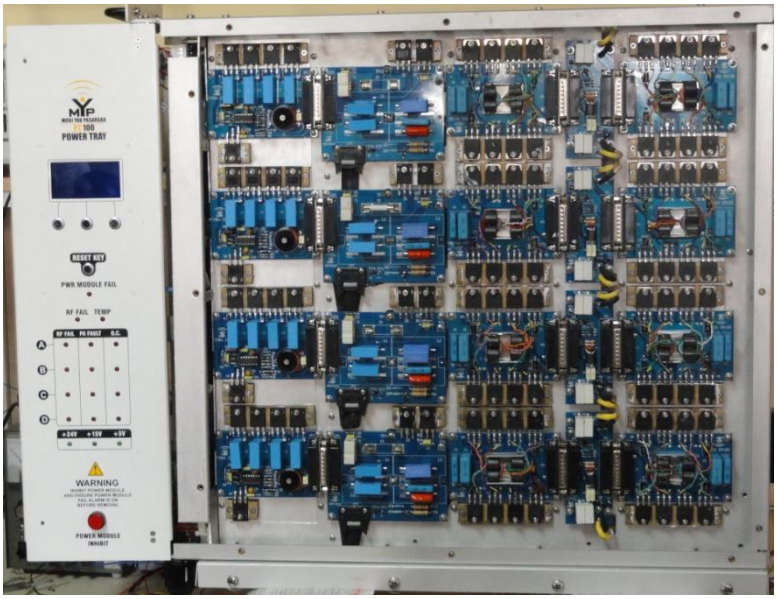
طراحی و ساخت سینی قدرت

(P.U.)

در شرکت موج یاب پاسارگاد



مزایای سینی های قدرت:

براساس درخواست ادارهٔ کل فرستنده های رادیویی، طراحی و ساخت سینی های قدرت در همآهنگی با فرستنده های نوتل ساخت کشور کانادا، در دستور کار این شرکت قرار گرفت.

لذا قبل از اینکه در این نوشتار به تشریح مدارات سینی پرداخته شود به مزیت های آن اشاره می شود:

۱ -هر سینی از ۴ ماژول تشکیل یافته که امکان قدرت دهی تا ۶۲۵۰ وات را دارد.

۲ -طراحی به گونه ایست که عیب یابی و تعمیرات به آسانی امکان پذیر می باشد.

۳ -دسترسی به بردهای سینی و کنترل و اندازه گیری سیگنالهای ورودی و خروجی به آسانی میسر است. به همین دلیل بردهای **RF Drive** و کنترل در یک باکس در جلوی سینی قرار گرفته است.

۴ -سینی بصورت تمام باند طراحی گردیده است که بدون تعویض قطعه ای از فرکانس **525KH** تا **1620KH** قابل استفاده می باشد.

۵ -در این طراحی جهت حفاظت مدارات قدرت، سیستم کنترل آن بسیار دقیق و پیشرفته می باشد. این کنترل ها عبارتند از:

ولتاژ

جریان

دما

افزایش، کاهش و یا قطع سیگنال RF

۶ -برروی پانل جلوی سینی، خطاها با LED نمایش داده شده است و همچنین یک LCD قرار گرفته که مقادیر ولتاژ و جریان هر ماژول و دمای داخلی سینی را نشان می دهد.

۷ -این سینی دارای حافظه ای می باشد که تمامی خطاها را با قید تاریخ و زمان وقوع برای مدت یک سال ذخیره می کند. حتی با قطع برق اطلاعات ذخیره شده در حافظه باقی می ماند.

۸ -سینی بر مبنای سریال سازی و کنترل از راه دور طراحی گردیده است.

۹ -سینی بصورت کشویی بوده که در زیر آن از بلبرینگ استفاده شده و بسیار روان بوده و در حین کار فرستنده، را می توان آن را از راک فرستنده خارج و یا داخل نمود.

سینی قدرت

Power Unit

سینی قدرت در فرستنده های رادیویی یک بخش کوچک تری از قدرت فرستنده می باشد که مجموعه ای از آن ها قدرت بالاتری را در ساخت فرستنده فراهم می سازد.

دراینجا قبل از اینکه به معرفی و تشریح مدارات سینی قدرت بپردازیم به منظور آشنایی بیشتر، اشاره ای کوتاه به روش عمل مدولاسیون می شود تا هدف از ساخت و بکارگیری سینی های قدرت بیان گردد.

۱ -اصول عملکرد فرستنده های رادیویی

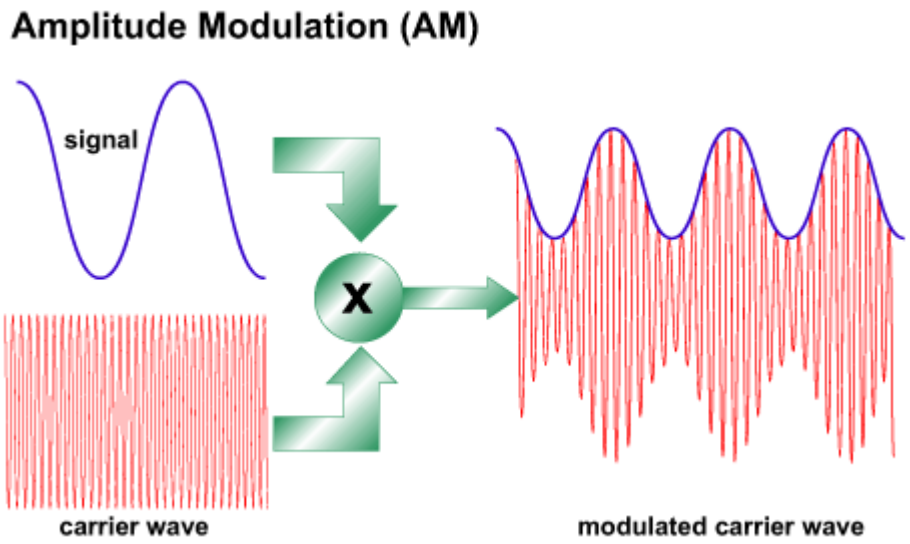
در هر سیستم ارتباط رادیویی ، هدف آن است که پیام از نقطه ای به نقطه ی دیگر منتقل شود، این ارتباط یا یک طرفه است مانند رادیو و تلویزیون یا دو طرفه است مانند تلفن ، بی سیم ، آیفون و ... برای ارسال کردن موج پیام از مبدأ به مقصد ، به انجام عمل مدولاسیون نیاز است که در این عمل موج پیام بر موج دیگری به نام حامل یا کریر و یا سیگنال RF سوار می شود و با آن تا مقصد منتقل می شود و در آنجا موج پیام از موج حامل پیاده می شود تا قابل استفاده باشد. این پیاده شدن موج پیام از موج حامل را نیز دمدولاسیون می نامند. مدولاسیون می تواند از انواع دامنه، فرکانس یا فاز باشد که انواع دامنه و فرکانس آن در حوزۀ آنالوگ متداول تر است. در حوزۀ دیجیتال نیز از انواع متعددی مدولاسیون استفاده می شود تمرکز اصلی نوشتار حاضر بر مدولاسیون دامنه و فرستنده هایی است که از این روش مدولاسیون استفاده می کنند .

فرستنده ها چه عملی انجام می دهند؟ و اصولاً مدولاسیون به چه مفهومی است ؟

در اینجا به اختصار به نحوۀ عمل مدولاسیون دامنه اشاره می شود که معمولاً در فرستنده های موج متوسط و موج کوتاه انجام می گیرد. در عملکرده فرستنده ها، پخش مدولاسیون بسیار مهم است هر چه مدولاسیون بیشتر باشد (حداکثر تا ۱۰۰٪) پوشش صدا بیشتر می شود و در نتیجه راندمان بالاتر می رود.

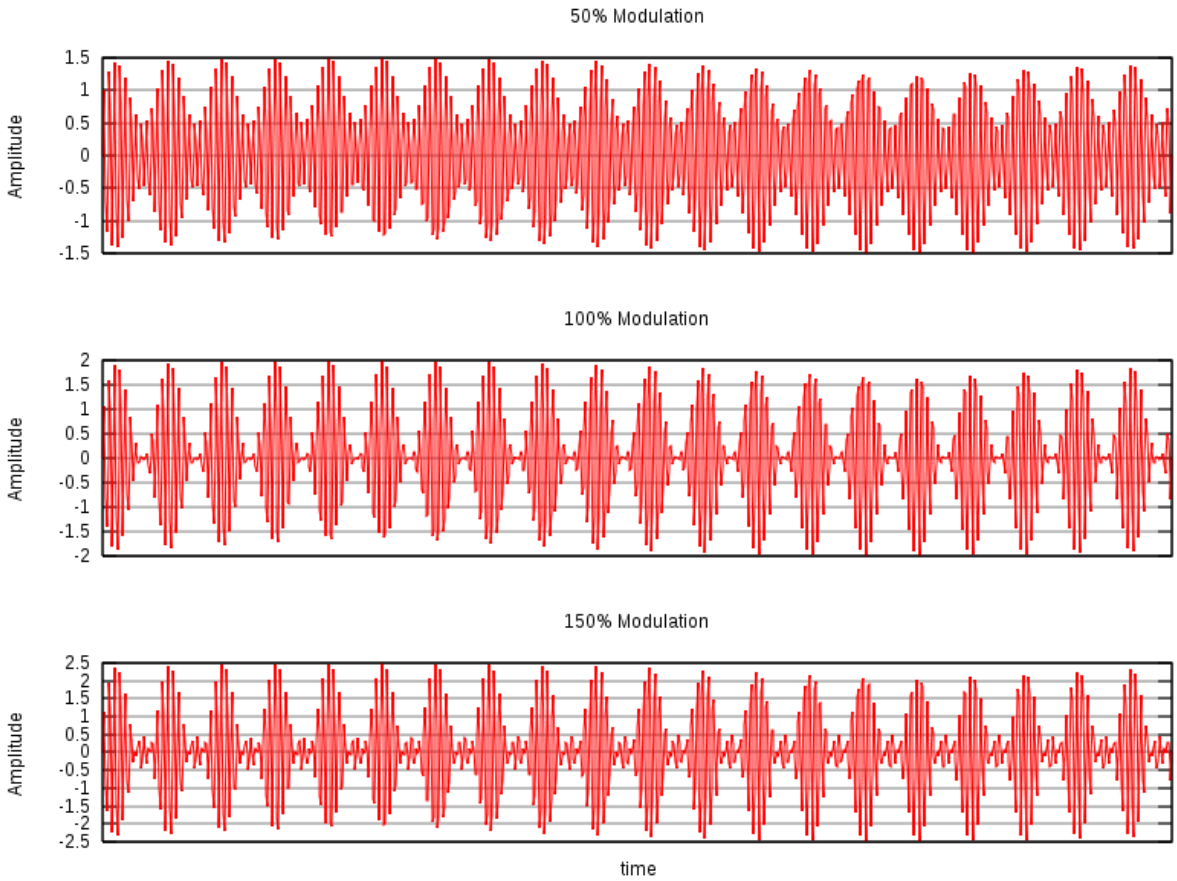
۱-۱- مدولاسیون دامنه Amplitude Modulation :

مدولاسیون دامنه نوعی از مدولاسیون است که در آن، دامنهٔ موج حامل و یا دامنهٔ سیگنال RF بر حسب دامنهٔ موج پیام و یا دامنهٔ سیگنال صدا تغییر می کند به عبارت دیگر ، مدولاسیون دامنه زمانی رخ می دهد که صوت مدوله کننده با موج حامل به نحوی ترکیب شود که توان موج حاصل از این ترکیب بر اساس دامنهٔ صوت مدوله کننده تغییر کند. شکل زیر روش ترکیب این دو موج (کاریر و سیگنال صدا) را نشان می دهد:



شکل (۱) روش مدولاسیون

در شکل زیر موج مدوله شده را برای سه حالت ۵۰٪ ، ۱۰۰٪ و ۱۵۰٪ مدلاسیون نشان می دهد.



شکل (۲) مدولاسیون AM

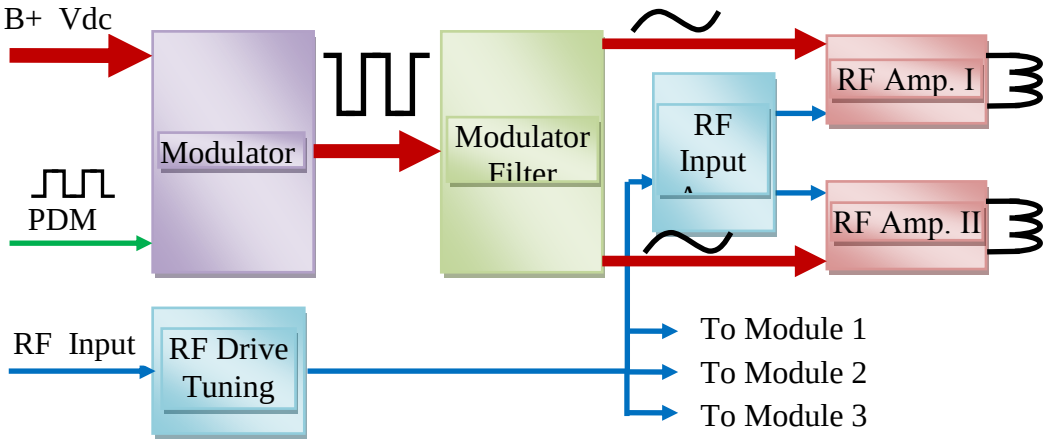
اصل اساسی در انتقال امواج رادیویی، تبدیل فرکانس های صوتی به فرکانس های رادیویی قابل تشعشع به عنوان امواج الکترومغناطیسی است این امواج را می توان در مقصد گرفت و فرکانس های صوتی اصلی را بازیابی نمود.

اصول عملکرد سینی قدرت (Power Unit)

۲- سینی قدرت (Power Unit)

در حقیقت این سینی بخش کوچک تری از قدرت فرستنده است که از ۴ ماژول با قدرت کمتری تشکیل گردیده و مجموعه ای از سینی ها هستند که قدرت کامل فرستنده را تشکیل می دهند در فرستنده های نوتل، سینی قدرت RF شامل چهار واحد تقویت کننده (ماژول) ۱۵۶۲,۵ واتی می باشد که بصورت تمام باند (1620KHz–525KHz)جهت پخش AM قابل استفاده می باشد.

شکل زیر بلوک دیاگرام یک واحد تقویت کننده (ماژول) را نشان می دهد:



شکل (۳) بلوک دیاگرام یک واحد تقویت کننده

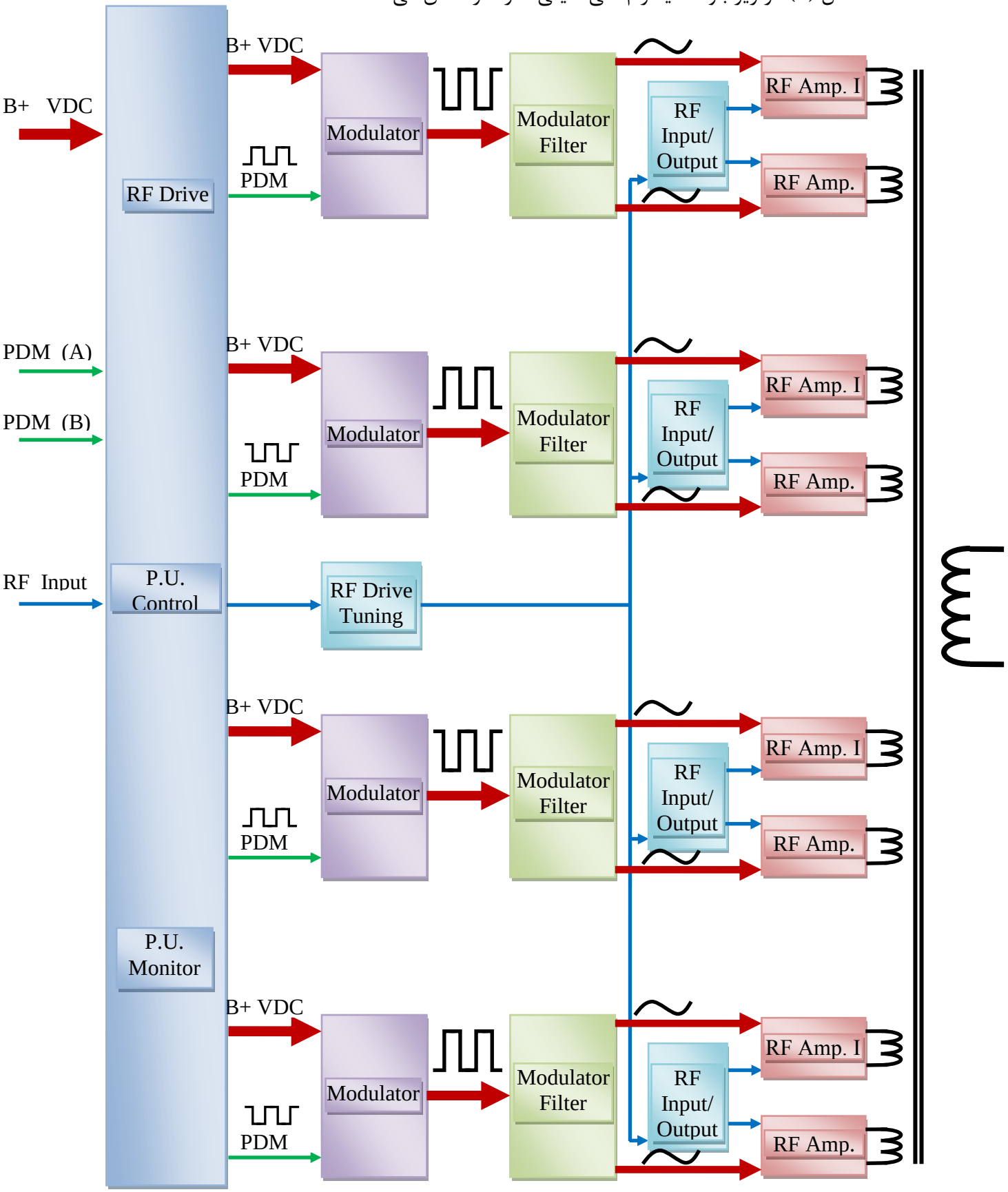
همان گونه که در شکل فوق ملاحظه می گردد، ولتاژ منبع ولتاژ +B (حدوداً ۳۱۰ تا ۳۲۰ ولت DC) به برد مدولاتور وارد می شود. ازسوی دیگر پالس PDM با فرکانس 75KHz و با دامنهٔ 0-15V از طریق برد کنترل سینی وارد برد مدولاتور می گردد. در نتیجه در خروجی این برد، پالسی با دامنهٔ 0-B+Vdc تولید می شود که عرض آن با دامنهٔ صدا تغییر می کند.

