

# آمپلی فایر صوتی برای رادیو آماتورها



نویسنده: مهندس شهریار پاسیار

فعالیت‌های رادیوآماتوری صرفاً و همیشه مربوط به فرستنده‌های رادیویی نیست، یک رادیوآماتور علاقمند در طول سال‌های فعالیت خود قطعاً علاقمند ساخت انواع گیرنده، فرستنده و Transceiver و یا واکی تاکی نیز خواهد شد. در فعالیتهای آماتوری بخش عمده‌ای از فعالیتها معطوف به ساخت گیرنده در باندهای مختلف خواهد شد بعنوان مثال گیرنده‌های SDR یا همان رادیوهای نرم افزاری (Software Defined Radio) و یا گیرنده‌های ساید باند جانبی یا همان SSB. خروجی یک گیرنده رادیویی نهایتاً به بخش تقویت کننده صوتی یا همان Audio Amplifier ختم خواهد شد تا بعد از عملیات مختلف در بخش گیرنده که میتواند یک رادیو از نوع TRF و یا سوپر هترودین و یا سوپر ریجنراتیو باشد، سیگنال صوتی به بلندگو و یا گوشی منتقل شود.

همانطور که طراحی صحیح و تنظیمها در بخشهای رادیویی گیرنده‌ها مهم است، طراحی بخش صوتی نیز اهمیت زیادی در کیفیت و نتیجه ساخت یک گیرنده دارد. یک آمپلی فایر بی کیفیت و دارای نویز و اغتشاش و یا میزان گین بسیار زیاد و یا ناکافی میتواند تمام زحمات ساخت یک مدار خوب را بر باد دهد. لذا طراحی مناسب در این بخش نقش قابل ملاحظه‌ای در موفقیت یک پروژه رادیویی دارد. نویسنده برای نیل به این منظور و برای اینکه یک تقویت کننده صوتی خوب و با کیفیت و با قابلیت تنظیم میزان بهره و حساسیت در هنگام تحقیقات خود روی رادیو‌ها و گیرنده‌های رادیویی داشته باشم، تصمیم گرفتم تا یک آمپلی فایر صوتی جداگانه طراحی و درون جعبه قرار دهم و آنرا بعنوان یک وسیله آزمایشگاهی روی میز کار خود مستقر کنم تا در هنگام نیاز بتوانم از آن استفاده کنم. مداری را که در بخشهای پیش رو خدمت شما عزیزان معرفی میکنم، بعنوان یک آمپلی فایر بسیار حساس و با کیفیت و فاقد نویز میتوانید در پروژه‌های خود و یا همانند من بعنوان یک ابزار مستقل روی میز کارتان مورد بهره برداری قرار دهید. برای طراحی این مدار و به دلیل اینکه قرار است برای سیگنالهای خیلی ضعیف مورد استفاده قرار گیرد اهداف زیر را تعریف کرده‌ام:

1- قدرتی در حدود یک وات داشته باشد.

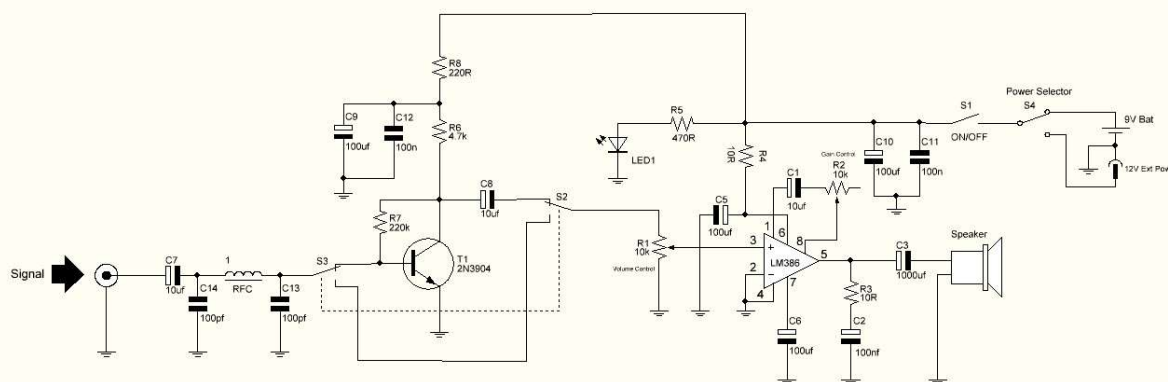
2- میزان Gain (بهره تقویت) قابلیت تغییر داشته باشد.

