

به نام خدا

الکترونیک ۲

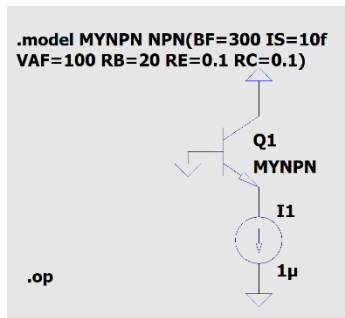
پروژه ۱

علی کوچک زاده (۴۰۰۱۰۱۸۳۷)

شهناز پوربرقی (۴۰۰۱۰۰۸۷۶)

۱- ابتدا V_{BE} و $V_{CE(sat)}$ را برای ترانزیستور NPN بدست می آوریم.

برای اینکار مدار زیر را در SPICE شبیه سازی میکنیم و به کمک آن ولتاژ V_{BE} را بدست می آوریم.

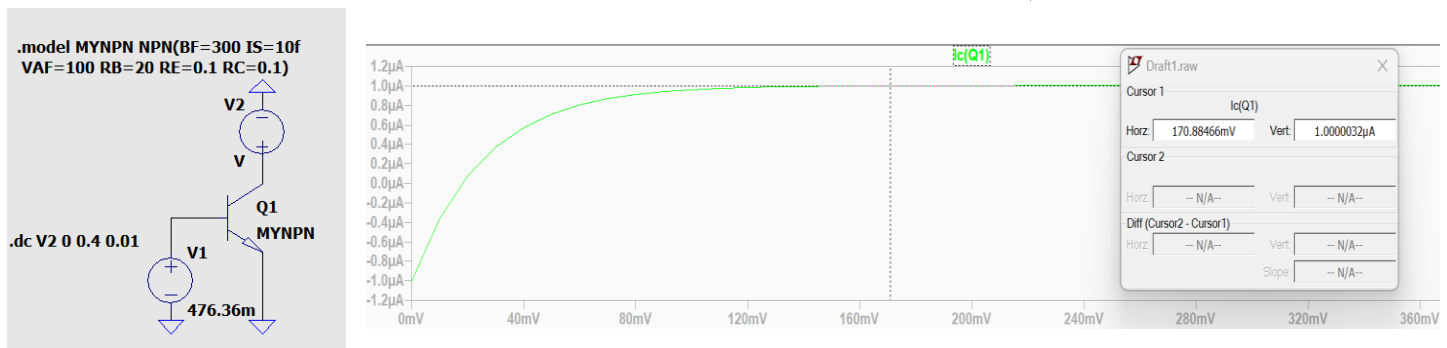


--- Operating Point ---

V(n001) :	-0.476364	voltage
Ic(Q1) :	9.96677e-007	device_current
Ib(Q1) :	3.32273e-009	device_current
Ie(Q1) :	-1e-006	device_current
I(I1) :	1e-006	device_current

برای مثال در شکل بالا ولتاژ V_{BE} را برای جریان $I_c=1\mu A$ را بدست آوردیم که برابر $476.36mV$ است. به طور مشابه برای بقیه جریان کار هم این ولتاژ را بدست می آوریم و در جدول می نویسیم.

سپس برای بدست آوردن ولتاژ $V_{CE(sat)}$ از مدار زیر استفاده می کنیم و چون ولتاژ V_{BE} را داریم پس نمودار جریان I_c را برحسب ولتاژ V_{CE} نشان می دهیم.

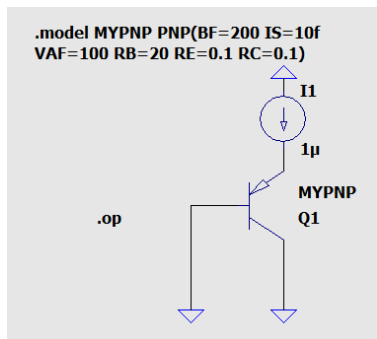


همانطور که در شکل بالا مشخص است برای جریان $I_c=1\mu A$ ولتاژ $V_{CE(sat)}$ برابر $170.89mV$ میباشد. برای بقیه جریان های I_c روند مشابه را تکرار می کنیم و در جدول می نویسیم.

