapıldığı malzeme kalitesi önemlidir. Kaliteli malzemeler, daha iyi dayanıklılık ve daha iyi ses performansı sağlayabilir.

#### 2.11.7. Hedefleri:

**2.11.7.1. Doğruluk ve Netlik:** Hoparlör sistemi, çoğalttığı sesin kaynağına sadık kalacak şekilde tasarlanmalıdır. Frekans tepkisi doğru ve lineer olmalı, böylece ses mümkün olduğunca orijinal kaynaktan sapmamalıdır.

**2.11.7.2. Dinamik Aralık:** Sistem, düşük ve yüksek ses seviyelerinde geniş bir dinamik aralık sunmalıdır. Bu, sessiz pasajlardan yüksek sesli anlara kadar geniş bir ses skalasını doğru bir şekilde çoğaltma yeteneği anlamına gelir.

**2.11.7.3. Frekans Tepkisi:** Tasarlanan hoparlör sistemi, belirli bir frekans aralığında (örneğin, 20 Hz ile 20 kHz) geniş bir frekans tepkisi sunmalıdır. Bu, düşük, orta ve yüksek frekanslarda dengeli ve doğru ses çoğaltımını sağlar.

**2.11.7.4. Yüksek Hassasiyet:** Hassasiyet, hoparlörün belirli bir giriş seviyesinde ne kadar ses üretebileceğini belirler. Yüksek hassasiyet, daha düşük güç seviyelerinde bile yeterli ses çıkışını sağlar.

#### 2.12. LM386

LM386, popüler bir düşük güçlü ses amplifikatörü entegre devresidir. Bu devre, genellikle küçük hoparlör uygulamalarında kullanılır ve kolay kullanımı ile bilinir. LM386'nın kazancı (gain), devre tasarımına bağlı olarak ayarlanabilir.

##### 2.12.1. LM386 KAZANÇ AYARI\*\*

LM386'nın standart kazancı, ek bir bileşen eklenmeden yaklaşık 20'dir (yaklaşık 26 dB). Ancak, devreye bir direnç ve kapasitör ekleyerek bu kazancı artırabiliriz.

##### 2.12.2. KAZANÇ FORMÜLÜ\*\*

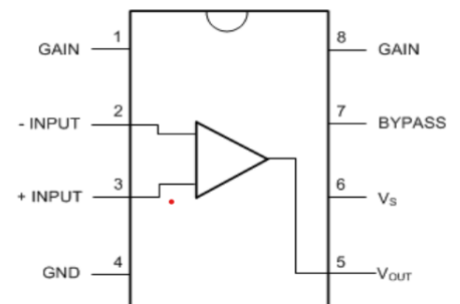
LM386'da kazanç, eklenen direnç ve kapasitör değerlerine bağlı olarak hesaplanır. Genel formül şöyledir:

$$A_v = 20 \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

$A_v$  : amplifikatörün kazancıdır (voltaj kazancı olarak).

$R_1$  : genellikle 1.2 k $\Omega$  (entegre devrenin iç direnci).

$R_2$  : harici olarak eklenen dirençtir.



Şekil1. LM386 Şeması

### 2.12.3. KAZANÇ AYARLAMA

Kazancı artırmak için, 1 ve 8 numaralı bacaklar arasına bir direnç (genellikle  $10\Omega$  ila  $1\text{ k}\Omega$  arasında) ve paralel olarak bir kapasitör (genellikle  $10\text{ uF}$ ) eklenir. Bu ek direnç ve kapasitör, kazancı yaklaşık 20'den 200'e kadar çıkarabilir. Yani, bu bileşenlerin değerleri kazancı doğrudan etkiler.

### 2.12.4. UYGULAMA NOKTALARI

- Düşük kazanç için (20 civarı), ek direnç veya kapasitöre gerek yoktur.
- Yüksek kazanç için, 1 ve 8 numaralı bacaklar arasına direnç ve kapasitör eklenir.

