

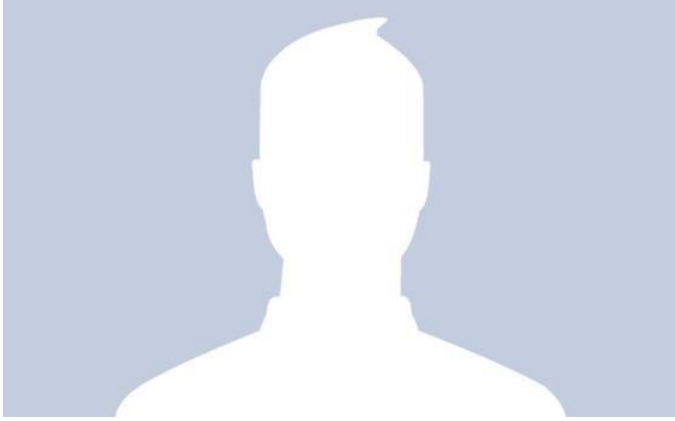


TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü

ELE311 – Analog Elektronik Devreler

Proje Raporu - 2-

	
Adı Soyadı	Batu Kaan Özen
Numara	141201079
Tarih	27/03/2020
İmza	

1.Giriş bölümü.....	3
1.1 Projenin amacı.....	3
1.2 Projenin Faydaları.....	3
2. PCB Tasarım Süreci.....	3
3. Yapılan Değişiklikler.....	6
4.Ölçüm ve Devrenin Pratik uygulanması	18
5. Sonuçlar.....	26
6. Bom Listesi.....	27
7.Kaynakça.....	28

1.Giriş Bölümü:

1.1 Projenin Amacı:

Projemizin amacı Voltaj Kazancı 200, 8 ohm direnç üzerinden 5W RMS güç verebilen ve eşik frekansları 20Hz ve 1MHZ arası olması ve bu işlemi yapan yükselticinin çok katmanlı olmasıdır. Daha sonra ise bu planlanan devrenin simülasyonunun yapılması ve en son olarak pcb sinin üretilmesidir. .[1]

1.2 Projenin Faydaları:

Bu Proje sayesinde bir yükseltici devre nasıl tasarlanır bunu anlamış olunur ve elektroniğin temel mantığı olan geçiren band ve kesim frekanslarını anlamış olunur. Bu konu ile örnek olarak şunu diyebilir, örneğin 20mV çıkış değeri veren bir sensor var ve bu sensorun Arduino ile kullanılması isteniyor. Arduionun girdi doğru bir girdi için anladığı sinyal 3.3V iken yanlış bir cevap için anladığı sinyal 0.2 V dur. Bu projede öğrendiğimiz bilgilerle yükseltici bir devre tasarlanıp bu devredeki 3.3V sağlanılabilir.

2. PCB Tasarım süreci:

PCB tasarımı yapmak için Altium programı kullanılmıştır. Projenin aşamaları aşağıdaki gibidir;

1. Multisimde simülasyonu yapılan devrenin kütüphaneleri internetten indirilmiştir.
2. Indirilen kütüphaneler schematic dosyasına eklenip aynı devre burdada çizilmiştir.
3. Schematic çiziminde son olarak devre elemanları isimlendirilmiştir.
4. Schematic çizimi sonrası oluşturulan pcb ölçüleri aşağıdaki gibidir.[1]

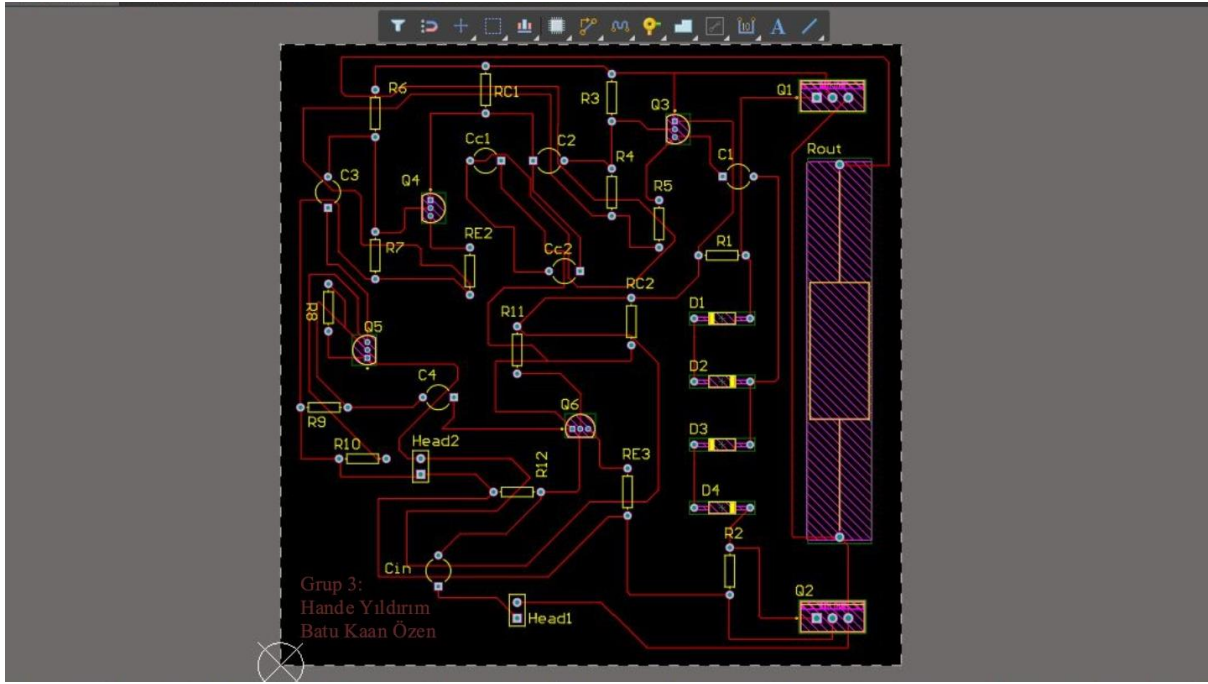
a. PCB Boyutları: 10cm x 10cm

b. Distance between conductors: 0.20mm

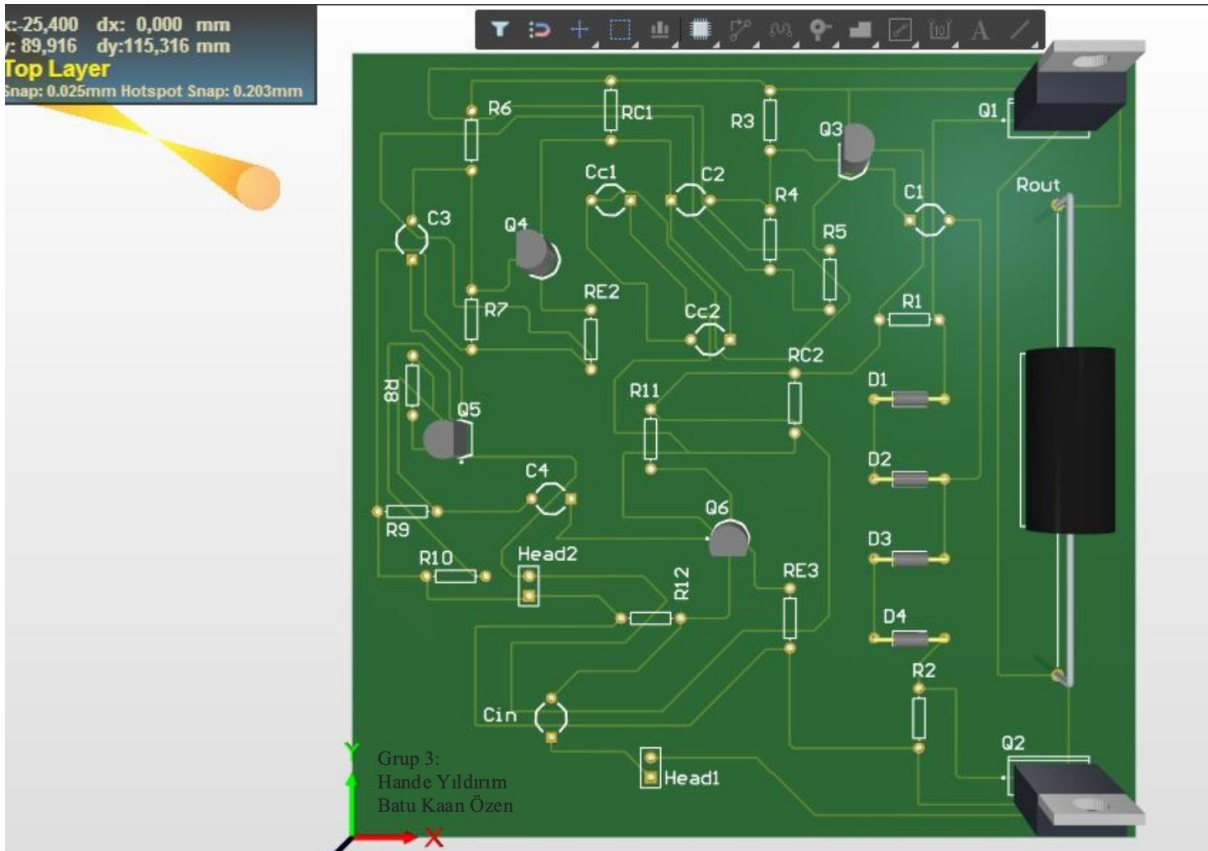
- c. Conductor width: 0.20mm
- d. Annular clearance PAD – Cu: 0.20mm
- e. Copper PAD width: 0.80mm
- f. Drill width: 0.35mm
- g. VIA: 0.8mm – 0.9mm

5. Ayarlamalardan sonra Schematic devre PCB ye aktarıldı
6. Daha sonra her bir malzemenin PCB üzerindeki konumu belirlendi.
7. Bütün elemanlar PCB Mechanical 13 katmanına yerleştirildi.
8. Kablolar birbirine değmeyecek şekilde tekrar kablolama yapıldı.
9. PCB üzerine Grup numarası ve isimler yazıldı.
10. PCB 2D ve 3D olarak kontrol edildi.

Aşağıda PCB mizin 2 boyutlu ve 3 boyutlu şeklini görebilirsiniz. Grafik 2.1 ve Grafik2.2 de bunları görebilirsiniz.



