

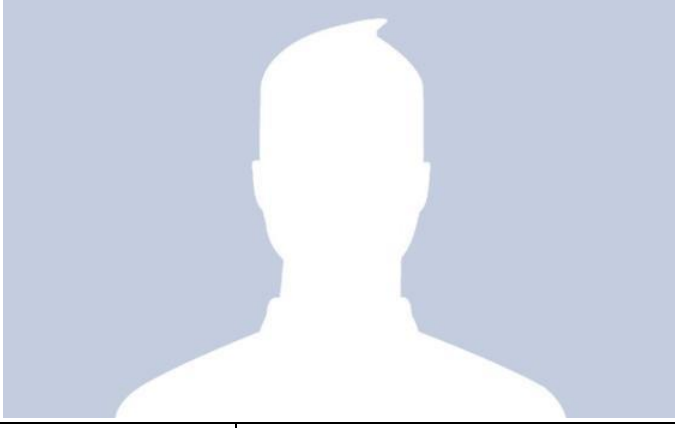


TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü

ELE311 – Analog Elektronik Devreler

Proje Raporu - 1

	
Adı Soyadı	Burak Can KARAKURT
Numara	161201049
Tarih	05/02/2020
İmza	

İÇİNDEKİLER

1. Giriş

1.1 Projenin Amacı

1.2 Devrenin Genel Özellikleri

1.3 Kullanılan Denklemler

1.4 Teorik Hesaplamalarda Kullanılan MATLAB Kodu

2. Amfi Katları

2.1 Common Emitter 1

2.2 Common Emitter 2

2.3 Emitter Follower

2.4 AB Yükseltici

3. Amfi

4. Sonuçlar

5. BOM Listesi

6. Kaynaklar

1. GİRİŞ

1.1 Projenin Amacı

Verilen kriterlere uygun bir şekilde yapılması istenen yükseltici devrenin her bir katını, kullanılacak devre şemalarını ve devre elemanlarını, baskı devre kartını ve baskı devre için gerekli dosyaları hesaplamayı, tasarlamayı, çizmeyi ve simüle etmeyi öğrenmek.

İstenen kriterler:

- a. Voltaj kazancı: 200
- b. 8 Ω üzerine 2 W RMS güç verebilmek.
- c. Eşik frekansları: 20 Hz-1MHz.

1.2 Devrenin Genel Özellikleri

Toplam 4 kattan oluşan devrede ilk 2 kat kazanç sağlamak amaçlı kurulmuştur.

3. katta ise ilk 2 kattan gelen yüksek Rout değerinin yükseltici devrenin çalışmasını engellemek amaçlıdır.

4. katta ise AB yükseltici devresi kullanılmıştır. Buradaki amaç common-emitter'lerden geçen akımın yükseltilmesidir.

Devrenin tamamında 1.1'de belirtilmiş olan kriterleri sağlamamız gerekiyor. Nasıl sağlandığını, teorik ve simülasyon sonucunda hesaplanan sonuçları aşağıdaki bölümlerde ele alacağım.

1.3 Kullanılan Denklemler

Common Emitter:

$$1.3.1 \quad R_{in} = R1 // R2 // (r_{\pi} + (1 + \beta) * R_e)$$

$$1.3.2 \quad R_{out} = R_c$$

$$1.3.4 \quad r_{\pi} = V_t / I_{BQ} \quad , \quad (V_t = 0.026)$$

$$1.3.4 \quad V_{th} = 2V_{cc} * \frac{R2}{R1 + R2} - V_{cc}$$

$$1.3.6 \quad I_{BQ} = \frac{V_{th} - V_{BE(on)} - (-V_{cc})}{R_{th} + (1 + \beta) * R_e}$$

$$1.3.7 \quad A_v = \frac{(-\beta R_c)}{r_{\pi} + (1 + \beta) * R_e} * \frac{R_{in}}{R_{in} + R_s}$$

Emitter Follower :

$$1.3.8 \quad r_{\pi} = V_t / I_{BQ}$$

$$1.3.9 \quad R_{in} = R_1 // R_2 // (r_{\pi} + (1 + \beta) * R_e)$$

$$1.3.10 \quad R_{out} = (r_{\pi} + (R_1 // R_2) / (1 + \beta)) // R_e$$

$$1.3.11 \quad I_{BQ} = \frac{V_{CC} - V_{BE(on)} - (-V_{CC})}{R_b + (1 + \beta) * R_e}$$

$$1.3.12 \quad A_v = \frac{(1 + \beta) * R_e}{r_{\pi} + (1 + \beta) * R_e} \times \frac{R_i}{R_i + R_s}$$

