

## آزمایش شماره ۴

### پاسخ فرکانسی ساختار تفاضلی

- **هدف آزمایش:** بررسی پاسخ فرکانسی تقویت کننده تفاضلی و مقایسه نتایج این بررسی با پاسخ فرکانسی مجموعه متوالی کلکتورمشتک با بیس مشترک.
- **قطعات مورد نیاز:** ترانزیستور BC547C دو عدد، مقاومت  $1\text{ k}\Omega$  دو عدد، مقاومت  $680\Omega$  دو عدد و یک پتانسیومتر مولتی ترن  $100\Omega$

#### ۱.۴ مقدمه

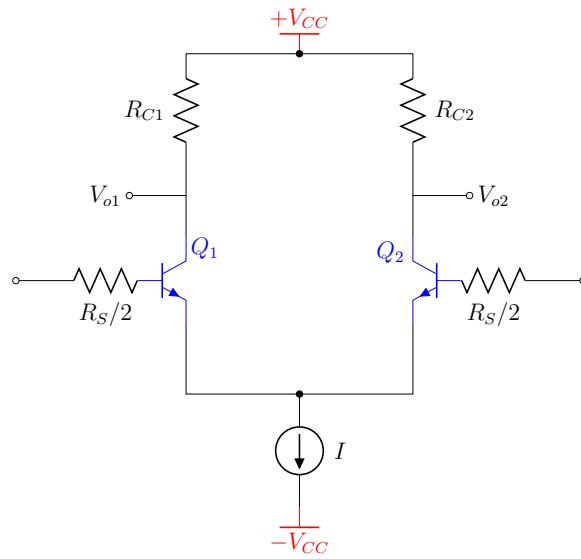
شکل ۱.۴ مدار یک تقویت کننده تفاضلی را نشان می دهد. در این مدار برای سادگی تحلیل، سیگنال های ورودی به دو قسمت ورودی مشترک و ورودی تفاضلی تبدیل می شود. برای سیگنال های ورودی مشترک و ورودی تفاضلی میتوان نوشت:

$$V_c = (V_{in1} + V_{in2})/2$$

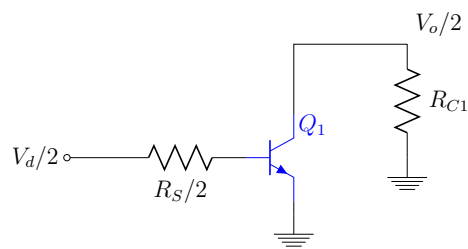
$$V_d = V_{in1} - V_{in2}$$

برای سادگی تحلیل از نیم مدار استفاده می شود. از آنجائی که بهره مشترک تأثیر چندانی در بهره کلی مدار ندارد، پاسخ فرکانسی نیم مدار تفاضلی می تواند تقریب نسبتاً دقیقی از پاسخ فرکانسی مدار باشد.

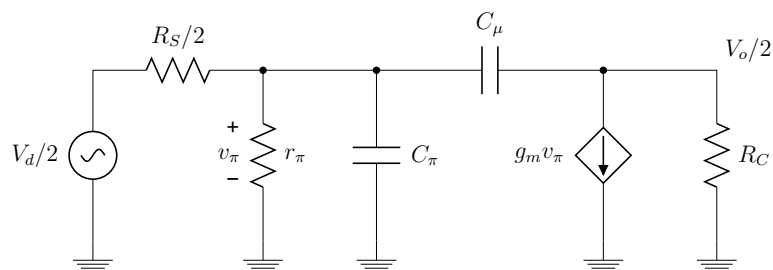
با توجه به عدم استفاده از خازن خارجی در مدار، آرایش تفاضلی از پاسخ فرکانس پائین مناسبی برخوردار است. نیم مدار از دید فرکانس بالا بصورت شکل ۳.۴ خواهد بود. با استفاده از روش خازن



