

1kW LDMOSFET Endstufe für Kurzwelle

Eine Röhren PA ist zwar vorhanden, jedoch stören mich daran ein paar Dinge (lange Vorwärmzeit, Lüfter, Einstellungen bei Bandwechsel usw). Auch wenn damit geplante Wochenend-QSO Runden sehr gut gehen, sind spontane QSO oder „mal reinrufen“ mit mehr als 100W nicht möglich. Daraus entstand der Wunsch nach einer Transistor PA. Einschalten und sofort QSO fahren, das ist das Ziel.

Hinweis: in DL ist eine maximale Leistung von 750 Watt zulässig. Die Endstufe wird trotzdem für 1kW ausgelegt denn durch die Reserve nach oben steigt die Qualität des Ausgangssignals.

Vor so einem Projekt empfiehlt sich eine sorgfältige Recherche um Ideen und Informationen zu sammeln.

Möglichkeiten zur Realisierung:

Die erste mir bekannte Mosfet PA stammt aus den 90er Jahren und wurden von Arno DL9AH aufgebaut. Etwas später folgten weitere sehr ähnliche PAs (siehe auch DK6AE, DL4JAL und auch viele OMs im englischsprachigen Raum haben so ein Konzept umgesetzt). Hier werden sehr preisgünstige IRF510 Mosfets verwendet, und zwar sehr viele parallel um den benötigten Strom abdecken zu können.

Ich habe ebenfalls ein paar Experimente mit diesen Transistoren gemacht, die auf den unteren Bändern durchaus ganz gute Ergebnisse lieferten. Es gibt heute auch deutlich leistungsfähigere billige Mosfets welche ebenfalls hohe Schaltgeschwindigkeiten haben um zumindest bis zum 20m Band zu kommen. Das Hauptproblem ist es die Verlustwärme in den Kühlkörper zu bekommen. Die billigen Mosfets sind für Schaltbetrieb mit hohen Wirkungsgraden ausgelegt. Der Wärmewiderstand vom Chip zum Gehäuse ist einfach zu groß um die Verlustleistung im AB Betrieb (Ruhestrom x Versorgungsspannung) schnell an den Kühlkörper abgeben zu können. Beim Einsatz einer wahnwitzig großen Zahl von kleinen IRF510 wurde dieses Problem elegant umschifft, da jeder Transistor seine eigene (geringe) Wärme separat abgeben kann.

Vorteil dieses Konzepts: geringe Kosten für die Transistoren

Nachteil dieses Konzepts: sehr hoher mechanischer Aufwand und kaum mehr Verstärkung über dem 20m Band

Hauptsächlich aufgrund des hohen Aufwands habe ich weitergesucht und man stößt unweigerlich auf Kilowatt Endstufen mit LDMOSFET Transistoren. So ein LDMOSFET beherbergt 2 Mosfets in einem Gehäuse und es gibt Typen die mehr als 1kW schaffen. Das reduziert den mechanischen Aufwand ganz erheblich.

Bei der Suche nach Endstufen mit diesen LDMOSFETs merkt man sehr schnell dass einer vom anderen abschreibt, denn alle Konzepte ähneln sich wie ein Ei dem anderen.

Ein Platinensatz stammt von R3KBO bzw UA3QLC. Viele OMs die diese Platinen betreiben haben durchaus Erfolg, schreiben aber dass die Platine sehr heiß wird und es gibt einige Berichte über entsprechende Umbaumaßnahmen. Eine weitere Platine stammt von einem OM aus Israel und es gibt noch schöne Berichte aus USA von z.B. KF8OD und vor allem von meinem bevorzugten Konzept von W6PQL.

W6PQL hat meiner Meinung nach von allen das beste Layout. Die Leiterbahnführung würde ich schon fast als optimal bezeichnen. Schaltungstechnisch ist es wieder ähnlich zu den anderen Konzepten. Aus irgendeinem Grund hat er auf Schutzdioden verzichtet, das Risiko würde ich aber nicht eingehen wollen. Auch in DL gibt es viele OMs die sich mit dieser Technik befassen, als kleine Auswahl siehe bei: DK4SX, DL5OCD, OV-B26(DH3NAB) und viele andere mehr. Besonders hervorheben möchte ich den Bericht von PA0FRI (mit google übersetzen). Er hat sich enorme Arbeit gemacht und viele Kerntypen und Wicklungsmethoden getestet und sauber dokumentiert. Zu guter Letzt landet aber auch er wieder bei dem üblichen Konzept das auch die anderen benutzen, ein Konzept mit Rohrkernen welche mit Koaxkabel bewickelt sind.

