

21世紀のオーディオ電源回路 The audio power supply circuit in the 21th century 出川 三郎

Saburou Degawa
A&R Lab

Abstract:

The traditional power supply (the condenser input circuit) has a structural defect that its supply voltage gets low on the ripple edge for a very short time in a cycle. This lack must be eliminated to play the audio signal in all frequencies. In this lecture, the 2nd generation series power supply circuit is proposed. This circuit can improve the ripple edge in question rising 46 % compared to the traditional one.

1.はじめに

筆者が2000年6月、JAS コンファレンスにおいて、オーディオ電源用ダイオードに、低リーク、高耐圧のSBDを発表して5年が経過した。日本のオーディオメーカーは一斉にFRDからSBDの採用を積極的に踏み切った。ソースもアナログからCD、SACD、DVDの時代になり、人間の脳がCDの音、20 μ Sの判断をする時代になった、しかしオーディオ電源の進化は1920年Rectifier Tubesが開発されてからシリーズ

電源の進化は85年間ない。ここに新しい提案として、第2世代のシリーズ電源回路を発表する。

2.The operation principle of the series power supply

Fig1はシリーズ電源 (the condenser input circuit) です。トランスの二次側の電圧がコンデンサの電圧より高くなった時、ダイオードD0が整流をはじめコンデンサの充電と負荷Lに電流が供給される。

また、コンデンサより電圧が下がるとダイオードは、整流を中止し、負荷L側にはコンデンサが電流の放電を開始する。これを毎サイクル繰り返し行う。しかし、ダイオードにはダイオード順回復時間、逆回復時間の存在とダイオードにかかる電圧とコンデンサ電圧との差がきわめて少ない時間帯が存在する。したがって、この時間帯はダイオードの電流がきわめて少ないため、負荷に供給する電流が欠落する、(約数100 μ sの間)、