Frekans Hesaplamaları:

$$1.3.13 \quad f = \frac{1}{2\pi * (C_{es} R_{es})}$$

$$1.3.14 \quad C_1 = \frac{1}{2\pi * f_{C1} * (R_s + R_{in})}$$

$$1.3.15 \quad C_2 = \frac{1}{2\pi * f_{C2} * (R_L + R_{out})}$$

1.4 Teorik Hesaplamalarda Kullanılan MATLAB Kodu

Hesaplama yaparken her seferinde el ile hesaplama yapılması, varsayımlar kabuller veya kendi seçtiğimiz direnç değerleri üzerinden ilerlemiş olmamız sebebiyle ve kağıt üzerindeki çıktıların kabul edilmeyecek olması sebebiyle hesaplamalar MATLAB üzerinden fonksiyonla hesaplanıp direkt olarak simüle edilmiş ve değişiklikler simülasyondan yapılmıştır. Kullanılan kısa MATLAB kodu aşağıdadır. Değerler üzerinden anlık değişiklikler yapılarak sonuçlara ulaşılmıştır.

$$V_{th} = ((r_1 - r_2) / (r_1 * r_2)) * 30;$$

$$A = (((7500 * R_{load}) * (7500 + R_{load}) / R_{e1}));$$

$$R_{in} = (R_{th} * (2210 + 201 * R_{e1}) / (R_{th} + (2210 + 201 * R_{e1})))$$

$$F_{cc1} = 1 / (2 * \pi * R_{in} * 10^{-6});$$

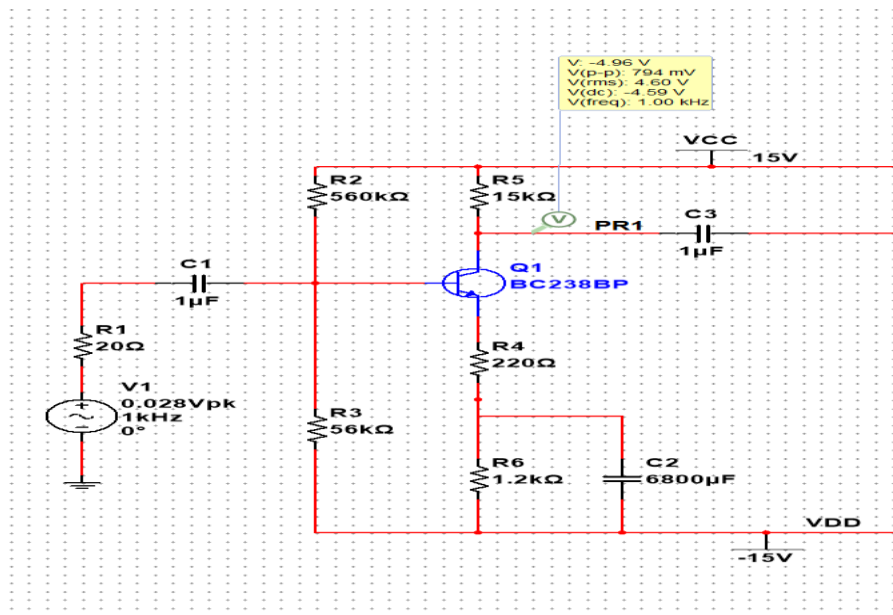
$$F_{cc2} = 1 / (2 * \pi * (7500 + R_{load}) * 10^{-6});$$