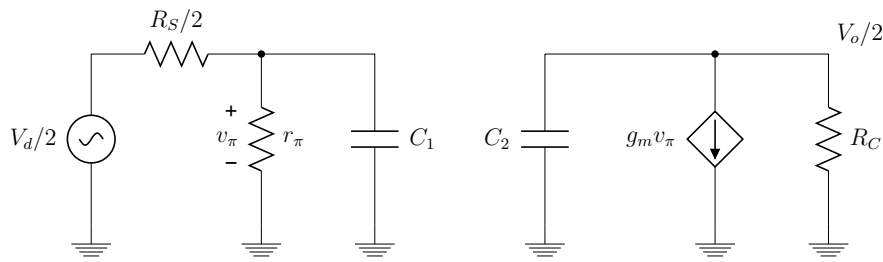
شکل ۱.۴: مدار کلی یک تقویت کننده تفاضلی



شکل ۲.۴: نیم مدار



شکل ۳.۴: مدار معادل سیگنال کوچک نیم مدار



شکل ۴.۴: مدار معادل سیگنال کوچک نیم مدار

میلر و استفاده از تعریف انجام شده در فرمولهای زیر، مدار شکل ۳.۴ را میتوان به صورت مدار ۴.۴ باز رسم نمود.

$$C_1 = C_\pi + C_\mu(1 - k)$$

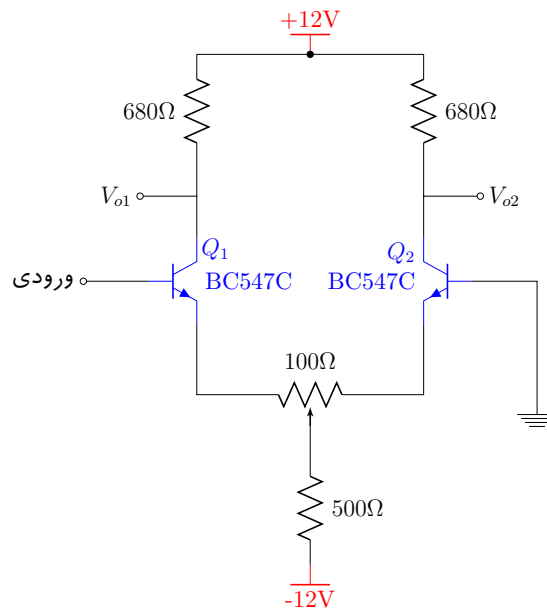
$$C_2 = C_\mu(1 - \frac{1}{k})$$

$$k = -g_m R_L$$

در نهایت می توان با استفاده از روش ثابت زمانی، فرکانس های قطع مدار را بدست آورد.

برای آمادگی حضور در آزمایشگاه ابتدا نقطه کار ترانزیستورهای مدار شکل ۵.۴ را محاسبه کنید. در طراحی این آزمایش سعی شده که نقطه کار با نقطه کار ترانزیستور در آزمایش مدل هیبرید  $\pi$  نزدیک باشد بنابراین میتوان از مقادیر محاسبه شده  $C_\pi$  و  $C_\mu$  در آن آزمایش استفاده نمود و تحلیل سیگنال کوچک انجام داد. با استفاده از تئوری درس، مقدار بهره باند میانی و فرکانس قطع بالا و پائین را محاسبه کنید. آیا این مدار فرکانس قطع پائین دارد؟ چرا؟ این کار را برای مدار دوم آزمایش که در شکل ۶.۴ نشان داده شده است، تکرار کنید.

بعد از انجام محاسبات تئوری با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری دوباره همه مقادیر خواسته شده را بدست آورده و با مقادیر تئوری مقایسه کنید. در این آزمایش اثر خازن ورودی اسیلوسکوپ در نتایج عملی بسیار تأثیرگذار خواهند بود. مناسب است شبیه سازی را با افزودن خازن معادل پروب اسیلوسکوپ تکرار کنید و به خصوص اثر این خازنها بر فرکانس قطع بالای مدار را مطالعه کنید.



