

SPiKe™ 保護機能付きオーディオ・アンプ

National Semiconductor
Application Note 898
John DeCelles
August 1993



SPiKe™ 保護機能付きオーディオ・アンプ

概要

テクノロジーの発展に伴い、集積回路 (IC) によってユーザの求める様々な機能と高い信頼性を持つ製品が手ごろな価格で実現できるようになりました。トランジスタによるオーディオ・アンプの歴史はまだ 50 年にもなりません。技術の進歩により、電力消費の大きなディスクリットとハイブリッド回路は最新の低電力モノリシック IC に変わってつあります。今日の IC 技術は高性能モノリシック IC のオーディオ・アンプを実現し、コンパクトながら大出力で高音質のオーディオ・システムをユーザに提供できるようになりました。

当社の Overture™ オーディオ・パワー・アンプ・シリーズは、オーディオ・アンプの設計において、部品、サイズ、コストを低減できる独自の保護システムを備えています。これにより、より高出力で、機能的で、信頼性のあるコンパクトなオーディオ・アンプ・システムを実現できます。

その特徴である、通常はハイエンド・ディスクリット・アンプでしか見られない保護機能は、モノリシック・パワー・パッケージに内蔵された出力保護メカニズムによって実現されます。ナショナル・セミコンダクター社では、オーディオ・アンプの設計においては出力段トランジスタに保護回路を設けて故障の影響を最小限にするために、独自の SPiKe プロテクションを開発致しました (SPiKe = Self Peak Instantaneous Temperature (° Ke))。SPiKe プロテクションとは出力の過電圧、電源の低電圧、出力のグランドまたは電源への短絡、熱暴走、および瞬間的な温度上昇から、アンプの出力段を保護するように設計されたメカニズムです。

次ページ以降で、SPiKe プロテクションがどのような利点をオーディオ・アンプ設計者にもたらし、なぜそのようなメカニズムが必要であるかについて詳細を説明します。

なお次ページ以降の保護に関する部分では、Figure 1 (Amplifier Equivalent Schematic with Simplified SPiKe Protection Circuitry) に示す等価回路を用いて機能の説明を行いますのでご参照下さい。

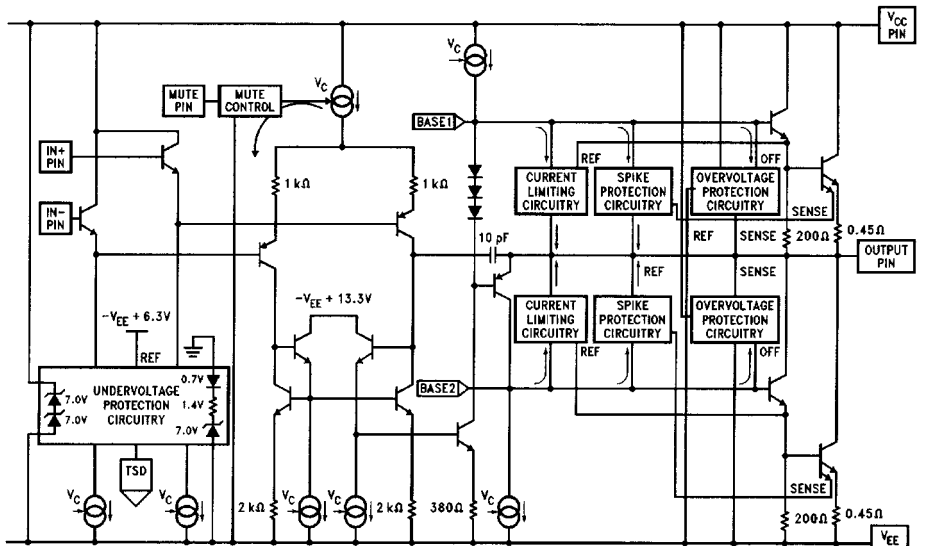


FIGURE 1. Amplifier Equivalent Schematic with Simplified SPiKe Protection Circuitry

TL/H/11869-1

Overture™ と SPiKe™ は、ナショナル・セミコンダクター社の商標です。

AN-898

瞬間温度上昇の制限 (SPiKe)

SPiKe プロテクションは、出力段の動作条件に応じてアンプ自身のドライブ能力を自動的に調整する「独自のスマートな」機能による保護メカニズムであり、最も厳しいパワー・リミット条件に対してもパワーアンプの出力段を保護します。

市販のアンプでは、アンプを安全動作領域内で動作させるよう、計算から求めた外付け抵抗によって電流制限を調整する SOA (Safe Operating Area) 保護が使われています。しかしながら、SOA 保護方式は外付け部品を必要とするばかりではなく、保護のために電流を制限することと出力ドライブ能力を大きくしたいという設計要求とに矛盾が生じてしまいます。さらに出力の正負電源に対する短絡からデバイス破壊を防ぐためには、電流制限値を著しく小さく抑えなければなりません。これはドライブ能力をも著しく制限してしまいます。

