بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول

دانشکده فنی مهندسی– گروه برق

پروژه پایانی

گرایش: مهندسی تکنولوژی الکترونیک

عنوان:

ساخت آمپلی فایر ۳۰۰ وات

استاد گرامی:

مهندس محمد مهدی دستگاهی

نگارش:

بیژن ایسپره

زمستان ۱۳۹۲

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خداوند متعال را که زبانم از ثنای او قاصر است. هر چه دارم از اوست و هیچ وقت خود در بی نیازی از لطف و عنایات بی کران او احساس نکرده ام و در تمام مراحل زندگی، هرگاه دست نیاز به درگاهش دراز کرده ام، ناامید نگشته ام و امیدوارم که بتوانم به پاس این همه نعمت هایی که به من ارزانی داشته است، حداقل گام کوچکی برای رضای او بردارم.

عنوان **فهرست مطالب** **صفحه**

چکیده ۱

فصل اول:مقدمه ای بر آمپلی فایر

۱-۱ تقویت کننده ها .....

۱-۱-۱ تقویت کننده‌های ولتاژ .....

۱-۱-۲ تقویت کننده‌های جریان .....

۱-۱-۳ تقویت کننده ترارسانایی .....

۱-۱-٤ تقویت کننده ترامقاومتی .....

۱-۱-۵ منابع تغذیه تقویت کننده .....

۱-۱-٦ اشباع تقویت کننده .....

۱-۱-۷ پاسخ فرکانسی تقویت کننده ها .....

۱-۲ دسته‌بندی تقویت کننده‌ها بر اساس پاسخ فرکانس ٦

۱-۳ انواع تقویت کننده ها .....

۱-٤ تقویت کننده های چند ترانزیستوری یا چند طبقه .....

۱-۵ انواع تقویت کننده های قدرت ۷

۱-٦ بازدهی و راندمان تقویت کننده ها .....

۱-۷ انواع کلاس های کاری تقویت کننده ها .....

۱-۷-۱ کلاس A ۹

۱-۷-۲ کلاس B ۹

۱-۷-۳ کلاس AB ۱۰

۱-۷-٤ کلاس C ۱۰

۱-۷-۵ کلاس D ۱۰

۱-۷-٦ راندمان تقویت کننده ....

فصل دوم:ساختPCB مدار آمپلی فایر

۲-۱ استاندارد طراحی مدار چاپی ....

۲-۲ تهیه اسید مدار چاپی ....

۲-۳ انواع روش های ساخت PCB ....

۲-۳-۱ روش ماژیک ....

۲-۳-۲ روش لتراست ۱۸

۲-۳-۳ روش لامینت ....

۲-۳-٤ روش اسپری پزتیو ۲۰ ....

۲-٤ نحوه ساخت PCB مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات ....

فصل سوم :ساخت آمپلی فایر

۳-۱ نحوه لحیم کاری با هویه ....

۳-۲ مدار منبع تغذیه آمپلی فایر ....

۳-۳ نقشه شماتیک مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات ....

۳-٤ PCB آمپلی فایر ۳۰۰ وات ....

۳-۵ نقشه پشت برد مدار آمپلی فایر ....

۳-٦ اجرای در نرم افزار Proteus

۳-٦ تصاویر آمپلی فایر بعد از ساخت ۳۸

۳-۷ دیتا شیت ICTDA۷۲۹٤ ..... ۳۹

منابع ....

فهرست شکلها

عنوان صفحه

فصل اول:مقدمه ای بر آمپلی فایر

شکل ۱-۱ نواحی کار و بلوک دیاگرام کلاس های تقویت کننده .....

فصل دوم:ساختPCB مدار آمپلی فایر

شکل۲-۱ اسید پرکلرودوفر ۱۵

شکل۲-۲ اسید کلروفری ک ....

شکل۲-۳ روش اسپری پزتیو ۲۰ ....

شکل۲-٤ استفاده از پنبه و محلول سود سوزآور ۲۲

شکل۲-۵ PCB مدار چاپ شده بر کاغذ گلاسه A۳ ....

شکل۲-٦ فیبر خام مدار چاپی ....

شکل۲-۷ اتور کاری کیت آمپلی فایر ....

شکل۲-۸ جدا کردن کاغذ اضافی از کیت بعد از بیرون آوردن از آب گرم .....

شکل۲-۹ کیت آمپلی فایر آماده شده برای اسید کاری ....

شکل۲-۱۰ اسید کاری کیت آمپلی فایر ....

شکل۲-۱۱ کیت آمپلی فایر بعد از اسید کاری(پاک شدن مس های اضافی) .....

شکل۲-۱۲ پاک کردن تونرهای اضافی از روی کیت آمپلی فایر ..... .

شکل۲-۱۳ سوراخ کاری کیت آمپلی فایر ....

فصل سوم :ساخت آمپلی فایر

شکل۳-۱ نحوه صحیح لحیم کاری ....

شکل۳-۲ لحیم کاری مناسب ۳۲

شکل۳-۳ لحیم کاری نامناسب ۳۲

شکل۳-٤ منبع تغذیه آمپلی فایر ....

شکل۳-۵ نقشه شماتیک مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات ....

شکل۳-٦ PCB آمپلی فایر ۳۰۰ وات ....

شکل۳-۷ نقشه پشت برد مدار آمپلی فایر ....

شکل۳-۸ اجرای مدار آمپلی فایر در نرم افزار Proteus ....

شکل۳-۹ تصاویر آمپلی فایر بعد از ساخت ۳۸

چکیده:

آمپلی فایر در دستگاه استریوی خانگی نمونه‌ای از تقویت کننده ولتاژ است و نوع دیگری از آمپلی فایر ها تقویت توان است. تقویت کننده توان در سیستم های صوتی یک نمونه از این تقویت کننده‌ها است و توان لازم برای راه‌اندازی بلندگو را تهیه می‌کند. در واقعه تقویت کننده الکترونیکی وسیله‌ای برای افزایش توان سیگنال می‌باشد. تقویت کننده شکل سیگنال ورودی را حفظ کرده اما دامنه بزرگتر آن را بزرگتر می‌کند.از تقویت کننده ها برای تقویت صدای سازهای مانند گیتار الکتریک، گیتار باس، ویولن برای تقویت انواع خروجی های صدا مانند دستگاه های پخش خانگی، دستگاه های پخش خودرو و برای تقویت صداهای ضبط شده در مسیر دستگاه های ضبط صدا در استودیو های صوتی استفاده می شود.هدف این پروژه ساخت یک آمپلی فایر توان بالاست که داری توان خروجی قابل قبولی باشد که بتوان از آن بصورت کاربردی استفاده کرد.از این آمپلی فایر به راحتی می توان در سیستم های صوتی خانگی و همچنین بعنوان آمپلی خودرو (البته با ساخت جعبه مناسب) استفاده کرد.

کلمات کلیدی: آمپلی فایر،تقویت توان،ساخت آمپلی فایر،سیستم های صوتی

مقدمه:

عمل تقویت کنندگی سیگنال ساده‌ترین کار در پردازش سیگنال است. چون مبدلها سیگنالهای ضیعفی بدست می‌دهند که انرژی کمی دارند و دامنه آنها حدود میکروولت یا میلی‌ولت است، بنابراین به تقویت نیاز دارند. چنین سیگنالهای کوچکی برای پردازش مناسب نیستند، چنانچه دامنه آنها بزرگتر شود، عمل پردازش آنها بسیار آسانتر صورت می‌گیرد. قسمتی که چنین کاری را انجام می‌دهد، تقویت کننده سیگنال نامیده می‌شود.

استفاده از تقویت کننده به مثابه تقویت کننده ولتاژ است. تقویت کننده مقدماتی در دستگاه استریوی خانگی نمونه‌ای از تقویت کننده ولتاژ است. نوع دیگری از تقویت کننده موسوم به تقویت توان است. تقویت کننده توان در دستگاههای استریوی خانگی یک نمونه از این تقویت کننده‌ها است و توان لازم برای راه‌اندازی بلندگو را تهیه می‌کند .ولی آیا آمپلی فایرها فقط برای افزایش سطح سیگنالها ی صوتی بکار می روند ویا استفاده از آن طبعات دیگری نیز دارد؟ پاسخ مثبت است یکی از طبعات آن این گونه می باشدکه آمپلی فایر داخلی پخش یا همان آی سی پاور بعلت نداشتن کیفیت بالا نمی تواد خروجی را همانگونه که باید باشد ارئه دهد وساده تر اینکه سیگنالهای تولید شده ومحیا شده بعد از خارج شدن از قسمت پری وقتی وارد آی سی پاور می شود دچار افت کیفیت نیز می شود چراکه آی سی پاورها به خاطر محدودیتهایی که دارند از قبلی عدم منبع تغذیه کافی ، هدسینگ کوچک ،بالارفتن هزینه ها وغیره بسیار محدود عمل کرده واصولا برای یک داشتن یک صدای خوب طراحی نشده است ولی با استفاده از آمپلی فایرهای اکسترنال شما علاوه بر داشتن صدای بلندتر صدایی باکیفیتر نیز خواهید داشت.

فصل اول:

مقدمه ای بر آمپلی فایر

۱-۱ تقویت کننده ها

۱-۱-۱ تقویت کننده‌های ولتاژ

این مدل که شامل منبع ولتاژ (دارای کنترل) با ضریب بهره Avo است، یک مقاومت ورودی Ri دارد، با توجه به اینکه تقویت کننده یک جریان ورودی از منبع سیگنال دریافت می‌کند و نیز دارای یک مقاومت خروجی Ro با توجه به تغییر در ولتاژ خروجی است. تقویت کننده جریان خروجی را برای بار تهیه می‌کند. در مدل تقویت کننده بوسیله منبع ولتاژ سیگنال vs با مقاومت Rs تغذیه شده است و به خروجی با مقاومت بار RL اتصال دارد .

۱-۱-۲ تقویت کننده‌های جریان

این مبدل یک منبع جریان دارای کنترل جریان با ضریب بهره جریان Ais ، یک مقاومت ورودی Ri و یک مقاومت خروجی Ro را شامل می‌شود. تقویت کننده جریان توسط یک منبع جریان is با مقاومت Rs تغذیه می‌شود و یک مقاومت بار RL به خروجی آن متصل شده است. برای جلوگیری از اتلاف بهره در جفت شدن تقویت کننده جریان با مقاومت بار ، تقویت کننده بایستی طوری طراحی شود که مقاومت خروجی‌اش Ro خیلی بزرگتر از مقاومت بار RL باشد. یک تقویت کننده جریان آرمانی دارای یک مقاومت خروجی نامحدود است .

۱-۱-۳ تقویت کننده ترارسانایی

این نوع تقویت کننده با ولتاژ ورودی یک سیگنال راه‌اندازی می‌شود و یک جریان خروجی بدست می‌دهد. شاخصه بهره ، Gm، نسبت جریان خروجی در اتصال کوتاه مدار به ولتاژ ورودی است. این شاخصه ترارسانایی ، اتصال کوتاه مدار نامیده می‌شود و واحد آن مهو (mho) یا A/V است. یک تقویت کننده ترارسانا دارای مقاومت ورودی بینهایت و مقاومت خروجی بینهایت می‌باشد .

۱-۱-٤ تقویت کننده ترامقاومتی

این نوع تقویت کننده با جریان ورودی سیگنال بکار می‌افتد و یک ولتاژ خروجی بدست می‌دهد. شاخصه ، Rm ، نسبت ولتاژ خروجی مدار باز به جریان ورودی است و ترا مقاومت مدار باز نامیده می‌شود و واحد آن اهم یا V/Aاست. یک تقویت کننده ترامقاومت دارای مقاومت ورودی صفر و مقاومت خروجی صفر می‌باشد .

۱-۱-۵ منابع تغذیه تقویت کننده

چون توانی که تقویت کننده به بار می‌دهد، بیشتر از توانی است که از منبع سیگنال دریافت داشته است، از اینرو ، این پرسش مطرح می‌شود که سرچشمه توان اضافی کجاست؟ پاسخ آن زمانی دریافت می‌شود که در نظر بیاوریم که تقویت کننده‌ها برای کار خود به منابع ولتاژ dc نیاز دارند. منابع ولتاژ dc ، توان اضافی تحویل شده به بار را تامین می‌کنند. علاوه بر این ، هر توانی که در مدار داخلی تقویت کننده تلف می‌شود (نظیر توان تبدیل شده به گرما) بوسیله همین منبع ولتاژ dc تامین می‌شود. بازدهی توان یکی از مهمترین شاخصه‌های تقویت کننده‌هایی که توان زیادی بدست می‌دهند، چنین تقویت کننده‌هایی ، تقویت کننده‌های توان نامیده می‌شوند .

۱-۱-٦ اشباع تقویت کننده

مشخه انتقال تقویت کننده تنها در محدوده مشخصی از ولتاژهای ورودی و خروجی خطی می‌ماند. در تقویت کننده‌ای که با دو منبع تغذیه کار می‌کند، ولتاژ خروجی نمی‌تواند از مقدار مثبت معینی بیشتر و از مقدار منفی معینی کمتر شود. بطور مسلم برای پیشگیری از بروز اعوجاج در شکل موج سیگنال خروجی ، نوسان سیگنال ورودی بایستی در محدوده خطی کار تقویت کننده قرار داشته باشد .

۱-۱-۷ پاسخ فرکانسی تقویت کننده‌ها

اگر موج سینوسی $Va(\omega)$ به ورودی یک تقویت کننده اعمال گردد، خروجی شکل ، موجی سینوسی با همان فرکانس خواهد بود. البته خروجی سینوسی $Va(\omega)$ دارای دامنه و فازی متفاوت با ورودی $Va(\omega)$ است. یک موج سینوسی با فرکانس و دامنه معین به ورودی تقویت کننده اعمال می‌گردد و دامنه و فازی مرتبط با موج سینوسی ورودی اندازه گیری می‌شود.

از اینرو ، در این فرکانس مشخص ، بزرگی انتقال یا بهره تقویت کننده ، همچنین زاویه فاز بهره تقویت کننده را پیدا می‌کنیم. در اینصورت فرکانس موج سینوسی ورودی تغییر داده می‌شود و آزمون تکرار می‌گردد. نخست به مورد اول یعنی نمودار بزرگی بهره در برابر فرکانس توجه می‌کنیم. این مورد را پاسخ دامنه یا پاسخ فرکانسی تقویت کننده می‌نامیم .

۱-۲ دسته‌بندی تقویت کننده‌ها بر اساس پاسخ فرکانس

ظرفیت خازنی داخلی در قطعاتی مثل ترانزیستور سبب افت بهره در فرکانس‌های بالا می‌شود. از سوی دیگر ، افت بهره در فرکانس‌های پائین معمولا توسط خازن‌های انتقال صورت می‌گیرد که برای متصل کردن یک طبقه تقویت کننده به طبقه تقویت کننده دیگر از آن استفاده می‌شود. از این روش برای ساده کردن فرآیند طراحی طبقات مختلف استفاده می‌شود. خازن‌های انتقال را با ظرفیت کاملا بزرگ انتخاب می‌کنند تا امپدانس آنها در فرکانس مورد نظر کوچک باشد.

همچنین کاربردهای زیادی وجود دارد که در آنها مهم است که بهره تقویت کننده در فرکانس‌های پائین کم باشد. علاوه بر این ، تکنولوژی ساخت مدارهای مجتمع (IC) ، ساختن خازن‌های انتقال بزرگ مجاز نیست. از اینرو ، تقویت کننده‌های IC معمولا به عنوان تقویت کننده‌های dc یا تقویت کننده‌های با اتصال مستقیم طراحی می‌شوند.

۱-۳ انواع تقویت کنده ها :

۱- بیس مشترکC.B

۲- امیتر مشترکC.E

۳- کلکتور مشترک C.C

۱-٤ تقویت کننده های چند ترانزیستوری یا چند طبقه:

تقسیم بندی تقویت کننده های چند طبقه بر اساس نوع اتصال (نوع کوپلاژ):

۱- کوپلاژ R.C (کوپلاژ خازنی) – هرگاه دو تقویت کننده توسط خازن به یکدیگر متصل شوند ، کوپلاژ را خازنی یا R.C می گویند.

۲- کوپلاژ مستقیم یا – D.C هر گاه دو تقویت کننده مستقیما بهم وصل بشوند کوپلاژ مستقیم است.

۳- کوپلاژ ترانسفورماتوری – در این کوپلاژ تقویت کننده ها توسط ترانس به هم متصل می شوند .

۱-۵ انواع تقویت کننده های قدرت:

۱-تقویت کننده ی قدرت تک ترانزیستوری – اغلب در کلاس A کار می کنندو ازطریق ترانس(چوک بلندگو) به بلندگو متصل می شوند.

۲-تقویت کننده ی قدرت پوشپول (جفت ترانزیستوری) – از ۲ ترانزیستور کلاس B برای تقویت کامل سیگنال استفاده می شود.

۳- تقویت کننده دارلینگتون – از دو ترانزیستور بصورت دارلینگتون استفاده می شود که دو توع

٤-تقویت کننده دارلینگتون – از دو ترانزیستور بصورت دارلینگتون استفاده می شود که دو توع NPN و PNP هستند.

۵-پوشپول قرینه یا مکمل یا کمپلی منتاری

٦- تقویت کننده تفاضلی – این مدار از دو ترانزیستور مشابه که در امیتر باهم مشترکند تشکیل شده است.

۱-٦ بازدهی و راندمان تقویت کننده ها:

عملکرد تقویت کننده های قدرت معمولا با دو پارامتر مهم مورد ارزیابی قرار میگیرد.

۱-راندمانefficiency

۲-بازدهشfidelity

Fidelity در لغت به معنی "وفاداری" است و در این جا به میزان وفاداری یا بازدهش تقویت کننده به سیگنال ورودی اشاره دارد. هر چه شکل موج خروجی از نظر ظاهری به ورودی نزدیک-تر باشد fidelity بالاتری دارد (می توان آن را عبارت مقابل اعوجاج دانست). کلاس A دارای بازدهش بسیار بالایی می-باشد.کلاس AB نسبت به A بازدهش کمتر و کلاس C و B بازدهش نسبتا ضعیفی دارند.

