

SRPP+ multiplicateur d'impédance

La plupart des amateurs de musique classique ont entendu parler de la malédiction de la neuvième. La malédiction, qui a commencé avec Beethoven et a pris fin avec Chostakovitch, réclamerait la vie de tout compositeur qui a écrit une neuvième symphonie, les laissant morts peu de temps après son achèvement. Gustav Mahler, dans une tentative sournoise de tromper la mort, a intitulé sa neuvième symphonie *Das Lied von der Erde*, mais néanmoins est mort peu après avoir écrit sa Neuvième symphonie officielle. Eh bien, je suis très soulagé qu'il n'y ait pas de malédiction sur l'écriture sur le même circuit topologie neuf fois. Car il y avait, je serais en difficulté, comme je l'ai écrit sur le célèbre circuit SRPP au moins dix fois jusqu'à présent.

<http://www.tubecad.com/2007/04/blog0101.htm>

<http://www.tubecad.com/2005/February/blog0038.htm>

<http://www.tubecad.com/2005/February/blog0037.htm>

<http://www.tubecad.com/2004/blog0016.htm>

http://www.tubecad.com/articles_2002/SRPP_Deconstructed/SRPP_Deconstructed.pdf

<http://www.tubecad.com/december2000/page7.html>

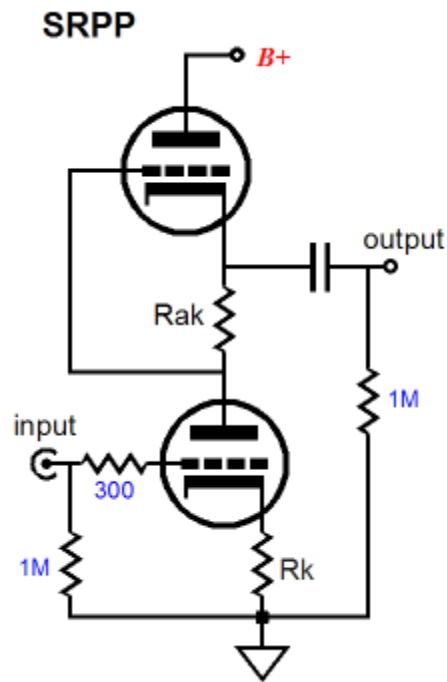
<http://www.tubecad.com/june2000/page16.html>

<http://www.tubecad.com/june2000/page6.html>

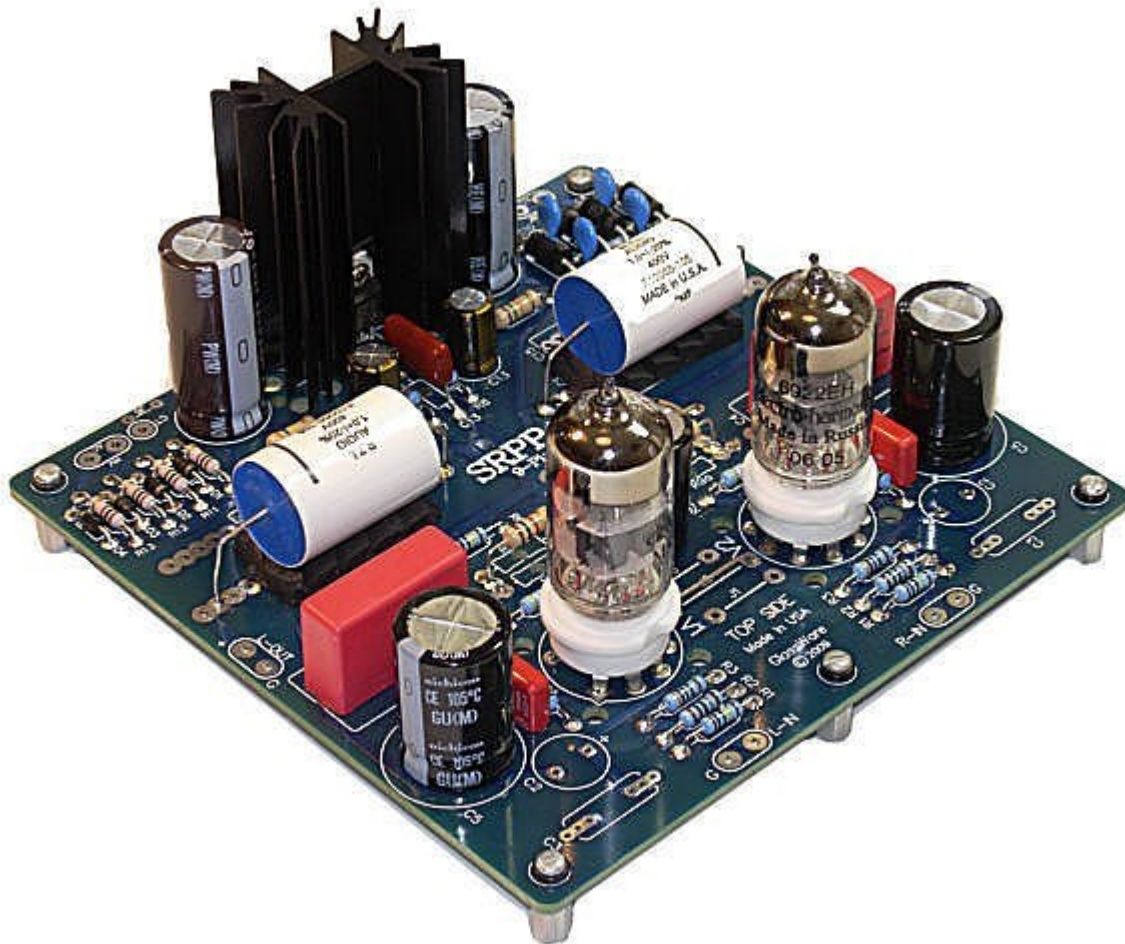
<http://www.tubecad.com/may2000/>

<http://www.tubecad.com/june99/page2.html>

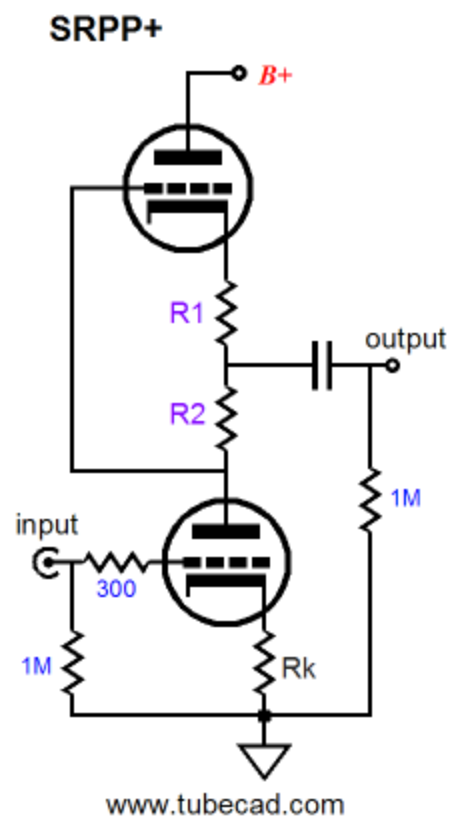
Au moins qui est autant d'instances que je pourrais facilement trouver via Google. Curieusement, avant d'effectuer la recherche, je l'aurais deviné que cinq était le total, comme je l'ai un peu en proie à croire partiellement l'épithète que beaucoup ont collé sur moi: Il est le gars anti-SRPP. En vérité, je ne suis pas anti quelle topologie, mais je suis très anti-ignorance en général et anti-irraisonnée, tel qu'il est appliqué à des circuits électroniques, en particulier, en un mot, si un circuit peut être conçu, il peut être compris et expliqué. (Avez-vous déjà remarqué que ceux qui prétendent compréhension complète de l'électronique de tube tout en affirmant que cette compréhension profonde est inexplicable sont souvent le même bâtiment boursiers et la vente de matos Tube audio haut de gamme?) Et je suis très anti-absolue-circuit, opposant toute réclamation de la perfection universelle. Il est pas le *parfait* qui me préoccupe; il est l' *universel*, la demande implicite de la perfection indépendant de (et sans rapport) quoi que ce soit d'autre. Le circuit qui a fonctionné à merveille comme phono pré-préamplificateur est pas susceptible de fonctionner aussi bien comme un amplificateur de caisson de basses, par exemple.



L'ironie ici est que je fus un énorme fanatique de SRPP au début des années 1980, en l'utilisant comme mon topologie clé et la promotion à qui voulait l'entendre, avant que je comprenne comment le circuit travaillait. Aujourd'hui, je suis beaucoup plus circonspect, attentif à ses actifs et passifs. Lorsque je me suis senti qu'il était le meilleur circuit pour une application particulière, je l'ai utilisé pour cette application. En d'autres termes, je ne suis pas anti-SRPP par tous les moyens. En fait, je l'ai récemment ressenti le ronger doux de nostalgie que je me souviens de mes années de collège, quand je l'avais construit un amplificateur casque SRPP base-6DJ8 pour mes tout à fait merveilleux [Sennheiser HD-414](#) écouteurs. Contrairement à la nouvelle HD-414 remake, les écouteurs originaux vantaient une impédance 2k, qui exigeait seulement un condensateur de couplage 6 μ F pour la bande passante jusqu'à 20 Hz. (Je utilisai mon HD-414s avec mes £ 200, cercueil taille subwoofer qui Crossover à 80 Hz, donc je ne besoin d'un condensateur de 1 uF; OTL avec condensateur de couplage 1 uF) Cet amplificateur de casque simple utilisé deux 6DJ8 / tubes 6922 et un 200V lourde alimentation et sonnait étonnamment douce. Simple, quand vous pouvez sortir avec elle-est grande. Ainsi, avec mon coeur, rempli de sentiments chaleureux floue, je décidai de jeter un nouveau PCB All-in-One qui a honoré le circuit SRPP, mais avec un plus.



Le petit plus prend la forme d'une variation topologique je suis venu avec il ya plus d'une décennie et qui apparaît dans le [numéro de mai 2000](#) du *Journal Tube CAD* .



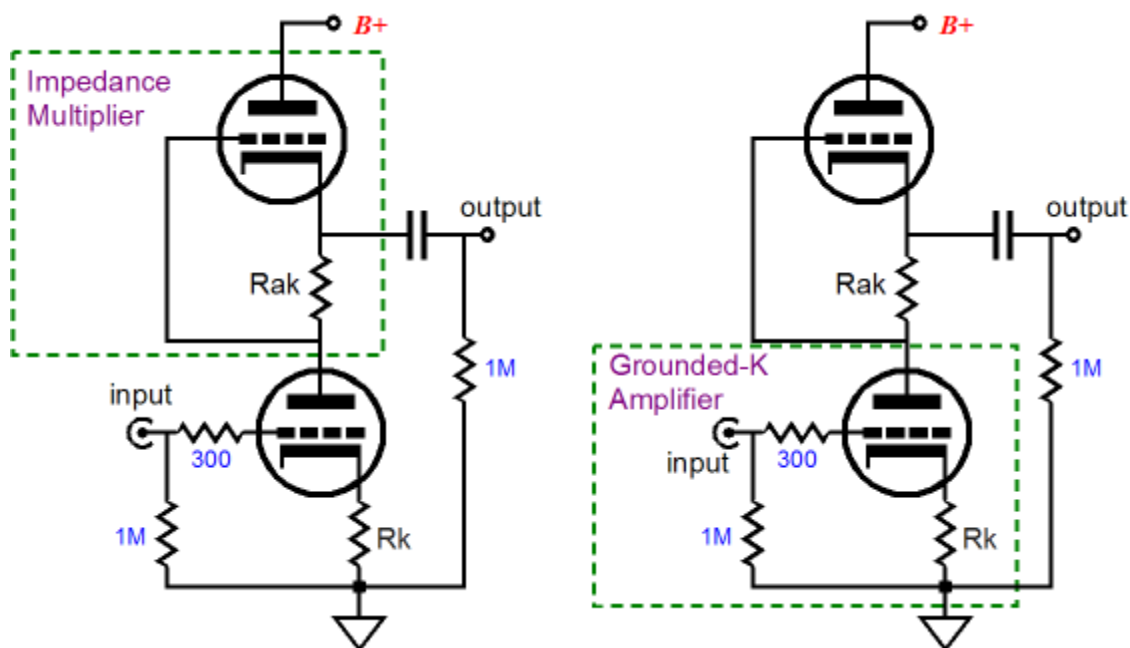
Avant d'expliquer la SRPP + topologie, nous allons faire un examen rapide de la façon dont un circuit SRPP fonctionne.

Le Secret Derrière la SRPP

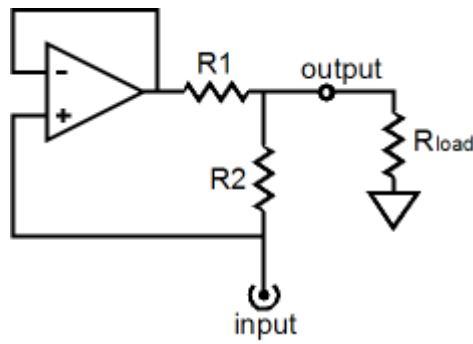
En dépit de son immense popularité et quelques éléments de circuit, peu de gens comprennent comment le circuit fonctionne SRPP. La première étape consiste à discerner ce que la fonction de la SRPP est. Par exemple, est-il un tampon de gain unité? Un amplificateur de tension? Un séparateur de phase? Un argument pourrait être faite pour tous les trois réponses, mais aucun ne se révélerait totalement satisfaisant. Oui, la SRPP semble englober un suiveur de cathode de sortes, rendant la réponse de la mémoire tampon de gain unité semblent au moins partiellement raison. Et il ne fournit gain, rendant la réponse de l'amplificateur de tension partiellement raison. Et il est capable de balancer des sautes de courant positives et négatives dans une charge au-delà de son courant de repos, ce qui rend l'opération push-pull et, par conséquent, faire une partie de la réponse séparateur de phase semblent raisonnables. Alors, quelle est sa fonction principale?

La réponse est que la SRPP est en fait *de deux* circuits élémentaires, non *un* . Il est composé d'un circuit qui contient un amplificateur mis à la terre facile à cathode qui fournit un gain de tension et une impédance multiplicateur qui ne soit ni un tampon à gain unité ni amplificateur de tension. Deux sous-circuits? La triode bas est configuré comme un amplificateur à la masse-cathode qui voit sa plaque chargée par une impédance de charge amplifié fourni par l'triode haut, qui est réalisé sous la forme d'une impédance-multiplicateur. Quelle est une impédance multiplicateur?

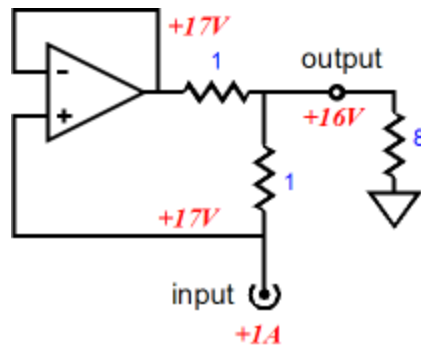
Une impédance est un circuit multiplicateur qui gonfle efficacement l'impédance présentée par la charge. Un doubleur d'impédance, par exemple, de doubler l'impédance effective de la charge externe; par exemple, 300 ohms seront reflétés comme étant 600 ohms. Ainsi, un courant de 1 mA dans l'impédance multiplicateur ne produira pas de la chute de tension de 0,3 V à travers la résistance de charge de 300 ohms, mais au lieu de 0,6V développera à travers la résistance. Pour autant que le tube inférieur dans la SRPP est concerné, la charge de 300 ohms est maintenant une charge de 600 ohms, ce qui signifie que plus le gain est maintenant réalisable par l'amplificateur cathode à la masse.



Nous allons arracher la partie impédance multiplicateur de la SRPP, afin que nous puissions l'examiner dans l'isolement, mais d'abord nous allons examiner une impédance multiplicateur conceptuel pur. Ce qui suit peut ressembler à un circuit OpAmp à l'état solide, mais le considérer comme un OpAmp idéalisé, dont la technologie est en soulignant indéterminée, peut-être étranger et inconnu sur notre planète, mais qui adhère à la notion d'un OpAmp parfaite: infinie boucle ouverte gain, infiniment faible impédance de sortie, et la bande passante de fréquence infiniment large, un véritable amplificateur de tension, apte à délivrer un courant dans une charge infinie.



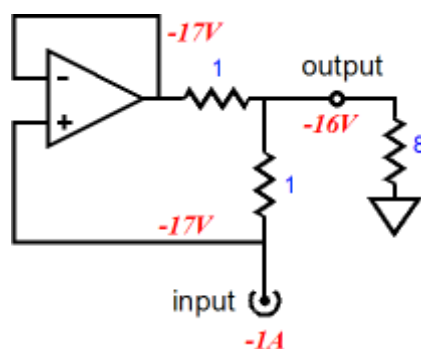
Les résistances R_1 et R_2 régler la multiplication d'impédance. Si ils égaux les uns les autres, la multiplication sera égal à 2, doublant l'impédance de charge. Utilisation de 1 ohm pour R_1 et R_2 et une charge de 8 ohms, nous allons examiner ce qui arrive quand 1A de positif va courant est appliqué à l'entrée de l'impédance multiplicateur.



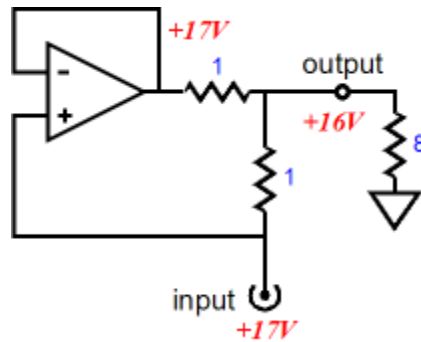
Normalement, 1A contre 8 ohms équivaut à une chute de tension de 8Vcc, mais dans notre circuit de la charge de 8 ohms voit 16Vdc développée à travers ses fils. Où est passé le 1A supplémentaire de courant vient-il? Le super OpAmp doit garder ses deux broches d'entrée, l'inversion et épingle non-inversion, à la même tension exacte. Qui dans cet exemple est seulement possible lorsque la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel est égale à la tension d'entrée présenté à l'entrée de l'impédance multiplicateur?

Attendez une minute, avons-nous pas tout simplement appliquer un courant de 1A à l'entrée, pas une tension continue fixe? Oui, en effet, mais dès que tout le courant circule dans l'entrée de l'impédance multiplicateur, une tension se développe à travers la résistance de charge et la résistance R_2 , qui apparaîtra alors également à la sortie de l'amplificateur opérationnel. Toute tension en phase sur la sortie de l'ampli op signifie que l'amplificateur opérationnel fournit également courant dans la charge. Comme nous pouvons le voir dans cet exemple, le OpAmp est servilement correspondant le 1A de courant dans la charge, doublant ainsi le courant dans la charge. (En d'autres termes, nous pourrions tout aussi bien penser à ce circuit l'impédance multiplicateur comme un circuit de courant multiplicateur.)

Si le courant d'entrée tiré vers le bas, plutôt que poussé vers le haut, la charge serait encore voir une chute de tension de 16 V, mais avec le courant circulant dans la direction opposée.



Qu'arriverait-il si nous avons appliqué une tension fixe à l'entrée de l'impédance multiplicateur, à la place d'un flux de courant fixe? En ce qui concerne la résistance de charge est concerné, pas beaucoup qui serait différent.