しかし SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは、出力ドライブ能力を犠牲にすることなく包括的な保護機能を実現します。SPiKe プロテクション回路は出力トランジスタの温度をセンスし、その温度が約 250 に達すると保護動作を始めます。アンプの動作状況により、Figure 1 において出力段トランジスタのベース電流を抑え、出力段トランジスタが安全動作領域に収まるように維持します。

この SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプの独自性は、グランドまたは電源への出力短絡が、オーディオ帯域の入力によってパワー・リミットに届いたかに関わらず、出力段トランジスタの安全動作領域を動的にモニタできる点にあります。

Figure 2a ~ Figure 2c で分かるように、ケース温度の上昇により、各パルス幅における安全動作領域は小さくなってしまいます。また Figure 3a ~ Figure 3c では、ケース温度の上昇に伴い SPiKe プロテクションが働く領域が増えて安全動作領域が小さくなっていく様子を、100Hz 正弦波を例にして示しています。これはパワーアンプを最適な条件で動作させるためには、適切な放熱によりケース温度を下げるのが必須であることを表わしています。

あとの「電流制限」の項で述べますが、出力のグランドへの短絡の場合は、数百 μs のあいだは従来の電流制限回路により電流が制限され、その後接合部温度が制限値 250 を越えたときに SPiKe プロテクションが代わりに働き始め、出力電流をさらに制限します。

この保護方式は、ケース温度、トランジスタの動作電圧、コレクタ・エミッタ間電圧 V_{CE} 、および時間に対する電力消費などに依存するパワー容量を決定します。

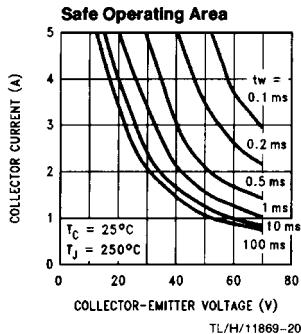


FIGURE 2a. $T_C = 25^\circ\text{C}$

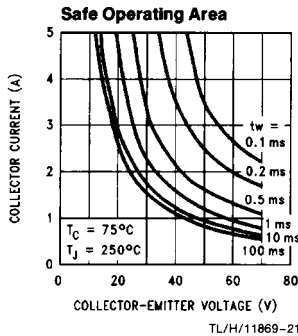


FIGURE 2b. $T_C = 75^\circ\text{C}$

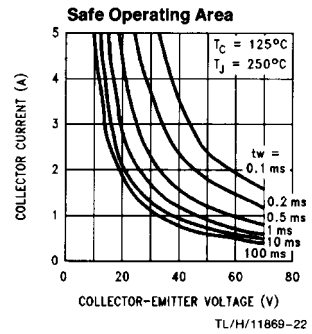


FIGURE 2c. $T_C = 125^\circ\text{C}$

SPiKe Protection Response

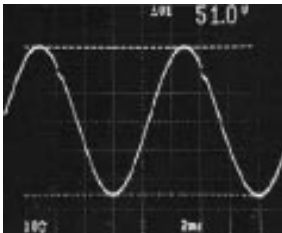


FIGURE 3a. $T_C = 75^\circ\text{C}$

SPiKe Protection Response

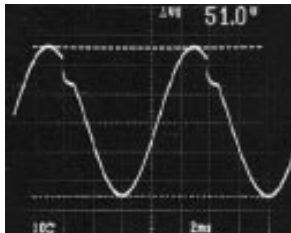


FIGURE 3b. $T_C = 80^\circ\text{C}$

SPiKe Protection Response

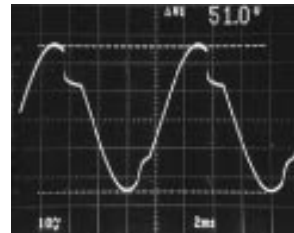


FIGURE 3c. $T_C = 85^\circ\text{C}$

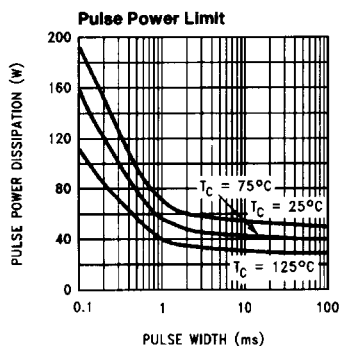
Figure 4 と Figure 5 はどちらも SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプの特性を示し、パワー・トランジスタのピーク・パワー能力とパワー・リミット状態になるのに必要なパワーを決めるために用います。またこれらの図は、SPiKe プロテクションを使用しない範囲で、様々な負荷に対する最大パワーを決定するのに用いることもできます。

Figure 4 は、パルス幅とケース温度をパラメータとする、出力段トランジスタのピーク・パワー消費能力の関係を示しています。

また Figure 5 は、動作電圧範囲内での各ケース温度にて、SPiKe プロテクション回路がオンになるパワー値を示しています。

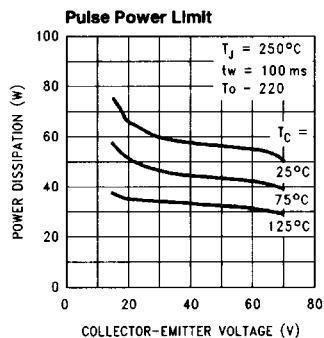
繰り返になりますが、アンプから最大の出力パワーを得るために、アンプ IC の適切な放熱と換気による排熱が設計上の重要項目であることは明らかです。