سیگنال پالس مدوله شده (ترکیب صدا و پالس PDM)، به برد Modulator Filter وارد می شود که پالس PDM در این مدار حذف و سیگنال صدا با دامنهٔ 0-B+Vdc باقی می ماند که جهت عمل مدولاسیون به بردهای تقویت کنندهٔ RF Amp. I وRF Amp. I I اعمال می گردد.

از سوی دیگر سیگنال RF با دامنهٔ 0-60V از طریق تنظیم کنندهٔ RF Drive Tuning به برد RF Input اعمال می شود و سپس این سیگنال به دو بخش تقسیم و به دو برد تقویت کنندهٔ RF Amp. I وRF Amp. I I اعمال می گردد. بنابراین با اعمال سیگنال های صدا و RF، عمل مدولاسیون مطابق آنچه که در بخش اول این نوشتار آورده شده است، در دو طبقهٔ RF Amp. I و

RF Amp. I I صورت می گیرد. این دو تقویت کننده بصورت موازی می باشند که قدرت خروجی آن ها توسط ترانس های کوپلاژ باهم جمع می شوند.

شکل (۴) در زیر بلوک دیاگرام کلی سینی قدرت را نشان می دهد:



شکل (۴) بلوک دیاگرام سینی قدرت (Power Unit)

همان گونه که در شکل (۴) ملاحظه می گردد هر سینی قدرت شامل سه بخش اساسی زیر می باشد:

۲-۱- بخش کنترل و درایو RF سینی قدرت (P.U. Control & RF) شامل مدارات: تقویت کنندهٔ سیگنال RF (RF Drive Amplifier)، کنترل سینی قدرت (P.U. Control) و مونیتور سینی قدرت (P.U. Monitor)

۲-۲- تنظیم کنندهٔ RF (RF Drive Tuning)

۲-۳- چهار واحد ماژول قدرت شامل مدارات زیر می باشد:

Modulator

Modulator Filter

RF Input/Output

RF Amp. I و RF Amp. I I

۲-۱- بخش کنترل و درایو RF سینی قدرت (P.U. Control & RF)

مدارات این بخش در پانل جلوی سینی قرار دارد که وظایف زیر را بعهده دارد:

- ✓ تقویت سیگنال **RF** ، که دامنهٔ سیگنال را از 24 V به 60 V می رساند.
- ✓ کنترل سطح سیگنال **RF**
- ✓ کنترل جریان و ولتاژ هر ۴ ماژول به صورت جداکانه
- ✓ کنترل دمای سینی
- ✓ مونیتورینگ جریان، ولتاژ، توان و مقاومت PDM (RPDM) هر ماژول جداگانه
- ✓ مونیتورینگ دمای سینی
- ✓ امکان ذخیره سازی خطاهای پیش آمده در سینی

۲-۱-۱- تقویت کنندهٔ سیگنال RF (RF Drive Amplifier)

سیگنال **RF** با دامنهٔ 24 V وارد سینی قدرت می شود و به برد **RF Drive Amplifier** می رسد. سیگنال در این برد تقویت می شود و دامنهٔ آن به (60 V – 0) می رسد

۲-۳- ماژول های قدرت:

همانطورکه قبلاً گفته شد هر واحد ماژول ۱۵۶۲,۵ وات انرژی تولید می کند که مجموع توان ۴ ماژول در خروجی سینی، ۶۲۵۰ وات قدرت RF غیر مدوله شده خواهد بود.

۲-۳-۱- مدار مدولاتور (Modulator Filter)

این مدار دامنهٔ پالس PDM را از 15 Vdc+ به (0-B+Vdc) تبدیل می کند.

۲-۳-۲- مدار فیلتر مدولاتور (Modulator)

توسط این مدار، پالس PDM با فرکانس 75KHz حذف می شود و در نتیجه سیگنال صدا با دامنهٔ (0-B+Vdc) باقی می ماند که تبدیل به دو انشعاب می شود و به دو مدار تقویت کنندهٔ **RF Amp. I** و **RF Amp. I I** ارسال می گردد.

۲-۳-۳- مدار RF وروی و خروجی (RF Input/Output)

سیگنال **RF** از طریق برد **RF Drive Amplifier** که در جلوی سینی قدرت وجود دارد بعد از تنظیم در مدار تنظیم کنندهٔ **RF Drive Tuning** به این برد وارد می شود و سپس به دو انشعاب تقسیم و به دو مدار **RF Amp. I** و **RF Amp. I I** ارسال می گردد.

۲-۳-۴- مدارات تقویت کنندهٔ RF (RF Amp. I و RF Amp. I I)

هنگامی که پالس PDM و سیگنال **RF** به دو مدار تقویت کنندهٔ **RF** وارد می شوند مانند شکل (۱) عمل مدولاسیون انجام و توسط ترانس کوپلاژ به طبقهٔ خروجی فرستنده ارسال می گردد.

۳ -تشریح مدارات

۱ -۳- مدارات کنترل و درایو RF سینی قدرت (P.U. Control & RF)

در این بخش دو مدار تقویت کنندهٔ سیگنال RF (RF Drive Amplifier) و کنترل سینی قدرت (P.U.) بررسی می شود.

۱-۱-۳- تقویت کنندهٔ راه انداز RF (RF Drive Amplifier)

این برد در داخل باکس جلوی سینی قدرت و در بالای برد کنترل P.U. قرار دارد که با باز کردن درب باکس به آسانی قابل دسترسی می باشد.

تقویت کننده RF Drive یک تقویت کننده سوئیچینگ کلاس D می باشد . این تقویت کننده، کریر سطح پائین اعمال شده به J4-1 وJ4-2 را بافر و تقویت می کند .

نتیجه شکل موج مربعی 0 تا 60V در فرکانس کریر به خازن های C8، C9، C10 و C16 (فیلتر تنظیم RF Drive) اعمال می شود . انتخاب خازن ها توسط ظرفیت ورودی ماسفت ها در تقویت کننده های RF مشخص می شود . تغییر اساسی در انتخاب خازن ها لازم نمیباشد مگر اینکه ظرفیت قطعات تعویض شده به طور عمده از قطعات اصلی اختلاف داشته باشد.

مدار این برد وظایف ذیل را به عهده دارد:

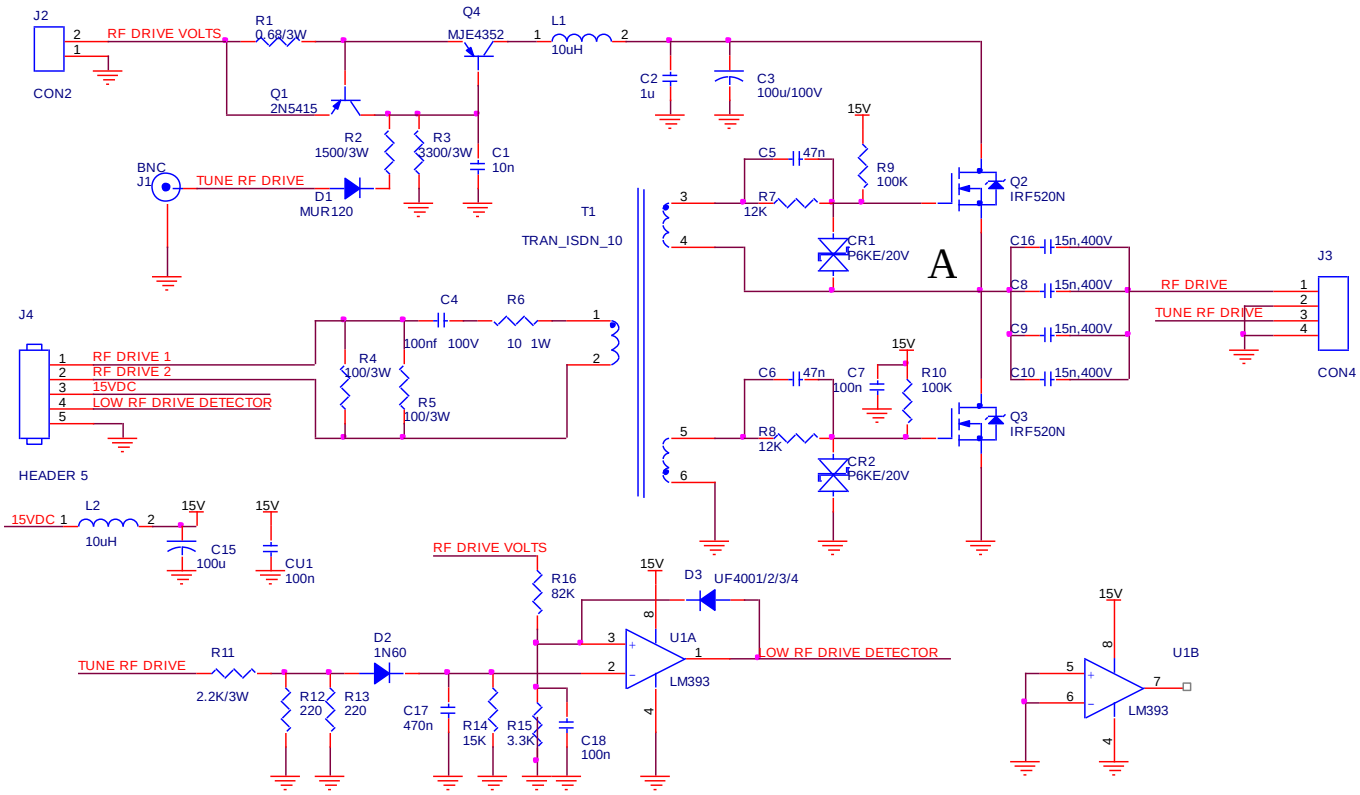
- تقویت دامنهٔ RF

- قابلیت تنظیم مدار خروجی برد برای باند فرکانسی AM
- کنترل دامنهٔ RF : به گونه ای که اگر سیگنال RF کاهش و یا قطع شود ، فرمان قطع پالس PDM را به مدار کنترل P.U. ارسال می کند.

شکل (۵) مدار تقویت کنندهٔ راه انداز RF را نشان می دهد

ولتاژ PA Volts از طریق پین 2 کانکتور J2 وارد برد می شود.

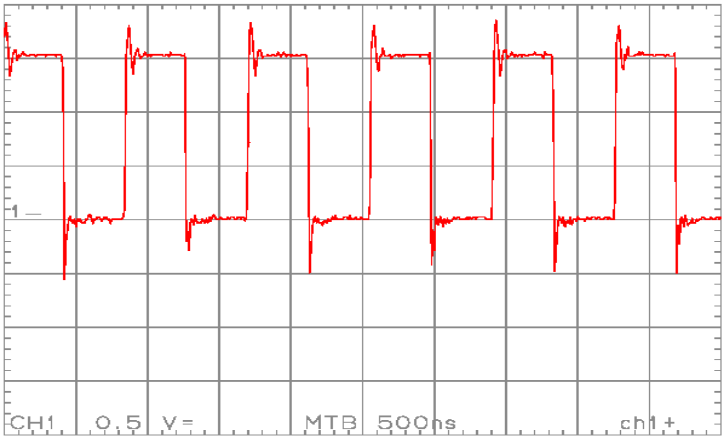
این ولتاژ پس از عبور از مدار فیلتر DC پائین گذر L1، C2 و C3 به دراین (Drain) ماسفت Q2 اعمال می شود.



شکل (۵) مدار تقویت کنندهٔ راه انداز RF

از سوی دیگر سیگنال RF از برد پیش تقویت کنندهٔ RF (RF Preamplifier) با دامنهٔ 0- 24V مانند شکل (۶) از طریق پین های 1 و 2 کانکتور J4 وارد برد تقویت کنندهٔ RF می شود.

دو مقاومت موازی R4 و R5 بعنوان مقاومت های بار استفاده می شوند وخازن کوپلاژ C5 سد کنندهٔ ولتاژ DC می باشد و مقاومت 2 وات R6 بعنوان محدود کنندهٔ جریان بکار می رود.



شکل (۶) سیگنال RF ورودی مدار تقویت کنندهٔ راه انداز RF

ترانس گیت T1 دارای یک سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه با ۱۸۰ درجه اختلاف فاز می باشند. که نسبت دور آن ها ۱:۱ می باشد.

بنابراین در ثانویهٔ ترانس گیت T1 دو سیگنال RF با ۱۸۰ درجه اختلاف فاز از طریق دو مدار مشتق گیر $R7 \| C5$ و $R8 \| C6$ به گیت ماسفت های Q2 و Q3 اعمال میشود.

بین گیت و سورس ماسفت ها، دیودهای کروبارهای CR1 و CR2 (BTS= Bidirectional Transient Suppressor) قرار گرفته تا ماسفت ها را در برابر افزایش دامنهٔ RF به بیش از 40Vp-p حفاظت نماید.

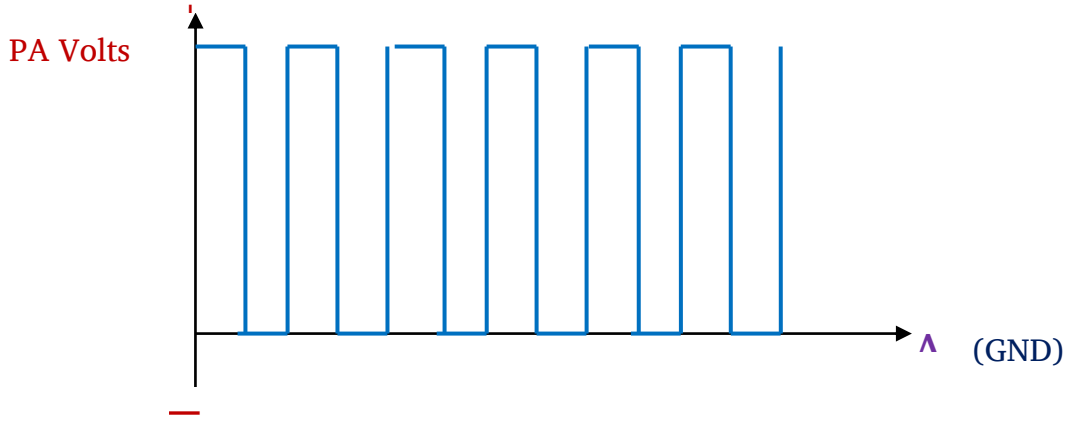
به منظور حفاظت ماسفت های Q2 و Q3 از طریق مقاومت های R9 و R10 تغذیهٔ +15V-B به گیت آن ها اعمال می شود تا در صورت قطع RF و با وجود ولتاژ PA Volts آسیبی به آن ها نرسد. زیرا در صورت خاموش (OFF) بودن ماسفت و عدم تشکیل کانال بین سورس و دراین، تحمیل ولتاژ بالا به دراین آن موجب رانش ناگهانی حامل های منفی از دراین و در نهایت شکست و از صدمه دیدن ماسفت می گردد. اما ولتاژ +15V-B که سطح لازم برای روشن نمودن ماسفت را داراست، از بروز این آسیب جلوگیری خواهد کرد.

به دلیل اختلاف فاز ۱۸۰ درجه ای که در دو سیم پیچ ثانویهٔ ترانس گیت T1 نسبت بهم دارند، در نیمه تناوبی که گیت Q2 دارای دامنهٔ مثبت سیگنال RF می باشد هدایت می کند و در حالی که در این لحظه، به گیت Q3 دامنهٔ منفی سیگنال RF می رسد این ماسفت خاموش (OFF) می باشد.

در حالت هدایت Q2 ولتاژ PA Volts از طریق دراین این ماسفت به سورس آن می رسد. بنابراین آنچه که در یک دورهٔ تناوب کامل در نقطهٔ A (خروجی RF) وجود دارد شکل موج پالسی است که دامنهٔ آن 0 تا ولتاژ PA Volts است.

حال زمانی که ماسفت Q2 هدایت می کند نقطهٔ A زمین می شود بنابراین با ON و OFF شدن ماسفت های Q2 و Q3 پالسی در نقطهٔ A خواهیم داشت که دامنهٔ آن بین 0 تا ولتاژ PA Volts با Dutycycle، 50 به 50 می باشد.

