آزمایش اول

بررسی مدارهای RC و پاسخ گذرای ترانزیستور

هدف

در این آزمایش ابتدا مدارهای RC از نوع بالاگذر ، پایین گذر و تضعیف کننده بررسی خواهند شد و سپس به بررسی پاسخ گذرای یک ترانزیستور خواهیم پرداخت.

پیش گزارش

قسمتهای ۱-۲ ،۱-۲ ، ۱-۳ و ۱-۴ باید قبل از شروع آزمایش به مسؤول آزمایشگاه ارائه شوند.

وسایل مورد نیاز

- اسیلوسکوپ ، فانکشن ژنراتور ، منبع تغذیه ، پروب(۲عدد)
- ترانزیستور 2N3055

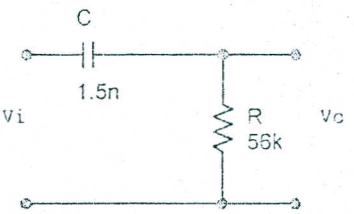
آزمایش

۱- مدار RC بالاگذر

۱-۱- مدار شکل(۱) را بسته ، موج مربعی با دامنه (0 و5) ولت و فرکانس 50kHz به ورودی اعمال نمایید. شکل موج خروجی را رسم کنید.

۱-۲- مقدار خازن را طوری تعیین کنید که خروجی در هر نیم پریود به مقدار نهایی خود برسد.

۱-۳- بند ۱-۱ را تکرار نمایید.



شکل(۱)

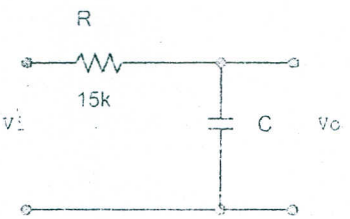
پرسش

پ۱-تحقیق کنید سطح زیر منحنی در خروجی مدار بالاگذر همواره برابر صفر است. دلیل فیزیکی این مطلب را توضیح دهید.

۲- مدار RC پایین گذر

۲-۱- در مدار شکل (۲) ورودی مشابه آزمایش ۱ است.مقدار خازن C را بگونه ای محاسبه نمایید که زمان صعود[1] برابر $10\mu s$ باشد

۲-۲- مدار را بسته ، شکل موج خروجی را مشاهده و رسم کنید.



شکل(۲)

پرسش

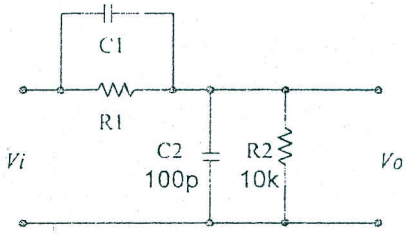
پ۲- در مدار پایین گذر ، سطح زیر منحنی در خروجی چه ارتباطی با دامنه و فرکانس موج ورودی دارد؟

۳-مدار تضعیف کننده

۳-۱- اگر ضریب تضعیف دلخواه از ورودی به خروجی برابر $\frac{1}{2}$ باشد ، مقادیر R1 و C1 را طوری تعیین کنید که تضعیف کننده مستقل از فرکانس باشد.

۳-۲- با اعمال موج مربعی با دامنه و فرکانس مناسب ، شکل موج ورودی و خروجی را زیر هم رسم کنید.

[1] Rise time



شکل(۳)

۳-۳- در صورت لزوم با اضافه کردن المانهای مناسب ، شکل موج خروجی را به حالت مطلوب نزدیک کنید.

۳-٤- فرکانس منبع را آنقدر بالا ببرید که محدودیت مقاومت داخلی منبع را مشاهده کنید.شکل موج خروجی را رسم نمایید.

پرسش

پ۳-چرا خروجی مدار تضعیف کننده در فرکانسهای پایین به حالت ایده آل نزدیکتر است؟

۴-بررسی پاسخ گذرای ترانزیستور

در این بخش پاسخ گذرای ترانزیستور 2N3055 را بررسی می کنیم. برای یاد آوری مفاهیم بکار رفته در این آزمایش به ضمیمه این آزمایش مراجعه نمایید.