$$R_{th3} = R_{e2} * (R_{e1} + 2210);$$

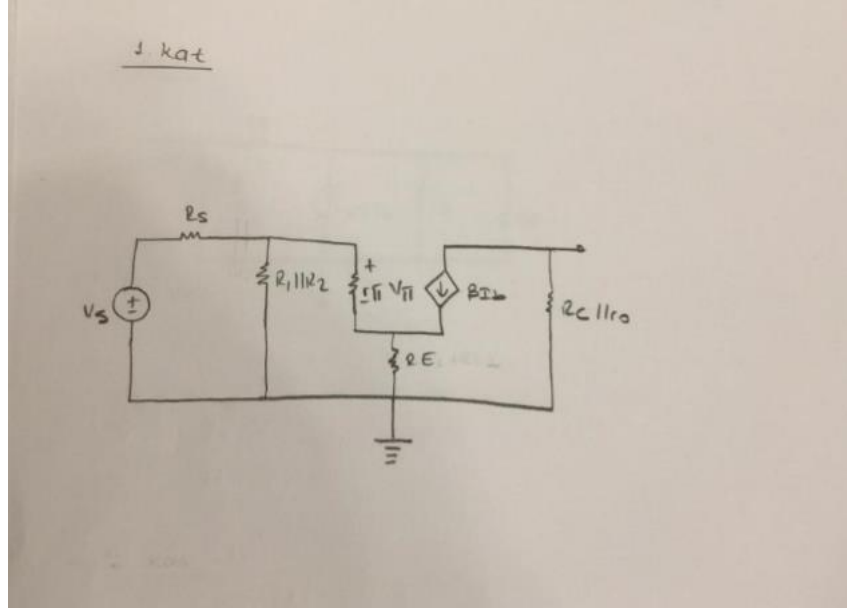
2. AMFİ KATLARI

2.1 Common Emitter Katı

Tasarladığım devrenin ilk katı kazanç sağlamak amaçlı kurulmuş common-emitter devresidir. Devrede bulunan kapasitör low cut-off frekansını belirlemektedir. Girişimiz 28 mV'dur ve (Vpk) değeri konulan test problemlerinden görülebileceği üzeri 55.8mV (Vpk) gelmektedir. İlk kattaki devrenin çıkışı 794mV (Vpk) gelmiştir. Av yani kazancımız buradan 14,23 olarak simülasyon sonuçlarımıza yansımıştır. Devrenin simülasyonda kurulmuş hali ve küçük sinyal modeli Şekil ve Şekil 'den görülebilir.



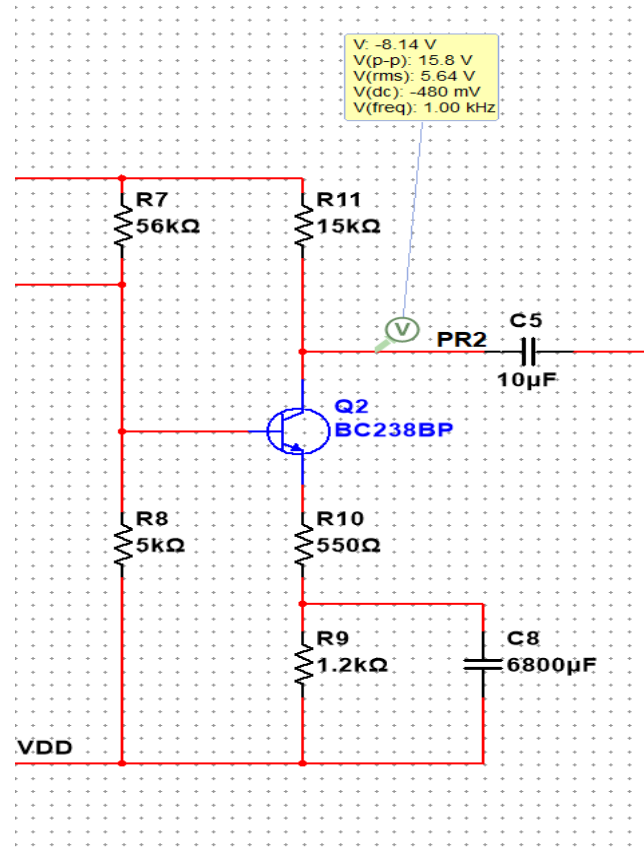
Şekil 1 – Common Emitter 1 Devresi



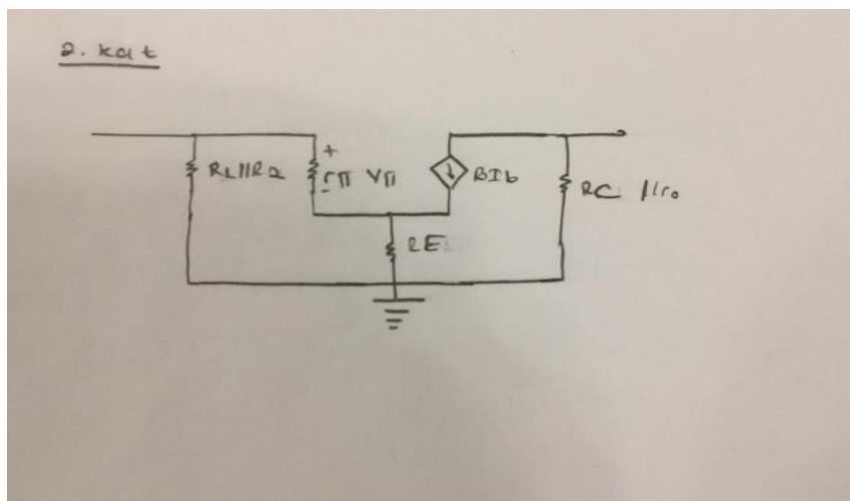
Şekil 2 – Common Emitter 1 Small Signal

2.2 Common Emitter 2 Katı

Bu kattaki amacım da kazancı yükseltmektir. Önceki katın çıkışı bu katın girişi olacağı için kazançlar çarpılacaktır. Önceki devrenin çıkışı 794mv olarak görülüyor. Bu katın çıkışı ise 15.6Vpk. Bu katın kazancı için de simülasyon sonucuna göre 19,65 olarak çıktığını söyleyebiliriz. Bu kat sonucunda 279,6'lık bir kazanç elde etmiş oluyoruz. Devrenin simülasyonda kurulmuş hali ve küçük sinyal modeli Şekil ve Şekil 'den görülebilir.