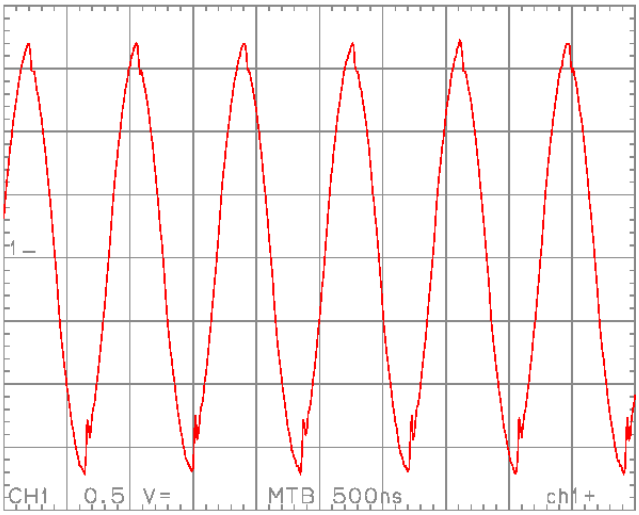
شکل (۷) سیگنال نقطهٔ A را نشان می دهد.



شکل (۷) سیگنال RF خروجی ماسفت ها در قبل از خازن های کوپلاژ

سیگنال نقطهٔ A بعد از عبور از خازن های C12 و C13 و همچنین کوئیل L3 در نقطهٔ B مانند شکل موج (۸) خواهد بود.

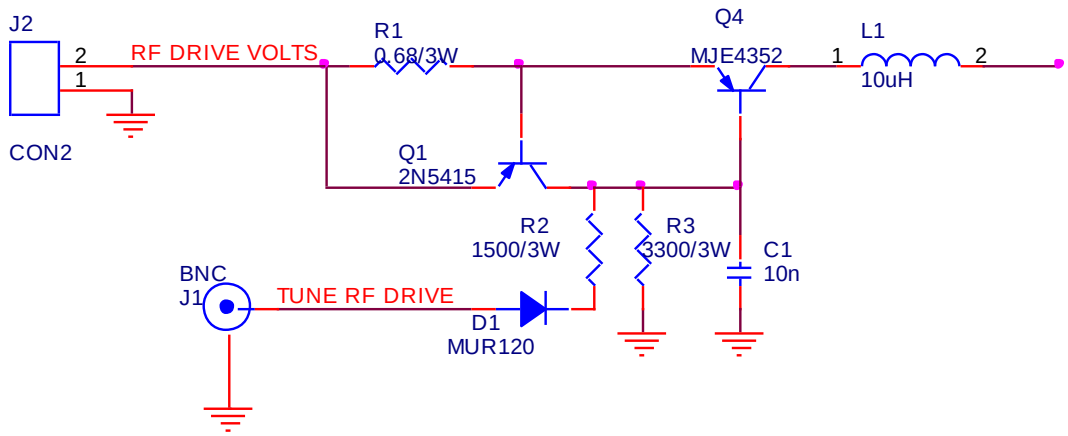
ظرفیت المان های C8، C9، C10 و C16 با فرکانس تغییر می کنند و نهایتا" با کوئیل L4 (که در خارج از این برد است)دامنهٔ سیگنال RF تنظیم می شود.



شکل (۸) سیگنال خروجی تقویت کنندهٔ راه انداز RF

۲-۱-۳- محدود کننده جریان RF Drive B+

شکل(۹) محدود کننده جریان RF Drive B+ بطور موثر یک مقاومت متغیر کنترل شده با ولتاژ در مسیر ولتاژ B+ تقویت کننده RF می باشد . ولتاژ تولید شده در مقاومت R3 اعمال شده به بِیس ترانزیستور قدرت حاصل مجموع جریان فراهم شده بوسیله Q1 (جریان RF Drive) و میانگین آشکار سازهای D1 , R2 و C1 ولتاژ RF Drive میباشد.



شکل(۹) مدار محدود کننده جریان RF Drive B+

روشن شدن Q1 وابسته است به ولتاژ بایاس تولید شده توسط مقاومت R1 , هرگاه جریان RF Drive کمتر از 1 آمپر و ولتاژ تولید شده در مقاومت R1 کمتر از 0.7V باشد ترانزیستور Q1 خاموش خواهد شد و اثری نخواهد داشت. ولی هرگاه جریان RF Drive متجاوز از 1 آمپر شود ، ولتاژ در مقاومت R1 باعث بایاس مستقیم Q1 شده و این ترانزیستور به مقاومت R3 متصل خواهد شد. عمل کردن آشکار کننده های D1 , R2 و C1 بطور مستقیم با دامنه ولتاژ RF Drive اعمال شده به ترمینال A بعنوان RF Drive تنظیم شده متناسب است .

۳-۱-۳- محدود سازی بدون جریان :

هرگاه دامنه ولتاژ RF Drive کمتر از 100V pp بوده و جریان RF Drive کمتر از 1 آمپر باشد , ولتاژ تولید شده در طول مقاومت R3 (اعمال شده به بیس ترانزیستور مرجع) در نهایت 0.7V از ولتاژ RF Drive اعمال شده به امیتر ترانزیستور مرجع کمتر خواهد بود . (60Vdc نامی)

ترانزیستور مرجع Q4 بطور کامل روشن شده است (اشباع شده) و آن در حداقل آمپدانس خواهد بود و محدود سازی بدون جریان واقع خواهد شد.

۳-۱-۴- جریان اضافی RF Drive

هرگاه جریان RF Drive بیش از یک آمپر شود ولتاژ تولید شده روی مقاومت R1 ترانزیستور Q1 را در بایاس مستقیم قرار خواهد داد و ولتاژ RF Drive را توسط R3 اتصال خواهد داد. هرگاه اختلاف بین این ولتاژ (ولتاژ اعمال شده به بیس ترانزیستور مرجع) و ولتاژ RF Drive (اعمال شده به امیتر ترانزیستور مرجع) کمتر از 0.7V باشد ترانزیستور مرجع از حالت اشباع خارج خواهد شد و در ناحیه فعال کار خواهد کرد، در این حالت امپدانس ترانزیستور مرجع Q4 افزایش خواهد یافت بطوریکه تفاضل ولتاژ کاهش پیدا کند و جریان RF Drive برای یک مقدار ماکزیمم 1 آمپری محدود شود .

۳-۱-۵- ولتاژ بیش از حد RF Drive

بطوریکه دامنه ولتاژ RF Drive بیش از $100V_{P-P}$ باشد ولتاژ تولید شده روی مقاومت R3 افزایش خواهد یافت . هرگاه تفاضل این ولتاژ (ولتاژ اعمال شده به بیس ترانزیستور Q4) و ولتاژ RF Drive (اعمال شده به امیتر ترانزیستور Q4) کمتر از 0.7V باشد این ترانزیستور از حالت اشباع خارج شده و در ناحیه فعال کار خواهد کرد . در این حالت امپدانس ترانزیستور Q4 افزایش خواهد یافت بطوریکه تفاضل ولتاژ کاهش پیدا کند و دامنه ولتاژ RF Drive برای یک ماکزیمم 100V pp محدود شود .

۳-۱-۶- مدار کنترل سطح RF

شکل (۹) مدار کنترل سطح RF را نشان می دهد برای مواقعی که دامنهٔ سیگنال به کمتراز ۳۰٪ کاهش یابد که در این وضعیت خروجی آی سی U1A به حالت H می رود و فرمان قطع PDM را به سینی قدرت اعمال می کند.

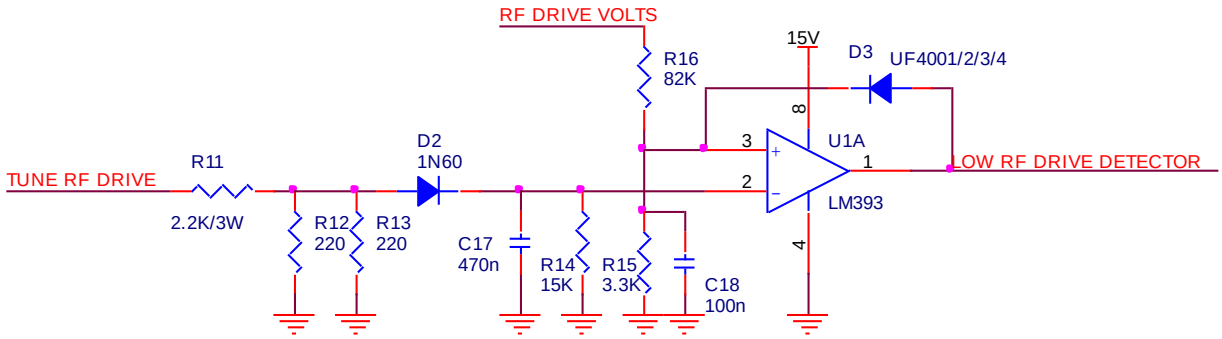
اصول عملکرد این مدار بدین صورت است که : نمونه ای از سیگنال RF تنظیم شده از خروجی کوئیل L3 به مقاومت R11 اعمال می شود.

دامنهٔ سیگنال ورودی RF توسط ۳ مقاومت تقسیم ولتاژی R11، R12 و R13 افت پیدا می کند و سپس توسط دیود D2 یکسو و بوسیلهٔ C17 فیلتر و مقاومت بار R14 ولتاژ پایهٔ 2 ورودی آی سی U1A مشخص می شود.

از سوی دیگر نمونه ای از ولتاژ RF DRIVER به مقاومت R16 وارد می شود که این ولتاژ توسط ۲ مقاومت تقسیم ولتاژی R15 و R16 افت پیدا می کند و به پایهٔ 3 ورودی آی سی U1A اعمال می شود.

در حالت نرمال پایهٔ 1 خروجی آی سی U1A وضعیت L را دارد. مفهوم آن این است که دامنهٔ سیگنال RF بیش از $20V_{P-P}$ می باشد و مشکلی وجود ندارد و چنانچه این دامنه کمتراز حد

نرمال باشد و یا سیگنال RF قطع شود، پایهٔ 1 خروجی آی سی U1A وضعیت H را پیدا می کند که در نتیجه این وضعیت به مدار کنترل سینی ارسال می شود تا در آنجا فرمان قطع پالس PDM را اعمال نماید.



شکل(۹) مدار کنترل RF

۲-۳- مدار کنترل سینی قدرت

مدار کنترل در حقیقت دو نقش اساسی را بعهده دارد که عبارتنداز:

۱ -نقش کنترلی

۲ -نقش نمایشگری

نقش کنترلی این مدار بدین مفهوم است که اگر در بردهای ماژول خطایی ناشی از افزایش دما، جریان، ولتاژ و یا قطع و یا کاهش دامنهٔ سیگنال RF پیش آید موجب قطع پالس ورودی PDM ماژول مربوطه می شود ودر نتیجه این ماژول فاقد قدرت خروجی می شود که در این بخش توضیح داده خواهد شد.

نقش نمایشگری این مدار بدین معنی است که خطاهای پیش آمده توسط LED نمایش داده می شود و در این سینی (Power Unit) مقادیر دما، جریان، ولتاژ همراه با دیگر گزینه ها بر روی صفحهٔ LCD مستقر بر روی درب جلوی سینی نمایش داده می شود که در این مورد نیز در همین بخش توضیح داده می شود.

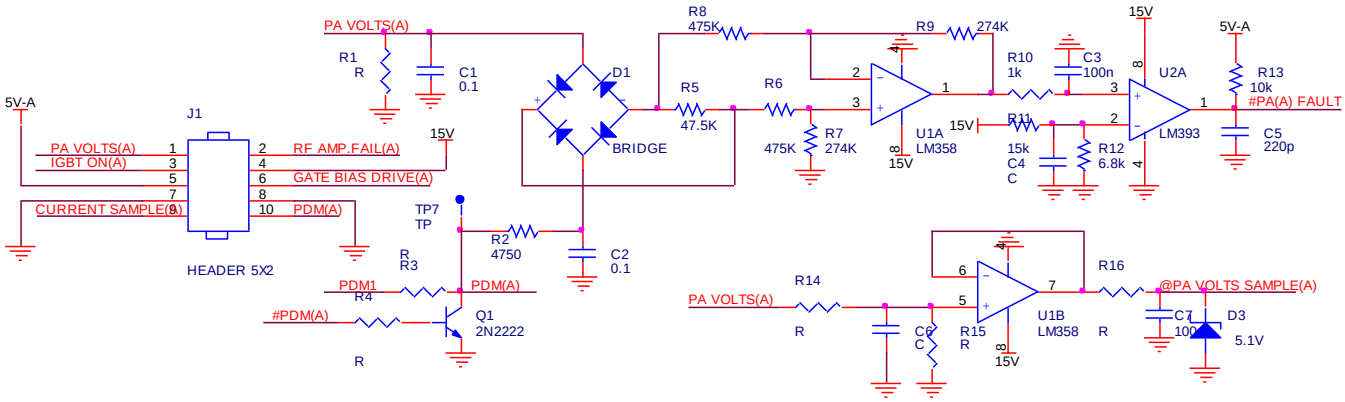
۱-۲-۳- نقش کنترلی

در هر سینی قدرت ۴ ماژول وجود دارد که در برابر افزایش دما و جریان و همچنین کاهش ولتاژ ونیز قطع و یا کاهش دامنهٔ سیگنال RF محافظت می شوند.

۱-۱-۲-۳- کنترل ولتاژ PA VOLTS

جهت کنترل ولتاژ PA VOLTS که از یک حدی (۴۰ ولت) کاهش پیدا نکند از مدار شکل (۱۰) استفاده می شود.

توضیح اینکه: مدار شکل (۱۰) و دیگر مدارات کنترل مانند جریان، دما و کنترل سطح RF که در ادامهٔ این بخش می آید، جهت هر چهار ماژول طراحی گردیده است که در اینجا به توضیح یکی از این مدارات پرداخته می شود. زیرا عملکرد هر چهار مدار یکسان است.



شکل(۱۰) مدار کنترل ولتاژ PA VOLTS

در شکل فوق، نمونه ای از ولتاژ تضیف شدهٔ خروجی فیلتر PDM (حدوداً 4.5% ولتاژ PA VOLTS) به پایهٔ 1 کانکتور J1 اعمال می گردد. این ولتاژ توسط R1 و C1 میانگین (Average) گرفته می شود و به دیود بریج D1 می رسد.

از سوی دیگر پالس PDM(A) از طریق پایهٔ 10 کانکتور J1 به کلکتور ترانزیستور Q1 اعمال و سپس توسط R2 و C2 میانگین (Average) گرفته می شود و به دیود بریج D1 می رسد.

در شرایط عادی که ولتاژ PA VOLTS مناسب باشد افت ولتاژ ناشی از اختلاف ولتاژ PA VOLTS و PDM(A) برروی مقاومت R5 کمتراز 2V می باشد که در نتیجه پایهٔ 1 خروجی آی سی U1A کمتراز 1.2V می شود که در این حالت پایهٔ 1 خروجی آی سی U2A وضعیت 0 را پیدا می کند زیرا ولتاژ پایهٔ 2 آی سی U2A، بیشتراز ولتاژ پایهٔ 3 آی سی می باشد.

حال چنانچه ولتاژ PA VOLTS بدلایلی به کمتراز 40V برسد، افت ولتاژ ناشی از اختلاف ولتاژ PA VOLTS و PDM(A) برروی مقاومت R5 بیشتراز 2V می شود که در نتیجه پایهٔ 1 خروجی آی سی U1A بیش از 1.2V می شود که در این حالت پایهٔ 1 خروجی آی سی U2A وضعیت 1(15V) را پیدا می کند زیرا ولتاژ پایهٔ 2 آی سی U2A،کمتراز ولتاژ پایهٔ 3 آی سی می شود.

پس در حالت خطا خروجی آی سی U2A وضعیت 1 را دارا می باشد که این خطا تحت عنوان PA (A) FAULT # به پایهٔ 10 آی سی U31 (EPM7128S) ارسال می شود تا فرمان قطع ماژول را اعمال کند.

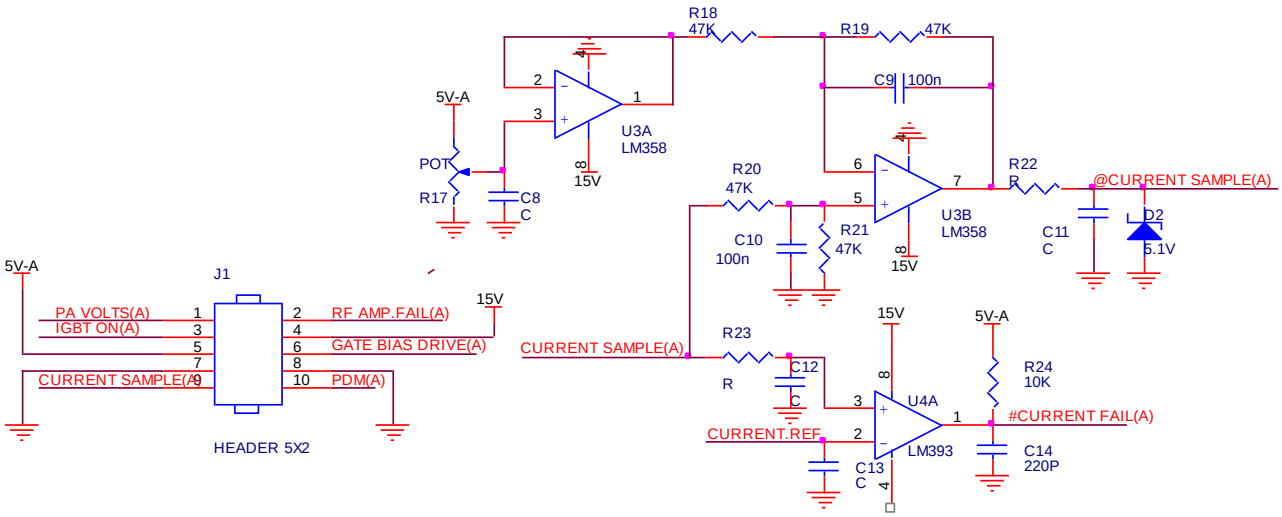
این فرمان قطع تحت عنوان PDM(A) # با شرایط 1 به بیس ترانزیستور Q1 اعمال می شود و ترانزیستور را ON می کند ودر نتیجه پالس PDM زمین می شود و ماژول OFF می شود.