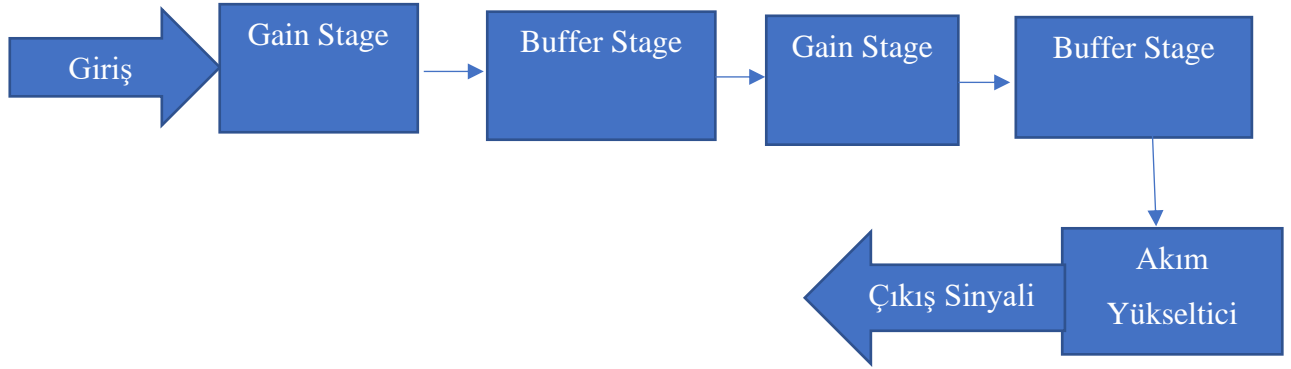
Grafik-2.1-(2 boyutlu PCB Dizaynı)



Grafik -2.2- (3 boyutlu PCB dizaynı)

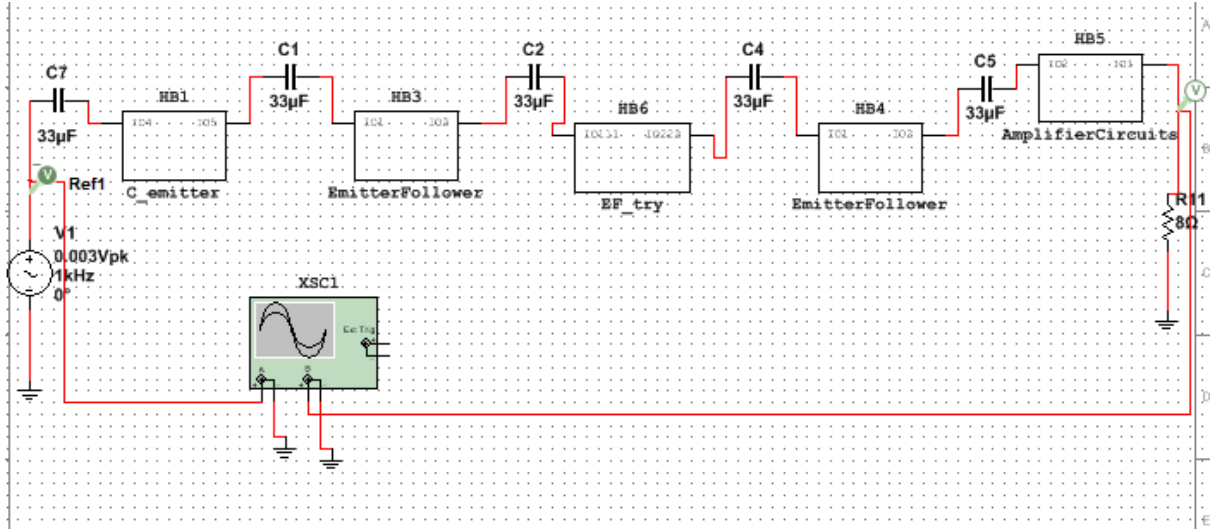
3. Yapılan Değişiklikler:

Bu projede ilk olan dizaynımla şuan ki dizayn arasında çok ciddi değişimler yapıldı. İlk dizaynımdaki devre 3 katmanlı olup Kazanç katmanı Emitter follower katmanı ve Yükseltici katmanı olarak gitmekteydi fakat bu devre ile 500 kazançlı +5 puanlık bonusu yapmak çok zordu bu sebepten Grafik 3.1 deki gibi bir sistem proje için düşünüldü.



Grafik -3.1-(Bütün devre sistemi)

Grafik 3.2 de bu devremizi genel olarak görebilirsiniz. Bu yapmış olduğumuz dizaynımızın en önemli özeliği olarak 1. Gain Stage nin ikinci 2.Gain Stage ine olan etkisi ve 2. Gain stagenin akım yükseltici aynaya etkisi emittör followerlar sayesinde yok edilmiştir bu sayede hesaplama yaparken R_{in} R_{out} değerlerinin hesaplamalarını kullanmamıza gerek kalmadı.

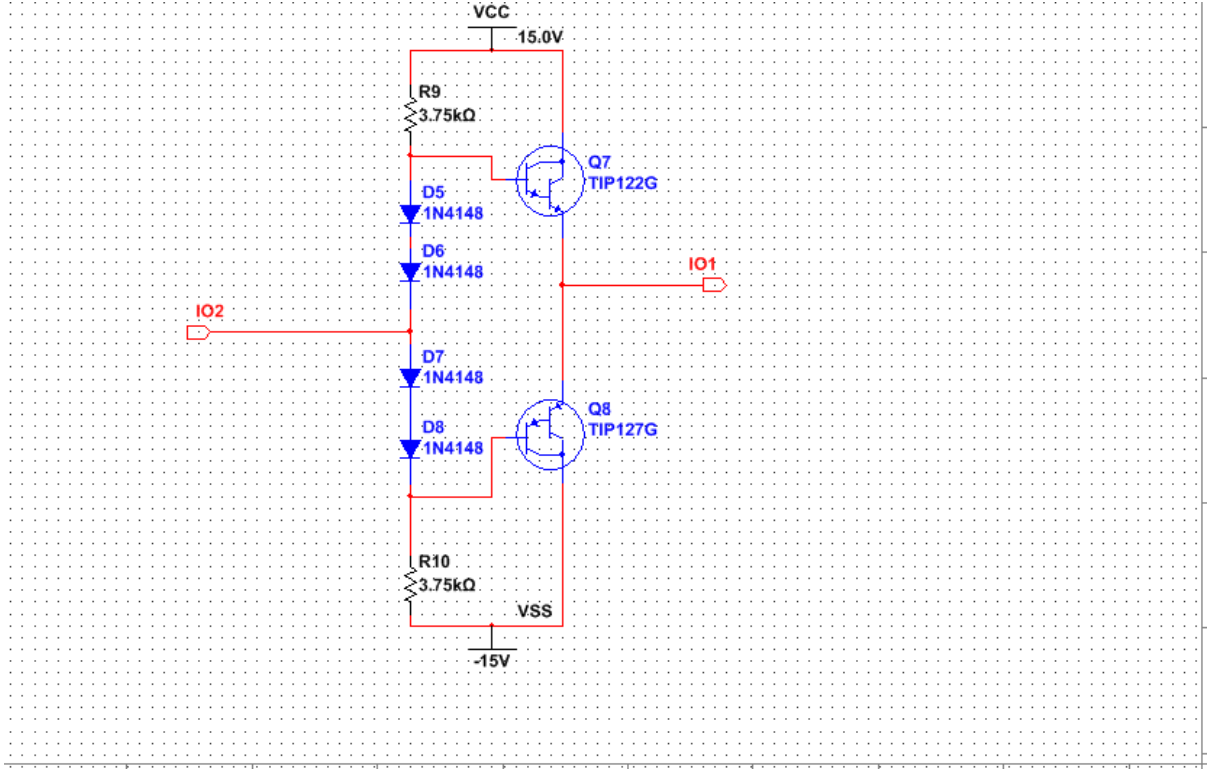


Grafik -3.2- (Bütün Devre)

Grafik 3.2 deki EF_try isimli devrede Common Emitter devresidir.

3.1 Amplifier Circuits:

İlk rapor teslimindeki devremin amplifier kısmında 2W RMS değerine göre dizayn edilmişti, fakat projedeki +5 puanı almak için Amplifier kısmı değiştirilmiştir. Amplifier devresi Grafik 3.3 deki gibidir.



Grafik -3.3- (Amplifier Circuits)

Şimdi ise Gain Stage mizin hesaplamalarına geelim. İlk olarak 5 RMS değerinden VIO1 bulundu. Denklem 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3 ve 3.2.4 de VIO1 voltajının nasıl bulunduğunu görebilirsiniz.

$$5\sqrt{2} = \frac{1}{2} * \frac{V^2}{8ohm} \quad (3.1.1)$$

$$V^2 = 2 * 8 * 5\sqrt{2} \quad (3.1.2)$$

$$V = \sqrt{2 * 8 * 5\sqrt{2}} \quad (3.1.3)$$

$$V = 10.6V \quad (3.1.4)$$

Daha sonra 8 ohm luk Rout yükümüzün üzerindeki akımı hesaplanır, bu akım IO1 akımı ile aynıdır.

Load a gelen akım denklem 3.1.5 deki gibi bulundu.

$$I_L = \frac{10.6}{8} = 1.32 \text{ A} \quad (3.1.5)$$

Ve biliyoruz ki Load'a giden akım Q7 transistörünün Emittör akımına eşittir bundan dolayı Q7 nin baz akımı 3.1.6 daki denklemdeki gibi bulunabilir.

$$I_B = \frac{1.32A}{1000} = 1.32A \quad (3.1.6)$$

Şimdi ise diyotların üzerindeki voltajın 0.65 olduğunu bilerek tasarladığımız için diyotların üzerinden geçen akımı buluyoruz.(3.1.7)

$$I_D = I_S * e^{\frac{0.6}{0.026}} = 2.53 \text{ mA} \quad (3.1.7)$$

R10 ve R11 değeri ise üzerlerine düşen voltaj bölü akımdan geliyor. Bunu 3.2.8 ve 3.2.9 da görebilirsiniz.

$$R_{10} = (V_{CC} - V_b) / (I_D + I_B) = (15 - 1.3) \text{ V} / (2.33 + 1.32) \text{ mA} = 3.75 \text{ Kohm} \quad (3.1.8)$$

$$R_{13} = (-V_{CC} - (-V_b)) / (I_D + I_B) = (15 - 1.3) \text{ V} / (2.33 + 1.32) \text{ mA} = 3.75 \text{ Kohm} \quad (3.1.9)$$