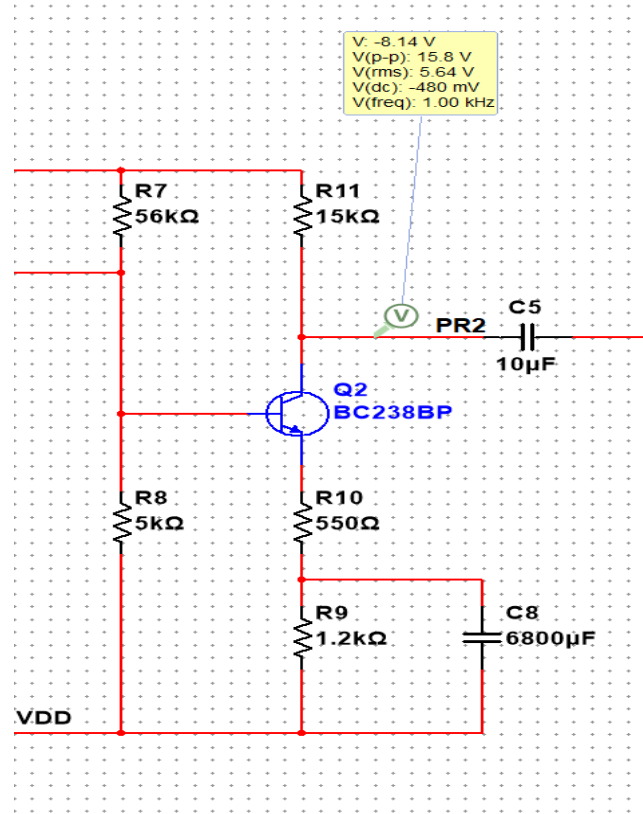
Şekil 3 – Common Emitter 2 Devresi



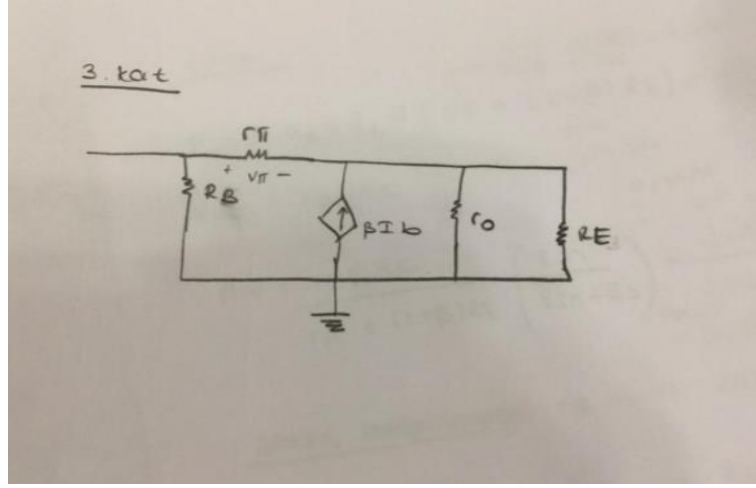
Şekil 4 – Common Emitter 2 Small Signal

2.3 Emitter Follower Katı

3. kattaki amaç, common-emitter devresinden gelen yüksek R_{out} değerinin asıl amacımız olan yükseltici amaçlı kurulmuş tüm devrenin çalışmasını önlemesini engellemektir. Kapasitans değerlerini hesaplarken köşe frekansları 20Hz ve 1MHz olarak iki farklı şekilde denklemden hesaplanmalıdır. Devrenin simülasyonda kurulmuş hali ve küçük sinyal modeli Şekil ve Şekil 'den görülebilir.