### 2.13. HOPARLÖR SİSTEMİ TEMELLERİ

Hoparlör sistemlerinin temellerini anlamak, ses teknolojisinin nasıl işlediğini kavramak açısından önemlidir. Hoparlörler, elektriksel ses sinyallerini insan kulağının duyabileceği mekanik dalgalar haline getiren cihazlardır. [22] Hoparlörün çalışma prensipleri ve temel bileşenleri:

#### 2.13.1. Hoparlörün Çalışma Prensibi

##### **Elektromanyetik İndüksiyon:**

Hoparlörlerin çoğu, elektromanyetik indüksiyon prensibini kullanır. Hoparlördeki bobin, ses sinyaline göre değişen bir elektrik akımı alır. Bu akım, bobinin manyetik alanını değiştirir.

##### **Manyetik Alan ve Hareket :**

Hoparlörde sabit bir mıknatıs bulunur. Bobinden geçen akımın ürettiği değişen manyetik alan, sabit mıknatısın alanıyla etkileşime girer. Bu etkileşim, bobinin ve ona bağlı olan koninin hareket etmesine neden olur.

##### **Ses Dalgalarının Oluşumu :**

Koninin hareketi, çevresindeki hava moleküllerini iterek ses dalgaları oluşturur. Koninin ileri geri hareketi, farklı frekanstaki ses dalgalarını üretir.

##### **Frekans Yanıtı :**

Hoparlörün boyutu ve tasarımı, üretebileceği frekans aralığını (bass, midrange, tiz) belirler. Daha büyük hoparlörler genellikle daha iyi bas frekansları üretirken, küçük hoparlörler daha yüksek frekansları daha iyi üretir.

#### 2.13.2. Hoparlörün Temel Bileşenleri

- Koni (Diyafram): Hoparlörün en dışında yer alan ve ses dalgalarını üreten parça. Hava moleküllerini hareket ettirerek ses dalgalarını oluşturur.
- Ses Bobini: Koniye bağlı ve elektrik akımını alan bobin. Bu bobin, manyetik alandaki değişimlerle hareket eder.
- Mıknatıs: Hoparlörün sabit manyetik alanını sağlar. Ses bobininin oluşturduğu değişen manyetik alan ile etkileşir.
- Çerçeve (Şasi): Tüm bileşenleri bir arada tutan ve hoparlörü mekanik olarak destekleyen yapı.
- Süspansiyon ve Spider: Koni ve ses bobinini yerinde tutan ve hareketlerini kontrol eden esnek yapılar.

#### 2.13.3. Frekans Aralıklarının Hoparlör Performansına Etkisi

Hoparlörlerin performansı, ürettikleri frekans aralıklarına büyük ölçüde bağlıdır. Sesin farklı bileşenleri, farklı frekans aralıklarında yer alır, ve her hoparlör bu frekans aralıklarını farklı bir şekilde işler. Frekans aralıklarının hoparlör performansına etkisi şu şekilde özetlenebilir:

- Baş Frekansları (**Yaklaşık 20 Hz – 250 Hz**)
- Orta Frekanslar (**Yaklaşık 250 Hz – 2 kHz**)
- Yüksek Frekanslar (**Yaklaşık 2 kHz – 20 kHz**)

#### 2.13.4. Frekans Yanıtının Önemi

- **Geniş Frekans Yanıtı:** İyi bir hoparlör, geniş bir frekans aralığını kapsamalıdır. Bu, sesin daha zengin ve tam olarak algılanmasını sağlar.
- **Denge:** Bir hoparlör sisteminde bas, orta ve tiz frekans aralıklarının dengeli bir şekilde sunulması önemlidir. Aşırı bas veya tiz, genel ses kalitesini olumsuz etkileyebilir.
- **Bozulma:** Yüksek ses seviyelerinde frekansların doğru şekilde üretilmesi önemlidir. Bazı hoparlörler, yüksek ses seviyelerinde frekans yanıtını bozabilir.

Sonuç olarak her hoparlörün frekans yanıtı, o hoparlörün ses karakteristiğini büyük ölçüde belirler. Müzik, film izleme veya genel ses dinleme deneyimi için hoparlör seçerken, frekans aralığının yanı sıra, bu frekansları nasıl işlediğini de göz önünde bulundurmak önemlidir. Kaliteli bir hoparlör, geniş bir frekans aralığını dengeli bir şekilde sunarak, net ve doyurucu bir ses deneyimi sağlar.