شکل ۵.۴: تقویت کننده تفاضلی

## ۲.۴ مراحل انجام آزمایش

۱. مدار شکل ۵.۴ را ببندید. در هنگام بستن مدار بجای مقاومت پانصد اهم نشان داده شده در شکل از اتصال موازی دو مقاومت یک کیلو اهم استفاده کنید. ورودی را زمین کنید و پتانسیومتر صد اهم را به گونه ای تنظیم کنید که اختلاف پتانسیل بین کلکتور دو ترانزیستور صفر شود.
۲. جریان و ولتاژ بایاس ترانزیستورها را یادداشت کنید.

$$I_{C1} =$$

$$V_{CE1} =$$

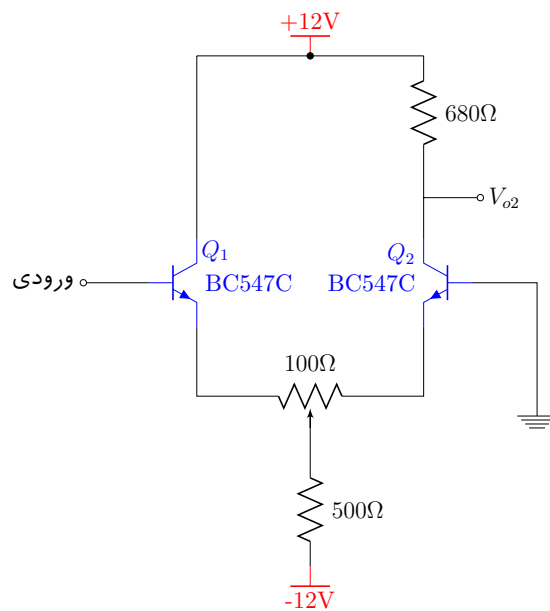
$$I_{C2} =$$

$$V_{CE2} =$$

۳. بهره تقویت کننده را در 5 KHz بدست آورید، از طریق آن فرکانس قطع بالا را محاسبه کرده و جدول ۱.۴ را کامل کنید.
۴. مقاومت کلکتور  $Q_1$  را حذف کنید و کلکتور  $Q_1$  را مستقیم به +12 V وصل کنید تا مدار شکل ۶.۴ بدست آید. این یک مدار CC-CB cascade است.
۵. بهره تقویت کننده را در 5 KHz بدست آورید و جدول ۲.۴ را کامل کنید.

| $f$               | $f_{midband}=5\text{ KHz}$ | $0.5f_H=$ | $f_H=$ | $2f_H=$ |
|-------------------|----------------------------|-----------|--------|---------|
| $V_{in}$          |                            |           |        |         |
| $V_{o1}$          |                            |           |        |         |
| $\phi_1$          |                            |           |        |         |
| $V_{o2}$          |                            |           |        |         |
| $\phi_2$          |                            |           |        |         |
| $V_{o1} - V_{o2}$ |                            |           |        |         |

جدول ۱.۴: مقادیر تقویت کننده تفاضلی



شکل ۶.۴: تقویت کننده متوالی پهن باند

| $f$      | $f_{midband}=5\text{ KHz}$ | $0.5f_H=$ | $f_H=$ | $2f_H=$ |
|----------|----------------------------|-----------|--------|---------|
| $V_{in}$ |                            |           |        |         |
| $V_{o2}$ |                            |           |        |         |
| $\phi_2$ |                            |           |        |         |

جدول ۲.۴: مقادیر تقویت کننده متوالی



به نام خدا



گزارش کار آزمایشگاه الکترونیک ۳

پاسخ فرکانسی ساختار تفاضلی و متوالی پهن باند

استاد:

شماره دانشجویی:

نام و نام خانوادگی:

نمره:

تاریخ تحویل:

شماره گروه:

## ۱. نتایج عملی

(آ) نتایج عددی

مقادیر اندازه گیری شده را بنویسید

$I_{C1} =$

$V_{CE1} =$

$I_{C2} =$

$V_{CE2} =$

$f_{H_{Diff}} =$

$f_{H_{CC-CB}} =$

(ب) نتایج بهره و فاز تقویت کننده تفاضلی را در جدول ۳.۴ وارد کنید.