I_c	1uA	10uA	100uA	1mA	10mA
$V_{BE(on)}$	476.36mV	535.92mV	595.49mV	655.20mV	716.25mV
$V_{CE(sat)}$	170.89mV	182.35mV	188.20mV	195.39mV	213.82mV

اکنون V_{BE} و $V_{CE(sat)}$ را برای ترانزیستور PNP بدست می آوریم.

برای بدست آوردن ولتاژ V_{BE} مدار زیر را در SPICE استفاده می کنیم و داریم :

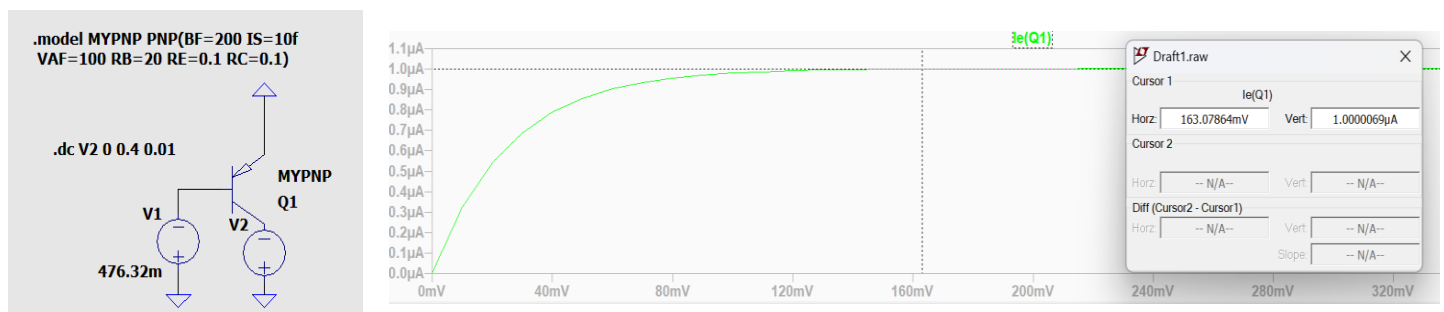


--- Operating Point ---

```
V(n001) :      0.476321      voltage
Ic(Q1) :      -9.95024e-007 device_current
Ib(Q1) :      -4.9756e-009 device_current
Ie(Q1) :      1e-006       device_current
I(I1) :      1e-006       device_current
```

برای مثال در شکل بالا ولتاژ V_{BE} را برای جریان $I_c = 1\mu A$ را بدست آوردیم که برابر $-476.32mV$ است. به طور مشابه برای بقیه جریان کار هم این ولتاژ را بدست می آوریم و در جدول می نویسیم.

سپس برای بدست آوردن ولتاژ $V_{CE(sat)}$ از مدار زیر استفاده می کنیم و چون ولتاژ V_{BE} را داریم پس نمودار جریان I_c را برحسب ولتاژ V_{CE} نشان می دهیم.

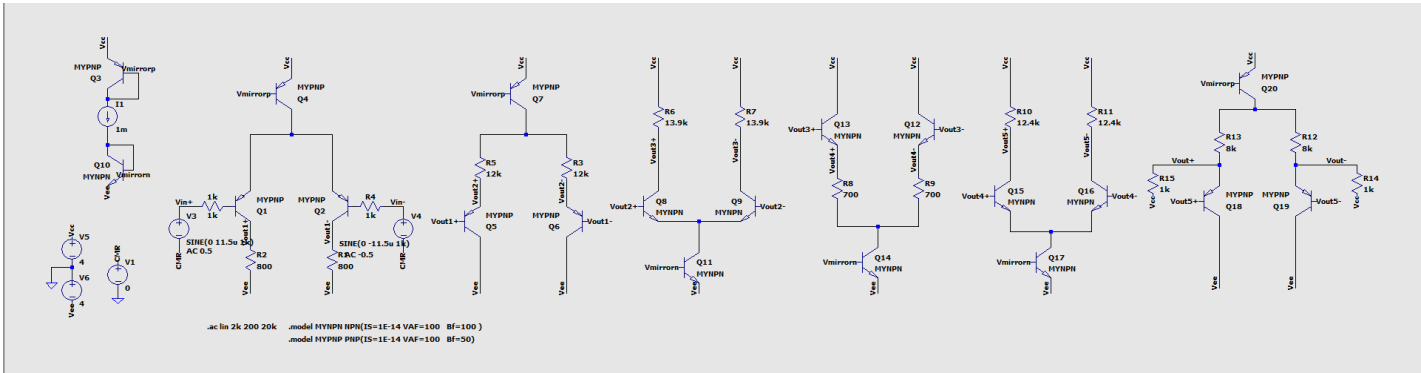


همانطور که در شکل بالا مشخص است برای جریان $I_c = 1\mu A$ ولتاژ $V_{CE(sat)}$ برابر $163.07mV$ می باشد. برای بقیه جریان های I_c روند مشابه را تکرار می کنیم و در جدول می نویسیم.