SPiKe プロテクションのアンプは、安全動作領域のパワー・リミットに届かないよう温度ピークを調整することが可能です。なおパワー・リミットに到達してしまう原因としては、負荷に対する過度のドライブもしくは従来方式の電流制限によるケース温度の上昇、またはグランドもしくは電源への出力短絡などが考えられます。



TL/H/11869-26

FIGURE 4. Pulse Power Dissipation vs Pulse Width



TL/H/11869-27

FIGURE 5. Pulse Power Dissipation vs V_{CE}

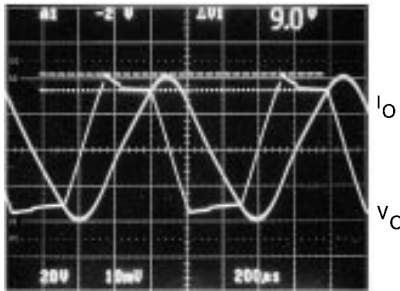
過電圧 - 出力電圧クランプ

オーディオ・アンプにおける重要な保護機能の一つが、大きなフライバック・スパイク電圧からの出力段トランジスタの保護です。このフライバック・スパイクは、スピーカのような誘導性負荷において、電流が急激に変化しようとしたときに発生します。プッシュプル・アンプが誘導性負荷をドライブしているときにパワー・リミット（すなわち SOA リミット）に入ってしまうと、インダクタンスに発生した電流が電源電圧を超えて出力段をドライブします。このような大きな電圧スパイクは、一般的なオーディオ・アンプにおけるブレイクダウン電圧定格を超える可能性があり、その場合出力段トランジスタは破壊されてしまいます。一般的に、アンプには絶対最大定格で決められている電源電圧（無信号時）を超えたストレスをかけてはならず、またそのような電圧ストレス状態となるような動作状態から保護されなくてはなりません。通常この種の保護では、コスト高のツェナー・ダイオードが高速リカバリー・ショットキー・ダイオードを、出力と正負電源の間に挿入します。

しかし SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは、スピーカの定格負荷に対して持続的な過電圧を許す独自の保護メカニズムを持っています。Figure 1 を見ても分かる通り、過電圧保護回路（図中の OVER-VOLTAGE PROTECTION CIRCUITRY）はまず出力が電源電圧を超えていないかをセンスし、もし超えていたら即座に出力段トランジスタをオフするので、結果的にブレイクダウン電圧を超えることはありません。過電圧保護回路は出力のモニタを続け、過電圧の状況が解消されたら出力段トランジスタを再びオンにします。

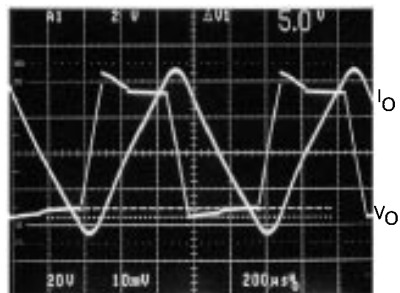
なお過電圧出力のモニタ中であっても、前述の SPiKe プロテクションは機能しています。さらに SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは電源電圧に対するクランプ機構も備えており、正の電源に対してはツェナー効果と PN ダイオードの電圧降下分で、また負の電源に対しては寄生ダイオードの電圧降下分で、それぞれクランプされます。これは Figure 6a と Figure 6b にそれぞれ示すように、正の電源電圧に対しては約 8V のクランプに、負の電源電圧に対しては約 0.8V のクランプに相当します。

Figure 7a および Figure 7b は過電圧に対する出力段をモデル化した図で、高い周波数において正負それぞれの電圧波形がどのようにクランプされるかを示しています。「瞬間的な温度上昇に対する制限 (SPiKe)」の項の Figure 2a ~ Figure 2c に示したように、安全動作領域はパルス幅 t_w が大きいとき、すなわち周波数が低いときの方が周波数が高い場合に比べて著しく小さくなります。したがって、周波数が低いほうがパワー・リミットに簡単に到達してしまう可能性が高くなります。さらに Figure 8 ~ Figure 11 では、過電圧は低い周波数のほうが、より過度に、またより多く起こるであろうという事実を示しています。電圧スパイクのピークは、過電圧を起こすパワー条件によっては既に述べたクランプ値より大きくなる場合もありますが、実際には Figure 8 に示されるように、波形は出力インダクタンス電流の放電を伴ってクランプ電圧値まで抑え込まれます。