از سوی دیگر نمونه ای از ولتاژ PA VOLTS(A) از طریق مقاومت R14 به پایهٔ 5 آی سی U1B اعمال می شود . این آی سی بافر می باشد که خروجی آن تحت عنوان PA VOLTS @ SAMPLE (A) جهت نمایش برروی LCD به پایهٔ 7 آی سی U33 (dspic30f4013) اعمال می گردد.

۲-۱-۲-۳- کنترل جریان

این کنترل از مهمترین و حساس ترین کنترل هاست که در یک سیستم تقویت کنندهٔ قدرت به کار می رود.

مدار شکل (۱۱) کنترل جریان در ماژول قدرت را نشان می دهد.



شکل(۱۱) مدار کنترل جریان

همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می گردد نمونهٔ جریان تحت نام CURRENT SAMPLE(A) از برد مدولاتور به پین 9 کانکتور J1 در برد کنترل اعمال می شود.

در این مدار نمونهٔ جریان به دو انشعاب تقسیم می شود.

یک انشعاب از طریق مقاومت R23 به پایهٔ 3 آی سی U4B اعمال می شود که با ولتاژ مرجع پایهٔ 2 مقایسه می شود که در صورت افزایش بیش از حد جریان و بارفتن ولتاژ پایهٔ 3 فرمان قطع ماژول اعمال گردد. در این شرایط پایهٔ 1 خروجی آی سی U4B به وضعیت 1 می رود و خطایی

تحت نام # CURRENT FAIL(A) به پایهٔ 17 آی سی U31 (EPM7128S) ارسال می شود تا فرمان قطع ماژول را اعمال کند.

انشعاب دیگر از طریق مقاومت R20 به پایهٔ 5 آی سی U3B اعمال می شود، به پایهٔ 6 آی سی U3B ولتاژ مرجع قابل تنظیم توسط پتانسیومتر R17 اعمال می شود که این ولتاژ توسط آی سی U3A بافر و از طریق مقاومت R18 به پایهٔ 6 آی سی U3B اعمال می شود.

خروجی آی سی U3B از طریق مقاومت R22 تحت نام @ URRENT SAMPLE(A) به پایهٔ 6 آی سی U33 (dspic30f4013) اعمال می گردد تا مقدار جریان ماژول را برروی صفحهٔ LCD نمایش دهد.

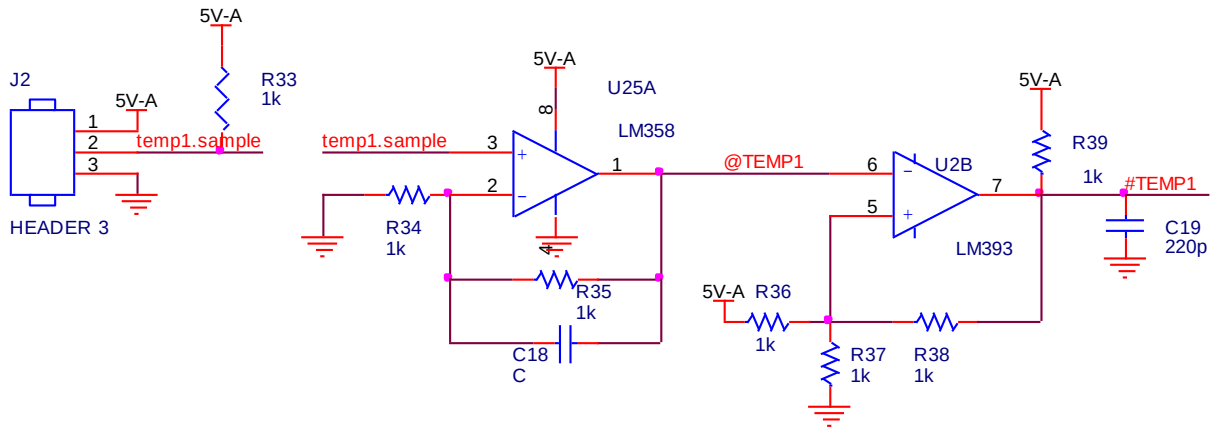
۳-۱-۲-۳- کنترل دما

شکل (۱۲) مدار کنترل دما در سینی قدرت را نشان می دهد. در هر سینی ۴ هیت سینک وجود دارد که برروی هر کدام یک سنسور دما نصب شده است که تغییرات دما را به کانکتور 3 پین J2 می رساند.

این سنسور به ازاء هر درجه دما 10mV افزایش ولتاژ دارد که به پایهٔ 3 آی سی U25A اعمال می شود.

این آی سی یک تقویت کننده با گین 1 می باشد که خروجی آن دو انشعاب می شود. یک انشعاب جهت نمایش مقدار دما بر روی LCD تحت نام @TEMP1 به پایهٔ 5 آی سی U33 (dspic30f4013) اعمال می گردد.

انشعاب دیگر پایهٔ 6 آی سی U2B اعمال می شود. این آی سی اشمیت تریگر است که در دمای 80 درجه خروجی آن به 1 تغییر وضعیت پیدا می کند و فرمان قطع سینی را اعمال می کند.

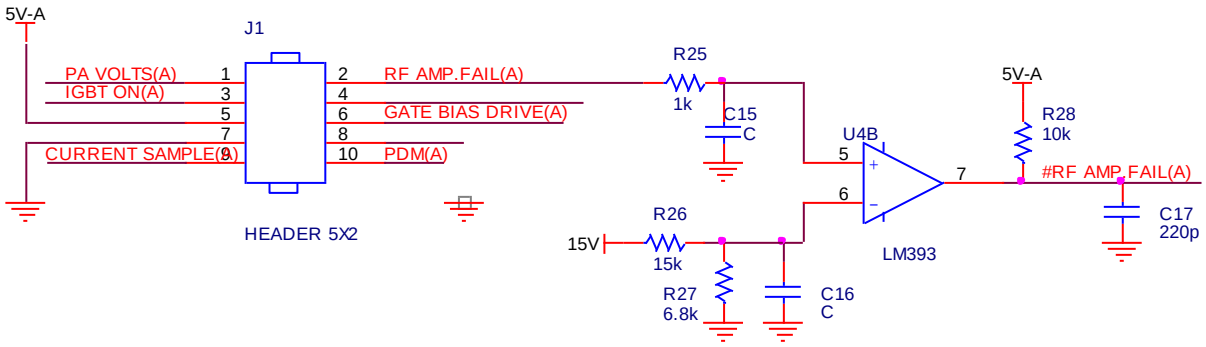


شکل(۱۲) مدار کنترل دما

۴-۱-۲-۳- کنترل سطح RF

خطای RF AMP.FAIL(A) که ناشی از کاهش دامنهٔ RF می باشد از مدار RF DRIVER به پین 2 کانکتور J1 در برد کنترل اعمال و سپس از طریق مقاومت R25 به پایهٔ 5 آی سی U4B اعمال می شود.

از سوی دیگر همانگونه که در شکل (۱۳) ملاحظه می گردد، به پایهٔ 6 آی سی U4B ولتاژ 15V از طریق تقسیم مقاومتی R26 و R27 اعمال می شود.



شکل(۱۳) مدار کنترل سطح RF

در حالت عادی پایهٔ 7 خروجی آی سی U4B وضعیت 0 را دارد ولی با آمدن خطا به پایهٔ 5 خروجی آی سی به 1 تغییر وضعیت می دهد و خطایی تحت نام #RF AMP.FAIL(A) به پایهٔ 18 آی سی U31 (EPM7128S) ارسال می شود تا فرمان قطع ماژول را اعمال کند.

۵-۱-۲-۳- خلاصهٔ عملکرد آی سی کنترلی U31 (EPM7128S)

جهت درک بیشتر به بلوک دیاگرام شکل (۱۴) توجه شود که در حقیقت خلاصه عملکرد آی سی U31را نشان می دهد.

همانگونه که در شکل ملاحظه می گردد، خطاهای اصلی شامل PA VOLTS و جریان مربوط به هر ماژول و دمای مربوط به ۴ هیت سینک و نیز خطای RF به آی سی کنترلی U31 (EPM7128S) وارد می شود که موجب عملکرد موارد ذیل می شوند:

- ✓ خطای PA VOLTS موجب قطع پالس PDM به ماژول قدرت می شود. به شکل(۱۰) مدار کنترل ولتاژ PA VOLTS توجه شود، وقتی خطایی به آی سی U31 می رسد این آی سی با خروجی منطق 1 یا 5V ترانزیستور Q1 در شکل (۱۰) را ON می کند و در نتیجه پالس PDM را از کلکتور به زمین هدایت می کند.

همچنین از آی سی U31 نیز فرمانی با منطق 1 یا 5V تحت نام IGBT ON از طریق کانکتور به مدار فیلتر PDM ارسال تا در آنجا IGBT را ON نماید.

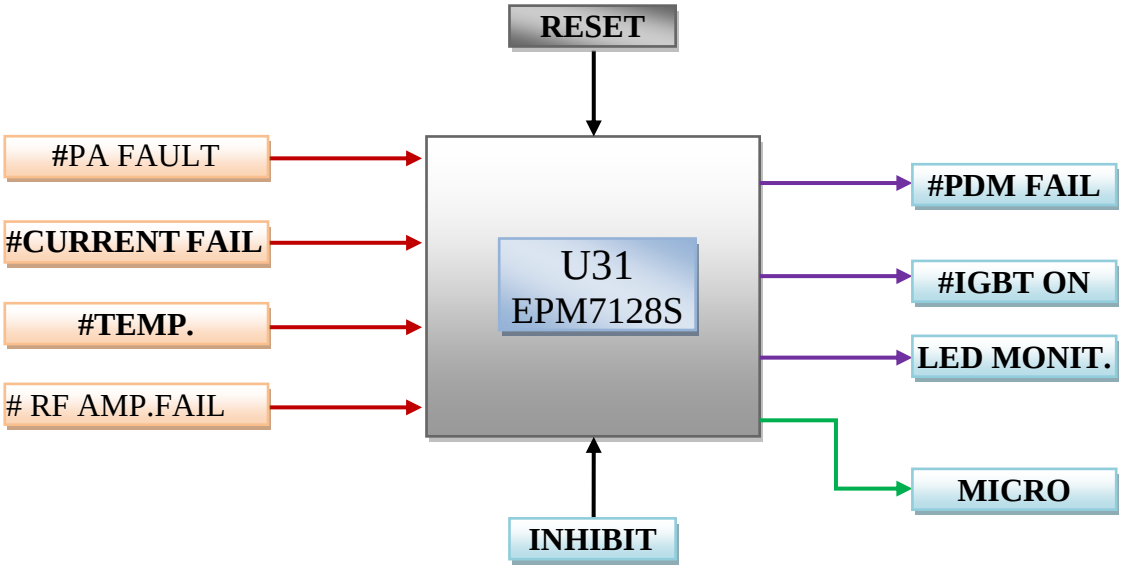
در این شرایط ماژول فاقد قدرت می باشد که مدار پس از رفع عیب باید RESET شود.

- ✓ خطای جریان(A)CURRENT FAIL # ، موجب قطع پالس PDM به ماژول قدرت می شود. به شکل(۱۱) مدار کنترل جریان توجه شود، وقتی خطایی به آی سی U31 می رسد این آی سی با خروجی منطق 1 یا 5V تحت نام PDM# ترانزیستور Q1 در شکل (۱۰) را ON می کند و در نتیجه پالس PDM را از کلکتور به زمین هدایت می کند لیکن بعداز ۳ ثانیه خطا RESET می شود و مجدداً ماژول در مدار قرار می گیرد. حال چنانچه عیب بر طرف نشده باشد، همین مورد تکرار می شود ودر صورت ۱۶ با تکرار، ماژول کاملاً OFF می شود و IGBT نیز ON می گردد که نیاز به رفع عیب می باشد و سپس مدار بایستی RESET شود.
- ✓ خطای دما موجب قطع پالس PDM به ماژول قدرت می شود. به شکل(۱۲) مدار کنترل دما توجه شود، وقتی بر اثر بالارفتن دما (۸۰ درجه) خطایی به آی سی U31 می رسد این آی سی با خروجی منطق 1 یا 5V تحت نام PDM# هر۴ ترانزیستورQ1، Q2، Q3 و Q4 را در مدار کنترل ON می کند و در نتیجه پالس PDM را از کلکتور به زمین هدایت می کند و در نتیجه هر ۴ ماژول از مدار خارج می شود که نیاز به رفع عیب می باشد و سپس مدار بایستی RESET شود.

  همزمان از آی سی U31 نیز فرمانی با منطق 1 یا 5V تحت نام IGBT ON از طریق کانکتور به هر ۴ مدار فیلتر PDM ارسال تا در آنجا IGBT را ON نماید.
- ✓ خطای مربوط به سطح RF (RF AMP.FAIL) موجب قطع پالس PDM به ماژول قدرت می شود. به شکل(۱۳) مدار کنترل سطح RF توجه شود، وقتی دامنهٔ RF از حدی (40V) کمتر شود، خطایی به آی سی U31 می رسد این آی سی با خروجی منطق 1 یا 5V تحت نام PDM# به ترانزیستورQ1 ارسال می شود که در نتیجه این ترانزیستور ON و پالس PDM را از کلکتور به زمین هدایت می کند و ماژول را از مدار خارج می کند که نیاز به رفع عیب می باشد و سپس مدار بایستی RESET شود.

  همزمان از آی سی U31 نیز فرمانی با منطق 1 یا 5V تحت نام IGBT ON از طریق کانکتور به مدار فیلتر PDM ارسال تا در آنجا IGBT را ON نماید

ریست مدار می تواند هم از روی سینی صورت گیرد و هم از پانل جلوی فرستنده انجام گیرد.



شکل(۱۴) بلوک دیاگرام آی سی کنترلی U31 (EPM7128S)

جهت بیرون آوردن سینی قدرت از راک فرستنده لازم است که دکمهٔ INHIBIT را که برروی درب جلوی پانل قرار گرفته فشار داده شود که در این حالت PDM ورودی هر ۴ ماژول مانند خطای دما، زمین می شوند و نیز هر چهار IGBT در برد فیلتر ON می شوند.

جهت نمایش خطاهای PA، CURRENT و RF AMP. توسط LED بر روی پانل جلوی سینی، خروجی هایی با منطق 0 به برد مربوطه ارسال می شود.

کلیهٔ تغییرات و خطاهایی که در آی سی کنترلی U31 (EPM7128S) اتفاق می افتد از طریق خطوط انتقال به آی سی میکرو ارسال تا در صفحهٔ LCD نمایش داده شود.

۶- ۱-۲-۳- عملکرد کلی آی سی کنترلی U31 (EPM7128S)

شکل (۱۵) مدار کامل آی سی U31 (EPM7128S) را نشان می دهد. به این آی سی تعدادی اطلاعات تحت نام خطا وارد می شود و تعدادی فرمان جهت کنترل و نمایش خطا خارج می گردد.

جداول زیر خطاهای اصلی شامل PA، CURRENT، TEMP. و RF AMP. مربوط به هر ماژول را که به پایه های آی سی وارد می شوند به همراه فرمان های صادره نشان می دهند.

