

## آزمایش شماره (۴)

## تقویت کننده عملیاتی OP-AMP

در صنعت الکترونیک ، تقویت کننده های DC با بهره خیلی زیاد که ورودی تفاضلی می پذیرند و خروجی به صورت منبع ولتاژ یا جریان تحویل می دهند به تقویت کننده های عملیاتی معروف هستند. چون این مدارات، اولین بار برای انجام چهار عمل اصلی و شبیه سازی معادلات دیفرانسیل به کار رفته است این نام را به خود اختصاص داده اند. این نوع مدارات از تغذیه متقارن  $(\pm V_{CC}, V_{EE})$  استفاده می کنند و ورودی به صورت تفاضلی بوده و خروجی اکثراً تک انتهای می باشد.

Op-amp ایده آل به مداراتی با ویژگی زیر گفته می شود.

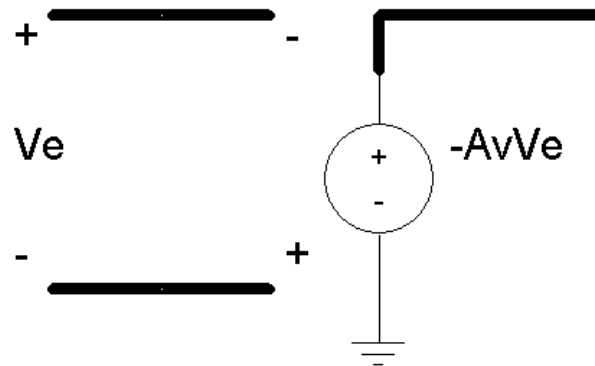
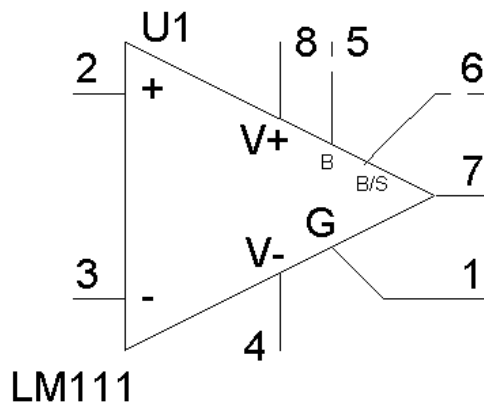
$$A_v \rightarrow \infty$$

$$Z_i \rightarrow \infty$$

$$Z_o \rightarrow \infty$$

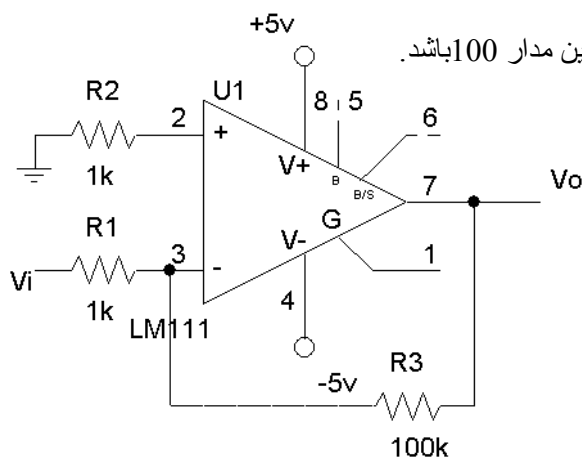
$$B.W. \rightarrow \infty$$

مدل مداری op-amp به صورت زیر می باشد



(الف)

1- مقادیر مقاومت های مدار زیر را طوری تعیین کنید که گین مدار 100 باشد.



$$A_v = \frac{-R_f}{R_i + \frac{1}{A_v}(R_i + R_f)} \approx -\frac{R_f}{R_i}$$

$$A_v = -\frac{R_f}{R_1} \Rightarrow \frac{R_f}{R_1} = 100$$

$$\Rightarrow R_f = 100k, R_1 = 1k$$

پس از بستن مدار فوق، بهره ولتاژ برابر 100 بر روی اسیلوسکوپ مشاهده شد.

2- فرکانس قطع بالای مدار را پیدا کنید.

برای یافتن فرکانس قطع، باید فرکانسی را که  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  برابر دامنه ای که بر روی اسیلوسکوپ مشاهده کنیم را بیابیم که با افزایش فرکانس توسط اسیلاتور در فرکانس 12 kHz دامنه 0.7 برابر می شود یعنی فرکانس قطع بالا برابر 12 kHz می باشد.

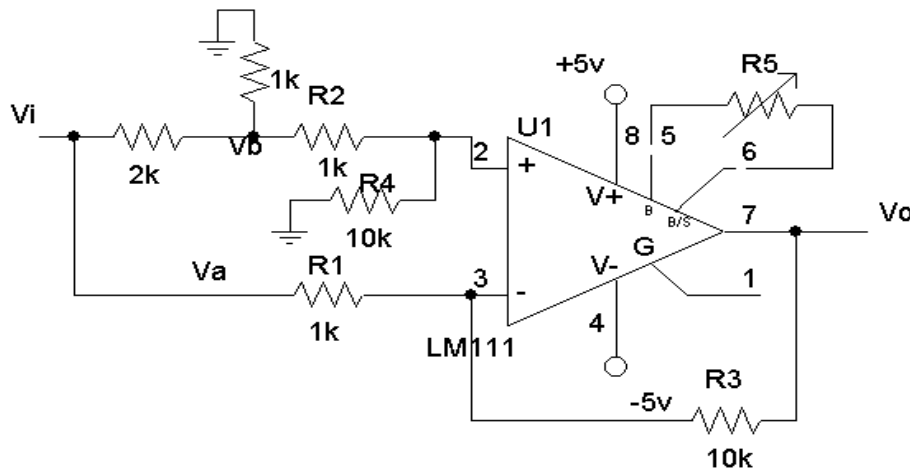
3- به ازای ورودی صفر، ولتاژ آفست مدار را پیدا کنید.

$$V_{off} = \frac{V_o}{G} \Rightarrow V_{off} = \frac{50m}{5m} \Rightarrow V_{off} = 10$$

با قرار دادن پتانسیومتر می توان مقدار آفست مدار را حداقل نمود که با قرار دادن پتانسیومتر مقدار آفستی برابر صفر بر روی اسیلوسکوپ مشاهده شد. و مقدار پتانسیومتر برای حداقل کردن آفست برابر 1.45 k بود.

(ب)

در مدار زیر رابطه بین ورودی و خروجی را پیدا کنید.



$$V_+ = Vb \frac{R4}{R2 + R4}$$

$$\frac{Va - V_+}{R1} = \frac{V_+ - Vo}{R3} \Rightarrow \frac{Va - Vb \frac{R4}{R2 + R4}}{R1} = \frac{Vb \frac{R4}{R2 + R4} - Vo}{R3}$$

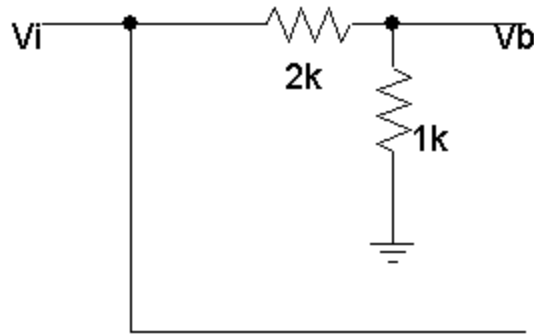
$$VaR3 - Vb \frac{R4R3}{R2 + R4} = -VoR1 + Vb \frac{R4R1}{R2 + R4}$$

$$\Rightarrow Vo = -\frac{R3}{R1}Va + Vb \frac{R3R4}{R1(R2 + R4)} + Vb \frac{R4}{R2 + R4} \Rightarrow \frac{R3}{R1} = 10 \Rightarrow R3 = 10k, R1 = 1k$$

$$Vb \left( \frac{10R4}{R2 + R4} + \frac{R4}{R2 + R4} \right) = 10Vb \Rightarrow \frac{11R4}{R2 + R4} = 10 \Rightarrow R4 = 10R2$$

$$\Rightarrow R4 = 10k, R2 = 1k$$

پس از قرار دادن مقدار مقاومتها در مدار بالایی، برای اینکه ورودی  $V_b$ ،  $V_a$  را از ورودی  $V_i$  دریافت کنیم یک مقسم ولتاژ در ورودی می نویسیم:



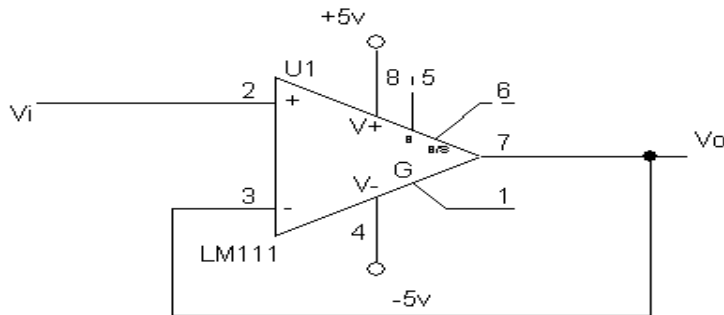
$$V_b = \frac{1}{3}V_i, V_a = V_i$$

$$V_o = -10(V_a - V_b) \Rightarrow V_o = -10\left(V_i - \frac{1}{3}V_i\right)$$

$$V_a \Rightarrow V_o = \frac{20}{3}V_i$$

در این آزمایش وقتی 3 میلی ولت را به ورودی می دهیم خروجی برابر 20 میلی ولت بر روی اسیلوسکوپ مشاهده می کنیم که در نتیجه رابطه ی داده شده، صادق می باشد.

ج) مدار زیر را بسته و عملکرد آنرا به طور مشروح توضیح دهید.



در این قسمت آزمایش مقدار ورودی با خروجی برابر می باشد که این مدار ولتاژ فالوور یا بافر ولتاژ نامیده می شود که دلیل استفاده از آن قابلیت جریان دهی بسیار بالا در بافر می باشد.