

بسم تعالی



آزمایشگاه الکترونیک ۲

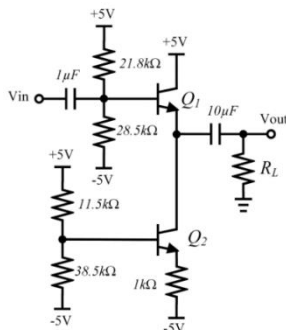
پیش گزارش آزمایش ۵

امیرحسین زاهدی ۹۹۱۰۱۷۰۵

تابستان ۱۴۰۲

## بخش اول:

محاسبه دستی:



شکل ۱: شماتیک مدار کلکتور مشترک با منبع جریان

$$I_{C1} = \beta I_{B1} = I_{C2} = \beta I_{B2} \Rightarrow I_C = 150 I_B$$

$$\frac{V_{B2} + \Delta - 0.7}{1k} = I_C \Rightarrow V_{B2} = I_C - 0.7$$

$$\frac{\Delta - V_{B1}}{11.5k} - I_B = \frac{V_{B2} + \Delta}{21.8k} \Rightarrow \frac{\Delta - V_{B1}}{11.5k} - \frac{V_{B2} + \Delta}{150 \times 21.8k} = \frac{V_{B2} + \Delta}{21.8k}$$

$$\Rightarrow 0.12V = V_{B2} \times 0.12 \Rightarrow V_{B2} = 2.12V \quad I_B = 0.0082mA$$

$$\Rightarrow I_C = 4.14mA$$

$$\frac{\Delta - V_{B1}}{21.8k} - 0.0082 = \frac{V_{B2} + \Delta}{21.8k} \Rightarrow 9.92 \times 10^{-3} = 11 \times 10^{-3} V_{B1} \Rightarrow$$

$$V_{B1} = 0.122V \Rightarrow V_{E1} = V_{C2} = -0.571V, \quad V_{E2} = 1.9V$$

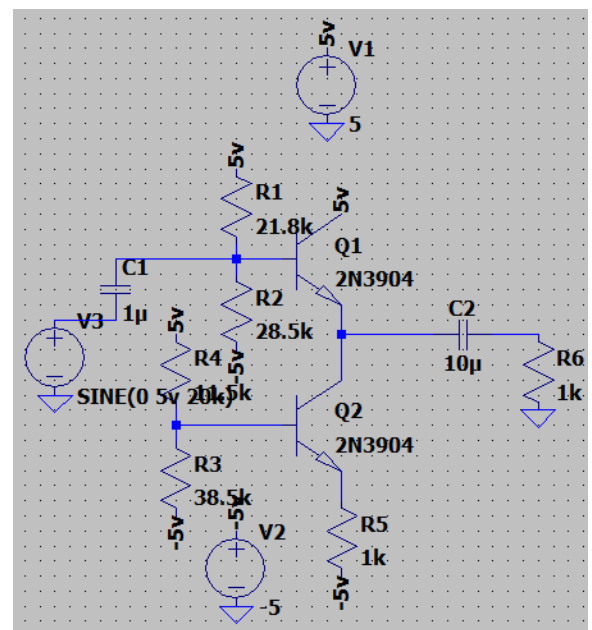
میزان ولت در خروجی برابر  $\frac{0.571}{150}$  ولت است.

## شبیه سازی:

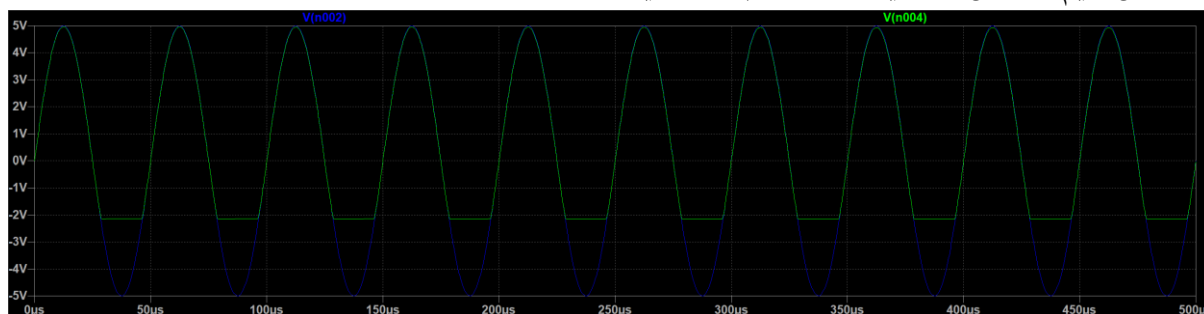
ابتدا بایاس مدار را بدست می آوریم.