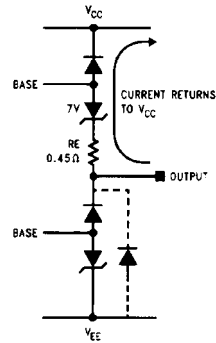
TL/H/11869-2

FIGURE 6a. Positive Output Voltage Clamping Waveform



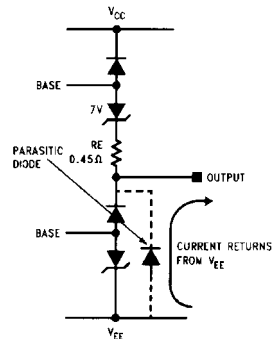
TL/H/11869-4

FIGURE 6b. Negative Output Voltage Clamping Waveform



TL/H/11869-3

FIGURE 7a. Output Stage Overvoltage Model (V_{CC})



TL/H/11869-5

FIGURE 7b. Output Stage Overvoltage Model ($-V_{EE}$)

下側の出力段には負電源と出力の間に寄生ダイオードが入っているため、外付けのクランプ・ダイオードは必要ありません。この寄生ダイオードはモノリシック IC の利点の一つであり、パワー・リミット時に負荷に流れる大きな電流をも扱うことができます。

ただし障害が長期間持続するような場合は、ピーク温度制限回路では制御できない大きなパワーをそれらクランプ・ダイオードが消費するため、リアクタンス性負荷に対しての保護は行われません。また純粋なリアクタンス性負荷においては、すべてのパワーは負荷ではなくアンプ内で消費される点に注意が必要です。つまりもし負荷の性質が抵抗性よりもリアクタンス性によっていけば、パワーはスピーカに伝達されずにアンプ内で消費されるであろうことを示しています。マルチウェイ・スピーカでは周波数帯によりスピーカ切替が起こりインピーダンス特性が変化するので、アンプがどのような性質の負荷をドライブできるか、またはできないかということを知ることは、アンプとスピーカの性能を引き出すためだけでなく、アンプの保護にとっても重要です。マルチウェイ・スピーカにおけるスピーカ・ユニットのアンマッチ、あるいはスピーカ・ユニットの特定の周波数帯における抵抗値の局所的な低下が、アンプがパワー・リミットを超える原因となります。もしアンプがドライブできる最小インピーダンスを把握できていれば、パワー・リミットを超える確率を小さくできるでしょう。

Figure 8 ~ Figure 11 は、様々な入力と負荷条件のもとで、誘導性負荷からの大きなフライバック電圧を受けて LM3876 がそのパワー・リミットに至った例です。

このときのテスト条件は以下の通りです。

- LM3876 を使用
- 外部補償コンポーネントなし
- $V_{CC} = \pm 35V$
- $AV_{CL} = 20$
- $I_O \text{ Div} = 2.0A/div$
- Figure 8 においては $Z_L = 7.5mH + 4\Omega$
- Figure 9 ~ 11 においては $Z_L = 7.5mH + 2\Omega$
- Figure 8, 9, 11 においては $f = 100Hz$
- Figure 10 においては $f = 70Hz$

Figure 8 に示すように、閉ループ・ゲイン 20 において、4.5V のピーク入力がアンプに入力されたときに、34V の出力波形が大きくクリップされています。クロスオーバー・ポイントではアンプ出力段が SOA リミットに達しているために、急峻な 48.5V の過電圧スパイクが発生しています。この波形のときコレクタ・エミッタ間の電圧は極めて高

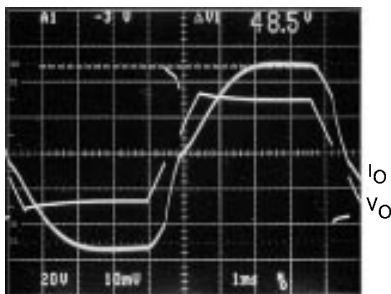
く、また出力電流も極めて大きくなっています (4A)。Figure 2a ~ Figure 2c から、SOA パワー・リミットに達していることが容易に理解されるでしょう。

SOA リミットに達したとき、インダクタンスは蓄えられている電流を供給し続けようとし、一方の SPiKe プロテクション回路は出力電流を制限する方向に働きます。インダクタンスによる電流は急には変化できないので、Figure 7a に示すように上側の出力トランジスタに向けて逆流します。

この電流が出力波形に大きなフライバック・スパイク電圧を生じさせる原因です。スパイク電圧のピーク値は、パワー・リミット時に出力を流れる電流とエミッタ抵抗^{0.45} とを掛けたい値を、「過電圧 - 出力電圧クランプ」の項で述べた正電源に対するクランプ電圧に畳まれた値として求められます。Figure 6a ではスパイク電圧は計算上 $2A \times 0.45 = 9V$ となるため、画面の横カーソルで示される約 8V の山がフライバック・スパイクと考えられます。下側の出力段については、コスト高の出力クランプ・ダイオードを不要とする寄生ダイオードによってクランプ電圧が決まります。

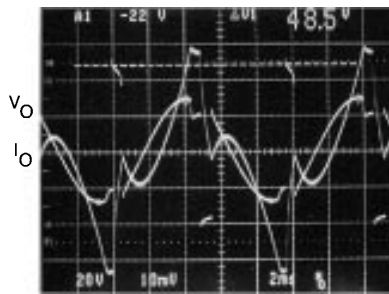
Figure 8 において電流がゼロとなるクロスオーバー・ポイントに近づいたとき、出力はパワー・リミットによる制限さえなければ到達していたであろう電圧値になるとスパイクが発生します。これはあらゆる過電圧発生時における典型的な動作です。過電圧時は、アンプは閉ループモードでは動作していない点に注意しなければなりません。

