

## AD8036/AD8037

### 特長

#### 優れたクランプ性能

- 3 mVのクランプ誤差
- 1.5 nsのオーバードライブ回復性能
- クランプ領域のリニア部分大きい
- 240 MHzクランプ入力帯域幅
- ±3.9 Vクランプ入力範囲

#### 広帯域

AD8036 AD8037

小信号 240 MHz 270 MHz

大信号(4 V<sub>P-P</sub>) 195 MHz 190 MHz

#### 優れたDC性能

- 2 mVオフセット
- 10 μV/ドリフト

#### 超低歪み、低ノイズ

- 72 dBc(typ)@20 MHz
- 4.5 nV/√Hzの入力電圧ノイズ

#### 高速

- 1500 V/μsのスルーレート
- 0.1%まで10 ns、0.01%まで16 nsのセトリング
- ±3 V ~ ±5 V電源動作

### アプリケーション

- ADCバッファ
- IF / RF信号処理
- 高品質画像処理
- 放送局用ビデオ・システム
- ビデオ・アンプ
- 全波整流器

### 概要

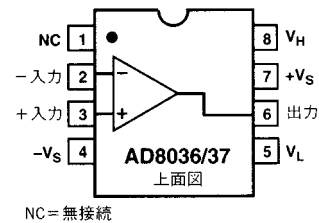
AD8036とAD8037は、広帯域、低歪みのクランプ・アンプです。AD8036はユニティ・ゲインで、AD8037は2以上のゲインで安定です。高(V<sub>CH</sub>)および低(V<sub>CL</sub>)出力クランプ電圧を設定できます。出力信号はこの設定したレベルでクランプします。特許申請中の独自のクランプ入力(CLAMPIN)構造を採用しているため、AD8036とAD8037は、従来の出力クランプ・アンプと比べて約10倍のクランプ性能を示します。特にクランプ誤差は3 mV以下で、クランプ領域の歪みは最小限に抑えています。この製品は従来のオペアンプとして、また最大および最小出力電圧が決められたクランプ・アンプとして使用できます。

電圧帰還型のAD8036とAD8037は、従来は電流帰還型アンプを使用していた多くの応用にも使用できます。AD8036とAD8037は、高速で精度の良いパルス応答(0.01%まで16 ns)、広い小信号と大信号帯域幅、および低い歪み特性を持ちます。

CLAMPINはアナログ・デバイセズ社の登録商標です。

### 機能ブロック図

8ピン・プラスチック・ミニDIP(N)、サーディップ(Q)  
およびSO(R)パッケージ



AD8036は、20 MHzで -66 dBcの2次高調波歪みと240 MHzの小信号帯域幅および195 MHzの大信号帯域幅を実現しています。AD8036とAD8037は、クランプの2倍のオーバードライブから1.5 ns未満で回復します。この特性により、AD8036とAD8037はフラッシュ型の高分解能ADCのバッファおよび駆動に適した製品といえます。

従来の出力クランプ・アンプの応用とは異なり、この製品は入力信号をクランプする入力クランプ構造を採用しています。このクランプ端子にはDCクランプ・レベルだけでなく最高240 MHzの信号を入力できます。またクランプ電圧値は出力電圧の範囲内で任意に設定できます(V<sub>H</sub>は必ずV<sub>L</sub>より大きくします)。このようなクランプ特性により、AD8036とAD8037を全波整流器、パルス発生器または振幅変調器等の新たな応用に使用できます。これらの応用は、入力クランプを使用して設計できる応用の中の一例です。

AD8036は、産業(-40 ~ +85)およびミリタリ(-55 ~ +125)温度範囲の製品が供給されます。AD8037は産業温度範囲のみです。産業用は、プラスチックDIPとSOICがあります。またミリタリ用はサーディップ・パッケージで供給されます。AD8036はチップでの供給もあります(産業温度範囲)。

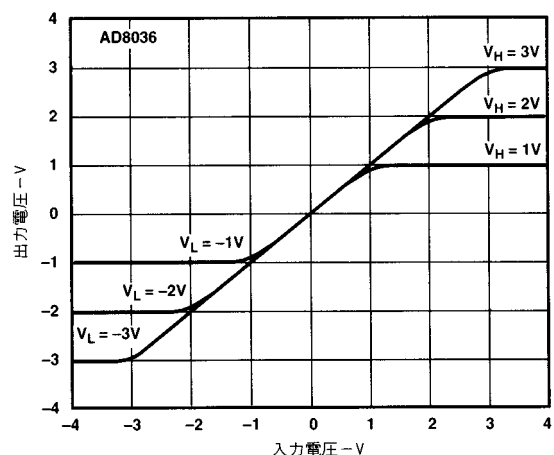


図1. クランプDC精度と入力電圧

アナログ・デバイセズ社が提供する情報は正確で信頼できるものを期していますが、当社はその情報の利用、また利用したことにより引き起こされる第三者の特許または権利の侵害に関して一切の責任を負いません。さらにアナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を許諾するものでもありません。

# AD8036/AD8037

電気的特性(特に指定のない限り  $\pm V_S = \pm 5V$ ;  $R_{LOAD} = 100$  ;  $A_V = +1$ (AD8036);  $A_V = +2$ (AD8037)  $V_H$ と $V_L$ はオープン)