٤-۱- مقادیر C_{BE} ، C_{BC} ، f_T و β ترانزیستور 2N3055 و نیز مشخصات پایه های آن را از برگه اطلاعات[1] مربوطه استخراج کنید.

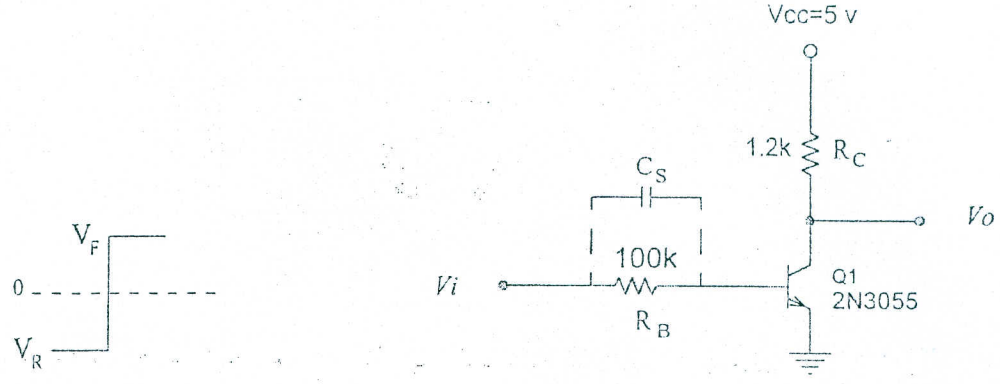
٤-۲- خازنهای C_{BE} و C_{BC} ترانزیستور را با پل (LCR متر) اندازه بگیرید.

٤-۳- مدار شکل(۴) را بسته ، برای $V_F = 4\ v$ و $V_R = -1$ (سطوح ولتاژ موج مربعی ورودی) شکل موج ولتاژ کالکتور را مشاهده و رسم کنید.(فرکانس ورودی چنان اختیار شود که خروجی در هر نیم پریود به مقدار نهایی برسد) مقادیر t_d و τ_1 را اندازه بگیرید. برای اندازه گیری صحیح لازم است شکل موج ورودی و خروجی را بطور همزمان مشاهده نمایید.($C_S = 0$)

٤-٤- بند قبل را برای $V_F = 3\ v$ و $V_R = -2\ v$ تکرار نمایید.

٤-٥- شکل موج خروجی را برای $V_F = 4\ v$ و $V_R = -1\ v$ و $C_S = 100pF, 330pF, 1nF$ مشاهده و بطور تقریبی رسم نمایید.

[1] Data sheet



شکل(۴)

۴-۶- برای تسریع خروجی این مدار و با توجه به نتایج بند۴-۵ ، ظرفیت مناسب خازن C_S (خازن تسریع کننده) را با سعی و خطا پیدا کنید.($V_F = 4\ v$ و $V_R = -1\ v$)

۴-۷- به ازای $V_F = 4\ v$ و $V_R = -1\ v$ و $C_S = 0$ و $R_B = 10k$ شکل موج خروجی را مشاهده و رسم کنید. مقادیر t_S ، t_d و τ_1 را اندازه بگیرید.

پرسش

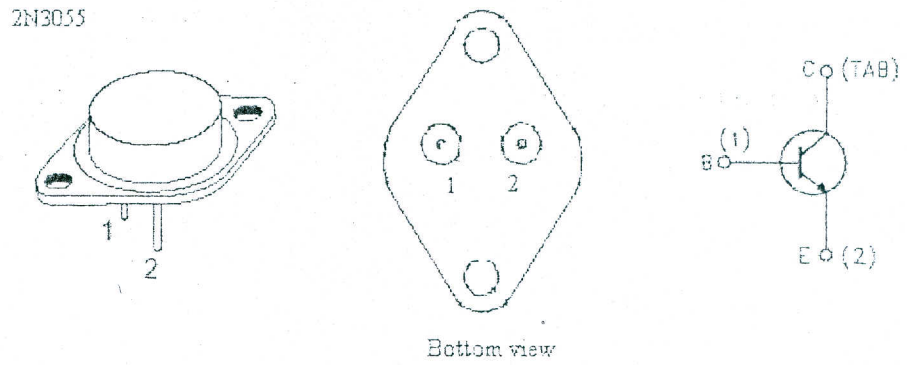
پ۴-با استفاده از مقادیر t_d بدست آمده در بندهای ۴-۳ و ۴-۴ ، مقدار $C_{BC} + C_{BE}$ را در هر یک از دو حالت محاسبه نموده ، آنها را با نتایج اندازه گیری با پل مقایسه نمایید . دلیل اختلاف چیست؟ (از r_{bb} صرفنظر کنید)

پ۵-مقدار t_d بدست آمده در بندهای ۴-۳ و ۴-۷ را با هم مقایسه نمایید. آیا مقادیر بدست آمده با تئوری سازگارند؟

پ۶-مقدار تئوری خازن تسریع کننده (C_S) را محاسبه کرده . با مقدار بدست آمده در بند ۴-۶ مقایسه کنید.

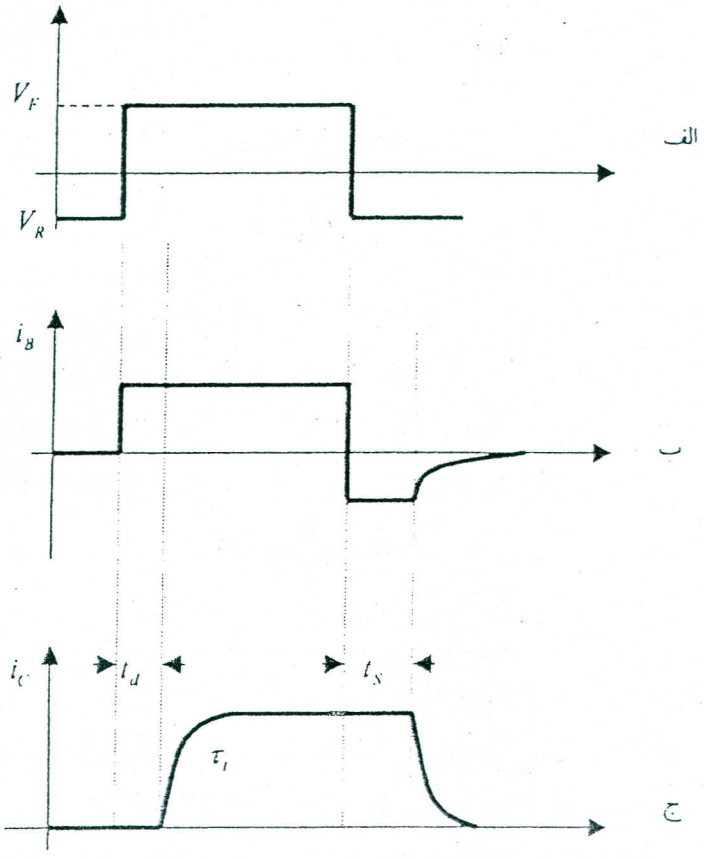
پ۷-مقدار τ_1 بدست آمده در بندهای ۴-۳ ، ۴-۴ و ۴-۷ را با هم مقایسه نمایید.آیا نتایج با تئوری سازگارند؟

پ۸-با توجه به نتایج بند ۴-۷ کاهش مقاومت R_B چه تأثیری بر سرعت مدار دارد ؟ اشباع ترانزیستور چه تأثیری بر سرعت مدار دارد؟ توضیح دهید.

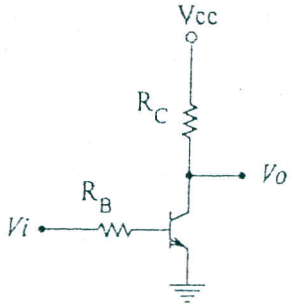


ضمیمه آزمایش اول

پاسخ گذرای ترانزیستور



شکل(ض۲)



شکل(ض۱)

مدار شکل (ض۱) را درنظر بگیرید.

هنگامی که ورودی این مدار مطابق شکل(ض۲-الف) تغییر کند، شکل موجهای کالکتور و بیس آن مطابق شکلهای (ض۲-ب و ج) خواهد بود.تحولات صورت گرفته به شرح زیر است:

۱)خازنهای پارازیت اتصالها توسط مقاومت R_B تا ولتاژ V_γ که اتصال بیس-امیتر شروع به هدایت می کند، شارژ می شوند.(حدود ۰،۱ ولت برای ترانزیستور از جنس ژرمانیوم و ۰،۶ ولت برای ترانزیستور از جنس سیلیسیوم)این زمان را که t_{d1} می نامیم، می توان از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$t_{d1} = R'_S(C_{BC} + C_{BE})\ln(\frac{V_F - V_R}{V_F - V_\gamma})$$

در معادله فوق $R'_S = R_B + r_{bb}$ (r_{bb} مقاومت درونی بیس و در حدود چند ده اهم) می باشد.

۲)پس از زمان فوق ، مدت زمان اندکی نیز طول می کشد تا حاملهای بار اقلیت، انرژی گرفته و به کالکتور برسند. معمولاً این زمان (t_{d2}) از دیگر زمانهای تأخیر کمتر است. t_{d2} را می توان از رابطه تقریبی زیر بدست آورد:

$$t_{d2} = \frac{1}{3}t_h = \frac{1}{6\pi f_T}$$

۳)بعد از گذشت زمان تأخیر $t_d = t_{d1} + t_{d2}$ ، بار درون بیس شروع به افزایش می کند. معادله دیفرانسیلی که رابطه حاملهای اقلیت در بیس را با جریانهای بیس و کالکتور مشخص می سازد ، چنین است:

$$Q_B = \tau_{f0} i_C \qquad , \qquad \frac{dQ_T}{dt} + \frac{Q_B}{\tau_B} = i_B$$

τ_B و τ_{f0} ثابت زمانیهای مربوط به ترانزیستور هستند. Q_B بار حاملهای اقلیت در بیس و Q_T مجموع Q_B و بارهای موجود در خازنهای اتصال (C_{BE} و C_{BC}) می باشد.

با فرض آنکه ولتاژ بیس-امیتر در ناحیه فعال تغییر نکند و با فرض ثابت بودن مقادیر خازنهای اتصال داریم:

$$i_C = \beta i_B[1 - \exp(-t/\tau_t)]$$

$$\tau_B = \beta\tau_{f0} = \frac{\beta}{2\pi f_T} \qquad , \qquad \tau_t = \beta(\tau_{f0} + R_C C_{BC})$$

۴)تا زمانیکه ترانزیستور در ناحیه فعال باشد داریم:

$$\frac{Q_B}{\tau_B} = i_B = \frac{i_C}{\beta}$$

فرض کنید i_{BS}، جریان بیس در مرز نواحی فعال و اشباع باشد. اگر $i_B > i_{BS}$ شود، چون جریان کالکتور جای افزایش ندارد، پس $Q_B = \tau_{f0} i_C$ ثابت می ماند. در نتیجه بار در بیس ترانزیستور با ثابت زمان دیگری ذخیره خواهد شد:

$$i_B - i_{BS} = \frac{Q_S}{\tau_S} + \frac{dQ_S}{dt}$$

که در این رابطه ، Q_S باری است که پس از اشباع ترانزیستور در بیس ذخیره می شود و τ_S نیز ثابت زمانی تغییر آن می باشد که از مشخصات ترانزیستور است.

۵)اگر جریان بیس برای مدتی برابر i_{BF} باشد و سپس بطور ناگهانی در لحظه $t = t_2$ به جریان $-i_{BR}$ جهش کند، خواهیم داشت:

$$Q_S(t_2) = \tau_S(i_{BF} - i_{BS})$$

حال جریان بار موجود در بیس کاهش یافته ، بطور نمایی به طرف $-\tau_S i_{BR}$ میل می کند. ولی در لحظه ای که این مقدار از صفر می گذرد ، ترانزیستور از حالت اشباع خارج و وارد ناحیه فعال می گردد.مدت زمانی که از اعمال $-i_{BR}$ تا لحظه خروج ترانزیستور از ناحیه اشباع بطول می انجامد ، زمان ذخیره نامیده شده با t_S نشان داده می شود. داریم:

$$t_S = \tau_S \ln\left(\frac{i_{BF} + i_{BR}}{i_{BR} + i_{BS}}\right)$$