Kazancı bulmak için V_{out} u bulmamız gerekiyor. Bundan dolayıda üsteki transistörün açık ve altakinin kapalı olma durumu düşünülerek kirchoff gerilim yasası ile devrenin V_{in} i bulundu. Denklem 3.1.10, 3.1.11 ve 3.1.12 de hesaplamaları görebilirsiniz

$$V_{IN} + 2V_D - V_{BE(on)} - V_{OUT} = 0 \quad (3.1.10)$$

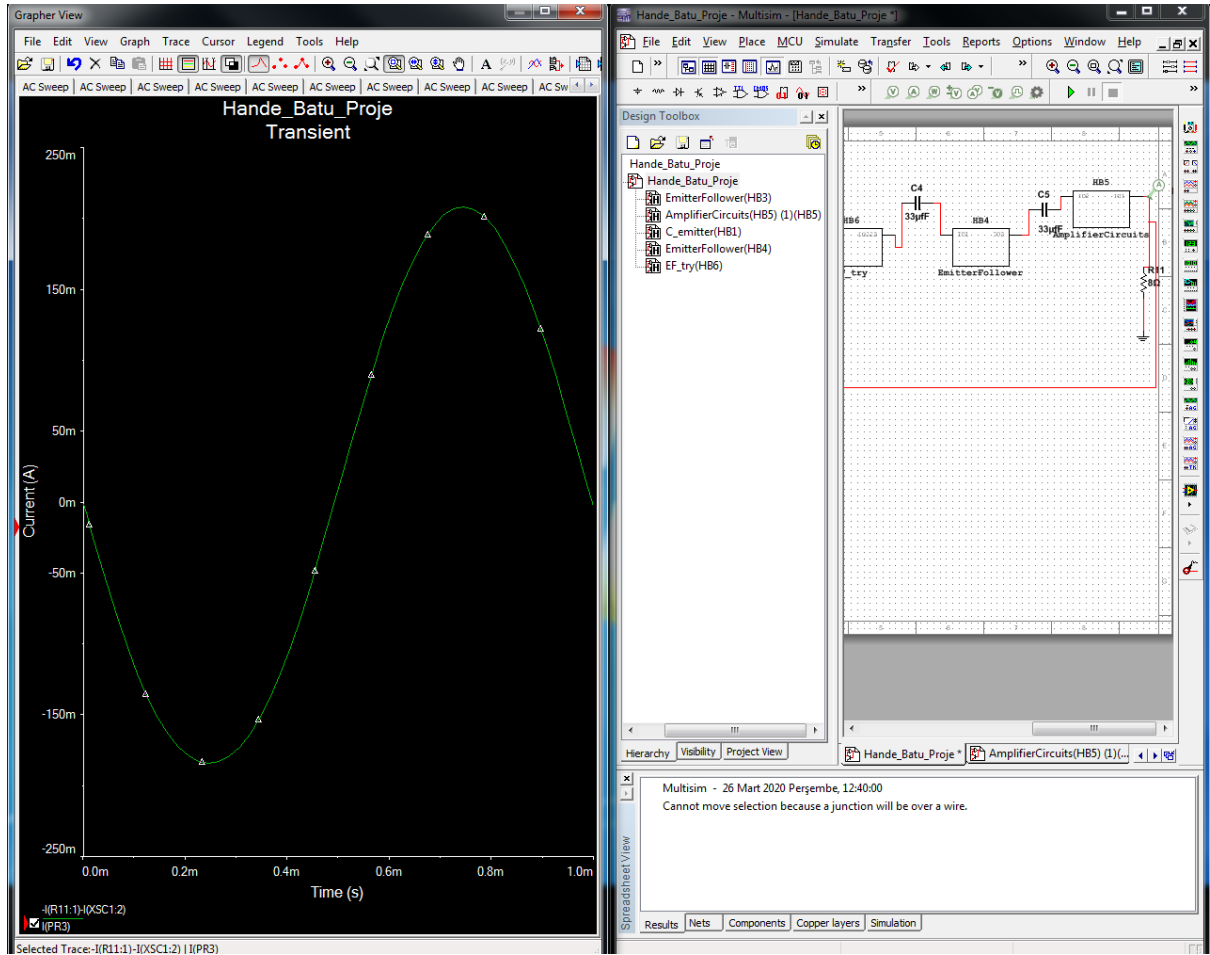
$$V_{in} + 2 * 0.65 - 2.5 - 10.6 = 0 \quad (3.1.11)$$

$$V_{in} = 11.8 \text{ V} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.1.12)$$

Bulduğumuz devrenin kazancı V_{out} un V_{in} bölümü olduğu için amfi katının kazancı 3.2.11 deki gibi bulundu.

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{10.6}{11.8} = 0.89 \text{ yaklaşık kazanç elde ederiz} \quad (3.1.13)$$

Bu Kısımdan (grafik 3.4’de) gördüğünüz gibi devremizin Amplifier çıkış sinyali Teorik olarak hesapladığımız sinyale hemen hemen hemen aynıdır bu akım değerinin doğru olmasından dolayı devremizin çıkışında 5W RMS değeri elde ettiğimizi anlıyoruz.

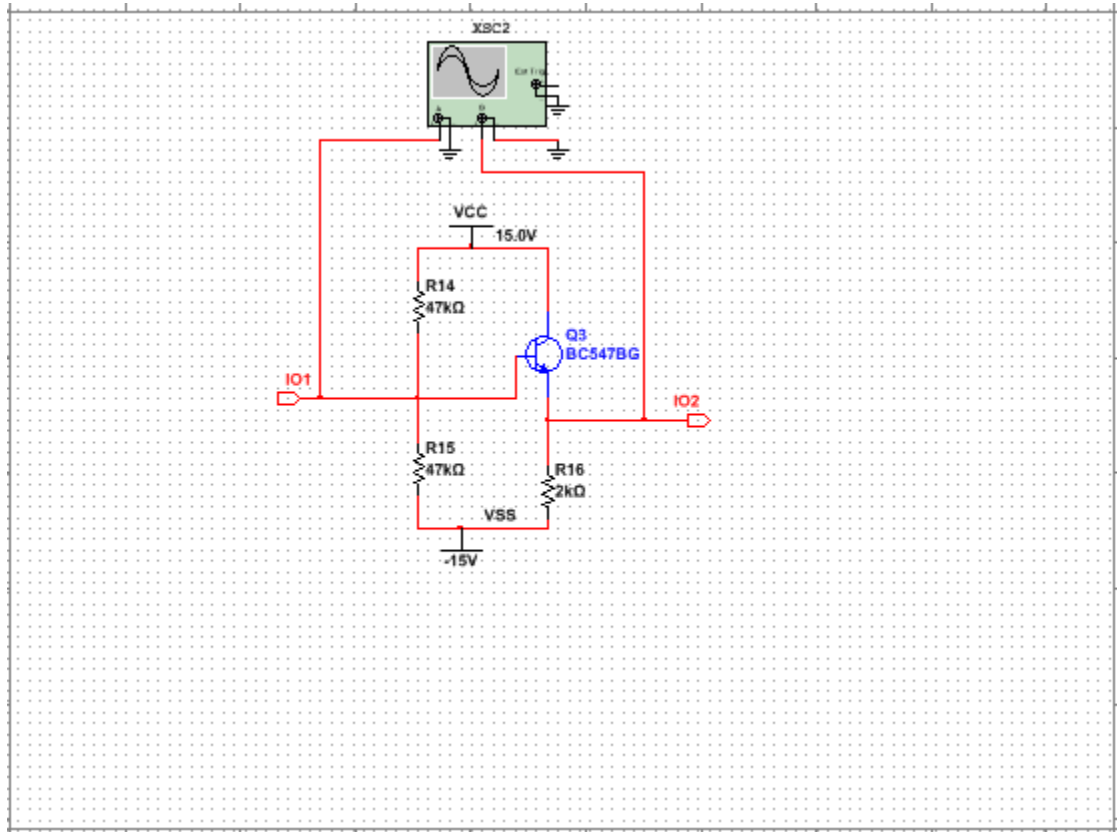


Grafik -3.4- (Amplifier Kısımının çıkışı)

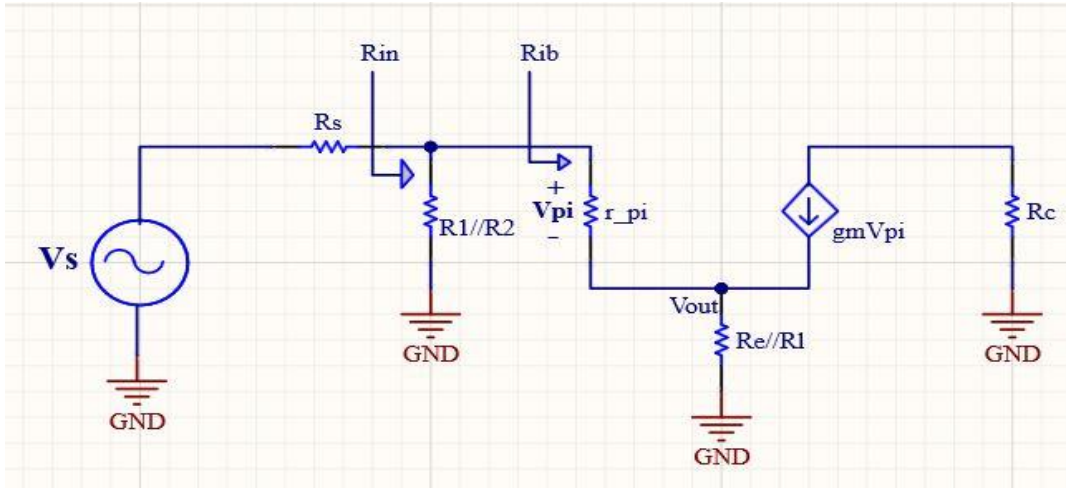
Bu devrenin Gain stagelerine etkisi emittör follower veya gain stagenin bu devreye etkisi gain stage sayesinde sıfırlandığı için bu kısımda küçük sinyal analizi yapmamız bizim için çok anlamlı olmuyor. Bundan dolayı küçük sinyal analizi yapılmadı.

3.3 Emitter Follower :

Bu aşamada iki adet Emitter Follower kullanmadım 1 adet aynı Emittör followerı iki ayrı yerde kullanıldı bunun sebebi ise şudur, bu devredeki Emitter followerin devredeki buffer görevlidir yani yüksek olan Rout değeri düşürmesinden dolayıdır. Grafik 3.6 de devremizin DC modelini Grafik 3.7 de ise AC modelini görüyoruz. Aynı zamanda çok yüksek Rin değerinden dolayı bi önceki devredeninde etkisini bitirir.