Une fois de plus, ce circuit fonctionne comme un multiplicateur d'impédance, de sorte que la tension 17Vdc fixe doit également impliquer un flux de courant de 1 A à partir de la source de tension externe. Eh bien, pourquoi n'a pas été appliquée 16Vdc, plutôt que 17Vdc; est pas deux fois 8 ohms égale à 16 ohms? L'impédance d'entrée-multiplicateur impédance ne correspond pas exactement deux fois l'impédance de charge égale, comme la résistance de la résistance R2 est en série avec l'impédance de charge doublé. Exprimé en une formule:

$$Z_{in} = R_2 + R_{charge} (R_1 + R_2) / R_1$$

Lorsque $R_1 = R_2$,

$$Z_{in} = R_2 + 2R_{load}$$

Alors que sur le thème de formules, nous pourrions aussi bien remplir les blancs, par exemple l'impédance de sortie et le circuit de "gain", comme on le voit par la charge. En supposant une source de courant en tant que la source de signal et en supposant que R_1 est égal à R_2 :

$$Z_o = \text{Infinity}$$

$$\text{Gain de tension actuel} = \times 2R_{load}$$

En supposant une source de tension à basse impédance de sortie en tant que la source de signal et en supposant que R_1 est égal à R_2 :

$$Z_o = R_1 \parallel R_2$$

$$\text{Gain de tension} = V_{in} \times 2R_{load} / (R_2 + 2R_{load})$$

Oui, en effet, il ya une perte de tension lorsque l'entrée de l'impédance multiplicateur est une tension fixe, que la résistance R_2 et deux fois l'impédance de charge de définir un diviseur de tension à deux de résistance. En fait il y a aussi une perte de sortes de tension lorsque le signal d'entrée provient d'une source de courant, que l'impédance d'entrée de l'impédance-multiplicateur est supérieur au double de l'impédance seulement de la charge, de sorte que la chute de tension aux bornes de R_2 représente une perte de tension. La meilleure voie à Voyage est celui qui évite de penser à «gain», comme le gain de tension est pas la fonction d'impédance multiplicateur, pas plus qu'elle est une résistance de.

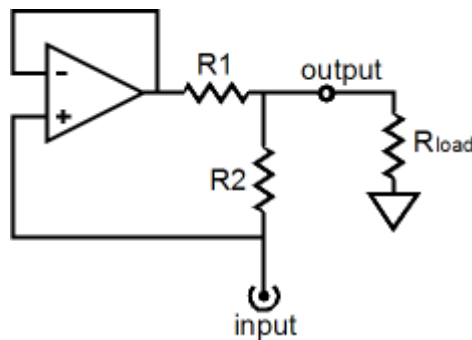
Le résultat intéressant est l'impédance de sortie comme on le voit par la charge. Avec une source de courant en tant que source de signal, l'impédance de sortie tend vers l'infini et l'impédance multiplicateur ressemble à un amplificateur de courant-sortie, comme le premier amplificateur Watt de Nelson Pass. Avec la source de tension en tant que source de signal, l'impédance de sortie est aussi faible que les résistances R_1 et R_2 en parallèle et de l'impédance multiplicateur ressemble à un amplificateur à tube, avec son faible facteur d'amortissement.

En d'autres termes, si vous êtes uniquement familier avec les amplificateurs de puissance de tension, le circuit d'impédance multiplicateur doit sembler très étrange en effet. Parfois, il agit en quelque sorte comme un amplificateur de puissance; à d'autres moments, un tampon de gain unité de toutes sortes, mais pas tout à fait. En outre, l'impédance de sortie d'un amplificateur de puissance est indépendante de l'impédance de sortie de la source de signal, tandis que la sortie du circuit multiplicateur-impédance est entièrement dépendant de l'impédance présentée à son entrée. Autrement dit, cesser de penser amplificateur de puissance; penser circuit impédance multiplicateur.

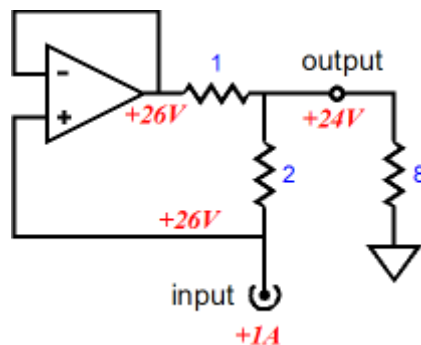
Anticiper les conditions de défauts possibles et intégrer des caractéristiques de sécurité. Par exemple, si le circuit impédance multiplicateur est alimenté à partir d'une source de courant, plutôt que d'une source de tension, un circuit ouvert à la sortie du circuit d'impédance multiplicateur sorts danger, que toute quantité de courant contre l'infini implique oscillation de tension infinie. (Voir [Blog 98](#) pour plus d'informations sur les conditions de défaut avec un amplificateur de courant-sortie.)

Higher-Ratio Impédance multiplicateur Circuits

Jusqu'à présent, seuls les circuits impédance multiplicateurs qui double l'impédance de charge ont été couverts. Nous passons maintenant à de plus grandes proportions impédance multiplication. Qu'advient-il si R2 est supérieure à R1 dans le circuit suivant?



La réponse évidente est que le OpAmp devra livrer plus de courant dans la charge de la source du signal d'entrée; mais combien plus?



Dans l'exemple ci-dessus, la résistance R2 est deux fois la valeur de R1, de sorte que le flux de courant à travers R2 doit être la moitié de celle à travers R1, comme les deux résistances voient le même différentiel de tension; Ainsi, le rapport actuel est égal à R2 / R1. Mais quelle est la multiplication d'impédance dans cet exemple?

$$Z = R_{charge} (R1 + R2) / R1$$

Cela nous permet de conclure que l'impédance d'entrée présenté par le circuit d'impédance multiplicateur est:

$$Z_{in} = R2 + R_{charge} (R1 + R2) / R1$$

Pendant que nous y sommes, le «gain» et Zo, en supposant une source de courant que la source de signal sont:

$$\text{Gain de tension actuel} = x R_{\text{charge}} (R_1 + R_2) / R_1$$

$$Z_o = \text{Infinity}$$

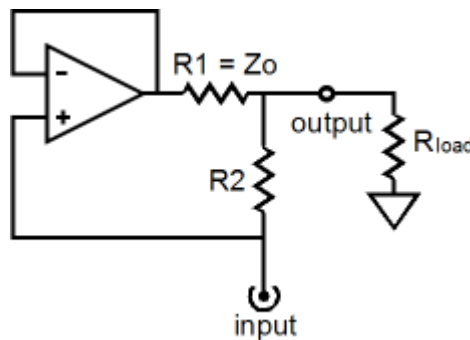
En supposant une source de tension à basse impédance de sortie en tant que la source de signal:

$$\text{Gain de tension} = V_{\text{in}} \times [R_{\text{charge}} (R_1 + R_2) / R_1] / [R_2 + R_{\text{charge}} (R_1 + R_2) / R_1]$$

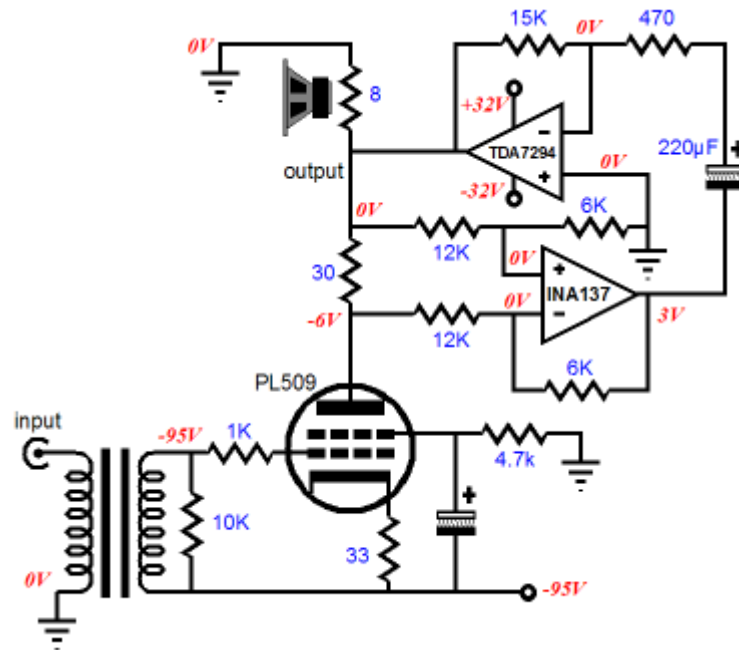
$$Z_o = R_1 \parallel R_2$$

Par ailleurs, si le ratio actuel est égale entre le circuit d'impédance multiplicateur et source de signal, puis les deux doit également contribuer à fournir de la puissance dans la charge. (Le circuit impédance multiplicateur ne chauffe que R_1 et la source du signal ne chauffe que R_2 .) Mais si le rapport est en faveur du circuit impédance multiplicateur, alors le circuit impédance multiplicateur doit être fournit plus de puissance dans l'impédance de charge. Par exemple, dans l'exemple de $R_1 = 1$ et $R_2 = 2$, la multiplication d'impédance est 3 et le circuit d'impédance multiplicateur délivre deux fois le courant que la source du signal fait dans la charge, de sorte que la contribution de puissance du circuit d'impédance multiplicateur doit être deux fois celle de la source de signaux. Dans ce même exemple, 24Vpk développe à travers la résistance de charge, le résultat de contre 3A 8 ohms, ce qui conduit à 36W de puissance (RMS) dans la charge, 24W impédance du circuit multiplicateur et 12W de la source de signal.

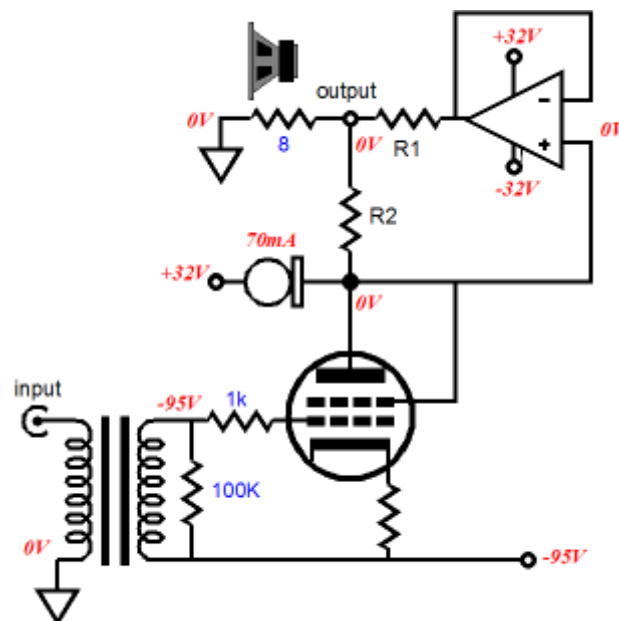
Cela soulève une question intéressante, Qu'advient-il si R_1 est égal à zéro ohms? Le rapport de multiplication d'impédance sera égal à l'infini et le circuit d'impédance multiplicateur doit livrer infiniment plus de puissance dans la charge de la source du signal. Ceci est impossible dans la réalité, bien entendu. Dans le monde réel, le circuit d'impédance multiplicateur contiendra toujours une résistance R_1 implicite dans la forme de l'impédance de sortie de l'amplificateur opérationnel, bien que cette impédance peut être étonnamment faible avec des amplificateurs modernes puissance à semi-conducteurs de haute puissance.



Bon, maintenant passer à la vitesse mentale et penser à Avril 2008, dans Blog 140, dans lequel je décris le [nouvel hybride SE OTL Design audioXpress Magazine](#).

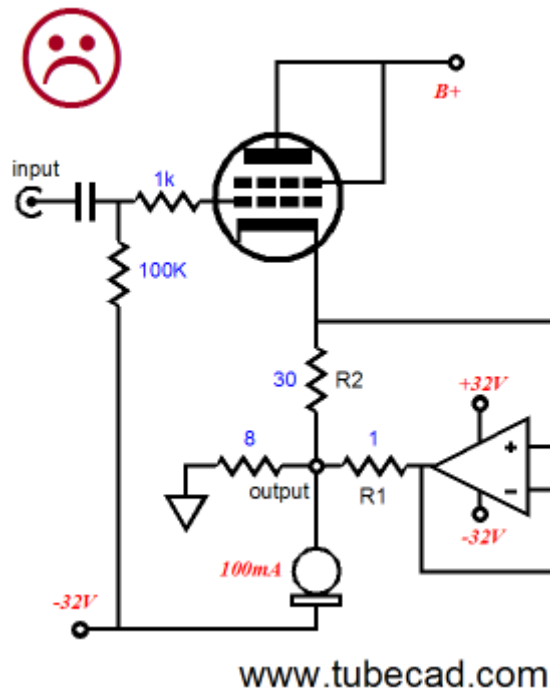


Amplificateur de puissance hybride AJ van Doorn utilise également un amplificateur de puissance à état solide à haute puissance et de faible puissance tube de SE pour fournir un gain de tension et une quantité wee de la puissance dans la charge. Avec quelques ajustements et beaucoup édition, nous nous retrouvons avec quelque chose comme ça.

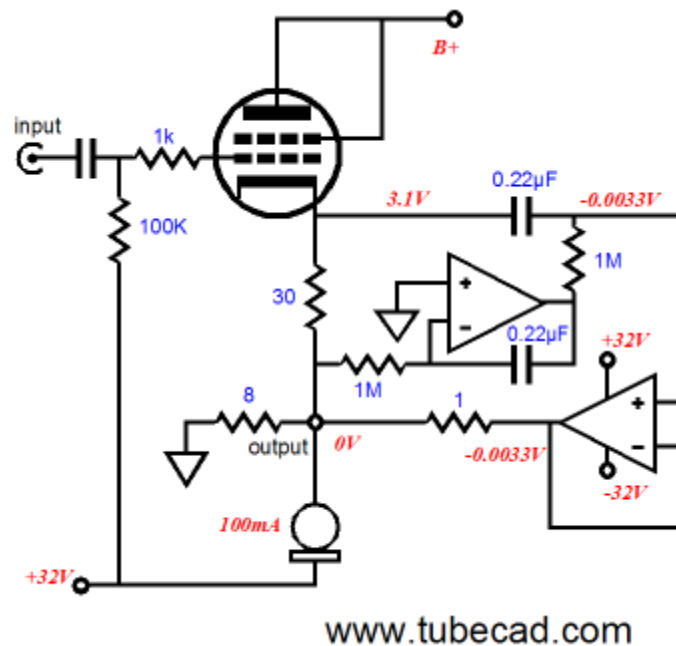


www.tubecad.com

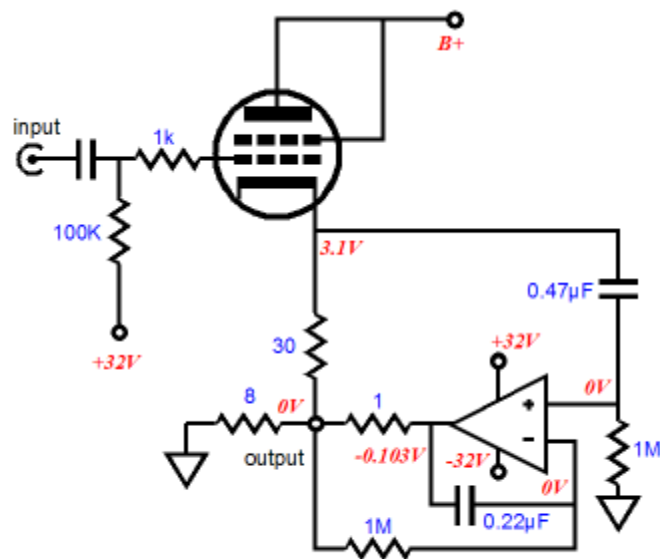
L'amplificateur illustré ci-dessus peut utiliser une triode à courant élevé, tel que le 6C33, ou pentode, tel que le 6LF6. Le tube travaillerait en single-ended, classe-A Mode, avec la source de courant constant charger sa plaque. Les résistances R1 et R2 devront être ajustés pour fournir la multiplication impédance optimale. Le transformateur d'entrée devrait offrir un grand rapport d'élévateur. Bien entendu, le transformateur d'entrée pourrait être éliminé, en même temps que le bloc d'alimentation négative, si on a utilisé un condensateur de couplage pour combler l'amplificateur à tube au circuit d'impédance multiplicateur, mais ensuite le tube de sortie exigerait une grande excursion de tension d'entrée à partir de la ligne amplificateur stade larvaire, quelque chose de la plupart des tubes font abondamment bien. L'impédance de sortie doit être incroyablement élevé, même avec une triode en place d'une pentode. En tournant ce circuit sur sa tête, nous pouvons utiliser un suiveur de cathode pour réduire l'impédance de sortie.



Pourquoi le visage malheureux? Le circuit ci-dessus souffrent de maux de décalage continu, et que la sortie de la cathode ne peut pas être à la fois un zéro volt, tandis que tout le courant circule à travers le tube. Une solution de contournement possible est d'ajouter une boucle d'asservissement DC qui orienter la sortie de l'amplificateur opérationnel de puissance à une tension légèrement négatif qui serait ensuite compenser le remorqueur positif du tube de sortie, résultant en 0V à la connexion de haut-parleur.

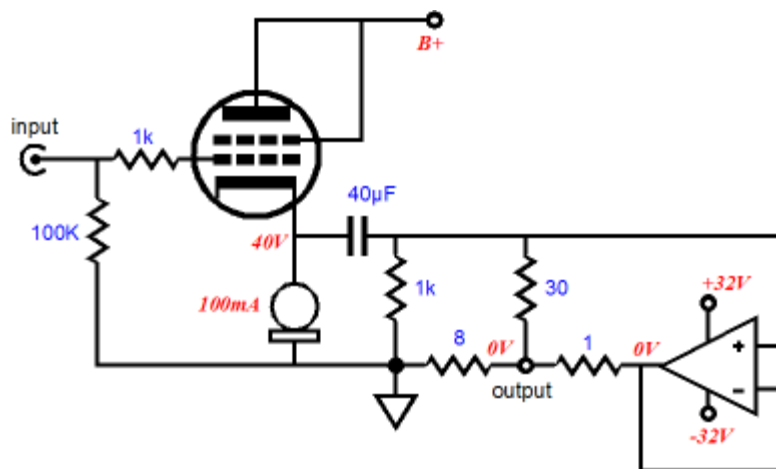


Le grand test pour toute solution possible consiste-t-elle à protéger le haut-parleur lorsque le tube est froid et pas encore conduire ou jiggled dans son alvéole, brisant son contact avec le reste du circuit? Dans cet exemple, je suis enclin à penser que tout va fonctionner. En fait, le seul problème que je vois est d'avoir à créer une puissance bipolaire alimentation séparée pour le OpAmp DC-servo, comme quelques-uns 8 broches IC OpAmps peut gérer 64V de tension d'alimentation. Alors, est-il possible de renoncer à la OpAmp supplémentaire?



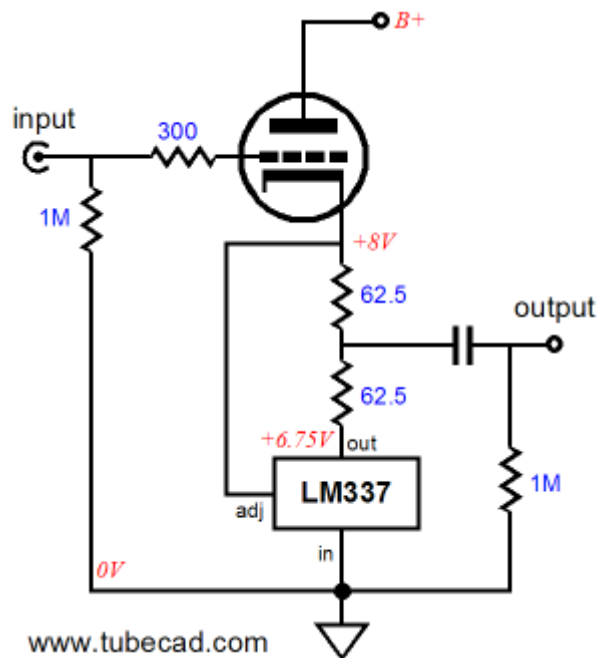
www.tubecad.com

Le circuit ci-dessus utilise la puissance OpAmp lui-même en tant que son propre asservissement à courant continu et quasi-source constante de courant du tube. Un aspect de cette et la variation précédente qui peuvent échapper à l'attention est de savoir comment courant de repos du tube est pas fixé à 100 mA, mais il doit être plus évident avec le présent dernière variation. La tension de polarisation de -32V et la résistance de cathode 30 ohms régler le courant de repos pour le tube de sortie. Cela pourrait se révéler une grande responsabilité avec quelques tubes; tubes haute-GM sont souvent assez écureuils en termes de courant de repos. La variation suivant réintroduit la source de courant constant et il va forcer le tube de sortie pour conduire un courant de repos déterminée, même avec des variations de la tension de la paroi ou du vieillissement du tube.



www.tubecad.com

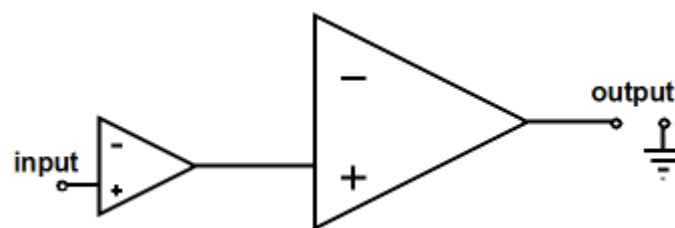
Ok, laissez-nous un peu de recul et de penser petit. Peu de gens ont de l'argent, l'expertise et le courage de construire un grand amplificateur de puissance. Comment pourrions-nous utiliser facilement un circuit impédance multiplicateur et un tube unique de construire une mémoire tampon de ligne à gain unité gentil? Le circuit suivant utilise un régulateur négatif réglable à trois broches tension reconfiguré comme un circuit d'impédance multiplicateur. Le LM337 cherche à maintenir une différence de tension fixe de -1.25V à travers son axe de réglage et sa broche de sortie. Sinon charge externe fixé aux deux résistances 62,5 ohms, cette tension fixe dans 125 ohms de la résistance serait de définir une source de courant constant de 10 mA. En d'autres termes, le tube doit procéder à 10mA de 10mA et seulement au ralenti.