Figure 9 において、出力電圧波形 V_O は Figure 3a ~ Figure 3c での SPiKe プロテクションがかかった正弦波となっており、さらに Figure 8 で見られたスパイク電圧も発生しています。なお Figure 9 で表示されているもう一つの波形 I_O は出力電流波形です。応答の中ほどの正弦波の頂点付近で電流は 6A に達し、SPiKe プロテクションにより電圧波形の正弦波に「噛み取った」ような形が付きます。このとき「瞬間的な温度上昇に対する制限 (SPiKe)」の項で述べたように、SPiKe プロテクション回路は出力電流の制限を始めます。そして出力電流がゼロになったときに、電流の急激な変化によりフライバック・スパイク電圧が発生しています。そして電流が制限によりゼロになったとき、電流と電圧は入力波形を増幅した本来の波形に戻ろうとします。電圧はすぐに元の波形位置に戻ることができますが、電流は連続的な充電を経てゆっくりと戻り、下側の出力段が電流を引き込み始めるに連れてようやく下がります。ちなみに、もし SOA パワー・リミットに達していなければ、電流波形は正弦波になっていたことを付記しておきます。



TL/H/11869-6

FIGURE 8. Overvoltage Exceeding Clamping Level



TL/H/11869-7

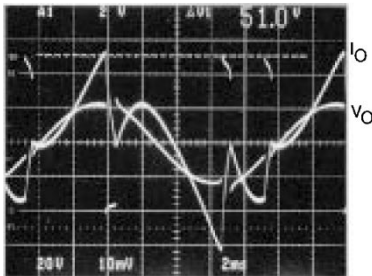
FIGURE 9. Reaching the SOA Power Limit,
 $f = 100 \text{ Hz}$, SPiKe Enabled

Figure 9 とは異なって Figure 10 の波形では、複数回の SOA パワー・リミットが生じています。すなわち Figure 10 は、過度の負荷条件においては複数回の SOA パワー・リミットが起り得ることを示しています。この例ではアンプは、7.5mH のインダクタンスと直列に接続された 2 Ω の抵抗負荷に対して 70Hz の正弦波をドライブしています。周波数が低く、また小さな抵抗性負荷において、SOA パワー・リミットに達する回数が多くなります。なおパワー・リミットに達する周波数は、負荷としてのリアクタンスの大きさに依存します。

Figure 11 は、出力が電源電圧のフル・スイング近くまで極めて大きくドライブされたときに生ずる大電流オーバードライブの一例です。正負それぞれの振幅において、電流は 6Apk を超えていることに注意して下さい。

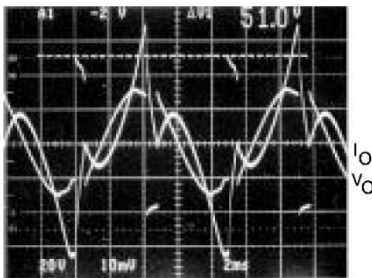
重要な点は、通常はこのような大きな電圧はディスクリート・トランジスタであれば破壊電圧を超えてしまっていることです。ディスクリート・パワートランジスタは、出力クランプ・ダイオードで保護されていないければ、ブレイクダウン電圧を超えると破損します。一方で、SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは、低インピーダンス負荷で発生した過電圧に対しても許容力があることは明らかです。

以上のように、出力過電圧に対するプロテクション回路をモニタリング・オーディオ・アンプ IC に内蔵しているため、ディスクリート設計で用いられる高価なファスト・リカバリー・ショットキー・ダイオードは不要となり、外付け部品の削減とコスト低減が可能となります。



TL/H/11869-8

FIGURE 10. Multiple SOA Power Limits



TL/H/11869-9

FIGURE 11. Output Saturation Causing Extreme Overvoltage

低電圧保護 - ポップ・ノイズのないパワーオン/オフ

SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは独自の低電圧保護機能も備えており、通常のアンプにおいてパワーオン/オフ時に生ずる不快で有害なポップ・ノイズを発生させません。通常スピーカを壊してしまう可能性がある DC 電圧シフト、いわゆる出力におけるポップ・ノイズは、すべてのオーディオ・アンプの設計時において避ける必要があるため、この低電圧プロテクションが設計されました。なおポップ・ノイズは、一般的には電源電圧の上昇中に出力段に対する内部バイアスが不安定になることが原因です。

