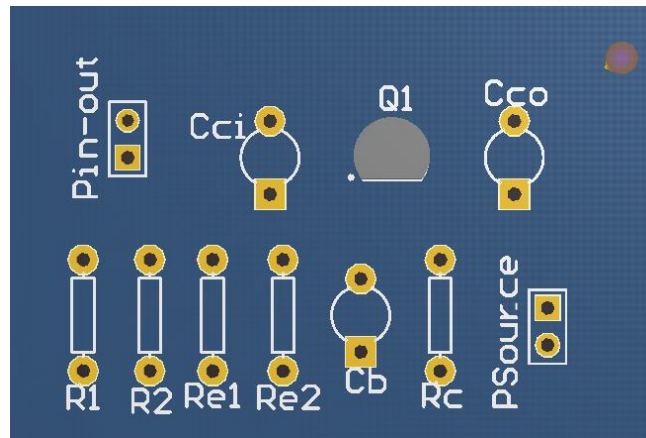


موضوعات مورد بررسی در آزمایش این هفته شامل آشنایی با نرم افزار Altium ، آشنایی با مدار چاپی ، نحوه طراحی صحیح مدار در مدارچاپی و مزایای آن نسبت به بردبرد ، نحوه صحیح لحیم کاری و ... می باشد.

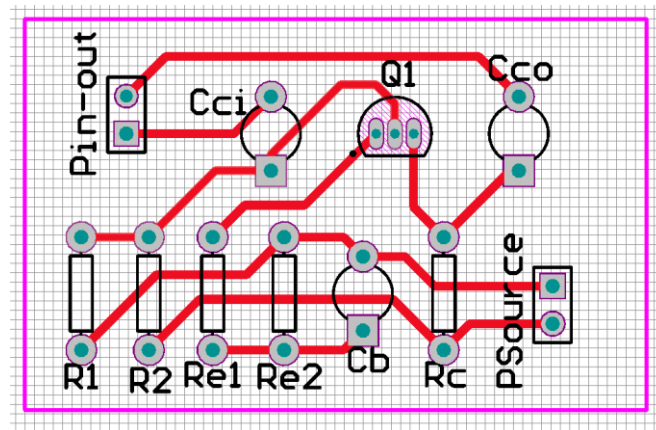
در طراحی مدار توسط نرم افزار Altium باید به موارد زیر توجه داشت :

- المان هایی که انتخاب می شوند فوت پرینت یکسانی با المانی که روی مدار مونتاژ می شود داشته باشد .
- خطوط مسی ( ترک track ) های رسم شده باید متناسب با میزان جریان عبوری از آن به حد کافی بزرگی باشد تا در عملکرد مدار و فیبر ( گرم شدن فیبر در صورت کوچک بودن track نسبت به جریان عبوری از آن ) اختلال ایجاد نکند . همچنین دو ترکی که نسبت به هم اختلاف پتانسیل بالایی دارند نباید از مجاور هم عبور میکنند .
- در مدارهایی که بخش آنالوگ و دیجیتال دارد بهتر است زمین های این دو مدار از هم جدا باشند و فقط در جایی که زمین منبع تغذیه آمده است به هم متصل شوند .
- برای کاهش نویز بهتر است زمین را در فیبر پخش کنیم . در واقع توسط این کار نویزها زمین می شوند و به نوعی به خطی سازی کمک می کند .
- خطوط مسی و محل های نشستن لحیم (پد) نباید خیلی ظریف و کوچک باشند ، چرا که امکان تصحیح اشتباه و لحیم کاری مجدد روی مدار خیلی محدود خواهد بود و به سادگی ممکن است ترکها و پدها از لایه برد جدا شوند .
- برای تغذیه مدار و برای ورودی پدهای اضافی در نظر گرفته شود تا تست و استفاده از مدار راحت تر و مطمئن تر شود .