ماژول A								
#IGBT	#PDM	# RF AMP.		# CURRENT		# PA		خطا
FAIL	FAIL	FAIL	LED	FAIL	LED	FAIL	LED	I/O
6	4	18	52	17	51	10	50	پایه

ماژول B								
#IGBT	#PDM	# RF AMP.		# CURRENT		# PA		خطا
FAIL	FAIL	FAIL	LED	FAIL	LED	FAIL	LED	I/O
8	5	16	56	15	55	19	54	پایه

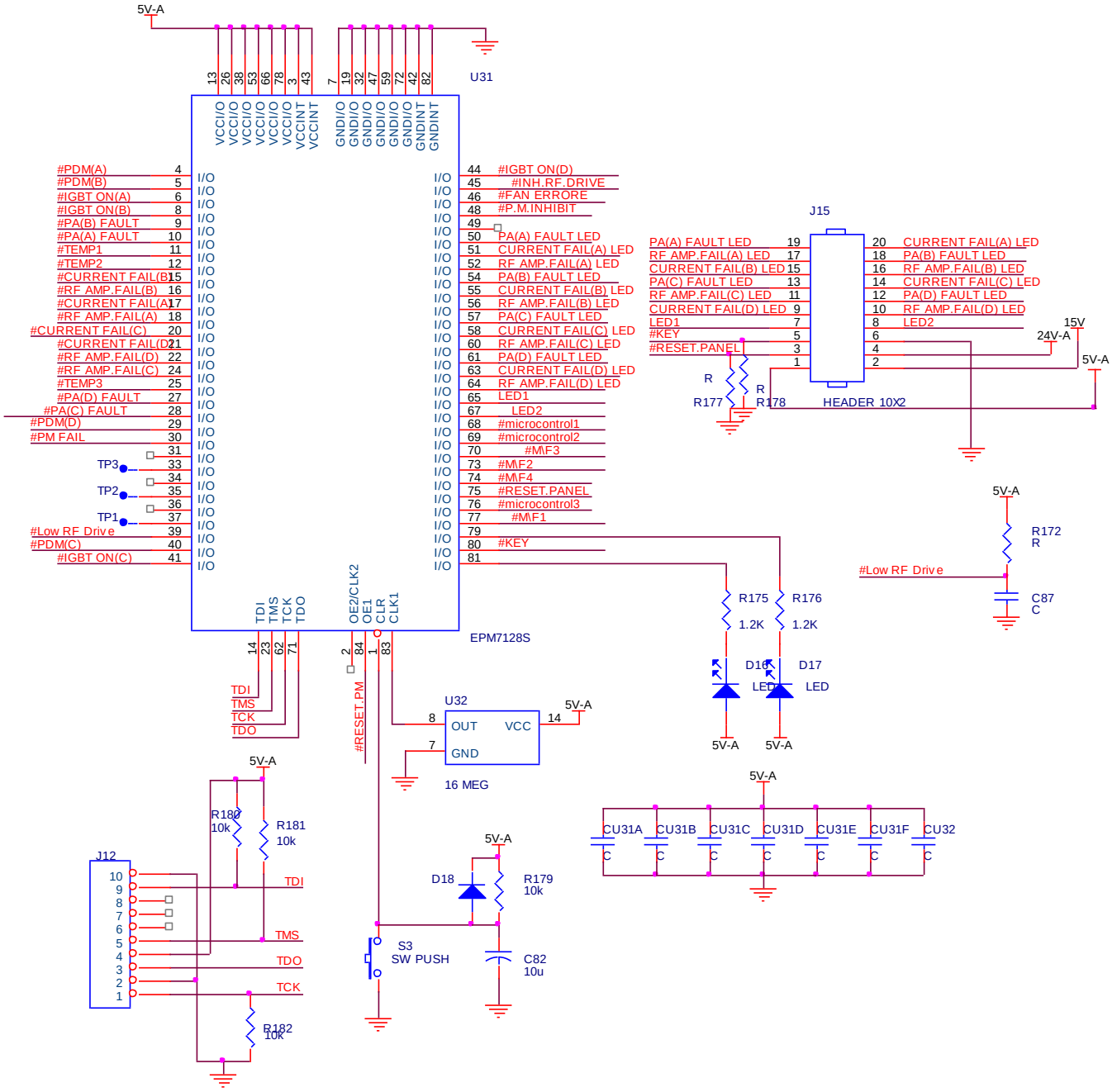
ماژول C								
#IGBT	#PDM	# RF AMP.		# CURRENT		# PA		خطا
FAIL	FAIL	FAIL	LED	FAIL	LED	FAIL	LED	I/O
41	40	24	60	20	58	28	57	پایه

ماژول D								
#IGBT	#PDM	# RF AMP.		# CURRENT		# PA		خطا
FAIL	FAIL	FAIL	LED	FAIL	LED	FAIL	LED	I/O
44	29	22	64	21	63	27	61	پایه

دیگر عملکرد U31 عبارتند از:

#PM FAIL – اگر خطایی در یک سینی اتفاق بیافتد آلارمی تحت همین نام از پایهٔ 30 آی سی U31 به پانل جلوی فرستنده ارسال می شود تا خطای ایجاد شده در سینی را نشان دهد.

#INH. RF DRIVE – این خطا مربوط به زمانی است که مدار RF AMP. DRIVER دچار عیب شود و RF ارسالی به سینی قطع شود که در این شرایط فرمانی به پایهٔ 45 آی سی U31 آورده می شود و در پی آن PDM هر ۴ ماژول قطع و IGBT آنها را روشن می کند و در نتیجه سینی قدرت OFF می شود.



شکل(۱۵) مدارآی سی کنترلی U31 (EPM7128S)

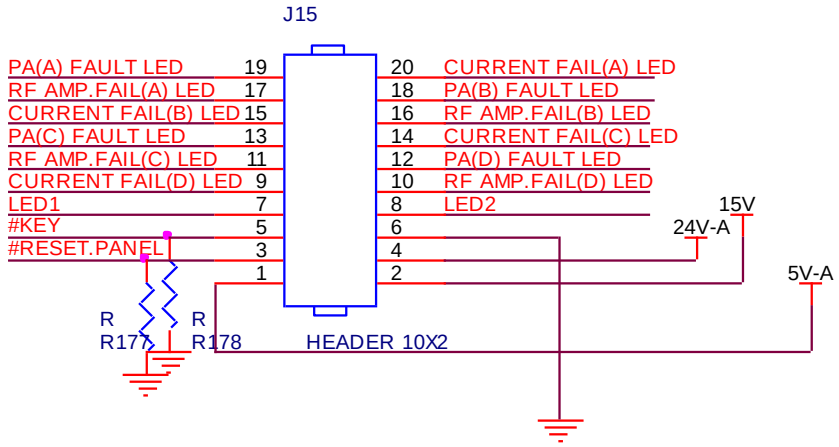
#P.M. INHIBIT – اگر در یک سینی ۳ ماژول از مدار خارج گردد، نظر به اینکه در این حالت امپدانس خروجی سینی تغییر زیادی خواهد کرد، لذا فرمانی هوشمند از کنترل مرکزی فرستنده به پایهٔ 48 آی سی U31 آورده می شود که موجب می گردد با قطع پالس PDM و روشن شدن IGBT سینی OFF شود.

#LOW RF DRIVE – این خطا زمانی به پایهٔ 39 آی سی U31 اعمال می شود که مدار RF PREAMPLIFIER دچار اشکال شود و RF کلی فرستنده قطع شده باشد که در این شرایط سینی OFF می شود.

#KEY- دکمه ای بر روی درب جلوی سینی قرار دارد که در مواقعی استفاده می شود که بخواهیم سینی را از راک فرستنده بیرون بیاوریم در این شرایط با فشار دادن این دکمه، فرمانی از طریق کانکتور J15 به پایهٔ 80 آی سی U31 اعمال می شود که در نتیجه این آی سی فرمان قطع PDM هر ۴ ماژول را اعمال و متعاقباً IGBT آنها را روشن می کند و در نتیجه سینی قدرت OFF می شود.

۷- ۱-۲-۳- کانکتور ارتباطی بین آی سی U31 و برد LED برروی درب جلوی سینی J15

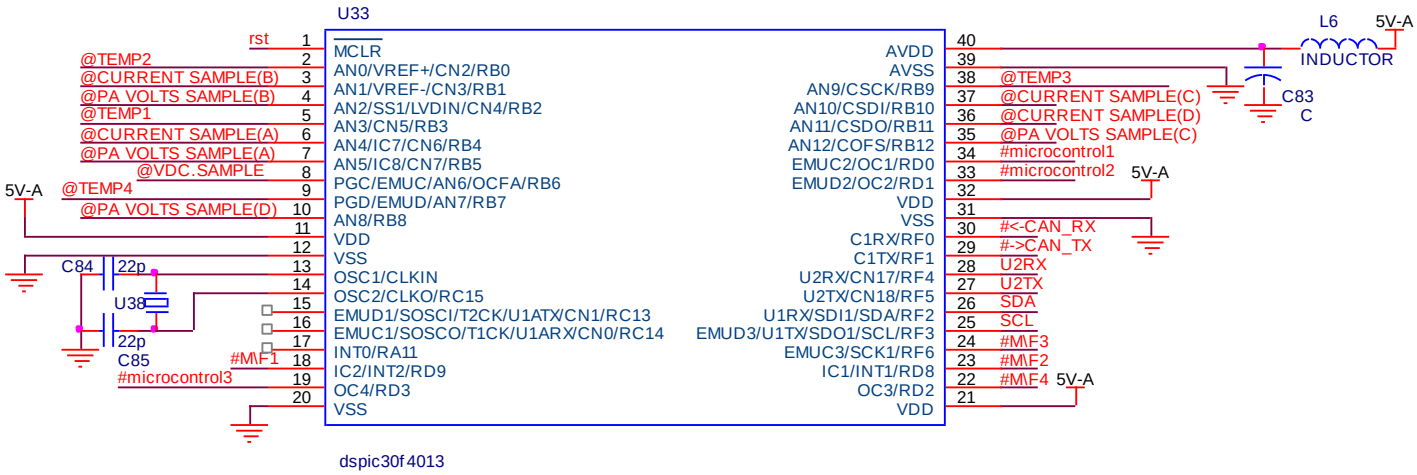
شکل (۱۶) کانکتوری را نشان می دهد که ارتباط سیگنال های ورودی و خروجی بین آی سی U13 و برد LED برروی درب جلوی سینی را برقرار می سازد.



شکل(۱۶) کانکتور ارتباطی بین آی سی U31 و برد LED

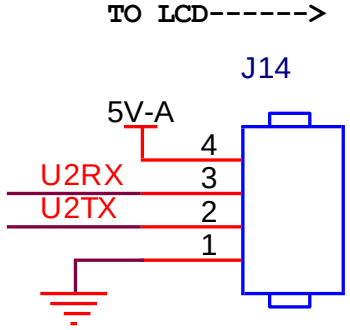
۸- ۱-۲-۳- عملکرد کلی آی سی مونیتورینگ U33 (dispic30f4013)

کلیهٔ اطلاعات جریان، ولتاژ و دما مربوط به ۴ ماژول که از مدارات به این آی سی می رسند، جهت قرائت مقادیر آنها، پردازش و از طریق کانکتور J14 شکل (۱۸) به مدار LCD برروی پانل جلوی سینی ارسال می شود.



شکل(۱۷) مدارآی سی مونیتورینگ U33 (dspic30f4013)

اطلاعات از پایه های 27 و 28 تحت نام های U2TX و U2RX به مدار LCD جهت نمایش ارسال می شوند. J14 یک کانکتور ۴ پین است که اطلاعات را همراه با ولتاژ 5V به LCD ارسال می کند.

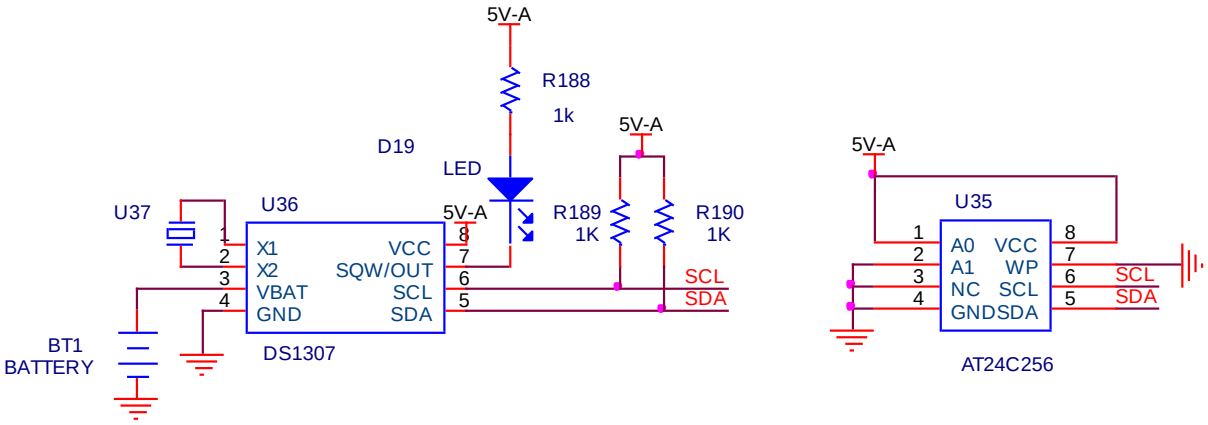


شکل(۱۸) کانکتور ارسال اطلاعات از آی سی U33 به LCD

۹- ۱-۲-۳- ذخیره سازی اطلاعات

شکل (۱۹) مدار حافظهٔ سینی را نشان می دهد. آی سی U36 زمان و تاریخ را به صورت ON-LINE نگه می دارد که بر روی صفحهٔ LCD نمایش می دهد. پایه های 5 و 6 این آی سی به پایه های 25 و 26 آی سی U33 وصل است.

حال چنانچه خطایی پیش آید، آی سی U33 زمان و تاریخ را از روی آی سی U36 می خواند و بر روی آی سی U35 ذخیره می کند تا هر زمان که لازم شد زمان و تاریخ خطا را بتوان بازخوانی کرد. جهت حفظ اطلاعات در زمان قطع برق از یک باطری 3.3V (BT1) بعنوان BACK-UP استفاده می شود تا اطلاعات را در حافظهٔ U35 نگهدارد.

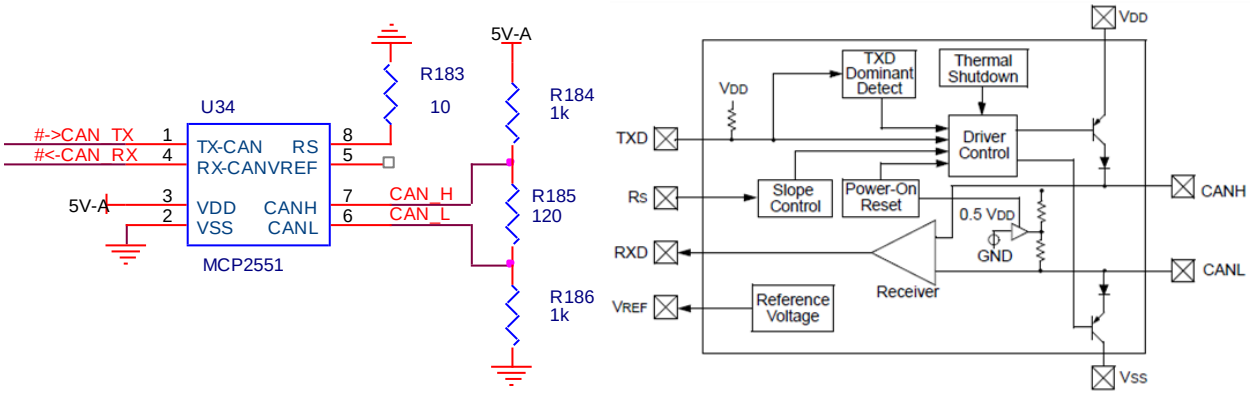


شکل(۱۹) مدار حافظهٔ سینی قدرت

۱۰- ۱-۲-۳- ارتباط سریالی سینی های قدرت با یکدیگر

جهت رفت و برگشت اطلاعات از سینی های قدرت به سیستم مرکزی، از پایه های خروجی 29 و 30 آی سی U33 تحت نام های #->CAN TX و #<-CAN RX استفاده گردیده که این اطلاعات به آی سی U34 اعمال می شود که نوعی از آی سی های گیرنده و فرستنده می باشد.

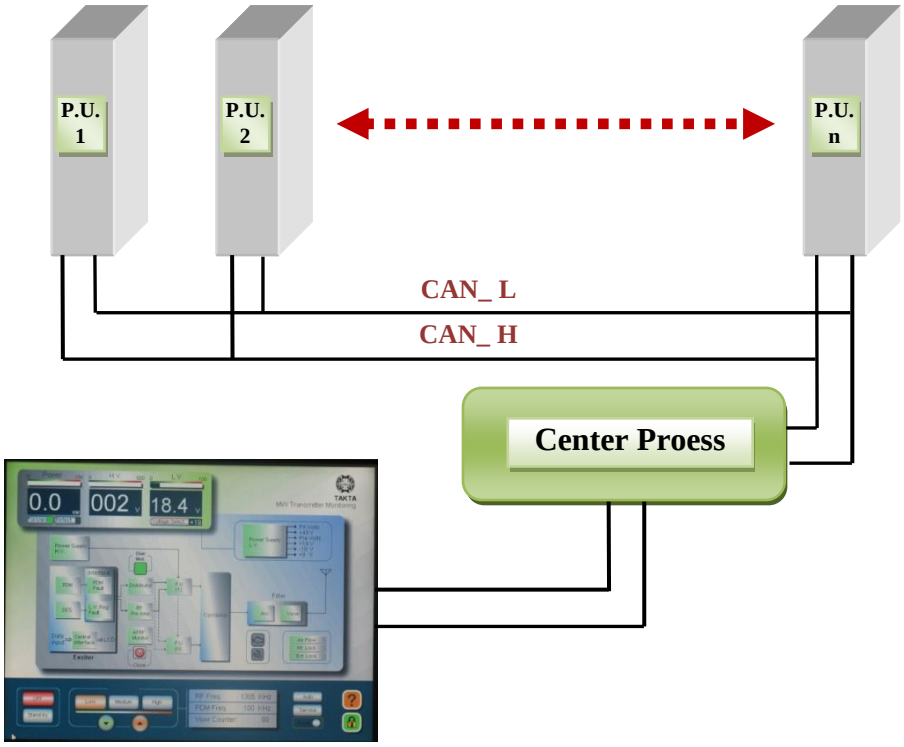
شکل (۲۰) مدار آی سی U34 بهمراه بلوک دیاگرام آن را نشان می دهد.



شکل (۲۰) مدار آی سی U34 بهمراه بلوک دیاگرام آن

شکل (۲۱) روش اتصال سینی های قدرت (P.U.1,P.U.2.....P.U.n) را توسط پورت های CAN_L و CAN_H را نشان می دهد.

کلیهٔ اطلاعات مربوط به سینی ها به مدار پردازش مرکزی (Center Process) ارسال که پس از پردازش اطلاعات به کامپیوتر جهت ذخیره سازی و نمایش ارسال می شود.

