

VGA を 1 個使用した 60 dB の広いダイナミックレンジを持つ低周波 AGC 回路

著者: James Staley

はじめに

低周波の自動ゲイン制御 (AGC) 回路は、感度の高いマイクロフォン・プリアンプやレギュレータのようなアプリケーション向けのオーディオ装置と電源装置で使われています。図 1 に、クローズド・ループ帰還システムを構成する AGC 回路を示します。ループは、制御可能なゲイン・エレメント、検出器、安定なリファレンス電圧、比較回路から構成されます。

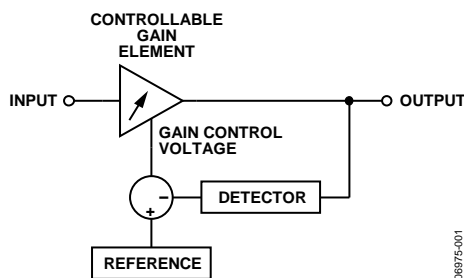


図 1. 可変 ゲイン・アンプを使用した AGC 回路

このアプリケーション・ノートでは、低周波 AGC 回路について説明します。この回路では、ゲイン制御エレメントとして広いダイナミック・レンジを持つ可変ゲイン・アンプ (VGA) AD8336、検出器として rms を DC へ変換する AD736、低価格のレール to レール・オペアンプ AD8551、リファレンス電圧として LDO の ADP3339 を使っています。このアプリケーション・ノートでは、AD8336 が制御可能な広いゲイン・レンジと回路の柔軟性を持つためこれを採用しました。

制御可能な ゲイン・エレメント

VGA は、従来型オペアンプ回路の場合のように、固定抵抗の設定によるのではなく、電子的にゲインを制御する特別なタイプのアンプです。VGA は、さまざまな通信アプリケーションで、自動ゲイン制御回路の一般的なソリューションとして広く使われています。

VGA は、数百 KHz~数百 MHz の周波数で動作します。理想的な VGA は、信号に歪みを与えることなく、リニアなアンプ動作をします。

VGA を使用する際には、ゲイン・エレメントはアンプと電子ボリューム制御との組み合わせになります。この例では、制御可能なゲイン・エレメントをさらに小型化して電子ポテンショメータと固定ゲイン・アンプにし、大きな歪みを導入することなく、入力信号を減衰させることにより、ループ・ゲインを調節します。ループのその他の基本エレメントは、検出器、安定なリファレンス電圧、加算回路です。この加算回路は、ループの状態を検出し、安定なリファレンスと比較し、それによって出力を調節します。

図 2 に AD8336 の機能ブロック図を示します。

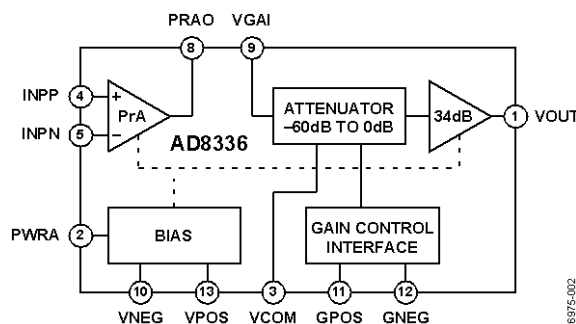


図 2. AD8336 の機能ブロック図

目次

はじめに.....	1	AGC 回路のデザイン例	3
回路デザイン	3	AGC 回路の動作	4

回路デザイン

オーディオ AGC では次の機能が必要とされます。

- 広いダイナミック・レンジ。非常に低いレベルの信号と非常に大きい信号を増幅できる能力。
- 全動作範囲で歪みの少ない増幅。
- 最小ゲインおよび最大ゲインの上限と下限の調節方法

このアプリケーション・ノートで説明する AD8336 では、アナログ・デバイス独自の X-AMP® アーキテクチャを採用しています。このアーキテクチャは、等抵抗間隔で複数のタップが付いたラダー回路から構成されており、さまざまな差動アンプからアクセスすることができます。図 3 を参照してください。