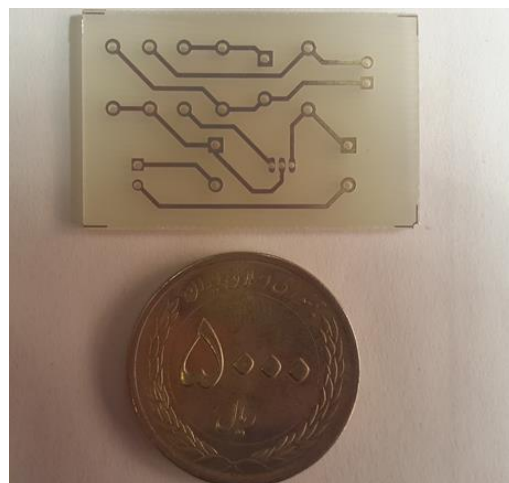
با توجه به نکات گفته شده ابتدا شماتیک مدار را وارد نرم افزار Altium می کنیم و سپس مدارچاپی را به شکل زیر طراحی می کنیم .



شکل ۱ شماتیک مدار در نرم افزار



شکل ۲ مدار چاپی طراحی شده



شکل ۳ مدار چاپی

حال در آزمایشگاه باید قطعات لازم را در جای مناسب روی برد لحیم کرد . در ادامه روشهای مناسب و نکات لازم برای لحیم کاری مناسب آورده شده است .

- هویه دارای یک نوک فلزی بوده که به شدت داغ می شود . بنابراین باید در استفاده از آن مراقب دمای بسیار بالای نوک آن بود .
- کار هویه این است که گرما را به چیزهایی نظیر سیم ، پایه ترانزیستور و پدهای روی مدار چاپی (PCB) منتقل کند. وقتی منطقه مورد نظر به اندازه کافی گرم شد، لحیم روی آن قرار می گیرد .
- لحیم یک سیم نازک است که معمولاً دور یک قرقه پیچیده شده و از آلیاژهای مختلف فلز ساخته می شود. وظیفه سیم لحیم متصل کردن اجزای مختلف به یکدیگر است . داخل سیم ماده ای به نام مغزی وجود دارد. مغزی باعث پاک شدن اکسایش موجود شده و سطح درگیر در فرآیند ذوب را تمیز می کند.



شکل ۴ نمونه سیم لحیم

- سیم لحیم ممکن است حاوی سرب باشد. بنابراین، پس از لحیم کاری دست های خود را با دقت بشویید.
- هویه باید از هر لحیمی پاک باشد تا بتواند گرما را به خوبی هدایت کند . هویه پس از اینکه در معرض هوا قرار می گیرد، اکسیده شده و تبدیل به عایق گرما می شود. نیاز داریم که گرما به خوبی هدایت شود

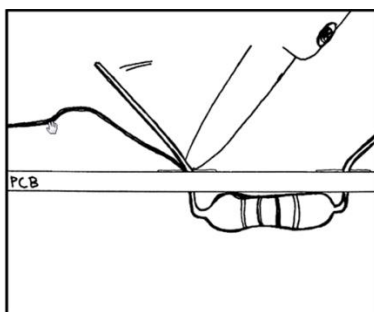
تا بتوانیم اجزای مختلف را به سرعت و سهولت به یکدیگر لحیم کنیم. کثیف بودن نوک باعث می‌شود که مجبور شوید هویه را برای مدت طولانی‌تری نگه دارید و این مسئله ممکن است باعث آسیب رسیدن به مدار چاپی شود. یعنی چیزی که هیچ‌کس خواهان آن نیست. یک اسفنج مرطوب بردارید و وقتی هویه به طور کامل داغ شده نوک آن را به آرامی روی اسفنج بکشید تا لحیم‌های قدیمی از رویش برداشته شوند. نوک هویه باید تمیز و درخشان باشد و یا دست‌کم به این حالت نزدیک شود.