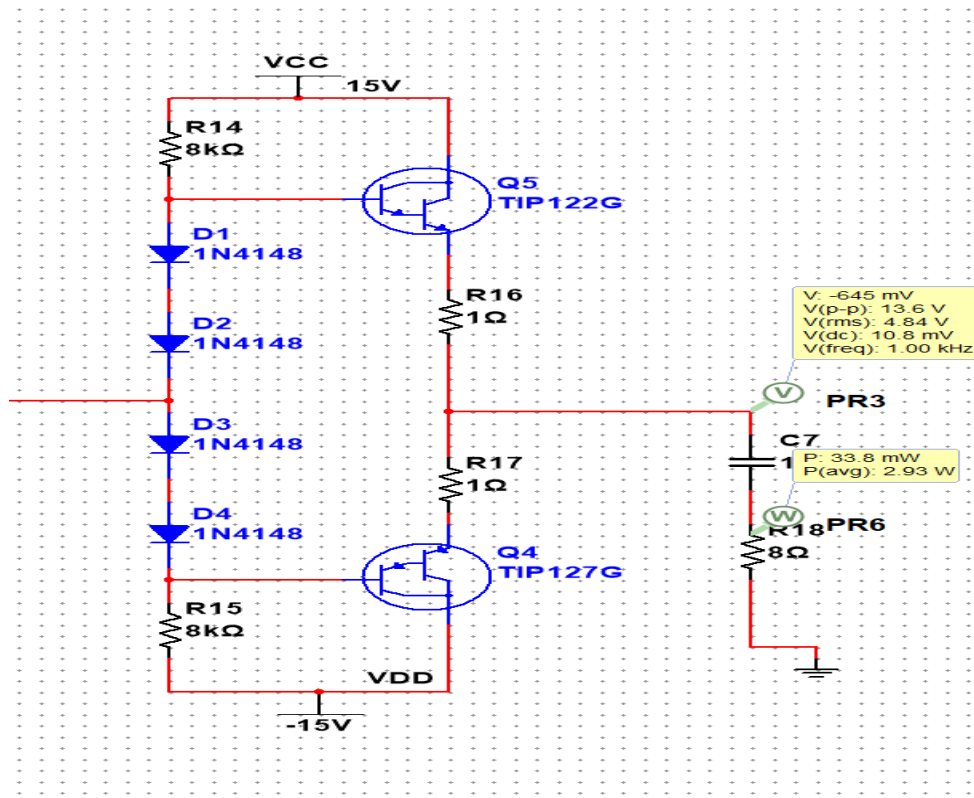
Şekil 5 – Emitter Follower Devresi



Şekil 6 – Emitter Follower Small Signal

2.4 AB Yükseltici Katı

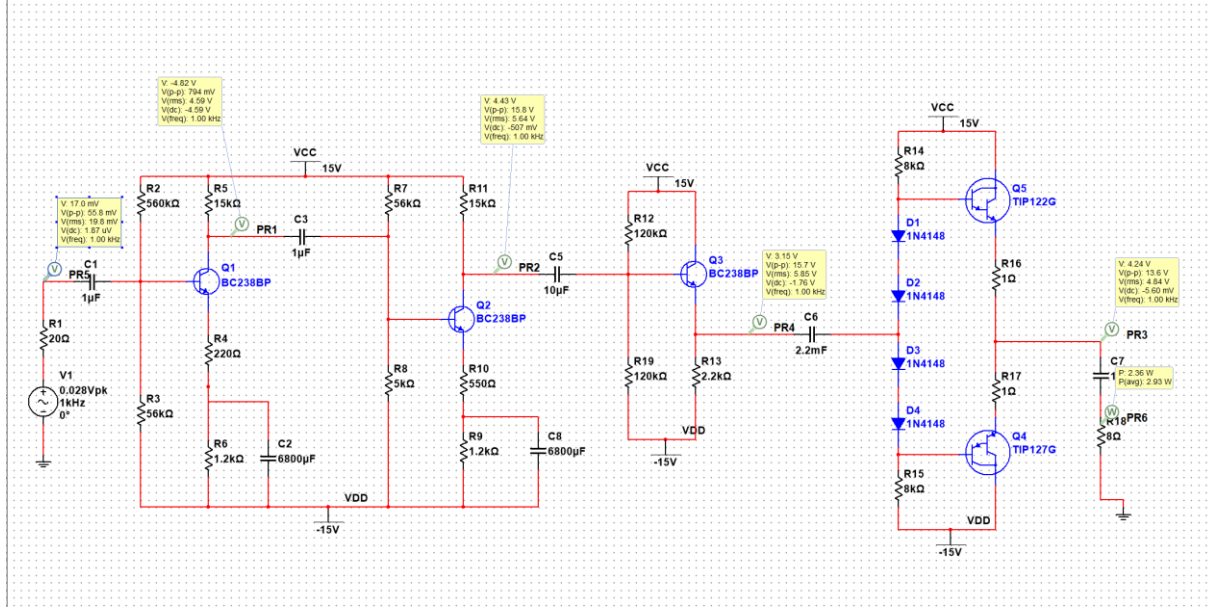
4. katta ise bizden istenen $8\ \Omega$ 'luk direncin üzerinde $2W$ güç kullanılması için ilk 2 katta üretilen akımın artırılması gerekmektedir. Bu katın amacı bunu sağlamaktır. Yükün üzerindeki gücü direkt olarak ayarlar. Aynı zamanda bu kattaki kapasitör de high cut-off frekansını belirlemektedir. Devrenin simülasyonda kurulmuş hali Şekil 'den görülebilir.