- 3- کاربر بتواند به دلخواه خود و برای تقویت بیشتر سیگنالهای خیلی ضعیف، یک طبقه پری آمپلی فایر (PreAmplifire) را از طریق یک کلید وارد و خارج کند.
- 4- دارای فیلتر ورودی برای حذف سیگنالهای رادیویی مزاحم از اطراف و یا مدارات تحت آزمایش باشد.
- 5- پایدار باشد و مشکل رایج مدارات صوتی با حساسیت بالا یعنی تمایل به نوسان یا همان Oscillation نداشته باشد.
- 6- قابلیت تغذیه بوسیله باتری را نیز داشته باشد و بنابر این پرتابل باشد.
- 7- با قطعات موجود در بازار قابل ساخت بوده و قیمت تمام شده ارزانی داشته باشد.

بر اساس اهداف فوق الذکر، مدار زیر را طراحی، تست و ساختم که در ادامه نقشه شماتیک مدار، طرح مدار چاپی و تصاویر دستگاه ساخته شده را ملاحظه میکنید. هم اکنون این مدار بعنوان یک آمپلی فایر عمومی با قابلیت تنظیم پارامترهای بهره، حساسیت و دامنه صدا و برای تست انواع گیرنده، میکروفن و کلا ردیابی سیگنالهای صوتی بسیار ضعیف مورد استفاده نگارنده میباشد.

## شرح مدار

شکل 1 نقشه مدار را نشان میدهد:



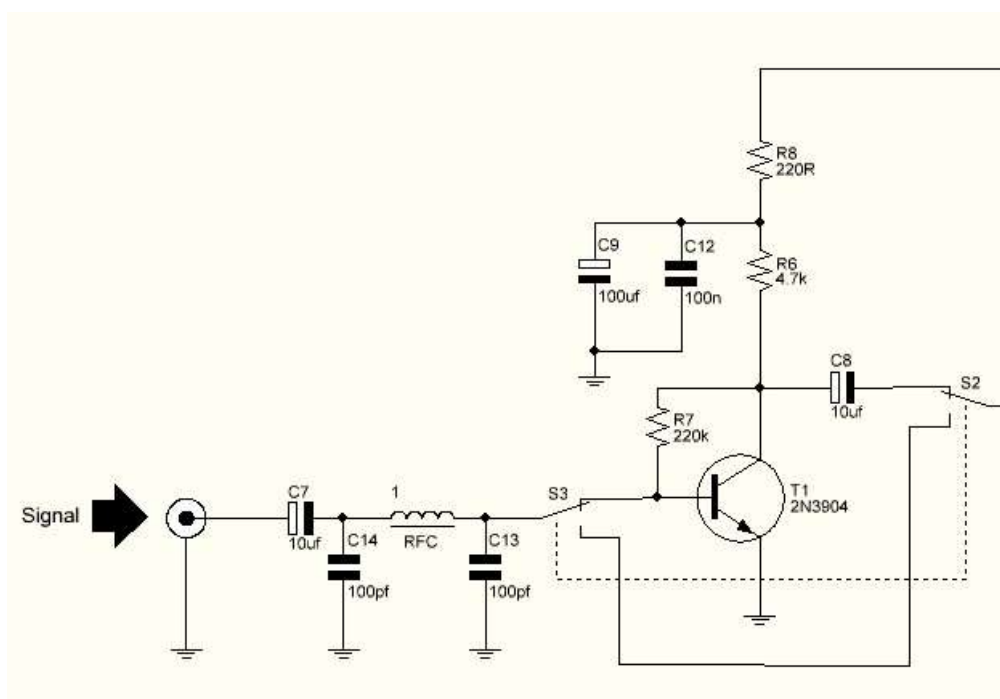
Audio Amplifier With Gain Control And Selectable Pre Amplifier  
Designed by: Shahryar Pasyar(EP45P)

همانطور که مشخص است، مدار بر اساس آمپلی فایر قدیمی و معروف LM386 طراحی شده است که به وفور در بازار موجود و قیمت مناسبی داشته و علاوه بر این با اهداف پروژه یعنی داشتن قدرتی معادل یک وات (برای بسیاری از کاربردها این قدرت کافی