شکل ۵ تمیز کردن نوک هویه با اسفنج مرطوب

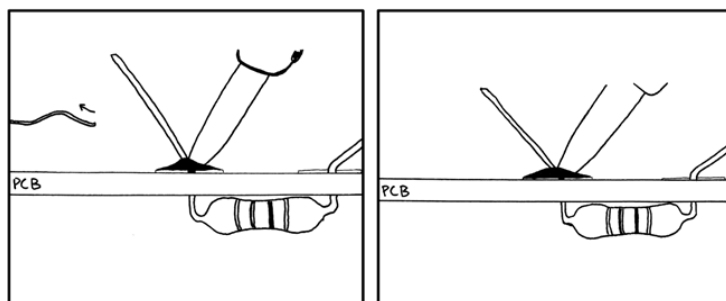
- همچنین می‌توان توسط روغن لحیم نیز نوک هویه را تمیز کرد که اینکار باعث افزایش رسانش گرما از نوک هویه می‌شود. علاوه بر این، این روغن (و همچنین روغن موجود در هسته‌ی سیم لحیم) باعث می‌شود در هنگام لحیم‌کاری روغن هم ذوب شده و در محل لحیم‌کاری جاری شود و لحیم راحت‌تر و بهتر انجام گیرد.
- برای لحیم‌کاری در ابتدا قطعه را در جای مناسب خود روی برد قرار داده، سپس با استفاده از هویه سیم قطعه و پد مربوطه را گرم کرده و با گرم شدن این دو سیم لحیم اضافه می‌شود تا لحیم صورت گیرد.
- هویه را در دستی که به آن مسلط هستید قرار داده و سیم لحیم را با دست دیگر بگیرید. وقتی دو قطعه را به یکدیگر لحیم می‌کنید، باید هویه را روی محل اتصال آن دو قرار دهید. هویه را چند ثانیه همان

جا نگه داشته و سپس لحیم را زیر نوک هویه گذاشته و به وسیله هویه و سیم لحیم را به مدار چایی فشار دهید .



شکل ۶ نحوه صحیح لحیم کاری

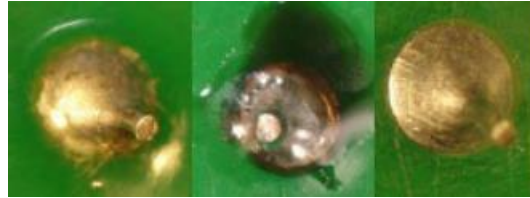
- این قسمت اهمیت زیادی دارد. اول سیل لحیم را خارج کرده و هویه را چند ثانیه دیگر همان جا نگه دارید. این باعث می شود که لحیم همچنان به ذوب شدن ادامه داده و اتصال به خوبی برقرار شود. سپس می توانید هویه را خارج کنید .



شکل ۷ جدا کردن سیم لحیم

- کل این فرآیند نباید بیشتر از ۵ ثانیه طول بکشد. در حالت عادی و ۳ تا ۴ ثانیه کافی است.
- چند ثانیه صبر کرده و به لحیم دست نزنید. لحیم به سرعت سرد می شود اما حرکت دادن یا فوت کردن اتصال باعث خراب شدن آن می شود. یک اتصال نامرغوب لحیم ظاهری شبیه به اکسایش و بیش از حد تیره و دانه دانه دارد . همچنین ممکن است تویی از لحیم روی منطقه اتصال باقی بماند (گرد حول پایه

المان). یک اتصال خوب باید دارای ظاهر صاف و یکدست بوده و طرفین آن مقعر باشند (مخروط نشسته روی پد). اتصال خوب شبیه یک توپ برآمده نخواهد بود؛ بلکه ظاهری مسطح خواهد داشت.



شکل ۸ نمونه ای از لحیم ها

- پس از هر چند بار اتصال، هویه رو مجددا تمیز و قلعی نمایید. همچنین، پس از پایان کار نیز نوک هویه را تمیز کنید.

## اندازه‌گیری مشخصات مدار :

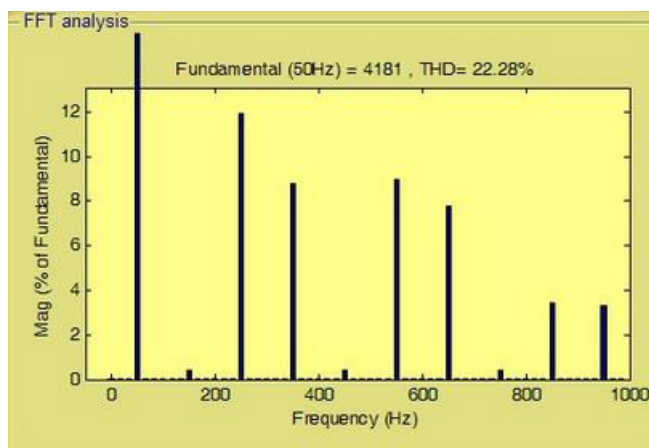
حال به تعریف THD و رابطه‌ی تقریبی آن می‌پردازیم. Total Harmonic Distortion یا THD نمایانگر مقدار کلی اغتشاشات هارمونیکی به درصد می باشد. عدد THD، اصولا هر چه کوچکتر باشد نمایانگر کیفیت بهتری است. در واقع THD به عنوان معیار مناسبی از خطی بودن است و THD یک سیگنال از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید.