راندمان یک تقویت کننده نسبت توان سیگنال خروجی به کل توان سیگنال ورودی است. تقویت کننده دارای دو منبع توان ورودی است یکی از سیگنال ورودی ودیگری از منبع تغذیه. یک تقویت کننده که در ۳۶۰ درجه از سیگنال ورودی عمل می کند توان مصرفی بیشتری نسبت به نوع دیگری دارد که در ۱۸۰ درجه از سیگنال ورودی عمل می کند . با مصرف توان بیشتر از ورودی تقویت کننده توان در دسترس کمتری را برای سیگنال خروجی در اختیار قرار میدهد و در نتیجه آن راندمان تقویت کننده پایین می-آید. در کلاس A تقویت کننده در ۳۶۰ درجه سیگنال ورودی عمل می کند و در نتیجه نیاز به توان ورودی بسیار بالایی از منبع تغذیه است.در نتیجه توان خروجی کلاس A در مقایسه با توان ورودی بسیار پایین است. پس خودتان باید به این نتیجه رسیده باشید که کلاس C بیشترین ۲/ درجه از p راندمان را در بین تقویت کننده-های قدرت دارد چون در کمتر از سیگنال عمل هدایت را انجام می-دهد. البته تمام بحث های بالا با فرض single-end بودن مدار انجام شد و در صورتی که بصورت push-pull بسته شود راندمان وبازدهش دو برابر می شود.

۱-۷ انواع کلاس های کاری تقویت کننده ها:

یک تقویت کننده سیگنالی را از یک مبدل انرژی یا منبع ورودی مشابه دیگری دریافت نموده وتقویت شده آن را به وسایل خروجی یا طبقات تقویت کننده دیگر تحویل می دهد.

سیگنال حاصل از یک مبدل معمولا کوچک است (حدود چند میلی ولت از کاست یا ورودی سی دی) و نیاز به تقویت به میزان کافی برای راه اندازی وسایل خروجی دارد.(مثل بلندگو و وسایل مشابه آن).

در تقویت کننده های سیگنال کوچک فاکتورهای مهم ، خطی بودن تقویت و اندازه بهره می باشد، چون سیگنال ولتاژ و جریان در تقویت کننده های سیگنال کوچک ، کوچک هستند مقدار ظرفیت توان جابجایی و راندمان توان مورد توجه نیست.

یک تقویت کننده ولتاژ در واقع ، ولتاژ را تقویت می نماید تا سیگنال ورودی به تقویت کننده های قدرت زیاد شود.

از طرف دیگر ، تقویت کننده های قدرت یا سیگنال بزرگ توان کافی برای بار خروجی مانند بلندگو یا سایر وسایل قدرتی تهیه می کنند که معمولا بین چند تا ده ها وات است.

در مطالب زیر اشاره بنده به تقویت کننده های سیگنالهای بزرگ با سطوح جریان متوسط تا بالا خواهد بود.

امکانات اصلی تقویت کننده های سیگنال بزرگ راندمان توان مدار ، حداکثر توانی که مدار قادر به تحمل آن است و قابلیت تطبیق امپدانس آنها با وسایل خروجی است.

یک روش برای دسته بندی تقویت کننده ها تعریف کلاس برای آنهاست.

اصولا کلاس یک تقویت کننده بیانگر تغییرات سیگنال ورودی در طول یک سیکل کار آنست.

تعریف خلاصه ای از کلاس تقویت کننده ها در زیر بیان شده.

۱-۷-۱ کلاس A

در این کلاس سیگنال خروجی در تمام ۳۶۰ درجه از سیکل ورودی تغییر می نماید .

لازمه این عملکرد این است که نقطهQ (نقطه کار ترانزیستور) در سطحی قرار بگیرد که حداقل نیمی از تقییرات خروجی بدون افزایش یا کاهش بی رویه و محدود شدن بوسیله سطح بالا یا پایین ولتاژ تغذیه قادر به تغییر باشد که این بحث سطح پایین معمولا ۰ ولت است.

۱-۷-۲ کلاسB

یک مدار کلاس ب تنها در نیمی از سیکل سیگنال ورودی ، یا در طول ۱۸۰ درجه به خروجی اجازه تغییر می دهد.

بنابراین نقطه تغذیه DC برای کلاس ب ، ۰ ولت است و خروجی تغییر خود را در طول یک سیکل از این نقطه شروع می کند.

آشکار است که چنانچه تنها نیم سیکل در خروجی موجود می باشد این خروجی تولید صحیح و کاملی از ورودی نیست.

برای تولید کامل نیاز به دو عملگر کلاس B می باشد.یکی برای تولید نیم سیکل مثبت و دیگری برای تولید نیم سیکل منفی .سپس دو نیم سیکل های ترکیب شده خروجی ۳٦۰ درجه ای را بوجود خواهد آورد.

این نوع اتصال به نام پوش-پول نامیده می شود که خود آن مبحث جدا و مفصلی است.

توجه کنید که عملکرد پوش-پول خود مولد اعوجاج در سیگنال است زیرا تولید خروجی در آن فقط در طول ۱۸۰ درجه از تغییرات سیگنال ورودی میسر است.

۱-۷-۳ کلاس AB

می توان یک تقویت کننده را در یک سطح DC ، بالاتر از جریان پایه صفر در کلاس B و بیش از نیمی از ولتاژ تغذیه در کلاس A تغذیه نمود که این حالت کلاس AB نام دارد.

عملکرد AB باز هم برای ایجاد موج کامل به مدار پوش-پول نیاز دارد، ولی سطح تغذیه معمولا به جریان صفر پایه به خاطر راندمان بهتر توان ، که در رابطه با آن بحث خواهیم کرد ، نزدیکتر است.

تغییر سیگنال خروجی بین ۱۸۰ تا ۳٦۰ درجه می باشد و شبیه هیچیک از دو عملکرد کلاس A یا B نیست.

۱-۷-٤ کلاس C

یک تقویت کننده کلاس C برای کار در سیکلی کمتر از ۱۸۰ درجه تغذیه می شود و تنها با یک مدار تشدید که سیکل کامل را بازاء فرکانس تشدید ایجاد می نماید قادر به کار می باشد.

بنابراین این کلاس در زمینه های خاصی از مدارهای تشدید مانند رادیو یا سیستمهای مخابراتی قادر به کار است.

۱-۷-۵ کلاس D

این کلاس کار نوعی عمل تقویت است که در آن سیگنالهای پالسی تولید می شود.

این سیگنالها برای دوره کوتاهی موجود وبرای مدت طولانی تری غایب می باشند.

استفاده از تکنیکهای دیجیتال می تواند تهیه سیگنالی که در طول یک پریود کامل متغیر باشد را ممکن سازد (مدارهای نمونه بردار و نگهدارنده) تا بدینوسیله خروجی از تعدادی قطعات سیگنال ورودی دوباره سازی شود.

مزیت عمده کلاس D این است که تقویت کننده فقط برای فاصله زمانی کوتاهی روشن است و راندمان کافی عملا می تواند ، همانطور که در زیر بحث شده خیلی بالا باشد.

۱-۷-٦ راندمان تقویت کننده

راندمان قدرت یک تقویت کننده ، که بصورت نسبت توان خروجی به توان ورودی تعریف شده ، با رفتن از کلاس A به D بهبود می یابد.

به بیان کلی تر ، می بینیم که تقویت کننده کلاس A ، با سطح ولتاژ تغذیه ای برابر بانصف سطح ولتاژ منبع ولتاژ ،مقدار قابل توجهی توان برای حفظ وضعیت خود،حتی در صورت نبودن سیگنال ورودی ، مصرف می کند.

این سبب وجود یک راندمان ضعیف می گردد.بخصوص وقتی سیگنالهای ac کوچک با توان کم به بار منتقل میگردد.

در واقع ، راندمان ماکزیمم برای توان کلاس A ، که در ازاء بیشترین تغییر ولتاژ یا جریان خروجی رخ می دهد ، برای روش تغذیه مستقیم بار ، فقط ۲۵٪ و برای اتصال بوسیله ترانس ۵۰٪ است.

برای کلاس B ، که در آن توان تغذیه DC بهنگام نبود سیگنال وجود ندارد می تواند حداکثر به راندمان ۷۸,۵٪ برسد .

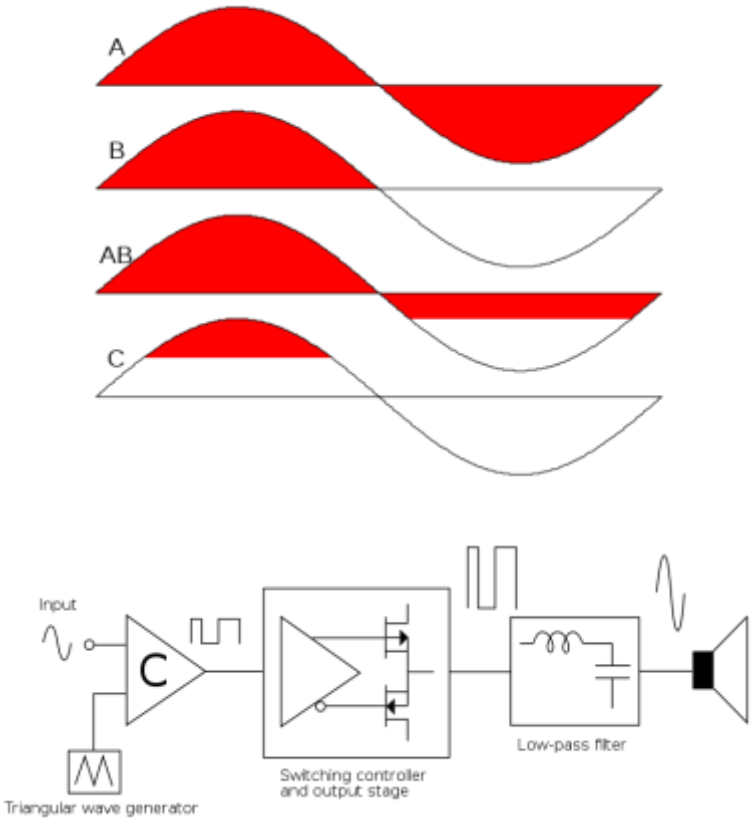
در کلاس B ، ساخت یک مدار پوش - پول با بهره گیری از کوپلاژ ترانس و یا عمل مکمل با استفاده از ترانزیستورهای npn و pnp که تولید سیگنالهای مخالف را ممکن می سازند میسر است.

چون کلاس AB از نظر تغذیه بین کلاس A و B قرار دارد راندمانش نیز بین آنهاست ، یعنی بین ۲۵٪ تا ۷۸,۵٪

کلاس D می تواند به راندمانی بیش از ۹۰٪ برسد و بهترین کلاس در بین تمام آنهاست.

استفاده از ترانس ضمن اینکه تولید سیگنالهای مخالف را امکان پذیر می سازد در مدارهایی که از ترانس درآنها استفاده شده آنها را بسیار بزرگ می نماید.

بکارگیری مدارهای بدون ترانس که در آن از ترانزیستورهای مکمل استفاده می شود عملکرد یکسانی را در حجم کوچکتری امکان پذیر می سازد.



شکل ۱-۱ نواحی کار و بلوک دیاگرام کلاس های تقویت کننده

نتیجه می گیریم که در کلاس D می تونید با کمترین جریان مصرفی از برق ماشین بیشترین توان ممکن رو بخاطر بالاترین راندمان نسبت به کلاسهای دیگه و استفاده از ترانزیستورهای قدرت MOSFET که خود مقوله جدا و مفصلی هست.در ضمن بخاطر مدولاسیون عرض پالس و تقویت دیجیتالی صدا ، بالاترین کیفیت و کمترین میزان نویز را در امپهای کلاس D بدست خواهید آورد که شرکت پایونیر هم در شکلها و جداولی که پیوست کردم بهشون اشاره کرده و نمونه بارز آن امپ Pioneer-PRS-D٤٢٠٠F است.

فصل دوم:

ساخت PCB مدار آمپلی فایر

۲-۱ استاندارد طراحی مدار چاپی

تبدیل یک نقشه الکترونیکی به نقشه مدار چاپی باید طبق استانداردهای موجود و رعایت مسائلی انجام پذیرد. یک نقشه الکترونیکی میتواند در هر اندازه و شکلی کشیده شود اما مدار چاپی باید طوری تهیه شود که در آن استاندارد واصول مدار چاپی و اندازه حقیقی المانها در نظر گرفته شود. طراحی مدار چاپی باید با رعایت فواصل پایه ها وحجم المانها متناسب با اندازه حقیقی انجام پذیرد. مثلاً اگر بخواهیم یک مقاومت ۲ وات را به طور افقی در فیبر قرار دهیم به علت اینکه فاصله بین دو پایه آن ۱۷میلی متر است باید در طراحی مدار چاپی نیز حداقل ۱۷ میلی متر فاصله بین دو پایه در نظر بگیریم.

برای طراحی مدار چاپی از طرف کارخانه سازنده عناصر جداول و استانداردهائی در مورد پایه مقاومتها و دیودها وترانزیستور و آی سی و غیره منتشر میگردد که طراحی مدار چاپی بر مبنای این جدولها انجام می پذیرد.

علاوه بر رعایت اندازه المانها نکات دیگری نیز باید در طراحی مدار چاپی در نظر گرفته شود.

در زیر مهمترین نکاتی که باید در طراحی مدار چاپی رعایت شود آورده شده است.

نقشه الکترونیکی بصورتی به نقشه مدار چاپی تبدیل شود که ورودیها در یک طرف و خروجیها در طرف دیگر قرار گیرند.

عناصر حرارتی مانند مقاومتها و ترانزیستورهای پر وات کنار المانهای حساس به حرارت مانند دیودها و ترانزیستورهای کوچک قرار نگیرند.

المانها به صورتی در مدار قرار گیرند که هنگام تعمیر به راحتی بتوان آنها را در آورد و تعویض نمود.

در نظر گرفتن مکانهای که در نقشه الکترونیکی در نظر گرفته نمیشود مانند رادیاتورها و جای پیچ و غیره…

در مدار های فرکانس بالا تا جای که امکان دارد فاصله ها کوتاهتر و پایه المانها هم کوتاهتر باشد.

پهنای خطوط ارتباط باید متناسب با جریان عبوری و مقاومت ایجاد شده باشد. ولتاژ وصل شده به مدار چاپی باید با در نظر گرفتن استانداردهای موجود انجام پذیرد. حداقل فاصله بین دو خط ارتباط متناسب با تغییر ولتاژ

مدار تغییر مینماید. در صورتیکه فاصله خطوط با در نظر گرفتن ولتاژ مدار از حد مجاز کمتر شود باعث ایجادجرقه یا ارتباط بین دو خط میگردد.

۲-۲ تهیه اسید مدار چاپی

طریق آماده کردن اسید مدار چاپی (پرکلرودوفر) جهت فرایند اسید کاری برد های مدار چاپی

شکل۲-۱ اسید پرکلرودوفر

مواد لازم

- اسید (پرکلرودوفر)

- آب

- ظرف پلاستیکی

روش کار:

یک ظرف پلاستیکی تهیه نمایید، توجه نمایید که حتما پلاستیکی باشد و نه فلزی. بعد مقداری آب داخل آن بریزید به اندازه ای که حدودا ۱ سانت روی فیبر مسی را بگیرد. در یک لیتر آب مقدار ۱۰۰ تا ۲۰۰ گرم اسید بریزید و آرام ظرف را تکان دهید تا اسید کم کم حل شود چون در یک جا ایجاد گرما می کند و ممکن است که ظرف شما آب شود.

مطمئن شوید که اسید حل شده است. سپس فیبر مسی را که روی آن مدار مربوطه را طراحی کرده اید داخل آب اسید بیاندازید. حدود ۳۰ دقیقه کمتر یا بیشتر که بستگی به مقدار اسید دارد طول خواهد کشید که مسهایی که لازم نیست خورده شود. در این مدت زمان باید ظرف را آرام آرام تکان دهید تا کل آب اسید روی سطح مسی در حرکت باشد.

بعد از پاک شدن مس اضافی آن را از آب اسید بیرون آورده و بشورید. بیشتر از این هم داخل اسید نگذارید که قسمتهای مورد نیاز را هم خواهد خورد.

سپس روی آن را با یک سمباده نرم پاک کنید. بعد نقاطی که لازم است را با یک مته ۱ یا نیم میل سوراخکاری کنید. حالا فیبر شما آماده هر نوع بهره برداری است.

طریق آماده کردن اسید مدار چاپی (کلروفریک) جهت فرایند اسید کاری برد های مدار چاپی

شکل۲-۲ اسید کلروفریک

این اسید به صورت مایع و آماده اسید کاری می باشد. آن را فقط در یک ظرف پلاستیکی ریخته و از آن جهت اسید کاری برد استفاده نمایید.

اسید باقی مانده را داخل یک بطری یا ظرف در بسته نریزید، به دلیل ایجاد گاز های مختلف توسط اسید بطری شما منفجر میشود. برای استفاده مجدد،اسید باقی مانده را داخل یک ظرف در باز، در فضای آزاد قرار دهید.

۲-۳ انواع روش های ساخت PCB

برای ساخت پی سی بی مدارات روش های مختلفی وجود دارد که در ذیل به اختصار به آنها می پردازیم

- روش ماژیک

- روش لتراست

- روش لامینت

- روش اسپری پزتیو ۲۰

- روش چاپ و اتو

- روش چاپ و اتو(برای ساخت پی سی بی آمپلی فایر ۳۰۰ وات از این روش استفاده شده است که در ادامه به تفسیر توضیح داده می شود)

۲-۳-۱ روش ماژیک

مواد لازم:

ماژیک واترپروف

اسید پاک کننده مس (کلرید آهن)

روش کار:

ابتدا یک ماژیک واترپروف (ضد آب) تهیه می کنید. توجه نمایید که حتما ضد آب و پر رنگ باشد . چون بعد از طراحی و آنهمه زحمت ممکن است داخل اسید از بین برود.

قبل از هر چیز فیبر مسی را کاملا با یک سمباده نرم (پوسته آب ۳۶۰) سمباده می زنید و اگر سمباده در دسترس نبود که اولا تهیه نمایید اگر هم مقدور نبود آن را به هر نحوی تمیز نمایید . مطمئن شوید که هیچ لایه ای روی مس نباشد. چرب هم نباشد.

