

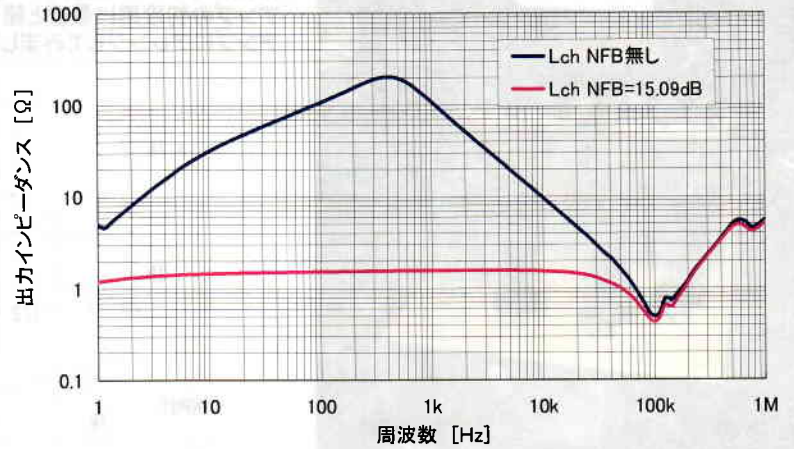
黒田氏が紹介した回路は、以下の特徴があります。

- ・利得は、真空管の増幅率 μ やプレート内部抵抗 r_p とは無関係に定まる。
→ 真空管にはまったく依存しない。
- ・オペアンプによる局部帰還によって、真空管のユニット間特性誤差、散弾雑音がほぼ完全にキャンセルされる。
- ・オペアンプの低い出力インピーダンスでグリッドを駆動するため、ミラー効果が生じない。
→ r_p の高い球でも高域のカットオフ周波数が非常に高くなる。
- ・PSRRが高いため、電源回路がシンプルで済む。

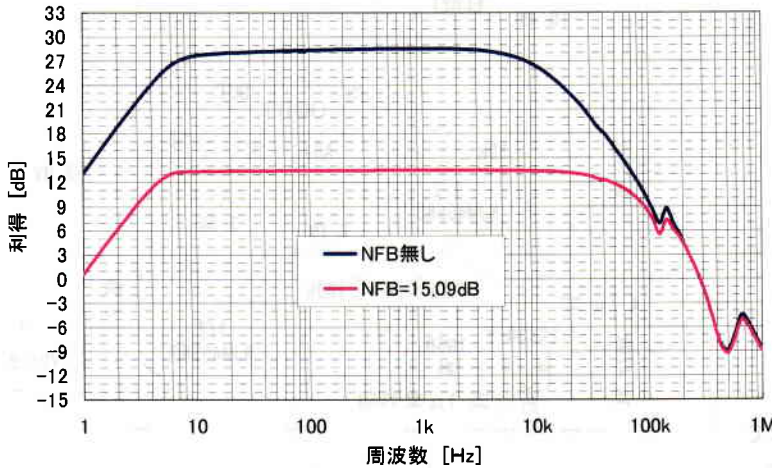
出力段に応用した場合の注意事項としては、

- ・バイアスの浅い出力管しか使えない。
→ オペアンプの一侧の最大振幅の約半分まで。
- ・出力インピーダンスが高い。
→ カスコード回路を構成し、 I_p が V_p に因らず1kで一義的に定まるため。

EL821CasComp単段アンプ 出力インピーダンス特性 (Lch, 注入法, 1Vrms)



EL821CasComp単段アンプ 周波数特性 (Lch, 1V出力時, 8Ω 負荷)



本機は当初、黒田氏のオリジナル回路のままでスタートしましたが、バイアスの浅いEL821でも通常のオペアンプを使うには若干無理があったため、OPA2604を約±21Vで使っていました。その後、オペアンプの選択肢を広げるためにトランジスタを2石追加しました。

この回路は無帰還では出力インピーダンスが高く、例えば1kHzのダンピングファクタ(以下DF)はわずか0.073しかありません。これは、この回路を出力段に適用する場合の宿命とも言え、オーバーオールNFBを掛けてインピーダンスを下げるしか効果的な解決法を思いつきません。

本機では、DFとしては5程度を目標にNFB量を調整しましたが、NFB量は約15dB程度必要となり、通常の出カトランスで安定度を確保するためには、かなり強めの位相補償を施す必要があります。そこで深いNFBを前提とした狭帯域OPTを採用しました。このトランスのおかげで、深めのNFB量にもかかわらず位相補償素子無しで安定な動作を確保しています。

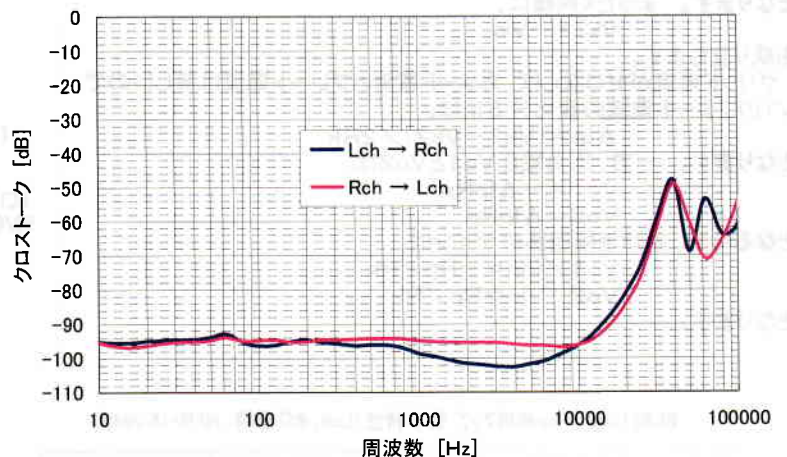
本機のアンプ回路は、定電流源で縛っていますので、差動PPアンプの特徴も兼ね備えます。そのひとつが電源に信号が流れないという点です。これは低域のクロストーク特性に現れています。本機の電源回路は非常にシンプルで両チャンネル間の信号が電源を通じて漏れるという現象には全く無防備ですが、右のグラフの通り全くその心配はありません。

加えて本機はACバランスのみならず、オペアンプの局部帰還によってDCバランスもほぼ完全に取れるという点と、同じ理由によってPSRR(電源に乗っているリップルなどのノイズを除去する割合)が非常に高いという点が、通常の差動プッシュプルアンプと比較して優れています。

以下に挙げる本機の残留雑音がそれを証明しています。

	10~300kHz	IEC-A
Lch	23.51 μ V	8.167 μ V
Rch	36.26 μ V	10.13 μ V

EL821CasComp単段差動アンプ クロストーク特性 (8Ω 負荷, 1V出力時)



この回路はグリッド電流が流れないこと、オペアンプのオープンループゲインが十分に大きいことを前提に、真空管の非直線性を補正し無歪にするアンプです。従って、多極管のネイティブ動作やUL接続によってスクリーン電流が流れると、その分だけ性能が落ちてしまうので、三極管または多極管の三結動作以外はあまり面白くない回路と言えます。

いろいろと制約もありますが、これほどシンプルな回路にもかかわらず得られる物理特性が良いため、非常に興味深い回路です。調整を必要とせずにピタッとバランスが取れる点など、部品点数が少ないことも合わせて、初心者でも取り組みやすい回路と言えるかもしれません。静特性は使用するオペアンプの性能に依存しますので、本機で使用したものよりも高性能なオペアンプを使えばさらに良い特性が得られるはずで。

興味が湧いた方は、是非追試をお願いします。