Şekil 7 – AB Yükseltici Devresi

3. AMFİ

4 katın birleştirilmesi sonucunda istenen yükseltici (amfi) devresini tamamlamış oldum. Simülasyon için kurulan şema Şekil ‘de gösterilmiştir.

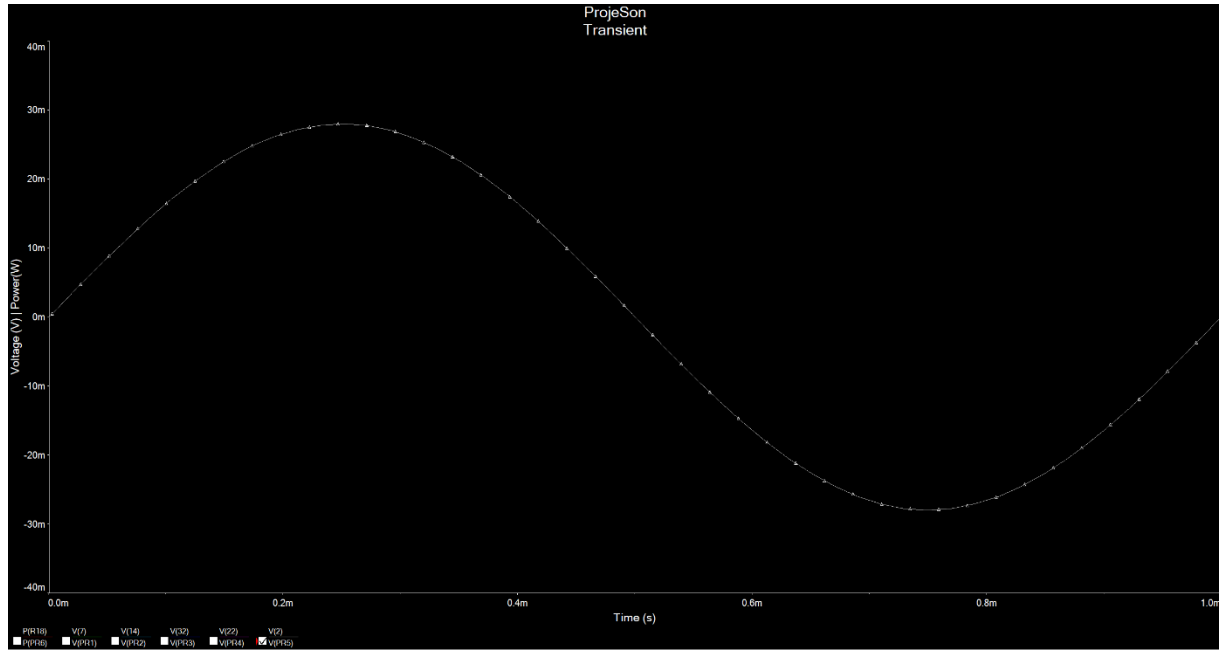


Şekil 8 – Yükseltici Devresi (Devrenin tamamı)