Avec une impédance de charge et un signal d'entrée, cependant, la charge sera détourner le courant et la conduction du courant du tube peut balancer de 0A à 20 mA, tout comme le LM3337. La charge voit le delta de la conduction entre le tube et LM337. Ainsi, au ralenti, pas de courant dans la charge (ignorer le condensateur de couplage). Mais comme cathode des balançoires pour le tube vers le haut et le tube effectue plus, le LM337 mène également moins, donc la charge externe voit deux fois le swing actuelle que le tube ou LM337 voit; dans ce cas -20mA à + 20mA. En d'autres termes, nous avons une apparence asymétrique circuit (comme le SRPP) qui fonctionne dans un mode push-pull. Pour autant que le tube est concerné, l'impédance de charge externe a été doublé (plus 62,5 ohms) et sa caractéristique de distorsion est très asymétrique. En ce qui concerne le LM337, toute variation de la différence de tension doit être contrôlé en faisant varier le courant et LM337 ne sait pas où se soucie ou que le courant variable se retrouve aussi longtemps que la différence de tension de 1,25 V obtient.

Dans mon prochain post, je vais vous expliquer comment fonctionne le circuit ci-dessus en détail. Par ailleurs, attendre ce circuit à inventer dans un proche avenir (et breveté) par l'une des grandes entreprises de tube engrenages. Bien sûr, aucune mention ne sera jamais faite de moi ou le *Tube CAD Journal* et le nom donné au circuit sera quelque chose comme le Super-Lin Suiveur TM. Peut-être que je devrais préventivement grève et nommez-le «Inverted SRPP» ou quelque chose de plus fantaisiste, dire "Somersault Circuit." (Ma fille de quatre ans aimerait, comme elle m'a demandé l'autre jour: «Papa, ce qui est l'étymologie de Somersault? "Voilà ma fille!)

Amplificateurs de puissance-Booster



Maintenant, nous allons à nouveau commutateur engrenages et pensent revenir au sujet d'amplificateurs de puissance rappel, couverts de blogs [157](#) , [155](#) , [154](#) et [153](#) .L'idée derrière les amplificateurs de puissance rappel est que un petit amplificateur puces-puissance et un énorme, lourd, un amplificateur de puissance d'appoint sont mariés et le résultat est la capacité à amplifier considérablement la sortie de l'amplificateur Wimpy en centaines de watts. L'exemple commerciale était le pouvoir booster Musical Fidelity 550K, qui a présenté une charge de 50 Ohms pour le petit amplificateur de puissance. Je ne sais pas ce que le schéma 550K ressemble, mais je suis sûr que cela ne représente pas un circuit impédance multiplicateur vrai. Ce ne sont pas un défaut, juste une

observation. Maintenant, imaginez un grand circuit impédance multiplicateur capable de délivrer 500 watts dans un haut-parleur et d'imaginer un amplificateur de puissance tube OTL capable de délivrer 1Apk avec 100Vpk sautes de tension. Une telle OTL exigerait une charge de 100 ohms, ce qui le circuit d'impédance multiplicateur pourrait créer à partir d'une charge de 8 ohms. En d'autres termes, l'amplificateur à tube livrerait 1A et le circuit d'impédance multiplicateur à l'état solide permettrait 11A dans la charge de 8 ohms. Cela pourrait se révéler très intéressant, comme 12A est égal à 576W en charge de 8 ohms.

Ou encore, imaginez un haut-parleur qui a tenu une haute efficacité pilotes de tweeter et du médium, dire 96dB @ 2.8V, et une faible efficacité, 2 ohms, 10 pouces, woofer de voiture (ou quatre petits woofers de 8 ohms en parallèle) dans une acoustique enceinte de suspension, mais avec l'extension de basse profonde, profonde. Un tel haut-parleur ne pourrait jamais être simplement branché à un amplificateur de puissance classique, comme une charge de 2 ohms provoquerait déformation grossière de la plupart des amplificateurs. Mais si nous avons ajouté un circuit impédance multiplicateur pour que le haut-parleur, le woofer pourrait effectivement voir un quadruplement courant de signal, tout en présentant une charge de 8 ohms à l'amplificateur de puissance externe, ce qui l'amènerait efficacité jusqu'à le reste de le système. Peut-être juste la réponse à beaucoup de rêves de un audiophile tube épris; un petit haut-parleur avec basses puissantes et une grande efficacité. Certes, un tel haut-parleur aurait besoin d'être branché sur une prise murale, mais ce pourrait être une option, que [beaucoup voudraient imaginer qu'il était un design électrostatique](#) .



SRPP All-in-One PCB

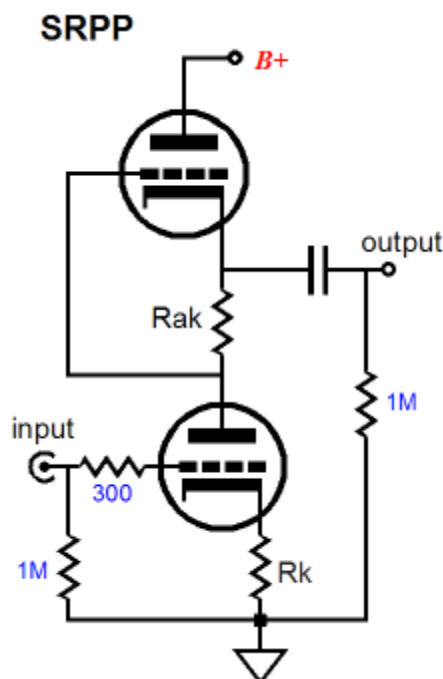
Une fois de plus, comme un témoignage de mon manque de sens des affaires de base, après de nombreux lecteurs ont renoncé, je mentionne maintenant que la SRPP All-in-One BPC sera mis en vente bientôt. Visitez le [magasin de verrerie Yahoo](#) .

Temps d'arrêter

, je suis toujours étonné par combien de temps ces inscriptions deviennent et de combien me reste non-dit. Et je dois beaucoup, beaucoup plus à écrire. Mais pour l'instant, cela devrait être suffisant pour la plupart des TCJers à digérer jusqu'à la prochaine fois.

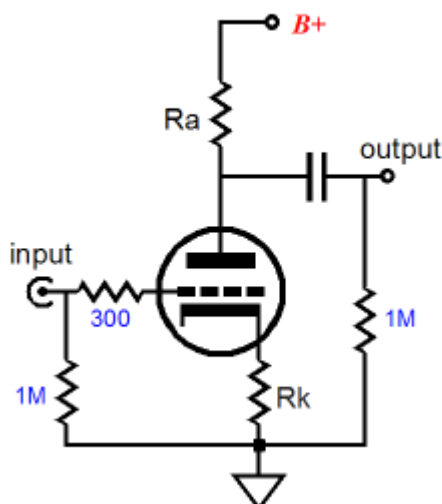
Première SRPP, Puis SRPP +

Dans la première partie , je promis qu'un regard plus profond dans la SRPP serait imminente. En un mot topologique, dans le circuit SRPP, une triode se dresse sur une autre, avec une résistance, R_{ak} , couvrant la plaque du tube inférieur et la cathode de tube supérieur. Habituellement R_{ak} égale la résistance de cathode de la triode bas, R_k . La sortie du circuit est prise à la cathode de tube supérieur. La grille de la triode fond reçoit le signal d'entrée et de conduction du courant du tube varie en réponse à la tension de signal. Cette variation de flux de courant du tube supérieur donne son signal de commande, que le courant circulant à travers le tube inférieur provoque résistance R_{ak} pour voir une tension variable à développer l'ensemble de ses conducteurs en réponse. Cette variation de tension est ensuite donnée à la grille de la triode sommet, qui à son tour procéder à une quantité variable de courant à la suite. Depuis la charge se connecte entre la cathode et la masse du tube supérieur, la charge fournit un chemin de courant pour absorber le delta du flux de courant entre le haut et tubes inférieurs.



Avait la sortie été prise au fond de la résistance R_{ak} , alors il n'y aurait pas de push-pull, comme le tube supérieur et de la résistance R_{ak} seraient définir efficacement une résistance de la plaque simple et le circuit se transforme en une simple variation sur l'amplificateur cathode à la masse, avec seulement un fonctionnement asymétrique.

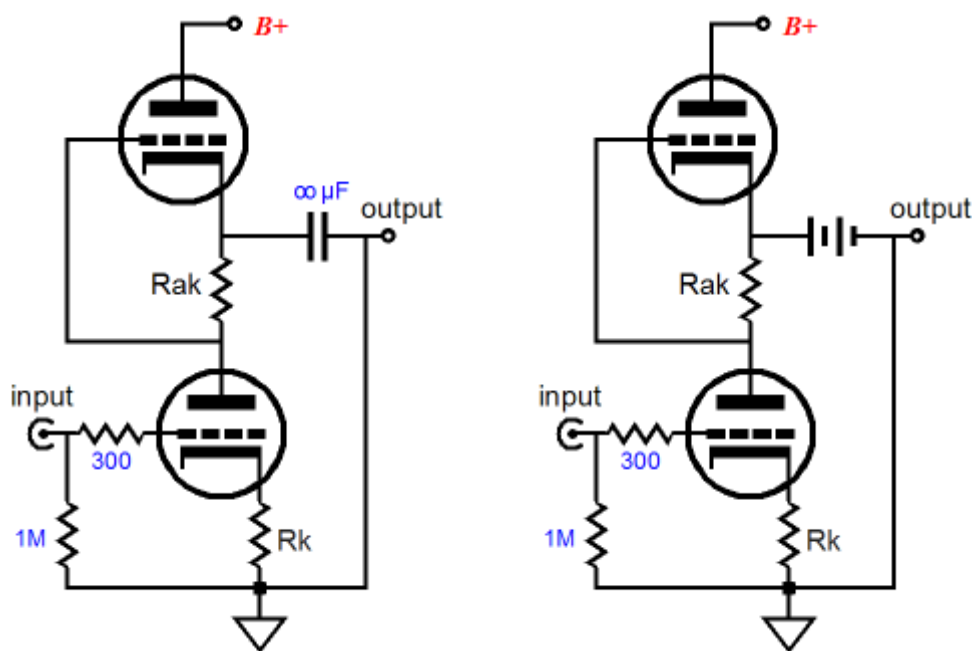
Grounded-Cathode Amplifier



Le point ici la clé, qui échappe à environ 95% des amateurs de tubes, est que d'une résistance de plaque simple (ou triode et la résistance Rak) dans un amplificateur cathode à la masse ne peuvent augmenter au-delà de conduction du courant de repos lorsque le tube inférieur fait aussi bien. En d'autres termes, quand le tube inférieur augmente sa conduction, la résistance de plaque profite d'une plus grande tension à ses fils et ses conduction courant augmente de manière correspondante. Mais dans un circuit SRPP, avec la sortie prise à la cathode de tube supérieur, la conduction du courant du tube supérieur *peut* augmenter, tandis que les baisses du tube inférieur. Étonnamment, la conduction du tube supérieur peut augmenter en dépit de voir une tension inférieure cathode à la plaque. Avec la résistance de plaque standard, moins de tension signifie toujours moins de courant. En d'autres termes, l'opération de SRPP est fondamentalement différent dans le fonctionnement de l'amplificateur à la masse-cathode.

Ceci est le point clé: juste parce que un circuit de tube détient un debout au sommet d'un autre tube ne fait pas ce circuit un SRPP. La [cathode suiveur Broskie](#), [cascode](#) et [blanc cathode suiveur](#), et les premier et deuxième étages de l'Aïkido détiennent tous deux tubes en série, mais aucun d'entre eux est un SRPP. (Si seulement je devais de l'argent pour chaque fois que l'Aïkido se décrit comme contenant un étage d'entrée de SRRP, je serais beaucoup plus riche. Absolument rien ne pousse et tire dans la première phase d'un Aïkido.)

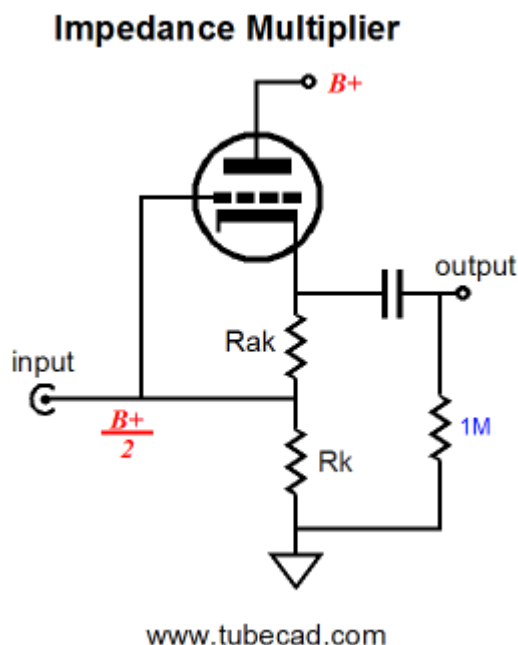
Bien entendu, si aucune charge extérieure fixe à la SRPP, il ne subit aucune opération push-pull, en tant que seul le trajet de courant à travers le circuit restant ne permettra pas un delta en conduction de courant de se produire. En d'autres termes, une charge externe ne soit pas essentiel à la terre à un amplificateur-cathode, mais il est à une SRPP. Tout comme dans un amplificateur Circlotron, la charge fait toute la différence.



En fait, la meilleure façon d'aborder la compréhension de la SRPP est de mettre la résistance de charge externe à zéro; qui est juste, 0 ohms. Bien sûr, court-circuitant directement la sortie d'un SRPP à la terre causerait toutes sortes de problèmes dans un circuit physique réelle, alors imaginez ce que le condensateur un couplage avec une capacité infinie est utilisée ou qu'une batterie haute tension est utilisé à la place du condensateur de couplage. Avec un tel agencement, la conduction en opposition de phase entre triodes supérieure et inférieure devient évidente. Comme le tube inférieur effectue plus, plus grande sera la chute de tension aux bornes de la résistance Rak, qui à son tour diminue la tension de grille sur le tube supérieur, ce qui provoque la conduction du courant à sa chute. Si le tube supérieur mène moins et le tube inférieur mène plus, alors la seule voie de courant pour la charge externe de ce dernier de l'augmentation de la conduction, qui est nul dans cet exemple.

Impédance-circuit multiplicateur de la SRPP

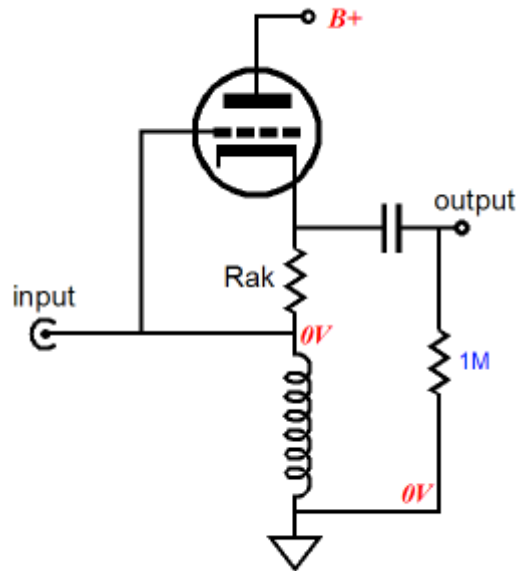
je l'ai dit dans le [dernier message](#) que le circuit SRPP composée de deux circuits primaires, pas un seul; ce qu'il est composé d'un circuit qui contenait un amplificateur mis à la terre et une cathode-circuit multiplicateur-impédance. Eh bien, nous allons tirer le circuit impédance multiplicateur de la SRPP et de l'examiner dans l'isolement. La première étape est de se débarrasser du tube de fond, la remplaçant par une seule résistance, R_k .



Le circuit ci-dessus ressemble un peu à un suiveur de cathode, mais il est pas un adepte de la cathode, si pour aucune autre raison que son impédance d'entrée est considérablement inférieur à un vrai disciple de cathode. Notez comment l'entrée se fixe à la fois le tube de grille et la résistance R_k . Voici un petit questionnaire: Que serait l'impédance d'entrée soit du circuit ci-dessus si l'impédance de charge externe était de zéro? La réponse est $R_k \parallel R_{ak}$. Ok, ce était trop facile. Que serait l'impédance d'entrée soit du circuit ci-dessus si l'impédance de charge externe étaient l'infini? La réponse est $[r_p + (\mu + 1) R_{ak}] \parallel R_k$.

Maintenant, la question est beaucoup plus difficile: Quel serait l'impédance d'entrée avec une impédance de charge externe qui se situe entre 0 et ohms de l'infini? La réponse est beaucoup plus difficile, mais si nous supposons que la résistance R_{ak} avait été soigneusement choisis pour fournir une impédance de doubler avec le tube sélectionné et la résistance de charge, alors la réponse est $(2R_{load} + R_{ak}) \parallel R_k$. Par ailleurs, le symbole " \parallel " signifie en parallèle avec, donc $X \parallel Y$ est égal $XY / (X + Y)$. Afin de se concentrer uniquement sur le circuit impédance multiplicateur, nous allons remplacer résistance R_k avec une inductance, une inductance parfaite qui déplace pas de tension DC, car il ne détient pas de DCR.

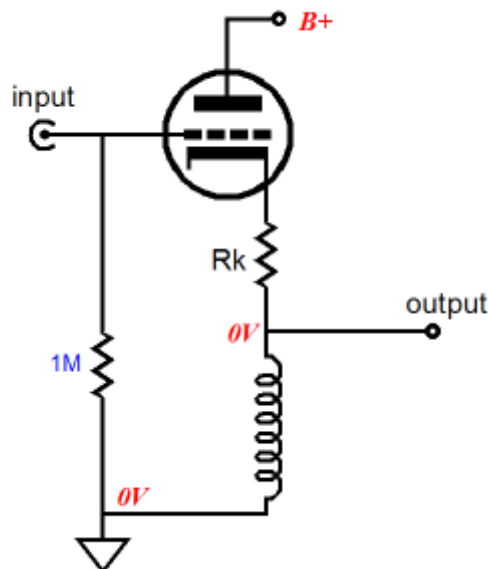
Impedance Multiplier



www.tubecad.com

Remarquez comment le starter éliminé non seulement le tube inférieur (ou résistance de grande valeur) mais aussi le DC embêtants décalage à l'entrée du circuit d'impédance multiplicateur. Maintenant, l'impédance d'entrée de ce circuit est égale à seulement $R_k + 2R_{load}$. Sans doute certains se demandent, pourquoi ne pas simplement faire un suiveur de cathode de la seule triode et faire avec elle?