Grafik -3.6- (Devrenin DC modeli)



Grafik -3.7- (Devrenin AC modeli)

Grafik 3.6 ve Grafik 3.7 den yola çıkarak ,[2]

$$V_{OUT} = I_B * (\beta + 1) * (R_E \parallel R_L) \quad (3.2.1)$$

$$V_{IN} = I_B * (r_{\pi} + (\beta + 1) * (R_E \parallel R_L)) \quad (3.2.2)$$

$$V_{IN} = \frac{V_s * R_{IN}}{R_{IN} + R_S} \quad (3.2.3)$$

$$A_V = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{I_B * (\beta + 1) * (R_E \parallel R_L)}{I_B * (r_{\pi} + (\beta + 1) * (R_E \parallel R_L))} * \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_S} \quad (3.2.4)$$

$$A_V = \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_S} \cong 1 \quad (3.2.5)$$

Bu aşamada R1//R2 değerini mantıklı bir şekilde seçip bir önceki devreden gelen Rout u sıfırlayacak şekilde seçip çok az kayıplı bir emittör follower elde edildi.

$$A_V = \frac{R_{IN}}{R_{IN} + R_S} \cong 1 \quad (3.2.6)$$

Ve son olarak Emitter follower devresinin Rout değerini buluyoruz. Emitter Follower Devremizin Rout değeri aşağıdaki gibidir.

$$R_{out} = R_e // ((R_{pi} + R_s // R_b) / (1 + B)) \quad (3.2.7)$$

Burdanda gözüktüğü üzere Rin değerimiz 100-200K ohmlardayken Rout değerimizi Rout değerimizi ohm lu mevkilere getirdi bundan dolayı bütün devrelerde Rin Routları yok sayarak czmlmeye devam edilir.

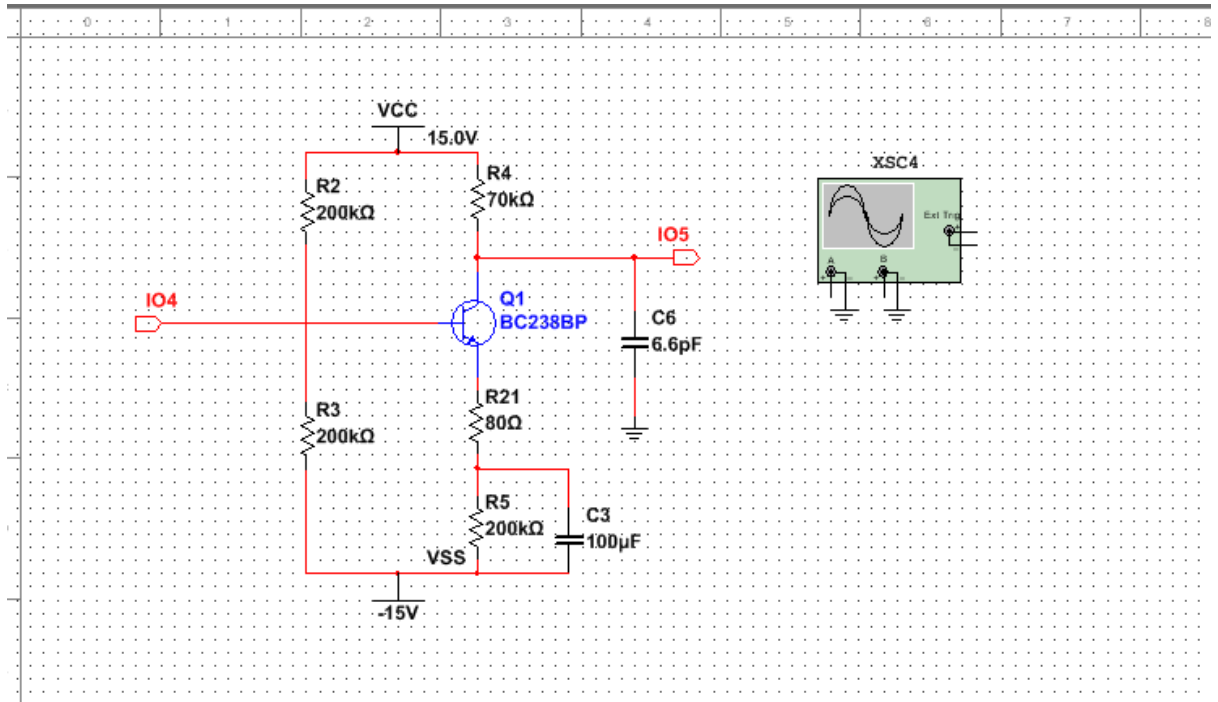
3.4 Gain Stage:

Bu aşamada 2 farklı bypass Common Emitter circuit kullanıldı, bypass kapasitrlerini kullanma sebebimiz B sayısının kazanca olan etkisini azaltmaktır cnk bu işlem uygulaması sırasında transistörlerin farklı B sayıları cıkabilir ve bundan dolayı teorik olarak iyi calışan bir devre pratikte calışması ck zor olabilir ve bu sebebden dolayı devreler saturasyona girebiliyor. Bundan dolayı dizaynımda Bypass capacitr yardımı ile bu kazanç sıkıntısını czld.

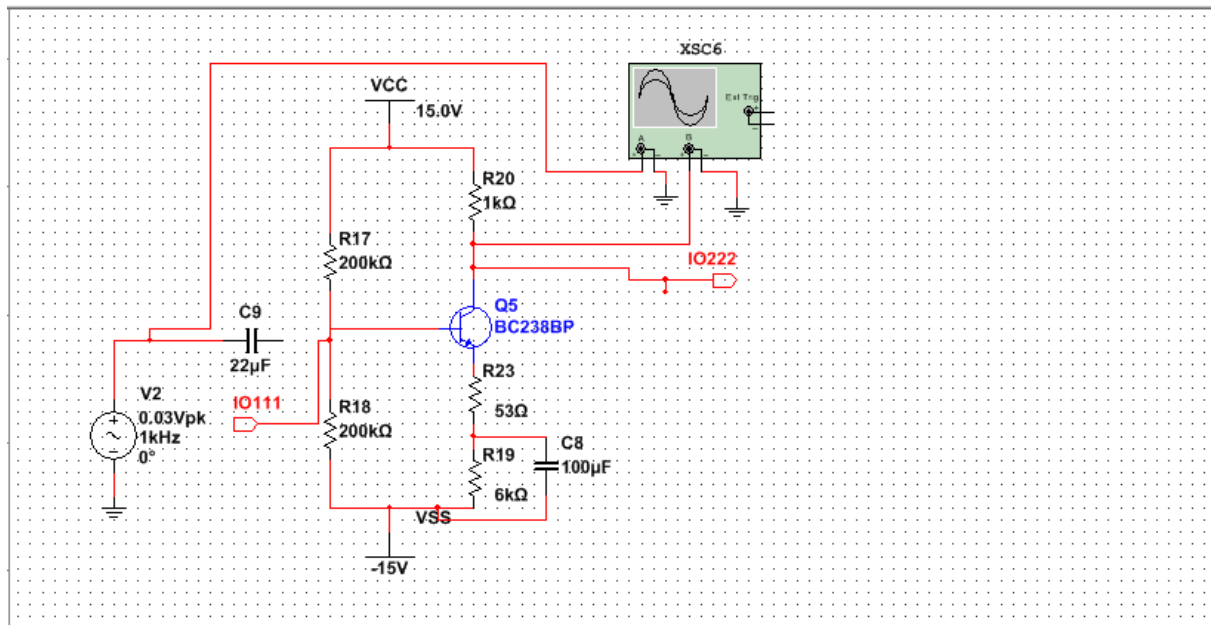
Aşağıda Grafik 1 de ilk gain stagemiz yaklaşık 40 kazançlı ve daha sonra ikinci gain stagemiz yaklaşık 18 kazançlı görüyorsunuz.

3.5 Kesim Frekansları:

Devremizin kesim frekanslarını bulurken ilk kazanç stagi hariç bütün capacitrleri devremizin kesim frekansları olan 20Hz ve 1Mhz in dışında tutcak olan değer 33uF değerini seçtik bu sayede devremizdeki cğu kapacitor etkisis bandwithte kesim frekansı yaptığı için bir etkisi olmadı.

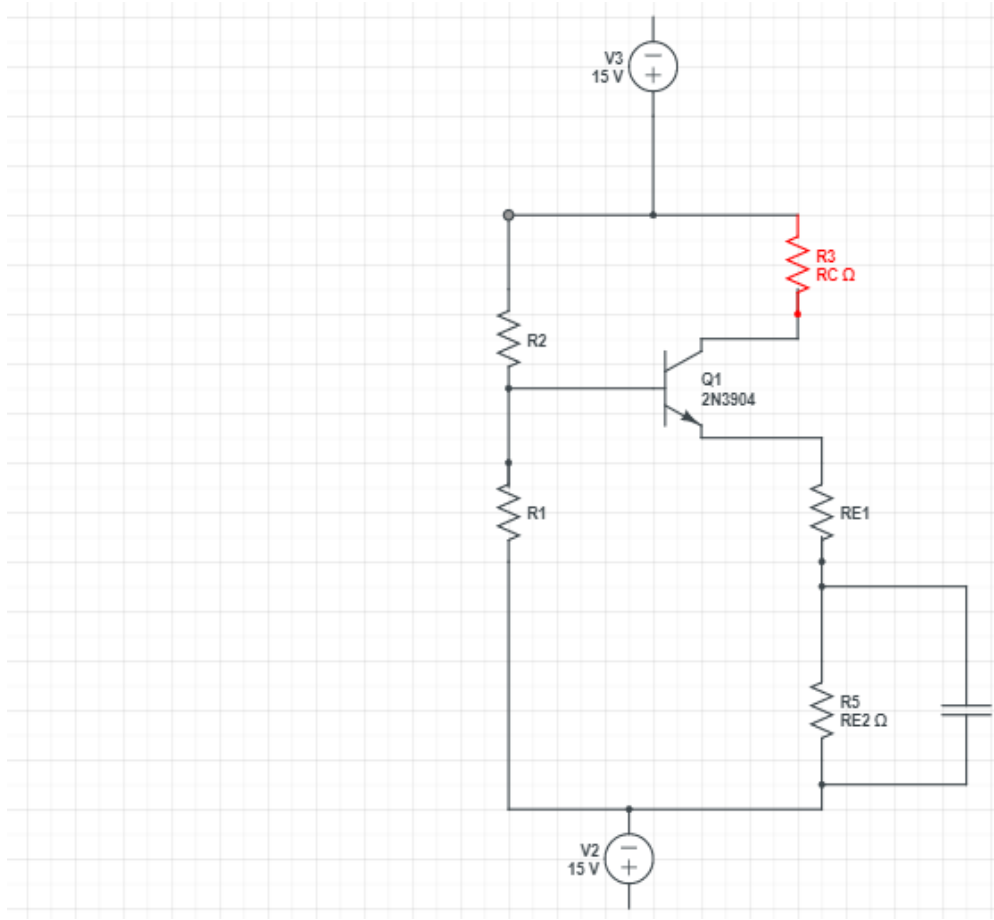


Grafik -3.8- (ilk gain stagimiz)



Grafik -3.9- (ikinci gain stagimiz)

İki devrenin ortak dc modelini Grafik 7 deki model olarak kabul edelim



Grafik -8-(Ortak Dc model)

İlk olarak devrelerimizin DC çözüm formüllerimize bakalıdı

$$I_B = \frac{V_{th} - V_{Be(on)} - (V_{minus})}{(R_{e1} + R_{e2}) * B} \quad (3.3.1)$$