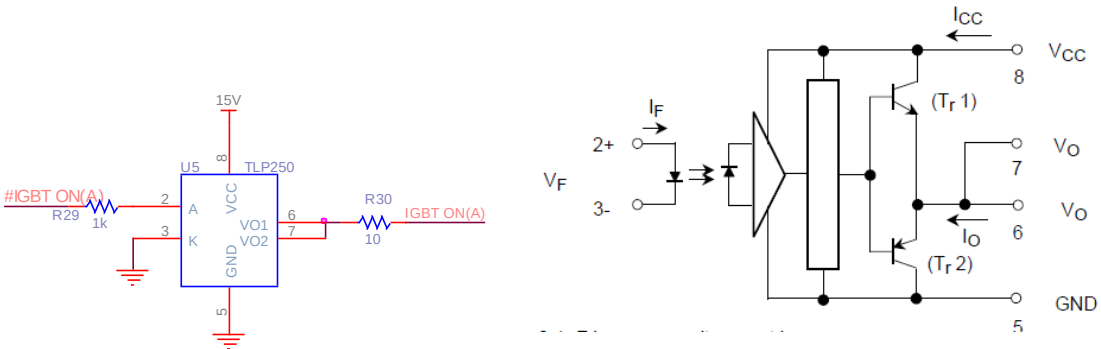


شکل (۲۱) روش اتصال سینی های قدرت توسط پورت های CAN_L و CAN_H به پردازش مرکزی و کامپیوتر

۱۱- ۱-۲-۳- تقویت فرمان IGBT ON

شکل (۲۲) مدار آی سی U5 بهمراه بلوک دیاگرام آن را نشان می دهد. فرمان #IGBT ON از خروجی آی سی U31 با شرایط 1 (+5V) به پایهٔ 2 آی سی فتوکوپلر (Photo Coupler) U5 اعمال می شود و چون تغذیهٔ این آی سی 15V می باشد لذا پایه های خروجی این آی سی 6 و 7 برابر با 15V می باشد. بنابراین ضمن اینکه 5V به 15V تبدیل شده است، عمل ایزولاسیون نیز صورت می گیرد تا سیگنال فرمان در برابر نویز مصون بماند.

فرمان IGBT ON(A) از طریق کانکتور J1 به برد فیلتر PDM ارسال می شود تا به گیت Q1 (IGBT) اعمال شود و آن را ON کند تا خروجی ماژول را زمین نماید.

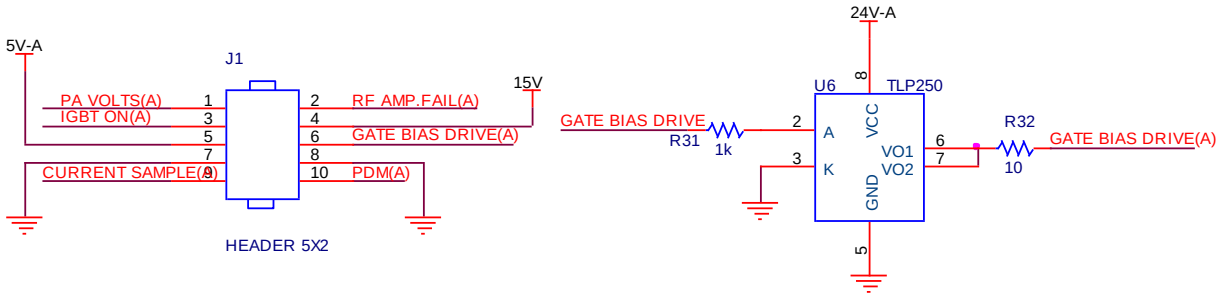


شکل (۲۲) مدار آی سی U5 جهت فرمان IGBT ON بهمراه بلوک دیاگرام آی سی

۱۲-۱-۲-۳- تقویت پالس GATE BIAS DRIVE

شکل (۲۳) مدار آی سی U6 بهمراه بلوک دیاگرام آن را نشان می دهد. عملکرد این مدار نیز دقیقاً مانند مدار شکل (۲۲) می باشد.

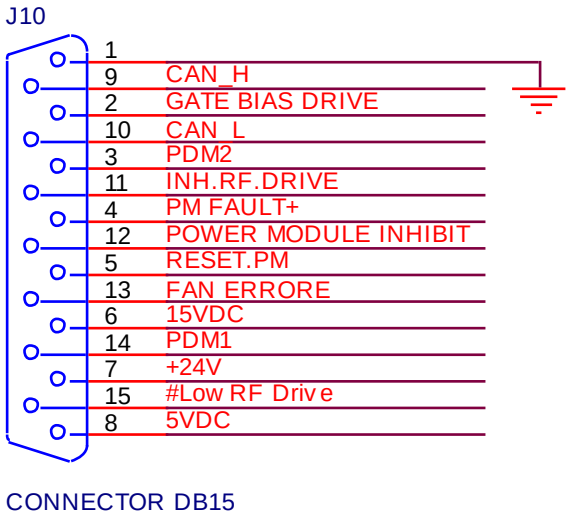
نمونه ای از پالس PDM با دامنهٔ 0-15V و با جریان 15Ma به پایهٔ 2 آی سی فتوکوپلر (Photo Coupler) U6 اعمال می شود و چون تغذیهٔ این آی سی 15V می باشد لذا پایه های خروجی این آی سی 6 و 7 برابر با 15V می باشد. لذا در اینجا ضمن تقویت جریان عمل ایزولاسیون صورت می گیرد تا سیگنال فرمان در برابر نویز مصون بماند.



شکل (۲۳) مدار آی سی U6 جهت پالس GATE BIAS DRIVE بهمراه کانکتور J1

۱۳-۱-۲-۳- ورودی ها و خروجی های سینی

شکل (۲۳) کانکتور 15 پین J15 را نشان می دهد که ورودی ها و خروجی های سینی به آن می رسد که در اینجا یکایک آن ها را بررسی می کنیم:



شکل (۲۳) کانکتور 15 پین J15 مربوط به ورودی ها و خروجی های سینی

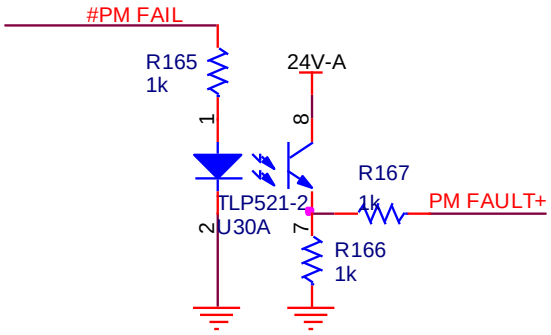
J10-1 : به عنوان زمین استفاده گردیده است.

J10-2 : (GATE BIAS DRIVE) - ورودی پالس PDM به عنوان GATE BIAS DRIVE می باشد که در برد کنترل به ۴ انشعاب تقسیم می شود تا به بردهای فیلتر PDM ارسال گردد.

J10-3 : (PDM2) – ورودی نمونه ای از پالس PDM با ۱۸۰ درجه اختلاف نسبت به PDM1

J10-4 : (PM FAULT+) – چنانچه خطایی در سینی قدرت پیش آید، این خطا از پایهٔ 30 آی سی U31 باشرایط 1 (5V) به فتوترانزیستور U30A (Photo Transistor) می رسد و ترانزیستور آی سی را ON می کند و سپس 24V-A از طریق مقاومت های تقسیم ولتاژی R166 و R167 تحت نام PM FAULT+ به پانل جلوی فرستنده جهت نمایش خطا، ارسال می شود.

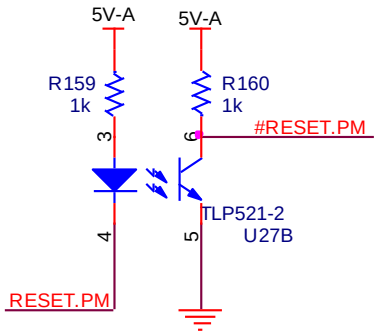
شکل (۲۴) مدار خطای PM FAULT+ را نشان می دهد.



شکل (۲۴) مدار خطای PM FAULT+

J10-5 : (RESET PM)– فرمان ریست اشرایط 1 (5V) از پانل جلوی فرستنده به پین 5 کانکتور J10 ارسال می شود. که موجب می شود مدار فتوترانزیستور (Photo Transistor) U27B را در مدار کنترل بکار اندازد و باعث می گردد که 5V-A را به پایهٔ 84 آی سی U31 جهت ریست اعمال نماید.

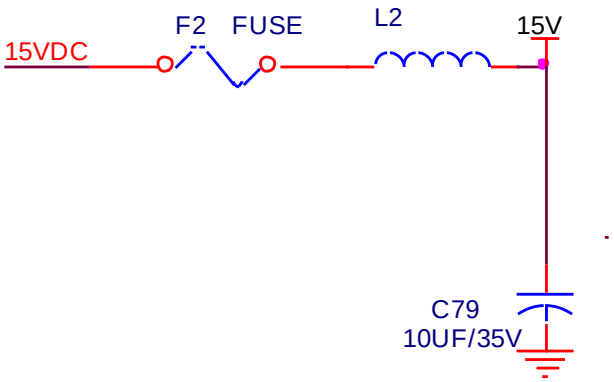
شکل (۲۵) مدار فرمان RESET را نشان می دهد.



شکل (۲۵) مدار فرمان RESET

J10-6 : (15VDC) – ورودی ولتاژ 15V به مدار کنترل می باشد. این ولتاژ از طریق فیوز حفاظتی F2 و مدار فیلتر L2 و C79، مدارات کنترل را تغذیه می نماید.

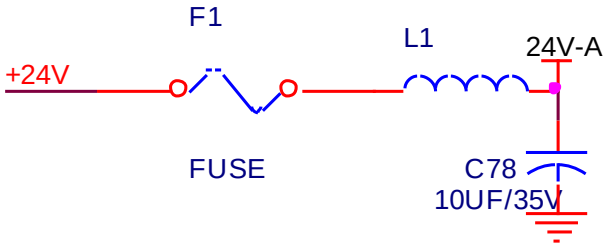
شکل (۲۶) مدار ورودی تغذیهٔ 15V را نشان می دهد.



شکل (۲۶) مدار تغذیهٔ ورودی 15V

J10-7 : (+24) – ورودی ولتاژ 24V به مدار کنترل می باشد. این ولتاژ از طریق فیوز حفاظتی F1 و مدار فیلتر L1 و C78، مدارات کنترل را تغذیه می نماید.

شکل (۲۷) مدار ورودی تغذیهٔ 24V را نشان می دهد.

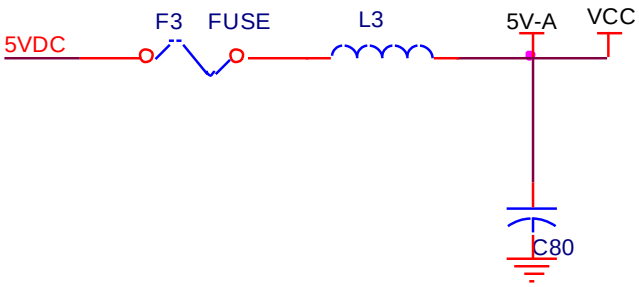


۷

شکل (۲۷) مدار تغذیهٔ ورودی 24V

J10-8 : (5VDC) – ورودی ولتاژ 5V به مدار کنترل می باشد. این ولتاژ از طریق فیوز حفاظتی F3 و مدار فیلتر L3 و C80، مدارات کنترل را تغذیه می نماید.

شکل (۲۸) مدار ورودی تغذیهٔ 5V را نشان می دهد.



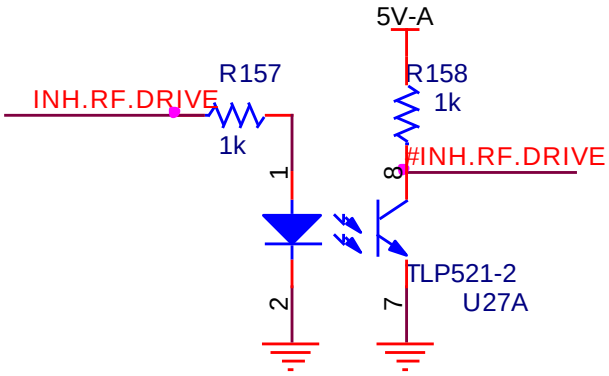
شکل (۲۸) مدار تغذیهٔ ورودی 5V

J10-9 : (CAN_H) – اطلاعاتی که به شبکهٔ مشترک سینی ها ارسال می شود. در این مورد در بخش ۱۰- ۱-۲-۳ توضیح داده شده است.

J10-10 : (CAN_L) – اطلاعاتی که از شبکهٔ مشترک سینی ها دریافت می شود. در این مورد در بخش ۱۰- ۱-۲-۳ توضیح داده شده است.

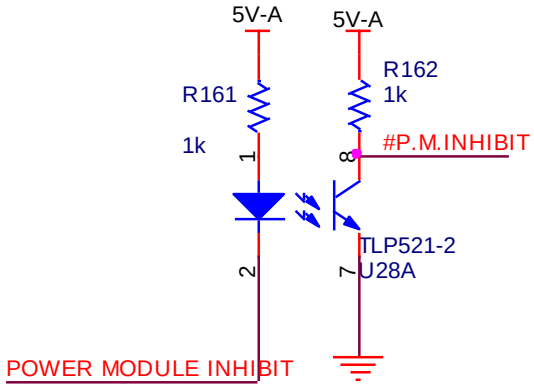
J10-11 : (INH.RF.DRIVE) - اگر RF ورودی قطع گردد، چنانچه قبلاً گفته شد، ترانزیستور آی سی U27A روشن (ON) می شود و خطایی تحت نام #INH.RF.DRIVE به پایهٔ 45 آی سی U31 ارسال می کند که باعث OFF شدن سینی قدرت می شود.

شکل (۲۹) مدار ورودی INH.RF.DRIV را نشان می دهد.



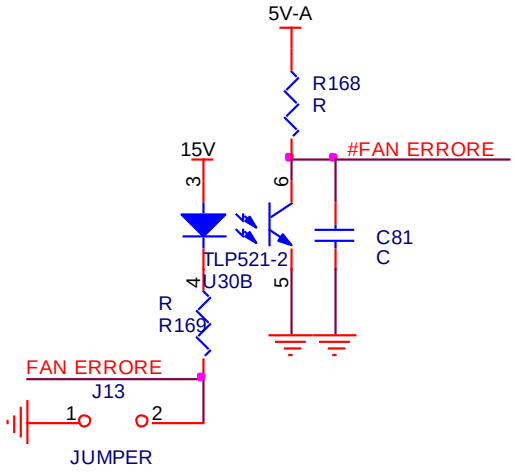
شکل (۲۹) مدار ورودی INH.RF.DRIV

J10-12 : (POWER MODULE INHIBIT) – فرمانی است که از کنترل مرکزی به برد کنترل سینی قدرت می آید. چنانچه قدرت یک سینی از حدی کمتر شود (تا سه ماژول از مدار خارج شود) فرمانی با شرایط 0 از طریق پین 12 کانکتور J10 به مدار شکل (۳۰) می رسد که در نتیجه ترانزیستور آی سی U28A روشن (ON) می شود و خطایی تحت نام #P.M.INHIBIT به پایهٔ 48 آی سی U31 ارسال می کند که باعث OFF شدن کامل سینی قدرت می شود.



شکل (۳۰) مدار ورودی POWER MODULE INHIBIT

J10-13 : (FAN ERRORE) – در زیر هر سینی قدرت سه فن جهت خنک سازی ماژول ها قرار گرفته که در صورت خرابی هر کدام، فرمانی با شرایط 0 از طریق پین 13 کانکتور J10 به مدار شکل (۳۱) می رسد که در نتیجه ترانزیستور آی سی U30B روشن (ON) و خطایی تحت نام FAN ERRORE#به پایهٔ 46 آی سی U31 ارسال می کند که باعث OFF شدن کامل سینی قدرت می شود.