Cathode Follower



Le suiveur de cathode offre des caractéristiques souhaitables, telles qu'une faible impédance de sortie et une impédance d'entrée ultra-élevée, dans cet exemple une impédance d'entrée de 1M. Mais le suiveur de cathode ne peut symétriquement balancer au-delà du courant de repos dans l'impédance de charge. Par exemple, si le courant de repos est 10mA et l'impédance de charge est de 10k, le suiveur de cathode ne peut balancer $\pm 10mA$ ou sautes de tension de $\pm 10V_{pk}$ dans 1k. Le circuit SRPP, d'autre part, compte tenu de la même charge et courant de repos, peut balancer $\pm 20mA$ ou sautes de tension de $\pm 20V_{pk}$ dans 1k, quadruplant efficacement la puissance délivrée dans la charge. Attendez une minute, comment est-ce possible? Nous nous sommes débarrassés de la triode fond, mais un inducteur ne pouvons courant balancer jusqu'à ralenti actuelle? Vrai, et je ne cherche jamais sciemment d'enfreindre les lois de la physique (et non lois sont violées ici).

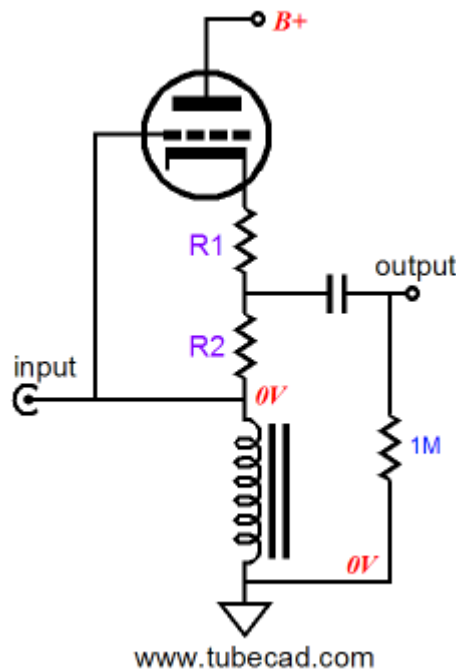
Le circuit impédance multiplicateur est pas quelque chose comme un suiveur de cathode, rappelez-vous; son impédance d'entrée est faible et dépend de la quantité de multiplication impédance et

l'impédance de charge externe. Alors, quand ce circuit impédance multiplicateur balance négative 20V dans la charge de 1k, balançant ainsi -20mA, l'inductance tire -10mA et la source de signal fournit l'-10mA supplémentaire.

Inversement, lorsque cette impédance-circuit multiplicateur fluctuations positives 20V dans la charge 1k, pivotant ainsi + 20 mA, l'inductance subit pas de changement dans le flux de courant à partir de -10mA et la conduite triodes + 20 mA et la source de signal fournit le + 10 mA supplémentaire, de sorte que le -10mA + 20mA + 10mA + 20mA égale.

SRPP + Versus Plaine-Jane SRPP

La SRPP + différerait de la SRPP générique en utilisant deux résistances à la place du simple R_k résistance de la SRPP. Ainsi, nous devrions intégrer l'amélioration dans le circuit impédance multiplicateur inductance-chargé.

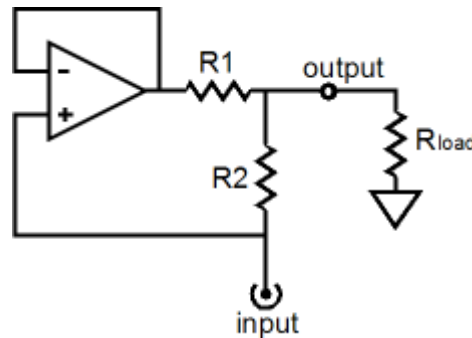


Pourquoi la résistance supplémentaire si important? Il nous "tune" la SRPP à différentes impédances de charge permet. Tout comme nous avons utilisé deux résistances pour régler le rapport impédance multiplicateur dans le circuit impédance multiplicateur idéalisée, nous devons également deux résistances d'un circuit d'impédance multiplicateur à tube. Comme vous l'aurez deviné, en raison du faible transconductance de la triode, r_p , et μ limitée, les formules simples pour le circuit impédance multiplicateur idéalisée doivent être substantiellement modifiées pour se conformer au fonctionnement réel du tube.

Par ailleurs, la SRPP générique a également tenu deux résistances entre les deux triodes, mais son R_1 était invisible à ceux qui ne voient de leurs yeux. (Dans une vie antérieure, je dois avoir été un maître zen ou d'un homme de la médecine indienne américaine, car de tels énoncés incompréhensibles et paradoxales viennent naturellement à moi.) La résistance R_1 était implicite dans la forme de l'impédance du tube supérieure à sa cathode, qui a égalé r_p / μ (1 / g). Cette impédance effectivement créé la R_1 manquant. Ainsi, pour R_1 avoir complètement disparu, le tube supérieur doit avoir offert transconductance infinie; pas probable. Amplificateurs de puissance à semi-conducteurs venus assez près pour le travail du gouvernement, mais pauvres petits triodes avoir un moment difficile rassembler un maximum d'environ 40 mA / V de GM.

Par exemple, un circuit Plaine-Jane SRPP base-6922 6DJ8 / titulaire d'un R_1 implicite d'environ 100 ohms, comme GM de la triode est d'environ 10 mA / V. Si la valeur de R_k été fixée à 100 ohms, le circuit d'impédance multiplicateur au sein de ce circuit SRPP serait effectivement doubler l'impédance de charge, comme R_1 et R_2 (R_k) serait égal.

(En passant, nous pouvons voir la transconductance de tout amplificateur de puissance comme l'inverse de ses moments d'impédance de sortie de son gain, peu importe comment simple ou complexe de l'amplificateur, tant qu'il est un amplificateur de tension. "Attendez une minute," vous pouvez dire «Je ne vois jamais impédance de sortie sur les fiches techniques, seulement facteur d'amortissement." Facteur d'amortissement est égale à l'impédance de charge [habituellement 8 ohms] divisée par l'impédance de sortie de l'amplificateur; ainsi un amplificateur, avec un facteur d'amortissement de 80 ans, a une impédance de sortie de 0,1 ohms. Si le gain est de 10, alors sa transconductance correspond à $10 / 0,1$, ou $100A / V$. Maintenant vous pouvez voir pourquoi un mort court à sa sortie est si dangereux.)



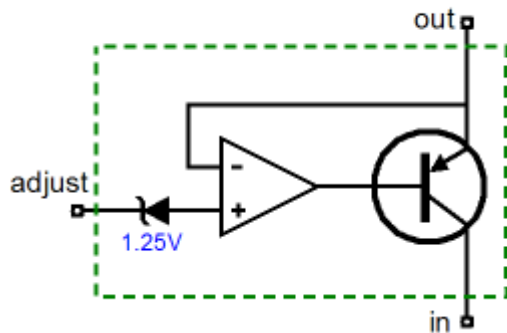
Revoyons rapidement un circuit impédance multiplicateur idéalisé. Les résistances R1 et R2 régler le rapport d'impédance du circuit de multiplication. Lorsque R1 est égal à R2, le circuit d'impédance multiplicateur sera effectivement doubler l'impédance de charge. Notre circuit idéalisé impédance multiplicateur peut balancer énorme tension et les sautes de courant dans une charge tout en dissipant pas de chaleur au ralenti; il est idéal, après tout. La SRPP à tube est pas aussi chanceux, car il doit exécuter son circuit impédance multiplicateur interne dans une stricte classe A en mode push-pull, dans lequel le courant de sortie de crête est égale à deux fois le courant de repos. Donc, la version à tube doit lutter pour les sautes de courant positives et négatives égales, ce qui signifie que son rapport optimal impédance multiplicateur est 2. Pourtant, nous ne pouvons pas simplement faire R1 et R2 égale, que l'impédance de la cathode de la triode supérieure doit être ajouté à R1 de valeur pour obtenir la «vraie» valeur R1. (Fait intéressant, l'impédance de la triode fond à sa plaque seule influence de l'impédance de sortie du circuit d'impédance multiplicateur, mais n'a aucun effet sur les valeurs R1 et R2.)

Le circuit impédance multiplicateur à tube doit composer avec la contribution implicite à la valeur de R1 et sa propre r_p et l'impédance de charge influencer les résultats. Donc un circuit impédance multiplicateur universel, celui qui est indifférent à l'impédance de charge, est impossible à réaliser avec une seule triode. Notre circuit impédance multiplicateur idéalisée ne souffre pas de ce problème, comme son OpAmp de puissance n'a présenté aucune résistance série R1, ayant une impédance de sortie infiniment faible et un gain de l'unité parfaite. En d'autres termes, nous devons compter sur des formules et une bonne quantité de réelle peaufinage de matériel pour définir les valeurs R1 et R2 dans un circuit réel SRPP +. Mais avant de nous lancer dans cette aventure mathématique, permet d'examiner les circuits multiplicateurs impédance différentielle pour obtenir une meilleure compréhension de la façon dont ce roman fonctions de circuit.

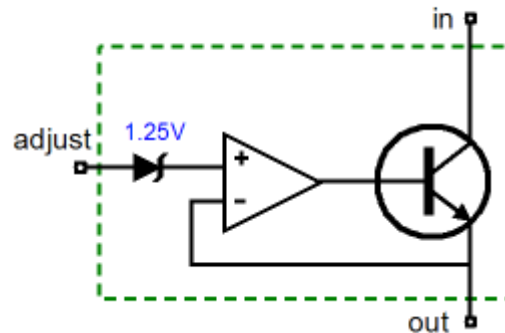
Variations Solid-State Impédance-circuit multiplicateur

Les circuits suivants font usage de trois broches, régulateurs de tension réglables. Ces petites merveilles contiennent un transistor de puissance, une référence de tension, et un ampli op. Le OpAmp voit une référence de tension de 1.25V en série avec entrée positive, qui permet aux organismes de réglementation pour être utilisés dans de nombreuses configurations différentes, de régulateurs de tension réglables à des sources de courant constant à circuits AC-tondeuse.

LM337 Equivalent Circuit



LM317 Equivalent Circuit

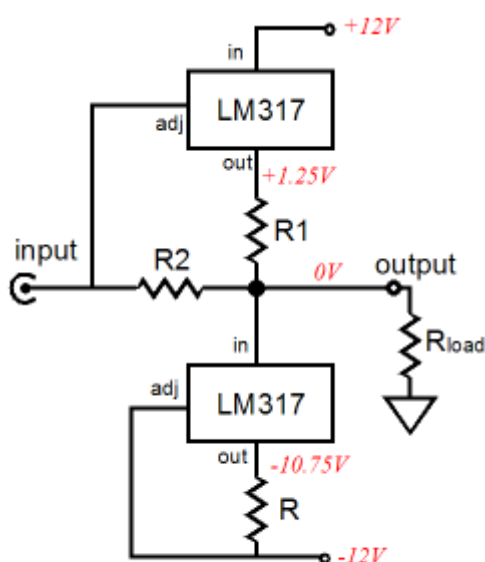


Les deux circuits d'impédance multiplicateurs suivants utilisent le régulateur positif LM317 et LM337 régulateur négatif à titre d'exemples, mais ne sont en aucune manière limitée à ces dispositifs.

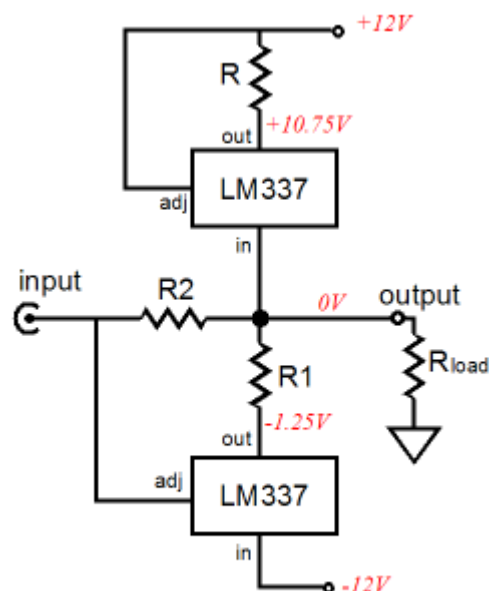
Dans les deux exemples, un circuit d'impédance multiplicateur est chargé par une source de courant constant, parce que les régulateurs à trois broches sont un peu comme une seule triode ou transistor ou MOSFET en ce qu'un seul appareil doit être utilisé de classe-A. Aussi dans ces exemples, les résistances R1 et R doivent être égaux, que nous voulons l'entrée et la sortie du circuit d'impédance multiplicateur pour être centrés au potentiel de terre. Réglage du courant de repos est aussi facile que la formule suivante implique:

$$I_q = 1,25 / R1$$

Une fois de plus, un peu comme le circuit SRPP à tube, si nous voulons l'égalité pointe sortie symétrique sautes de courant, alors R2 doit être égale à R1. D'autre part, si nous ne devons pas les plus grandes sortie symétrique sautes de courant, nous pouvons établir un rapport différent impédance multiplicateur. Par exemple, disons que nous possédons un lecteur MP3 qui fonctionne bien dans ses écouteurs 32 ohms, mais tourbières nettement vers le bas dans un casque de 8 ohms inefficaces. Eh bien, l'un des circuits ci-dessous fixés à un rapport impédance-multiplicateur de 4 ferait un bon candidat pour aider le lecteur MP3 le long, comme un casque de 8 ohms apparaîtraient comme casque 32 ohms à la prise casque du lecteur MP3.

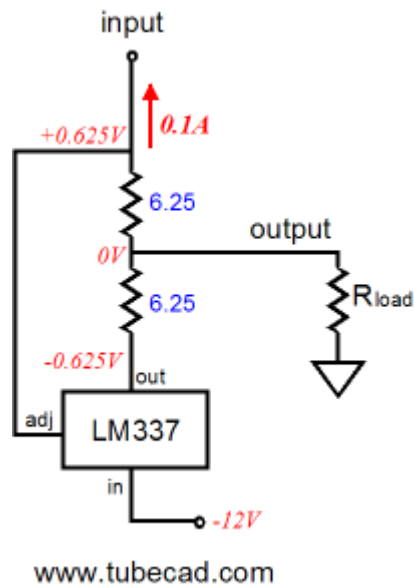


www.tubecad.com

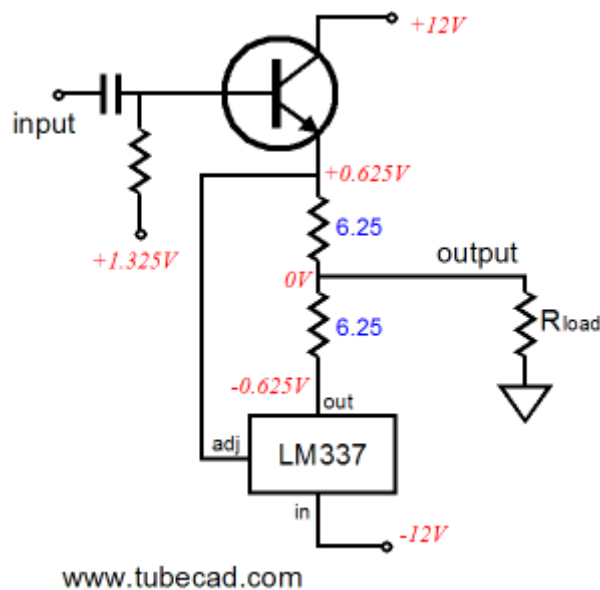


www.tubecad.com

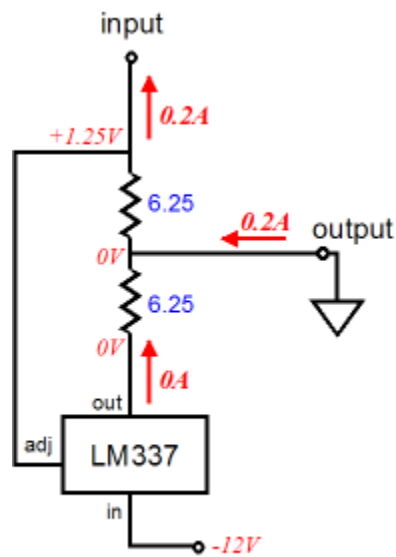
Peut-être que je saute avance rapidement. Revenons en arrière un peu et examiner la tension et les relations actuelles au sein d'un circuit d'impédance multiplicateur basé sur LM337.



Le circuit ci-dessus est dans son état de repos, au ralenti, le dessin 0.1A (ou 100mA), aveugle à la charge externe, que la charge tire pas de courant. Comment ce circuit conduite sans chemin peut attaché à son entrée qui ramène à la terre? Il ne peut pas conduire, mais on peut supposer qu'il ne se fixe à une source de signal et que cette source de signal fournira un chemin de courant pour le 0.1A de courant, telle que la suivante.

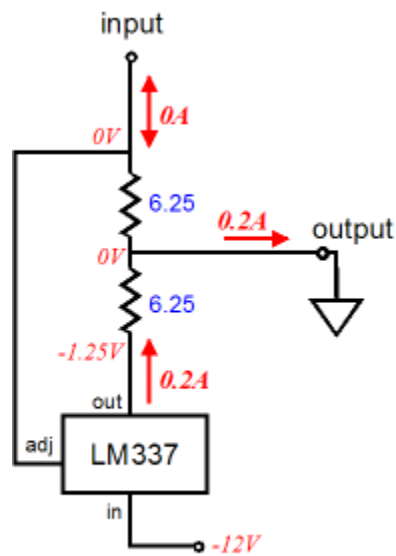


Par ailleurs, le transistor pourrait être remplacé par un FET, triode, pentode, MOSFET, IGBT ... Les deux résistances 6,25 ohms se combinent pour former une résistance de 12,5 ohms qui définit le courant de repos à 0.1A, que $1,25V / 12,5 = 0.1A$. Maintenant, pour le reste des exemples, on suppose que le transistor / triode / MOSFET est en place, mais pas représenté. Nous allons également commencer avec une résistance de zéro ohm de charge, morts court à la terre en d'autres termes. Le schéma suivant montre la tension et les relations actuelles lorsque le transistor augmente sa consommation de courant de 100mA à 200mA. Notez comment le LM337 a été désactivé, que toute circulation de courant à travers elle sera accru le différentiel de tension supérieure à 1.25V entre ses broches d'ajustement et de sortie. La charge (sol) ne voit 200mA du courant à travers elle à travers la résistance supérieure de 6,25 ohm ensuite à travers le transistor / triode / MOSFET au rail + 12V de l'alimentation. Notez que le transistor seulement augmenté sa conduction par 100mA sur son courant de repos et la charge a connu une balançoire courant de 200mA.



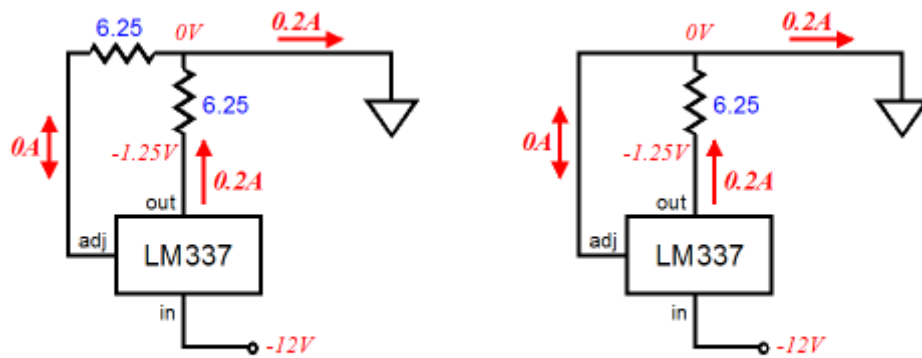
www.tubecad.com

Ensuite, nous allons inverser les relations actuelles.



www.tubecad.com

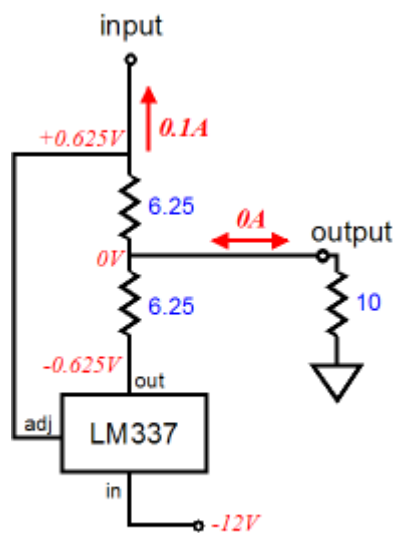
Maintenant, le transistor a été coupée et tire pas de courant, laissant à la LM337 pour augmenter sa conduction de faire la différence. Notez comment le 200mA du courant couler maintenant dans la direction opposée jusqu'à terre. Notez également comment la même différence de tension de 1.25V obtient entre ajustement et de sortie sur les repères de la LM337, comme il l'a dans tous les exemples précédents. En ce qui concerne la charge externe (au sol) est concerné, une source de courant constant 200mA vient pont sur le rail d'alimentation de 12V, ce qui les schémas suivants montrent clairement. Une seule résistance de 6,25 ohm voit toute circulation de courant, donc nous imaginer facilement qu'il a été remplacé par un cavalier.



www.tubecad.com

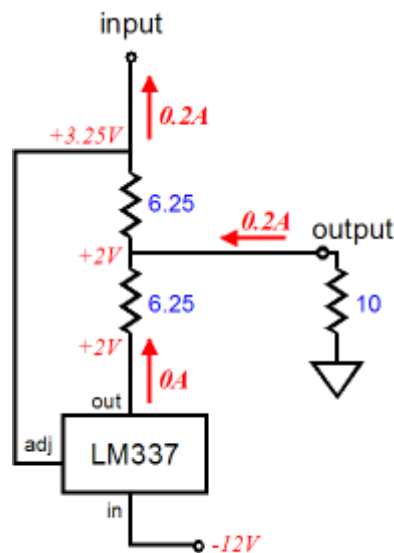
Avant de lire plus loin, s'il vous plaît assurez-vous que vous comprenez vraiment ce qui a été indiqué dans les paragraphes précédents. Examiner comment le différentiel de tension de 1.25V est toujours présente entre l'ajustement du LM337 et broches de sortie et comment la direction a changé de courant à travers la charge externe.