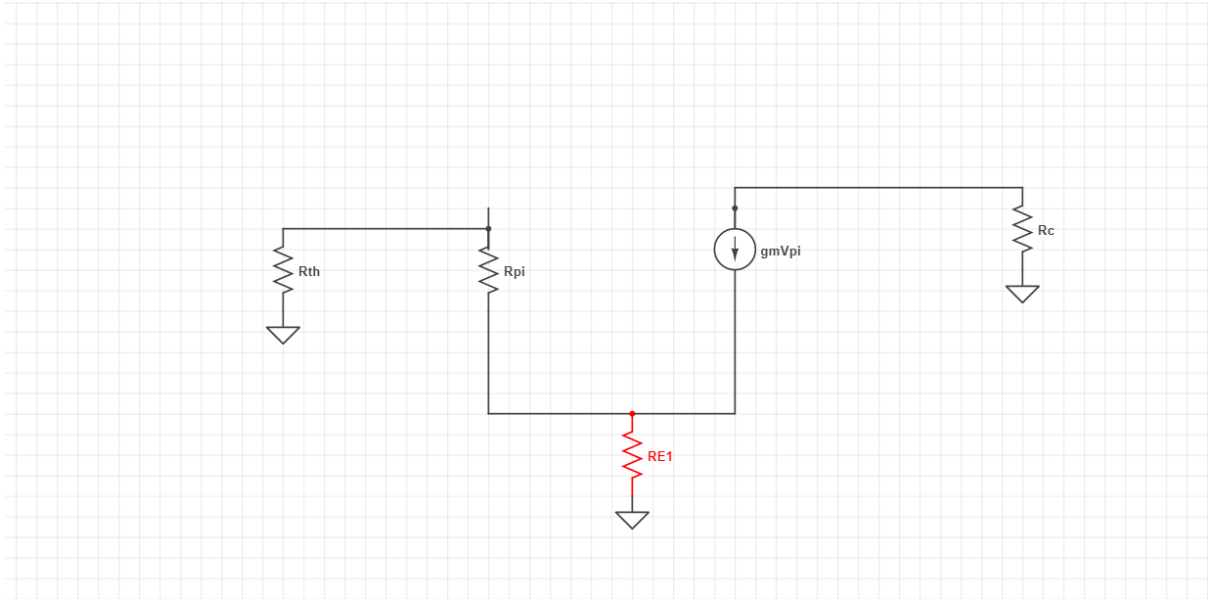
$$R_{th} = (R_1 * R_2) / (R_1 + R_2) \quad (3.3.2)$$

R1 ve R2 eşit olduğu için Vth iki denklemdede 0 oldu.

$$R_{pi} = V_t / I_b \quad (3.3.3)$$

$$g_m = \frac{I_b}{V_t} * B \quad (3.3.4)$$

Bu devrelerin AC grafik 3.9 daki gibidir. Bu devrelerin nasıl çözüldüğüne gelince



Grafik -3.9- (Devrenin AC çözümü)

Bu devrenin ise çözüm formülleri

$$V_{in} = V_{pi} + g_m * V_{pi} * R_{E1} \quad (3.3.5)$$

$$V_{out} = g_m * V_{pi} * R_C \quad (3.3.5)$$

$$V_{out} = g_m * V_{pi} * R_C \quad (3.3.5)$$

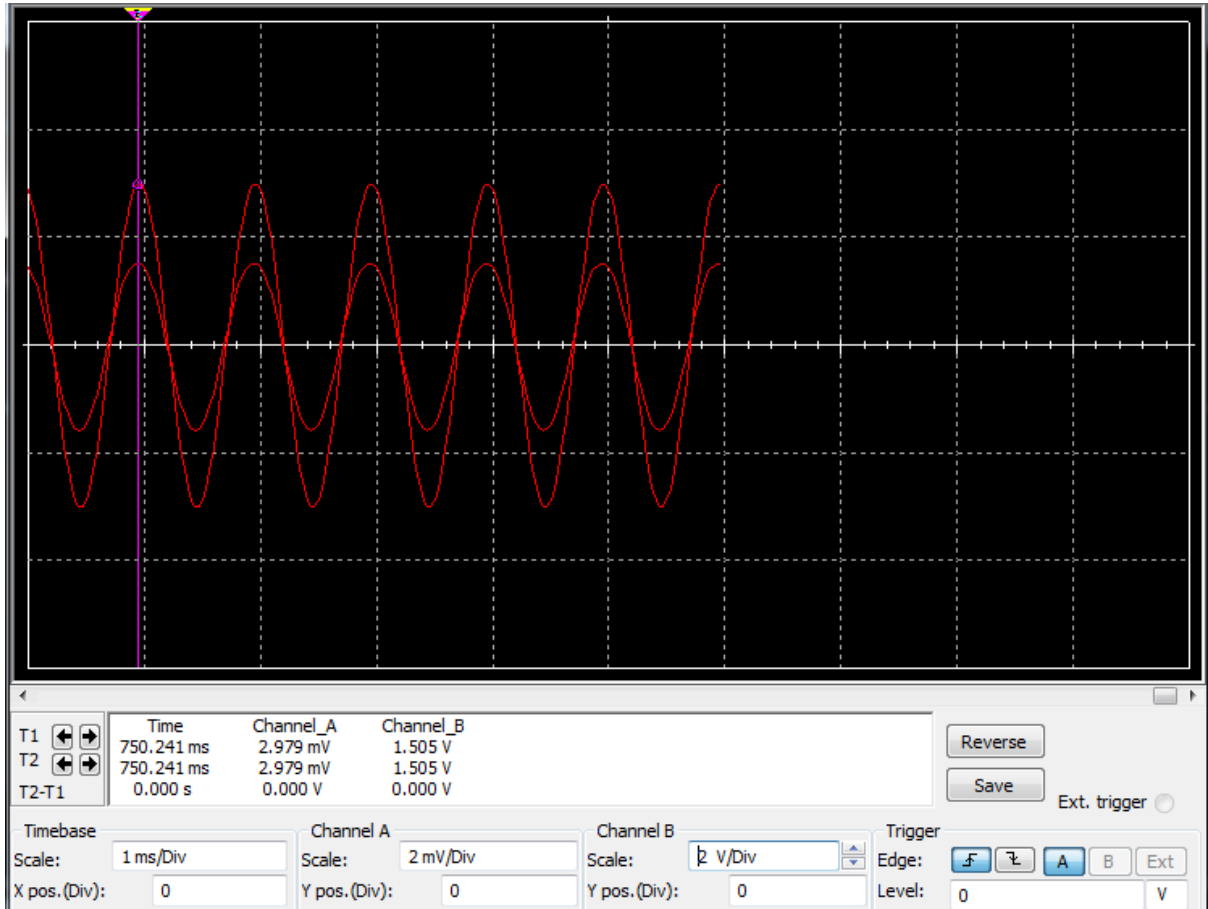
$$A = V_{out} / V_{in} \quad (3.3.5)$$

Bu şekilde kazancı bulmuş olundu devrelerimiz yüksek kazançtan saturasyona girmesinde diye ilk devrenin kazancını yaklaşık 80 ikinci devrenin kazancını yaklaşık 9 olarak ayarladık.

Emitter followerların yaklaşık kazancı %90 iken Amplifier devremizde yaklaşık kazancı %90 dır. Sonuç olarak toplam devremizden elde ettiğimiz kazanç,

$$A=40*18*0.9*0.9*0.9= 524 \text{ çıktı} \quad (3.3.5)$$

Bu bizim elimizle hesapladığımız kazançtır. Simulasyon sonucu olarakta Grafik 3.10 gördüğümüz 505 kazancı elde edildi.



Grafik -10- (505 kazanç)

Peki bu devrelerin kazançlarını nasıl bulduğumuza gelirsek R1 R2 ve Re2 değerlerini sabit seçip Re1 değerleri ile devrenin saturasyonunu kontrol ederek Re1 ve RC yi kullanarak devremizin kazanç değerini bulundu. Devremizin Alçak ve yüksek kesim frekanslarını gain 1 evresindeki C3 ve C6 kapasitörü yardımıyla ayarladandı

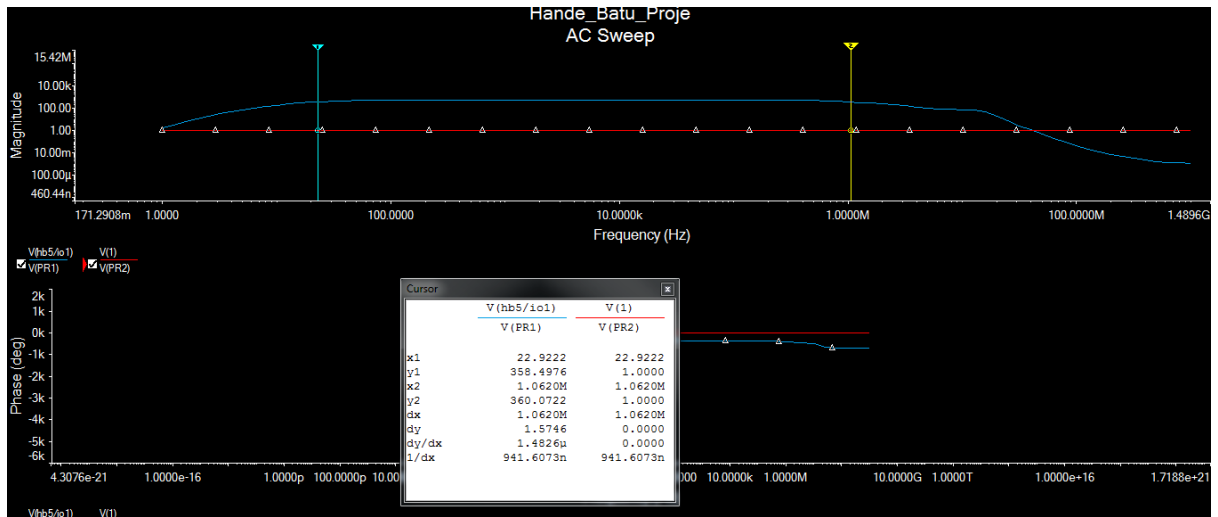
Burda yüksek kesim frekansımızı formülü ile 1Mhz bulundu.

$$FH = 1/(2 * \pi * C6 * R4) \quad (3.4.1)$$

Ve alçak kesim frekansı olan 20Hz yi ise C3 kapasitörü yardımı ile aşağıdaki formüle 20Hz bulundu.

$$FL = 1/(2 * \pi * (Re * (Rs + Rpi) * CE)/(Rs + Rpi + (1 + B) * RE) \quad (3.4.1)$$