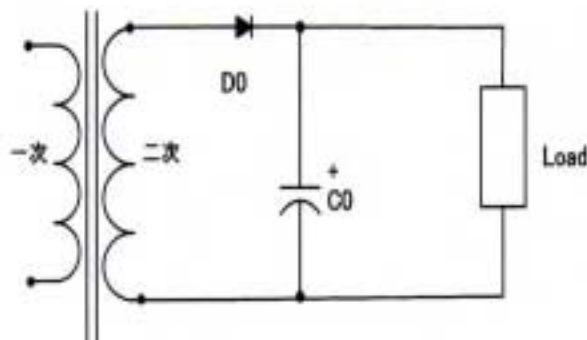


Fig1 condenser input circuit

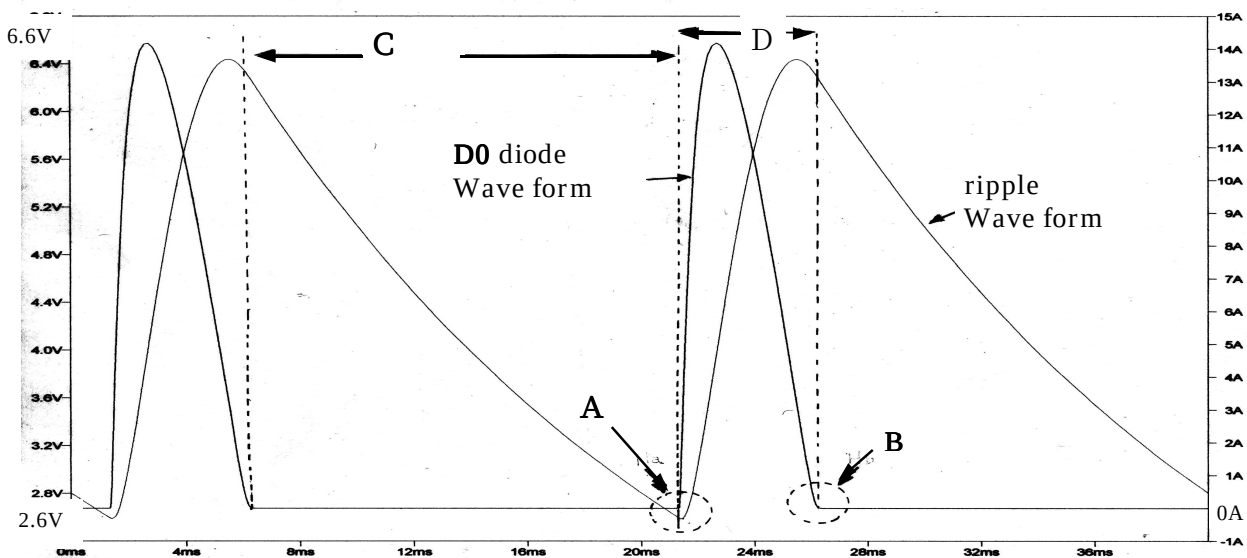


Fig2 Wave form of condenser input circuit

従ってこの間の音楽信号は再生されない、人間の脳がCDの音、 $20\mu\text{s}$ の判断をすれば、確実に音の違いを判断する、(ちなみにダイオードとSBDの差は $300\mu\text{s}$ 位)。
現在でもダイオードについて半導体メーカーがダイオードに順回復時間が存在していることを明示していないため、何の疑問ももたずシリーズ電源回路を採用して現在に至っている。なお改良の対策と言えば後段に定電圧回路又はリップル改善回路を加えるのが現状。
しかし、欠落した電流が再生されるのは疑問が残る。

3. Series power supply circuit wave form

Fig2にFig1のD0ダイオード波形とリップル波形を示す。

D領域はダイオードが受け持つ負荷電流とコンデンサに充電電流を流す領域、C領域はコンデンサが放電し負荷電流を供給する領域。

A点は、リップルの谷間においてコンデンサ放電からダイオード整流に切り替わる時、ダイオードはそのダイオードの持っている順回復時間(電圧がかかっても電流の流れない時間)+印加微小電圧状態で低インピーダンスのコンデンサ充電時間と必要負荷電流供給に到達するまでの時間、すなわち、例えば約数 $100\mu\text{s}$ の間、電流欠落が理論的に存在する。B点では、ダイオードにかかる電圧が小さくなり、負荷電流より整流電流が下回る時間+ダイオードの逆回復時間

(負荷側から見るとショート状態)が存在し、この間、負荷には電流が供給されないことになる。従って、コンデンサ・インプット回路の宿命でA、B点では負荷電流が流れない時間帯が存在することになる。

4. 2nd generation series power supply circuit

Fig 3は今回発表の回路、従来の回路に補助整流回路SCを付加した回路である。

ILは交流の位相を遅らせるためのコイル。D1で整流された電流はC1に蓄えられる。D2はメインコンデンサから逆流しないための逆流防止用ダイオードである。

Z1は補助整流回路SCのインピーダンスが高くなると、D1の整流作用が出来なくなるための対策である。

D1の整流が可能になるためには、従来回路にインピーダンスマッチング用の素子Z1を挿入することで回路は成り立つ。

したがって、Z1はインピーダンスマッチングが目的なので、抵抗、コイル、ダイオードいずれの素子でも可能である。

C1に蓄えられた電流は負荷側の必要に応じた分だけ逆流防止用ダイオードD2を通して流れ出す、したがって問題となっていた、ダイオードの整流開始の時間帯、と整流終了時間帯、負荷への電流が流れなかった時間帯に放電されるので、この間、電源により欠落していた、音声信号などは完全に再生が可能になる。