Prêt? D'accord, nous passons maintenant à des exemples qui détiennent une charge externe 10 ohms.



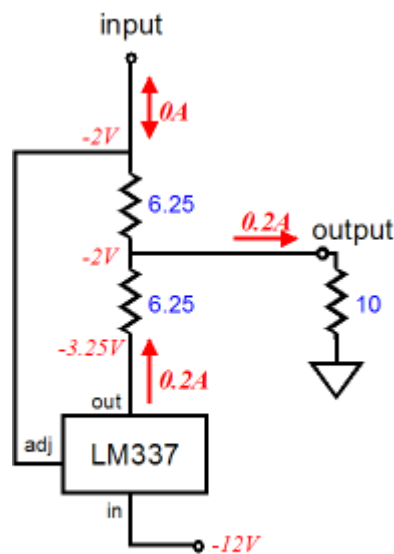
www.tubecad.com

Au ralenti, rien n'a vraiment changé par rapport à l'exemple de charge est égal à zéro, car aucun courant ne circule à travers la résistance de 10 ohms. Mais quand le transistor augmente sa consommation de courant de 100 mA à 200 mA, le LM337 éteint et la charge de 10 ohm voit 200 mA de courant circulant à travers elle, qui se développe une chute de tension de 2 V à travers la résistance.



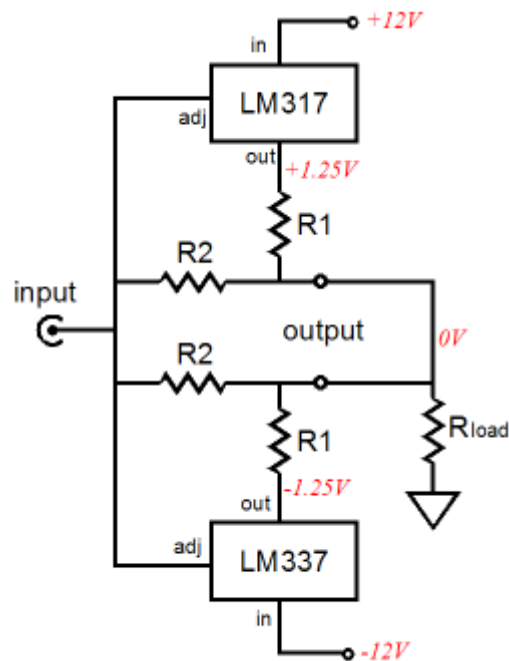
www.tubecad.com

Maintenant, nous faisons l'inverse et le transistor coupe et tire pas de courant, de sorte que le LM337 devons augmenter sa conduction à 200mA pour compenser la différence. Notez comment le courant circule maintenant dans la charge change de direction, comme les sautes de sortie du circuit d'impédance multiplicateur bas pour -2V. Notez comment la sortie était resté bloqué à zéro volt lorsque la charge est égale à zéro ohms. Le plus l'impédance de charge, plus les sautes de tension. En tout temps la même différence de tension de 1.25V obtient entre ajustement et de sortie les broches du LM337



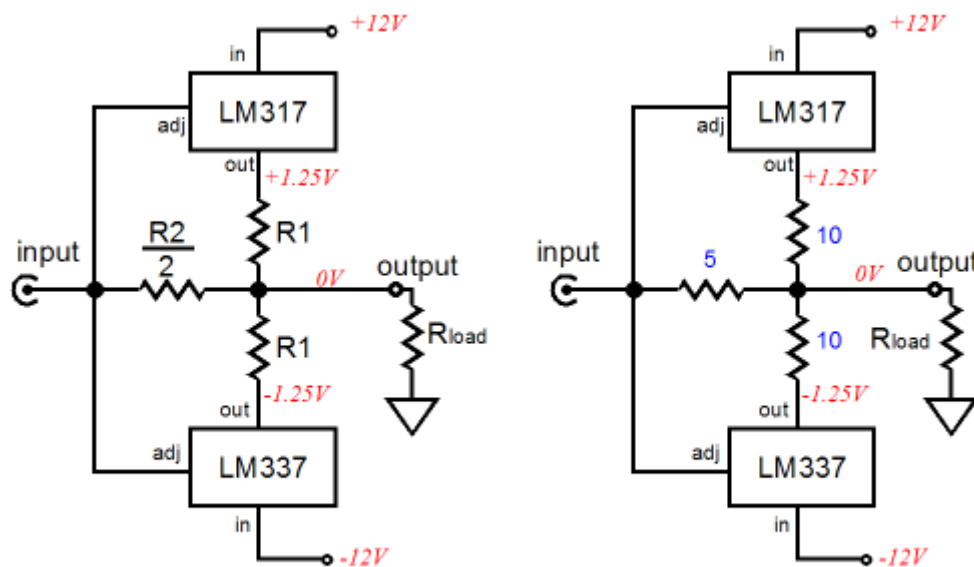
www.tubecad.com

Nous avons vu comment nous pouvons faire un circuit impédance multiplicateur sur soit CI régulateur de tension positive ou négative. Qu'arriverait-il si nous avons construit un de chaque, puis de les mettre en parallèle, les entrées et sorties liées ensemble?



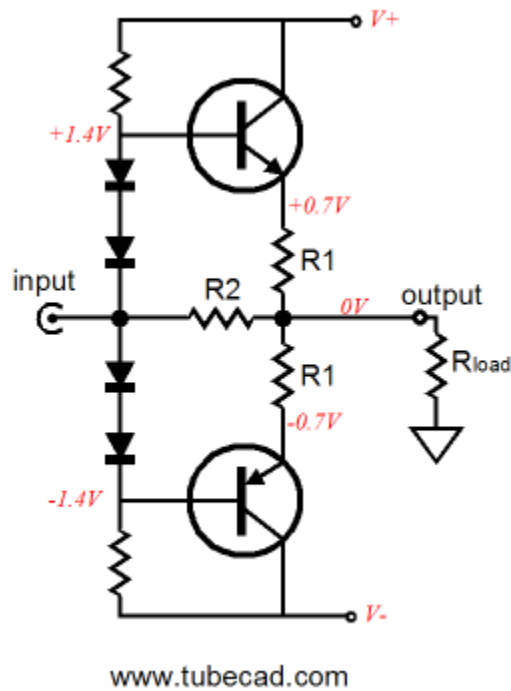
www.tubecad.com

Notez comment nous avons plus besoin de fournir le courant de repos lourde à travers une source de courant constant ou la source du signal, que chaque circuit impédance multiplicateur complète le trajet de courant pour son partenaire. A noter également la façon dont les deux résistances R2 sont effectivement en parallèle, ce qui signifie que nous pouvons sortir avec juste une résistance.

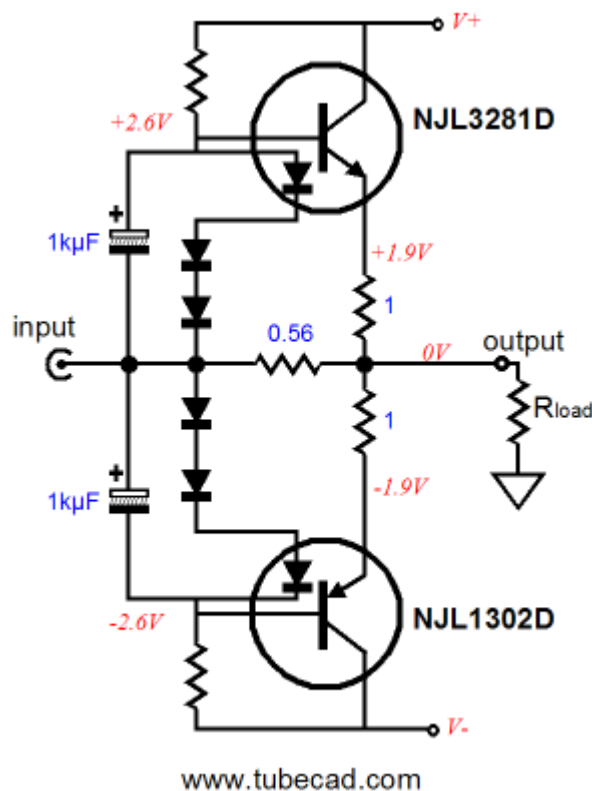


www.tubecad.com

Dans le schéma à gauche ci-dessus, nous voyons la résistance R2 unique en place; dans le droit-dessus, nous voyons quelques valeurs de résistance réels. En passant, si vous reconnaissez quelque chose qui ressemble à un étage de sortie à l'état solide dans cette topologie, alors le schéma suivant devrait ressembler encore plus familier.

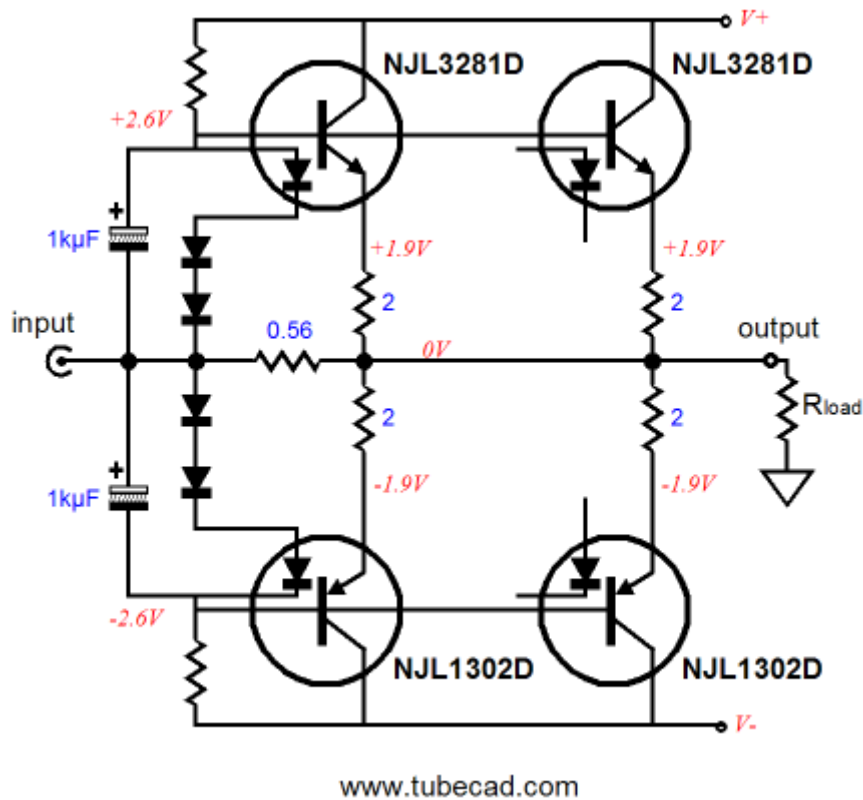


Dans le circuit ci-dessus, deux transistors de puissance font tout le travail dans les deux circuits impédance-multiplicateurs. Les quatre diodes définissent simplement des références de tension de sorte à mettre les transistors courant de repos. Plus le nombre de diodes, plus la chute de tension combinée et plus le courant de repos à travers les transistors. Le gros problème que nous avons toujours le visage avec des transistors de puissance est de mettre le biais droit, en tant que base-émetteur tension les modifications du transistor avec la température, ce qui peut conduire à un emballement thermique et un étage de sortie de fumer. De nombreuses tentatives ont été faites pour concevoir des circuits intelligents pour remédier à ce problème, mais mon préféré est les transistors 5-Pin de semi Sur Corporation, comme indiqué ci-dessous. Ces transistors comprennent une diode dans leur cas, qui suivent le transistor interne parfaitement; d'où le nom de marketing, ThermalTrak TM.



Dans le schéma ci-dessus, six diodes sont affichées: quatre externes et deux internes. Ces diodes fixer un courant de repos élevé de $1.9A$ à travers les transistors de sortie, qui se révélera constante en raison des diodes internes compensant la puissance transistors dérive. (Les deux condensateurs $1\mu F$

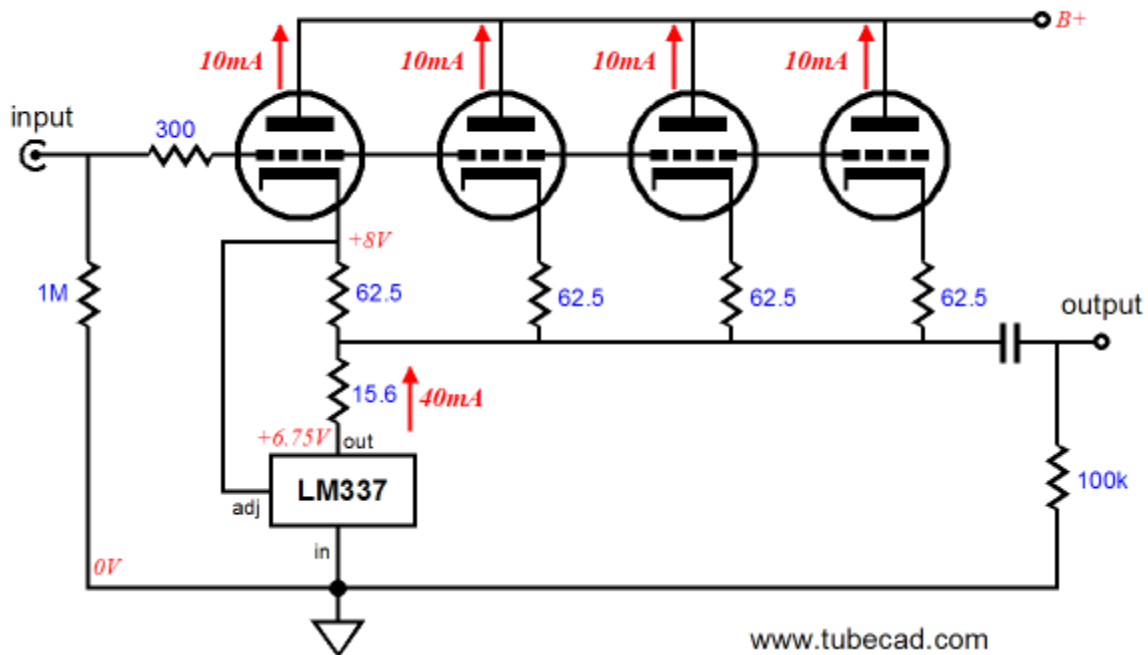
contourner les diodes à présenter une impédance faible à la base des transistors.) Par ailleurs, on pourrait facilement ajouter d'autres transistors de sortie, comme représenté dans le circuit ci-dessous.



Notez comment une seule paire de diodes internes est utilisée. A noter également la façon dont les résistances d'émetteur ont été doublé en valeur. Pourquoi? Ces résistances sont effectivement en parallèle, afin qu'ils soient égaux efficacement les résistances simples 1 ohms. En d'autres termes, les mêmes résultats si les flux de courant à quatre transistors et les circuits multiplicateurs-impédance à deux transistors, mais dans la version à quatre transistors, chaque transistor dissipe la moitié de la chaleur que les transistors de la version à deux font transistor. En outre, les énormes résistances d'émetteur 2 ohms veiller à ce que l'accaparement du courant est extrêmement peu probable, car ces grandes valeurs fournissent beaucoup de rétroaction négative. En d'autres termes, si l'on tente de tirer transistor un courant excessif, l'augmentation du courant provoquerait une chute de tension à travers sa plus grande résistance d'émetteur, ce qui diminue la conduction du transistor.

Par ailleurs, dans la première partie de cette série, nous avons vu un suiveur de cathode chargé par un circuit d'impédance multiplicateur faite d'un LM337. (Rappelez-vous le [circuit de Somersault](#) .) Ajout de plus triode en parallèle serait facile. Chaque triode obtient sa propre résistance de cathode, dont la valeur est égale à quatre fois la valeur de la résistance R1.

Somersault Circuit on Steroids



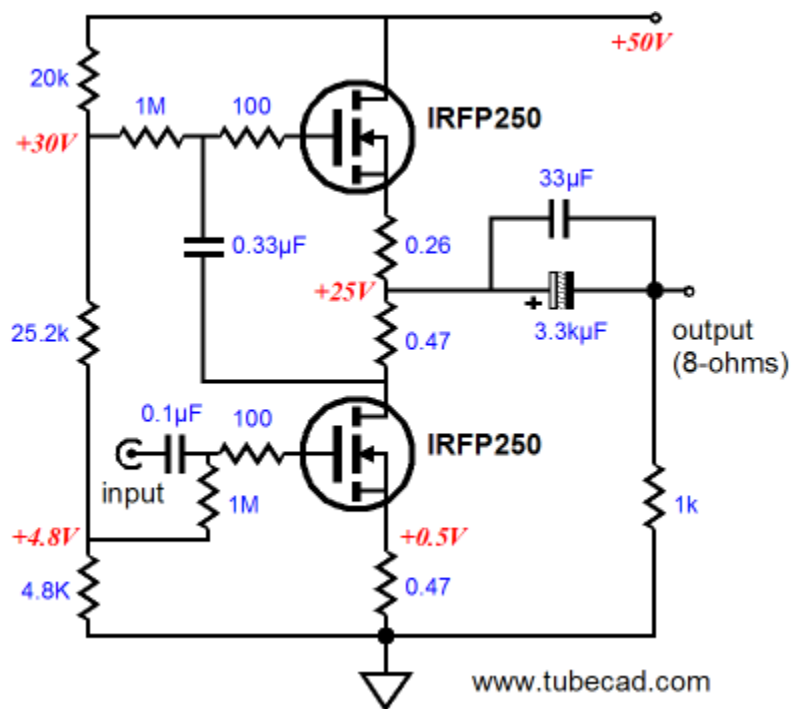
Zen rencontre le Impédance-circuit multiplicateur

Les circuits suivants peuvent ressembler à un des amplificateurs Zen de Nelson Pass, mais ils ont tous diffèrent sur un point fondamental majeur: ils poussent et tirent, alors que l'amplificateur Zen tire seulement: Quel est le son de la sortie d'un MOSFET dispositif? Le circuit suivant est un amplificateur de courant de sortie ou un circuit d'alimentation de tension-courant convertisseur, selon votre perspective. Dans tous les cas, l'impédance de sortie est d'environ 1k et seulement en raison de la résistance de terminaison à la sortie 1k. Comment fonctionne cet amplificateur?