سپس با ماژیک تمام خطوط مورد نیاز را روی مس رسم نمایید. توجه نمایید که دست با مس تماس پیدا نکند چون باعث چرب شدن مس و در نتیجه داخل اسید اذیت خواهید شد. برای ایجاد اندازه های واقعی برای پایه های مثلا یک آی سی یک آی سی و یا هر قطعه دیگر که فاصله پایه های آن از همدیگر ۰,۱ اینچ هست تهیه نمایید و روی مس گذاشته و کنار آن با ماژیک بکشید.

حدالامکان از یک ماژیک نوک تیز استفاده نمایید. البته ماژیک مخصوص این کار در بازار موجود می باشد. بعد از مطمئن شدن از مدار باید آن را داخل اسید بیاندازید.

۲-۳-۲ روش لتراست

مواد لازم: لتراست

روش کار:

لتراست همان حروف برگردان است . با این تفاوت که به جای حروف خطوط و نقاط مداری روی آن کشیده شده است. ابتدا چند لتراست خطی و نقطه ای تهیه می کنید. انتخاب آن بسته به نظر خودتان و نوع مدارتان می باشد. توجه نمایید که حتما و یا لااقل تازه باشد چون برای برگرداندن روی فیبر مسی دچار مشکل خواهید شد.

قبل از هر چیز فیبر مسی را کاملا با یک سمباده نرم (پوسته آب ۳۶۰) سمباده می زنید و اگر سمباده در دسترس نبود که اولا تهیه نمایید اگر هم مقدور نبود آن را به هر نحوی تمیز نمایید . مطمئن شوید که هیچ لایه ای روی مس نباشد. چرب هم نباشد.

سپس با لتراست خطوط مورد نیاز را روی مس رسم نمایید. برای برگرداندن خطوط و نقاط از روی لتراست به روی مس از ته خودکار و یا یک هم چین چیزی استفاده نمایید. توجه نمایید که دست با مس تماس پیدا نکند چون باعث چرب شدن مس و در نتیجه داخل اسید اذیت خواهید شد. در انتهای کار مطمئن شوید که خطوط و نقاط روی مس کاملا چسبیده باشد. اگر هم خطوطی نچسبیده بود راه حل دارد. از یک سشوار برای گرم کردن استفاده نمایید. با این کار خطوط و نقاط بعد از گرم شدن به سطح مسی خواهند چسبید.

بعد از مطمئن شدن از مدار باید آن را داخل اسید بیاندازید.

۲-۳-۳ روش لامینت

مواد لازم:

لامینت

طلق ترانسپرنت یا فیلم و یا کاغذ کالک که نقشه مدار روی آن پرینت شده باشد.

مواد لازم برای چاپ مدار بر روی فیبر به روش لامینت:

لامینت به سطح مقطع مورد نیاز (لامینت ماده ای ژلاتینی و حساس به نور است که بین دو لایه طلقی شفاف نازک قرار گرفته است)

طلق ترانسپرنت یا فیلم و یا طرح چاپ شده مدار نگاتیو بر روی کاغذ کالک

اسید (پرکلرودوفر)

آب و ظرف پلاستیکی

شروع کار:

برای شروع کار لازم است از طرح مورد نظرتان یک پرینت نگاتیو داشته باشید. پرینت نگاتیو را می توانید بر روی کاغذ کالک شفاف چاپ کنید یا به یکی از روش‌های عکاسی، به کمک یک فروشگاه مهرسازی از آن فیلم بگیرید. توجه نمایید که نقشه مدار چاپ شده شما حتماً باید نگاتیو باشد. (محل نوارهای مسی و خطوط خالی و بقیه جاهای مدار سیاه باشد) فیبر مسی را با سمباده نرم و یا با شستن، کاملاً تمیز و عاری از چربی نمایید. در یک جای کاملاً تاریک لامینت را از پوشش سیاه رنگ خود در آورید. توجه شود که این کار حتماً باید در یک محیط عاری از نور و تاریک انجام شود. همانطورکه می بینید دو طرف لامینت یک لایه چسبیده شده که یکی از دیگری نرمتر است. آن را جدا کرده و لامینت را روی سطح مسی بچسبانید و کاملاً ماساژ دهید تا هیچ حبابی در زیر آن جمع نشود. اگر جایی هم دیدید هوا زیر لامینت قرار دارد با یک سوزن هوا را از آن خارج کنید.

فیلم و یا طلق چاپ شده از روی مدار را روی لامینت بگذارید و تنظیم نمایید. توجه داشته باشید که هنوز یک لایه به لامینت چسبیده است. یک شیشه دیگر روی طرح چاپی بگذارید تا کاملاً طرح به سطح لامینت بچسبد. تمام مراحل گفته شده باید در تاریکی انجام شود.

اکنون آنها را بدون اینکه تکان بخورند زیر نور خورشید برده و به مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه زیر نور خورشید بگذارید. دوباره به تاریک خانه برگردید و لایه دوم را از روی لامینت جدا نمایید. این لایه از لایه قبلی زخیم تر است.

مقدار یک قاشق غذا خوری پودر سفید رنگ ظهور لامینت را در یک لیوان آب حل نمایید. فیبر مدار را در آب بیاندازید و به آرامی تکان دهید تا طرح مدار ظاهر شود. (یعنی لامینت هایی که به آنها نور نتابیده کاملاً پاک شود) حالا فیبر را زیر آب کاملا بشویید و با دست به آرامی روی آن بکشید تا لیزی حاصل از ماده ظهور از روی سطح مسی کاملا پاک شود. حال پس از خشک کردن کامل فیبر ، آن را از تاریک خانه خارج کنید. اکنون فیبر آماده اسیدکاری است.

بعد از اتمام اسید کاری برای پاک کردن لامینت باقی مانده روی سطح مسی، با رعایت ایمنی، از محلول سود سوزآور استفاده نمایید.

۲-۳-٤ روش اسپری پزتیو ۲۰

مواد لازم:

اسپری پزتیو ۲۰ (positiv ۲۰)

سود سوز آور

طلق تراسپرنت یا فیلم

روش کار:

ابتدا یک اسپری پزتیو ۲۰ ، تازه تهیه نمایید. چرا که اگر مانده باشه در حقیقت فاسد شده است و آن حساسیت لازم در برابر نور را ندارد سود سوز آور مثل سنگ نمک خورده شده می ماند، آن را می توانید از مغازه های

فروش تجهیزات پزشکی تهیه نمایید. ابتدا باید طرح مدار را تهیه نمایید. می توانید طرح را چاپ کرده و آن را به بازار و مغازه های مختلف مهرسازی، چاپ سیلک و چاپخانه ها بدهید که از روی آن فیلم بگیرند. (خطوط سیاه و بقیه خالی) یا بهترین کار این است که چند طلق ترانسپرنت که قابلیت چاپ با پرینتر لیزری را دارند را تهیه نمایید. طرح خود را روی طلق با یک چاپگر دقیق لیزری چاپ نمایید. بهتر است از طرحتان دو تا پرینت بگیرید و روی هم بگذارید که دیگر نوری از جاهای چاپ شده عبور نکند. فیبر مسی را با یک سمباده نرم کاملا تمیز و عاری از هرگونه چربی نمایید. و پس از شستن و خشک کردن برد در یک مکان تاریک و بدور از گرد و غبار و وزش باد با استفاده از اسپری روی آن را رنگ پزتیو بزنید. با فاصله ۳۰ سانتی و با زاویه ٤٥ درجه و با حرکت منظم دست روی سطح مسی را بپوشانید.

شکل۲-۳ روش اسپری پزتیو ۲۰

لازم نیست که چند دست بزنید. یک دست هم کافیست به شرطی که مطمئن شوید همه جای آن را پوشانده است. مواظب باشید که یکنواخت باشد و جایی از جای دیگر بیشتر نباشد و یا شره نکند. فیبر را حتما افقی بگیرید که رنگ روی فیبر بماند و شره نکند. حالا نوبت به خشک کردن فیبر می باشد. می توانید آن را در جای تاریک به مدت ۱۲ تا ٢٤ ساعت به حال خود بگذارید. یا از طریق گرم کردن آن رو خشک کنید. اگه دستگاه مخصوص خشک کن فیبر رو دارید که هیچ در غیر اینصورت باید آن را داخل یک ظرف فلزی گذاشته و روی یک اجاق با حرارت خیلی ملایم بگذارید تا جایی که دمای داخل آن تقریبا ۷۰ درجه شود. بهترین ظرف یک قابلمه بزرگ است که کف آن را چند تکه فلز بگذارید و فیبر را روی آن تا گرما مستقیما به فیبر نخورد. بعد از

۱۰ الی ۱۵ دقیقه فیبر کاملا خشک شده است. تمام این مراحل در محل تاریک انجام شود. حالا یک ظرف بزرگ تهیه نمایید یک لامپ گازی یا مهتابی کوچک و یا دو سه لامپ معمولی (بسته به اندازه طرحتان دارد) را داخل ظرف بگذارید. یک شیشه روی ظرف بگذارید و طرح چاپ شده یا فیلم را روی آن . سپس فیبر روی طرح گذاشته به صورتی که سطح مسی رنگ خورده رو به پایین و روی طرح چاپ شده باشد. توجه نمایید که روی فیبر را با یک وزنه و یا یک شیشه دیگر سنگین نمایید که فیبر کاملا با فشار زیاد در مدت نور دهی به طرح بچسبد. تمام این مراحل در جای تاریک باید انجام شود. حالا لامپ و یا مهتابی را روشن نمایید. به مدت ۲۰ الی ۳۰ دقیقه به آن نور دهید این مدت زمان کاملا بسته به شدت نور و مهمتر از آن بسته به کیفیت اسپری می باشد. اگر اسپری تازه باشد این مدت حتی می تواند کمتر باشد. چون در زمان خیلی کوتاهی در مجاورت نور عکس العمل نشان می دهد. حالا باید یک ظرف تهیه نمایید تا در آن سود را با آب حل نمایید. مقداری آب که ۱ سانت روی فیبر را بگیرد را داخل ظرف بریزید و حدود ۱۰ تا ۲۰ گرم سود را داخل آن بریزید. زیاد نریزید که کل رنگ پزتیو را خواهد خورد. و به هم بزنید تا کاملا حل شود. دوباره در یک محل یک کم تاریک فیبر مسی را داخل این محلول سود باندازید.

خیلی آرام آرام محلول را به مدت ۳۰ تا ٦۰ ثانیه تکان دهید. می توانید به جای این کار پنبه ای را به محلول سود سوزآور آغشته کنید و مانند شکل زیر بر روی برد به آرامی بکشید. می بینید که جاهایی که لازم است خالی باشد کم کم در محلول حل می شود.

شکل۲-٤ استفاده از پنبه و محلول سود سوزآور

بعد از این مدت خیلی کوتاه سریعا فیبر را بیرون آورده و با آب بشوید. حالا لازم است که آن را داخل محلول اسید پرکلرودوفر بیاندازید.

۲-٤ نحوه ساخت PCB مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات

همانطور که گفته شد برای تهیه فیبر مدارچاپی روشهای مختلفی وجود دارد، که روش چاپ و اتو یکی از سریعترین روش ها با دقت خوب می باشد که PCB مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات نیز با این روش ساخته شده است.

برای انجام این کار به وسایل زیر نیاز دارید:

پرینتر لیزری

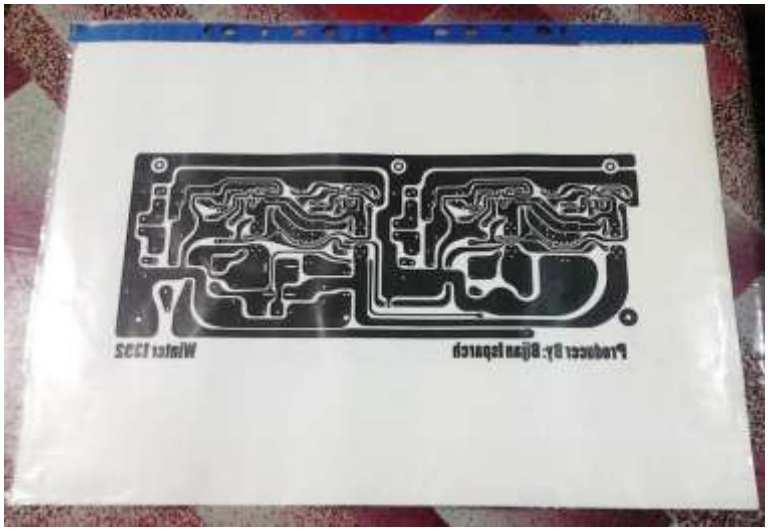
کاغذ گلاسه ی مناسب

فیبر مسی مدار چاپی

اتو

روش کار:

برخلاف پرینترهای جوهر افشان که در آن به جای تونر از جوهر مایع استفاده میشود در پرینترهای لیزری تونر هنگام عمل چاپ از کارتریج خارج میشود و به صورت پودر بر روی صفحه ی کاغذ منتقل میشود. برای آنکه تصویر یا متنی را به وسیله ی یرینترهای لیزری چاپ کنیم تونر که شامل یلاستیک است بر اثر حرارت ذوب میشود و بر روی کاغذ باقی میماند. به دلیل سخت بودن فیبر های مسی نمیتوانیم به صورت مستقیم از پرینتر برای ایجاد خط ها و سایر علائم بر روی فیبر مدار چایی استفاده کنیم ,بنابراین باید به صورت غیر مستقیم تونر را از پرینتر بر روی فیبر مسی انتقال دهیم.یک راه ساده آن است که ابتدا بر روی کاغذی که تونر به نرمی بر روی آن مینشیند مدار را با دقت ٤۰۰ dpi پرینت بگیریم و بعد با دادن حرارت به آن به وسیله ی اتو تونر را برای بار دوم مذاب کنیم و بر روی فیبر مسی انتقال دهیم.



شکل۲-۵ PCB مدار چاپ شده بر کاغذ گلاسه A۳

این عمل دقیقا شبیه به انتقال تصاویر بر روی T-Shirt با اتو میباشد. نوع کاغذ استفاده شده بسیار مهم است و حتما باید از نوع گلاسه باشد تا تونر را به خود جذب نکند و با اعمال حرارت به راحتی از سطح کاغذ جدا شود و بر روی فیبر مسی منتقل شود. سطح فیبر مسی قبل از انتقال تصویر مدار باید به وسیله ی آب گرم و مایع ظرفشویی کاملا پاکیزه شود و در انتها آن را خشک کنید.

شکل۲-٦ فیبر خام مدار چاپی

پس از تمیزکردن فیبر مسی توجه کنید که بر روی آن دست نزنید. برای تمیز کردن فیبر مسی همچنین میتوانید از سیم ظرفشویی استفاده کنید .هنگامی که سطح فیبر کاملا تمیز و براق شد وقت آن است که کاغذ گلاسه ای را که مدار بر روی آن با دقت DPI۴۰۰ یرینت گرفته شده را به صورت وارون بر روی فیبر مسی قرار دهیم. حال

اتو را با درجه حرارت نسبتا بالا بر روی آن تا اندازه ای میکشیم که رنگ کاغذ کمی تیره شود و کاغذ حالت چسبیده به فیبر را پیدا کند دقت کنید که اتو باید به صورت یکنواخت به تمامی نواحی گرما برساند این عمل را به صورت پیوسته انجام دهید. توجه داشته باشید که با چندین بار آزمایش و تمرین میتوانید به بهترین زمان بندی دست پیدا کنید اما زمان مورد نیاز کمتر از ۵ دقیقه در شرایط عادی میباشد.

شکل۲-۷ اتور کاری کیت آمپلی فایر

فیبر مسی در این زمان دارای حرارت بسیار زیادی است پس هنگام جا به جا کردن آن مراقب باشید.حال فیبر مسی را با همان صورت برای مدتی کمتر از ۱۰ دقیقه در آب داغ قرار دهید و آن را از آب بیرون آورید و قطعه های کاغذ را از روی آن جدا کنید.

شکل۲-۸ جدا کردن کاغذ اضافی از کیت بعد از بیرون آوردن از آب گرم

همانطور که میبینید مدار به صورت کاملا دقیق بر روی فیبر مسی منتقل شده است.قدم بعدی از بین بردن قسمت های مسی اضافی از فیبر مدار چابی است.

شکل۲-۹ کیت آمپلی فایر آماده شده برای اسید کاری

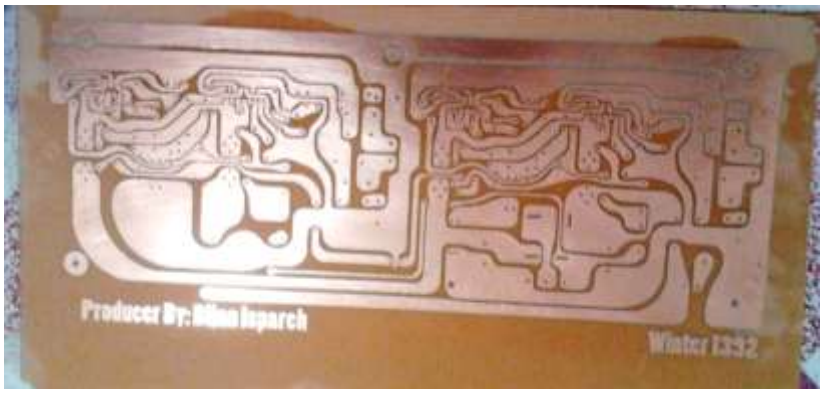
برای از بین بردن قسمت های مسی اضافی که بدون پوشش عایق هستند از نوعی اسید به نام پرکلروردوفر که در بازار به نام اسید مدار چاپی معروف است استفاده میشود. پرکلروردوفر در بازار به صورت بلور و یا به صورت پودر یافت می شود. روش کار با این نوع اسید به این صورت است که تا اندازه ای به آب گرم از این اسید اضافه میکنیم که محلول به صورت چای پر رنگ در آید در این حالت محلول اسید آماده ی استفاده است. در هنگام کار با این نوع اسید باید توجه داشته باشید که تنها از ظروف غیر فلزی نظیر ظروف پلاستیکی و شیشه ای باید استفاده شود. همچنین توجه داشته باشید که این اسید سمی میباشد و هنگام استفاده از آن باید کاملا مراقب لباس و بدن خود باشید. توصیه میکنم عمل اسیدکاری را در فضای آزاد انجام دهید.پس از ساختن محلول اسید فیبر مدار چاپی را وارد محلول میکنیم و آهسته آن را تکان میدهیم

شکل۲-۱۰ اسید کاری کیت آمپلی فایر

بعد از مدتی شاهد از بین رفتن قسمت های مسی اضافی از کناره میشویم.این عمل را تا از بین رفتن تمامی قسمتهای اضافی انجام میدهیم.