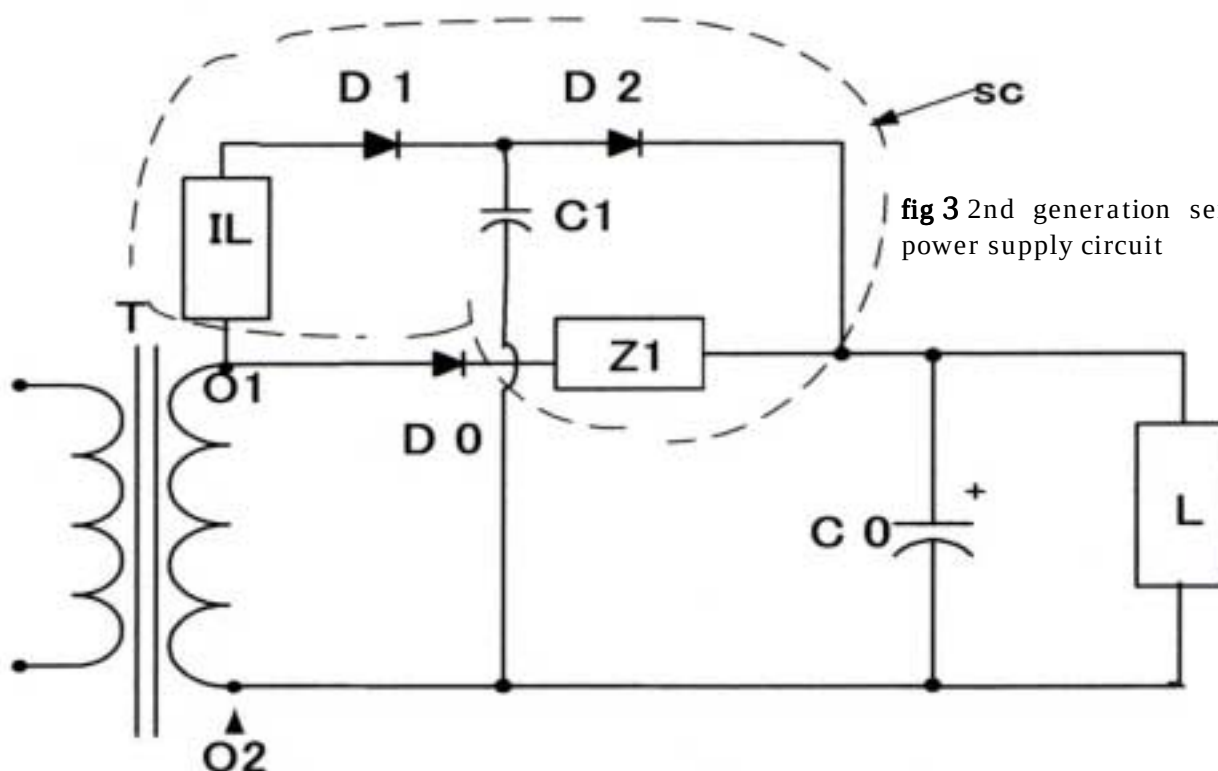


fig 3 2nd generation series power supply circuit

Fig4 Ripple wave form and rectification wave form with New circuit

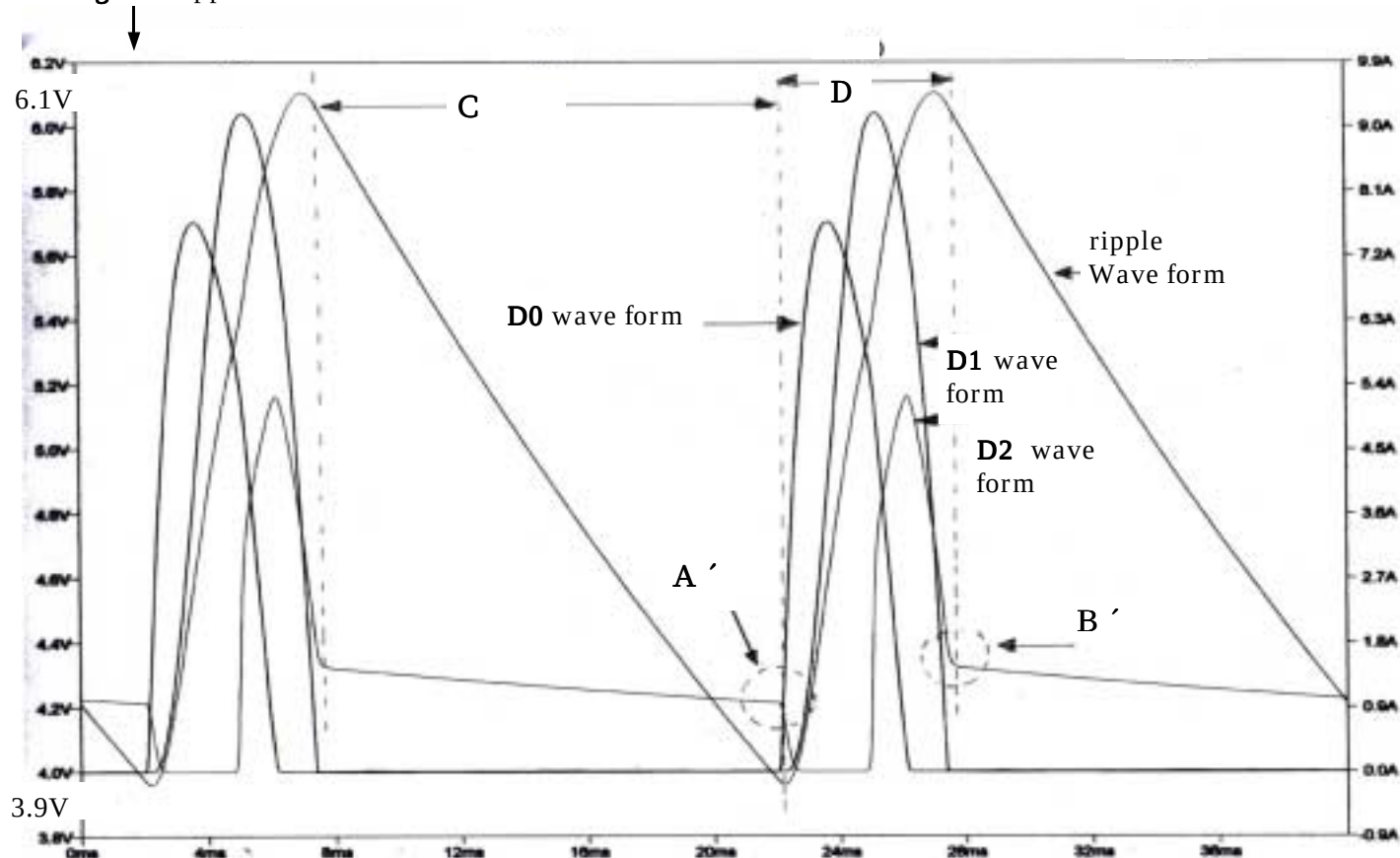


Fig1とFig3の回路に、Power for the tube 5V 2A電源を想定して、コンピュータで素子の定数を設計した波形がFig2とFig4になる。トランス2次電圧：7.07V、コイルIL:0.18mH コンデンサC0,C1:8,200 μ F、インピーダンスマッチング用素子Z1は抵抗:0.1 Ω 、DiodeはD0,D1,D2: Schottky Barrier Diode 30A 40V素子、

Fig4とFig2を見比べるとダイオードの整流開始時点AがA'点に、補助整流回路のC1に蓄えられた電流がD2のダイオード波形で判るようにベース電流として流れるため、今まで欠落していた負荷電流が補填される、また、ダイオードの整流終了時点BもB'点に押し上げられる、D1の整流波形を見ると予想以上の整流電流がC1に蓄えられるのが判明する。

その結果なんとRippleのPeak to peakの値4Vが2.2V約46%も改善されるのが判明する。

なお、交流位相を遅らせるコイルをはずして同相で整流した場合はピークツーピークが40%くらい観測される。

同じくZ1をThe coilにした、The chalk input circuit では36%の改善があり、

同じくZ1を逆流防止用ダイオードと同じSBDにすると46%の結果が得られた、従ってこの回路はC1に充電さえされれば作用は可能となる。

シリーズ電源 (コンデンサー・インプット回路) の半波整流回路で実験を行ったが、全波整流センタータップ回路、全波整流ブリッジ回路、中点付ブリッジ回路も動作原理、作用は全く一緒にリップルの改善が倍になるだけである。