#### 2.14. Milivolt seviyelerinin hoparlör gücü üzerindeki etkisi

Milivolt(mV) seviyelerinin hoparlör gücü üzerindeki etkisi, hoparlörün ve ses amplifikatörünün özelliklerine bağlıdır. Hoparlör sistemlerinde, ses sinyalinin gücü genellikle volt cinsinden ifade edilir ve bu sinyalin gücü, hoparlörün ses çıkış seviyesini doğrudan etkiler.

##### 2.14.1 Milivolt Seviyeleri ve Hoparlör Gücü İlişkisi

- **Sinyal Seviyesi:** Milivolt seviyesi, ses sinyalinin gücünü temsil eder. Bu, amplifikatör tarafından hoparlöre gönderilen sinyalin başlangıç seviyesidir.
- **Amplifikatörün Kazancı:** Ses sinyalinin milivolt seviyesi, amplifikatör tarafından daha yüksek bir voltaj seviyesine çıkarılır. Amplifikatörün kazancı (gain), bu sinyali ne kadar artırdığını belirler.
- **Hoparlör Hassasiyeti:** Hoparlörün hassasiyeti (genellikle dB SPL olarak ifade edilir), belirli bir güç seviyesinde ne kadar yüksek ses üreteceğini gösterir. Örneğin, bir hoparlörün hassasiyeti 90 dB SPL ise, 1 watt güç altında 1 metre mesafeden
- **Güc ve Ses Seviyesi:** Hoparlörün çıkış ses seviyesi, amplifikatör tarafından sağlanan güç miktarı ve hoparlörün hassasiyeti ile doğrudan ilişkilidir. Daha yüksek milivolt seviyeleri, daha yüksek güç anlamına gelir, bu da genellikle daha yüksek ses seviyesi demektir.

Sonuç olarak, milivolt seviyelerinin hoparlör gücü üzerindeki etkisi, hoparlörün ve amplifikatörün özellikleri ile yakından ilişkilidir. Hoparlör sisteminizi optimize etmek için, sinyal seviyesi, amplifikatör kazancı, hoparlör hassasiyeti ve güç kapasitesini dikkate almak önemlidir. Bu faktörlerin doğru dengelenmesi, yüksek kaliteli ses üretimi için kritik öneme sahiptir.

### 3. Ara Rapor Sonrası Neler Değişti?

Ara raporda elde ettiğimiz sonuçlar ve değerlendirmelerimiz kapsamında yaptığımız değişiklikler ve güncellemeler şöyledir:

#### 3.1. Filtreleme Problemleri ve Tolerans Sorunları

Ara Rapor 3.3.1: Yaptığımız analizde, 20 Hz ile 16 kHz arasında istenen frekans aralığını elde etmek için detaylı hesaplamalar yaptık. Ancak, filtre bileşenlerinin tolerans aralıklarının yetersiz olduğunu belirledik. Özellikle, 16 kHz'den sonrasında beklenmeyen sinyal geçişleri yaşandı. Bu durum, filtrelerin keskinleştirilmesi gerektiğini ve filtre bileşenlerinin daha hassas bir şekilde seçilmesi veya ayarlanması gerektiğini ortaya koydu.

Bunun neticesinde aktif filtrelerin önemine değindiğimiz rapor kısmındaki açıklamalardan yararlanarak düşük empedans çıkışlı, unity gain sağlayan (gain LM386'da sağlandığı için burada kazanç artırma gidilmedi) LM741 opamp seçildi. 1. dereceden olduğu için hâlen toleransı oldukça yüksek fakat pasif filtreyle karşılaştırıldığında iyileştirmelerin yerinde olduğunu gördük.

#### 3.2. Simülasyon Sürecinde Beklenmeyen Ses Karışımı

Ara Rapor 3.3.2.'de belirttiğimiz ve Proteus programında keşfettiğimiz 'bug'ı devreyi tekrar kontrol ettikten sonra fiziksel ortamda gerçekleştirdiğimiz breadboard testlerinde (fotoğrafları ve video linki raporun devamına eklenmiştir.) bu sorunun beklediğimiz gibi yazılımsal kaynaklı olduğunu gözlemledik.