### --- Operating Point ---

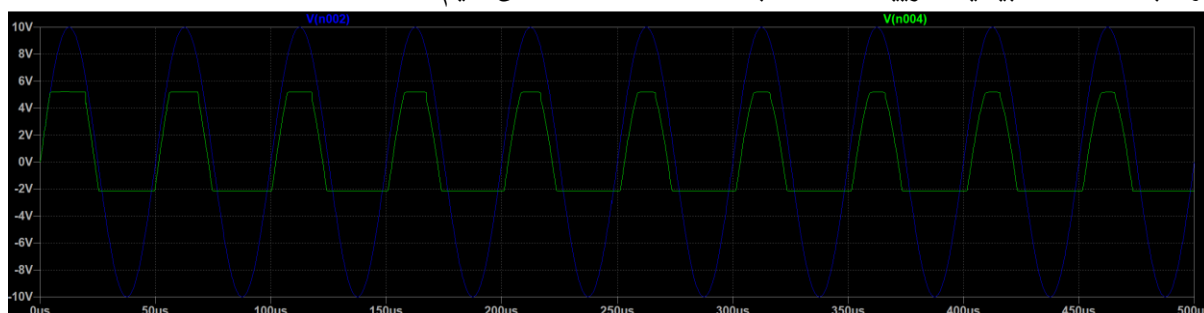
|           |               |                |
|-----------|---------------|----------------|
| V(5v) :   | 5             | voltage        |
| V(n001) : | 0.487711      | voltage        |
| V(n003) : | -0.206055     | voltage        |
| V(n005) : | 0.452053      | voltage        |
| V(n006) : | -0.253924     | voltage        |
| V(-5v) :  | -5            | voltage        |
| V(n004) : | -9.68458e-016 | voltage        |
| V(n002) : | 0             | voltage        |
| Ic(Q2) :  | 0.00449221    | device_current |
| Ib(Q2) :  | 0.000253862   | device_current |
| Ie(Q2) :  | -0.00474608   | device_current |
| Ic(Q1) :  | 0.00447778    | device_current |
| Ib(Q1) :  | 1.44345e-005  | device_current |
| Ie(Q1) :  | -0.00449221   | device_current |
| I(C2) :   | 2.06055e-018  | device_current |
| I(C1) :   | 4.87711e-019  | device_current |
| I(R6) :   | -2.06055e-018 | device_current |
| I(R5) :   | 0.00474608    | device_current |
| I(R4) :   | 0.000395474   | device_current |
| I(R3) :   | 0.000141612   | device_current |
| I(R2) :   | 0.000192551   | device_current |
| I(R1) :   | 0.000206986   | device_current |
| I(V3) :   | 4.87711e-019  | device_current |
| I(V2) :   | 0.00508024    | device_current |
| I(V1) :   | -0.00508024   | device_current |



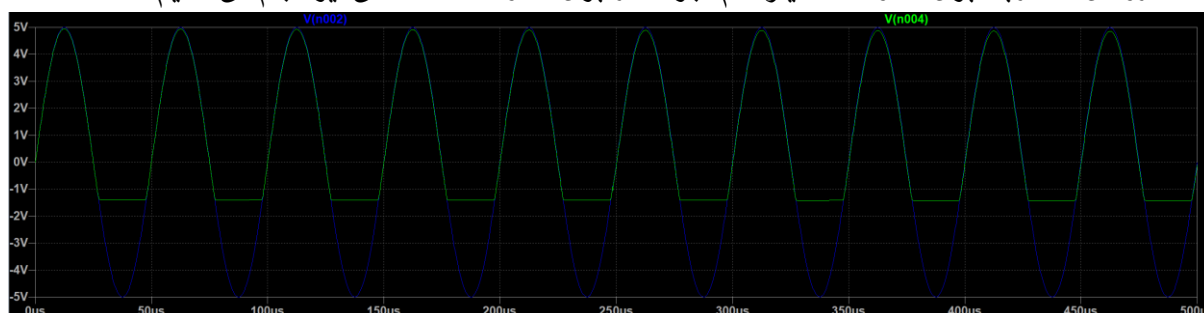
مقاومت خروجی را برابر ۱ کیلو هرتز قرار می دهیم و به ورودی ولتاژ سینوسی با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۲۰ کیلو هرتز اعمال می کنیم. خروجی در تحلیل transient به شکل زیر است:



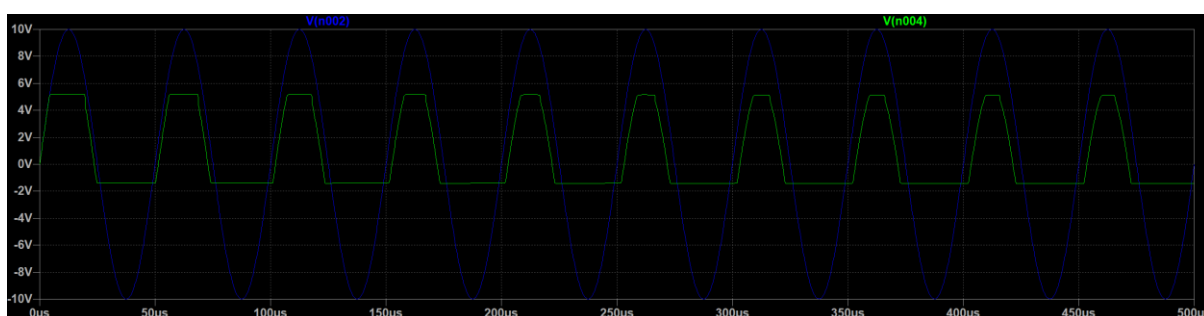
برای بدست آوردن بیشینه سوینگ، ورودی با دامنه ۱۰ ولت اعمال می کنیم.



همان روندی که در بالا برای مقاومت ۱ کیلو اهم اجرا شد را برای مقاومت ۴۷۰ اهمی نیز انجام می دهیم.



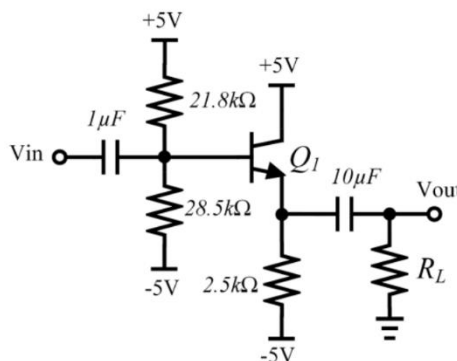
مجدد ورودی با دامنه ۱۰ ولتی اعمال می کنیم.



| Parameter | Ic (mA) | RL  | Vout max | Vout min |
|-----------|---------|-----|----------|----------|
| Calc      | ۶.۶     | ۱k  | ۵        | -۲       |
|           |         | ۴۷۰ | ۵        | -۱.۵     |
| Simu      | ۴.۴     | ۱k  | ۵.۲      | -۲.۱     |
|           |         | ۴۷۰ | ۵.۲      | -۱.۴     |

## بخش دوم:

محاسبه دستی:



$$I_C = \beta I_B \Rightarrow I_C = 120 I_B$$

$$\frac{V_B - (-5V) + 5}{21.8k\Omega} = 120 I_B = I_C \Rightarrow I_B = \frac{V_B + 5V}{21.8k\Omega \times 120}$$

$$\frac{5 - V_B}{28.5k\Omega} - \frac{V_B + 5V}{21.8k\Omega} = \frac{V_B + 5}{21.8k\Omega} \Rightarrow$$

$$0.052 = 0.018 V_B \Rightarrow V_B = 0.15V \Rightarrow I_B = 0.012 mA$$

$$\Rightarrow I_C = 1.44 mA \Rightarrow V_E = -0.12V$$

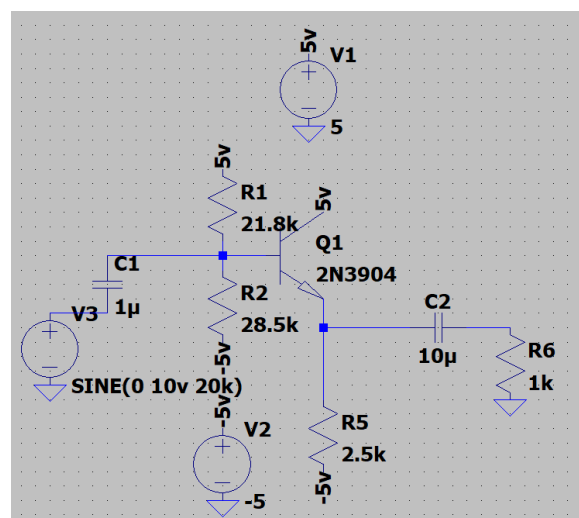
اصطلاح پتانسیل دیگر خزن برابر -0.12 ولت است.

شکل ۲: شماتیک مدار کلکتور مشترک

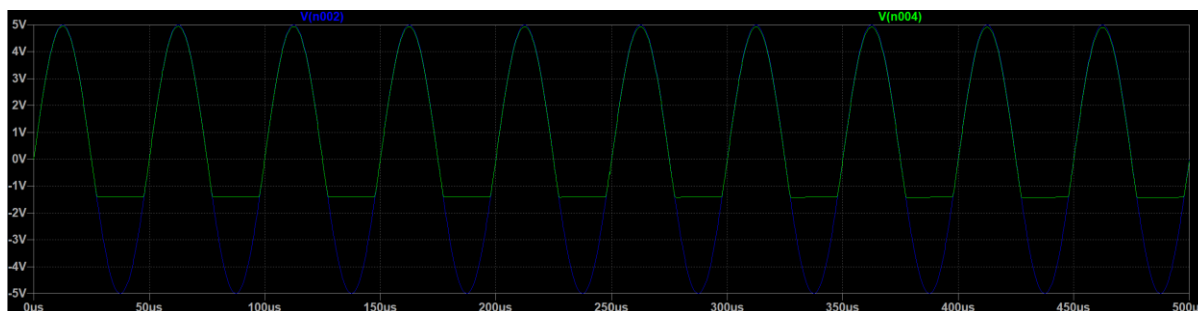
شبیه سازی:

--- Operating Point ---

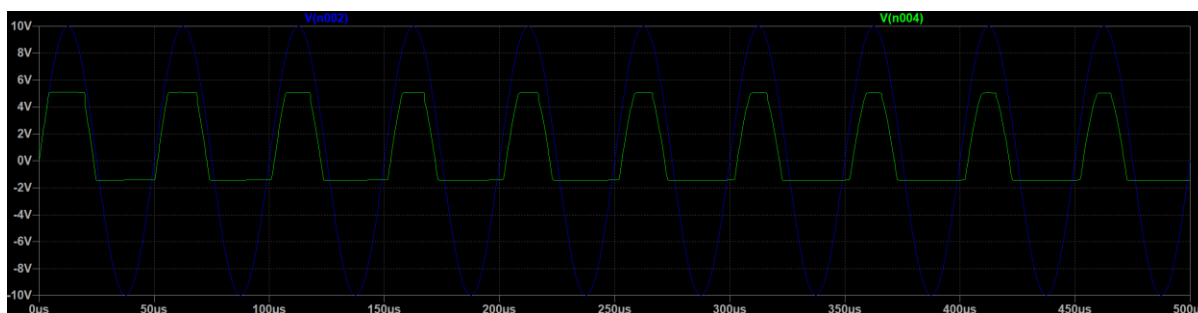
|           |               |                |
|-----------|---------------|----------------|
| V(5v) :   | 5             | voltage        |
| V(n001) : | 0.58834       | voltage        |
| V(n003) : | -0.0835156    | voltage        |
| V(-5v) :  | -5            | voltage        |
| V(n004) : | -3.92524e-016 | voltage        |
| V(n002) : | 0             | voltage        |
| Ic(Q1) :  | 0.00196031    | device_current |
| Ib(Q1) :  | 6.28764e-006  | device_current |
| Ie(Q1) :  | -0.00196659   | device_current |
| I(C2) :   | 8.35156e-019  | device_current |
| I(C1) :   | 5.8834e-019   | device_current |
| I(R6) :   | -8.35156e-019 | device_current |
| I(R5) :   | 0.00196659    | device_current |
| I(R2) :   | 0.000196082   | device_current |
| I(R1) :   | 0.00020237    | device_current |
| I(V3) :   | 5.8834e-019   | device_current |
| I(V2) :   | 0.00216268    | device_current |
| I(V1) :   | -0.00216268   | device_current |



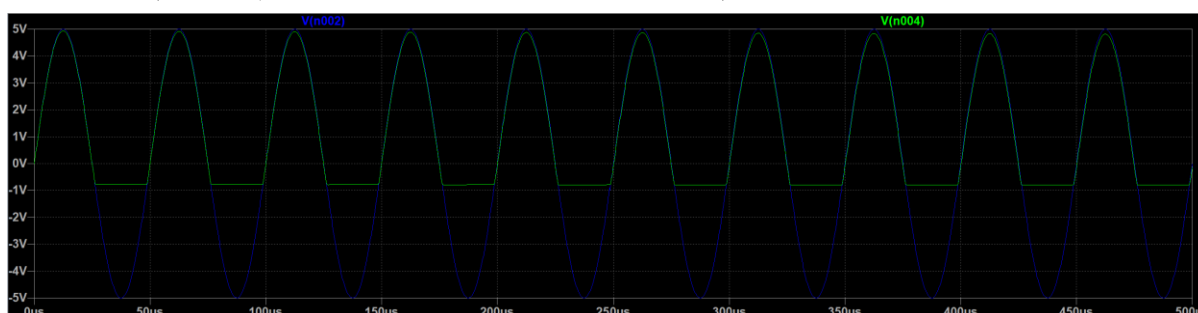
مقاومت خروجی را برابر ۱ کیلوهرتز قرار می دهیم و به ورودی ولتاژ سینوسی با دامنه ۵ ولت و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز اعمال می کنیم. خروجی در تحلیل transient به شکل زیر است:



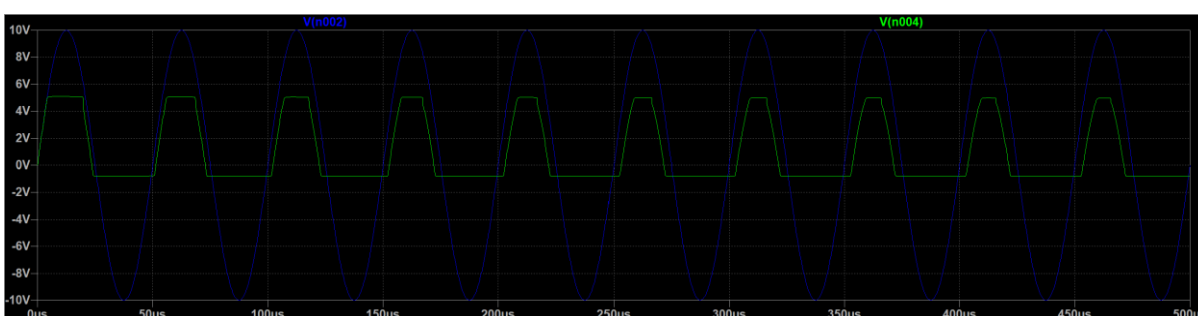
برای بدست آوردن بیشینه سوینگ، ورودی با دامنه ۱۰ ولت اعمال می کنیم.



همان روندی که در بالا برای مقاومت ۱ کیلو اهم اجرا شد را برای مقاومت ۴۷۰ اهمی نیز انجام می دهیم.



مجدد ورودی با دامنه ۱۰ ولتی اعمال می کنیم.



| Parameter | Ic (mA) | RL  | Vout max | Vout min |
|-----------|---------|-----|----------|----------|
| Sim       | ۱.۹۶    | ۱k  | ۵.۱      | -۱.۴     |
|           |         | ۴۷۰ | ۵.۱      | -۰.۸     |

مشاهده می شود که جریان اندازه گیری شده نزدیک به مقدار محاسبه شده است.

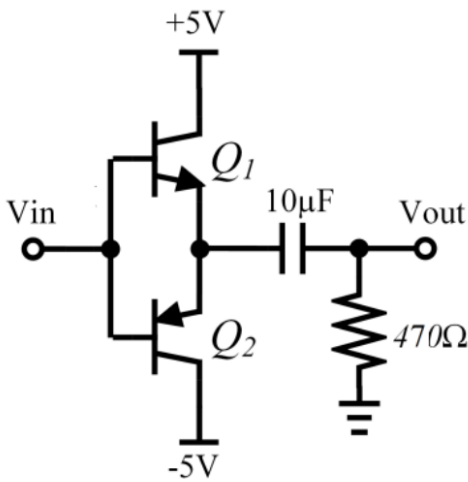
محاسبه دستی:

$$\frac{V_o}{R_L} = \frac{-\Delta - V_o}{r_{\Delta h}} \Rightarrow V_o \left( \frac{1}{R_L} + \frac{1}{r_{\Delta h}} \right) = \frac{-1}{r_{\Delta h}} \Rightarrow V_o (r_{\Delta h} + R_L) = -\Delta R_L \Rightarrow$$

$$V_o = \frac{-\Delta R_L}{r_{\Delta h} + R_L} \longrightarrow I_c > 0 \Rightarrow V_{o \min} = \frac{-\Delta R_L}{r_{\Delta h} + R_L}$$

بخش سوم:

محاسبه دستی:



به صورت کلی در هر لحظه با توجه به مقدار  $V_{in}$  یک ترانزیستور روشن و دیگری خاموش است.  
برای بیسینه  $swing$  خروجی می توان از  $V_{CC} - V_{CE,sat}$  تا  $-V_{EE}$  یا  $-5 - 0/2$  ولت است. پس  $V_{in}$  باید تا  $5 - 0/2$  ولت باشد که  $4/8$  ولت است.  $swing$  دارد.  
برای اینکه خروجی بیسینه  $swing$  برسد باید ورودی  $V_{in}$  را تا  $5 - 0/2 = 4/8$  ولت بیاوریم.  $V_{in} = 5 - 0/2 = 4/8$  ولت است.  $swing$  می تواند  $4/8 - 5/5$  ولت باشد.

توان  $DC$  تقریباً برابر است.

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{V_{out}^2}{R_L} dt = \frac{(4/8)^2}{960} = \boxed{24/51 mW}$$

$$I_{max} = \frac{V_{in}}{R_L} = \frac{4/8}{516} = \boxed{102/12 mA}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{T} \int_0^T I_{max} \sin \omega t dt = \frac{I_{max}}{\pi} \Rightarrow$$

$$P_s = 2 \times \frac{I_{max}}{\pi} \times V_{ce} = \frac{2}{\pi} \times 5 \times I_{max} = \boxed{32/51 mW}$$

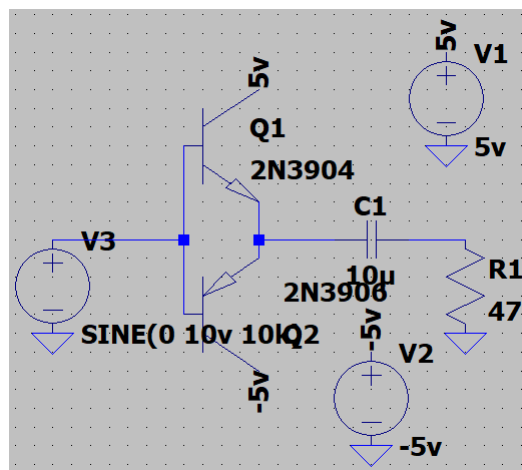
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_s} = \frac{24/51}{32/51} \Rightarrow \boxed{\eta = 75/39 \%}$$

شکل ۳: شماتیک مدار طبقه

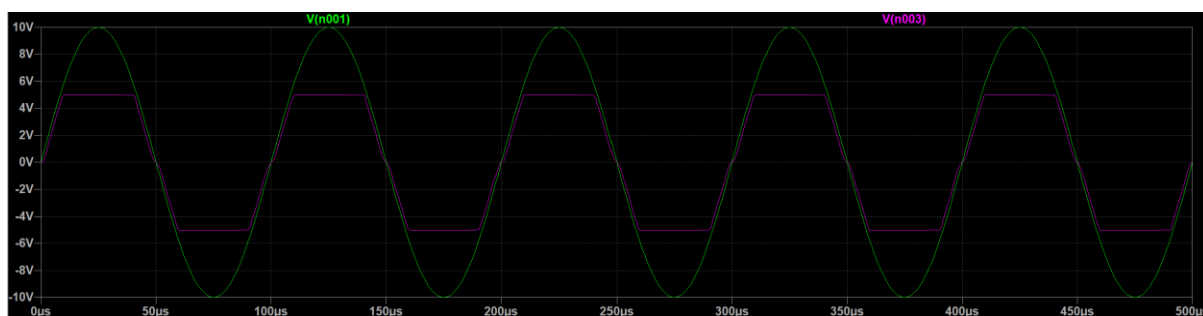
خروجی Push-Pull کلاس B

شبیه سازی:

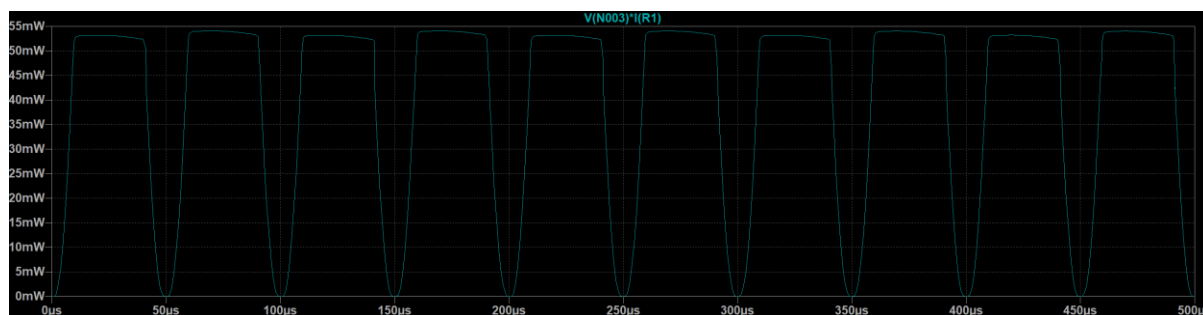
مدار شبیه سازی شده:



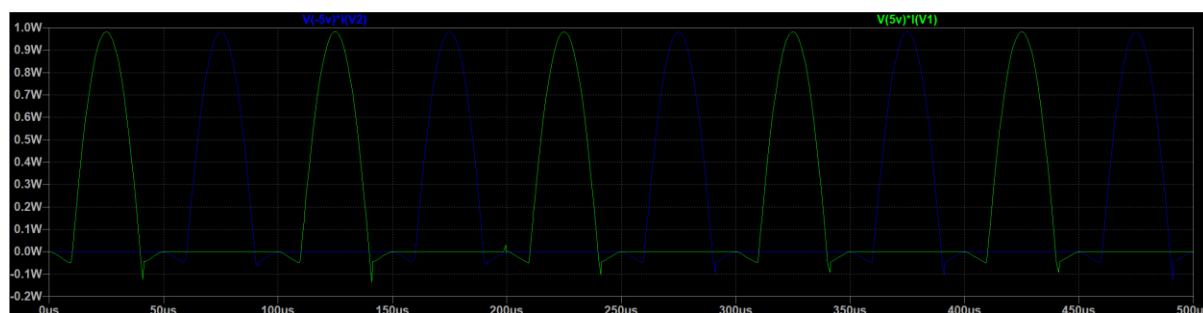
بیشینه سوینگ به ورودی با دامنه ۱۰ ولت و فرکانس ۱۰ کیلو هرتز:



توان خروجی:



توان مصرفی از منابع:



| Parameter | Pdc(mW) | Po(mW) | بازده | Vp-p(v) |
|-----------|---------|--------|-------|---------|
| Calc      | ۰       | ۲۴.۵۱  | ۷۵.۳۹ | ۹.۶     |
| Sim       | ~۰      | ۲۵.۲   | ۸۰    | ۹.۹     |

مقادیر توان ها با استفاده از قابلیت میانگین گیری در نرم افزار به دست آمده است و سپس بازده محاسبه شده است.