است) و قابلیت تنظیم بهره، منطبق است. علاوه بر این، نگارنده با استفاده از یک طبقه پیش تقویت کننده ترانزیستوری که بوسیله کلید در مدار قرار یا خارج میشود، امکان داشتن حساسیت بسیار زیاد برای سیگنالهای خیلی ضعیف را میسر کرده ام. با توجه به حداکثر بهره ترانزیستور 2N3904 که حدود 400 میباشد و حداکثر بهره LM386 که 200 است، بهره ای معادل 80000 حاصل میشود که نتیجه آن یک تقویت کننده صوتی بسیار حساس خواهد بود که قابلیت تقویت هر نوع سیگنال صوتی با دامنه بسیار کم را خواهد داشت که بلافاصله در بخشهای بعد از آشکار سازهای رادیویی، میکروفن ها و انواع مولدهای صوتی بسیار ضعیف قابل استفاده خواهد بود.

### بخش پیش تقویت کننده (Preamplifier)

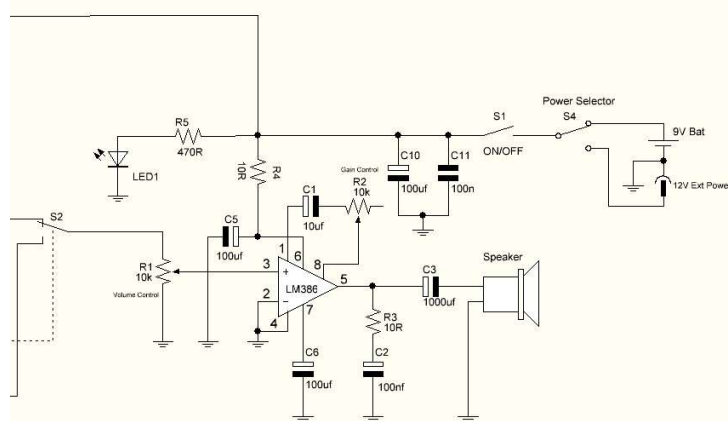
شکل 2 این بخش را نشان میدهد:



سیگنال ورودی از طریق خازن کوپلاژ C7 وارد بخش فیلتر میشود، این یک فیلتر پایین گذر (Low Pass Filter) نوع Pi (پی) میباشد که بلافاصله بعد از کانکتور ورودی قرار گرفته است تا سیگنالهای ناخواسته رادیویی که میتواند مدار را به حالت ناپایدار و یا اشباع ببرد حذف شود. RFC شامل ده دور سیم روی یک تروئید کوچک معمولی میباشد. ترانزیستور 2n3904 یک ترانزیستور عمومی تیپ منفی و فراوان در بازار است که با میزان HFE حدود 400، گزینه مناسبی برای مدار ما میباشد. این ترانزیستور از طریق دو مقاومت R6 و R7 بایاس شده است البته برای جلوگیری از تاثیر طبقه اصلی آمپلی فایر بر روی این قسمت و حذف اثرات نامطلوب بر روی این بخش از مقاومت C9, R8 و C12 استفاده شده است تا به اصطلاح اثر موسوم به قایق موتوری که ناشی از تاثیر طبقه قدرت روی طبقه پیش تقویت کننده است و موجب اختلال و اغتشاش شدید میشود از بین برود. کلیدهای هم محور S2, S3 که در واقع یک کلید چکشی دابل معمولی میباشد، طبقه پیش تقویت کننده را به انتخاب کاربر یک بار سر راه قرار میدهد و یک بار خارج میکند. با این بخش از مدار ما میتوانیم میزان حساسیت ورودی را برای سیگنالهای بسیار ضعیف افزایش قابل ملاحظه و برای سیگنالهای قویتر، با خارج کردن مدار پیش تقویت کننده، میزان تقویت مناسب را انتخاب کنیم.