#### 3.3. Simülasyon Sonrası Sorunlar

##### 3.3.1. Gürültü ve Datasheet Dilemması

Breadboard testlerinde karşımıza çıkan en belirgin sorun gürültü idi. İstenmeyen sinyallerin çıkışta gözlemlendiğini net şekilde duyduk (Osiloskop kullanmaya dahi gerek kalmadı : ( ) Datasheetlerden teyit ederek kurduğumuz devrede bu minval hatanın çözümü için faydalandığımız elektronik forum sayfalarında karşılaştık ki pek çok kullanıcı tarafından bu sorun belirtilmiş\*\*\* ve çözümler için izlenen adımların gösterdiği üzere LM386 datasheetinde belirtilen devre şemasının yanlış olduğu sonucuna varılmıştır. Danışabileceğimiz tek kaynağın hatalı olması, bizi çözüm için deneme yanılma yoluna itti. Pek çok farklı varyasyon sonucunda şunu gözlemledik:

Bypass bacağına bağlanan kapasitör görevini tam olarak yerine getirememektedir. Farklı değerler denendiğinde ufak iyileşmeler görölse de gürültü devam etmektedir. Bypass bacağındaki kapasitör, yüksek değerli direnç ile değiştirildiğinde gürültü ciddi miktarda azalmaktadır ancak bu durum aynı zamanda kazanç hesapları ve gözlemlerinde istenmeyen belirsizliklere sebep olmaktadır. Biz de bu durumun ortaya çıkardığı 'trade-off' neticesinde kazancın stabilitesini önde tutup kapasitörü seçtik.

##### 3.3.2. Örtüşmeyen Commercial Devre Elemanı Değerleri

Filtre hesaplarında ve simülasyonlarda kullandığımız 994Ω, 36uF gibi değerlerdeki elemanlar piyasada bulunmadığı için 1kΩ, 33uF gibi muadile yakın değerli elemanlar seçildi.

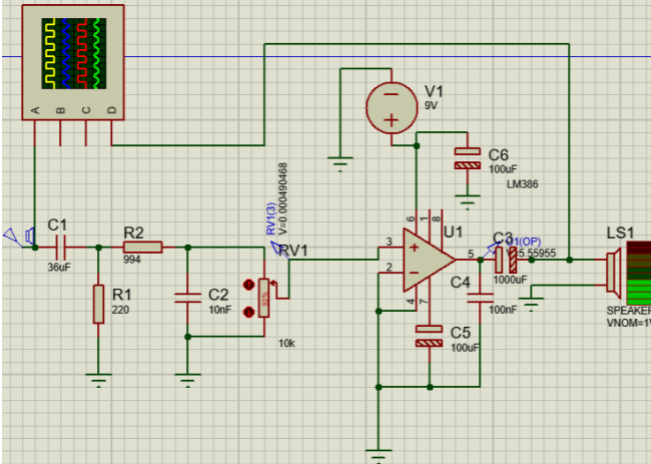
##### 3.3.3. Hoparlör Değerleri

12Ω 40Watt hoparlör mobiliteye ve bütçemize uygun değildi. Diğer isterleri karşılayabilecek, beslenen gerilim aralığında bize uygun 'output' sağlayabilecek hoparlör arayışlarımız neticesinde 8Ω 10W hoparlörde karar kıldık.