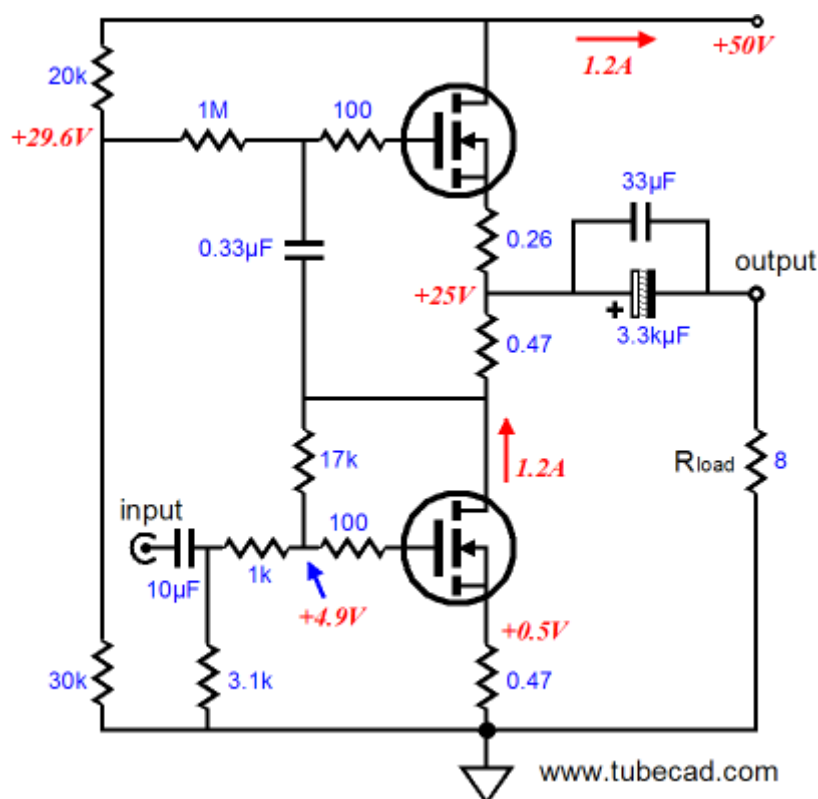
Tout d'abord, le fond est IRFP250 derrière le volant de direction, comme il est de ses variations de conduction de courant qui seront amplifiés dans l'impédance de charge. En d'autres termes, sa transconductance est le moteur du circuit impédance multiplicateur de le charger. Et la transconductance du transistor MOSFET de fond est amoindrie et linéarisé par la résistance source rétablies. La formule pour la diminution de g d'un MOSFET à cause d'une résistance de la source rétablies est:

$$g' = g_m / (1 + GMR)$$

Ainsi, une variation de la tension d'entrée va provoquer des changements dans la circulation du courant MOSFET de fond, dont le MOSFET haut dans le circuit impédance multiplicateur doubler dans l'impédance de charge. En d'autres termes, cet amplificateur est titulaire d'un circuit d'impédance multiplicateur entraîné actuelle.



La prochaine amplificateur de puissance est configuré comme un amplificateur de tension, avec une quantité fixe d'impédance et un gain relativement faible de sortie. La résistance d'entrée 1k et la résistance de rétroaction 17k définissent un amplificateur inverseur rétroaction négative boucle classique. Ces résistances servent également à polariser le transistor MOSFET de fond. L'énorme capacité de couplage est nécessaire en raison de la faible impédance d'entrée présenté par les résistances 1k et 3.1k en parallèle à l'entrée. Utilisant des résistances de plus grande valeur sera trop limiter la bande passante de haute fréquence. (Bien sûr, si l'amplificateur ont été utilisés dans une configuration bi-amplification, dans laquelle il alimenté le woofer, la troncature des hautes fréquences peut pas prouver une telle responsabilité; il peut se révéler un atout.)

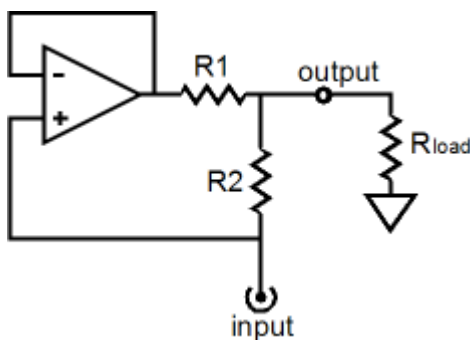


Notez comment, dans les deux exemples de l'amplificateur, les valeurs des résistances R1 et R2 ne correspondent pas. Pourquoi? Comme la triode, le MOSFET souffre de transconductance limitée, de sorte que l'impédance à la source est différent de zéro. Ainsi, son impédance de source doit être soustrait de la valeur idéale de R1 (0,47 ohms, dans cet exemple).

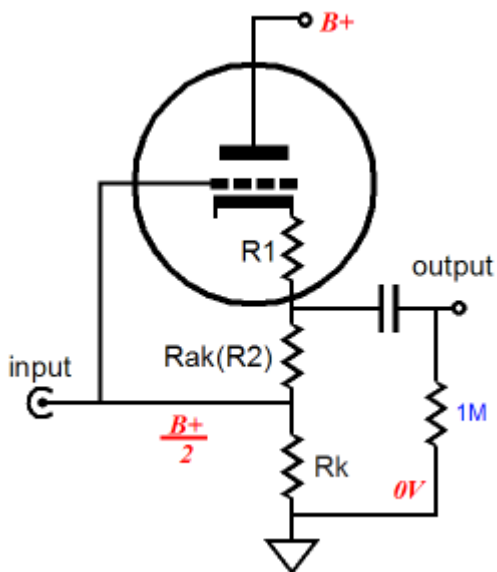
Next Time

Tout d'abord, je ne suis pas planifier à l'existence d'une partie à trois, mais je avoir un au moins une entrée de blog plus la valeur de l'information qui doit écrite avant que je puisse l'appeler stoppe.

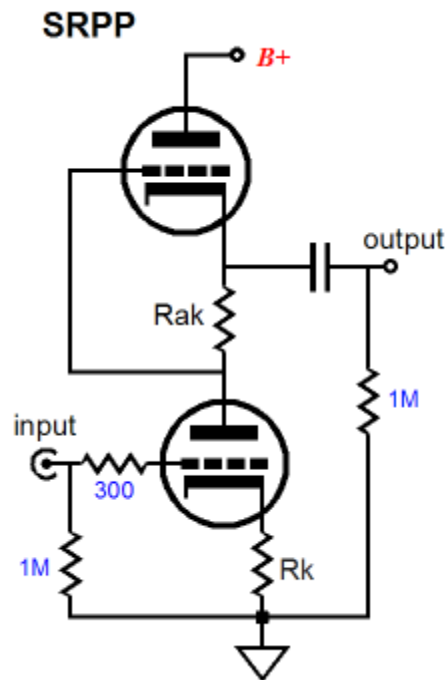
Cela devrait être la dernière tranche de la SRPP et SRPP + circuits pendant quelques mois au moins. Le point clé Je souhaite que je l'ai fait est que la SRPP est titulaire de deux sous-circuits et que l'un des deux, le circuit d'impédance multiplicateur, est tout à fait intéressant, si pour aucune autre raison que si peu savaient qu'il était là en premier endroit. Le circuit impédance multiplicateur, comme la topologie (comme une fonction de base-circuit), est peu connu. Si quelqu'un l'a mentionné dans la presse audio, *audioXpress* et al, je l'ai pas vu. A la recherche de www.diyaudio.com pour "multiplicateur d'impédance" a abouti à des résultats seulement cinq, dont quatre traités gain de courant d'un transistor et celui visé à mon [numéro de blog de 172](#) . D'autre part, la recherche dans les demandes de brevet fait livrer de nombreux hits authentiques , bien que quelques-uns des breveté impédance multiplicateur de circuits audio préoccupation. Ainsi vous voyez mon motif pour deracinating le circuit impédance multiplicateur de la SRPP. Arraché à son habitude cachette, nous pouvons évaluer ses avantages et ses pièges dans l'isolement.



Le circuit impédance multiplicateur idéalisée montré ci-dessus peut ne pas sembler beaucoup comme le circuit impédance multiplicateur de base de tubes illustré ci-dessous, mais ils ont tous deux la même fonction: ils agrandir l'impédance de charge apparente à la source du signal qui alimente le circuit impédance multiplicateur. Comparez les deux schémas et noter comment les deux entrée de non-inversion de l'amplificateur opérationnel et la grille de la triode voir le signal d'entrée, ni inverser la phase, à la fois de réaliser 100 rétroaction négative et de l'unité de gain.



Notez également comment la résistance du circuit impédance multiplicateur à tube-R1 est implicite dans l'impédance présentée par la cathode de la triode. Une façon de visualiser le fonctionnement d'un suiveur de cathode est d'imaginer que son triode est constitué d'un amplificateur à gain unité avec une résistance égale à r_p de la triode / μ en série avec sa sortie à sa cathode. Cette résistance est aussi égal à l'inverse de la transconductance de la triode.



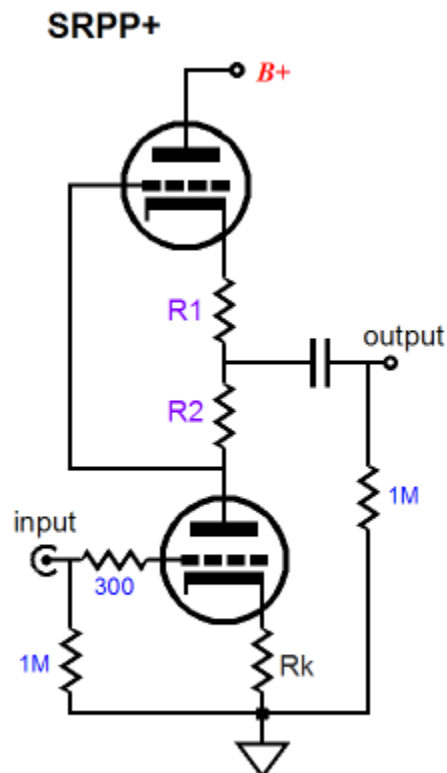
Cette "résistance" implicite doit être inclus dans les calculs d'une conception de SRPP. Avec un circuit SRPP générique, nous ne pouvons changer la valeur de la résistance R_2 , R_2 et donc la résistance de charge externe doivent être manipulées pour obtenir une performance optimale. Par exemple, la formule suivante nous dit ce que l'impédance de charge optimale est une triode donnée et la valeur R_{ak} :

$$R_{charge} = (R_{ak} - r_p) / 2$$

Ainsi, si nous utilisons un 6H30 avec 250V B + alimentation et la cathode de 300 ohms et résistances R_{ak} ($\mu = 15,4$ et $r_p = 1380$), l'impédance de charge optimal sera 1620 ohms, ce qui est génial si cela est la charge que nous voulons conduire. Mais que faire si nous avons prévu sur la conduite des écouteurs 300 ohms à la place? Ensuite, nous devrions utiliser la formule suivante qui donne la valeur R_{ak} optimale pour une triode et impédance de charge spécifiée:

$$R_{ak} = (2R_{load} + r_p) / \mu$$

Revenons à notre exemple, R_{ak} devrait évaluer 129 ohms. Magnifique, sauf que cette valeur de résistance faible cathodique entraînera 37mA de courant de repos, qui contre le 250V tension B +, chauffe la triode delà de sa limite de dissipation.



La SRPP + nous permet de garder la résistance de cathode de 300 ohms et encore de façon optimale conduisons les écouteurs 300 ohms. En réglant R1 à 85 ohms et R2 à 215 ohms, un total de 300 ohms existe entre triodes, de sorte que la SRPP + volonté biaise exactement la même chose qu'un SRPP générique, dessin seulement 20mA, mais néanmoins optimisé pour conduire les écouteurs 300 ohms. Les formules suivantes nous donnent résistance des valeurs R1 et R2:

$$R2 = rp / 2\mu + R_{charge} / \mu + Rk / 2$$

$$R1 = Rk - R2$$

Donc la première étape est de spécifier l'impédance de la valeur et de la charge de la cathode à la fois résistance Rk. Si la valeur de R2 devient supérieure à la valeur de Rk, alors la SRPP + ne peut pas être optimisé pour fonctionner avec la valeur Rk sélectionné et triode. D'autre part, la SRPP + peut être optimisé pour fonctionner en 0 ohms. Zéro ohms! Pourquoi voudrait-on à conduire 0 ohms? Eh bien, une charge de 32 ohms est dang proche de 0 ohms, autant comme un petit triode est concerné, et la bobine de un ampèremètre pourrait avoir un DCR de 0,001 ohms.

En continuant avec l'exemple d'un SRPP basé à 6H30 + circuit destiné à entraîner un casque, mais avec une charge de 32 ohms et un B + de 200V et un courant de repos de 20mA et Rk égal à 220, la résistance R2 doit être égale à 155 ohms et R1, 65 ohms, comme rp de la 6H30 égale 1310 et sa μ équivaut à 15,4 à 20 mA à 100V de la cathode à l'assiette. Dans cet exemple, le 32 ohms fait une petite contribution; mais avec une charge de 600 ohms, le rapport entre R1 et R2 change un peu plus, comme R2 serait égal à 172 et R1, 48 ohms.

Le circuit impédance multiplicateur idéalisée base-OpAmp peut se balancer à la fois énorme tension et les sautes de courant dans une charge tout en dissipant pas de chaleur au ralenti, la course comme il le fait en parfait mode de classe B; il est idéal, après tout. La SRPP à tube et le circuit SRPP + ne sont pas aussi chanceux, car il doit exécuter son circuit impédance multiplicateur interne dans un push-pull stricte, la classe-Un mode, dans lequel le courant de sortie de crête est égale à deux fois le courant de repos. Si la triode bas coupe complètement, il ne peut plus diriger la triode dessus.

Fait intéressant, l'impédance de la triode fond à sa plaque seule influence de l'impédance de sortie du circuit d'impédance multiplicateur, mais n'a aucun effet sur les valeurs R1 et R2, même si la triode de fond ont été remplacés par une pentode. L'impédance du tube inférieur, à sa plaque va modifier l'impédance de sortie vu par la charge. La partie inférieure de l'impédance à la plaque, la plus faible impédance de sortie. L'impédance plaque de charge vue par l'triode bas est égale à $2R_{load} + R2$, qui nous permet de composer la formule pour le gain d'un SRPP + circuit, dans lequel la résistance de la cathode de la triode bas est court-circuité (ou remplacée par une LED) et la charge est sensiblement inférieure à la rp de la triode.

$$\text{Gain} = \mu (2R_{load} + R2) / (2R_{load} + R2 + rp)$$

Avec la résistance de cathode gauche rétablies (beaucoup mieux sonnant),

$$\text{Gain} = \mu (2R_{load} + R2) / (2R_{load} + R2 + RP + [\mu + 1] rk)$$

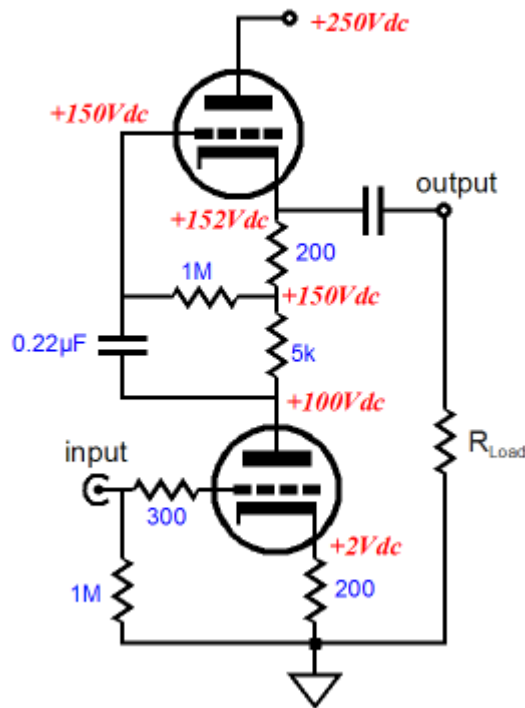
Lorsque l'impédance de charge est élevée, le gain équivaut à peu près $\mu / 2$.

La SRPP + effectue au mieux la conduite assez faibles impédances, cependant, car il fonctionne comme une petite tension push-pull / amplificateur de courant de toutes sortes. Une charge idéal serait un 600 ohms L-pad ou une série atténuateur ou à faible impédance d'entrée de puissance à l'état solide amplificateur, comme le zen, ou un casque avec un terrain impédance plat.

En fait, un petit amplificateur de puissance de 1W OTL pourrait être faite si un haut-parleur 600 ohms ont été utilisés. (Ces haut-parleurs ont été conçus pour une utilisation une fois de radio amateur.) Ou avec un 600: transformateur de sortie de step-down 8 ohms, le puissant 1W OTL pourraient alimenter les haut-parleurs de 8 ohms. La solution évidente est un casque, comme beaucoup de grands écouteurs consonance viennent avec 250-2k impédances tels que ceux de Beyerdynamics et Sennheiser qui empêche leur utilisation avec la plupart des lecteurs MP3, dont la plupart ont été conçus avec des écouteurs 16-32 ohms à l'esprit.

Si l'impédance de charge est pas plat, cependant, l'impédance de sortie relativement élevé de circuit SRPP + se traduira par une sortie non-plat: comme l'impédance augmente, il en va de la sortie, comme l'impédance chute, il en sera de la sortie.

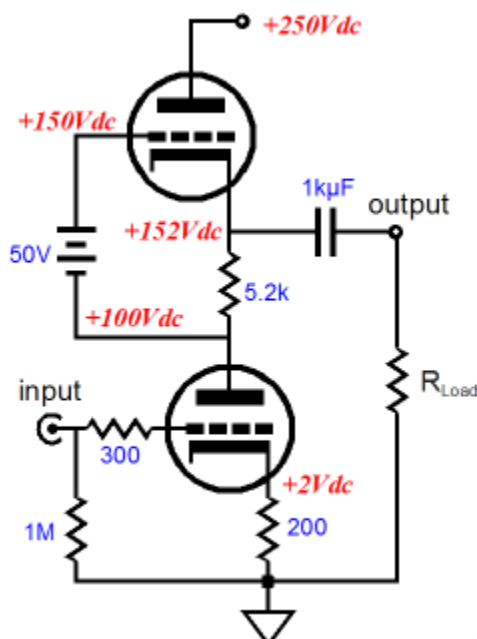
Mu-Follower



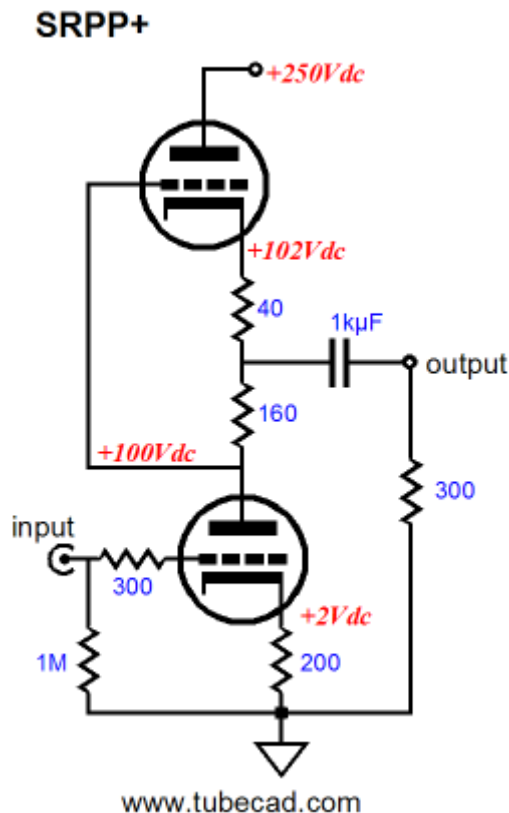
Le Mu Follower

La SRPP est sur une simple comme un circuit de tube composé peut obtenir, tenant seulement deux triodes et seulement deux résistances clés, qui va un long, long, long chemin à expliquer son immense popularité. Mais comme nous l'avons vu, simple est pas toujours facile à comprendre. Utilisé comme mini-amplificateurs de puissance d'un genre, amplificateurs qui peuvent offrir de grandes sautes de courant et de tension dans une charge de faible impédance, la SRPP et SRPP + Excel, car les deux circuits peuvent fournir jusqu'à deux fois le courant de repos dans une charge, si elle est conçue correctement et offrir une grande figure de PSRR (mieux que -20 dB avec un 300 ohms dans cet exemple de conception et beaucoup mieux avec une charge de 32 ohms).