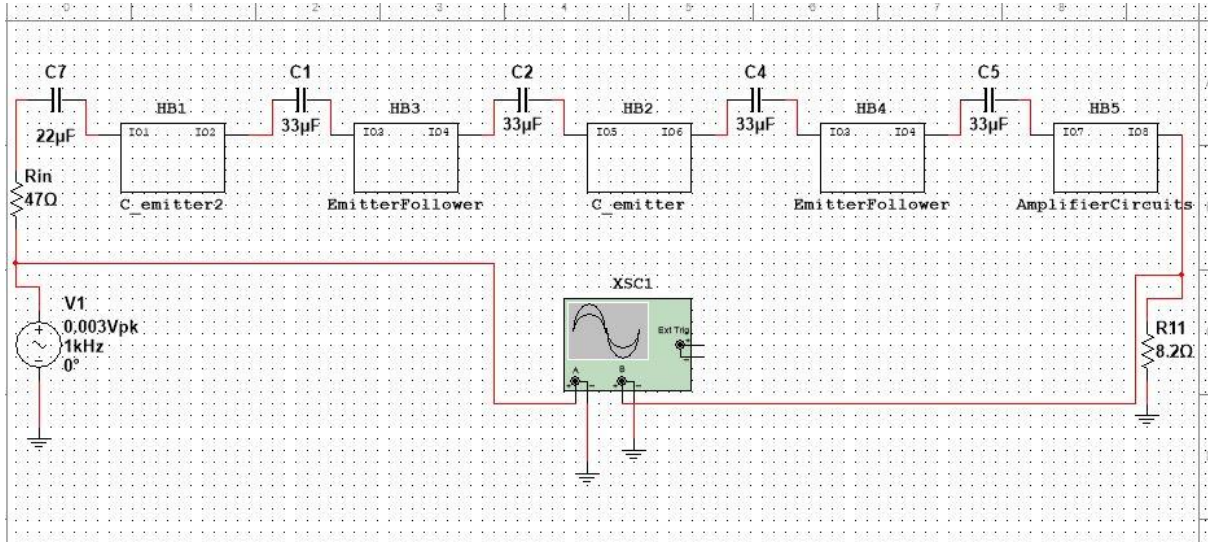
Grafik 3.11 de 20HZ ve 1MHZ kesim frekanslarını görebilirsiniz. 500 kazançlı bir devrenin kesim frekansı 0.7 düştüğü noktadır ve bizim devre için bu değer yaklaşık kazancın 350 olduğu noktadır. Yaklaşık olarak değerlerimiz doğrudur.



Grafik -11- (20Hz-1MHZ cutoff frequency)

4. Ölçüm ve Devrenin Pratik uygulanması:

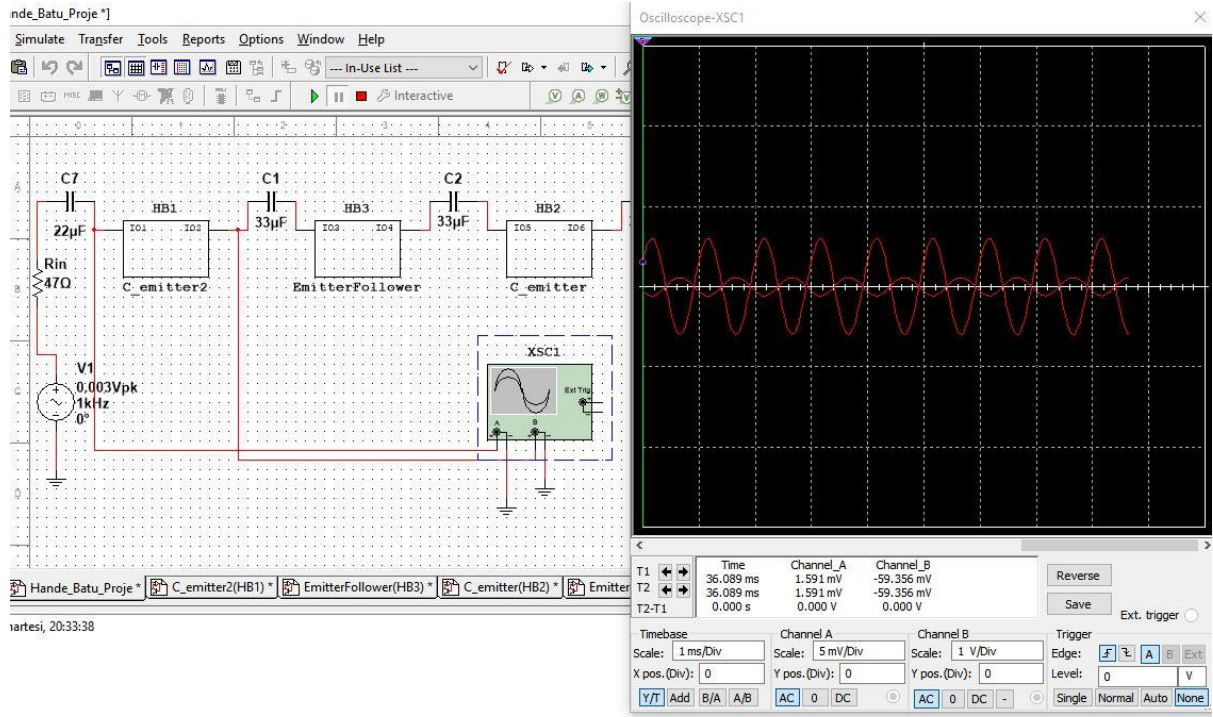
Fakat 3.kısımda teorik olarak bulunan devrenin bazı direnç elemanlarının gerçekte olmamasından dolayı değerlerini birazcık değiştirip devremi gerçekte olan direnç değerleri ile kuruldu. Grafik 4.1 de bütün devreyi görebilirsiniz.



Grafik -4.1- (Genel olarak bütün devre)

4.1 Common emiiter 2 devresinin kazancı:

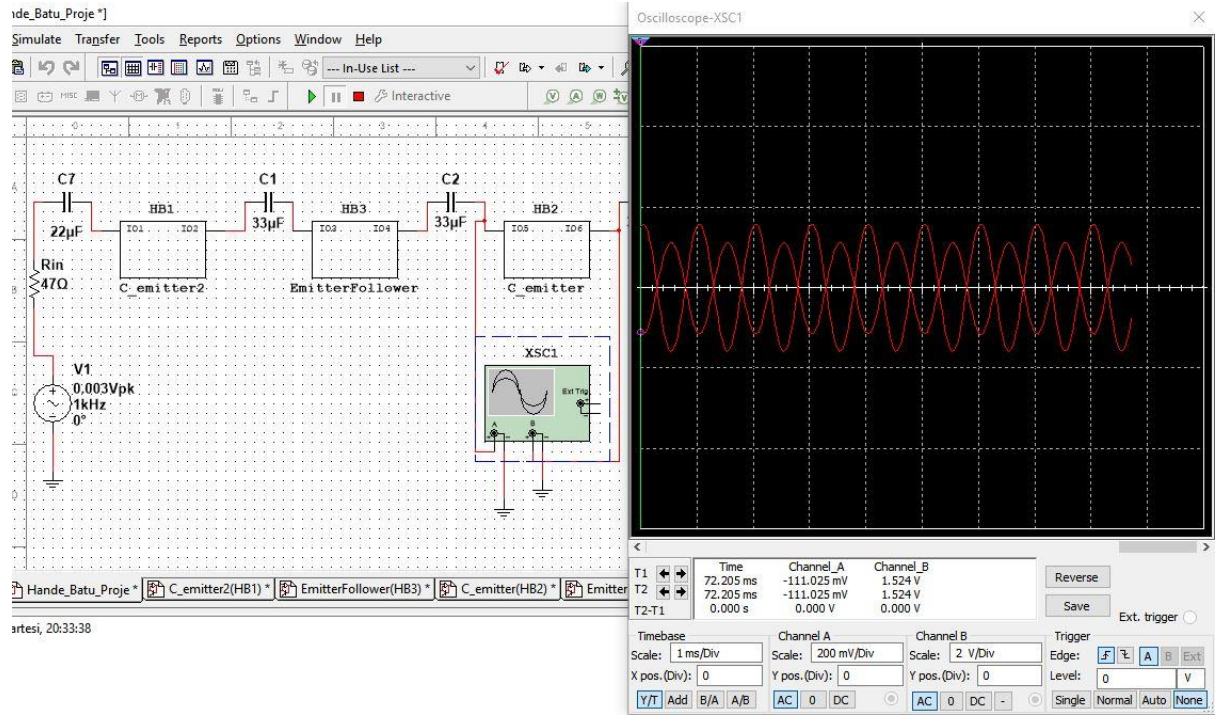
Grafik 4.2 dende görüldüğü üzere CE1 devresinin kazancı yaklaşık olarak 37.5 dir.



Grafik -4.2- (Common Emitter 1 devresi kazanç)

4.2 Common emmitter devresinin kazancı:

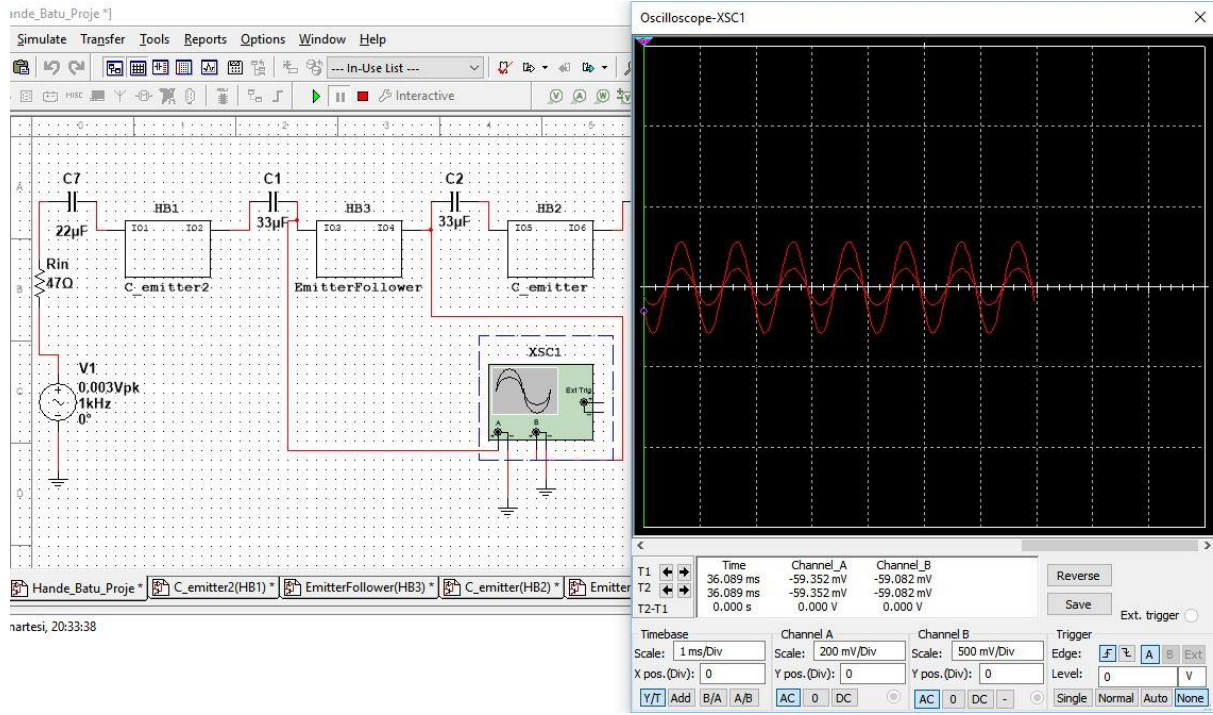
Grafik 4.3 dende görölceği üzere common emitter 2 devresinin toplam kazancı 14 dür.