I_c	1uA	10uA	100uA	1mA	10mA
$V_{BE(on)}$	476.32mV	535.88mV	595.45mV	655.19mV	716.54mV
$V_{CE(sat)}$	163.07mV	177.21mV	188.59mV	193.73mV	205.57mV

ترانزیستور PNP

۲- تقویت کننده زیر را طراحی میکنیم و در SPICE شبیه سازی می کنیم.



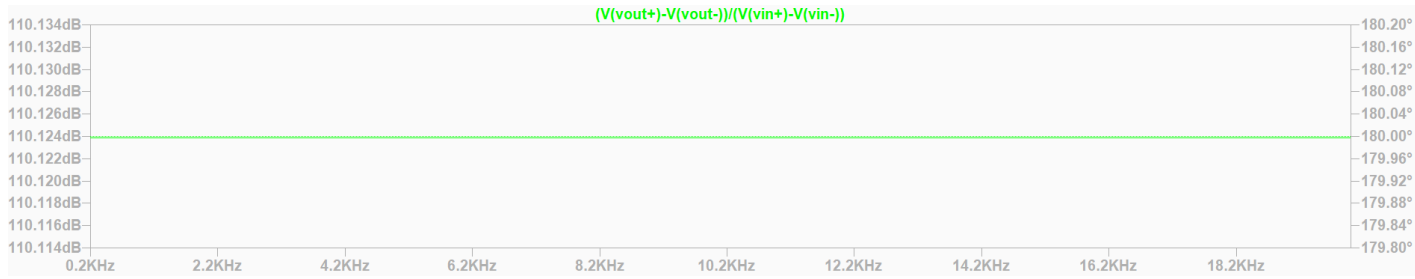
برای تحلیل DC داریم :

```

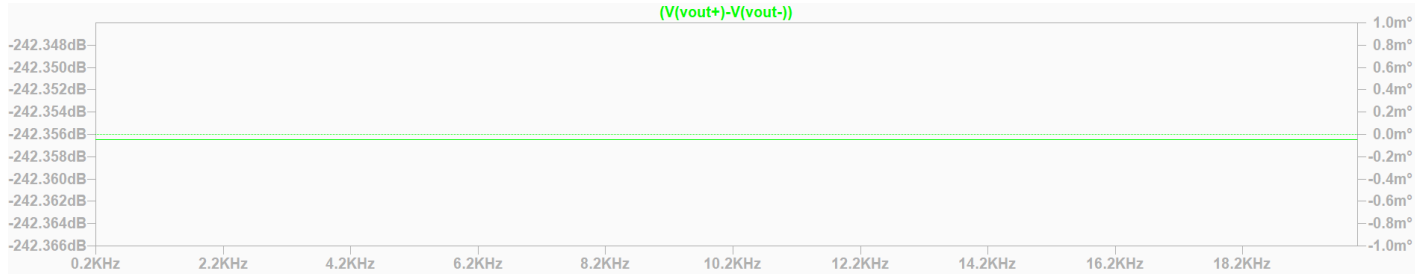
-- Operating point ---
V(in-):      0      voltage      Ic(Q14):      0.000951637      device_current
V(n05):      0.00900275      voltage      Ib(Q14):      9.53828e-006      device_current
V(vin+):     0      voltage      Ic(Q14):      -0.000961175      device_current
V(vmr):      0      voltage      Ic(Q13):      0.004075858      device_current
V(n004):     0.00900275      voltage      Ib(I13):      4.46336e-006      device_current
V(vcc):      -4      voltage      Ic(Q13):      -0.000480332      device_current
V(vin-):     -4      voltage      Ic(Q12):      0.000475858      device_current
V(vmirrnp):  -3.34687      voltage      Ib(I12):      4.46336e-006      device_current
V(n002):      0.643476      voltage      Ic(I12):      -0.000480332      device_current
V(vmirrn):   -3.3461      voltage      Ib(I12):      0.000932753      device_current
V(vout1+):   -3.61961      voltage      Ib(I17):      1.75643e-005      device_current
V(vin1):     -3.61961      voltage      Ic(I17):      -0.000950317      device_current
V(vout2+):   -2.98509      voltage      Ic(I16):      0.000461873      device_current
V(vin2):     -2.98509      voltage      Ib(I16):      9.53828e-006      device_current
V(vout2-):   -2.98509      voltage      Ic(I16):      -0.000466376      device_current
V(n003):     2.61128      voltage      Ic(I15):      0.000461873      device_current
V(vout3+):   -2.60768      voltage      Ib(I15):      4.50334e-006      device_current
V(vin3):     -2.60768      voltage      Ic(I15):      -0.000466376      device_current
V(vout3-):   -2.60768      voltage      Ic(Q11):      0.000951201      device_current
V(vout5+):   -0.67969      voltage      Ib(I11):      9.53861e-006      device_current
V(vin5):     -0.67969      voltage      Ic(I11):      -0.00096074      device_current
V(vout4+):   -3.24194      voltage      Ib(I10):      0.000533821      device_current
V(vin4):     -3.24194      voltage      Ic(I10):      9.53821e-006      device_current
V(vout4-):   -3.24194      voltage      Ib(I10):      -0.000963359      device_current
V(n007):     -3.57501      voltage      Ic(Q9):      0.000479059      device_current
V(vout+):    0.0126846      voltage      Ib(Q9):      1.69139e-006      device_current
V(vout-):    0.0126846      voltage      Ic(Q9):      -0.000475601      device_current
V(n001):     3.70308      voltage      Ic(Q8):      0.000479059      device_current
Ic(Q14):     0.000951637      device_current      Ib(Q8):      4.69139e-006      device_current
Ib(Q14):     9.53828e-006      device_current      Ic(Q8):      -0.000475601      device_current
Ic(Q14):     -0.000961175      device_current      Ib(Q20):      -0.0009226      device_current
Ib(Q14):     0.000951637      device_current      Ib(Q20):      -1.85279e-005      device_current
Ic(Q20):     0.000941128      device_current      Ic(Q19):      -0.000364614      device_current
Ib(Q19):     -8.44778e-005      device_current      Ib(Q19):      0.000448662      device_current
Ic(Q18):     0.000448662      device_current      Ic(Q18):      -0.000364614      device_current