شکل۲-۱۱ کیت آمپلی فایر بعد از اسید کاری(پاک شدن مس های اضافی)

پس از از بین رفتن قسمت های اضافی فیبر مسی را از با آب سرد شستشو میدهیم و به وسیله ی سیم ظرفشوئی تونرهای به جا مانده روی فیبر را از بین میبریم .



شکل۲-۱۲ پاک کردن تونرهای اضافی از روی کیت آمپلی فایر

تنها بخش باقیمانده بخش سوراخکاری است که با استفاده از یک دریل کوچک و مته شماره ۱ انجام میدهیم .

شکل۲-۱۳ سوراخ کاری کیت آمپلی فایر

فصل سوم:

ساخت آمپلی فایر

۳-۱ نحوه لحیم کاری با هویه

یکی از اعمالی که در ساخت اکثر پروژه ها به کار شما می آید، لحیم کاری می باشد. لحیم کاری برای اتصال قطعات الکترونیکی به هم یا به مدار، اتصال مناسب سیم ها به هم و... بکار می رود.

برای انجام لحیم کاری باید دقت فراوان نمود تا قطعات لحیم شده به صورت محکم و مناسب به هم یا به مدار متصل گردند.

دو فاکتور اصلی تعیین کننده کیفیت لحیم، دما و زمان می باشند. به طور کلی گرما دادن سریع در لحیم کاری مناسب تر می باشد هر چند دلیل اکثر لحیم کاری های نا موفق، کافی نبودن حرارت می باشد. در صورتی که حرارت برای مدت زمان طولانی به محل اتصال قطعات برای لحیم کاری آنها اعمال گردد، می تواند باعث خراب شدن قطعه، اکسید شدن و از بین رفتن مدار و ایجاد مشکلاتی از این نظیر گردد.

دمای هویه باید به قدری باشد که تنها قلع را ذوب نماید و به مدار و قطعات آن آسیبی وارد ننماید. اصولاً اگر دمای هویه حدود ۵۰ درجه سانتی گراد از دمای ذوب قلع بالا تر باشد، دمای مناسبی برای هویه محسوب می شود و به قطعات آسیب نمی رساند.

ضخامت سیم لحیم استفاده شده نیز عامل مهمی می باشد. هر چه سطح مقطع سیم لحیم کمتر باشد، حرارت کمتریبرای ذوب کردن آن مورد نیاز خواهد بود.

اصولاً سیم لحیم با ضخامت ۰,٦ تا ۱ میلی متر برای لحیم کاری تمام مدار ها مناسب می باشد.

همیشه سعی کنید از سیم لحیم با کیفیت بالا استفاده نمایید. سیم لحیم با آلیاژ ٪٦۰ قلع – ٪٤۰ سرب آلیاژ مناسبی می باشد.

لحیم کاری خوب و مناسب به عوامل زیر بستگی دارد:

۱ -لحیم کاری با هویه ای با نوک تمیز انجام گیرد

۲ -قطعاتی که لحیم می شوند باید تمیز باشند

۳ -پیش از لحیم کاری قطعات به صورت فیزیکی به هم متصل گردند

٤ -محل لحیم کاری باید پیش از نزدیک کردن سیم لحیم به قدر کافی گرم شود

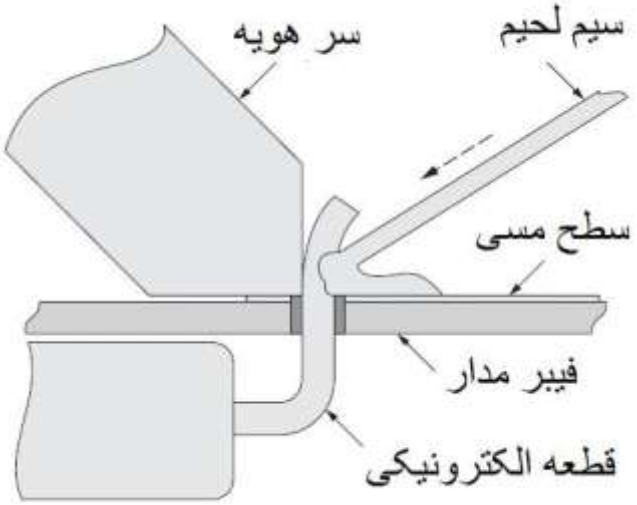
٥ -پیش از تکان دادن یا جا بجا نمودن محل اتصال باید اجازه دهیم قلع کاملاً سرد شود و خود را بگیرد

اصولاً مراحل لحیم کاری به صورت زیر می باشند:

١ -تمیز نمودن کلیه سطوح و قطعاتی که قرار است لحیم شوند توسط سیم ظرف شویی

٢ -گرم کردن هویه تا حدی که به راحتی سیم لحیم را ذوب کند

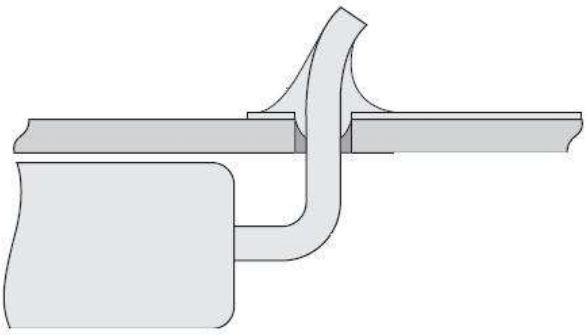
٣- قرار دادن نوک هویه در یک طرف محل لحیم کاری



شکل۳-۱ نحوه صحیح لحیم کاری

٤ -فشار دادن سیم لحیم در طرف دیگر محل لحیم کاری. سیم لحیم باید حداکثر در مدت دو ثانیه ذوب شود اگر نشد دمای هویه را زیاد کنید

٥- هویه را نگه دارید تا قلع کاملاً ذوب شود و دور تا دور قطعه را بگیرد.



شکل۳-۲ لحیم کاری مناسب

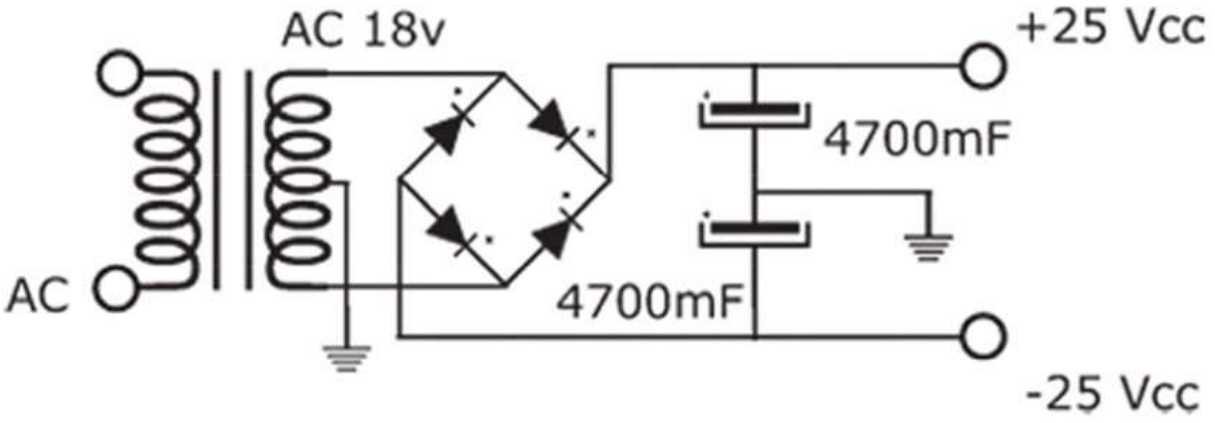
٦ -قطعه را به هیچ وجه تکان ندهید تا خنک شود و قلع کاملاً سفت شود.

۷- در صورت کثیف شدن سر هویه، آنرا توسط اسفنج نسوز یا اسفنج مرطوب تمیز کنید تا کاملاً براق گردد و سپس کار را ادامه دهید. در زیر چند نمونه لحیم کاری نامناسب را مشاهده می کنید

شکل۳-۳ لحیم کاری نامناسب

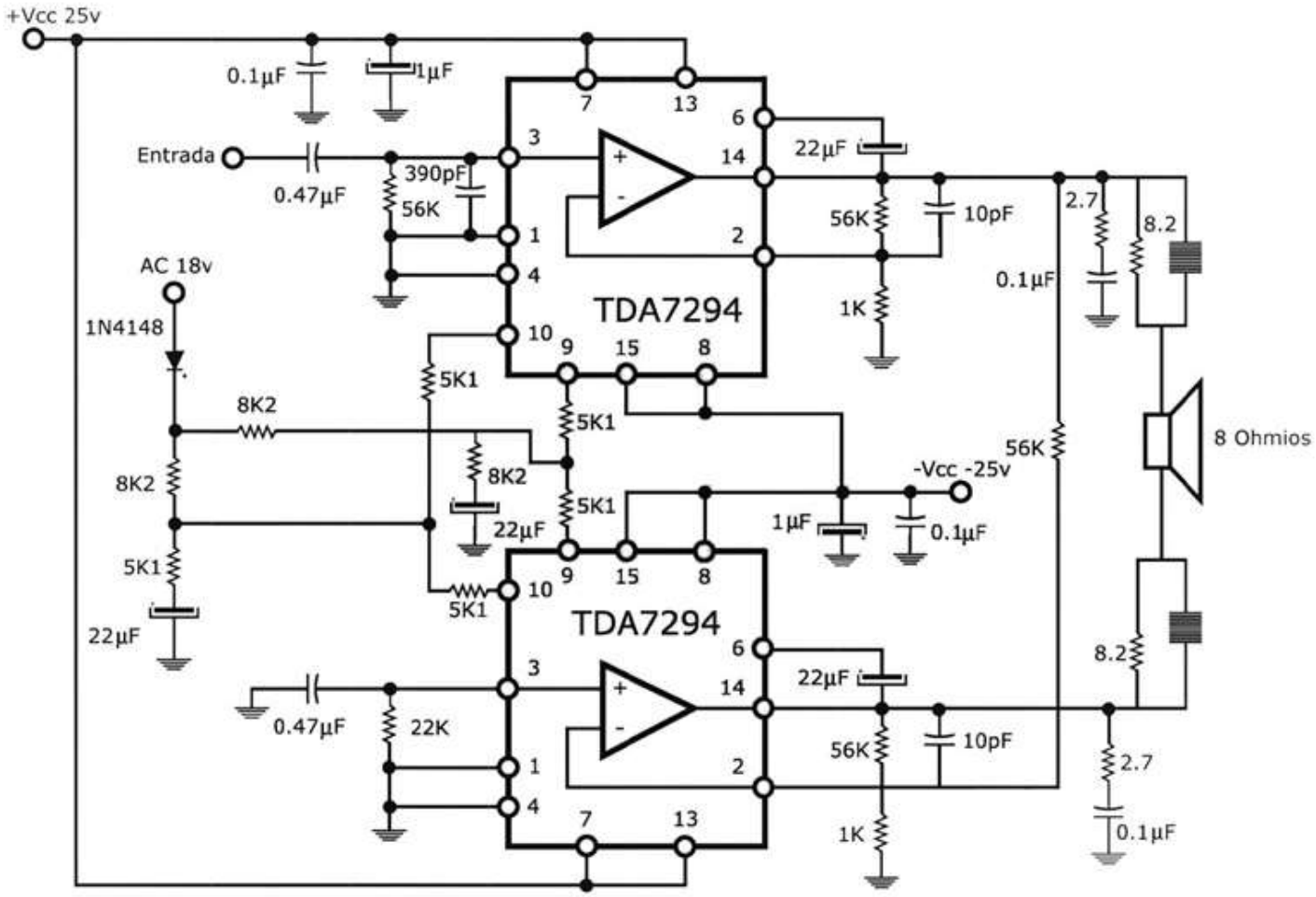
۳-۲ مدار منبع تغذیه آمپلی فایر

همانطور که می دانید هر وسیله الکترونیکی بنا به طراحی خاص خود ، به ولتاژ و آمپراژ مشخصی جهت راه اندازی و کارکرد نیاز دارد . منبع تغذیه دستگاهی است که قادر است از یک ورودی با ولتاژ وآمپراژ ثابت (بنا به طراحی داخلی خود) ، ولتاژ وآمپراژ مختلفی را تولید نماید . منابع تغذیه برای دستگاه‌های الکترونیکی را می‌توان بطور گسترده به خط فرکانس بزرگ (یا معمولی) و منابع تغذیه سوئیچینگ تقسیم نمود. خط فرکانس بزرگ معمولا یک طرح نسبتا ساده است، اما آن برای تجهیزات جریان بالا، به دلیل نیاز به ترانسفورماتور خط فرکانس بزرگ و مدار تنظیم الکترونیکی حرارت مخزن، به طور فزاینده‌ای بزرگ وسنگین می‌شود. منابع تغذیه فرکانس خط متعارف، گاهی اوقات، "خطی" نامیده می شونداما این یک اسم بی مسمی است زیرا تبدیل از ولتاژ AC به DC هنگامی که یکسو کننده‌ها به مخازن خازنی تغذیه می رسانند، ذاتا غیر خطی است. تنظیم کننده‌های ولتاژ خطی به وسیلهٔ یک مقسم ولتاژ فعال که انرژی مصرف می‌کند، ولتاژ خروجی تنظیم شده را تولید می‌کنند، در نتیجه بازده پایین است. یک منبع تغییر حالت که امتیاز مشابه با منبع فرکانس خط دارد، معمولا کوچکتر، کارآمد تر، ولی پیچیده تر خواهد بود..



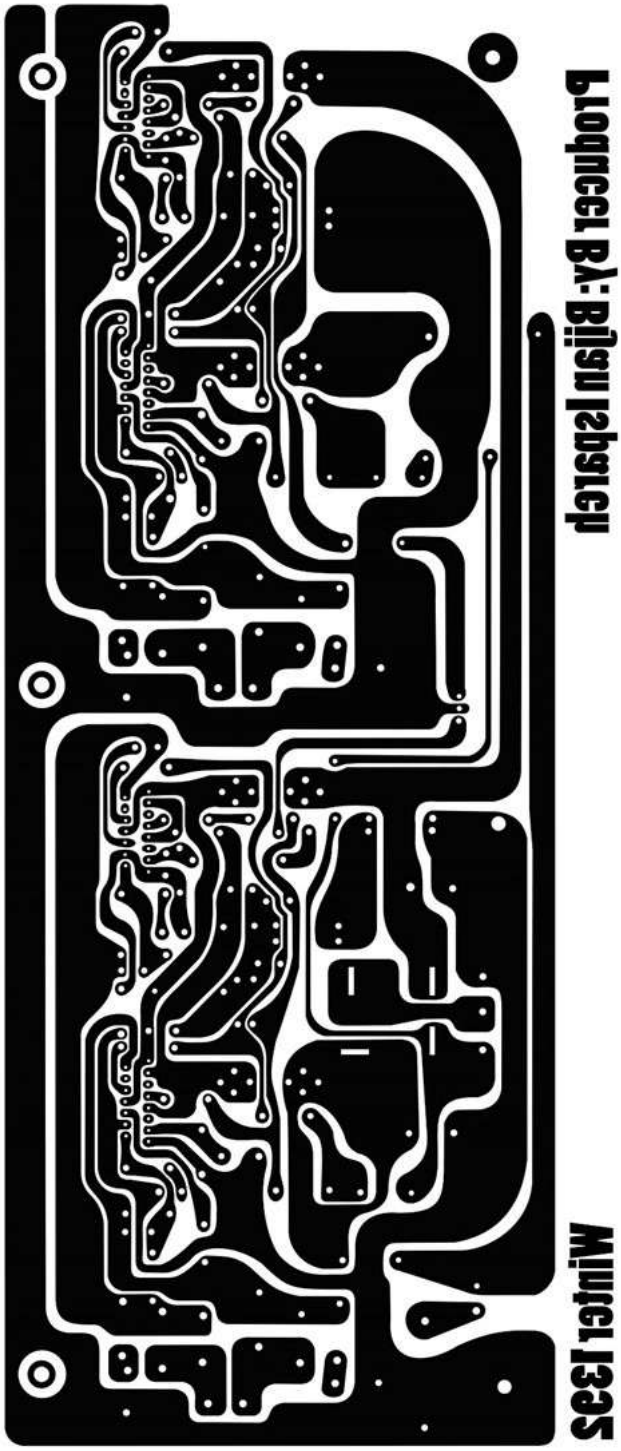
شکل۳-٤ منبع تغذیه آمپلی فایر

۳-۳ نقشه شماتیک مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات



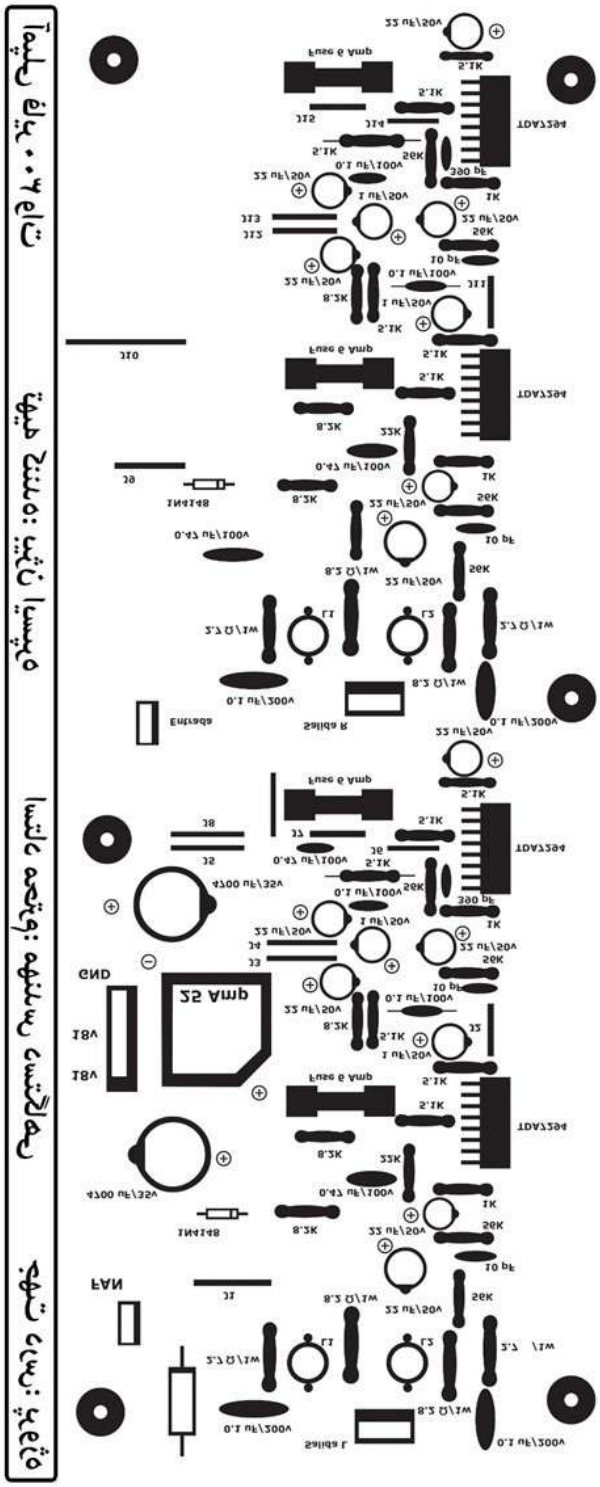
شکل۳-۵ نقشه شماتیک مدار آمپلی فایر ۳۰۰ وات