| $f$                       | $f_{midband}=5\text{ KHz}$ | $0.5f_H=$ | $f_H=$ | $2f_H=$ |
|---------------------------|----------------------------|-----------|--------|---------|
| $A_{vo1}(\text{dB})$      |                            |           |        |         |
| $\phi_1$                  |                            |           |        |         |
| $A_{vo2}(\text{dB})$      |                            |           |        |         |
| $\phi_2$                  |                            |           |        |         |
| $A_{v_{Diff}}(\text{dB})$ |                            |           |        |         |

جدول ۳.۴: مقادیر تقویت کننده تفاضلی

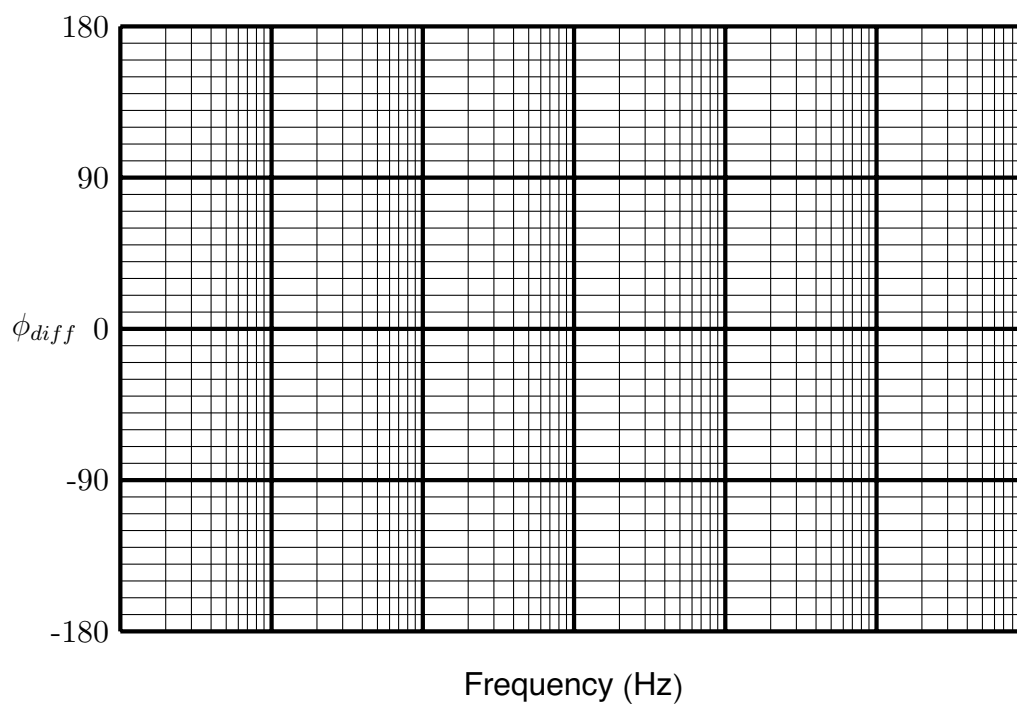
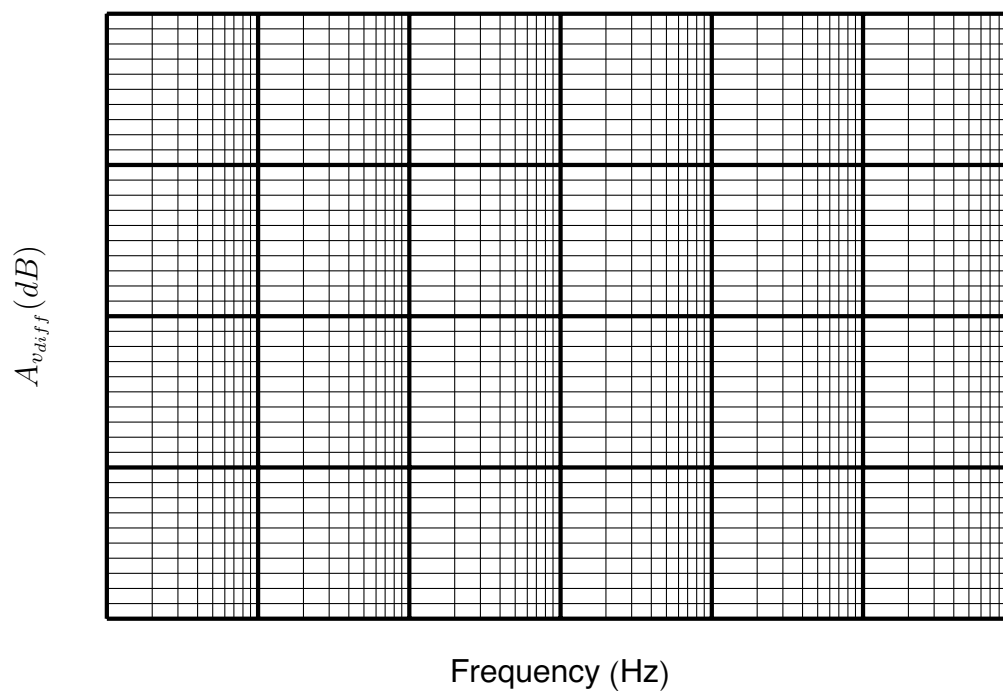
(ج) نتایج بهره و فاز تقویت کننده متوالی را در جدول ۴.۴ وارد کنید.