تی اچ دی = ۱۰۰ \* دامنه موثر هارمونیک اصلی / دامنه موثر هارمونیکها

$$THD = \frac{\sum_{i=2}^N \sqrt{v_i^2}}{v_1}$$

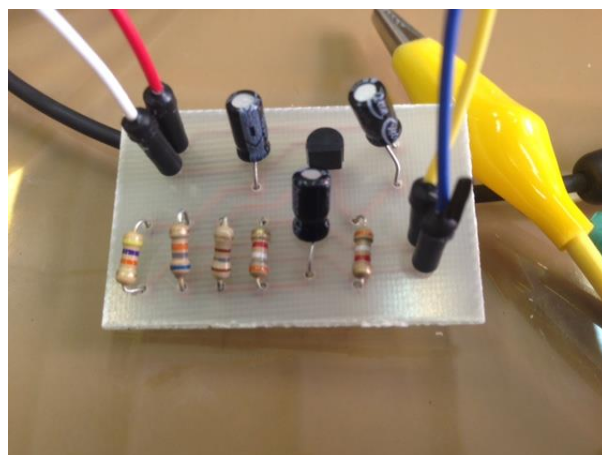
البته تعاریف دیگری نیز دارد (مانند اینکه مخرج مجموع کل هارمونیک‌ها باشد) ولی تعریف معمول آن بصورت بالا است.

توسط اسیلوسکوپ می‌توان با آنالیز FFT مقادیر هارمونیک‌های مختلف را مشاهده کرد و هارمونیک را بدست آورد . در واقع آنالیز FFT نموداری مانند نمودار زیر را به ما می‌دهد .

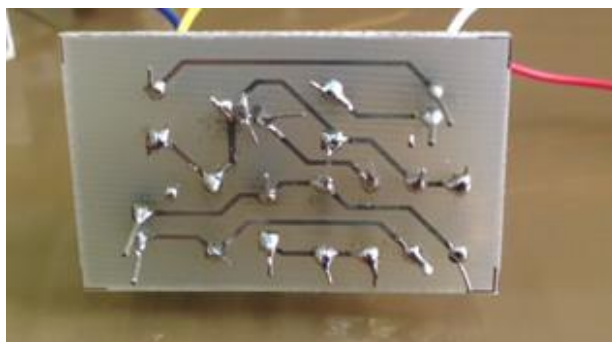


شکل ۹ نمونه نمودار آنالیز FFT

در آزمایشگاه قطعات را روی برد قرار داده و لحیم کردیم که در زیر مدار کامل قرار داده شده است .



شکل ۱۰ مدار نهایی



شکل ۱۱ لحیم قطعات

### تعیین نقطه کار :

پس از بستن مدار ، بدون اعمال سیگنال ورودی ، توسط مولتی متر نقطه کار DC مدار به صورت زیر به دست آمد :

$$V_{BEQ}=620\text{mv} \quad , \quad V_{BQ}=4.73\text{v} \quad , \quad I_{CQ}1.0074\text{mA}$$

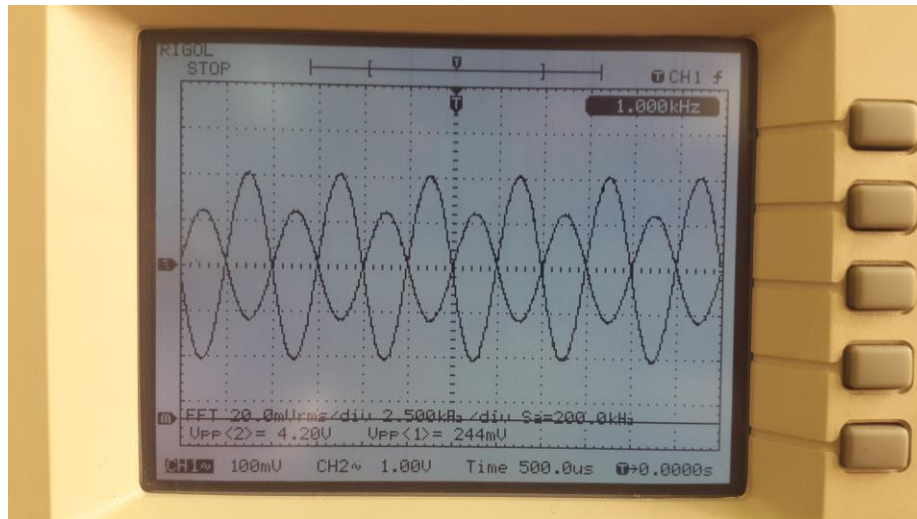
$$V_{EQ}=4.11\text{v} \quad , \quad V_{CQ}=8.08\text{v}$$