### بخش تقویت کننده قدرت

شکل 3 این بخش را نشان میدهد:



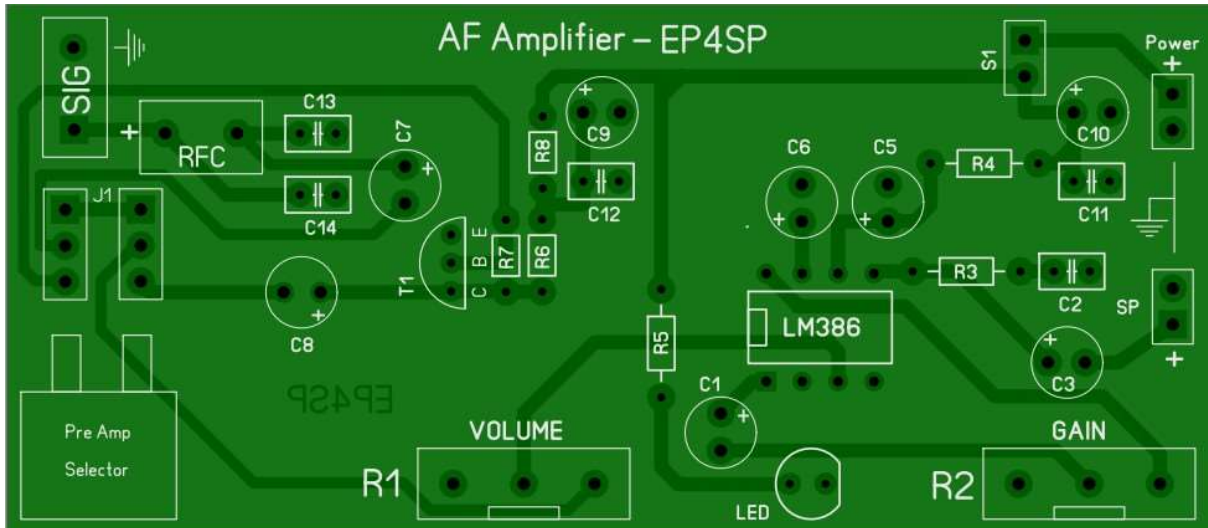
همانگونه که در شکل مشخص است، این بخش وظیفه تقویت قدرت سیگنال را بر عهده دارد. میزان شدت صدا یا در واقع Volume توسط پتانسیومتر R1 تعیین میشود. همچنین پتانسیومتر R2 وظیفه تنظیم گین را

بر عهده دارد. در واقع بهتر است همواره این پتانسیومتر را برای بهترین کیفیت صدا و کمترین میزان Distortion تنظیم کنید. سیگنالهای قوی اعمال شده به این بخش طبعا نیاز به گین کمتر برای تقویت و سیگنالهای ضعیف تر گین بیشتری لازم دارند. اعمال گین زیاد روی سیگنال موجب اغتشاش و از دست رفتن کیفیت صدا خواهد شد. لازم به ذکر است که آمپلی فایر عملیاتی LM386 قابلیت تنظیم بهره بین 20 و 200 را دارا میباشد که از طریق پتانسیومتر R2 و خازن C1 که بین پایه های 1 و 8 ای سی Lm386 قرار دارند قابل انجام است. نگارنده این پتانسیومتر را همچون Volume Control بر روی پنل و جعبه دستگاه ساخته شده قرار داده است تا به راحتی قابلیت تنظیم گین مناسب را در اختیار داشته باشیم.