۳-٤ PCB آمپلی فایر ۳۰۰ وات



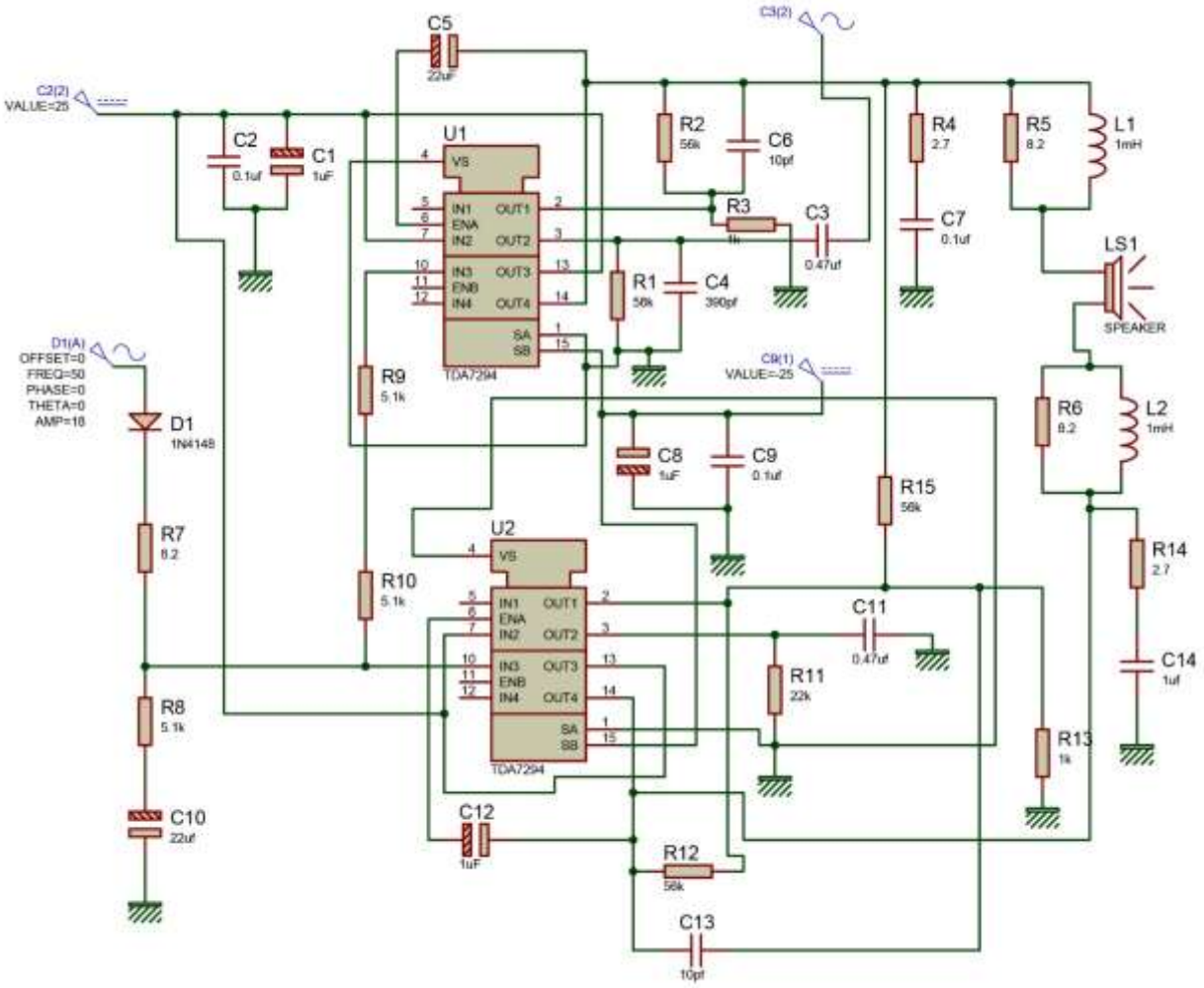
شکل۳-٦ PCB آمپلی فایر ۳۰۰ وات

۳-۵ نقشه پشت برد مدار آمپلی فایر



شکل۳-۷ نقشه پشت برد مدار آمپلی فایر

۳-۶ اجرای مدار آمپلی فایر در نرم افزار Proteus



شکل۳-۸ اجرای مدار آمپلی فایر در نرم افزار Proteus

۳-٦ تصاویر آمپلی فایر بعد از ساخت

شکل۳-۹ تصاویر آمپلی فایر بعد از ساخت

100V - 100W DMOS AUDIO AMPLIFIER WITH MUTE/ST-BY

- VERY HIGH OPERATING VOLTAGE RANGE (±40V)
- DMOS POWER STAGE
- HIGH OUTPUT POWER (UP TO 100W MUSIC POWER)
- MUTING/STAND-BY FUNCTIONS
- NO SWITCH ON/OFF NOISE
- NO BOUCHEROT CELLS
- VERY LOW DISTORTION
- VERY LOW NOISE
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- THERMAL SHUTDOWN

MULTIPOWER BCD TECHNOLOGY

Multiwatt15V

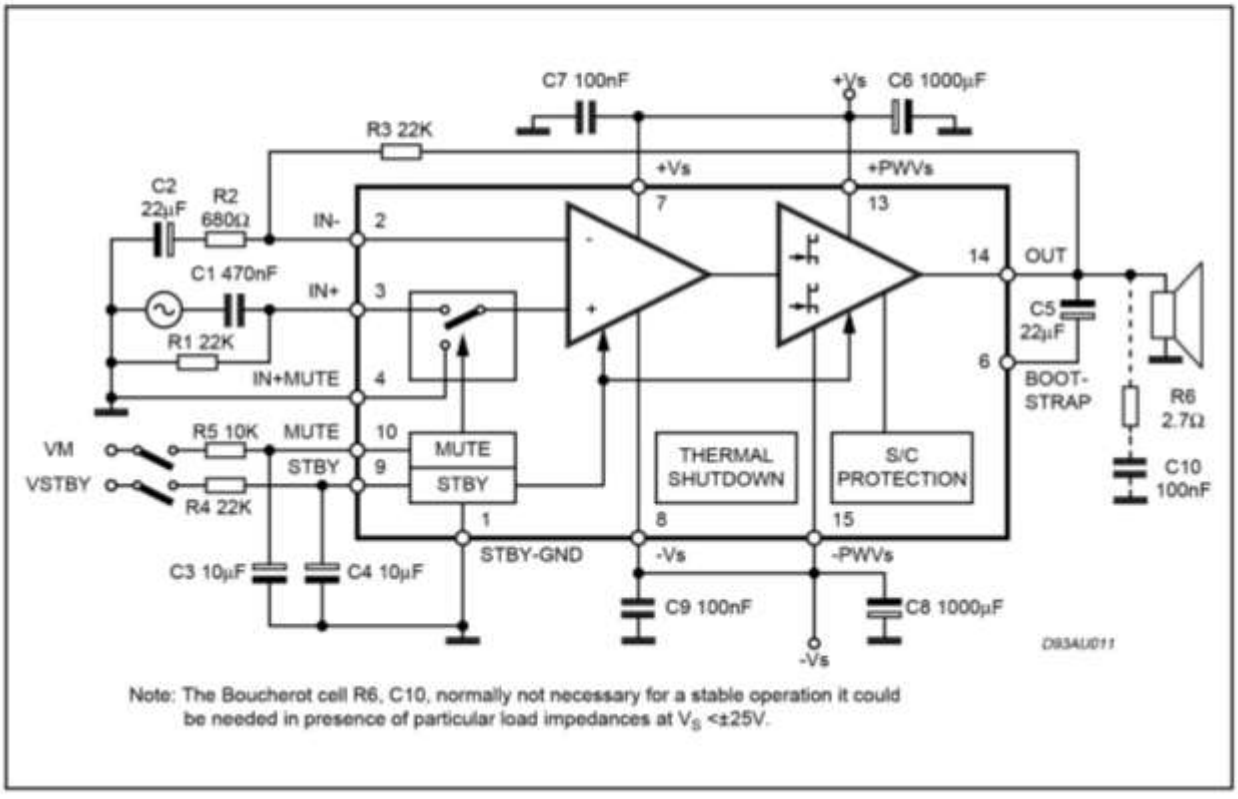
TDA7294V

DESCRIPTION

The TDA7294 is a monolithic integrated circuit in Multiwatt15 package, intended for use as audio class AB amplifier in Hi-Fi field applications (Home Stereo, self powered loudspeakers, Top-class TV). Thanks to the wide voltage range and to the high out current capability it is able to supply the highest power into both 4Ω and 8Ω loads even in presence of poor supply regulation, with high Supply Voltage Rejection.

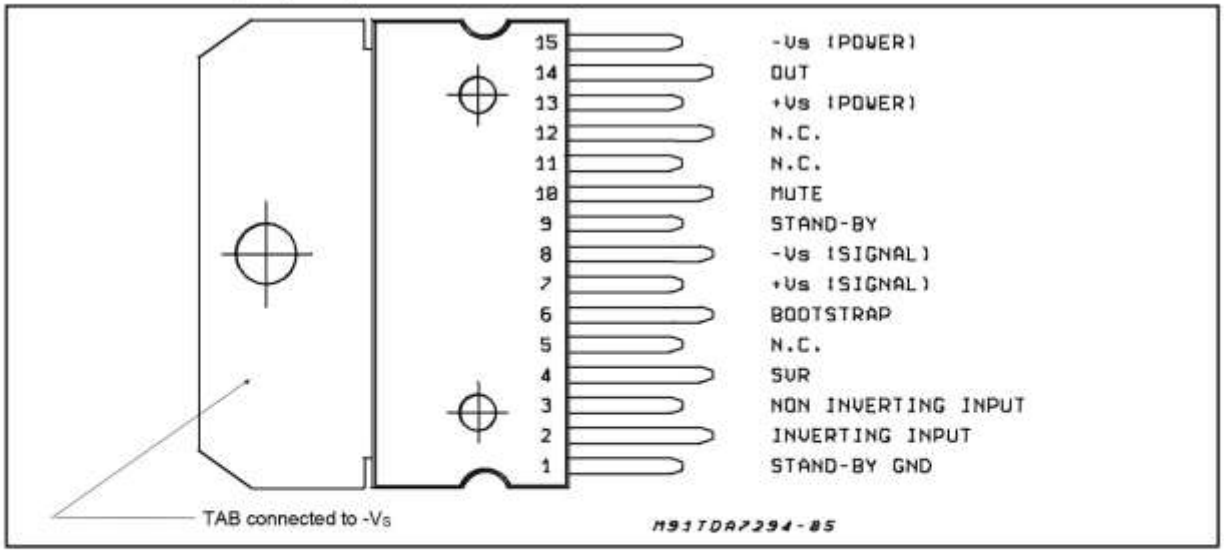
The built in muting function with turn on delay simplifies the remote operation avoiding switching on-off noises.

Figure 1: Typical Application and Test Circuit

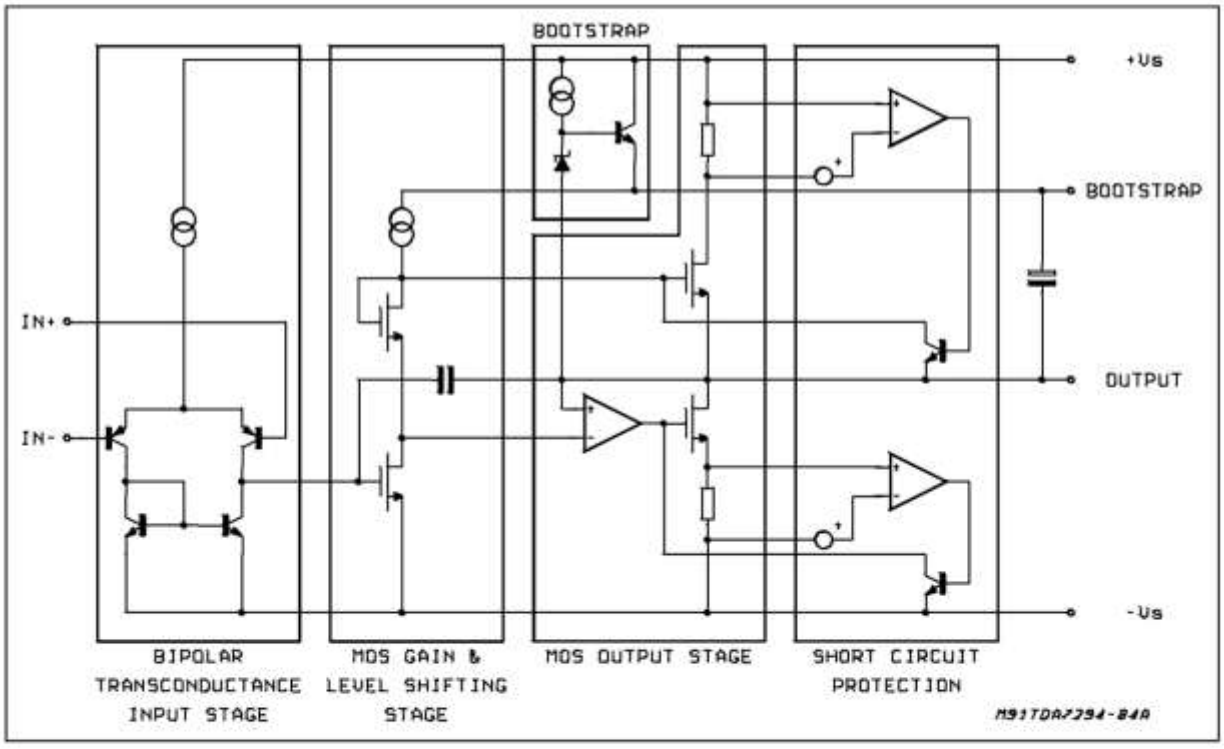


Note: The Boucherot cell R6, C10, normally not necessary for a stable operation it could be needed in presence of particular load impedances at V_S <±25V.