### تعیین بهره مدار :

پس از تعیین نقطه کار ، سیگنال سینوسی با دامنه ۲۴۴ میلی ولت و فرکانس 1KHz را به تقویت کننده اعمال کرده و طبق شکل موج ولتاژ ورودی خروجی ، مقدار بهره به دست می آید .

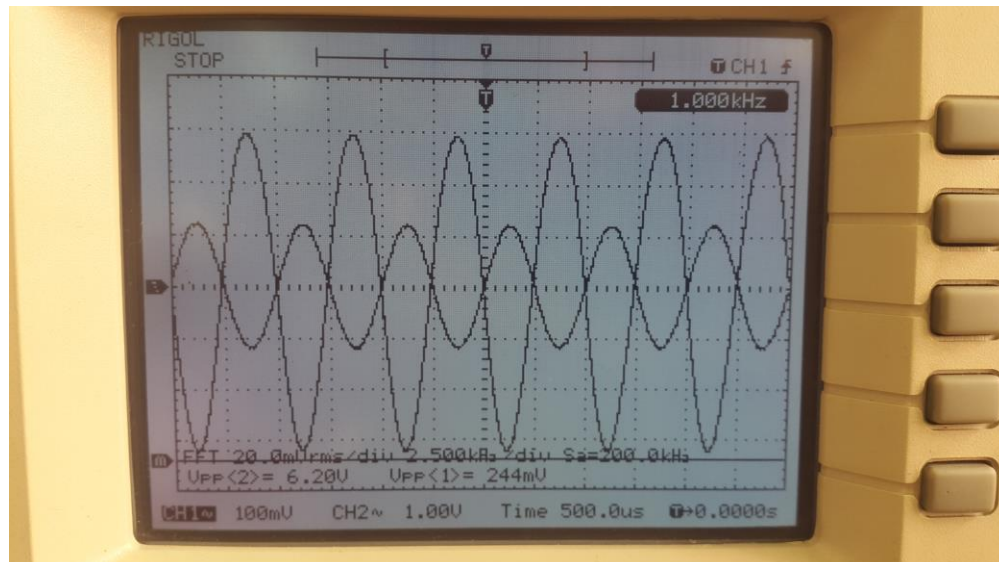
$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{4.2\text{v}}{244\text{mv}} = 17.21$$





شکل ۱۲ نمودار ورودی خروجی

همانطور که مشاهده می شود مقدار بهره از مقدار مطلوب کمی کمتر شده است . بنابراین مقاومت ۲۲۰ اهمی را با مقاومت ۱۸۰ اهمی موجود در امیتر موازی میکنیم تا بهره افزایش یابد.



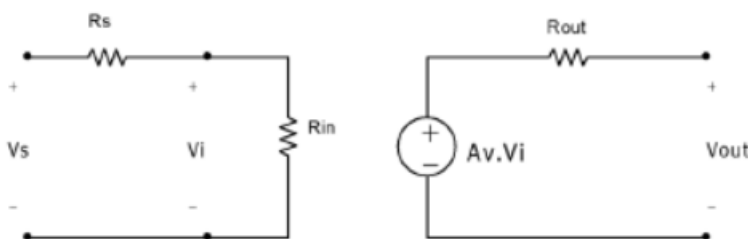
شکل ۱۳ نمودار ورودی خروجی باموازی کردن مقاومت ۲۲۰ اهمی

در اینجا مشاهده می شود بهره افزایش می یابد .