Ib(Q18):     -8.44778e-005      device_current      Ib(Q18):      0.000448662      device_current
Ic(Q17):     -0.000327278      device_current      Ic(Q17):      -1.85183e-005      device_current
Ib(Q17):     -0.00051246      device_current      Ic(Q16):      0.00051246      device_current
Ic(Q16):     0.000452654      device_current      Ib(Q16):      9.53828e-006      device_current
Ib(Q6):      -9.51877e-006      device_current      Ic(Q6):      0.000461673      device_current
Ic(Q5):      0.000452654      device_current      Ib(Q5):      9.53828e-006      device_current
Ib(Q5):      -9.51877e-006      device_current      Ic(Q5):      0.000461673      device_current
Ic(Q2):      0.000466471      device_current      Ib(Q2):      9.53828e-006      device_current
Ib(Q2):      -0.000466471      device_current      Ic(Q1):      0.000475474      device_current
Ic(Q1):      0.000475474      device_current      Ib(Q1):      9.53828e-006      device_current
Ib(Q1):      -9.53828e-006      device_current      Ic(Q4):      0.000950594      device_current
Ib(Q4):      -1.85183e-005      device_current      Ic(Q4):      0.000969467      device_current
Ib(Q3):      0.000929591      device_current      Ic(Q3):      -1.85183e-005      device_current
Ib(Q3):      -1.85183e-005      device_current      Ic(Q1):      0.000944435      device_current
Ib(Q1):      0.001      device_current      Ic(Q1):      0.000944332      device_current
Ib(Q1):      -0.00398732      device_current      Ic(R15):      -0.00398732      device_current
Ib(R14):      0.0004613      device_current      Ic(R14):      -0.00398732      device_current
Ib(R13):      0.0004613      device_current      Ic(R13):      0.0004613      device_current
Ib(R12):      0.0004613      device_current      Ic(R12):      0.0004613      device_current
Ib(R9):      0.000475819      device_current      Ic(R9):      0.000475819      device_current
Ib(R8):      0.000475819      device_current      Ic(R8):      0.000475819      device_current
Ib(R1):      0.000377395      device_current      Ic(R1):      0.000377395      device_current
Ib(R10):      0.000377395      device_current      Ic(R10):      0.000377395      device_current
Ib(R5):      0.000466364      device_current      Ic(R5):      0.000466364      device_current
Ib(R3):      0.000466364      device_current      Ic(R3):      0.000466364      device_current
Ib(R2):      0.00047549      device_current      Ic(R2):      0.00047549      device_current
Ib(R1):      0.00047549      device_current      Ic(R1):      0.00047549      device_current
Ib(R7):      0.000475373      device_current      Ic(R7):      0.000475373      device_current
Ib(R6):      0.000475373      device_current      Ic(R6):      0.000475373      device_current
Ib(R1):      9.00275e-006      device_current      Ic(R1):      9.00275e-006      device_current
Ib(R4):      -9.00275e-006      device_current      Ic(R4):      -9.00275e-006      device_current
Ib(V1):      1.80055e-005      device_current      Ic(V1):      1.80055e-005      device_current
Ib(V5):      -0.0144202      device_current      Ic(V5):      -0.0144202      device_current
Ib(V6):      -0.0144382      device_current      Ic(V6):      -0.0144382      device_current
Ib(V4):      9.00275e-006      device_current      Ic(V4):      9.00275e-006      device_current
Ib(V3):      9.00275e-006      device_current      Ic(V3):      9.00275e-006      device_current