SPiKe プロテクションにおける低電圧保護は、バイアスが確定するまでの間、出力段をオフにしてハイインピーダンス状態にすることでポップ・ノイズ抑止を行います。具体的には Figure 11 において、制御信号 VC にてすべての電流源をオフにします。LM2876、LM3876 および LM3886 においては、(1) 電源電圧の正負の相対電圧が 14V を超えるまで、かつ (2) 負の電源電圧が -9V より下がるまで電流源をオンにしません。ゆえに、末尾に "6" が付くシリーズでは、二つの電源電圧条件が満たされるまではオーディオ信号の増幅は行われません。後者の -9V のプロテクション方法により、Figure 12 に示されるように、正と負の電源電圧とが同時に上昇した場合に両者の電圧差が 18V になるまで出力をオフにします。-9V はグランドからの絶対電圧値なので、電源で電圧スパイクが起こり正負の相対電圧差が 14V を超えても、一時的に保護が無効になるようなことはありません。なお LM3875 では、前者の電源電圧の正負の相対電圧が 14V を超えるまでという条件だけです。

なお、出力がハイインピーダンス状態のときの入力から出力へのアイソレーションは、そのほかの外部回路やプリント基板上の配線に依存することに注意してください。

Figure 12a と Figure 12b に示すように、グランドから $\pm V_{CC}$ 、および逆に $\pm V_{CC}$ からグランドへの遷移はスムーズであり、ポップ・ノイズは発生していません。また Figure 12a を拡大した Figure 12c において、電源電圧が $\pm 9V$ に達するまで入力信号の増幅が行われないことも分かります。また 0V から $\pm 9V$ に至る間、フィードスルーも起きていません。なお電源電圧が上昇している間は、増幅された正弦波は内部でクリップされてしまいますが、電源が規定電圧まで上がれば正弦波出力はアンプのクリップ・レベルを下回ります。

また LM3876 のミュート端子に 0.5mA を流すと、減衰レベルは 0dB になることにも注目してください。もしミュート端子からのソース電流が 0.5mA 以下であれば、非線型の減衰カーブによりクロスオーバー歪みや波形クリップが起きる場合があります。非線型の減衰特性は LM2876、LM3876、LM3886 各データシートの「Mute Attenuation curves vs. Mute Current」の表を参照してください。なお LM3875 は LM3876 の姉妹品ですが、ミュート機能はありません。

ミュート機能はパワーオン/オフ時にもオンもしくはオフに使うとよいでしょう。低電圧プロテクションはミュート端子の状態には依存しませんが、ミュート機能を低電圧プロテクション機能と組み合わせれば、とくに電源の立ち上がりが多いときに有効です。特記すべき事項として、ミュート機能もポップ・ノイズを生じないということが挙げられます。ミュート端子の電流値を決めてミュート機能を活用するには様々な方法がありますが、レギュレータを使えば連続的にミュート端子の電流を制御することができます。このレギュレータによる方法によって、電源電圧が低下している状態でも減衰レベルを0dB以下に落ちないように維持することができます。なおミュート回路の構成についての詳細は、今後のアプリケーション・ノートで提供する予定です。

SPiKe プロテクションにおける低電圧保護のメリットは、電源オン/オフ時にポップ・ノイズを生じさせないということです。すなわち、ユーザのスピーカを、電源オン/オフ時のDCスパイクから保護することが可能です。

電流制限 - グランドへの出力短絡

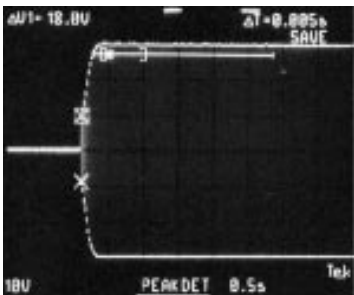
アンプ開発における実験室での作業中や、ユーザの実使用環境において、アンプ出力をグランドへ短絡させてしまう可能性は否定できません。このときもしアンプに電流制限機能がないと、出力段トランジ

スタが壊れる可能性があります。エンドユーザであればアンプ装置を修理に出さなければなりませんし、また実験中であればディスクリートの出力トランジスタまたはハイブリッド部品を捨てて新しい部品に取り替える必要はないでしょう。しかし SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプであれば、内蔵の電流制限機能によって、コストも時間もかかるそのような煩わしい作業を回避することができます。

さらに、ディスクリート設計では必要となる電流制限用の複数の部品は、モノリシック IC におけるアンプ設計では不要となるため、装置の大きさとコストを低減できることをも意味します。

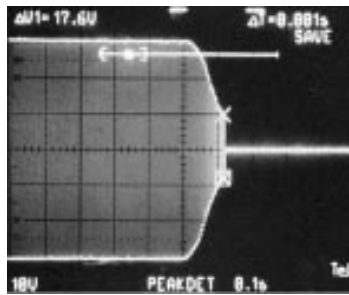
なお電流制限値は、それぞれのオーディオ・アンプ IC、およびその出力ドライブ能力によって異なりますので、各データシートの「電気特性」の項を参照して下さい。

このうち LM3876 の電流制限値は、Figure 13a にあるように、 $V_{CC} = \pm 35V$ 、 $R_L = 1\Omega$ のときに typical 値で 6Apk です。この値は、オシロスコープのカーソルを波形のピークにあてて $I_{LIMIT} = V_O/R_L$ で求められます。なおこのテストは、閉ループ・ゲイン 20、入力信号 2V ($t_w = 10ms$) の条件で測定されています。