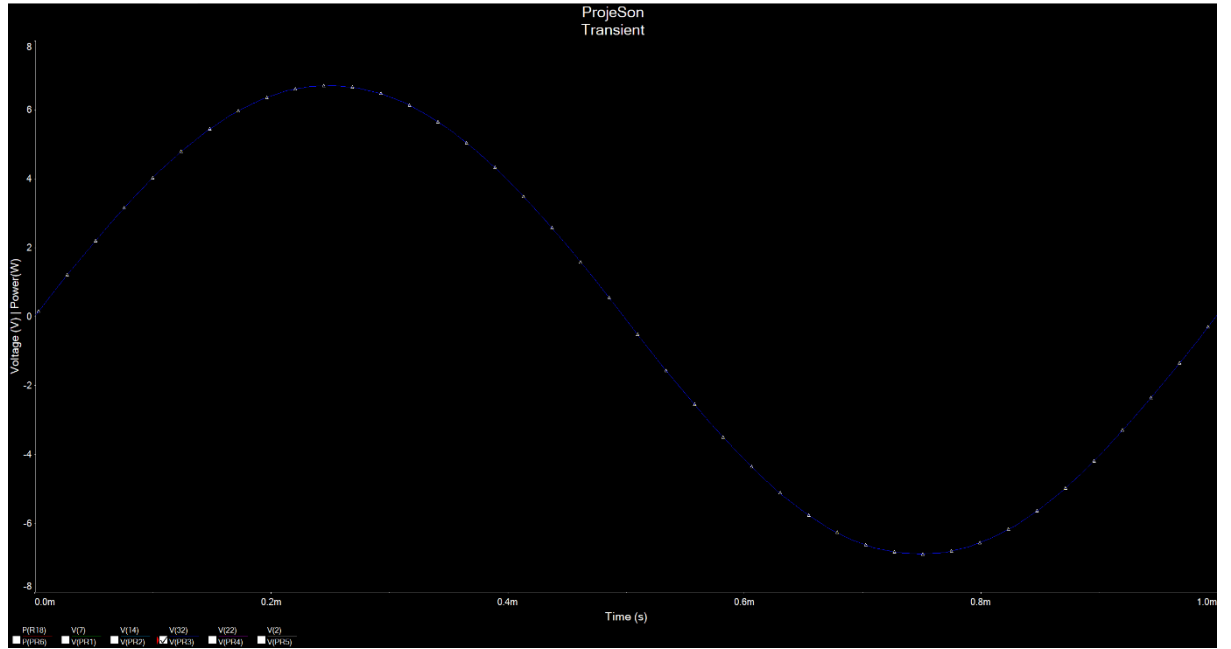
Kurulan devre sonrasında gerekli analizler yapılmıştır. Burada 3 şeye dikkat edilmiştir:

- 1) Transient analiz sonucunda giriş ve çıkış değerlerinin sinüs dalgası formunda olması,
- 2) AC Sweep analizi sonucunda Hertz (20H-1MHz aralığında) ölçeğinde kazancın minimum 200 olması ve dB ölçeğinde 48dB civarından seyretmesi,
- 3) 8 Ω direnç üzerindeki gücün 2W veya bunun üzerinde bir değere sahip olması.

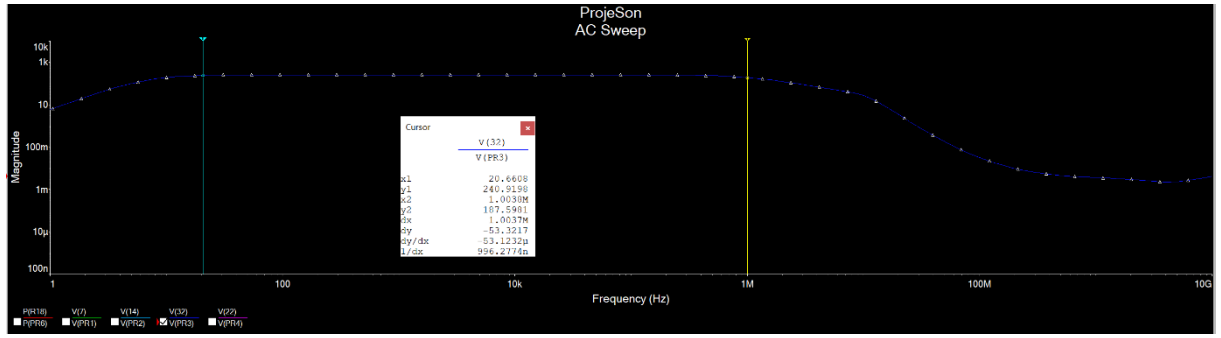
Yukarıdaki 3 koşulu sağlayacak olan simülasyona, hesaplanan ve varsayılan değerleri (Tablo) yerleştirerek deneme/yanılma yöntemiyle simüle edilmesi sonucunda 1. Maddeyi giriş Şekil ve çıkış Şekil olmak üzere, 2. Maddeyi Şekil ‘den ve 3. Maddeyi de yukarıda verilen devre şemasındaki (Şekil) PR6 test probundan görebiliriz. Birebir isten