```

گین دیفرانسیلی مدار برابر است با

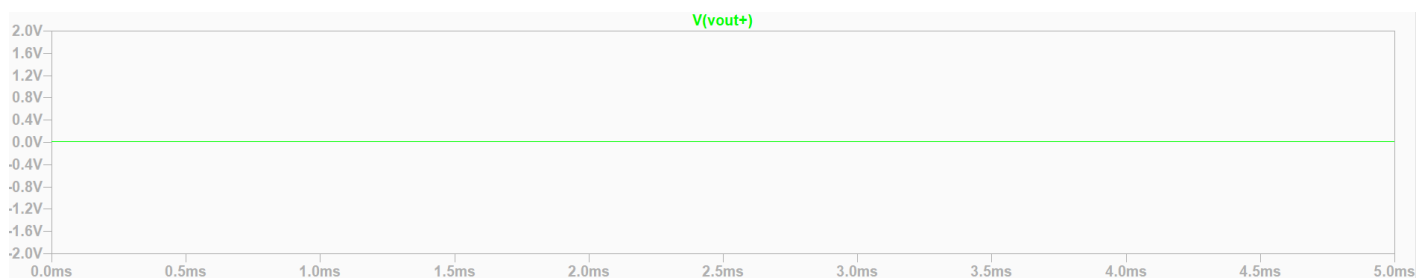


گین مد مشترک مدار برابر است با

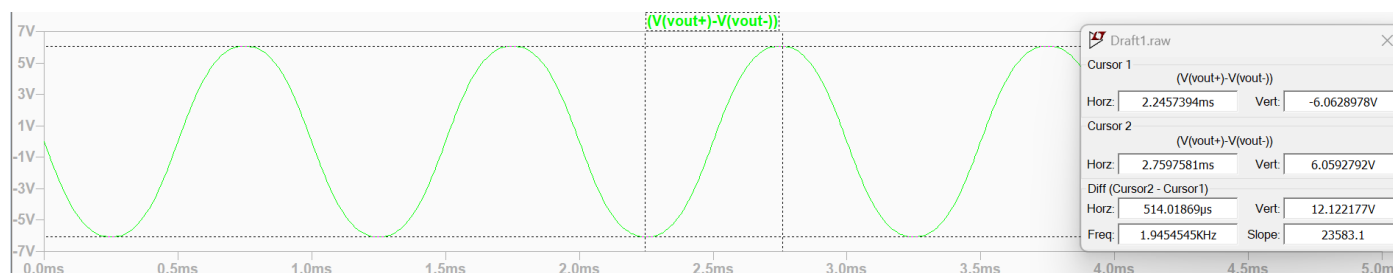


$$\text{CMRR} = 110\text{dB} - (-242\text{dB}) = 352 \text{ dB}$$

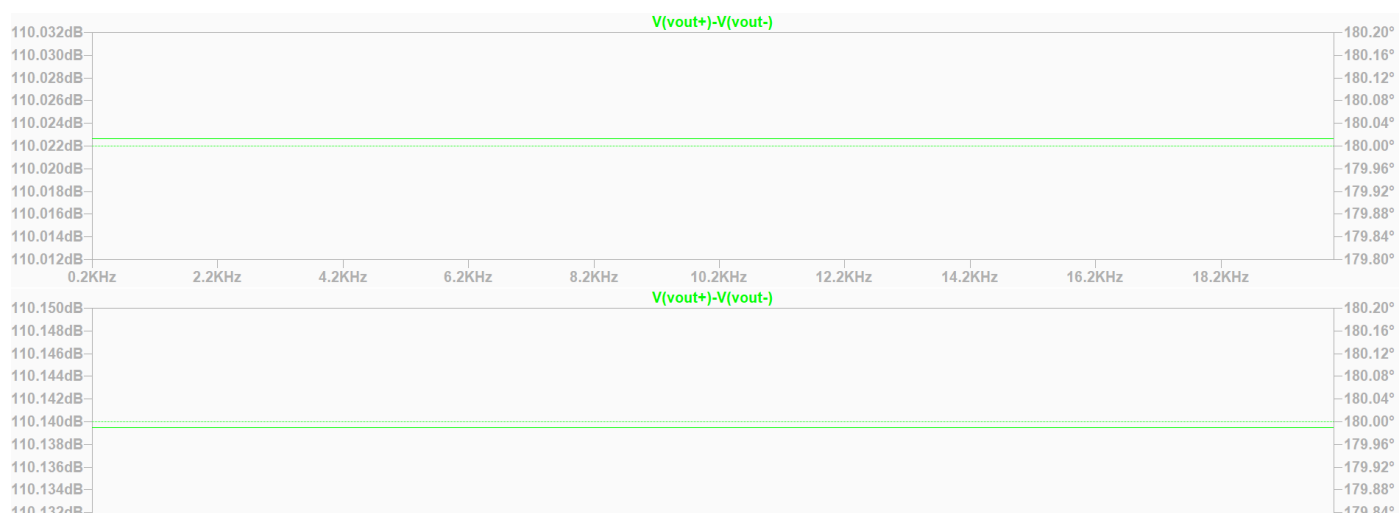