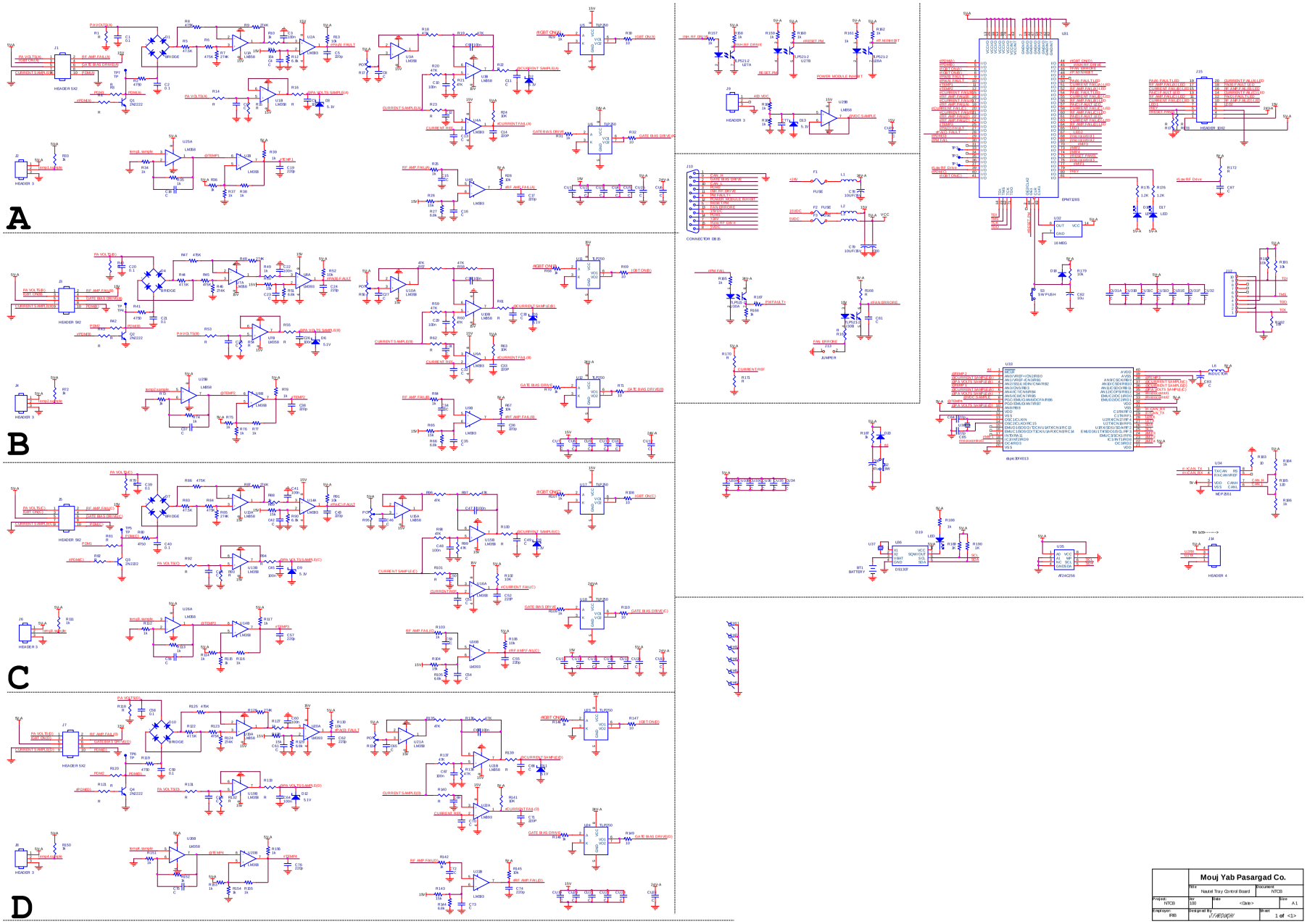


شکل (۳۱) مدار ورودی کنترل فن

درصورتی که بخواهیم مدار را Bypass کنیم می توان با جامپر J13 را اتصال کوتاه نمود.

J10-14 : (PDM1) – ورودی نمونه ای از پالس PDM با ۱۸۰ درجه اختلاف نسبت به PDM2

J10-15 : (#LOW RF DRIVE) – چنانچه در مدار RF PREAMPLIFIER خطایی بروز کند و RF کلی فرستنده قطع شود، خطایی تحت نام #LOW RF DRIVE به پین 15 کانکتور J10 وارد می شود که این خطا به پایهٔ 39 آی سی U31 اعمال می گردد که در این شرایط سینی از طریق قطع پالس PDM و ON شدن IGBT کاملاً OFF می شود.


A
B
C
D
Mouj Yab Pasargad Co.
Naunel Tray Control Board
NTCB
Project: NTCB
Rev: 100
Date: <Date>
Size: A1
Designed By: MOUSAVI
Sheet: 1 of <1>

۳-۳- ماژول قدرت

همانگونه که در شکل (۳) ملاحظه می گردد هر ماژول قدرت از ۴ بخش شامل مدارات: **Modulator، Modulator Filter، RF Input/Output، RF Amp. I و RF Amp. I** تشکیل یافته است که مجموع ۴ ماژول یک سینی قدرت را تشکیل می دهند. شکل (۴)

۱-۳-۳- مدار مدولاتور (Modulator)

شکل (۱۰) مدار مدولاتور را نشان می دهد:

مدار مدولاتور دامنهٔ سطح PDM را که (0-15Vdc) می باشد به سطح بالای (0-B+Vdc) تبدیل می کند .

۱-۱-۳-۳- ایجاد منبع تغذیه 13Vdc :

با توجه به شکل (۳۲)، ورودی راه انداز بایاس گیت(gate bias drive) 24VAC در فرکانس PDM بصورت تمام موج از طریق خازن C5 توسط یکسوساز پل متشکل از دیود های D1 تا D4 یکسوسازی می گردد. ولتاژ DC حاصل بوسیله خازن C6 فیلتر شده و توسط دیود زنر DZ1 در 13Vdc محدود می شود. 13Vdc اعمال شده به +VB و -VS ورودی های راه انداز U1 بعنوان راه انداز گیت برای ماسفت های قدرت می باشند .

۲-۱-۳-۳- راه انداز ماسفت های مدولاتور

از آی سی U1 جهت راه اندازی ماسفت ها استفاده می گردد که برای تولید خروجی هایی بشرح ذیل طراحی شده است :

هرگاه ورودی HIN در سطح (15Vdc+) باشد خروجی HO ولتاژ DC اعمال شده به ورودی VB است .

هرگاه ورودی HIN در سطح (0Vdc) باشد خروجی HO ولتاژ مرجع اعمال شده به ورودی VS است .

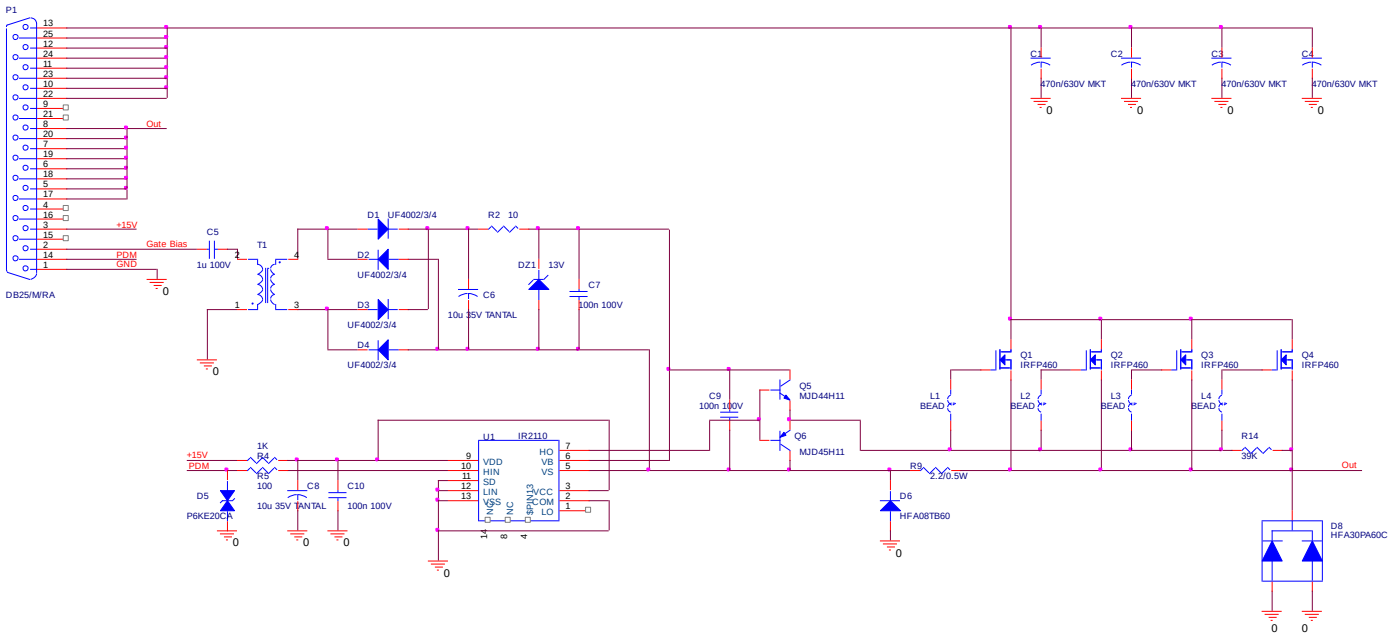
خروجی HO که شامل اطلاعات PDM است به گیت های ماسفت های قدرت Q1 تا Q4 بعنوان کنترل روشن یا خاموش آنها اعمال می شود .

از دو ترانزیستور Q5 و Q6 بعنوان کاهش شیب صعود و نزول پالس PDM استفاده می گردد تا تلفات در زمان سوئیچ کردن ماسفت ها کاهش یابد.

۳-۱-۳-۳- ماسفت های سوئیچ +B

ماسفت های قدرت Q1 تا Q4 برای سوئیچ کردن B+VDC با نسبت روشن یا خاموش متناسب با اطلاعات PDM روی خروجی U1/HO که به گیت های آنان اعمال شده است متصل

شده اند .در نتیجه خروجی PDM B+ شامل اطلاعات PDM اعمال شده به P1-14 در سطح بالا (0-B+Vdc) است. D8 بعنوان یک دیود Free Wheel برای جلوگیری از اینکه خروجی PDM B+ منفی شود، بکار می رود. (بطوریکه هرگاه Q1 تا Q4 خاموش شدند، تخلیهٔ جریان صورت می گیرد).



شکل (۳۲) مدار مدولاتور (Modulator)

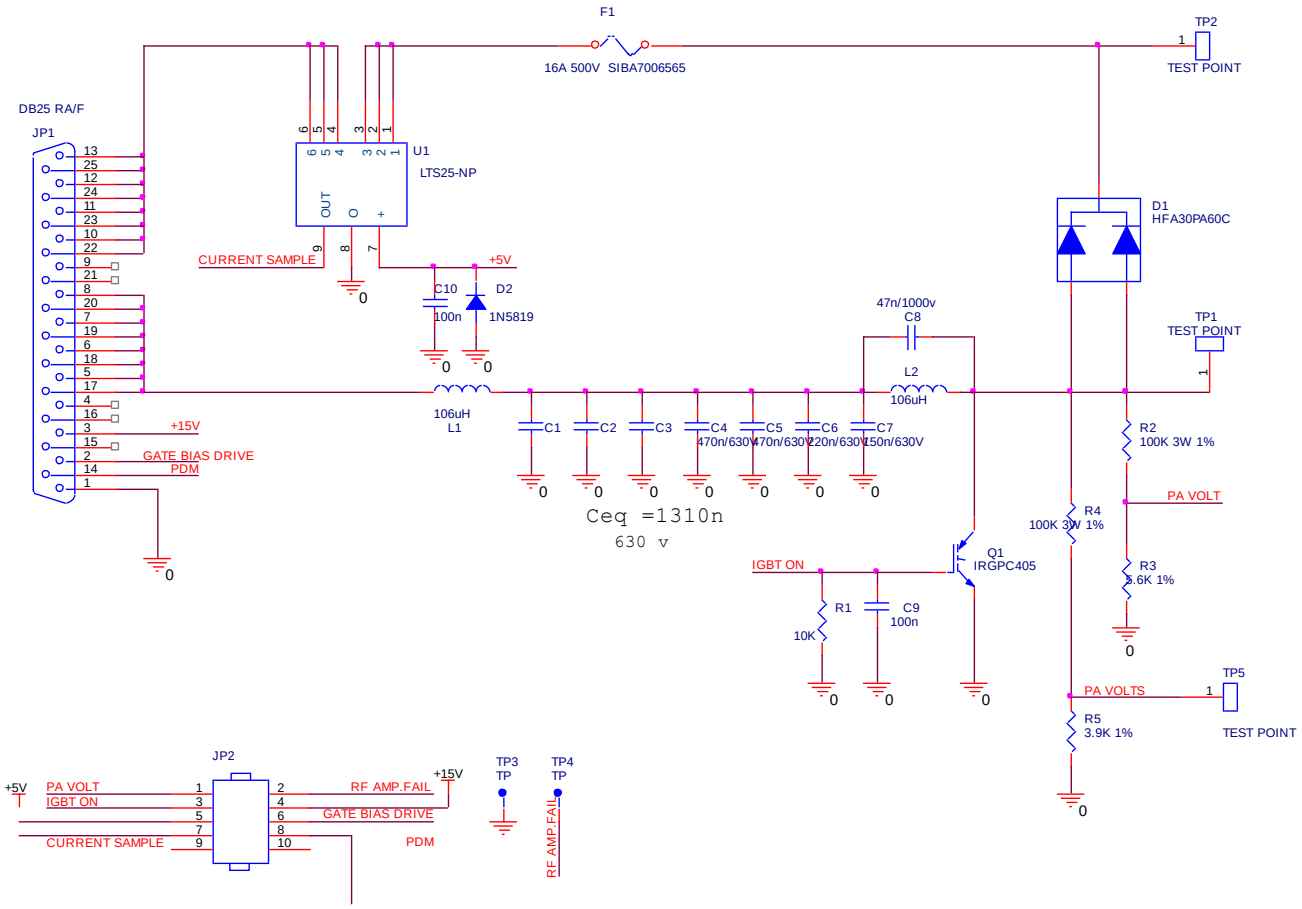
۲-۳-۳- فیلتر PDM

یک فیلتر پائین گذر شامل یک سلف 106µh (میکرو هانری) و قطعات C/L روی ساختار فیلتر مدولاتور وابسته به ظرفیت ورودی و Natch (L2,C8) فرکانس PDM طراحی شده است. خروجی این بخش به هر دو تقویت کنندهٔ RF متصل می شود.

خروجی فیلتر ولتاژی مرکب ازیک مولفه RF و یک مولفه Ac (صدای مدوله سازی) می باشد .

دامنه ولتاژ PA بطور مستقیم با دامنه B+VDC ارتباط دارد که متناسب با نسبت ON عرض پالس PDM می باشد. هرگاه نسبت روشن / خاموش PDM B+ ثابت باشد (صدایی در ورودی فرستنده وجود نداشته باشد)، ولتاژ خروجی PA یک ولتاژ DC ثابت خواهد بود. هرگاه نسبت روشن / خاموش PDM B+ متغیر باشد (سطح کریر مثبت مدولاسیون) خروجی ولتاژ PA یک ولتاژ DC است که با دامنهٔ صدای مدولاسیون متغیر خواهد بود. دامنه متغیر توسط مقدار تغییرات نسبت روشن / خاموش PDM B+ تعیین می شود .

۱-۲-۳-۳- گیت ترانزیستور Q1 بعنوان یک سوئیچ عمل می کند. هرگاه یک فرمان IGBT ON (+15VDC) از مدار کنترل در جلوی سینی به گیت آن اعمال شود، Q1 روشن می شود و خروجی فیلتر را زمین می کند. (به توضیح ۱۱- ۱-۲-۳- تقویت فرمان IGBT ON رجوع شود.)



♣ شکل (۳۳) مدار فیلتر PDM

از آنجا که طبقه ورودی فیلتر، سلفی می باشد و در زمان هدایت، انرژی در خود ذخیره می کند لذا وجود دیودD1 برای فراهم کردن مسیر جریان ذخیره شده، در لحظاتی که ماسفت های Q1 تا Q4 مدار مدولاتور خاموش است ضروری می باشد. این دیود، دیود فری ویلینگ (Freewheeling Diode) نام دارد .

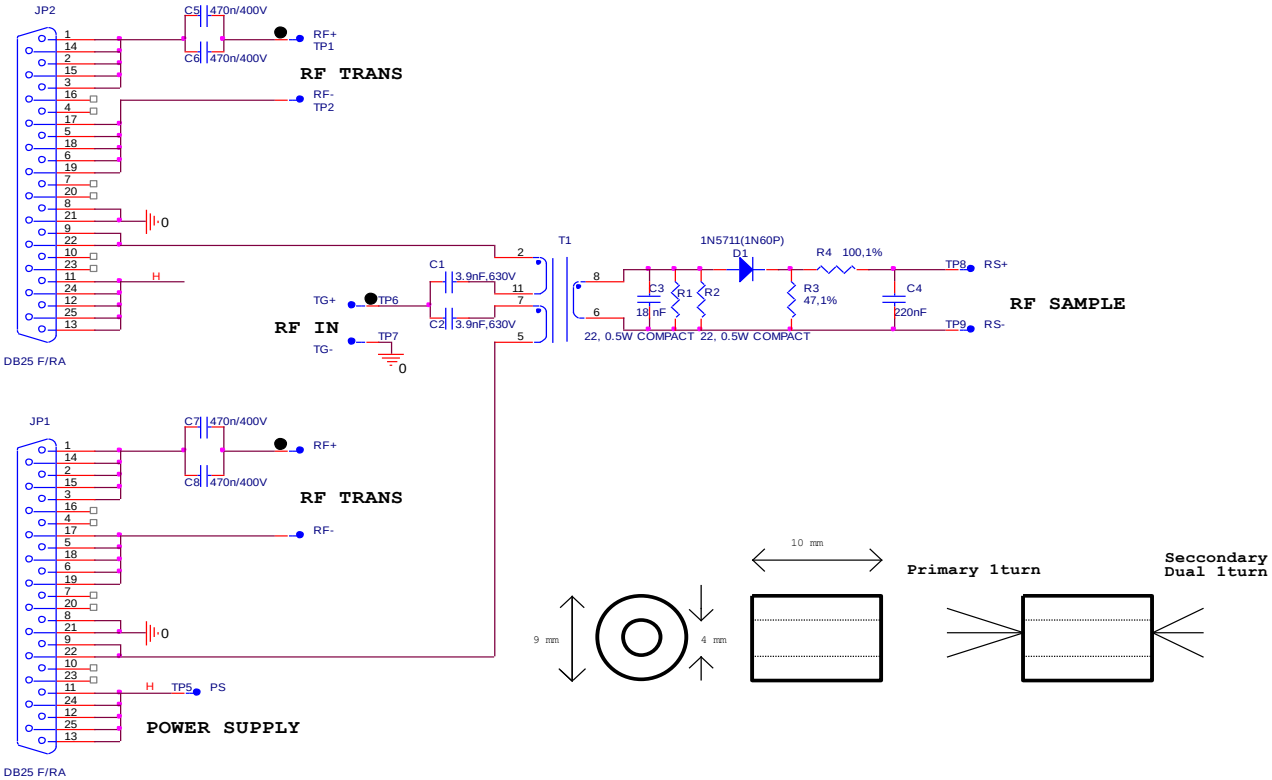
جهت کنترل جریان ماژول از LEM (U1) استفاده گردیده است که در صورت افزایش جریان در مدار، فرمان قطع از طریق مدار کنترل به ماژول مربوطه اعمال می شود.