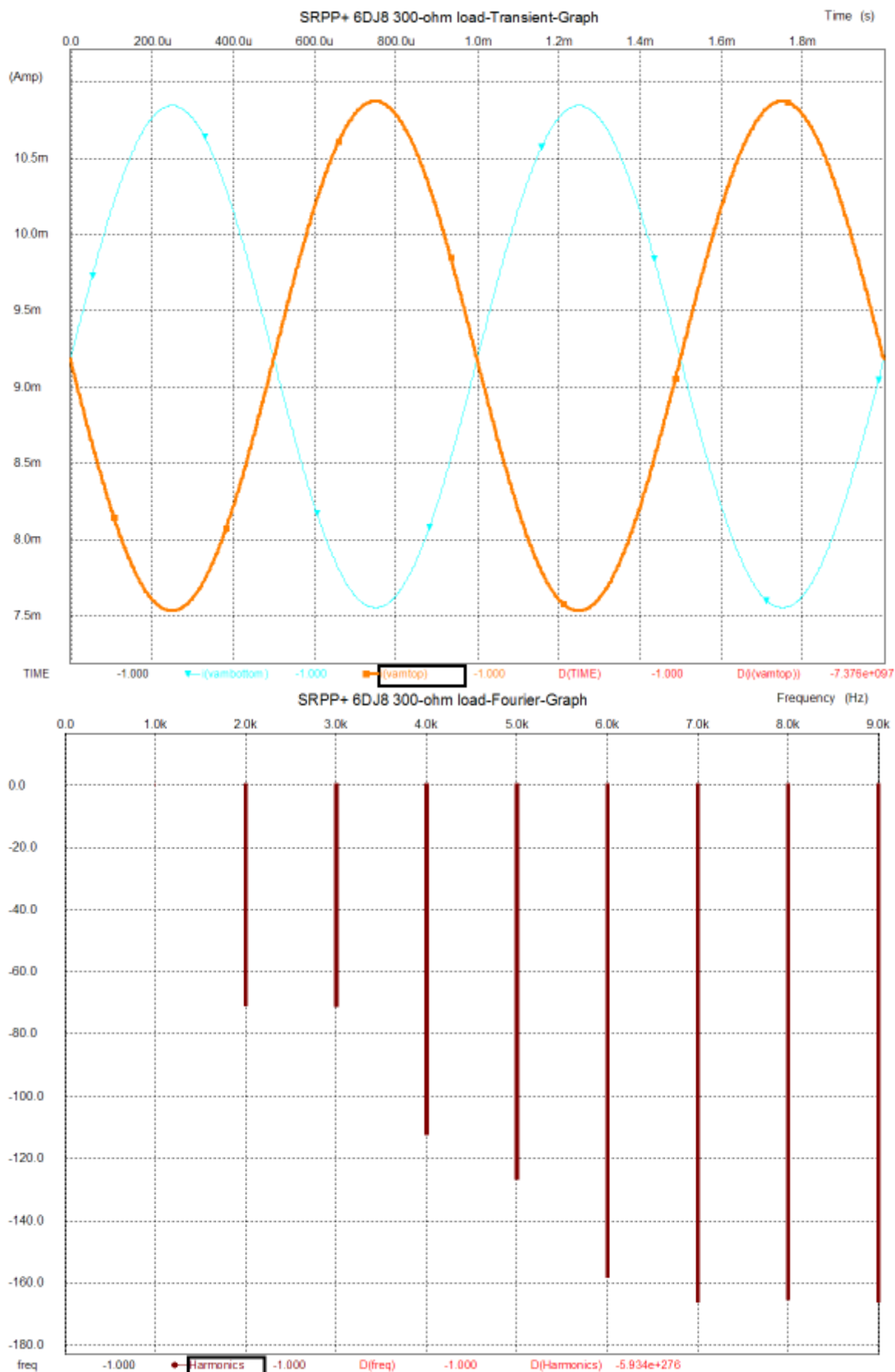
L'utilisation d'un amplificateur de ligne simple étape qui va travailler dans une charge à haute impédance, disent 47k à 1M, les circuits SRPP type prouver que très bon, pas des artistes stellaires, car ils ont un gain relativement faible et haute impédance de sortie et seulement PSRR équitable (environ -6 dB avec une impédance de charge infinie). Améliorer la performance de la SRPP dans une application de l'amplificateur de ligne étape nécessitera plusieurs parties, à tout le moins l'ajout d'une batterie.



La batterie permet d'utiliser une résistance beaucoup plus grande R_{ak} -valeur; dans l'exemple ci-dessus, la résistance est 26 fois plus grande que la valeur de résistance de la cathode. Cette résistance accrue altère la performance du circuit de plusieurs façons clés: l'impédance de sortie chute, la distorsion tombe, et le chiffre de PSRR améliore de façon spectaculaire. Qu'est-ce qui ne pas aimer? Eh bien, comme le prouve si souvent le cas, nous avons gagné beaucoup, mais nous avons aussi perdu. La perte prend la forme de la prestation actuelle moins de potentiel dans l'externe par rapport à la SRPP et des circuits de SRPP +. Environ mettre, la résistance devient plus grande R_{ak} , plus le suiveur de mu vient au courant de repos que les sautes de courant de crête. En d'autres termes, avec un circuit de type SRPP bien conçu que nous pouvons obtenir près de deux fois le courant de repos dans la résistance de charge externe, alors que la livraison de courant de crête d'une façon optimale conçu mu suiveur est égal au courant de repos. Maintenant, dans l'application de l'amplificateur de ligne scène typique, dans lequel la résistance de charge externe est une haute 47k à 1M, la livraison de courant élevé est pas si important.

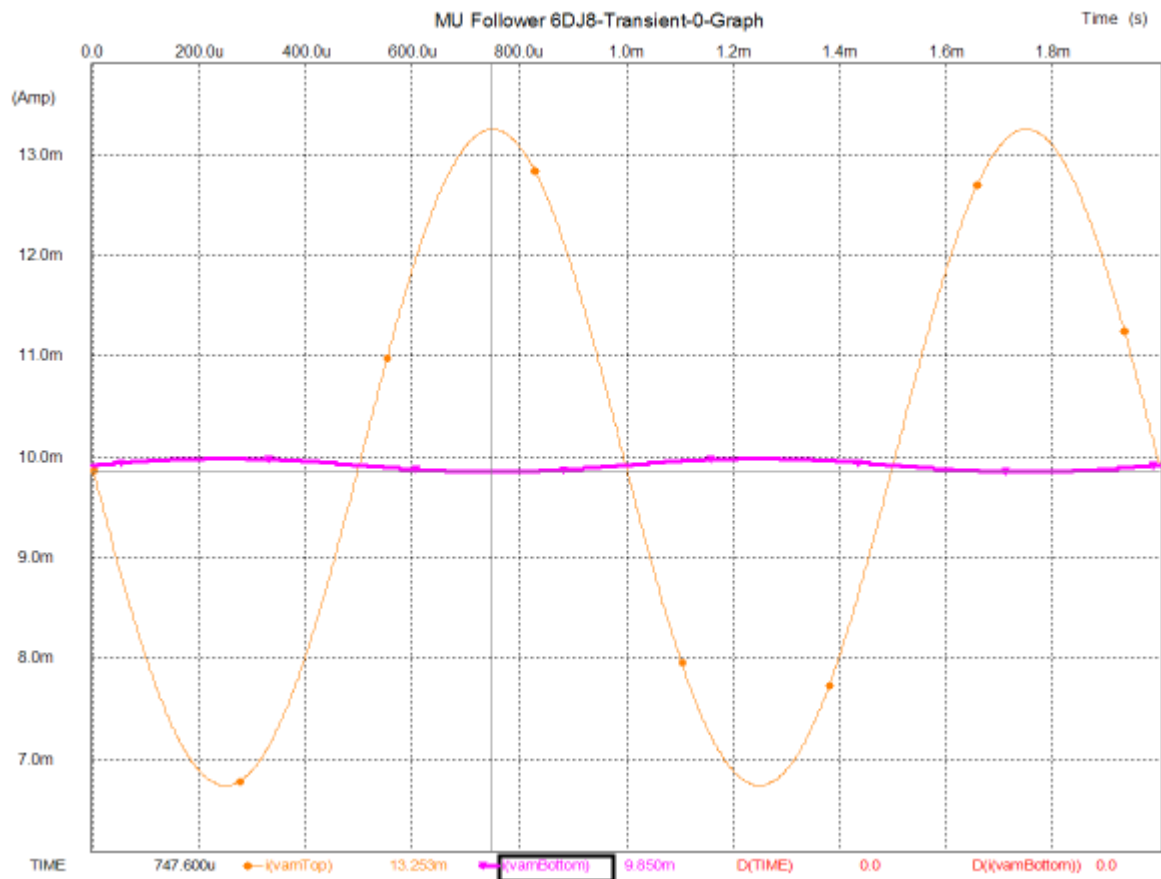
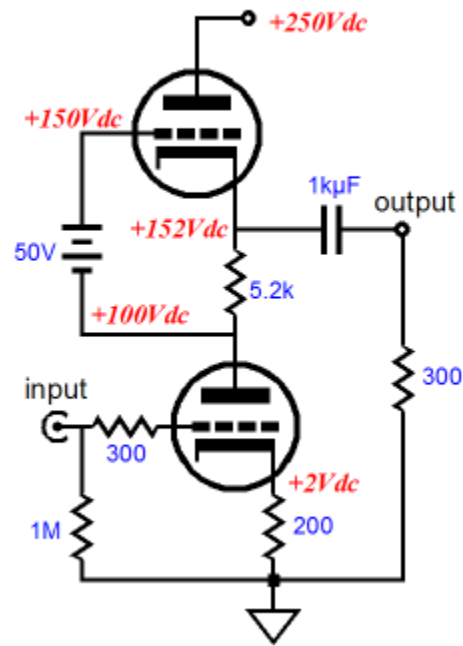


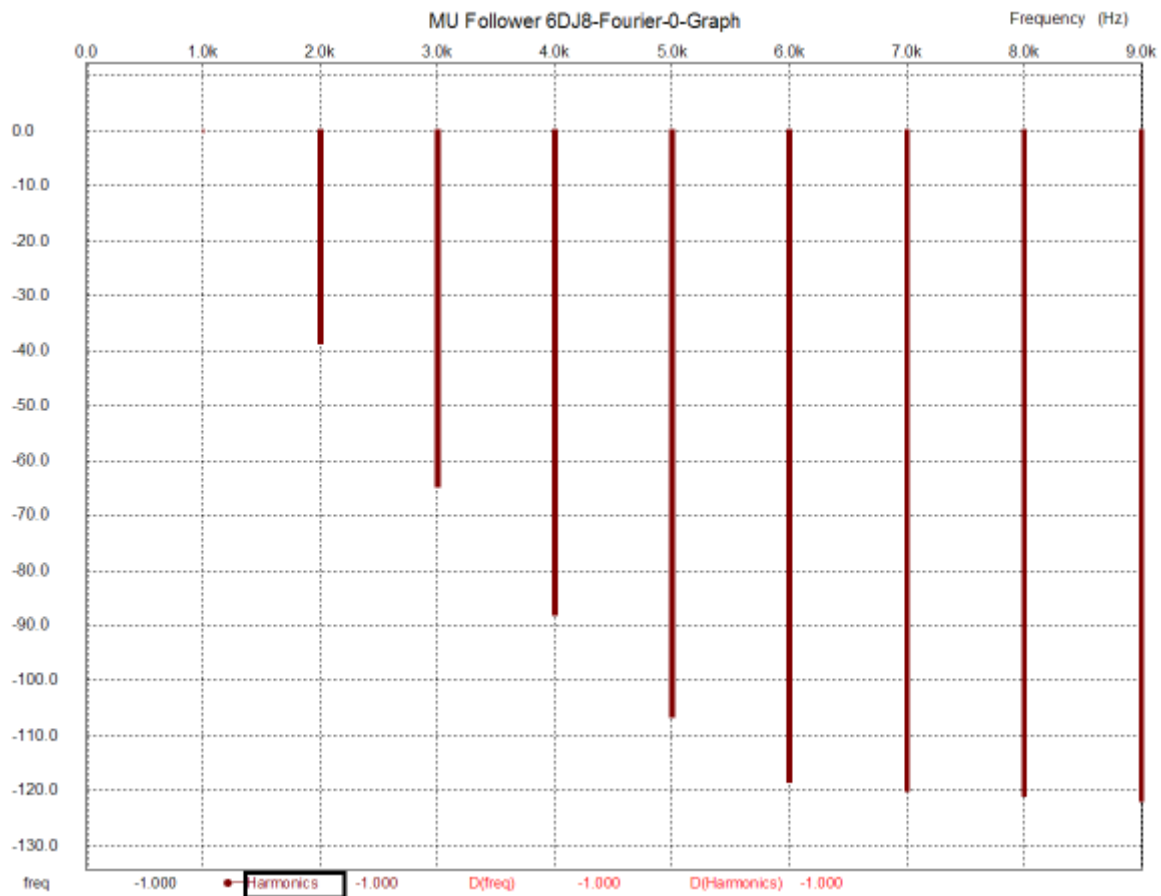
Mais si les sautes actuels lourds sont nécessaires, la SRPP et le circuit SRPP + fonctionne étonnamment bien, compte tenu de la façon dont quelques pièces sont nécessaires. Le graphique suivant montre les résultats de la simulation SPICE à partir du circuit indiqué ci-dessus, figurent les sautes de courant dans les deux triodes dans le circuit qui détient un 6DJ8 et a été optimisé pour fonctionner dans une charge de 300 ohms. Et le graphique qui suit montre les harmoniques de distorsion pour la même 1Vpk @ 1kHz dans la charge de 300 ohms.



Ces résultats sont tout à fait respectables, montrant moins de 0,1% de distorsion, avec des harmoniques élevés talonnage à -160dB. Notez également comment bien équilibré les sautes de courant sont dans les deux triodes. Bien sûr, ces résultats ne sont que des simulations et des modèles SPICE triode sont coupables d'présentent des facteurs d'amplification parfaitement cohérentes et triodes parfaitement appariés, ni de ce qui se produit dans la réalité. Néanmoins, les mêmes défauts SPICE appliquent les graphiques suivants à partir de simulations sur un suiveur de mu avec la même charge et 1Vpk oscillation de tension à 1 kHz, de sorte que nous comparons des pommes avec des pommes, des pommes bien simulées.

Mu Follower with 300-Ohm Load

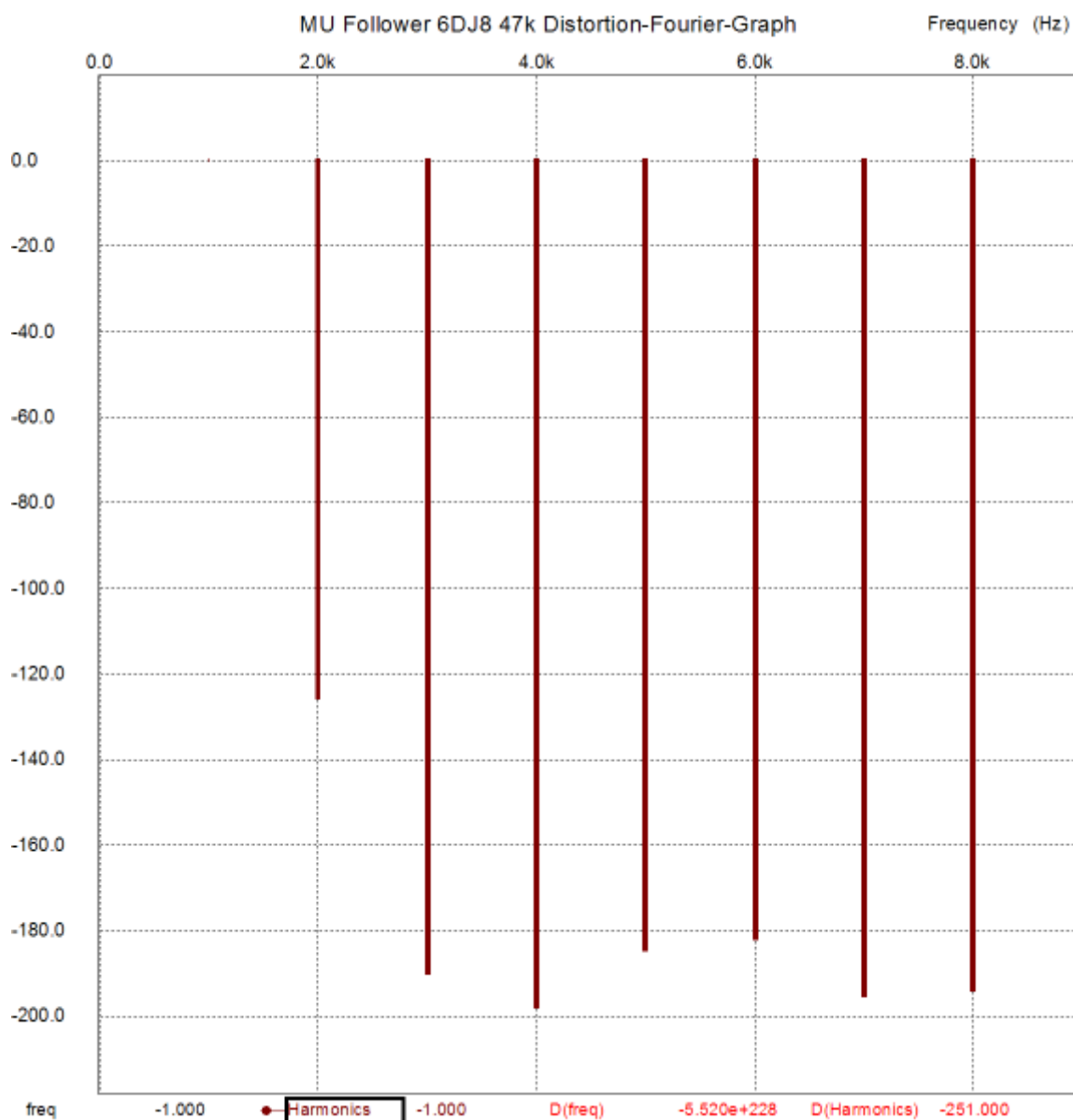




Les sautes de courant près de correspondre à nos attentes, avec la triode haut balancement 50 fois plus de courant que la triode bas. Ainsi, en ce qui concerne le fond triode qui la concerne, la charge est maintenant 50 fois supérieure à l'impédance (plus la résistance de 5200 ohms Rak fait pendant environ une charge de 20k plaque en dépit de la charge de 300 ohms). La distorsion est juste, arrive à un peu plus de 1%, ce qui est pas mal quand on considère comment brutalement-bas une charge de 300 ohms est de petite triode.

Arrêtons-nous et réfléchir sur la façon étrange les résultats sont, comme le suiveur de mu aurait tué le SRPP +, car il offrait de bien meilleures spécifications, avec un gain beaucoup plus élevé et une impédance de distorsion et de sortie beaucoup plus faible. ce qui s'est passé? Il est comme si Woody Allen a battu Arnold Schwarzenegger dans un bras de fer. (En passant, saviez-vous que, dans Hollywood chirurgiens plastiques font des heures supplémentaires donnant aux hommes biceps, triceps, mollet, et les implants fessiers? Faire le faible semble forte, il ya maintenant une devise.)