PIN CONNECTION (Top view)



BLOCK DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_S	Supply Voltage (No Signal)	±50	V
I_O	Output Peak Current	10	A
P_{tot}	Power Dissipation T_{case} = 70°C	50	W
T_{op}	Operating Ambient Temperature Range	0 to 70	°C
T_{stg}, T_j	Storage and Junction Temperature	150	°C

THERMAL DATA

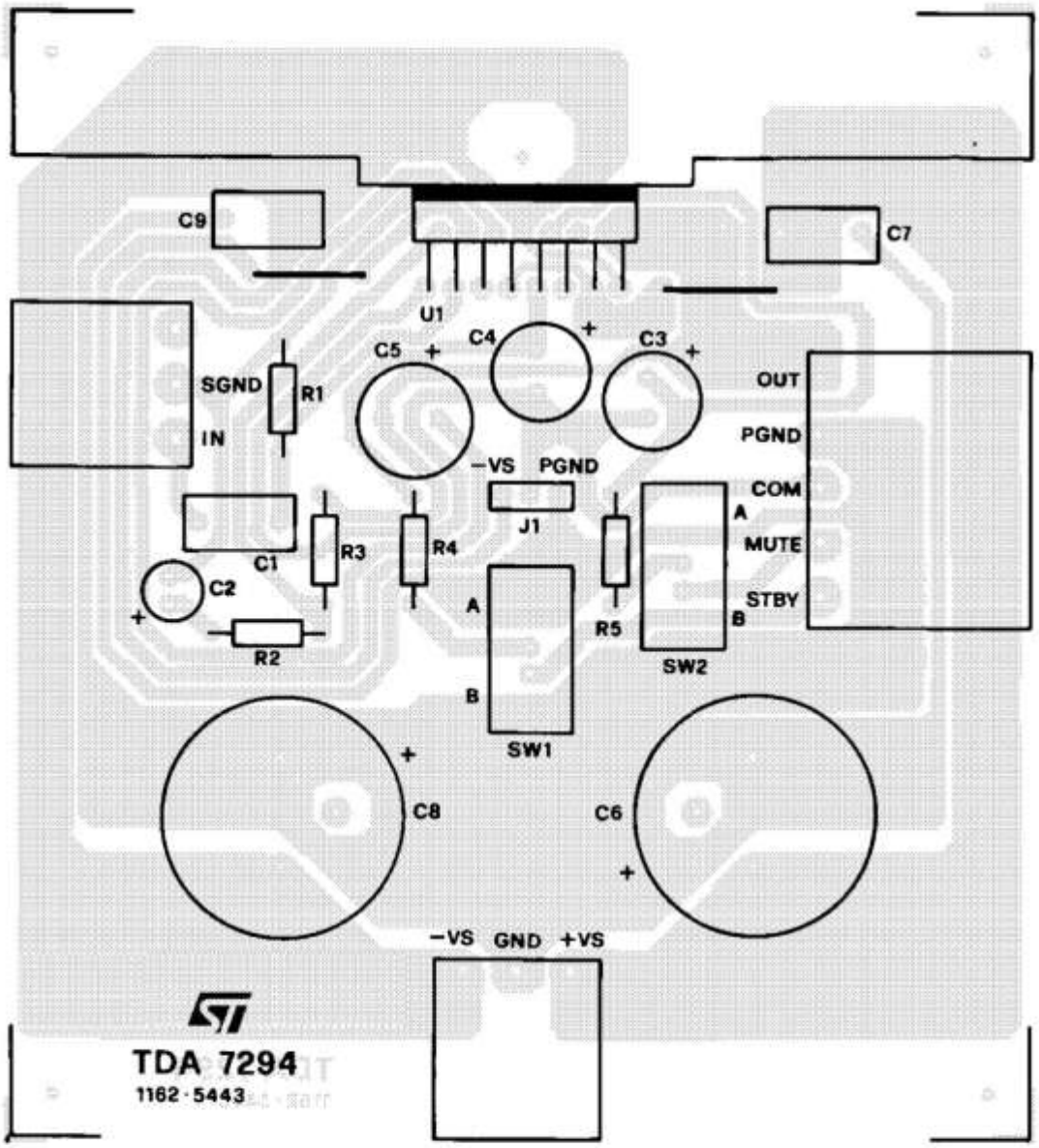
Symbol	Description		Value	Unit
$R_{th\ j\text{-}case}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	1.5	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Refer to the Test Circuit V_S = ±35V, R_L = 8Ω, G_V = 30dB; R_g = 50 Ω; T_{amb} = 25°C, f = 1 kHz; unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_S	Supply Range		±10		±40	V
I_q	Quiescent Current		20	30	65	mA
I_b	Input Bias Current				500	nA
V_{OS}	Input Offset Voltage				±10	mV
I_{OS}	Input Offset Current				±100	nA
P_O	RMS Continuous Output Power	d = 0.5%: V_S = ± 35V, R_L = 8Ω V_S = ± 31V, R_L = 6Ω V_S = ± 27V, R_L = 4Ω	 60 60 60	 70 70 70		 W W W
	Music Power (RMS) IEC268.3 RULES - Δt = 1s (*)	d = 10% R_L = 8Ω ; V_S = ±38V R_L = 6Ω ; V_S = ±33V R_L = 4Ω ; V_S = ±29V (***)		 100 100 100		 W W W
d	Total Harmonic Distortion (**)	P_O = 5W; f = 1kHz P_O = 0.1 to 50W; f = 20Hz to 20kHz		0.005	 0.1	% %
		V_S = ±27V, R_L = 4Ω: P_O = 5W; f = 1kHz P_O = 0.1 to 50W; f = 20Hz to 20kHz		 0.01	 0.1	 % %
SR	Slew Rate		7	10		V/μs
G_V	Open Loop Voltage Gain			80		dB
G_V	Closed Loop Voltage Gain		24	30	40	dB
e_N	Total Input Noise	A = curve f = 20Hz to 20kHz		1 2	 5	μV μV
f_L, f_H	Frequency Response (-3dB)	P_O = 1W	20Hz to 20kHz			
R_i	Input Resistance		100			kΩ
SVR	Supply Voltage Rejection	f = 100Hz; V_{ripple} = 0.5Vrms	60	75		dB
T_S	Thermal Shutdown			145		°C
STAND-BY FUNCTION (Ref: -V_S or GND)						
$V_{ST\ on}$	Stand-by on Threshold				1.5	V
$V_{ST\ off}$	Stand-by off Threshold		3.5			V
$ATT_{st\text{-}by}$	Stand-by Attenuation		70	90		dB
$I_{q\ st\text{-}by}$	Quiescent Current @ Stand-by			1	3	mA
MUTE FUNCTION (Ref: -V_S or GND)						
V_{Mon}	Mute on Threshold				1.5	V
V_{Moff}	Mute off Threshold		3.5			V
ATT_{mute}	Mute Attenuatlon		60	80		dB

Note (*):
MUSIC POWER CONCEPT
MUSIC POWER is the maximal power which the amplifier is capable of producing across the rated load resistance (regardless of non linearity) 1 sec after the application of a sinusoidal input signal of frequency 1KHz.

Figure 2: P.C.B. and components layout of the circuit of figure 1. (1:1 scale)



Note:

The Stand-by and Mute functions can be referred either to GND or -VS.
On the P.C.B. is possible to set both the configuration through the jumper J1.

APPLICATION SUGGESTIONS (see Test and Application Circuits of the Fig. 1)

The recommended values of the external components are those shown on the application circuit of Figure 1. Different values can be used; the following table can help the designer.

COMPONENTS	SUGGESTED VALUE	PURPOSE	LARGER THAN SUGGESTED	SMALLER THAN SUGGESTED
R1 (*)	22k	INPUT RESISTANCE	INCREASE INPUT IMPRDANCE	DECREASE INPUT IMPEDANCE
R2	680Ω	CLOSED LOOP GAIN SET TO 30dB (**)	DECREASE OF GAIN	INCREASE OF GAIN
R3 (*)	22k		INCREASE OF GAIN	DECREASE OF GAIN
R4	22k	ST-BY TIME CONSTANT	LARGER ST-BY ON/OFF TIME	SMALLER ST-BY ON/OFF TIME; POP NOISE
R5	10k	MUTE TIME CONSTANT	LARGER MUTE ON/OFF TIME	SMALLER MUTE ON/OFF TIME
C1	0.47μF	INPUT DC DECOUPLING		HIGHER LOW FREQUENCY CUTOFF
C2	22μF	FEEDBACK DC DECOUPLING		HIGHER LOW FREQUENCY CUTOFF
C3	10μF	MUTE TIME CONSTANT	LARGER MUTE ON/OFF TIME	SMALLER MUTE ON/OFF TIME
C4	10μF	ST-BY TIME CONSTANT	LARGER ST-BY ON/OFF TIME	SMALLER ST-BY ON/OFF TIME; POP NOISE
C5	22μF	BOOTSTRAPPING		SIGNAL DEGRADATION AT LOW FREQUENCY
C6, C8	1000μF	SUPPLY VOLTAGE BYPASS		DANGER OF OSCILLATION
C7, C9	0.1μF	SUPPLY VOLTAGE BYPASS		DANGER OF OSCILLATION

(*) R1 = R3 FOR POP OPTIMIZATION

(**) CLOSED LOOP GAIN HAS TO BE ≥ 24dB

TYPICAL CHARACTERISTICS
(Application Circuit of fig 1 unless otherwise specified)

Figure 3: Output Power vs. Supply Voltage.

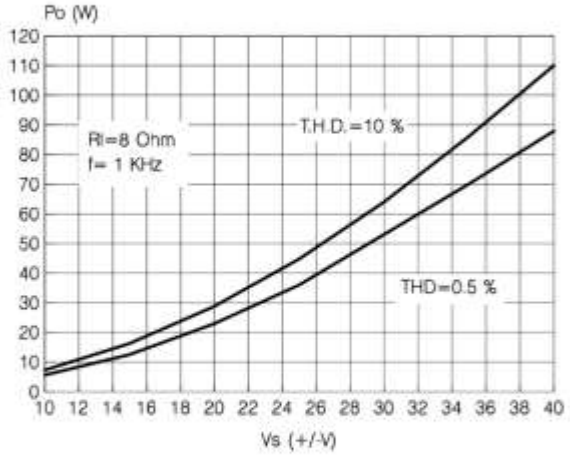


Figure 4: Distortion vs. Output Power

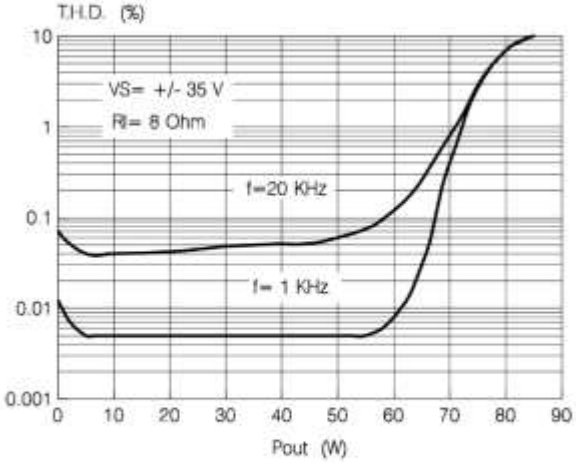


Figure 5: Output Power vs. Supply Voltage

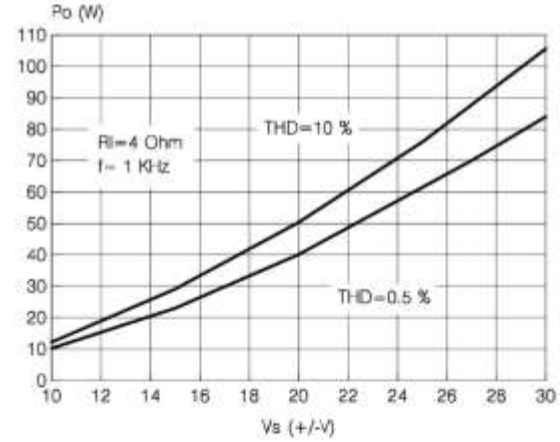


Figure 6: Distortion vs. Output Power

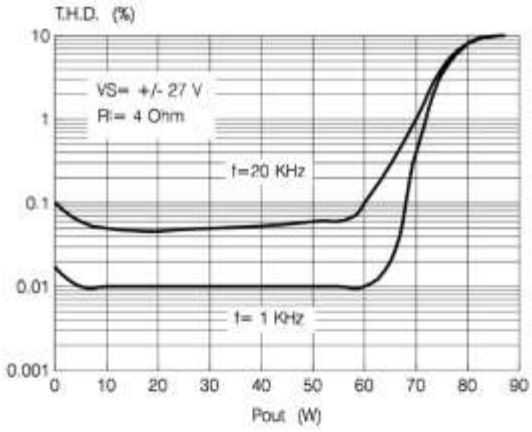


Figure 7: Distortion vs. Frequency

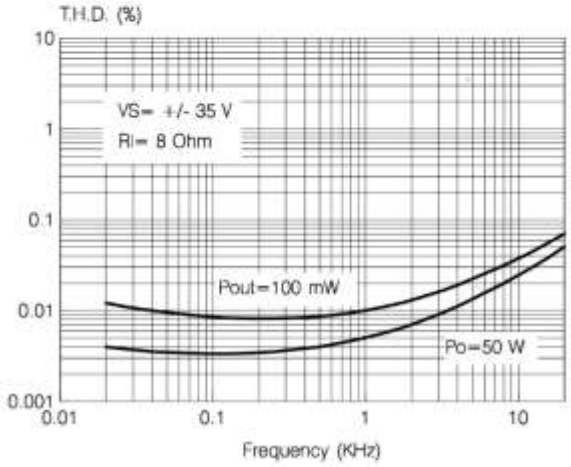
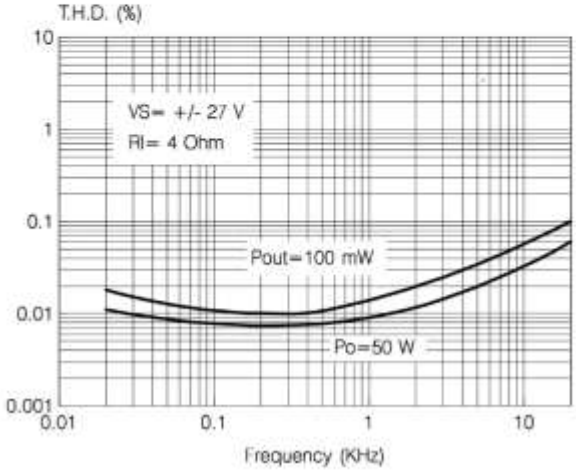


Figure 8: Distortion vs. Frequency



TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

Figure 9: Quiescent Current vs. Supply Voltage

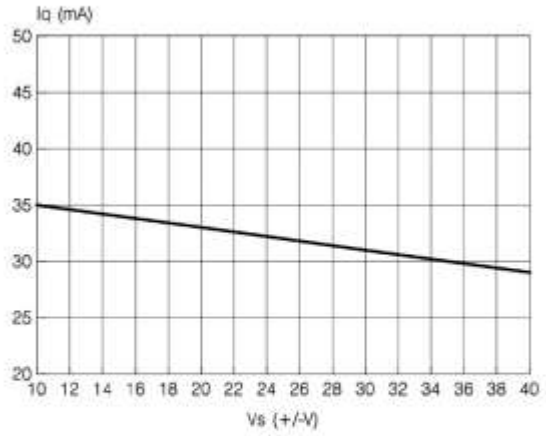


Figure 10: Supply Voltage Rejection vs. Frequency

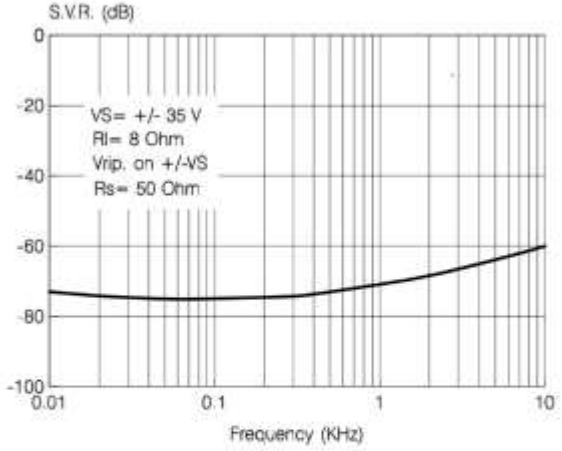


Figure 11: Mute Attenuation vs. V_{pin10}

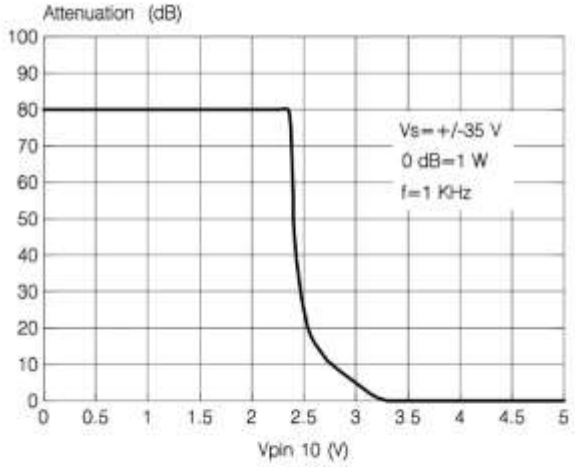


Figure 12: St-by Attenuation vs. V_{pin9}

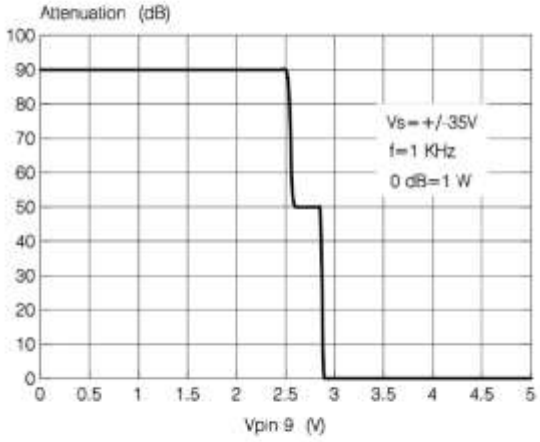


Figure 13: Power Dissipation vs. Output Power

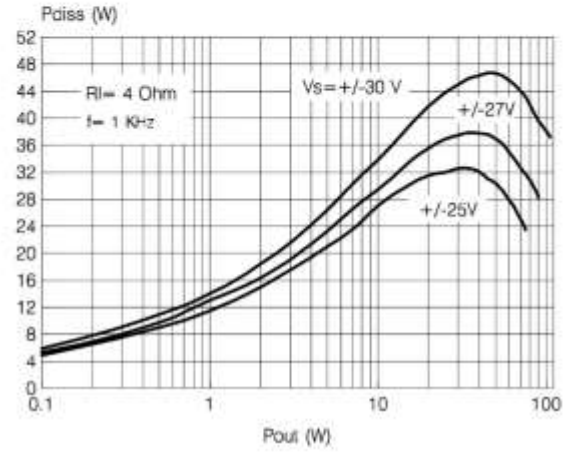
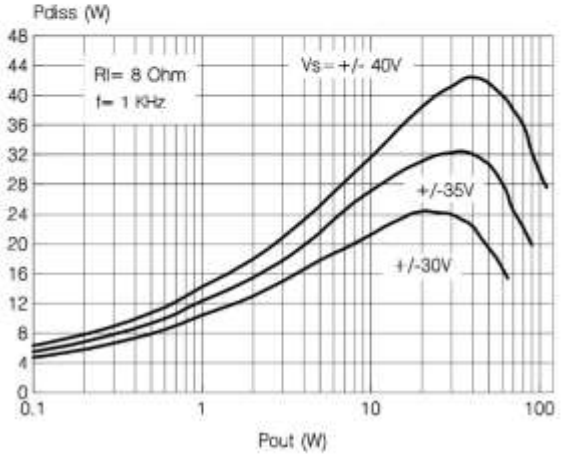


Figure 14: Power Dissipation vs. Output Power



INTRODUCTION

In consumer electronics, an increasing demand has arisen for very high power monolithic audio amplifiers able to match, with a low cost the performance obtained from the best discrete designs.