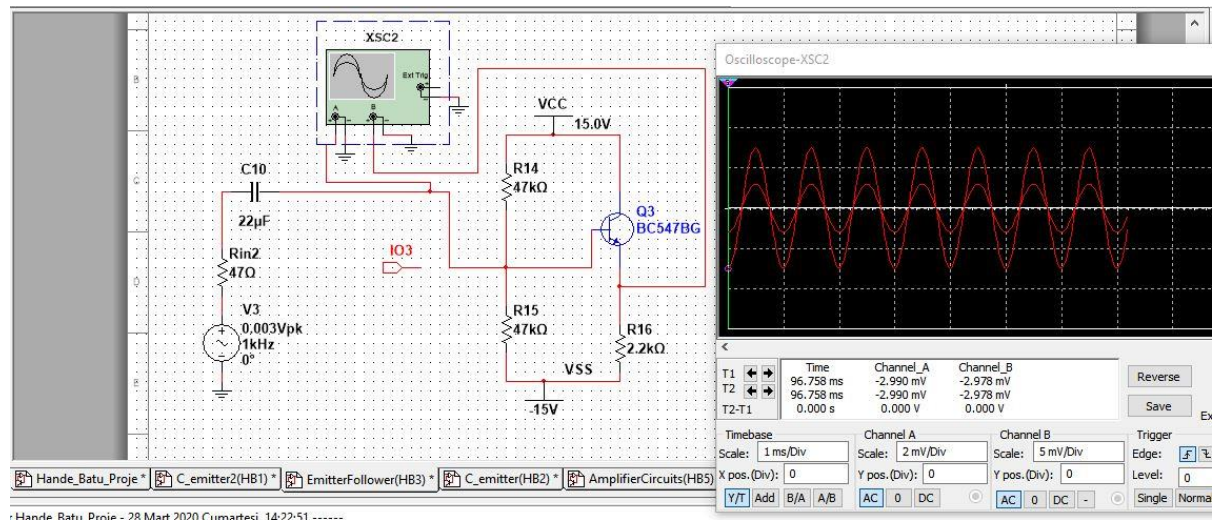
Grafik -4.3- (Common Emitter 2 devrsi kazanç)

4.3 Emittor Follower devrelerinin kazançları:

Grafik 4.4 ve Grafik 4.5 den görüleceği üzere Emittor follower 1 ve Emittor follower 2 devrelerinin toplam kazançları yaklaşık olarak 1 dir.



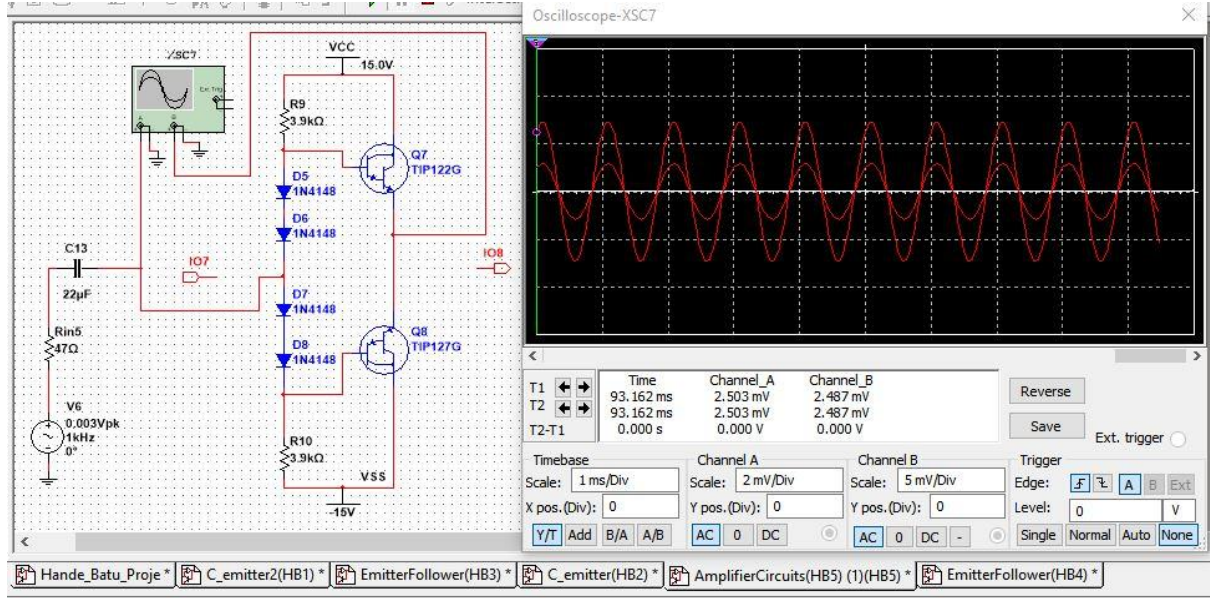
Grafik -4.4- (Emitter Follower sabit kazanç)



Grafik -4.5- (Emitter Follower sabit kazanç)

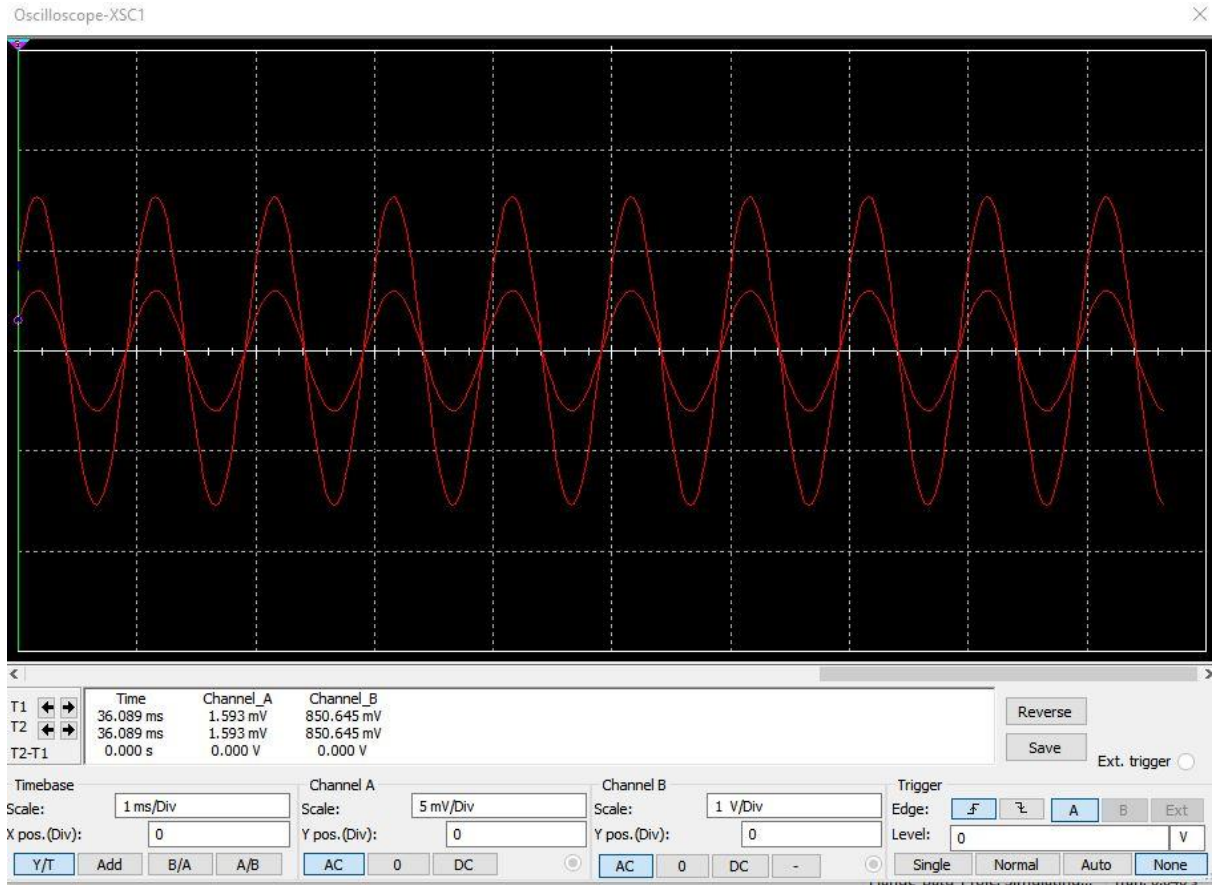
4.4 Amplifier stage kazancı:

Yaklaşık olarak amplifier stage kazancımızda 1 dir. Bunu Grafik 4.6 da görebilirsiniz.