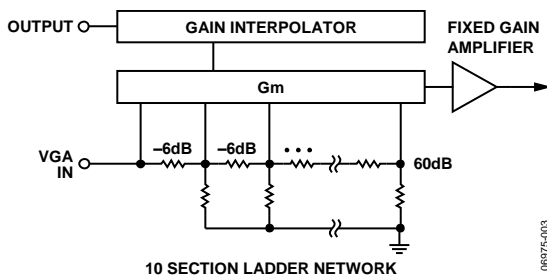


図 3. AD8336 ラダー回路

この回路アーキテクチャは、次の利点を持っています。

- 受動抵抗ラダー回路は、歪みを発生することなくゲイン制御機能を実行します。
- ゲイン・エレメントは、固定ゲインのオペアンプです。オペアンプのゲインは不変であるため、アプリケーションは、広い範囲の動作条件で最適化された一定の帯域幅、歪み、過負荷性能を活用することができます。

AD8336 は広いゲイン・レンジ (60 dB) と広い電源電圧範囲を持つため、最大 ± 15 V の電源で動作することができます。また、多目的のプリアンプを内蔵しているため、反転、非反転、差動の入力構成が可能です。

プリアンプ・セクションと VGA セクションは完全に独立しているため、プリアンプが不要な場合には、VGA 単体のエレメントとして使うことができます。ゲイン制御入力にはフル差動です。図 4 に、プリアンプ・ゲインの 2 つの値に対して、VGA のゲイン特性を示します。

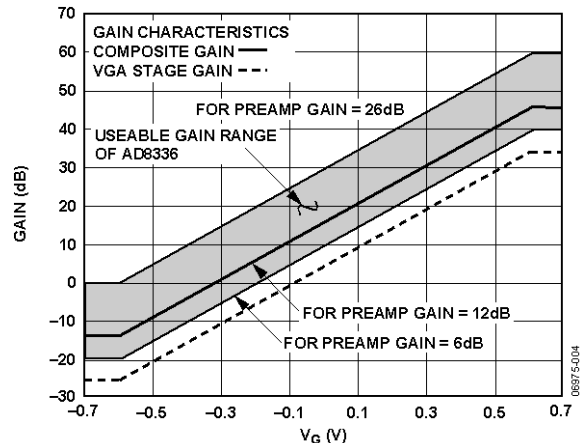


図 4. 種々の動作条件に対する AD8336 のゲイン特性

AGC 回路のデザイン例

信号電圧レベル

制御対象の信号電圧範囲、電源電圧、入力と出力の電圧レベルはすべて、AGC 回路に影響を与える要因です。この例では、AD8336 の 60 dB ゲイン制御範囲を実現することを目標とします。まず、電源電圧は ± 5 V とします。

電源電圧を指定すると、安定化出力電圧を設定することができます。プリアンプすなわち 34 dB 固定ゲイン・ステージが飽和すると、有効出力振幅が約 7 V p-p に制限されるため、最大公称振幅 5 V p-p は容易に実現できます。プリアンプ出力の電圧振幅を 5 V p-p にして、X-AMP 減衰器を -26 dB ($0.05\times$) に設定すると、出力電圧は 250 mV p-p になります。プリアンプ・ゲインを $-1\times$ (ユニティ反転ゲイン (ノイズ・ゲイン $2\times$ と等価)) に設定すると、最大入力電圧は 5 V p-p になります。最後に、ゲイン範囲を 60 dB とすると、最小入力電圧は 5 mV p-p になります。AGC 回路は、入力電圧範囲 60 dB (5 mV p-p ~ 5 V p-p)、固定出力電圧 250 mV p-p で動作します。

制御電圧レベル

AD8336 の差動ゲイン制御入力は、使用可能な制御電圧に合わせてレベル・シフトできるため、ゲイン制御駆動回路を大幅に簡素化することができます。この例では、GNEG 入力 (ピン 12) は 0.75 V にバイアスされるため、GPOS でのゲイン・レンジ電圧は 1.5 V になります。

検出器

検出器としては、rms から DC へ変換する AD736 を使用し、出力信号の rms 値に比例する正確な DC 制御電圧を出力します。AD736 の出力は、オペアンプの反転入力を駆動します。このオペアンプは、正確なループ制御を構成するために必要な非常に高い DC ゲインを得るために使用しています。

比較回路

AD8551 は単電源動作のレール to レール・オペアンプであり、非常に小さいオフセット電圧を持っています。非反転入力に与えられる電圧は、リファレンス電圧であり、出力の rms 値を設定します。比較対象の電圧は、rms から DC へ変換する変換器からの検出器電圧です。比較入力のリファレンス電圧を下回ると、比較出力電圧が増加して出力を公称レベルに戻します。

AGC 回路の動作

表 1 に、1 mV~2 V rms の入力について 6 個の周波数に対して AGC 制御のデータを示します。一般的なオーディオ周波数範囲 (20 Hz~20 kHz) の入力に対して平坦な出力レベルを示すプロットについては、図 6 を参照してください。出力レベルは、2 mV rms ~2 V rms の範囲で平坦です。

表 1.