برای ورودی 0 خروجی برابر است با



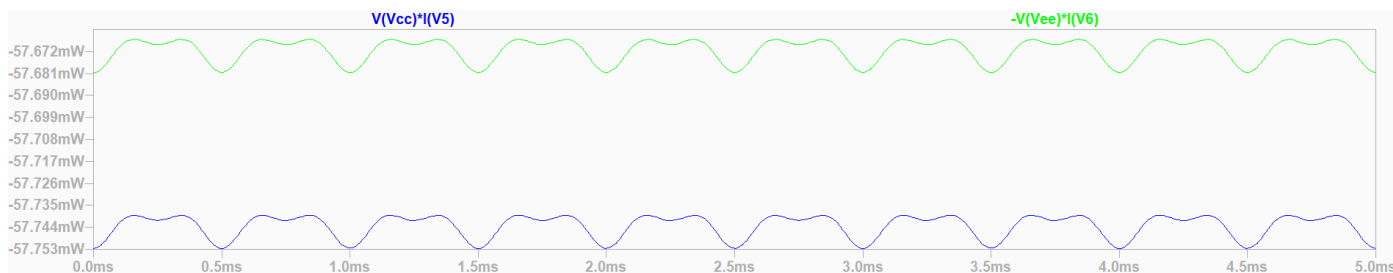
سوینگ مدار برابر است با



یک بار ورودی مد مشترک مدار را 2.5 و یک بار 4- قرار می دهیم و بهره مدار برابر است با



توان مصرفی مدار برابر است با مجموع توان تولید شده توسط منبع ولتاژ های V_{cc} و V_{EE}