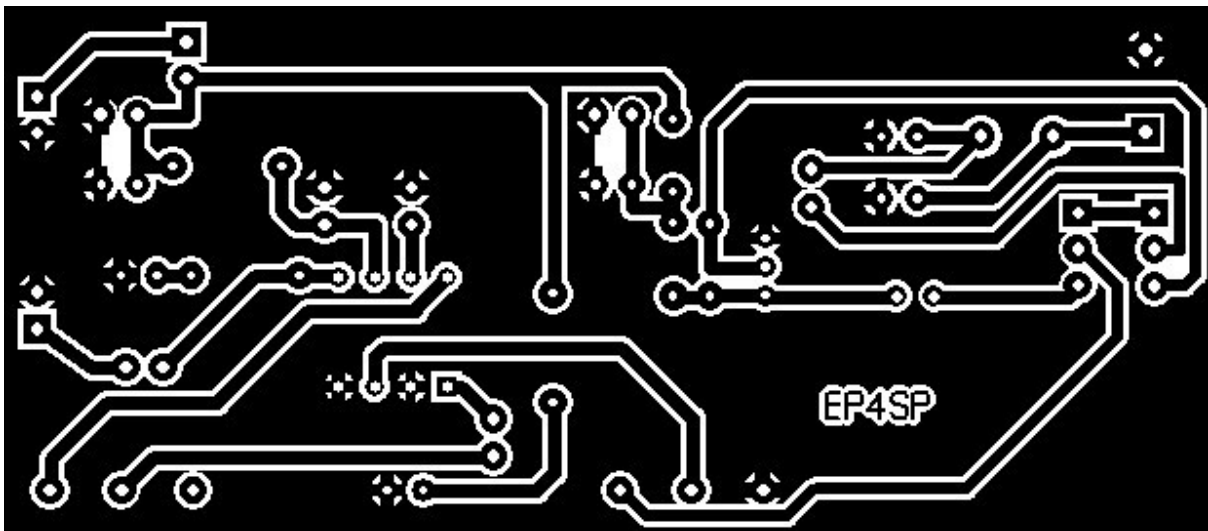
از آنجا که آمپلی فایر های صوتی در طبقات قدرت (طبقه نهایی) بیشترین جریان را از مدار میکشند که این خود متناسب با شدت صدا میباشد، احتمال به نوسان افتادن مدار و ایجاد اختلال ناشی از تاثیرات این بخش بر روی طبقات میانی و اولیه مدار که دلیل آن ایجاد فیدبک مثبت میباشد زیاد است، نگارنده برای رفع این مشکلات قطعات R4, C5, C6, C10, C11 را بعنوان Dumping و Bypass در نظر گرفته است همچنین طراحی مدار چاپی پروژه را به صورت گراند گسترده که یک تکنیک رایج در طراحی PCB برای مدارات حساس و رادیویی میباشد انجام داده ام لذا مداری بسیار پایدار و با کیفیت حاصل شده است.

## ساخت مدار

نقشه فیبر مدار چاپی و راهنما را در شکلهای زیر ملاحظه میفرمایید، این فیبر به گونه ای طراحی شده است تا پتانسیومترهای R1 و R2 مستقیما روی فیبر لحیم شده و برد براحتی روی پانل از طریق مهره های مربوط به پتانسیومترها فیکس شود:

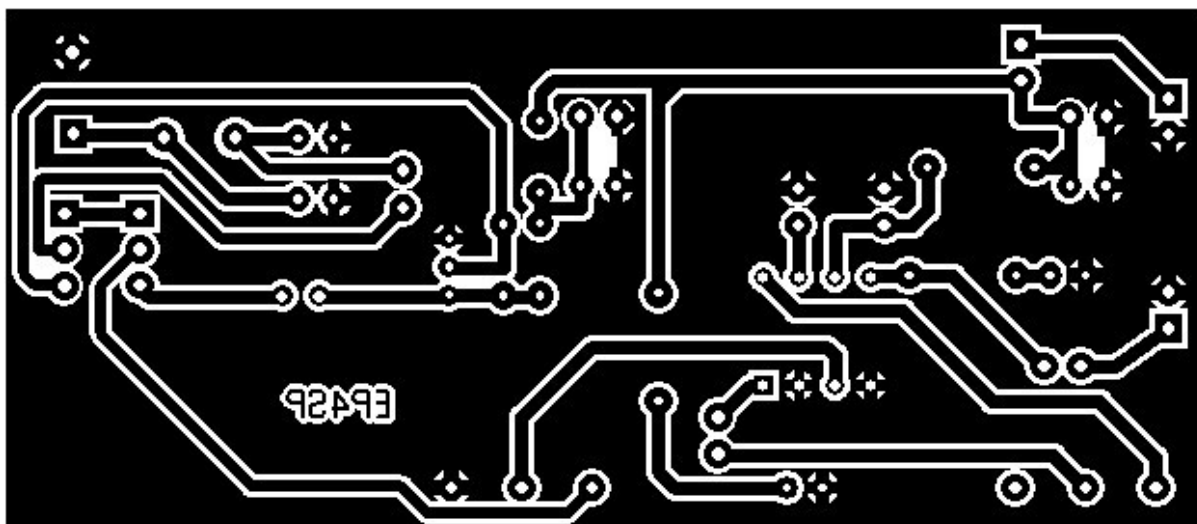


شکل 4 : تصویر فیبر مدار چاپی از بالا و نحوه نصب قطعات



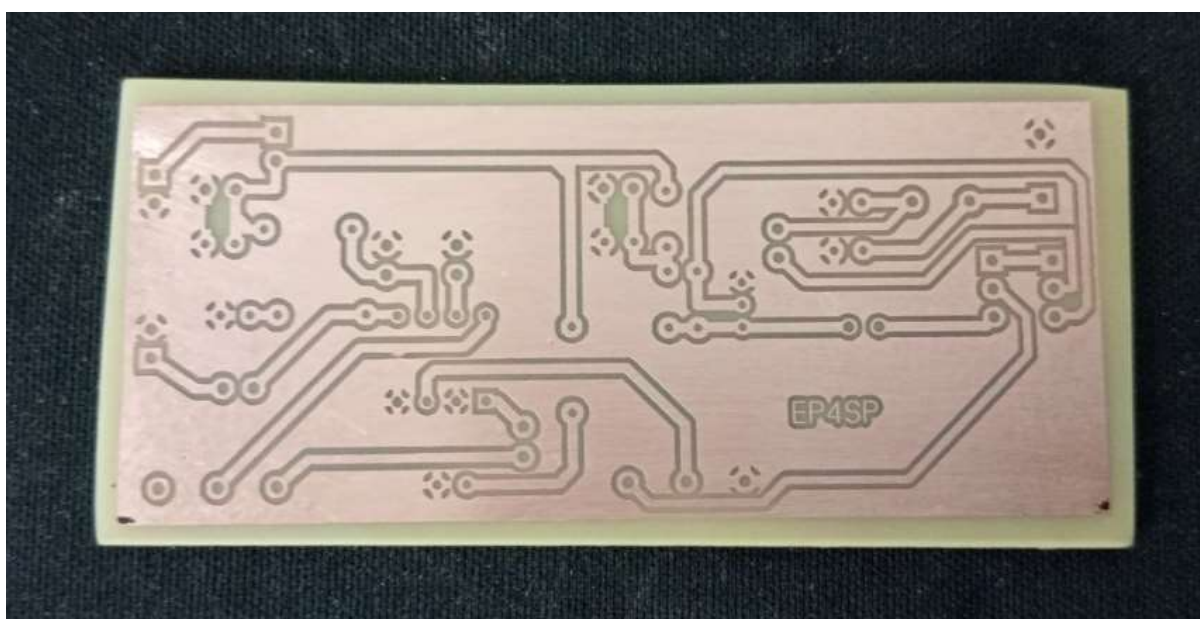
شکل 5 : تصویر لایه زیرین فیبر (Mirror شده)





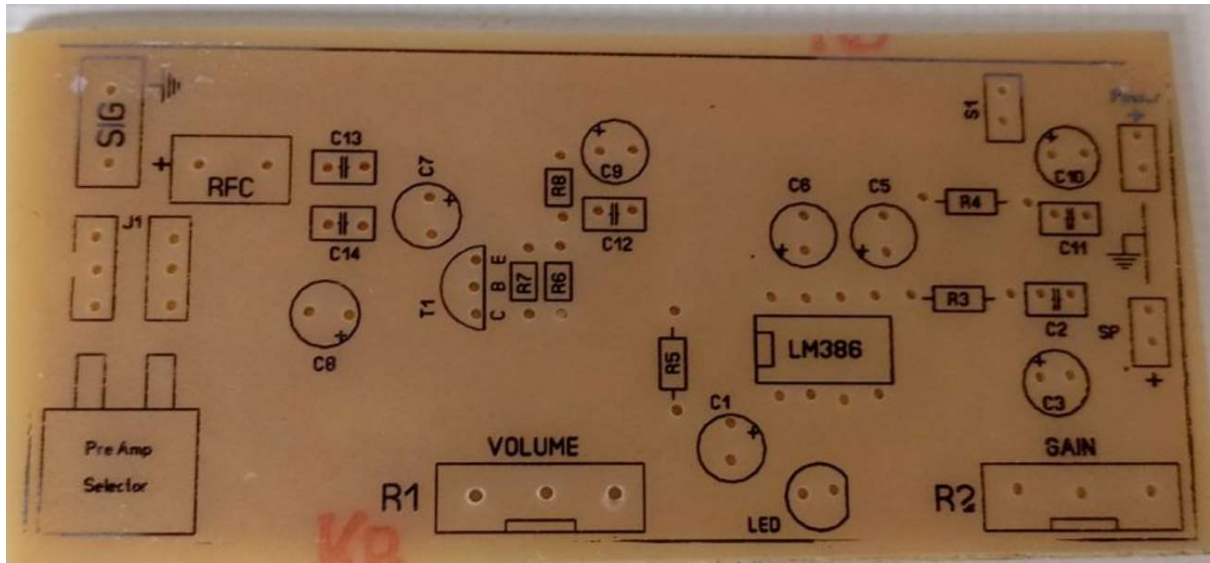
شکل 6 : تصویر لایه مسی از بالا (حالت نرمال و Mirror نشده)