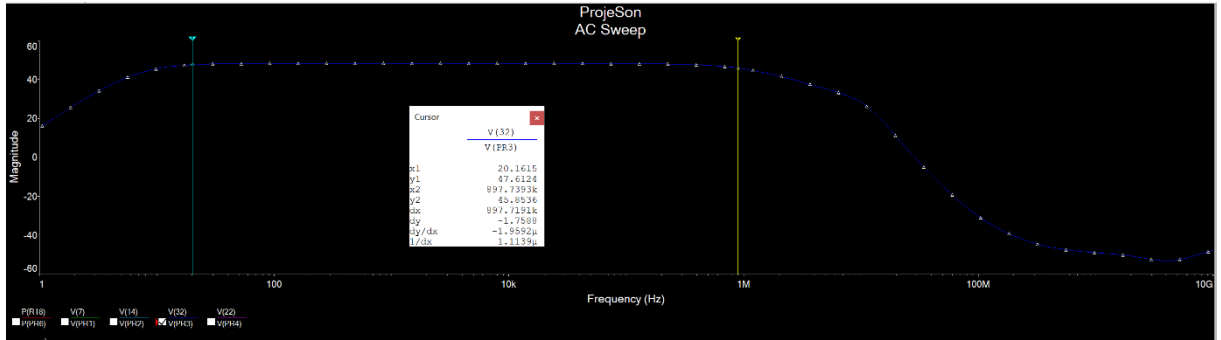
Şekil 9 – Giriş Sinyali



Şekil 10 – Çıkış Sinyali



Şekil 11 – Çıkış Kazancı (Logaritmik)



Şekil 12 – Çıkış Kazancı (dB)

Kullanılan cursorlar:

x1(20Hz) ve x2(1Mhz) frekans değerini, y1 ve y2 de kazancı (+200 değerinde) göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Kurulan devre istenilen çıktıları vermektedir. Gerekli kazanç ve kesim frekansları doğru bir şekilde simüle edilmiştir.

Denklemlerden hesaplanan teorik değerler tam anlamıyla istenen devreyi kurmak için yeterli değildir. Bunun sebebi bazı değerleri varsaymamız ve bazı değerleri hesaplamalarda kullanmamamız/ihmal edebilmemiz olarak açıklanabilir.

Gerçekte kuracak olduğumuz devrenin doğruluğu açısından, hesaplanan değerler doğrultusunda simülasyon sonuçları doğru çıkacak şekilde revize edilmiştir.

Simülasyon ideal bir ortam sağladığı ve örneğin dirençlerdeki ufak değişikliklerin (üretim esnasındaki hata payı) oranladığımızda ortaya yüksek kayıplar çıkabilir. Bu sebepten dolayı devre kazancı 200'ün daha üstünde bir değer olarak seçilmiştir. Kazancın yüksek olmasının tek sebebi ileride karşılaşacağım sorunları öngörüp önlem almak amaçlıdır.

Aynı zamanda jumper kablo kullanırken onların da iç direnci olacağından dolayı, teorik hesaplamalardan farklı akım/voltaj değerleri gelecek. Bu yüzden en son 2W güç alınması gereken direnç üzerinden de daha fazla güç alacak şekilde tasarım yapılmıştır.

Kapasitörlerin beklenenden fazla dolması, dirençlerin beklenenden fazla ısınması gibi fiziksel zorluklarla da karşılaşabileceğimiz için yine aynı şekilde simülasyonda daha yüksek ve hata payını tolere edebilecek değerler seçilmiştir.

5. BOM LİSTESİ

Devre kurulurken direnç, transistör, diyot ve kapasitör kullanılmıştır. Listesi aşağıda verilmiştir. Henüz spesifik dirençler seçilmediği için kodları yer almamaktadır. Dirençleri seçerken TM123'te daha önce alınmış veya olduğunu bildiğim devre elemanı değerlerini seçtim. Ek kısmında nelerin olduğunu görebilirsiniz.

- a) Dirençler: 1x(20 Ω), 1x(560k Ω), 2x(56k Ω), 2x(15k Ω), 2x(1.2k Ω), 1x(220 Ω), 1x(5k Ω), 1x(550 Ω), 2x(120k Ω), 1x(2.2k Ω), 2x(8k Ω), 2x(1 Ω), 1x(8 Ω).
- b) Transistörler: 3x(BC238BP), 1x(TIP122G), 1x(TIP127G).
- c) Diyotlar: 4x(1N4118).
- d) Kapasitörler: 2x(1uF), 2x(6800uF), 1x(10uF), 1x(2.2mF), 1x(1mF).

6. KAYNAKLAR

[1]<http://scwong.eie.polyu.edu.hk/scwong/WinSPICE/cad004/cad004g.htm>

[2]<https://www.ampsa.com/c/adw-technical-overview/>

[3]<https://physics.stackexchange.com/questions/372581/how-do-i-calculate-the-low-frequency-and-high-frequency-gains-of-an-op-amp-ampli>

[4]https://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/amp_2.html

[5]<http://powerunit-ju.com/wp-content/uploads/2018/01/Electronics-book.pdf>

[6] app-0.4.315/resources/app.asar/index.html

[7]<https://youtu.be/esSCw8fz6ko>

[8]<https://youtu.be/sozg1aDq294>

Devre elemanı seçimi için:

