

**آزمایش 7: فیلترهای پایین‌گذر درجه یک و دو**

## 7-1- مقدمه

هدف اصلی فیلترها گزینش سیگنال‌ها بر مبنای طیف فرکانسی آنهاست. در کهنه‌ترین تکنولوژی ساخت فیلترها از سلف و خازن استفاده می‌شود و فیلترهای حاصل را فیلترهای LC غیرفعال می‌نامند. مشکل فیلترهای LC آن است که در فرکانس‌های پایین (dc تا 100kHz) سلف بزرگ و حجیم لازم است و مشخصه‌های این سلف‌ها کاملاً غیرایده‌آل است. به علاوه ساخت این سلف‌ها به شکل یکپارچه ممکن نیست و با تکنیک‌های جدید مونتاژ سیستم‌های الکترونیکی ناسازگار است. بنابراین ساختن فیلترهای بدون سلف بسیار مطلوب بوده است. از انواع مختلف فیلترهای بدون سلف، فیلترهای RC فعال را بررسی می‌کنیم. فیلترهای RC فعال در ساده‌ترین شکل خود حاوی یک آپ‌امپ است که در حلقه پس‌خورد آن یک شبکه RC قرار گرفته است.

## انواع فیلتر

فیلتر پایین‌گذر<sup>1</sup>: فقط فرکانس‌های پایین را عبور می‌دهد.

فیلتر بالاگذر<sup>2</sup>: فقط فرکانس‌های بالا را عبور می‌دهد.

فیلتر میانگذر<sup>3</sup>: فرکانس‌های میانی را عبور می‌دهد.

فیلتر میان‌نگذر<sup>4</sup>: فرکانس‌های میانی را عبور نمی‌دهد.

فیلتر تمام‌گذر<sup>5</sup>: همه فرکانس‌ها را عبور می‌دهد.

<sup>1</sup> LPF: Low Pass Filter

<sup>2</sup> HPF: High Pass Filter

<sup>3</sup> BPF: Band Pass Filter

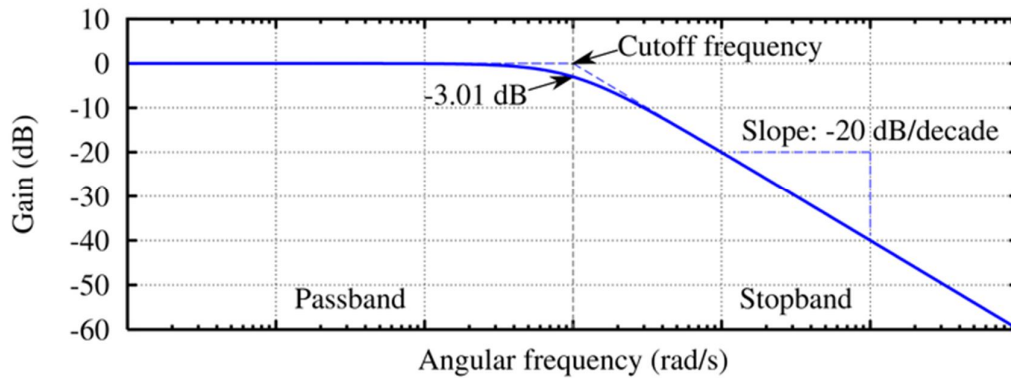
<sup>4</sup> BRF: Band Reject Filter

<sup>5</sup> APF: All Pass Filter

## 7-2- یادآوری و پیش گزارش

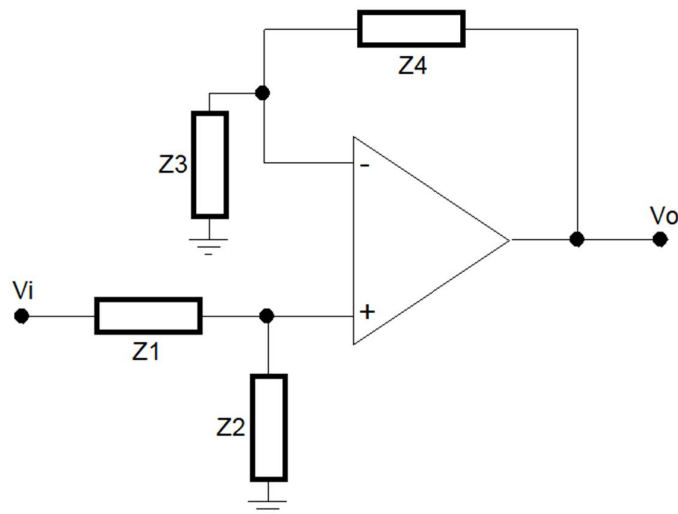
### 7-2-1- فیلترهای پایین گذر

همه فرکانس‌ها از صفر (dc) تا فرکانس قطع بدون اتلاف منتقل می‌شوند.



شکل 1-7: دیاگرام بود یک فیلتر پایین گذر

### 7-2-2- فیلترهای پایین گذر درجه یک



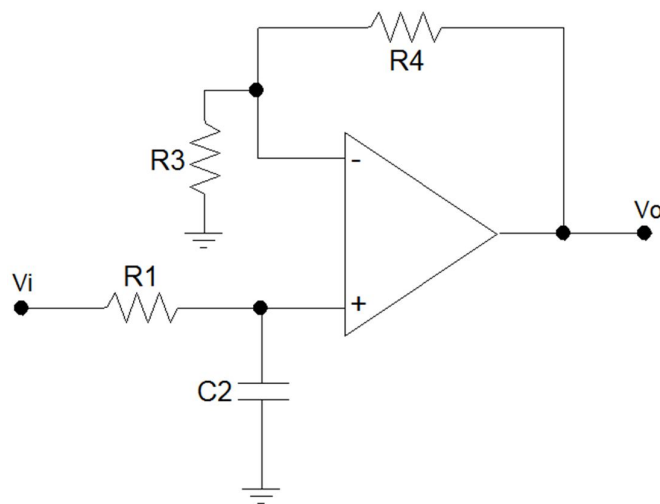
شکل 2-7: فیلتر پایین گذر درجه یک

پس از نوشتن KCL در پایه‌های ورودی آپ‌امپ تابع بصورت زیر خواهد شد.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1 + \frac{Z_4}{Z_3}}{1 + \frac{Z_1}{Z_2}}$$

برای فیلتر پایین‌گذر درجه یک، خواهیم داشت:

$$Z_1 = R_1, Z_2 = \frac{1}{C_1 S}, Z_3 = R_3, Z_4 = R_4$$



شکل 7-3: فیلتر پایین‌گذر درجه یک

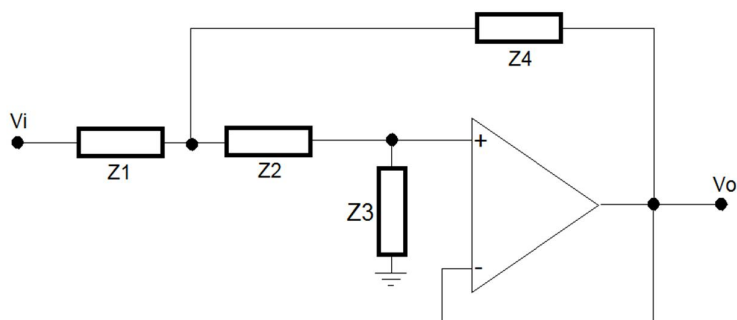
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1 + \frac{R_4}{R_3}}{1 + R_1 C_2 S}$$

$$A_{V0} = 1 + \frac{R_4}{R_3}, S = j\omega = j2\pi f, \omega_c = 2\pi f_c$$

$$\begin{cases} \omega \rightarrow \infty \Rightarrow |A_v| = 0 \\ \omega \rightarrow 0 \Rightarrow |A_v| = 1 \end{cases}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_2}$$

7-2-3 - فیلترهای پایین گذر درجه دوم



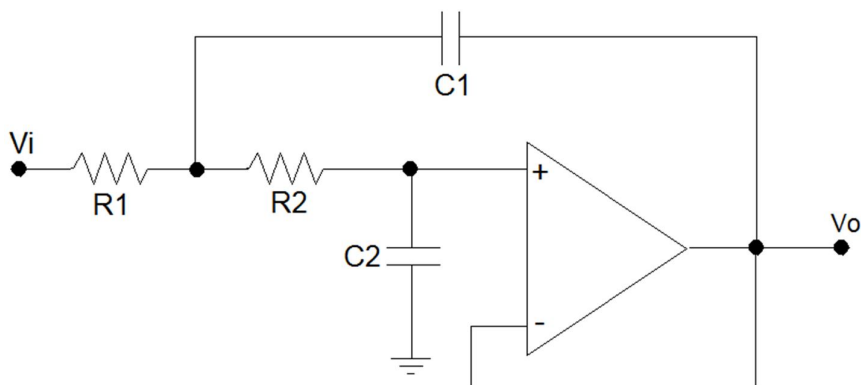
شکل 4-7: فیلتر پایین گذر درجه دوم

پس از نوشتن KCL در پایه‌های ورودی آپ‌امپ نسبت ورودی به خروجی خواهد شد.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_3 Z_4}{Z_1 Z_2 + Z_4 (Z_1 + Z_2) + Z_3 Z_4}$$

برای فیلتر پایین گذر درجه دو، خواهیم داشت:

$$Z_1 = R_1, Z_2 = R_2, Z_3 = \frac{1}{SC_2}, Z_4 = \frac{1}{SC_1}$$



شکل 5-7: فیلتر پایین گذر درجه دوم

$$H(S) = \frac{(2\pi f_c)^2}{S^2 + 2\pi \frac{f_c}{Q} S + (2\pi f_c)^2} = \frac{\omega_c^2}{S^2 + \frac{\omega_c}{Q} + \omega_c^2}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 S^2 + C_2 (R_1 + R_2) S + 1}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2 S^2 + \frac{(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 C_1} S + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$\omega_c^2 = \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2} \rightarrow \omega_c = \sqrt{\frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \rightarrow f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$\frac{\omega_c}{Q} = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 C_1} \rightarrow Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{C_2 (R_1 + R_2)}$$