Der Leistungs-Mythos:

In Youtube finden sich reichlich Berichte über LDMOS Endstufen. Hier wird mit Leistungen von bis zu 2kW gesprochen. Wer soetwas behauptet und auch vorführt macht etwas falsch. Ein weitverbreiteter Fehler ist es die Ausgangsleistung ohne Tiefpassfilter zu messen. Hierbei bekommt man astronomisch hohe Ausgangsleistungen da man alle Oberwellen mit misst. Die mit den vorliegenden Konzepten realisierbare Ausgangsleistung liegt auf den unteren Bändern bei maximal 1200 Watt und auf den höheren Bändern knapp über 900 Watt. Das ergibt sich aus dem Übertragungsverhältnis der Transformatoren und ist damit eine physikalische Grenze. Höhere Leistungen würden sich nur durch den Einsatz anderer Trafos realisieren lassen, da das aktuelle Konzept sowieso locker die 750W erreicht, kann man sich diese Arbeit sparen.

Die Entscheidung:

Ich werde ebenfalls LDMOS Transistoren benutzen und mich auch an das grundsätzliche Konzept der anderen Platinen halten, allerdings ein paar mir wichtige Ergänzungen vornehmen. Das Layout des Ausgangskreises werde ich nach W6PQL machen, besser geht es wirklich nicht.

Auf die Platine sollen zusätzlich:

- Relais zur RX/TX Umschaltung (keine Ahnung warum das alle anderen vergessen haben, und dafür immer eine zweite Platine brauchen)
- TVS Dioden im Eingang und Zenerdioden an den Gate-Anschlüssen (DK4SX hat das sehr schön gelöst).
- optionale Kompensationskondensatoren (W6PQL sagt dass man die nicht braucht, ich möchte es aber testen)
- eine noch steifere, besser abgeblockte Versorgung als es W6PQL sowieso schon gemacht hat.
- Änderung des Layouts so dass 1x LDMOS (wie bisher) oder 2x LDMOS Transistoren oder auch einzelne HF Transistoren eingebaut werden können. Das Layout wurde so universell gehalten, dass es für jeden Zweck als KW PA benutzt werden kann.
- Für den Einsatz von 2 oder 4 Transistoren wurden zwei getrennt einstellbare Vorspannungsregler vorgesehen
- Snubber Gate-Widerstände zur Dämpfung von wilden Schwingungen wie es bei Parallelschaltung von 2 Mosfets erforderlich ist (wird nur einer pro Zweig benutzt, kann der Widerstand gebrückt werden).
- mehr Platz für größere Ferrit-Trafos die auch locker bis 2kW funktionieren und damit bei 750W so gut wie kalt bleiben.

- extrem kräftiger Ausgangs-Balun
- Anschluss für ein externes Leistung-Dämpfungsglied am PA Eingang, nach dem RX/TX Relais
- optimiertes Layout für geringste Leitungsimpedanzen, damit für Ströme bis über 50A geeignet.
- der Shunt zur Strommessung wird ausgelagert, er sollte zur Kühlung irgendwo an die Gehäusewand geschraubt werden.
- Wahlweise Luftkühlung oder Wasserkühlung
- alle erforderlichen Anschlüsse für einen PA-Controller
- Anschluss für eine externe Sicherheits-Überstromabschaltung

Hier die Übersicht über das Komplettgerät:



Schutzeinrichtungen:

- Eingangs-Leistungsüberwachung. Schaltet die PA ab und warnt wenn der Eingang überfahren wird
- Überwachung ob das richtige Tiefpassfilter aktiviert ist
- Messung des Antennen-SWRs
- Stromaufnahme
- Spannung vom Netzgerät
- Kühlkörpertemperatur

sobald eine gefährliche Situation auftritt wird das 50V Netzgerät ausgeschaltet. Das 12V Netzteil bleibt in Betrieb um die Überwachungsfunktionen aufrecht zu erhalten.

LEDs:

- ON
- TX
- 160m
- 80m
- 60+40m
- 30+20m
- 17+15m
- 12+10m
- Temperaturfehler
- zu hohes Antennen SWR
- Überstrom
- Überspannung
- Filter-SWR zu hoch

Schalter:

- Ein/Aus
- Standby
- Fehlerreset

- Bandwahl (Auto, oder eines der Bänder, 7-stufiger Drehschalter)

Stromversorgung:

Netzteil 12V/1A für die Steuerung und die Relais Netzteil 50V/40A für die Endstufe. Netzteil mit Eingang zur Notabschaltung Kühlung:

Die ersten Tests haben gezeigt dass eine Luftkühlung für SSB ausreichend ist. Längerer Dauerstrichbetrieb (z.B. 10m FM) ist damit nicht möglich. Außerdem sollen alle lauten Lüfter aus dem Shack verbannt werden.

Daher:

Wasserkühlung: In die Kupferplatte, wo der LDMOSFET aufgelötet ist, werden auf der Rückseite Kanäle eingefräst und danach mit einem Deckel verschlossen. Anfang und Ende der Kanäle bekommen einen Schlauchanschluss.

Ob die Netzteile in die Wasserkühlung integriert werden können muss erst untersucht werden,

From:
<http://projects.dj0abr.de/> - **DJ0ABR Projects**

Permanent link:
http://projects.dj0abr.de/doku.php?id=de:kwldmospa:kwpa_overview

Last update: **2021/04/01 23:14**