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{6.2v}{244mv} = 25.41$$

## تعیین مقاومت ورودی :

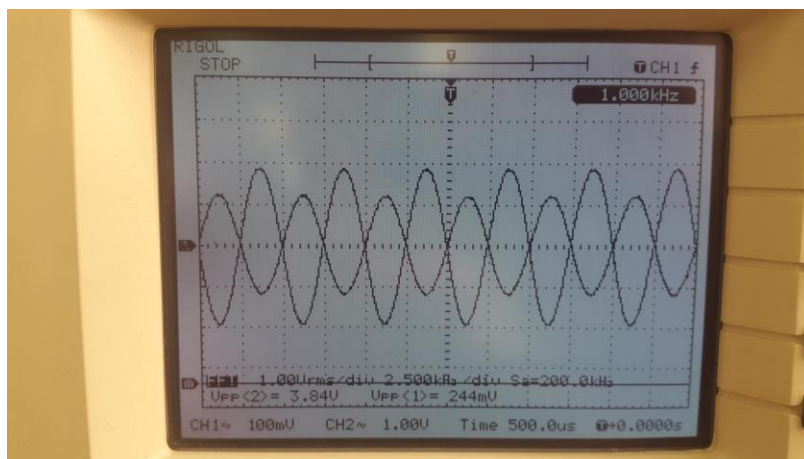
برای به دست آوردن مقاومت ورودی تقویت کننده ، در عمل یک مقاومت بصورت سری ( مقاومتی نزدیک مقاومت ورودی محاسبه شده ) در ورودی تقویت کننده اضافه میکنیم . سپس بهره را مجددا اندازه گیری میکنیم و از رابطه‌ی زیر مقاومت ورودی به دست می‌آید .



شکل ۱۴ مدار معادل تقویت کننده ولتاژ در صورت افزودن مقاومت تستر در ورودی

$$A_{vs} = \frac{R_{in}}{R_{in} + R_s} A_v \quad \rightarrow \quad \frac{A_v}{A_{vs}} = \frac{R_{in} + R_s}{R_{in}} = 1 + \frac{R_s}{R_{in}}$$

$$\rightarrow R_{in} = R_s / \left( \frac{A_v}{A_{vs}} - 1 \right)$$

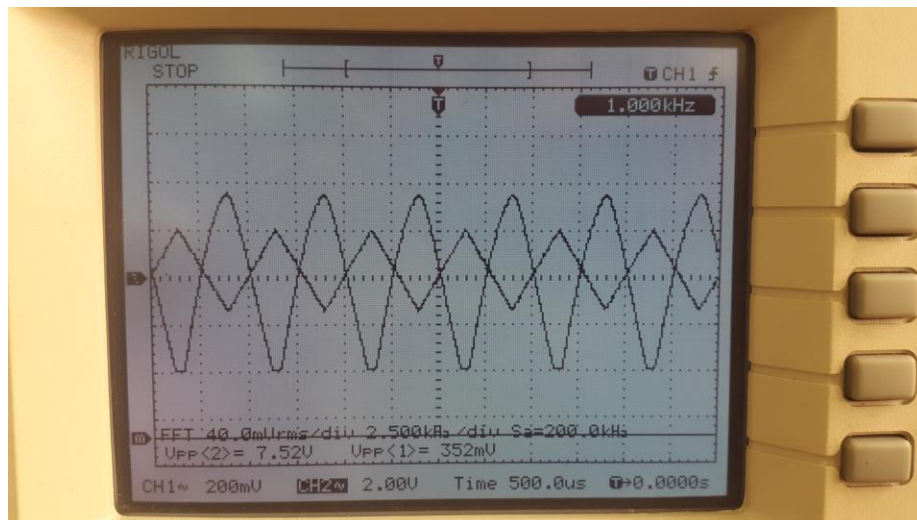


شکل ۱۵ شکل موج ورودی خروجی با سری کردن مقاومت ۱۰ کیلو اهم در ورودی

با سری کردن مقاومت  $10K\Omega$  شکل موج ورودی و خروجی به صورت بالا در آمد . طبق روابط گفته شده مقاومت ورودی برابر  $16.27K\Omega$  به دست می آید .