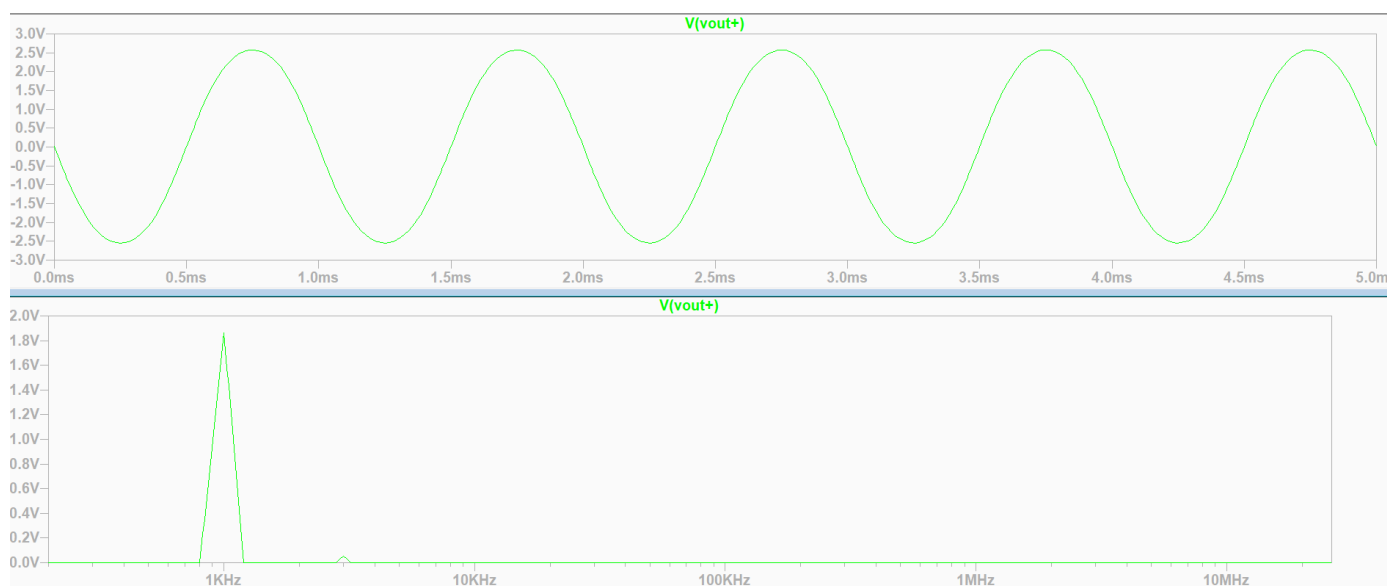
$$P = 57.672\text{mW} + 57.744\text{mW} = 115.416\text{ mW}$$

روش طراحی : طراحی کلی مدار به این صورت است که از بار مقاومتی استفاده شده است و دارای ۳ طبقه گین و ۳ طبقه بافر است و یک منبع جریان ایده آل ۱ میلی آمپری داریم که از آن کپی میگیریم در نتیجه جریان کار های مدار برابر نیم میلی آمپر میباشد.

در طبقه اول از طبقه گین استفاده شده است و برای اینکه بتواند از ورودی مشترک 4- تا 2.5 ولت پشتیبانی کند پس حتما باید از PNP استفاده شود. در نتیجه تغییرات بیس، تغییرات امیتر برابر است با 3.3- تا 3.2 ولت و چون امیتر باید حداقل 0.2 ولت از کالکتور بیشتر باشد پس ولتاژ کالکتور را 3.6- ولت در نظر میگیریم تا از اشباع نشدن ترانزیستور مطمئن شویم پس یک مقاومت ۸۰۰ اهمی در کالکتور طبقه اول قرار میگیرد و در نتیجه ولتاژ این نقطه نیز در 3.6- ولت ثابت می شود.

در طبقه دوم و ششم از یک یک بافر PNP استفاده می کنیم تا طبقه های گین لود نشود در طبقه سوم و پنجم از یک مدار گین NPN استفاده میکنیم همچنین در طبقه چهارم نیز از بافر NPN استفاده می کنیم.

۳- سوینگ مدار را روی 5 ولت قرار میدهم و از خروجی FFT میگیریم



در شکل موج تولید شده فقط هارمونیک ۳ ام موجود است.

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1} = \frac{\sqrt{52.9m^2}}{1831m} = 0.0289 = 2.89\%$$