EIN (V rms)	EOUT (mV p-p)					
	20 Hz	100 Hz	1 kHz	5 kHz	10 kHz	20 kHz
0.001	125	130	136	135	140	140
0.002	245	255	253	253	260	265
0.003	251	250	251	253	257	258
0.005	250	250	250	251	256	258
0.01	250	250	250	251	255	255
0.1	250	250	250	251	254	254
1	250	250	250	251	254	254
1.5	250	250	250	251	254	254
1.8	250	249	250	250	254	254
2	250	256	261	266	266	266

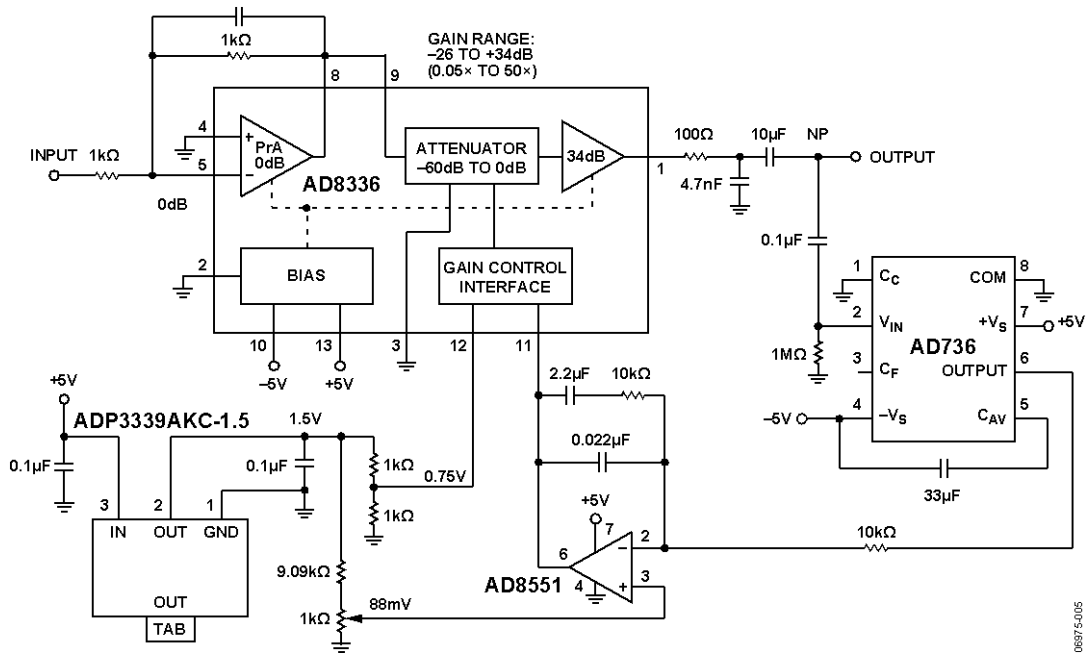


図 5. AD8336 を使用した AGC 回路

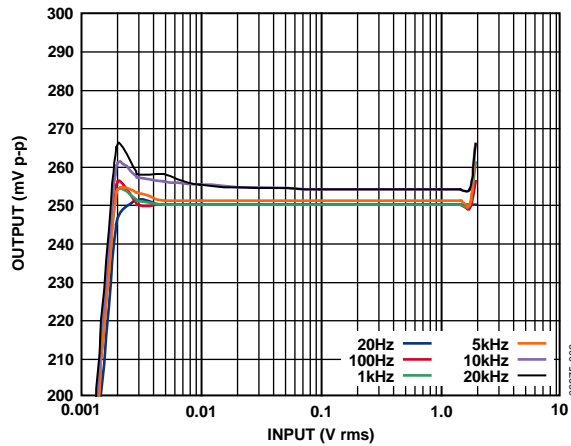


図 6. さまざまな周波数での AGC 性能