The task of realizing this linear integrated circuit in conventional bipolar technology is made extremely difficult by the occurence of 2nd breakdown phenomenon. It limits the safe operating area (SOA) of the power devices, and as a consequence, the maximum attainable output power, especially in presence of highly reactive loads.

Moreover, full exploitation of the SOA translates into a substantial increase in circuit and layout complexity due to the need for sophisticated protection circuits.

To overcome these substantial drawbacks, the use of power MOS devices, which are immune from secondary breakdown is highly desirable.

The device described has therefore been developed in a mixed bipolar-MOS high voltage technology called BCD 100.

1) Output Stage

The main design task one is confronted with while developing an integrated circuit as a power operational amplifier, independently of the technology used, is that of realizing the output stage.

The solution shown as a principle shematic by Fig 15 represents the DMOS unity-gain output buffer of the TDA7294.

This large-signal, high-power buffer must be capable of handling extremely high current and voltage levels while maintaining acceptably low harmonic distortion and good behaviour over frequency response; moreover, an accurate control of quiescent current is required.

A local linearizing feedback, provided by differential amplifier A, is used to fullfil the above requirements, allowing a simple and effective quiescent current setting.

Proper biasing of the power output transistors alone is however not enough to guarantee the absence of crossover distortion.

While a linearization of the DC transfer characteristic of the stage is obtained, the dynamic behaviour of the system must be taken into account.

A significant aid in keeping the distortion contributed by the final stage as low as possible is provided by the compensation scheme, which exploits the direct connection of the Miller capacitor at the amplifier's output to introduce a local AC feedback path enclosing the output stage itself.

2) Protections

In designing a power IC, particular attention must be reserved to the circuits devoted to protection of the device from short circuit or overload conditions.

Due to the absence of the 2nd breakdown phenomenon, the SOA of the power DMOS transistors is delimited only by a maximum dissipation curve dependent on the duration of the applied stimulus.

In order to fully exploit the capabilities of the power transistors, the protection scheme implemented in this device combines a conventional SOA protection circuit with a novel local temperature sensing technique which " dynamically" controls the maximum dissipation.

Figure 15: Principle Schematic of a DMOS unity-gain buffer.

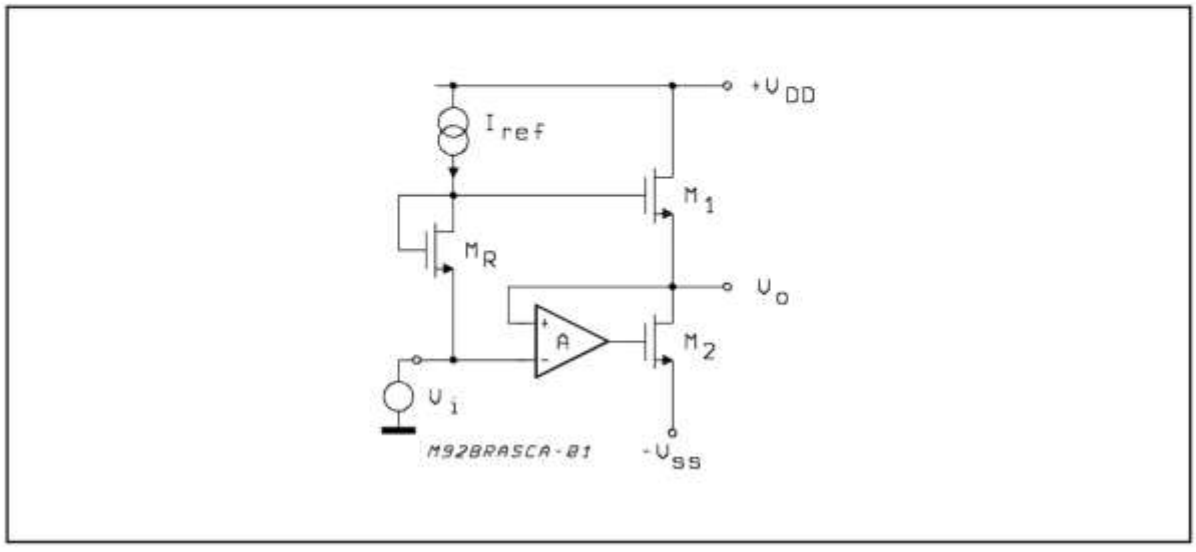
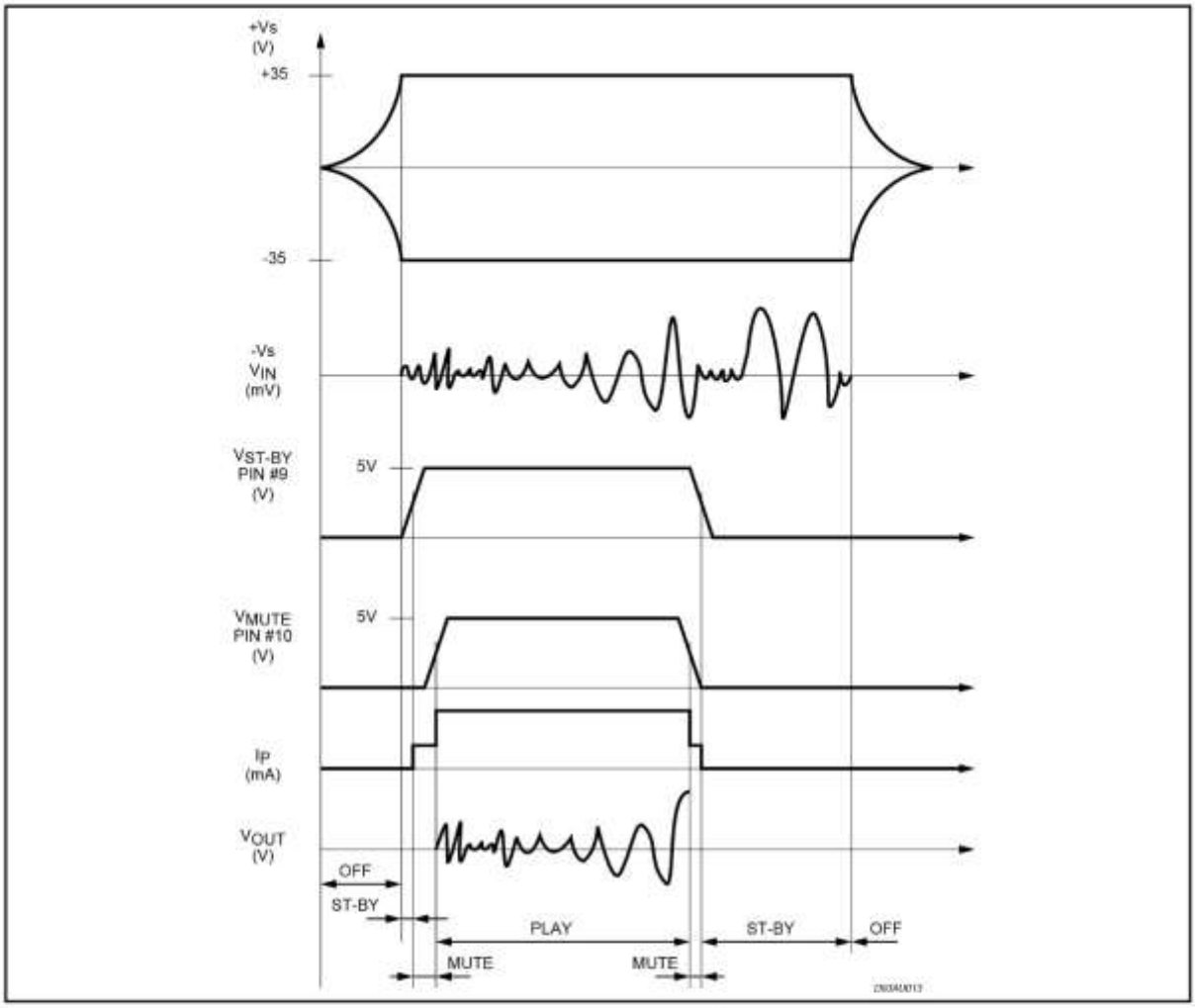


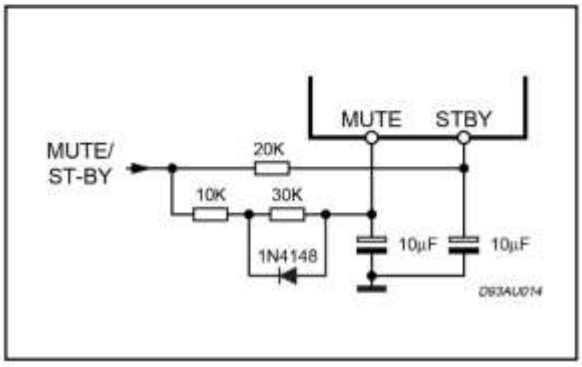
Figure 16: Turn ON/OFF Suggested Sequence



In addition to the overload protection described above, the device features a thermal shutdown circuit which initially puts the device into a muting state (@ Tj = 145 °C) and then into stand-by (@ Tj = 150 °C).

Full protection against electrostatic discharges on every pin is included.

Figure 17: Single Signal ST-BY/MUTE Control Circuit



3) Other Features

The device is provided with both stand-by and mute functions, independently driven by two CMOS logic compatible input pins.

The circuits dedicated to the switching on and off of the amplifier have been carefully optimized to avoid any kind of uncontrolled audible transient at the output.

The sequence that we recommend during the ON/OFF transients is shown by Figure 16.

The application of figure 17 shows the possibility of using only one command for both st-by and mute functions. On both the pins, the maximum applicable range corresponds to the operating supply voltage.

APPLICATION INFORMATION

HIGH-EFFICIENCY

Constraints of implementing high power solutions are the power dissipation and the size of the power supply. These are both due to the low efficiency of conventional AB class amplifier approaches.

Here below (figure 18) is described a circuit proposal for a high efficiency amplifier which can be adopted for both HI-FI and CAR-RADIO applications.

The TDA7294 is a monolithic MOS power amplifier which can be operated at 80V supply voltage (100V with no signal applied) while delivering output currents up to ±10 A.

This allows the use of this device as a very high power amplifier (up to 180W as peak power with T.H.D.=10 % and Rl = 4 Ohm); the only drawback is the power dissipation, hardly manageable in the above power range.

Figure 20 shows the power dissipation versus output power curve for a class AB amplifier, compared with a high efficiency one.

In order to dimension the heatsink (and the power supply), a generally used average output power value is one tenth of the maximum output power at T.H.D.=10 %.

From fig. 20, where the maximum power is around 200 W, we get an average of 20 W, in this condition, for a class AB amplifier the average power dissipation is equal to 65 W.

The typical junction-to-case thermal resistance of the TDA7294 is 1 °C/W (max= 1.5 °C/W). To avoid that, in worst case conditions, the chip temperature exceedes 150 °C, the thermal resistance of the heatsink must be 0.038 °C/W (@ max ambient temperature of 50 °C).

As the above value is pratically unreachable; a high efficiency system is needed in those cases where the continuous RMS output power is higher than 50-60 W.

The TDA7294 was designed to work also in higher efficiency way.

For this reason there are four power supply pins: two intended for the signal part and two for the power part.

T1 and T2 are two power transistors that only operate when the output power reaches a certain threshold (e.g. 20 W). If the output power increases, these transistors are switched on during the portion of the signal where more output voltage swing is needed, thus "bootstrapping" the power supply pins (#13 and #15).

The current generators formed by T4, T7, zener

Figure 18: High Efficiency Application Circuit

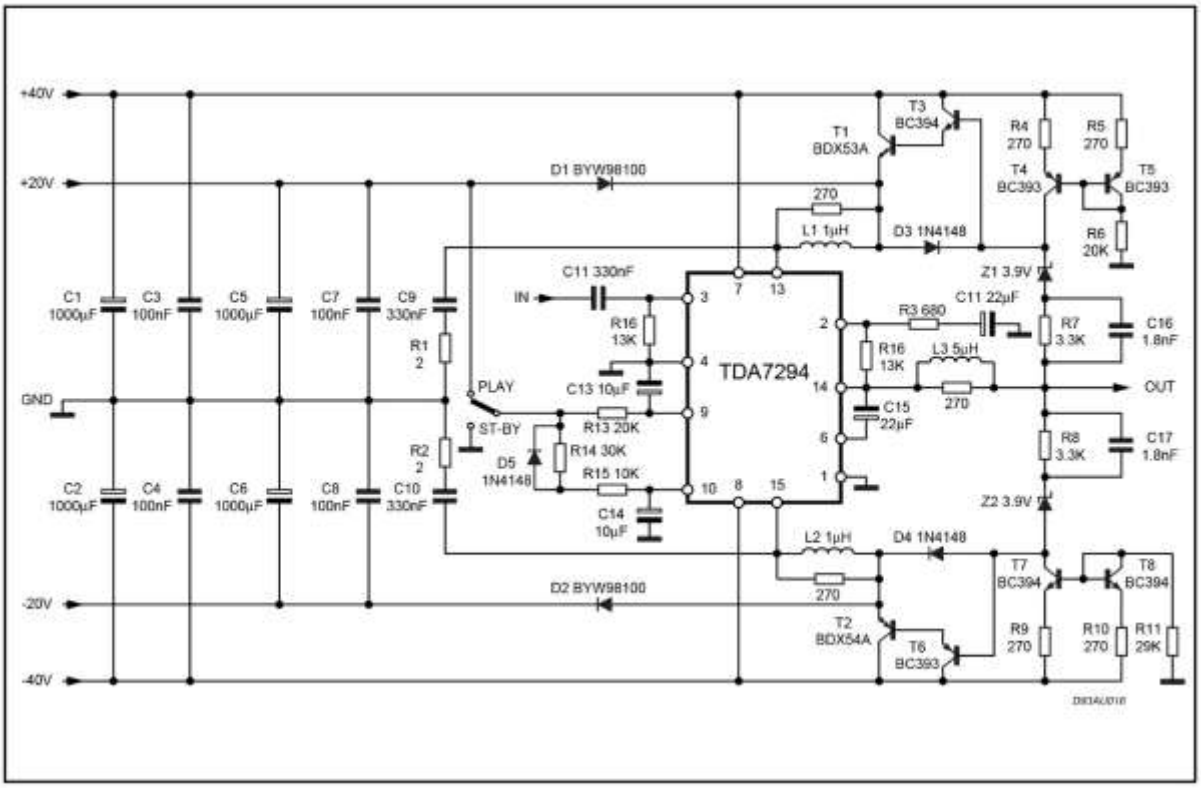
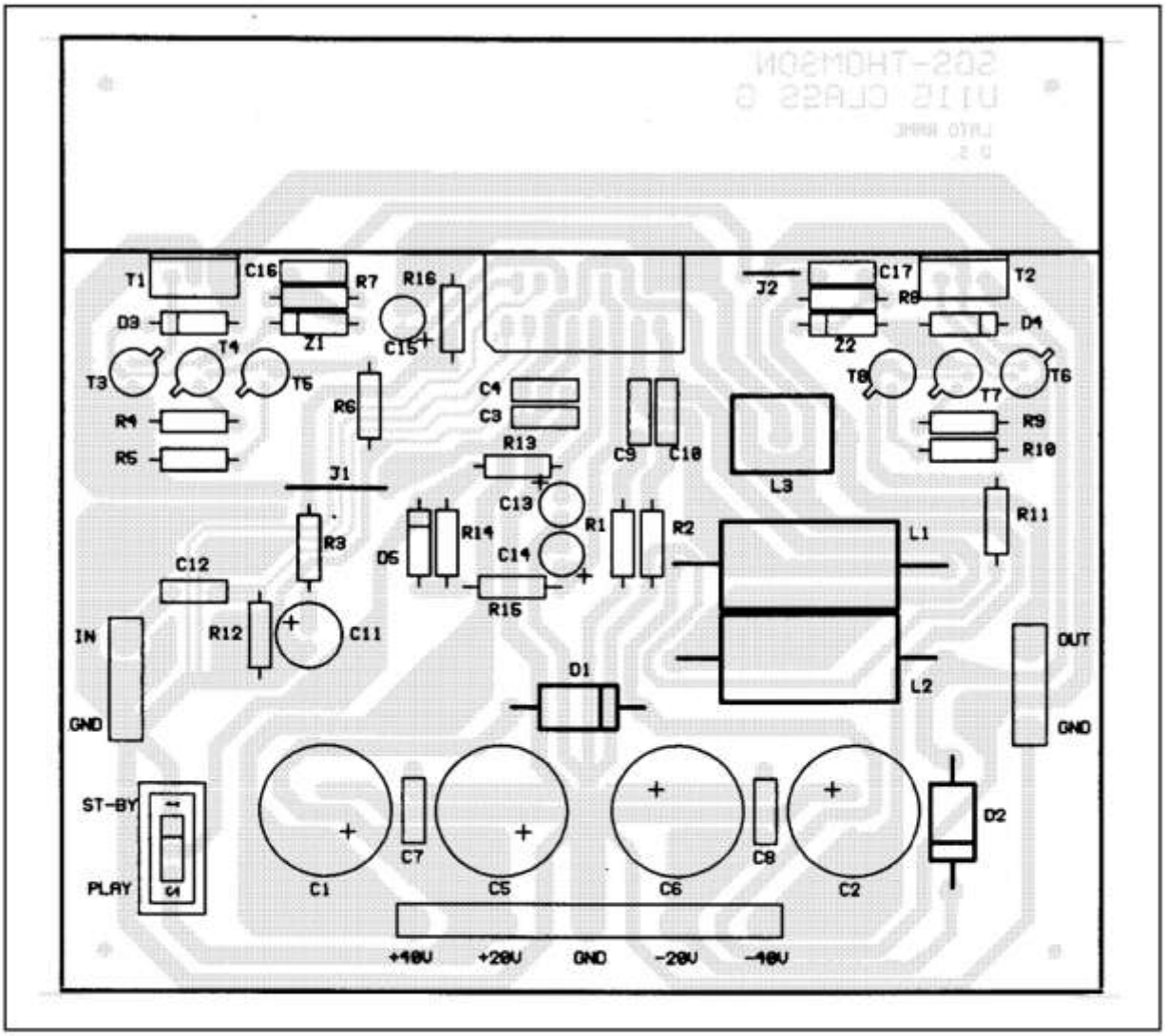


Figure 19: P.C.B. and Components Layout of the Circuit of figure 18 (1:1 scale)



diodes Z1,Z2 and resistors R7,R8 define the minimum drop across the power MOS transistors of the TDA7294. L1, L2, L3 and the snubbers C9, R1 and C10, R2 stabilize the loops formed by the "bootstrap" circuits and the output stage of the TDA7294.