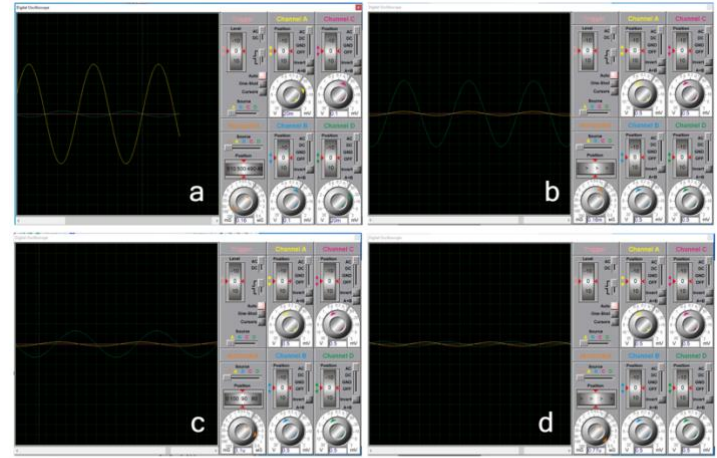
## 4. Şemalar, Görseller

### 4.1. Simülasyon

#### 4.1.1. Simülasyon: İlk Deneme



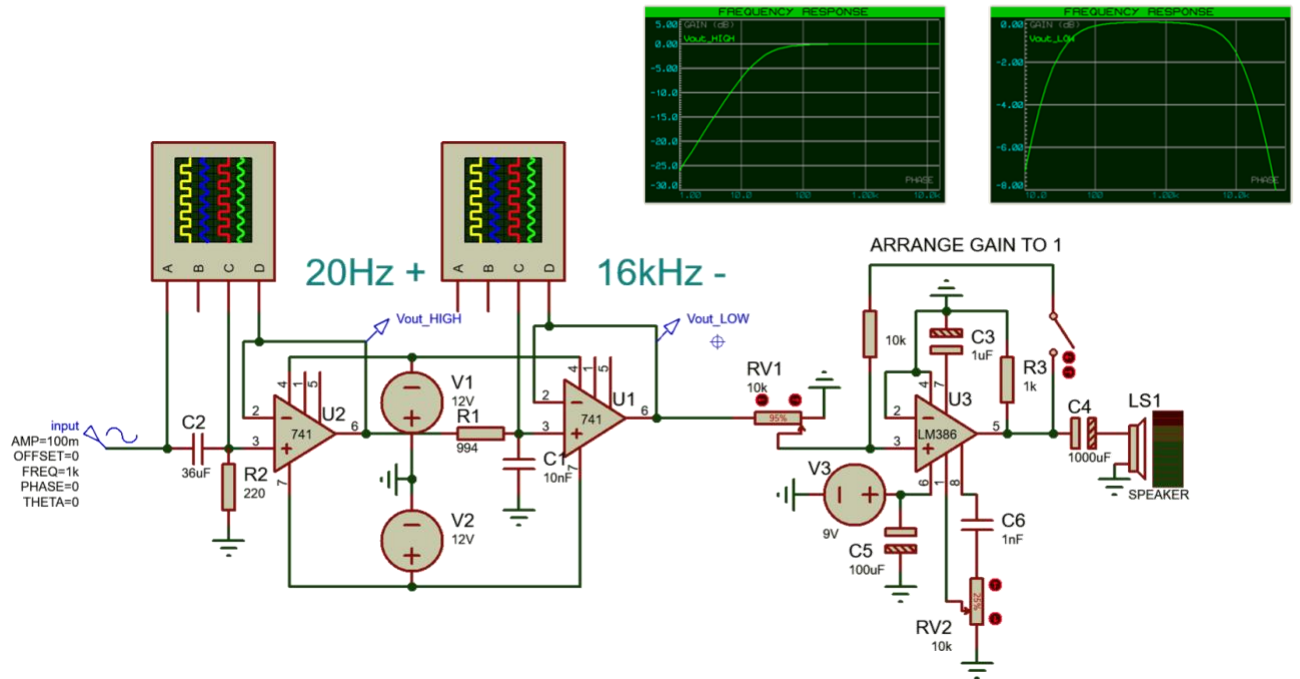
Şekil 2. Proteus Devre Şeması (İlk Deneme)



Şekil 3. Osiloskop Çıktıları  
Sarı (Input) Yeşil (Output)  
Input Değerleri: (a) 1Hz (b) 1kHz (c) 40kHz (d) 200kHz

Çıkarım: (a,b,d) çıktıları beklenen değerleri karşılamakta fakat (c) çıktısı optimize edilmeli.

#### 4.1.2. Simülasyon: Nihai



Şekil 4. Proteus Devre Şeması (Nihai Devre)\*

\*Kazancı 1'e ayarladığımız düzenek 3.3.1.de açıklanan sebeplerden dolayı kaldırıldı.