شکل موج های بالا صرفا برای نمایش توان لحظه ای خروجی و مصرفی هستند.



## بخش چهارم:

محاسبه دستی:

برای بدست آوردن بیشینه و کمینه در خروجی همانند بخش قبل داریم که در حد بالایی خروجی می توانیم تا  $V_{CC} - V_{CEsat}$  که  $V_{CEsat} = 0.1V$  باشد بالا ببریم تا حد پایین نیز می توانیم پایین برویم اما بیشینه و کمینه در خروجی ها یا سوچ به حضور دیود، تغییر می کنند.

$$V_{in} + V_{Dsat} - V_{BEsat} = V_o \Rightarrow V_{in,max} = 0.1V + V_{BEsat} - V_{Dsat} = 0.1V$$

اگر به لحاظ افت ولتاژ دیود و ولتاژ بیس ترانزیستور باشد،

$$V_{in,min} = V_{o,min} - V_{BEsat} \Rightarrow V_{in,min} = -0.5V$$

یادداشت: توان ها قبل از این به بخش قبل هستند.

$$P_o = \frac{1}{T} \frac{V_{om}^2}{R_L} = \frac{0.1^2}{2 \times 470} = 24.1 \text{ mW}$$

توان خروجی؛

$$I_{max} = \frac{0.1}{5V} = 1.2/12 \text{ mA} \Rightarrow \frac{2 \times 0.1}{5V} \times \Delta = 24.1 \text{ mW}$$

توان مصرفی AC:

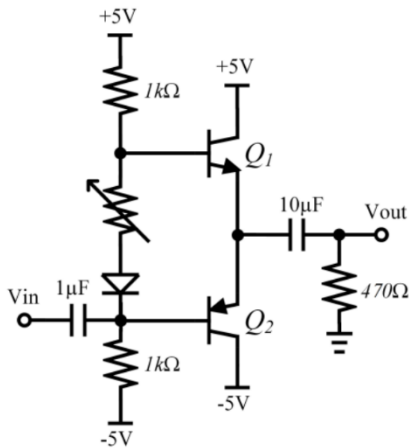
$$I_{DC} = \frac{2 \times V_{CC} - V_{Dsat}}{2R_L} = \frac{9/13}{2R_L} \Rightarrow I_{DC} = 44 \text{ mA}$$

توان مصرفی DC:

$$P = 2I_{DC}V_{CC} = 54.2 \text{ mW} \Rightarrow P_3 = 54.2 + 24.1 = 79.1 \text{ mW}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_3} = \frac{24.1}{79.1} \Rightarrow \eta \approx 31.02 \%$$

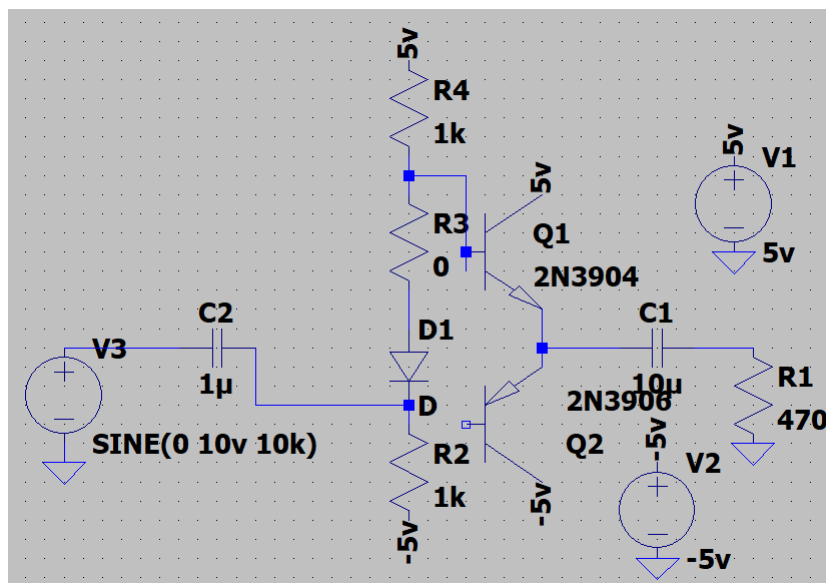
بازده:



شکل ۴: شماتیک مدار طبقه خروجی

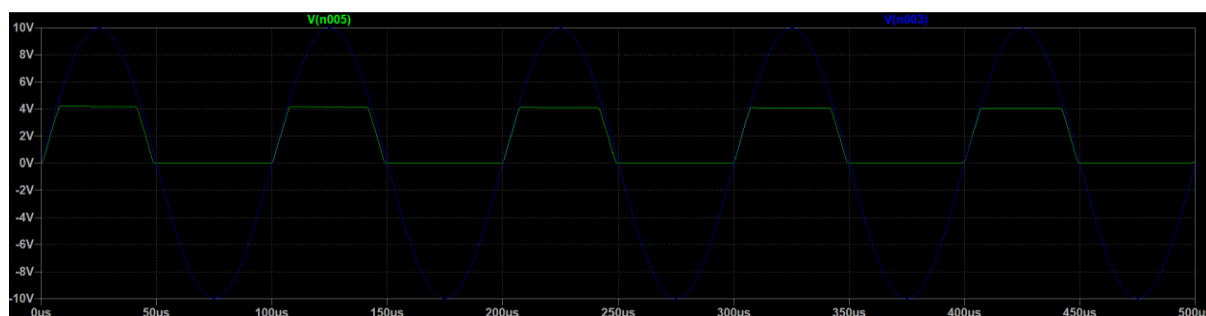
AB کلاس Push-pull

شبیه سازی:

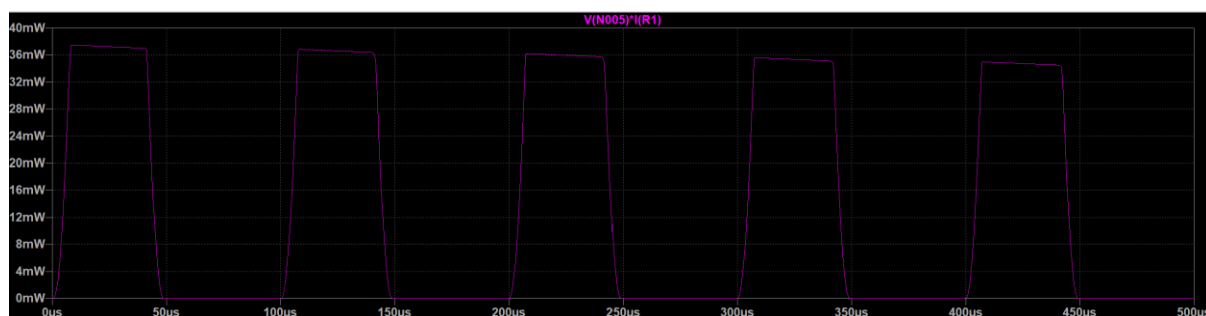




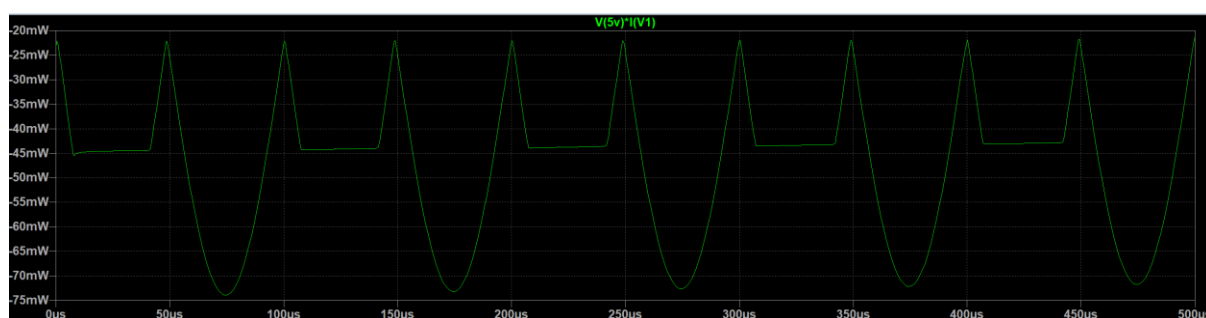
بیشینه سوینگ به ورودی با دامنه ۱۰ ولت و فرکانس ۱۰ کیلو هرتز:



توان خروجی:



توان مصرفی از منابع:



| Parameter | Pdc(mW) | Po(mW) | بازده | Vp-p(v) |
|-----------|---------|--------|-------|---------|
| Calc      | ۴۶.۵    | ۲۴.۵۱  | ۳۱.۰۲ | ۹.۶     |
| Sim       | ۴۶.۸    | ۲۳.۷   | ۳۰    | ۹.۴     |

مقادیر توان ها با استفاده از قابلیت میانگین گیری در نرم افزار به دست آمده است و سپس بازده محاسبه شده است.

شکل موج های بالا صرفا برای نمایش توان لحظه ای خروجی و مصرفی هستند.