In figures 21,22 the performances of the system in terms of distortion and output power at various frequencies (measured on PCB shown in fig. 19) are displayed.

The output power that the TDA7294 in high-efficiency application is able to supply at Vs = +40V/+20V/-20V/-40V; f =1 KHz is:

- **Pout = 150 W @ T.H.D.=10 % with Rl= 4 Ohm**
- **Pout = 120 W @ " = 1 % " " "**
- **Pout = 100 W @ " =10 % with Rl= 8 Ohm**
- **Pout = 80 W @ " = 1 % " " "**

Results from efficiency measurements (4 and 8 Ohm loads, Vs = ±40V) are shown by figures 23 and 24. We have 3 curves: total power dissipation, power dissipation of the TDA7294 and power dissipation of the darlingtons.

By considering again a maximum average output power (music signal) of 20W, in case of the high efficiency application, the thermal resistance value needed from the heatsink is 2.2°C/W (Vs =±40 V and Rl= 4 Ohm).

All components (TDA7294 and power transistors T1 and T2) can be placed on a 1.5°C/W heatsink, with the power darlingtons electrically insulated from the heatsink.

Since the total power dissipation is less than that of a usual class AB amplifier, additional cost savings can be obtained while optimizing the power supply, even with a high headroom.

Figure 20: Power Dissipation vs. Output Power

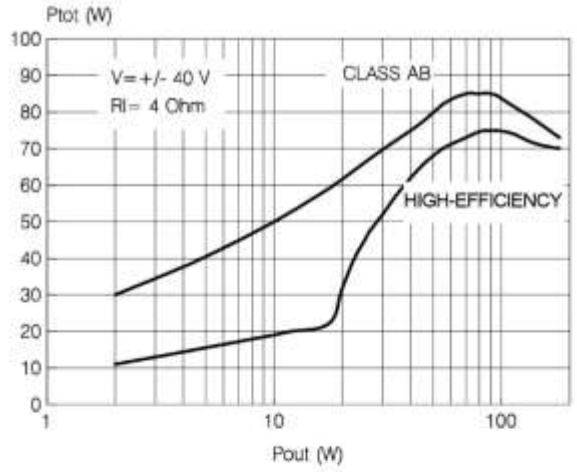


Figure 21: Distortion vs. Output Power

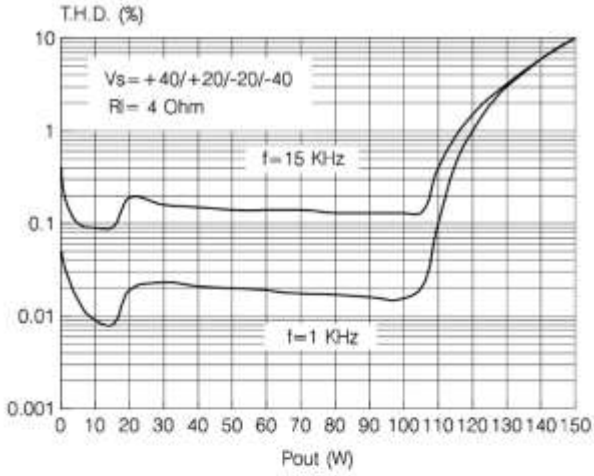


Figure 22: Distortion vs. Output Power

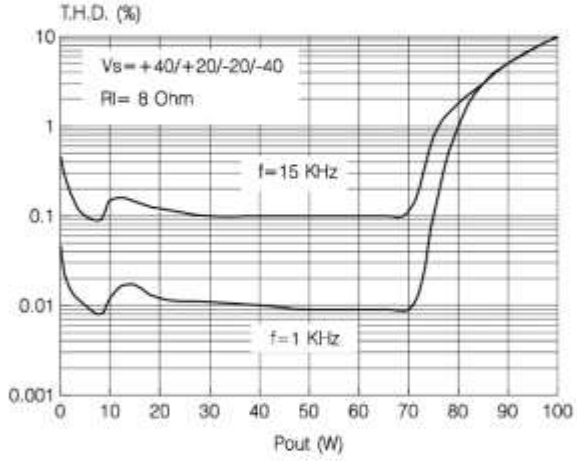


Figure 23: Power Dissipation vs. Output Power

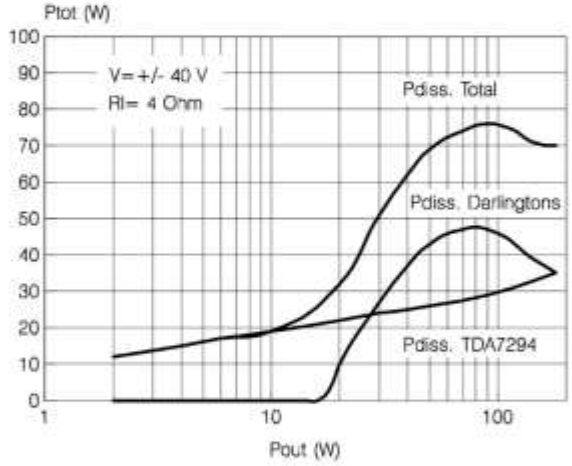
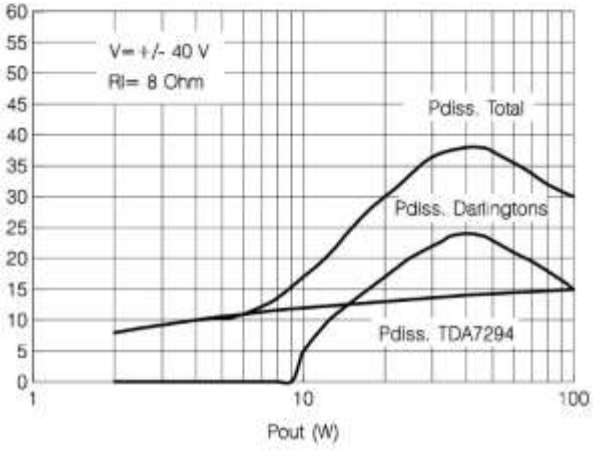


Figure 24: Power Dissipation vs. Output Power



BRIDGE APPLICATION

Another application suggestion is the BRIDGE configuration, where two TDA7294 are used, as shown by the schematic diagram of figure 25.

In this application, the value of the load must not be lower than 8 Ohm for dissipation and current capability reasons.

A suitable field of application includes HI-FI/TV subwoofers realizations.

The main advantages offered by this solution are:

- High power performances with limited supply voltage level.
- Considerably high output power even with high load values (i.e. 16 Ohm).

The characteristics shown by figures 27 and 28, measured with loads respectively 8 Ohm and 16 Ohm.

With Rl= 8 Ohm, Vs = ±25V the maximum output power obtainable is 150 W, while with Rl=16 Ohm, Vs = ±35V the maximum Pout is 170 W.

Figure 25: Bridge Application Circuit

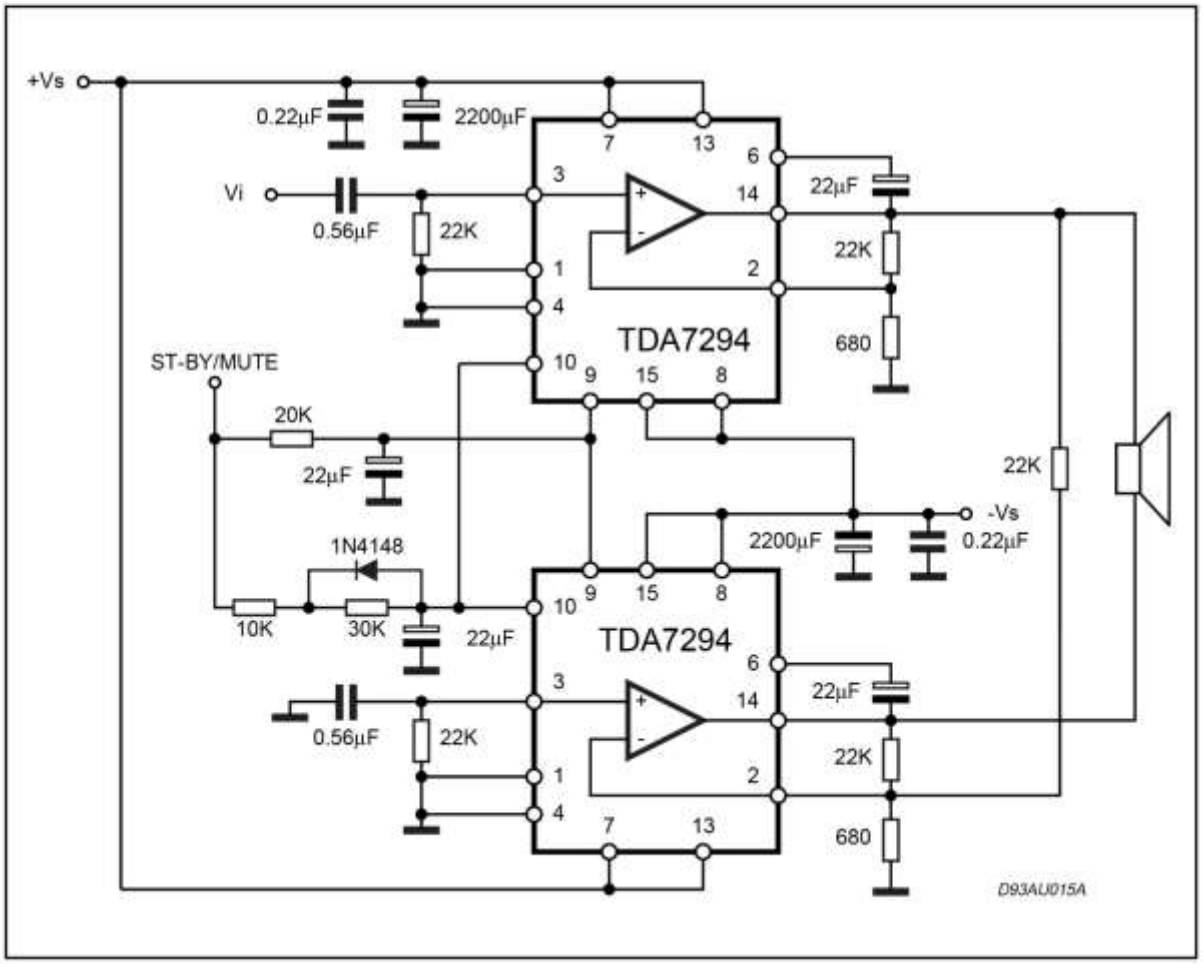


Figure 26: Frequency Response of the Bridge Application

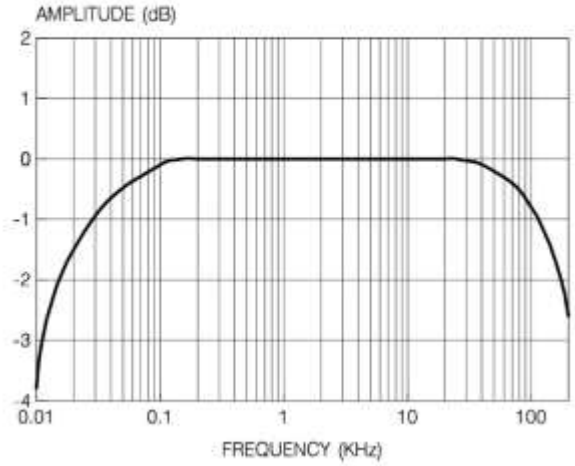


Figure 27: Distortion vs. Output Power

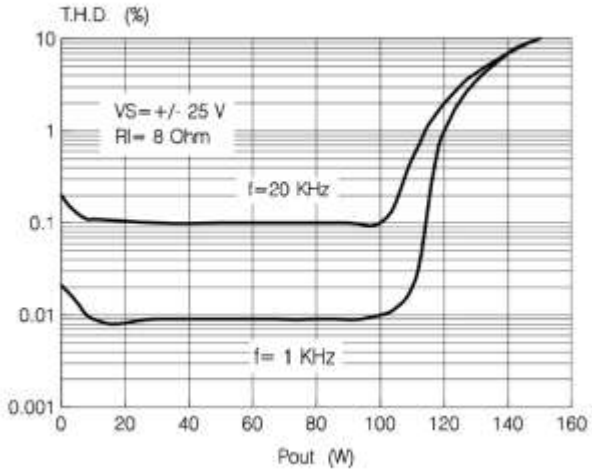
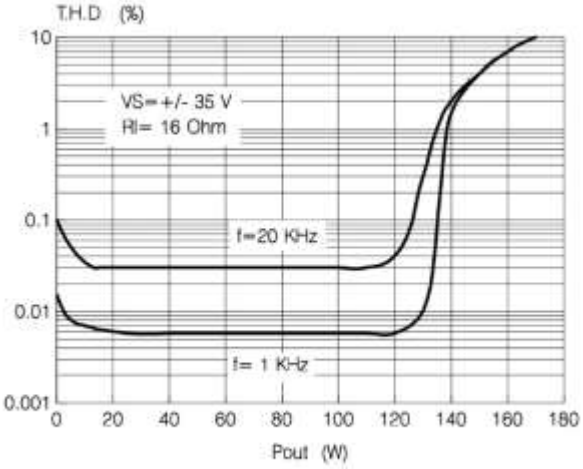
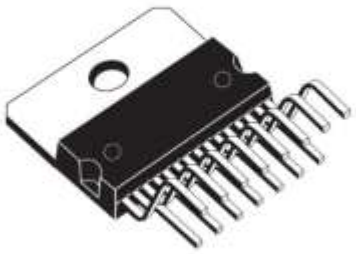


Figure 28: Distortion vs. Output Power

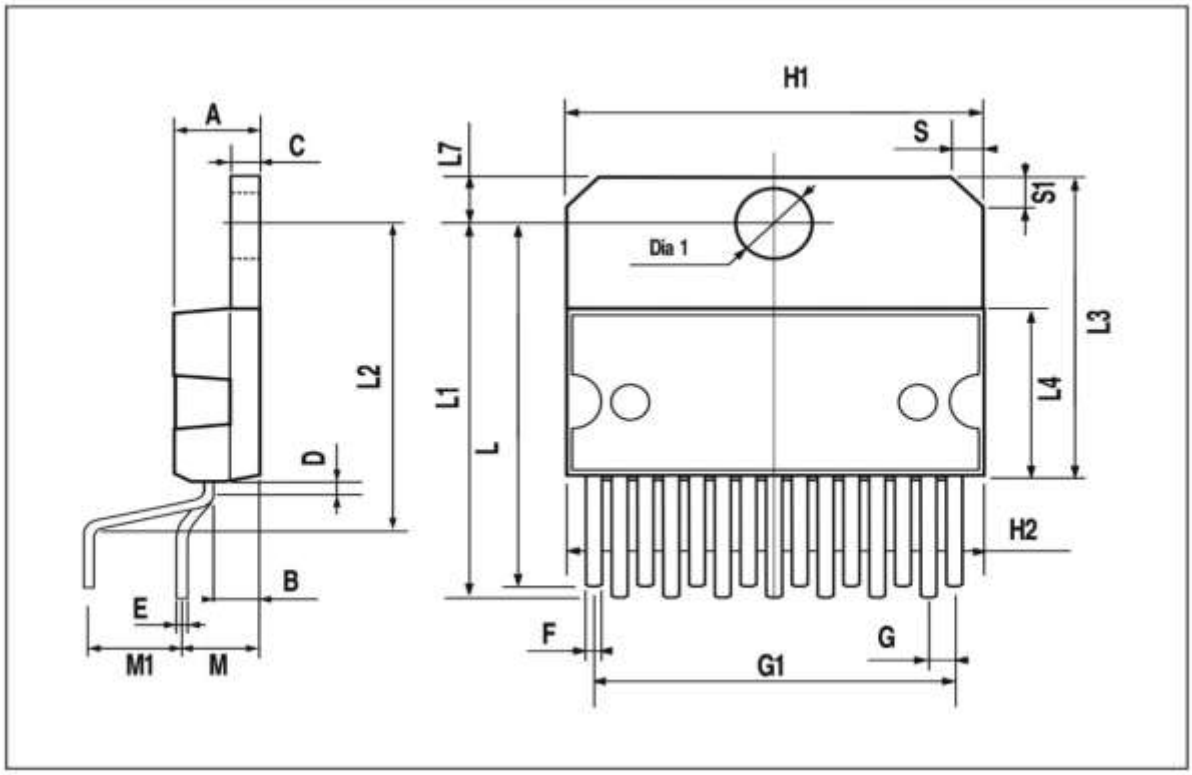


DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			5			0.197
B			2.65			0.104
C			1.6			0.063
D		1			0.039	
E	0.49		0.55	0.019		0.022
F	0.66		0.75	0.026		0.030
G	1.02	1.27	1.52	0.040	0.050	0.060
G1	17.53	17.78	18.03	0.690	0.700	0.710
H1	19.6			0.772		
H2			20.2			0.795
L	21.9	22.2	22.5	0.862	0.874	0.886
L1	21.7	22.1	22.5	0.854	0.870	0.886
L2	17.65		18.1	0.695		0.713
L3	17.25	17.5	17.75	0.679	0.689	0.699
L4	10.3	10.7	10.9	0.406	0.421	0.429
L7	2.65		2.9	0.104		0.114
M	4.25	4.55	4.85	0.167	0.179	0.191
M1	4.63	5.08	5.53	0.182	0.200	0.218
S	1.9		2.6	0.075		0.102
S1	1.9		2.6	0.075		0.102
Dia1	3.65		3.85	0.144		0.152

OUTLINE AND MECHANICAL DATA



Multiwatt15 V



منابع:

http://www.eca.ir

http://www.ssuubbwwooffeerr.rozblog.com

http://amplifier.blogfa.com/

http://www.irancaraudio.com

http://www.shock۳۰stem.ir