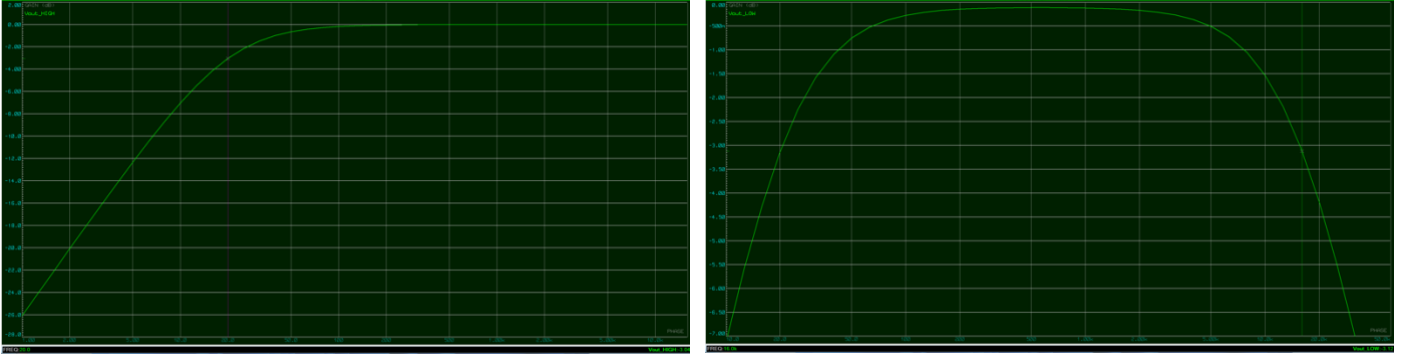
R3 (1kΩ) kazançta yarattığı 'ambiguity/belirsizlik' nedeniyle kapasitör (1nF, daha sonra 10uF) ile değiştirildi.

#### 4.1.3. Simülasyon: Karşılaştırma

Pasif filtre aktif filtre ile değiştirildi, 1 ve 8. Bacaklar LM386'da değişken kazanç elde etmek için kapasitöre seri potansiyometre eklendi. İlk devredeki high pass filter gain, filtrelerin beraber yarattığı bandpass gain ve eşik değerler (-3dB noktası teyit edildi.)



#### 4.1.3.1. Frekans Yanıtları



Şekil 5. Filtre Frekans Yanıtları\*

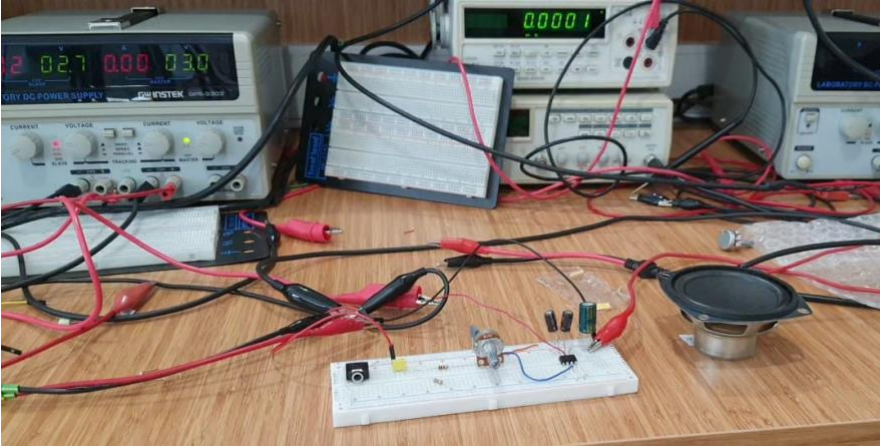
Solda: 20 Hz High Pass Filtre Yanıtı

Sağda: 20Hz High Pass + 16 kHz Low Pass Filtre Yanıtı

-3dB noktaları frekans aralıklarını teyit etmektedir.

Gain için 0 değeri de yine istenen unity gaini karşılamıştır.