ساخت این فیبر با توجه به اینکه فقط یک لایه است با روش متداول Toner Transfer یا همان اطو و البته روش لمینیت برای عزیزان علاقمند براحتی میسر است. شکلهای زیر فیبر مدار چاپی پروژه را نشان میدهند که نگارنده با استفاده از یک دستگاه لمینیتور و روش Toner Transfer ساخته ام:



شکل 7 : فیبر مدار چاپی ساخته شده توسط نگارنده

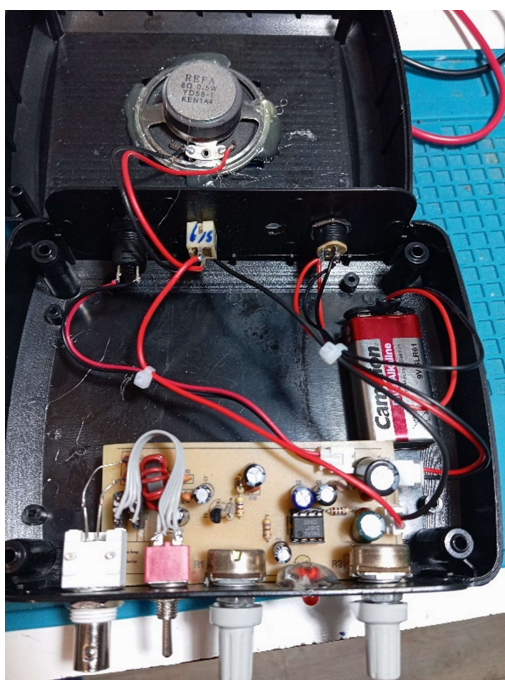




شکل 8: چاپ راهنما روی فیبر نیز به روش Toner Transfer انجام شده است.

### قرار دادن دستگاه درون جعبه

همانطور که در ابتدای مقاله توضیح دادم، نگارنده این پروژه را بعنوان یک تقویت کننده عمومی برای استفاده به صورت یک ابزار رو میزی خصوصا برای مواقعی که قصد ساخت گیرنده ها و یا پروژه هایی که خروجی صوتی برای تقویت شدن دارند را طراحی و ساخته ام اما شما میتوانید این پروژه را به دلخواه خود و بعنوان بخش صوتی برای هر مدار دیگری در نظر گرفته و بسازید. تلاش کنید تا از کانکتور مرغوب و سیم شیلد با کیفیت برای انتقال سیگنال به مدار استفاده کنید. اینجانب برای این منظور از کانکتور BNC و سیم شیلد دو نخ صوتی استفاده کرده ام. همچنین میتوانید با قرار دادن یک باتری 9 ولتی کتابی درون دستگاه و استفاده از یک کلید و یا جک های مخصوص Power از دستگاه در حالت تغذیه بیرونی و داخلی استفاده کنید. با توجه به حساسیت ورودی زیاد دستگاه خصوصا در گین های بالا و حالتی که Preamplifier فعال است، سعی کنید از یک منبع تغذیه 12 ولتی صاف و مرغوب برای جلوگیری از تولید صدای هام و نویز 50Hz برق شهر استفاده کنید. تصاویر زیر دستگاه ساخته شده توسط نگارنده را نشان میدهند:



شکل 9: تصویر درون

دستگاه ساخته شده



شکل 10: دستگاه ساخته شده درون جعبه، بلندگو در سقف جعبه تعبیه شده است.

در پایان نگارنده برای علاقمندان به الکترونیک و مخابرات خصوصا رادیو آماتورهای گرامی  
آرزوی موفقیت و پیشرفت در تمام عرصه های زندگی دارم و امیدوارم از ساخت این پروژه لذت  
ببرید.

**شهریار پاسیار (EP4SP)**

**خرداد ماه 1403**

**شیراز**