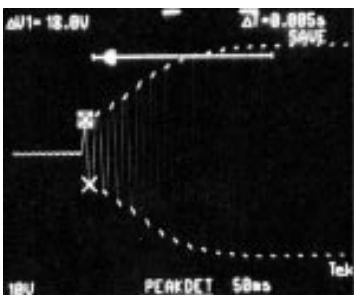
TLH/11869-10

FIGURE 12a. Output Waveform Resulting from Power-On Undervoltage Protection



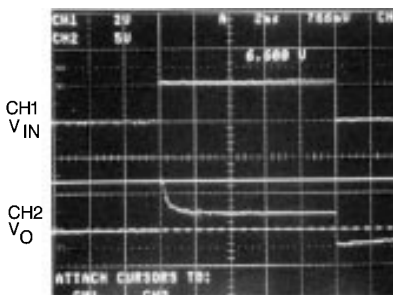
TLH/11869-11

FIGURE 12b. Output Waveform Resulting from Power-Off Undervoltage Protection



TLH/11869-12

FIGURE 12c. Output Waveform Resulting from Power-On Undervoltage Protection



TLH/11869-eps13

FIGURE 13a. LM3876 Typical Current Limiting with SPiKe Protection ON

この図でピーク値における電流制限の初期値は 6A ですが、時間の経過とともにその後電流制限値は減少していくことに注意して下さい。これは、SPiKe プロテクションによる瞬間温度制限回路がオンになるためです。IC の動作が電流制限の範囲内において出力段トランジスタ・アレイの温度が限界である 250 °C まで上昇したとき、SPiKe プロテクションがオンとなり出力ドライブ電流を抑えます。この電流制限によって、出力段トランジスタが安全動作領域を超えてしまうのを防ぎます。

Figure 13b ~ Figure 13d で示されるように、入力パルス幅が長くなるにつれ、SPiKe プロテクションにおける波形への影響も増加します。なお Figure 13c と Figure 13d の例においては、SPiKe プロテクションは電流制限後 200 μ s 経過してオンとなっていますが、ケース温度、トランジスタの動作電流と電圧、および時間に対しての電力消費によって一定ではありません。

内蔵の電流制限回路は出力トランジスタの電流をモニタし、電流の増加を検出すると Figure 1 に示すように出力段トランジスタのベース電流を抑え込みます。もし入力から出力をドライブしようとする、出力段トランジスタのベース電流はさらに抑え込まれ、結果として出力電流が制限されます。

もう一つ付け加えるならば、電源電圧が高くなるにつれて、電流制限時に SPiKe プロテクションがイネーブルとなるターンオン点は小さくなります。これは、内部での電力消費が大きくなり、出力トランジスタの温度が SOA リミットに上昇するまでの時間が短くなるからです。

ここでも同様に、SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは、グランドに対する短絡保護というシステム・ソリューションをアンプ IC 内に内蔵したことで、設計に要する時間と外付け部品とを節約し、結果として大幅なコスト削減を可能にしています。

電流制限 - 電源に対する出力短絡

SPiKe プロテクションのもう一つの保護機能として、例えば Overture オーディオ・アンプ部品を用いたアンプの試作段階で起こり得る出力と電源間短絡の保護があります。出力と正負どちらの電源間との瞬間的な短絡から、出力トランジスタの電流の流れを制限することでデバイスが保護されます。

このような短絡が起こることはまれですがゼロではなく、もし仮に起きた場合でも Overture オーディオ・アンプであれば短時間に限り保護が働きます。通常、電流制限保護のないディスクリート設計においてこのような短絡事故がおきたときは、出力トランジスタはフル・スイングにさらされ、さらに過大な電流が電源から流れ込みます。この種のストレスは出力段のディスクリート・トランジスタを破壊しますが、SPiKe プロテクションのアンプ IC では内部電流が制限されるため、出力トランジスタは破壊から保護されます。

ただしこの電流制限保護は、長時間は働かないという点に充分注意を払う必要があります。すなわち正負どちらの電源への短絡も数秒を超えてはなりません。瞬間的な短絡であれば頻繁に起きてても保護は行われますが、そのような動作は保証の範囲外のため試験を行っていませんし、またデバイスの機能性および長期的な信頼性を低下させる要因となるでしょう。

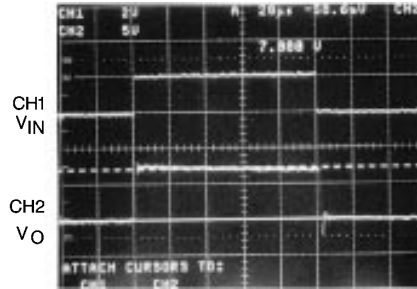


FIGURE 13b. $t_w = 100 \mu\text{s}$, t_{SPiKe} (Not Enabled)