#### 7-2-4 - سوالات پیش‌گزارش

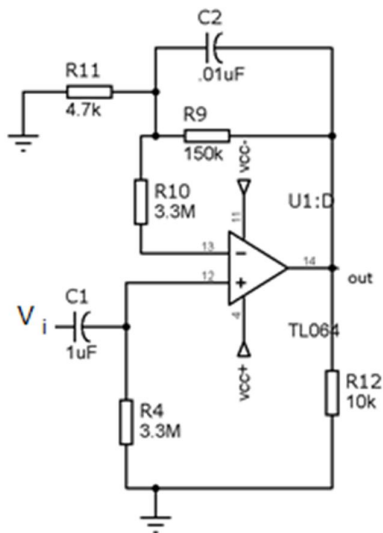
1- تفاوت بین فیلترهای فعال و غیر فعال چیست؟ از نظر عملی چه هنگام استفاده از فیلتر فعال

بر فیلتر غیر فعال برتری دارد؟

2- محدوده فرکانسی قابل فیلتر کردن برای فیلترهای فعال بیشتر است یا فیلترهای غیر فعال؟

چرا؟

3- در مدار شکل 6-7 تابع تبدیل، نوع فیلتر، و فرکانس‌های قطع را محاسبه کنید.



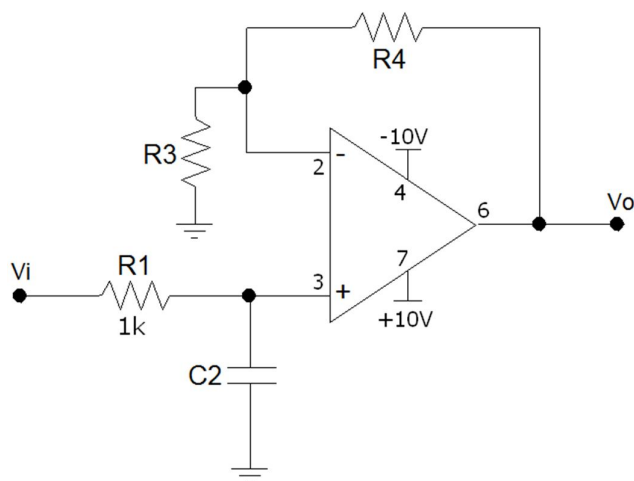
شکل 6-7

### 7-3 - مراحل آزمایش

#### فیلترهای پایین گذر درجه یک

1- طبق شکل 7-7 فیلتر پایین گذری طراحی نمایید که فرکانس قطع آن 10kHz و بهره ولتاژ

آن 30 باشد. مدار طراحی شده را بسته جدول را کامل نمایید.



شکل 7-7 فیلتر پایین گذر درجه یک

$f_{in}$	$V_i(p-p)$	$V_{out}(p-p)$	$A_v \left( \frac{V_o}{V_i} \right)$
100Hz			
1kHz			
3kHz			
5kHz			
7kHz			
9kHz			
$f_c =$			
19kHz			

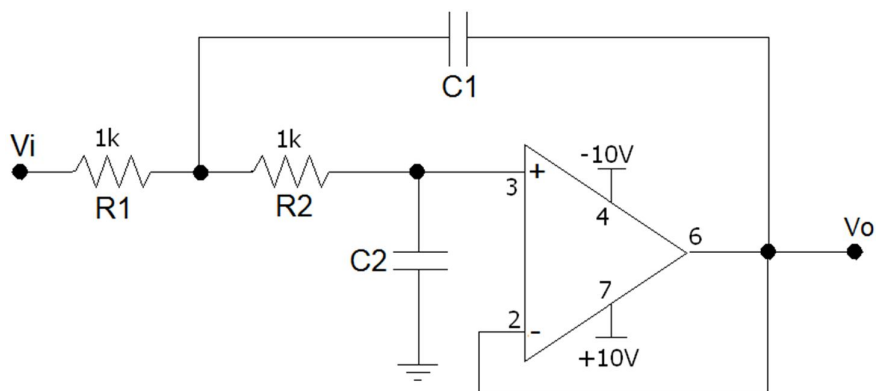
2- اختلاف فاز ورودی و خروجی چقدر است؟

3- هنگامی که فرکانس از 100Hz به 1kHz افزایش یافت بهره ولتاژ چه تغییری کرد؟

### فیلترهای پایین گذر درجه دوم

4- طبق شکل 7-8 فیلتر پایین گذری طراحی نمایید که فرکانس قطع آن  $f_c = 11\text{kHz}$  و  $Q = 0.7$

باشد. مدار طراحی شده را بسته جدول را کامل نمایید.



شکل 7-8 فیلتر پایین گذر درجه دوم



---

$f_{in}$	$V_i(p-p)$	$V_{out}(p-p)$	$A_v \left( \frac{V_o}{V_i} \right)$
100Hz			
1kHz			
5kHz			
7kHz			
10kHz			
$f_c =$			
15kHz			