### تعیین ماکزیمم سوینگ خروجی :

برای به دست آوردن ماکزیمم سوینگ خروجی ، ورودی را در حالت مثلی قرار می دهیم و مقدار آن را تا جایی که شکل موج خراب شود افزایش می دهیم . مطابق شکل زیر مشاهده می شود ماکزیمم سوینگ خروجی بین ولتاژ  $-4V$  تا  $3.52V$  می باشد . ( $7.52V$  p-p)

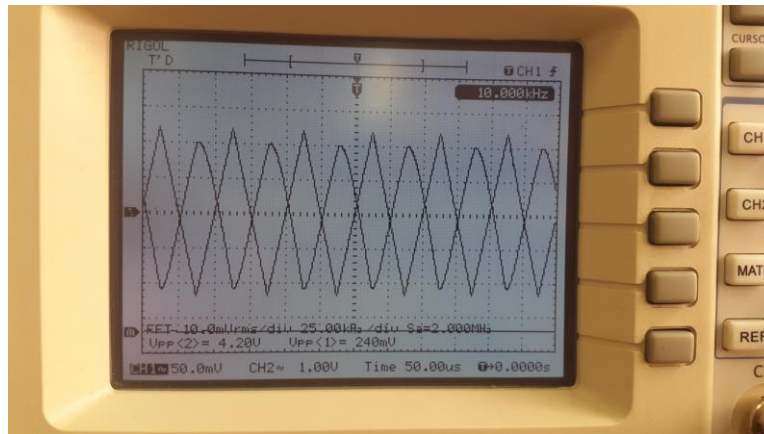


شکل ۱۶ نمودار تعیین ماکزیمم سوینگ خروجی

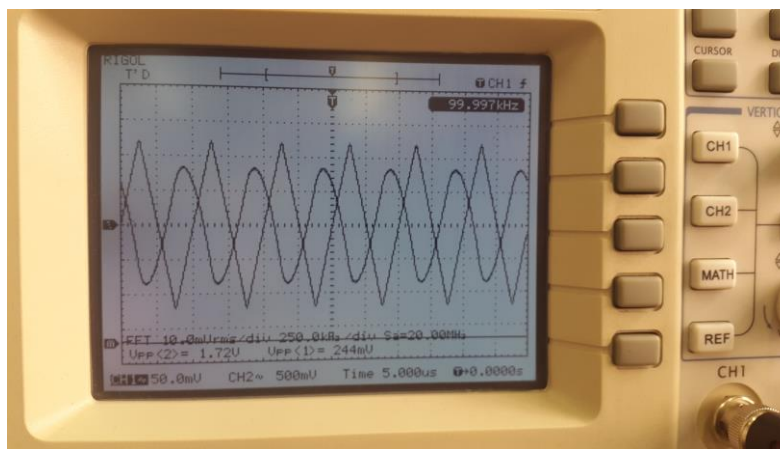
### تعیین پهنای باند تقویت کننده :

برای تعیین پاسخ فرکانسی فرکانس ورودی را افزایش داده و سیگنال ورودی خروجی را مشاهده می کنیم .

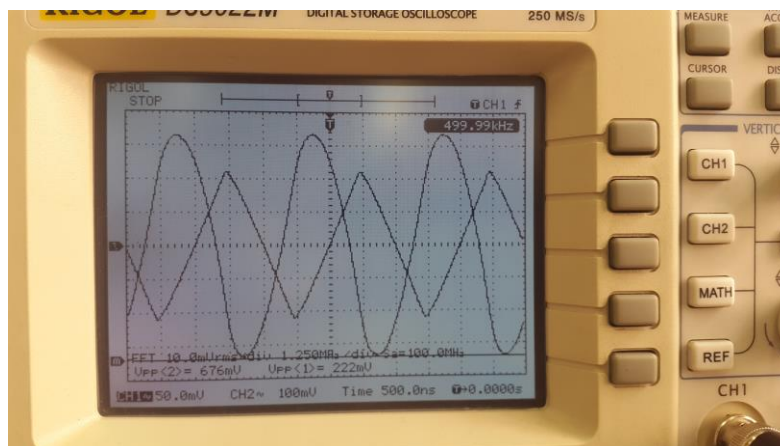
	1KHz	10KHz	100KHz	500KHz
$V_{i(p-p)}$	242mv	240mv	244mv	222mv
$V_{o(p-p)}$	5.8mv	4.2mv	1.72mv	676mv



شکل ۱۷ شکل موج ورودی خروجی با فرکانس 10KHz



شکل ۱۸ شکل موج ورودی خروجی با فرکانس 100KHz



شکل ۱۹ شکل موج ورودی خروجی با فرکانس 500KHz