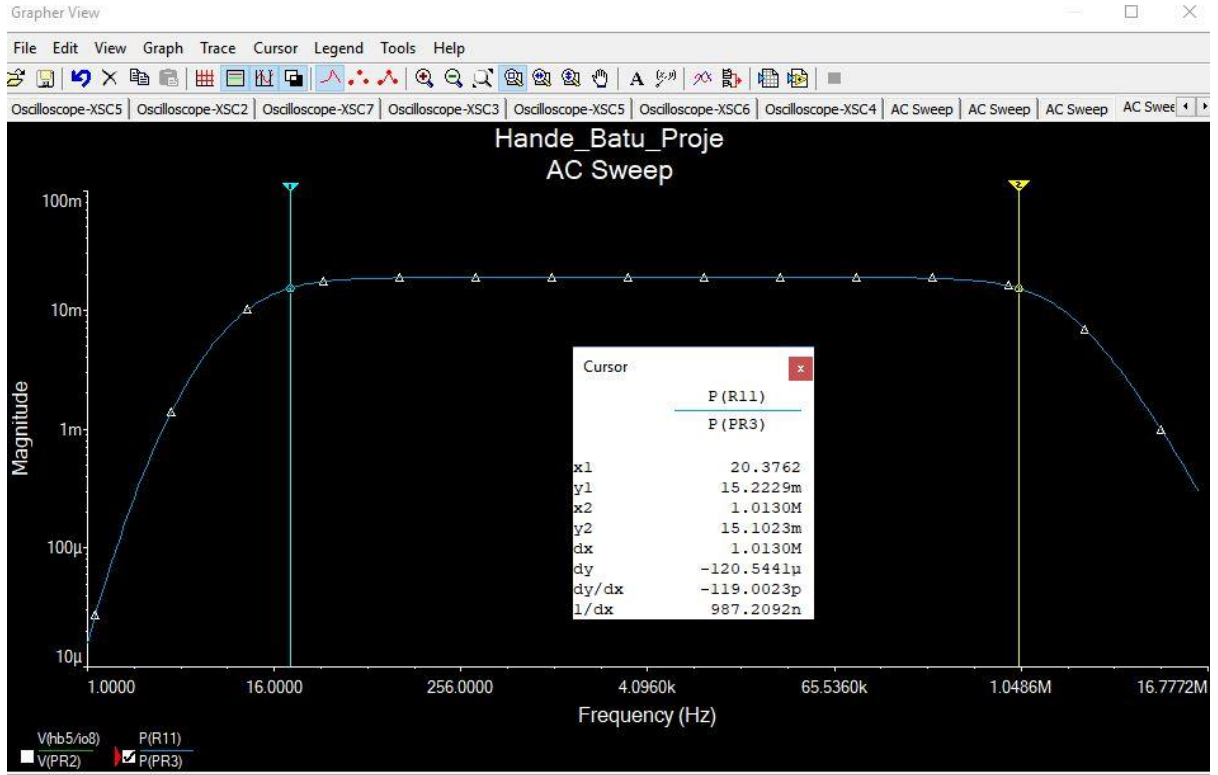


Grafik -4.6- (Amplifier Stage kazancı)

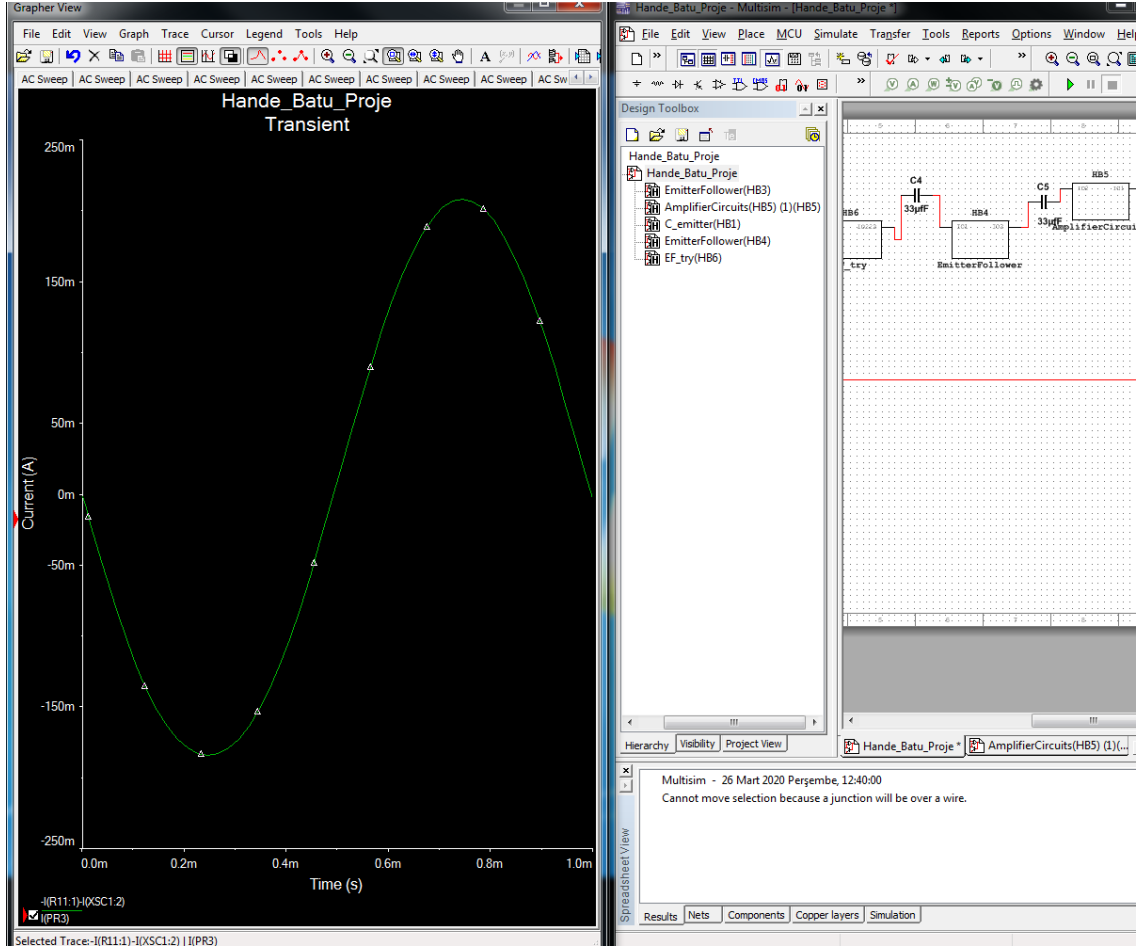
Toplam devrenin kazancı kesim grafik 4.7 de ki gibi yaklaşık olarak 500 grafik 4.8 deki gibi toplam devrenin kesim frekansları 20Hz-1Mhz dir ve son olarak toplam devrenin sahip olduğu RMS değerinde bir önceki kısımda hesapladığımız gibi 5W RMS değerine sahip olduğumuzu grafik 4.9 daki akım değerinden anlılır



- Grafik 4.7- (Bütün devrenin kazancı)



Grafik -4.8- (Kesim Frekansları)



Grafik-4.9- (çekilen akım dan dolayı 5W RMS doğrulandı)

4.5 Ölçüm esnasında beklediğim sıkıntılar:

İlk başta devrenin lehim işlemindeki lehim kalitesinin düşük olacağından dolayı temassızlıklar ve noise oluşması gibi sorunlar beklemekteydim akım çeken transistörlerimde ısınma beklemekteydim bundan dolayı soğutucular alındı. Aynı zamanda devremde devredeki transistorlerin B değerinin sabit olmasından dolayı çok fazla sıkıntı yaşamayacağımı düşünülüyor çünkü devrenin dizaynını yaparken buna göre önlem alıp Gain stage inde bypass capicator kullanıldı.

5. Sonuçlar:

Devrenin başarısını devre başarım tablosunda görebilirsiniz. Sonuçlarımızın yaklaşık olmasının sebebi hesaplamalar esnasında etkisi düşük olan devre elamanlarının yok sayılıp devrenin bazı varsayımlarla özölmesinden dolayı zaten bu devreyi yaklaşık olarak özmesekte pratik uygulamasında yaklaşık sonuçlara ulaşacağız bunun sebebi gerçek dünyada hiçbir şey kesin değil dir ve yaklaşımlardan ibarettir. Yani biz B=130 transistör kullandığımız zaman o transistörün B gerçekte 130 değildir 120 olabilir 100 olabilir ama 130 a yakındır.Yada bu olay direnç içinde geçerlidir. Bizde bu deneyde teorik olarak başarılı bir şekilde çözüp bunu simusyonda göstermiş olduk aynı zamanda uygulamada bunu göstermiş olduk. Tablo 1 de sonuçları görebilirsiniz.

Tablo 1: Devre Başarım Tablosu

	El Hesabı	Simlasyon Programı Sonuçları
Yüksek Eşik Frekansı	Yaklaşık 1MHz	Yaklaşık 1MHz
Düşük Eşik Frekansı	Yaklaşık 20Hz	Yaklaşık 20Hz
8 W Yük İle Gerilim Kazancı	Yaklaşık 500	Yaklaşık 500
Güç Tüketimi	Yaklaşık 5W RMS	Yaklaşık 5W RMS
Giriş Direnci	Yaklaşık 47 Ohm	47 Ohm

Çıkış Direnci	8 Ohm	8.2 Ohm
Maksimum Çıkış Salınımı	4 Volt	3.90Volt

6.BOM Listesi:

Tasarlamamı ihtiyacımız olan devre elemanlarının BOM listesini grafik 6.1 de görebilirsiniz.

	A	B	C	D
1	Malzeme Türü	Malzemenin Kodu - Değeri	Malzemenin Miktarı	Satıcı Firma ve Satın Alınacak Link
2	Diyot	1N4148	4	https://www.direnc.net/1n4148-diyot-mic
3	Transistör	BC547BG	2	https://www.direnc.net/bc547-100ma-45v-npn-si-small-signal-transistor-to-92
4	Transistör	BC238BP	2	https://www.direnc.net/bc238-100ma-20v-npn-si-small-signal-transistor-to-92
5	Transistör	TIP122	1	https://www.direnc.net/tip122-5a-100v-npn-si-power-transistor-to-220ab
6	Transistör	TIP127	1	https://www.direnc.net/tip127-5a-100v-pnp-si-power-transistor-to-220ab
7	Direnç	220kΩ	5	https://www.robomarket.com.tr/200k-direnc-1-adet-1-4w?gclid=Cj0KCQiw6_vzBF
8	Direnç	75kΩ	4	https://www.direnc.net/68k-14w-direnc
9	Direnç	47kΩ	1	https://www.direnc.net/47k-14w-direnc
10	Direnç	5.6kΩ	1	https://www.direnc.net/56k-14w-direnc-1
11	Direnç	3.9kΩ	1	https://www.direnc.net/39k-14w-direnc-1
12	Direnç	2.2kΩ	2	https://www.direnc.net/22k-14w-direnc-1
13	Direnç	1.5kΩ	2	https://www.direnc.net/15k-14w-direnc-1
14	Direnç	1.2kΩ	1	https://www.direnc.net/15k-14w-direnc-11876
15	Direnç	68Ω	1	https://www.direnc.net/68r-14w-direnc
16	Direnç	56Ω	1	https://www.direnc.net/56r-14w-direnc
17	Direnç	47Ω	1	https://www.direnc.net/47r-14w-direnc
18	Direnç	8.2Ω	1	https://www.arkotekelektronik.com/8.2r-5w-tas-direnc?gclid=Cj0KCQiw6_vzBRCI
19	Kapasitör	470uF	1	https://www.direnc.net/470-uf
20	Kapasitör	33uF	4	https://www.direnc.net/33-uf
21	Kapasitör	22uF	1	https://www.direnc.net/22-uf
22	Kapasitör	1pF	1	https://www.direnc.net/1pf-63v
23	Kapasitör	220uF	1	https://www.direnc.net/220-uf

Grafik -6.1-

7. Kaynakça:

1.https://piazza.com/tobb_etu/spring2020/ele311/resources

2.Microelectronics Circuit Analysis and Design (Donald A. Neamen)