(د) ترسیم منحنی

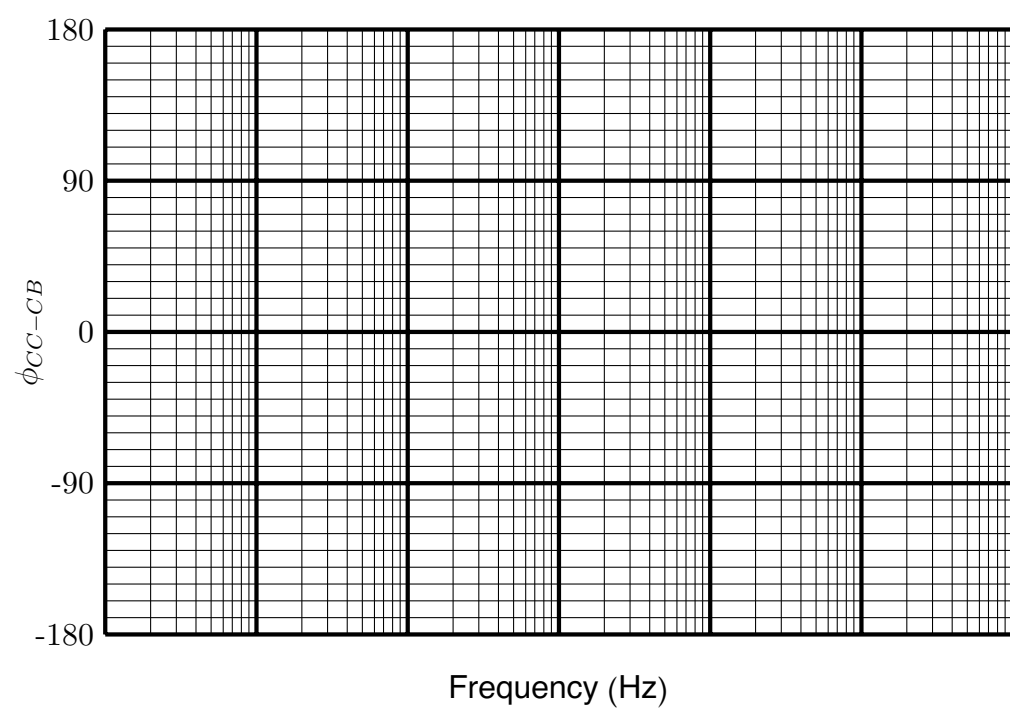
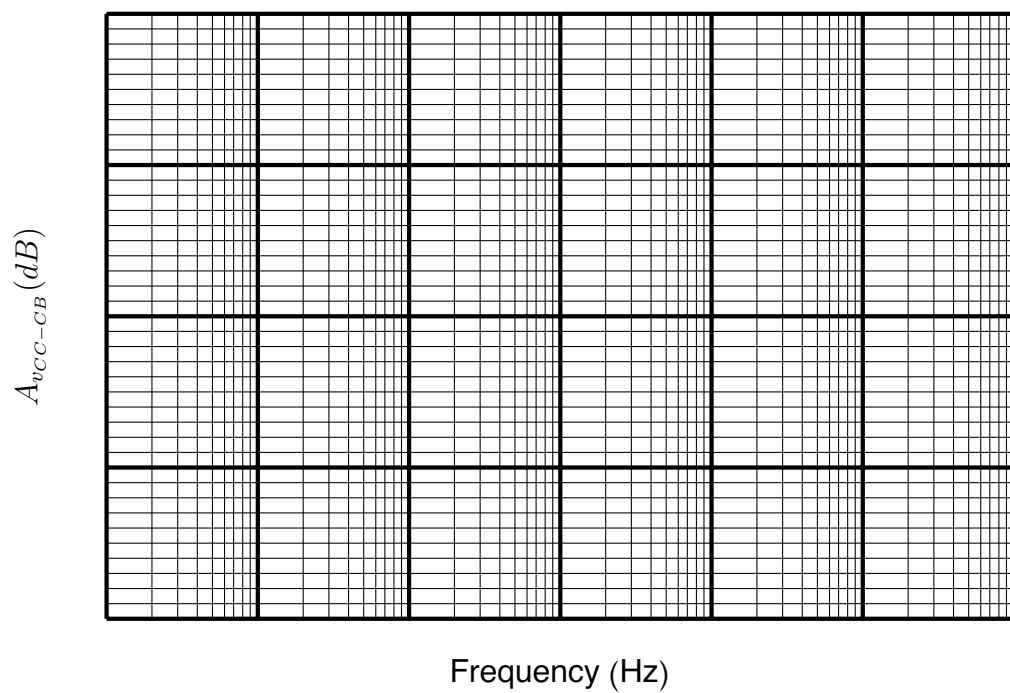
دیاگرام Bode دامنه و فاز را برای تقویت کننده تفاضلی و متوالی رسم نمایید.

|                      |                            |           |        |         |
|----------------------|----------------------------|-----------|--------|---------|
| $f$                  | $f_{midband}=5\text{ KHz}$ | $0.5f_H=$ | $f_H=$ | $2f_H=$ |
| $A_{vo2}(\text{dB})$ |                            |           |        |         |
| $\phi_2$             |                            |           |        |         |

جدول ۴.۴: مقادیر تقویت کننده متوالی







۲. به سؤالات زیر پاسخ دهید:

(آ) کدامیک از مدارهای تفاضلی یا متوالی برای فرکانس های بالا مناسبتر است؟

(ب) چرا در این آزمایش، فرکانس قطع پائین نداریم؟

(ج) فرکانس قطع بالای مدارهای تقویت کننده تفاضلی و متوالی را بصورت تئوری بدست آورید و با مقادیر بدست آمده در آزمایشگاه مقایسه کنید. (میتوانید از داده های آزمایش تقویت کننده تفاضلی استفاده کنید).

(د) توضیح دهید از نظر تئوری حذف مقاومت کلکتور  $Q_1$  چه تأثیری در پهنای باند دارد.

(ه) بهره ولتاژ مدارهای تقویت کننده تفاضلی و متوالی را بصورت تئوری بدست آورید و با مقادیر بدست آمده در آزمایشگاه مقایسه کنید.

(و) اختلاف  $\beta$  دو ترانزیستور چه تأثیری در بهره حالت مشترک و بهره حالت تفاضلی از تقویت کننده تفاضلی دارد؟