5. Computer wave form and The actual wave form.

Fig5の回路に、真空管B電源を想定しての定数を入れてコンピュータと実際の回路での波形がどうなっているかオシロによるCRT1、CRT2波形の時間軸を合わせたもの。

定数トランス2次:240V,負荷抵抗:1.8K Ω ,IL:0.18mH、Z1:3 Ω ,SBD:3A 720V

測定用シャント抵抗:0.44 Ω Fig8写真波形ではコンピュータのCのスパイスは理想の定数が入っているが、実際は充、放電の時定数が存在するため、Fig8を観測すると補助整流回路のD2の電流はコンピュータ上ではD0の

Fig5 2nd generation series power supply circuit

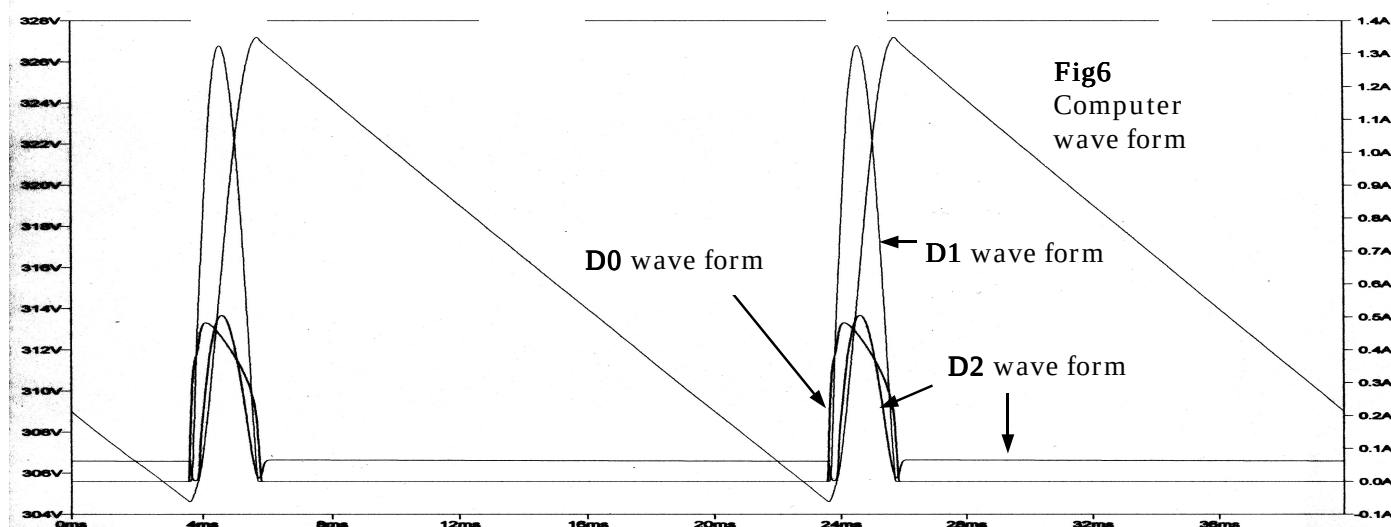
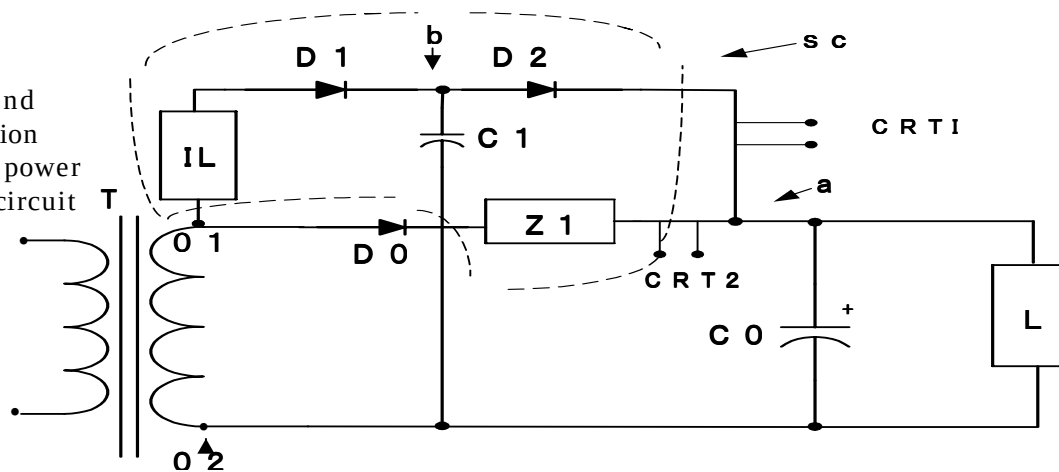