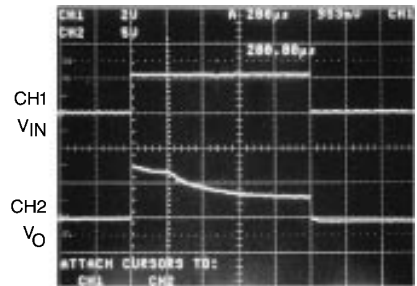


FIGURE 13c. $t_w = 1 \text{ ms}$, $t_{\text{SPiKe}} = 200 \text{ ms}$

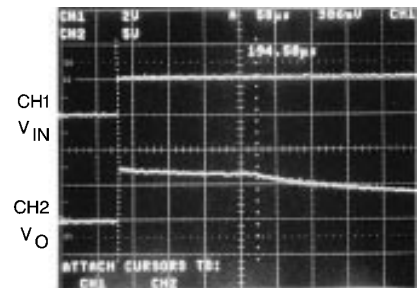


FIGURE 13d. $t_w = 10 \text{ ms}$, $t_{\text{SPiKe}} = 195 \mu\text{s}$

サーマル・シャットダウン - 連続的な温度上昇

オーディオ・システムの設計においては、ディスクリートの出力トランジスタと、動作対であって離れた場所に配置されるバイアス回路間との熱マッチングを手際よく設計できれば、設計期間を短縮することができます。オペアンプの神様である BoB Widlar 氏により考案された複雑な熱センサおよび制御回路と、それらをモノリシック IC アンプ上へ集積する技術により、ディスクリート・アンプ設計では必要であった外付け回路と長期の設計期間を省くことができるようになりました。

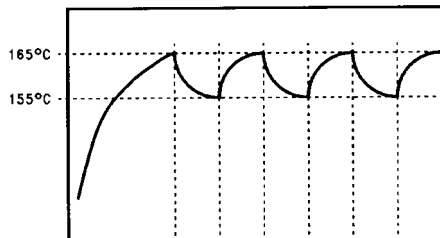
SPiKe プロテクションのオーディオ・アンプは、相補対称アンプでの技術課題である熱暴走からも出力トランジスタを保護します。熱暴走とは、二つの相補トランジスタの特性が同一でなく出力トランジスタのコレクタ電流が増えたためか、または温度上昇に対して V_{BE} が補正されていない場合に起こる、過度の発熱と電力消費です。

アンプに適切なヒートシンクが実装されていない場合に、アンプを長時間にわたり大きなパワーでドライブすると、放熱能力が弱いダイはヒートアップしてしまいます。一度ダイが温度リミットの上限である約 165 に達すると、サーマル・シャットダウン保護回路が働き出力をグラウンド・レベルに落とします。このとき音楽の流れが突然中断されるので、擬似的なポップ・ノイズが出るかも知れません。ダイの温度が約 10 下がり温度リミットの下限である 155 になるまで出力オフ状態は維持されます。その温度以下では出力はオンとなり、入力の増幅が再開されます。

Figure 14 と Figure 15 に示されるような接合部温度とシュミット・トリガ風にヒステリシスを持つサーマル・シャットダウン波形の関係から分かるように、出力をオン / オフすることで、充分な容量のヒートシンクが実装されていない動作条件下でありながら連続的な大きなパワーでドライブされた場合のダイ温度を制御します。

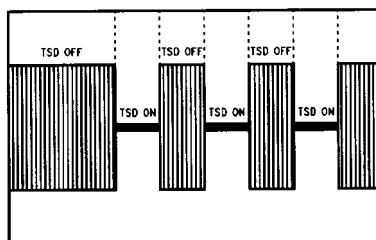
プロテクション回路を備える目的は、アンプ内で多くのパワーを消費してしまうために熱暴走へと至るような短時間の障害からアンプ・デバイスを守ることです。もしサーマル・シャットダウンの本質的な原因が解消されないと、アンプはシュミット・トリガ風のヒステリシス特性により無限に出力オン / オフを繰り返し、結果的にデバイスの信頼性を損なってしまいます。

なおサーマル・シャットダウン保護回路の動作はそれほど高速ではなく、瞬間的な安全動作領域からの逸脱に対しては SPiKe プロテクションが機能します。



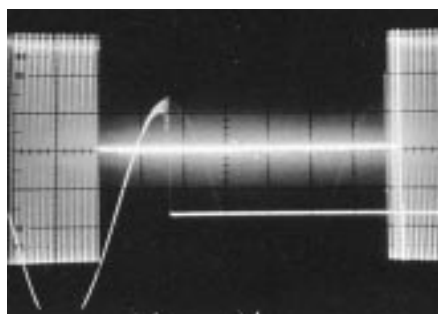
TL/H/11869-17

FIGURE 14. Junction Temperature vs Time



TL/H/11869-18

FIGURE 15. Thermal Shutdown Waveform



TL/H/11869-19

FIGURE 16. Actual Thermal Shutdown Waveform

生命維持装置への使用について

弊社の製品はナショナル セミコンダクター社の書面による許可なくしては、生命維持用の装置またはシステム内の重要な部品として使用することはできません。

1. 生命維持用の装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。
2. 重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本 社 / 〒135-0042 東京都江東区木場2-17-16 TEL.(03)5639-7300 <http://www.nsjk.co.jp/>

製品に関するお問い合わせはカスタマ・レスポンス・センタのフリーダイヤルまでご連絡ください。



0120-666-116



この紙は再生紙を使用しています