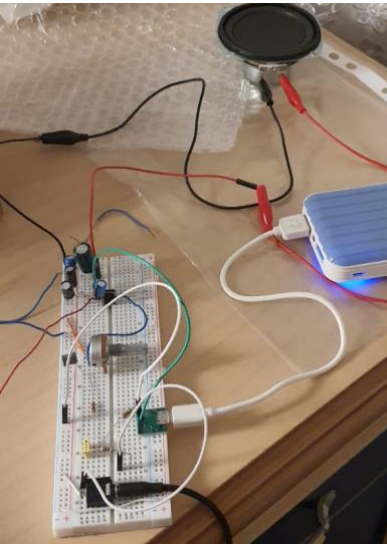
#### 4.2. Breadboard Denemeleri



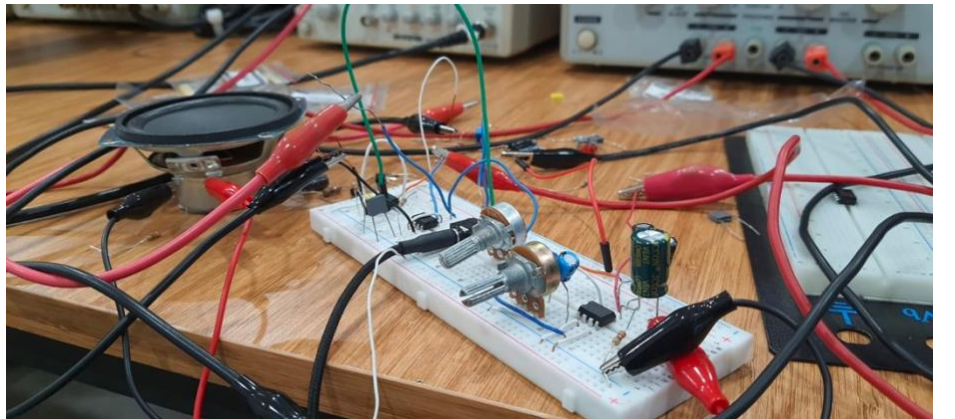
Şekil 6. LM386 İlk Deneme

NOT: LM741'in Vcc 10V input gereksiniminin aksine LM386 için minimum gereksinimi 3.0V olarak ölçtük.

Şekil 7. 3.5mm Jack ile Müzik İletimi  
Standart powerbank ve telefon ile de sinüs dalgasının yanında 3.5mm AUX şasesi ile müzik çalma işlemini başarılı şekilde gerçekleştirdik.



Şekil 8. Final Breadboard Setup  
Fiziksel ortamda tüm elemanların uyumlu şekilde çalıştığını gözlemledik.







## 5. Sonuçlar, ıkarımlar ve Notlar

Bu alışma kapsamında gerçekleştirilen hoparlör sistemi incelemesi, belirlenen frekans aralığı (20 Hz - 16 kHz) ve kazanç değerleri (20-200) üzerinde yapılan gözlemleri içermektedir. Elde edilen sonuçlar, frekansın artmasıyla ses seviyesinin arttığını ve bu durumun ses gücüyle ilişkili olduğunu doğrulamıştır. Ancak, yüksek kazanç seviyelerinde ses kalitesinde gözlemlenen bozulma, sistemin doğrusallık eksikliği ve harmonik bozulmaların varlığını işaret etmektedir.

Hoparlör sisteminin verimliliği, empedans uyumuyla değiştiği gözlemlenmiştir. Yüksek kazanç seviyelerinde ses kalitesindeki bozulma sorununu aşmak adına, giriş empedansının kaynak empedansına eşit olması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Ancak, projenin uygulanması sırasında karşılaşılan zorluklar arasında breadboard ve PCB üzerinde doğru bağlantıların sağlanması, lehimleme işleminin özenle yapılması gibi teknik detaylar bulunmaktadır. Varsayımların ideal durumları yansıttığı ancak zaman zaman fiziksel uygulamalardan kaynaklı sapmalara yol açtığı da belirtilmelidir.

Gelecekteki uygulamalarda, daha gerçekçi bir ses sinyali kaynağı ve frekansa bağlı empedansı olan hoparlörler kullanılabilir. Ayrıca, parazit ve gürültüyü azaltmak için filtre devrelerinin entegre edilmesi önerilebilir. Deneyin uygulamalı yönleri arasında hoparlör tasarım parametrelerinin daha kesin ölçümü, elektronik tasarım araçlarının daha etkin kullanımı gibi konuların bulunmaktadır.