Fig6 Computer wave form

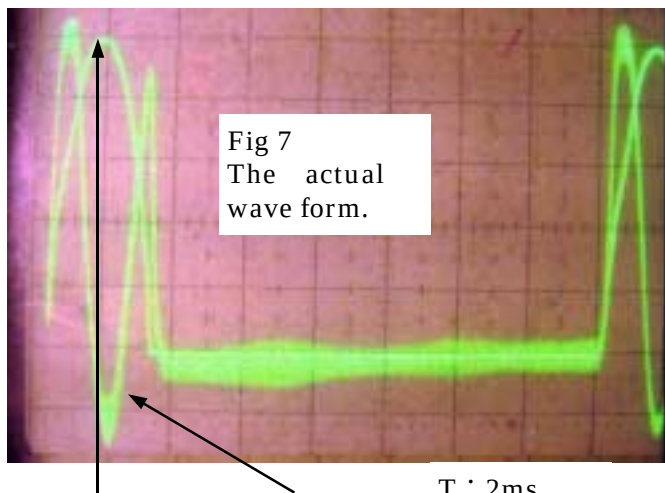


Fig 7
The actual wave form.

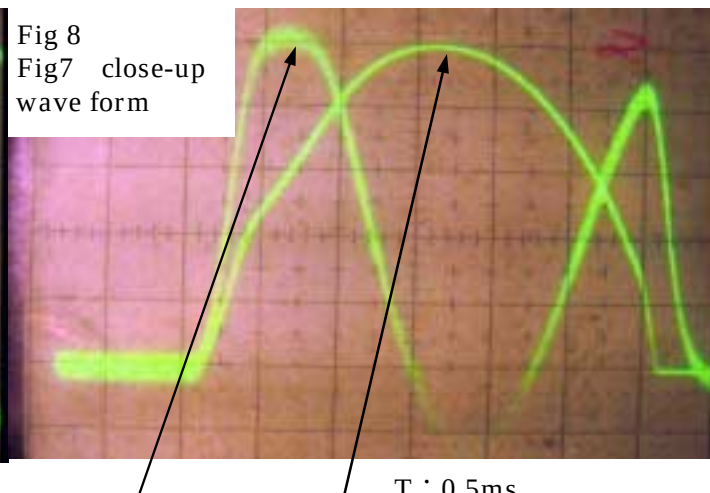


Fig 8
Fig7 close-up wave form

CRT2 D0wave form CRT1 D2 wave form

CRT1 D2 wave form CRT2 D0 wave form

整流終了時に大きく電流が流れて、ベース電流は1A弱流れるが、実回路ではC 0 の充電電流がD0の整流開始時にD2から補填されているのが観測される。
6. まとめ
アンプは電源なりの格言があるように、音声信

号処理技術がいくら進んでも電源の進歩がなければ良くはない。
今回、開発された回路は従来のシリーズ電源の盲点を完全に解決することが出来、第二世代シリーズ電源は理想のオーディオ用電源である。

Speaker's History :

Saburou Degawa , He graduated from the junior college department of Tokai University in 1961 and worked for IR JAPAN Co. Ltd. From 1961 to 2002. Then he established A&R Lab. in 2003.