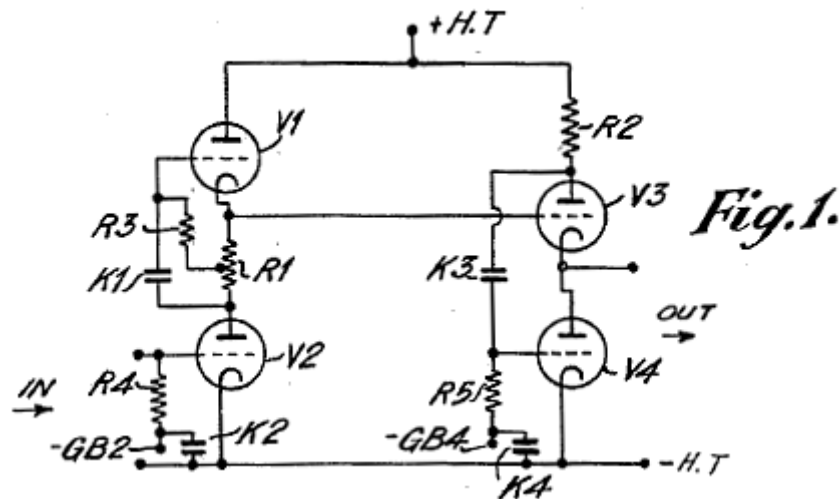
Eh bien, ce qui est arrivé est que la SRPP + a été optimisée pour la charge de 300 ohms, le suiveur de mu était pas. Compte tenu d'une charge à haute impédance, dire 47k et 1Vpk, le suiveur de mu livrera incroyablement bonne performance, beaucoup mieux que la SRPP +, comme le montre le graphique ci-dessous.



De bons résultats fou. La distorsion est ci-dessous 0,0001% et se compose principalement de deuxièmes harmoniques. Oui, oui SPICE est pas la réalité; mais même si la réalité était dix fois pire, ces résultats seraient aussi étonner. Maintenant vous voyez pourquoi Chris Paul a fait une grosse affaire sur le suiveur de mu de retour dans les années 1980 *Audio amateur* magazine.

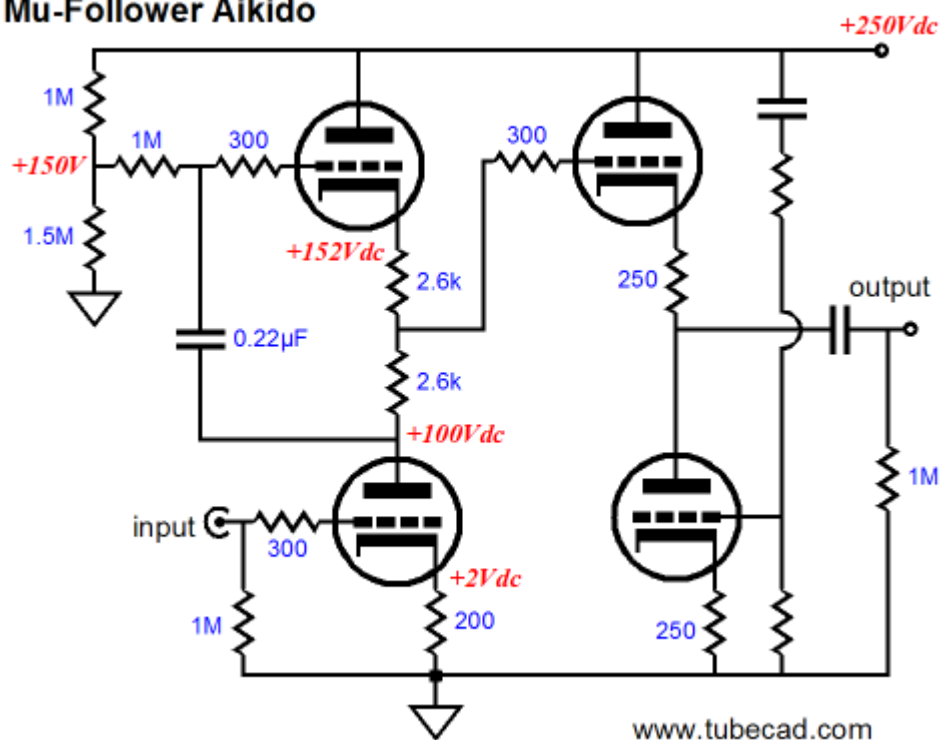
En passant, je correspond avec Chris et il m'a aidé à voir comment je l'ai été aveugle à la plupart des aspects pratiques du circuit mu suiveur. Ou plutôt, il a aidé vois que je suis venu pour le suiveur de mu et le circuit SRPP d'une direction ou de tout autre perspective que la plupart. Retour dans les années 1970, je suis sous l'emprise de mon stupide, mais glorieuse à consonance Sennheiser HD-414s. Mon petit SRPP OTL amplificateur de casque basé 6DJ8 serait venir les larmes aux yeux des audiophiles étatiques épris solides. Donc, ma préoccupation était principalement la livraison actuelle. (Puis, quand je l'ai acheté mes écouteurs électrostatiques Stax Lambda Pro, l'inquiétude a changé à d'énormes fluctuations de tension.) Cette application, une petite OTL amplificateur de puissance de toutes sortes, me força à se concentrer sur la fourniture de puissance.

Mais pas tout le monde a besoin de livrer d'énormes sautes de courant pour des charges de faible impédance. Si la charge est modeste, le suiveur de mu a beaucoup à offrir; tant et si bien, en fait, que je regrette de ne pas ajouter une configuration mu suiveur sur les SRPP + PCB. Si seulement je l'avais correspondu avec M. Paul avant la pose sur les planches. Par ailleurs, comment pouvons-nous conserver la performance stellaire de l'adepte de mu et continuer à offrir de grandes sautes de courant dans les charges de faible impédance? Eh bien, en 1953, VJ Cooper et collogues brevetés un brevet Thermionic Amplificateur stabilisée, US 2,661,398.



Mercy, un suiveur de mu en cascade dans une cathode Blanc suiveur. La cathode Blanc suiveur, si conçu de manière optimale, livrera jusqu'à deux fois le courant de repos dans une charge. Si moins de courant est nécessaire, le circuit suivant est également un concurrent.

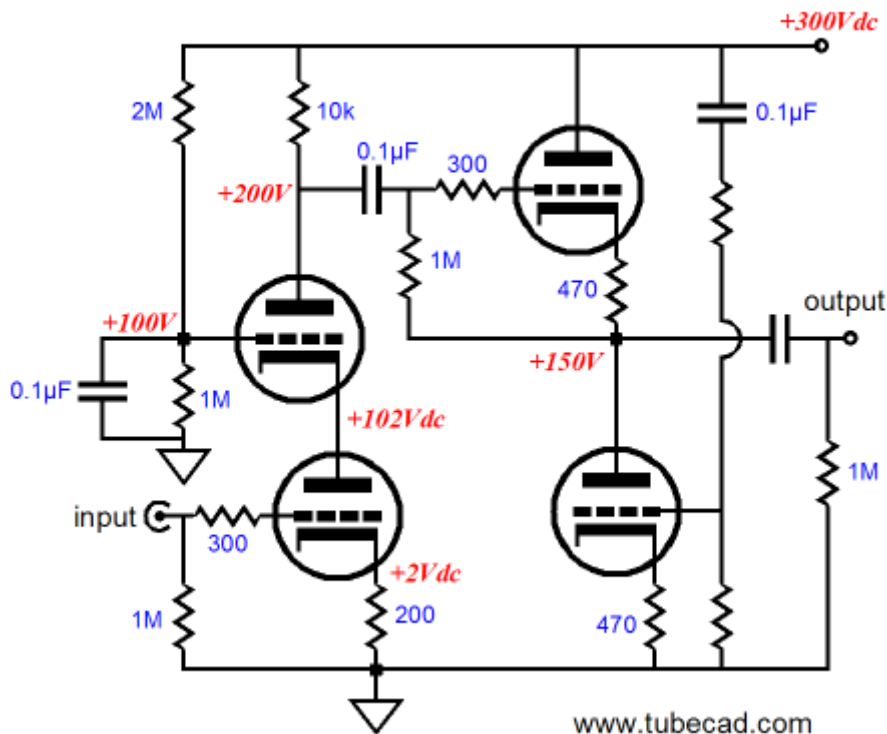
Mu-Follower Aikido



Mu suiveur répond Aikido. Le suiveur Aikido cathodique permet le petit bruit d'alimentation qui apparaît à la sortie d'être mis à zéro et grandement décharge le suiveur de mu, que l'impédance d'entrée de l'Aikido cathode suiveur est vertigineusement élevé. Ce qui explique aussi pourquoi la sortie du suiveur de mu est pris entre les deux résistances de grande valeur et non à la cathode de la triode haut ou la plaque de la triode de fond: le signal de sortie de suiveur de mu est à peu près aussi présent à tous les trois points de prise, comme mu suiveur subit très petites fluctuations de courant en présence d'un signal d'entrée. Bien sûr, un condensateur de couplage interne supplémentaire pourrait être utilisé à la place.

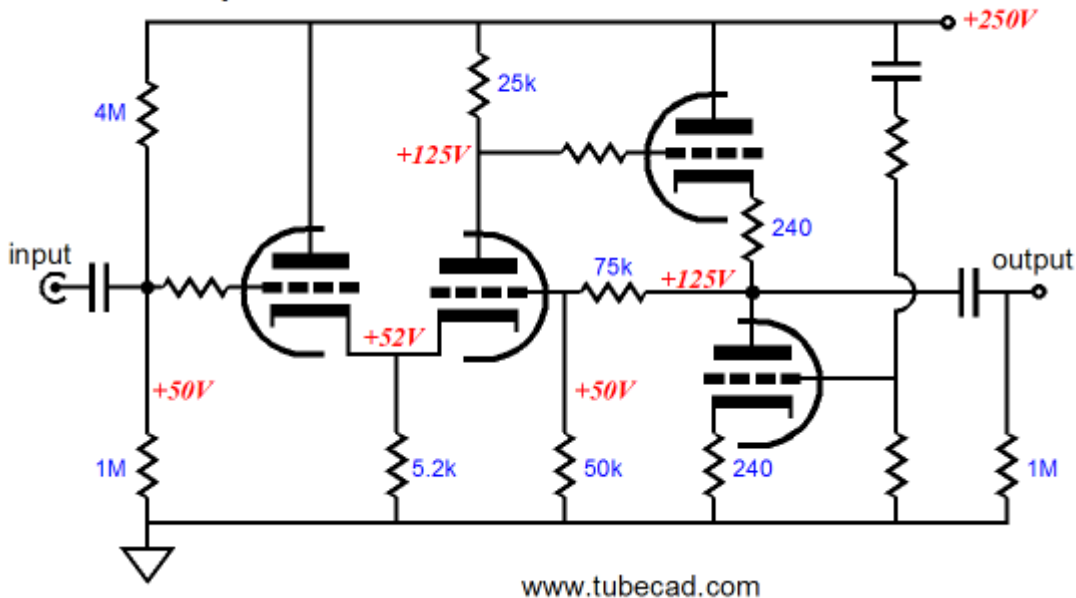
Par ailleurs, depuis que je suis si fatigué d'entendre comment le circuit Aikido est une sorte de dérivé SRPP, laissez souligner que l'étage d'entrée de l'Aikido est pas une étape de SRPP. Et pendant que je suis, laissez souligner qu'il est la deuxième étape Aikido qui le définit comme un circuit Aikido. Par exemple, ce qui suit est également un circuit Aikido.

Cascode Aikido



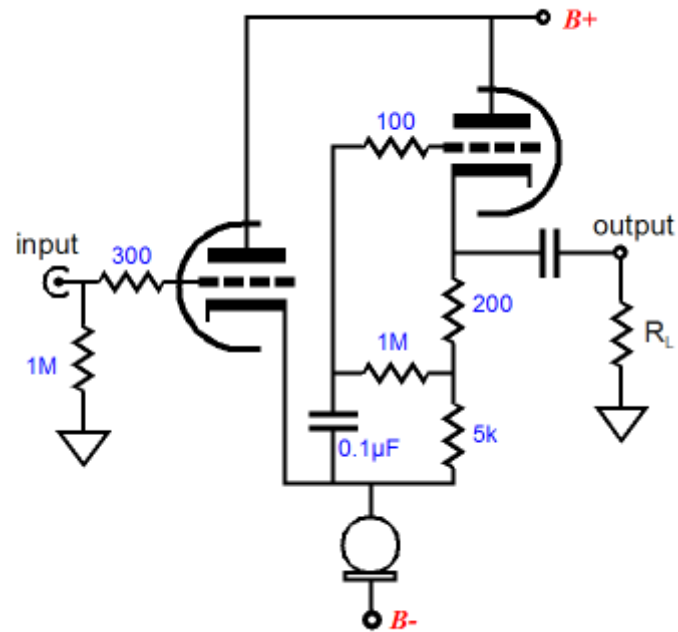
Dans le schéma ci-dessus, nous voyons un étage d'entrée en cascade entraînant un suiveur Aïkido de la cathode. Le cascode délivre gain énorme, bien au-delà des μ de la triode; mais le prix que nous payons est une figure de PSRR presque inexistante. Et le suiveur Aïkido cathodique NULLS bruit d'alimentation et offre faible impédance de sortie. Puisque nous sommes en mode de l'esprit-stretching, passons en revue un autre circuit Aïkido.

Cathode-Coupled Aikido



Comme vous l'avez deviné, étant donné une quantité infinie de temps, des crayons et du papier, je vais venir avec un nombre infini de circuits. Le plus triste est que je dois beaucoup de crayons et du papier, mais pas avec le temps. Donc, je ferais mieux de vous arrêter ici et promettre un quatrième acompte sur les circuits SRPP type et l'impédance-multiplicateurs. Mais permettez-moi de vous laisser quelque chose à méditer.

Cathode-Coupled Mu-Follower



www.tubecad.com

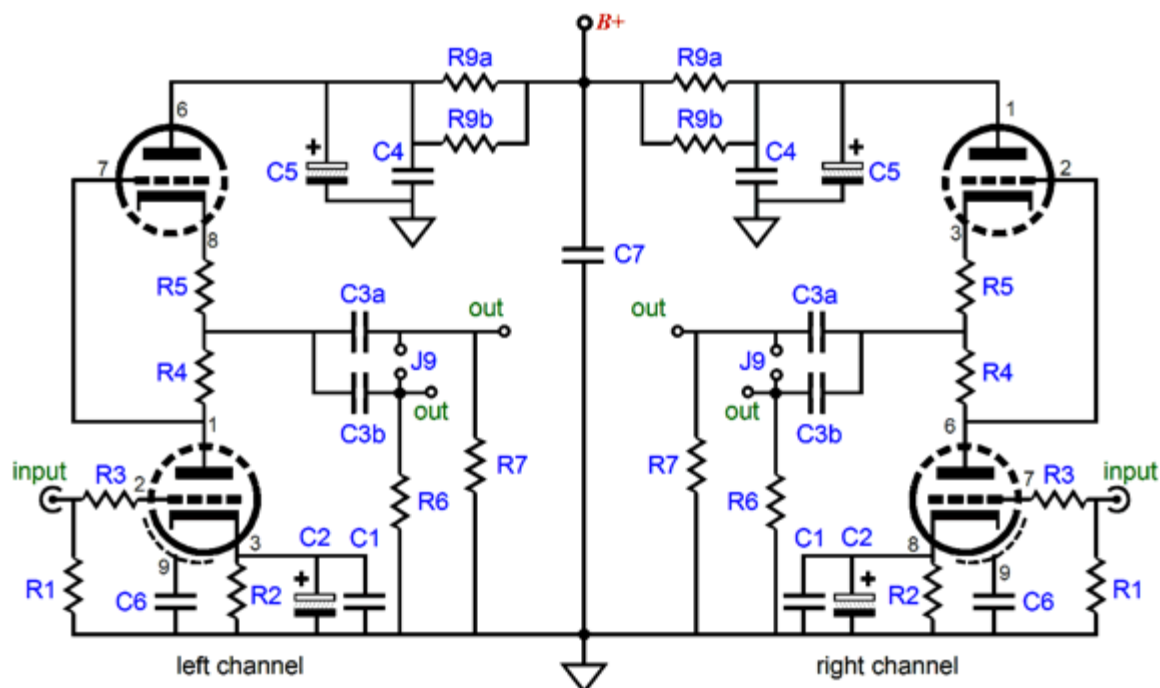


SRPP + PCB

La nouvelle SRPP + PCB détient deux SRPP + amplificateurs et deux filtres à haute tension B + RC. Ainsi, le conseil SRPP + permet la construction d'une ligne-étape à base de tube ou de l'amplificateur tube de casque beaucoup plus facile. La SRPP + carte peuplée avec un châssis, le contrôle du volume, sélecteur, alimentation, comme le PS-3 ou PS-14, et une poignée de prises RCA

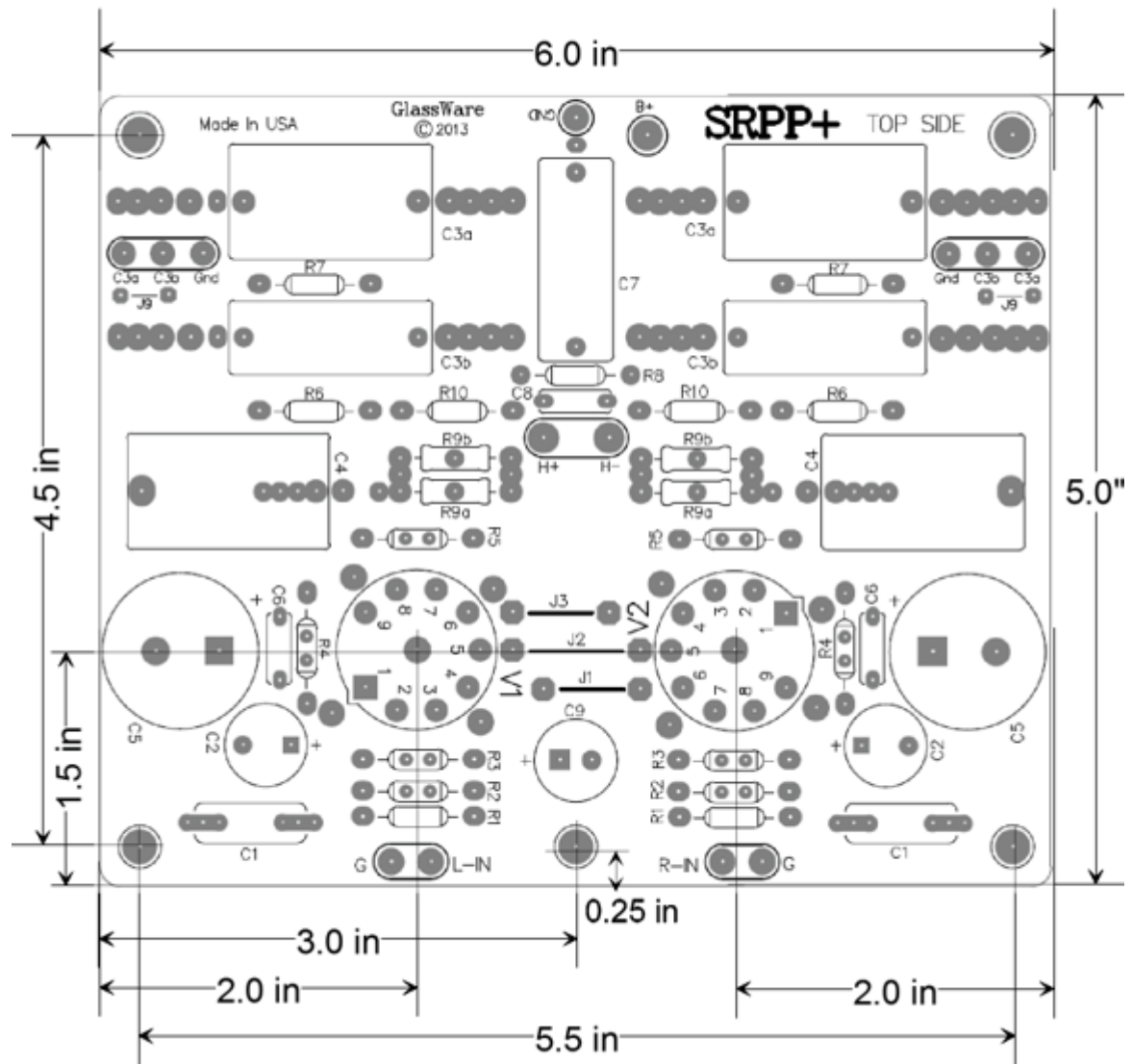
est tout ce qui est nécessaire. Bien entendu, le SRPP + peut être utilisé à d'autres fins audio; par exemple, il pourrait être utilisé pour entraîner des charges de faible impédance, tel qu'un amplificateur de puissance Zen avec une impédance d'entrée 1k.

SRPP+ Schematic



De PCB:

Top Side PCB Mechanical Layout



// JRB