## KAYNAKLAR\*\*\*

1. Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2017). *Fundamentals of Electric Circuits* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
2. Neamen, D. A. (1996). *Electronic Circuit Analysis and Design: Pack Ciltli Kapak*. İngilizce Baskı.
3. Tooley, M. (2006). *Electronic Circuits, 3rd ed: Fundamentals & Applications*. Paperback.
4. Boylestad, R. L., & Nashelsky, L. (2013). *Electronic Devices and Circuit Theory* (11th ed.). Prentice Hall.
5. Circle, L. (2008). *Corporate Internal Reference Electronic Circuits: Volume 1*. İngilizce Baskı.
6. Floyd, T. L. (2012). *Electronic Devices (Conventional Flow Version) (9th Edition)*. Prentice Hall.
7. ANSI S1.1 (1994). *American National Standard: Acoustic Terminology. Sec 3.03*.
8. Self, D. (2008). *Audio Engineering: Know It All (Volume 1). Newnes Know It All*.
9. *Sinus Waves vs Music*. (Eriřim Tarihi: Kasım 22, 2023).
10. <https://www.ams.jhu.edu/dan-mathofmusic/sound-waves/>
11. *Music and Sound Waves*. [Link](#) (Eriřim Tarihi: Kasım 12, 2023).
12. <https://web1.eng.famu.fsu.edu/~shih/eml3050/students'%20presentation/2003-f-1/Music%20and%20Sound%20Waves.htm>

13. Amzica, F., & Lopes da Silva, F. H. (2017). *Cellular Substrates of Brain Rhythms. Vol. 1*. Oxford University Press.
14. Fiore, J. M. (2021). *Operational Amplifiers & Linear Integrated Circuits*. NY: dissidents. (Eriřim Tarihi: Kasım 23, 2023)
15. [https://www2.mvcc.edu/users/faculty/jfiore/OpAmps/OperationalAmplifiersAndLinearICs\\_3\\_E.pdf](https://www2.mvcc.edu/users/faculty/jfiore/OpAmps/OperationalAmplifiersAndLinearICs_3_E.pdf)
16. Leserati Circle. (1994). *National Semiconductor*. (Eriřim Tarihi: Kasım 3, 2023).
17. <https://www.echelleinconnue.net/outils/mobio/composants/LM386.pdf>
18. <https://www.electroschematics.com/wp-content/uploads/2008/09/lm386.pdf> (Eriřim Tarihi: Aralık 28, 2023)
19. Horowitz, P., & Hill, W. (1989). *The Art of Electronics*. Cambridge University Press.
20. Scherz, P., & Monk, S. (2016). *Practical Electronics for Inventors*. McGraw-Hill Education.
21. Floyd, T. L. (2011). *Electronic Devices (Conventional Current Version)*. Pearson.
22. Sedra, A. S., & Smith, K. C. (2014). *Microelectronic Circuits*. Oxford University Press.
23. Alexander, C. K., & Sadiku, M. N. O. (2012). *Fundamentals of Electric Circuits*. McGraw-Hill Education.
24. Dorf, R. C., & Svoboda, J. A. (2010). *Introduction to Electric Circuits*. Wiley.
25. Malvino, A., & Bates, D. J. (2006). *Electronic Principles*. McGraw-Hill Education.

## şEKİL REFERANSI

1. LM386 şeması Referans: [13] Sayfa 1

## YAZILIM REFERANSI

1. Proteus Professional 8.13 ve 8.15 (<https://www.labcenter.com/>) (Son Eriřim Tarihi: Aralık 14, 2023)

---

\* Ara raporda kullandığımız pasif devre fiziksel ortamda arzulan değerlerden oldukça uzak kaldığı için aynı bant aralığı için kazancı 1 olan (Unity gain) aktif filtre ile değiştirilmiştir.

\*\* LM386'nın kazancı 20-200 arasında değişir. Proje için bizden istenen 1-100 arası kazancı sağlamak için sinyal giriş ve çıkış bacaklarına bu isteri sağlamak için yerleştirilen farklı dirençler ile zaman zaman istenilen değerlere ulaşılsa da bu minval uygulamaların LM386'nın performansında kararsızlıklara neden olduğu saptandığı için kazanç aralığı 20-200 olarak tarafımızca güncellenmiştir.

\*\*\* Ara raporda kullanılan kaynaklardan bu raporda da yararlanılmıştır. Bu sebeple sırası değiştirilmeden korunmuştur.

\*\*\*\* Opamp Vcc beslemeleri ve gain araştırmasında ayrıca řu forum başlıkları da yardımcı olmuştur:

- <https://electronics.stackexchange.com/questions/520842/op-amp-unity-gain-buffer-introduces-distortion-in-the-lm386-circuit-with-high-ga> (Eriřim Tarihi: Aralık 15, 2023)
- <https://forum.allaboutcircuits.com/threads/lm741-op-amp-not-working.183471/> (Eriřim Tarihi: Aralık 18, 2023)