۳-۳-۳- برد ورودی / خروجی PA

چهار برد یکسان ورودی / خروجی PA در یک سینی قدرت وجود دارد، که هر برد دو مدار تقویت کنندهٔ RF (RF AMPLIFIER) را بکار می اندازد. به شکل (۴) بلوک دیاگرام سینی قدرت (Power Unit) دقت گردد.

عملکردهای این برد عبارتند از :

- ♣ انتقال ولتاژ PA (ولتاژ خروجی از برد فیلترPDM) از طریق پین های ،11،12،13،24و25 مربوط به کانکتور 25 پین برای هر دو تقویت کننده RF
- ♣ انتقال سیگنال RF برای هر دو تقویت کننده RF
- ♣ چنانچه مشکلی در هرکدام از دو تقویت کننده RF پیش آید و توازون این سیگنال در اولیهٔ ترانس T1 برهم خورد، در ثانویهٔ ترانس دامنهٔ سیگنال تغییر خواهد کرد و در نتیجه این سیگنال توسط دیود D1 یکسو و بعنوان خطای RF AMP. Drive به مدار کنترل ارسال می کند که بیانگر بروز خطا در یکی از تقویت کننده های RF باشد. (این خطا که ممکن است ناشی از سوختن ماسفت باشد)
- ♣ خروجی RF هر دو تقویت کننده را برای سیم پیچ های اولیه منفرد یک مبدل ترکیب ساز RF بکار می برد .



شکل (۳۴) مدار برد ورودی / خروجی PA

۳-۳-۳- تقویت کننده های RF

هشت تقویت کننده RF یکسان در سینی قدرت RF وجود دارد. اگر به شکل (۴) مربوط به بلوک دیاگرام سینی قدرت توجه گردد، نحوهٔ آرایش این تقویت کننده ها را می توان ملاحظه نمود. سپس به شکل (۴۱) جهت بررسی مدار الکتریکی یک تقویت کننده RF مراجعه کنید .

۱-۳-۳-۳- بخش تقویت کنندهٔ قدرت AM

این مدار اساساً یک اینورتر تمام پل(Full Bridge Invertor) است که گیتهای آن با فرکانس کریر(Fc) تحریک می شوند. تغذیه اینورتر نیز همان سیگنال صوت تقویت شده خروجی فیلتر صوتی است. در نتیجه خروجی این مدار حاصلضرب سیگنالهای صوت و کریر (RF) است که همان سیگنالAM می باشد، با این تفاوت که مولفه کریر آن، پالسی است نه سینوسی. به همین دلیل به این قسمت از مدار، مدولاتور قدرت AM نیز می گویند. سیگنال خروجی این طبقه، سیگنالAM فیلتر نشده است و در طبقات بعدی تبدیل به سیگنالAM فیلتر شده می شود.

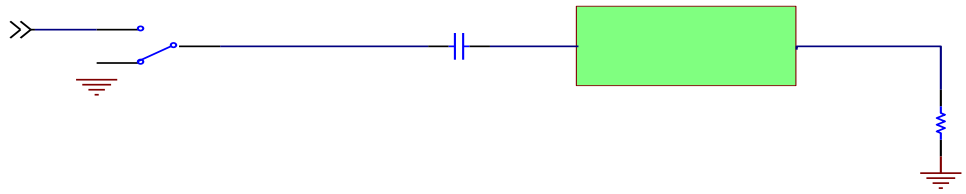
طبقه مدولاتورRF در حقیقت یک اینورتر8 سوئیچه است که ازMosfetهای دوبدو با هم موازی تشکیل شده است.

ماسفت های قدرت بعنوان دو تقویت کننده قدرت RF موازی, کلاس D , پوش پول, دارای بازده بالا, که ولتاژ PA را در فرکانس RF Drive سوئیچ می کنند تشکیل شده است.

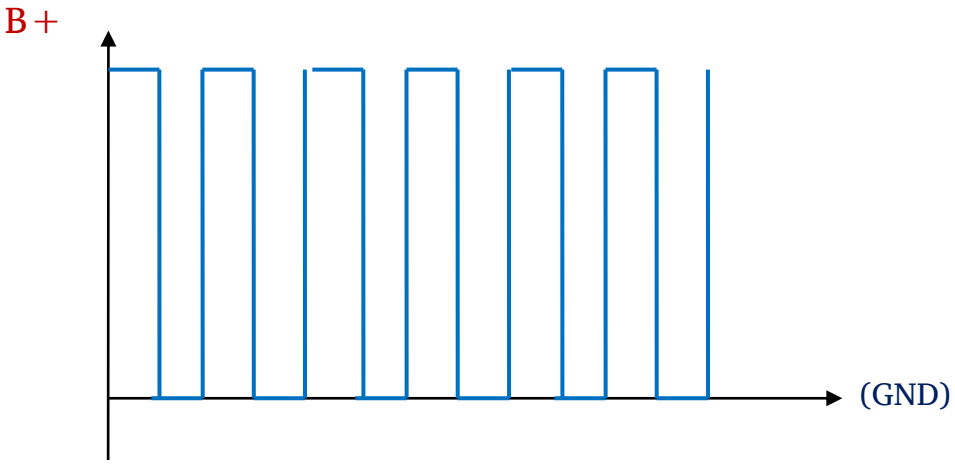
مبدل های نصف کننده RF Drive , U1T1 و U1T2 سیگنال RF Drive را نصف کرده و آنرا برای ماسفت های Q1 تا Q8 با وابستگی فازی مورد نیاز بکار می برد . دیودهای D1 تا D4 از منفی شدن خروجی تقویت کننده RF جلوگیری می کنند .

۲-۳-۳-۳- عملکرد ماژول قدرت

عملکرد یک ماژول قدرت را می توان مانند شکل (۳۵) به کلیدی تشبیه نمود که به یک کنتاکت آن ولتاژ +B وصل گردیده و کنتاکت دیگر آن به زمین اتصال دارد. در این حالت اگر کلید با یک زمان مساوی و یا بعبارتی با یک Duty Cycle= 50% باز و بسته شود یک موج مربعی با فرکانس سوئیچینگ و با دامنهٔ 0 تا ولتاژ منبع تغذیه +B مانند شکل (۳۶) ایجاد می شود.

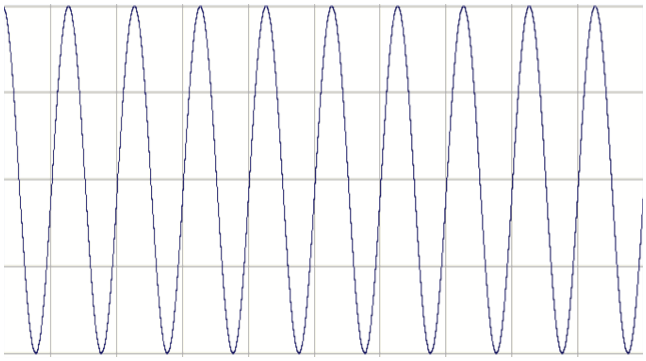


شکل (۳۵) مدار شبیه سازی ماژول



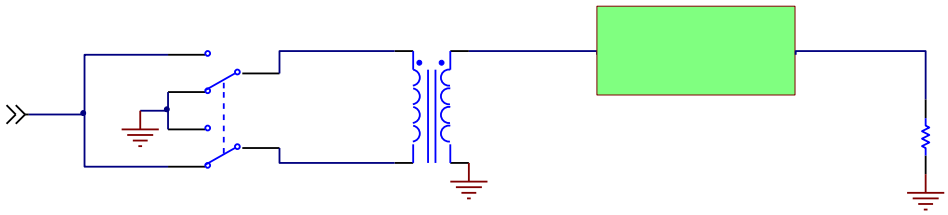
شکل (۳۶) شکل موج سوئیچینگ قبل از فیلتر

حال چنانچه شکل (۳۶) از یک فیلتر عبور داده شود و هارمونیک های آن حذف گردد، یک موج سینوسی به بار اعمال خواهد شد.



شکل (۳۷) شکل موج سوئیچینگ بعد از فیلتر

اینک اگر شکل (۳۵) را به شکل (۳۸) بسط دهیم در هر بار باز و بسته شدن کلیدهای S1 و S2 در یک سیکل زمانی متساوی مطابق شکل (۳۶) یک موج مربعی جریان با فرکانس سوئیچینگ ایجاد می شود.



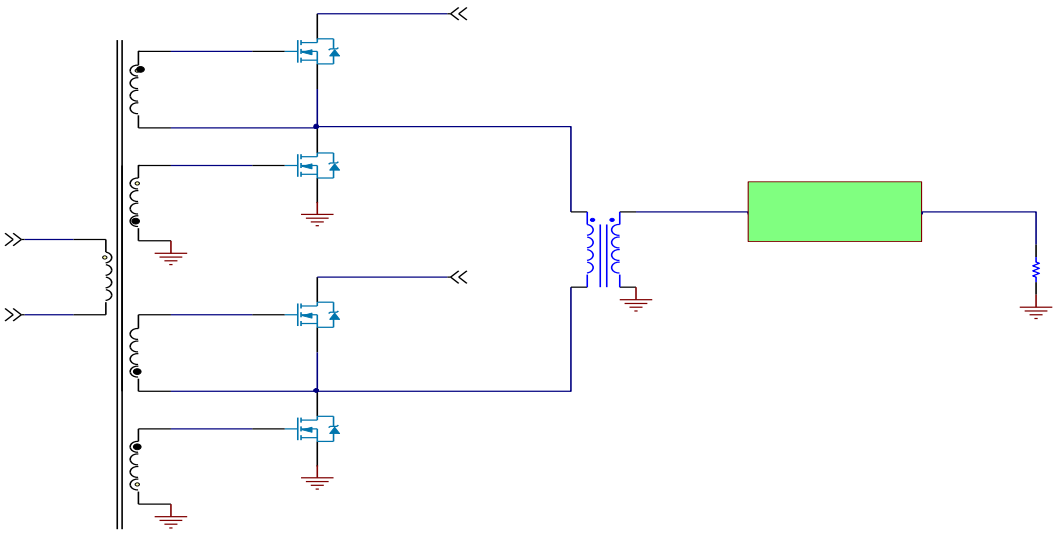
شکل (۳۸) مدار کامل تر شبیه سازی ماژول

موج مربعی جریان با فرکانس سوئیچینگ به اولیه ترانس T2 اعمال خواهد شد و به ثانویه القاء می شود. اگر فیلتر برای عبور دادن فرکانس سوئیچنگ و حذف هارمونیک ها طراحی شده باشد در نتیجه یک موج سینوسی به بار اعمال خواهد شد .

۳-۳-۳-۳- کار ماسفت های قدرت کلاس D :

ماسفت های قدرت می توانند به جای سوئیچ ها بطوریکه در کلاس D ساده و نمونه های کار کلاس D پوش پول در شکل ( ) نشان داده شده است بکار برده شوند . کنتاکتهای سوئیچ بوسیله ثانویه های میزان شده فازی مبدل RF Drive جابجا شده اند بطوریکه Q1 متناظر است با S1-A , Q2 با S1-B , Q3 با S2-B , Q4 با S2-A و در نمونه کار پوش پول D نشان داده شده است .

ترانزیستورهای Q1 , Q4 و ترانزیستورهای Q2 و Q3 نیز با یکدیگر روشن / خاموش می شوند .

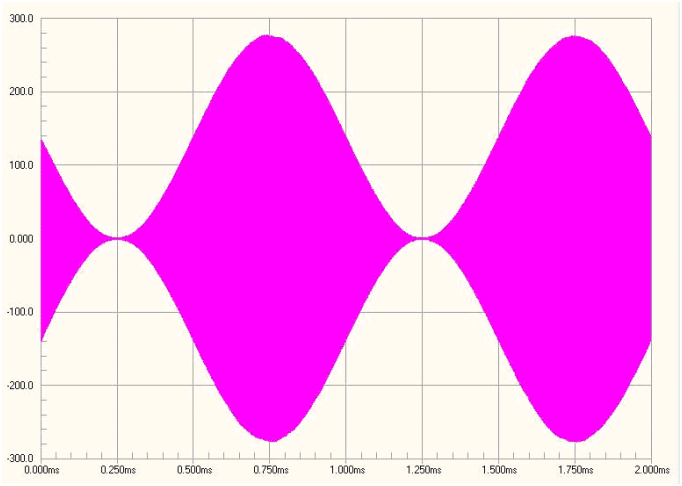


شکل (۳۹) مدار سوئیچینگ کلاس D با استفاده از ماسفت

براین اساس، با توجه به شکل (۳۹) سیگنال RF به ترانس گیت T1 وارد می شود. این سیگنال در ثانویهٔ ترانس به گیت ماسفت ها اعمال می گردد.

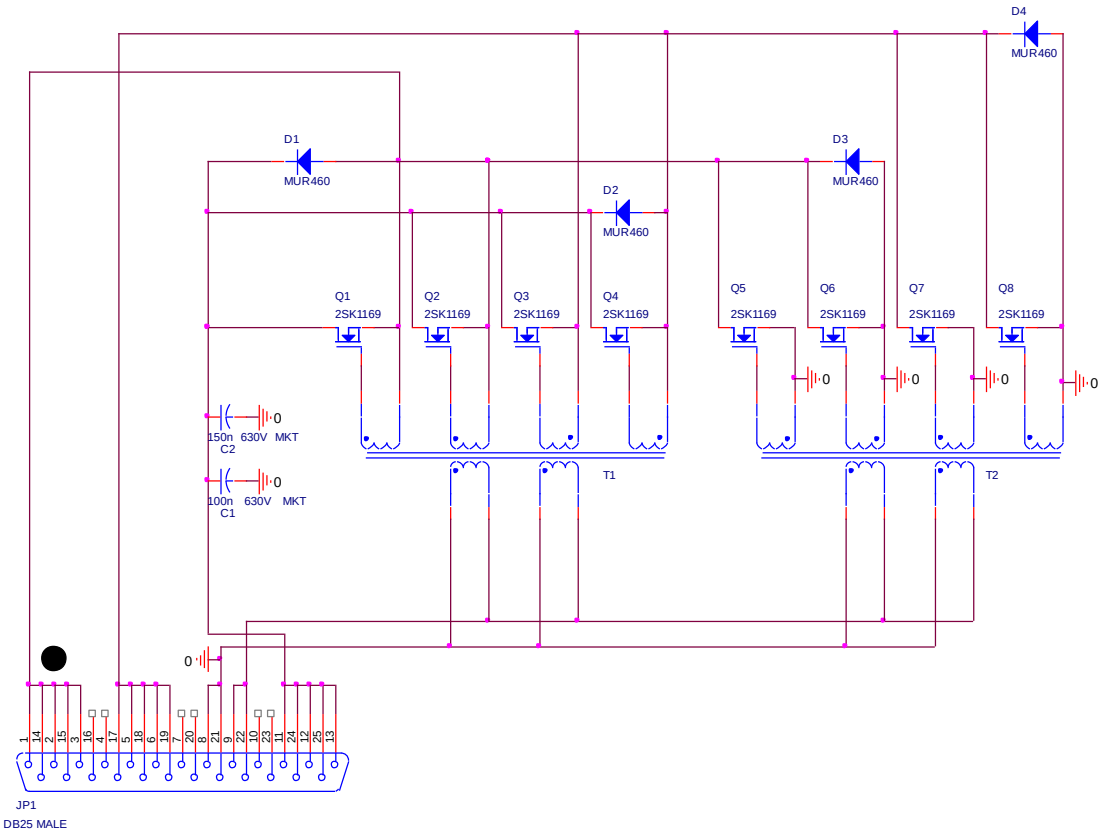
از سوی دیگر ولتاژ +B به دراین ماسفت ها می رسد و براساس آنچه در بخش اول بیان شد، عمل مدولاسیون صورت می گیرد.

شکل موج (۴۰) موج مدوله شده است که در خروجی فیلتر به مقاومت بار (آنتن) جهت پخش ارسال می شود.



شکل (۴۰) موج مدوله شده AM

شکل (۴۱) مدار کامل تقویت کنندهٔ RF را نشان می دهد که در سینی های قدرت فرستنده های نوتل نیز مورد استفاده قرار گرفته است.



شکل (۴۱) مدار کامل تقویت کنندهٔ RF

همانگونه که در شکل فوق ملاحظه می گردد، ترانزیستورهای Q1 , Q2 و Q7 , Q8 در پیک مثبت RF روشن می شوند و ترانزیستورهای Q3 , Q4 و Q5 , Q6 خاموش می باشند.

ولی در پیک منفی RF، ترانزیستورهای Q1 , Q2 و Q7 , Q8 خاموش می باشند و ترانزیستورهای Q3 , Q4 و Q5 , Q6 روشن می شوند و براساس آنچه که در بخش فوق بیان شد، عمل مدولاسیون صورت می گیرد.