パラメータ	条件	AD8036A			AD8037A			単位
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
<b>ダイナミック性能</b>								
帯域幅( - 3 dB)								
小信号	$V_{OUT} = 0.4 V_p - p$	150	240		200	270		MHz
大信号 <sup>1</sup>	8036、 $V_{OUT} = 2.5 V_p - p$ ; 8037、 $V_{OUT} = 3.5 V_p - p$	160	195		160	190		MHz
0.1dB平坦性の帯域幅	$V_{OUT} = 0.4 V_p - p$ 8036、 $R_F = 140$ ; 8037、 $R_F = 274$		130			130		MHz
スルーレート、平均 + / - 立上り / 立下り時間	$V_{OUT} = 4V$ ステップ、10 ~ 90% $V_{OUT} = 0.5V$ ステップ、10 ~ 90% $V_{OUT} = 4V$ ステップ、10 ~ 90%	900	1200		1100	1500		V / $\mu s$
セトリング時間								
0.1%まで	$V_{OUT} = 2V$ ステップ		10			10		ns
0.01%まで	$V_{OUT} = 2V$ ステップ		16			16		ns
<b>高調波/ノイズ性能</b>								
2次高調波歪み	$2 V_p - p$ ; 20 MHz, $R_L = 100$ $R_L = 500$		- 59	- 52		- 52	- 45	dBc
			- 66	- 59		- 72	- 65	dBc
3次高調波歪み	$2 V_p - p$ ; 20 MHz, $R_L = 100$ $R_L = 500$		- 68	- 61		- 70	- 63	dBc
			- 72	- 65		- 80	- 73	dBc
3次インターセプト	25 MHz		+ 46			+ 41		dB
ノイズ指数	$R_S = 50$		18			14		dB
入力電圧ノイズ	1 ~ 200 MHz		6.7			4.5		nV / $\sqrt{Hz}$
入力電流ノイズ	1 ~ 200 MHz		2.2			2.1		pA / $\sqrt{Hz}$
平均等価積分入力ノイズ電圧	0.1 ~ 200 MHz		95			60		$\mu V_{rms}$
微分ゲイン誤差(3.58 MHz)	$R_L = 150$		0.05	0.09		0.02	0.04	%
微分位相誤差(3.58 MHz)	$R_L = 150$		0.02	0.04		0.02	0.04	Degrees
位相非直線性	DC ~ 100 MHz		1.1			1.1		Degrees
<b>クランプ性能</b>								
クランプ電圧範囲 <sup>2</sup>	$V_{CH}$ または $V_{CL}$	$\pm 3.3$	$\pm 3.9$		$\pm 3.3$	$\pm 3.9$		V
クランプ精度	2倍オーバードライブ、 $V_{CH} = +2V$ 、 $V_{CL} = -2V$ $T_{MIN} \sim T_{MAX}$		$\pm 3$	$\pm 10$		$\pm 3$	$\pm 10$	mV
				$\pm 20$			$\pm 20$	mV
クランプ非直線性範囲 <sup>3</sup>			100			100		mV
クランプ入力バイアス電流( $V_H$ または $V_L$ )	8036、 $V_{H/L} = \pm 1V$ ; 8037、 $V_{H/L} = \pm 0.5V$ $T_{MIN} \sim T_{MAX}$		$\pm 40$	$\pm 60$		$\pm 50$	$\pm 70$	$\mu A$
				$\pm 80$			$\pm 90$	$\mu A$
クランプ入力帯域幅( - 3 dB)	$V_{CH}$ または $V_{CL} = 2V_p - p$	150	240		180	270		MHz
クランプ・オーバーシュート	2倍オーバードライブ、 $V_{CH}$ または $V_{CL} = 2V_p - p$		1	5		1	5	%
オーバードライブ回復	2倍オーバードライブ		1.5			1.3		ns
<b>DC性能<sup>4</sup>、<math>R_L = 150</math></b>								
入力オフセット電圧 <sup>5</sup>			2	7		2	7	mV
	$T_{MIN} \sim T_{MAX}$			11			10	mV
オフセット電圧ドリフト			$\pm 10$			$\pm 10$		$\mu V/$
入力バイアス電流			4	10		3	9	$\mu A$
	$T_{MIN} \sim T_{MAX}$			15			15	$\mu A$
入力オフセット電流			0.3	3		0.1	3	$\mu A$
	$T_{MIN} \sim T_{MAX}$			5			5	$\mu A$
同相除去比	$V_{CM} = \pm 2V$	66	90		70	90		dB
オープンループ・ゲイン	$V_{OUT} = \pm 2.5V$ $T_{MIN} \sim T_{MAX}$	48	55		54	60		dB
		40			46			dB
<b>入力特性</b>								
入力抵抗			500			500		k
入力容量			1.2			1.2		pF
入力同相電圧範囲			$\pm 2.5$			$\pm 2.5$		V
<b>出力特性</b>								
出力電圧範囲、 $R_L = 150$		$\pm 3.2$	$\pm 3.9$		$\pm 3.2$	$\pm 3.9$		V
出力電流			70			70		mA
出力抵抗			0.3			0.3		
短絡回路電流			240			240		mA
<b>電源</b>								
動作範囲		$\pm 3.0$	$\pm 5.0$	$\pm 6.0$	$\pm 3.0$	$\pm 5.0$	$\pm 6.0$	V
無負荷時電源電流(静止時)			20.5	21.5		18.5	19.5	mA
	$T_{MIN} \sim T_{MAX}$			25			24	mA
電源変動除去比	$T_{MIN} \sim T_{MAX}$	50	60		56	66		dB

注  
<sup>1</sup> このデータ・シートの絶対最大定格と動作の原理の項を参照。  
<sup>2</sup> 絶対最大定格を参照。  
<sup>3</sup> 非直線性は、設定した入力クランプ電圧( $V_H$ または $V_L$ )と $V_{OUT}$ が $V_{IN}$ からズレ始める電圧(図73を参照)との電圧差と定義されます。  
<sup>4</sup>  $A_V = 50$ で測定。  
<sup>5</sup> 反転入力に関して測定。  
 仕様は予告なしに変更する場合があります。

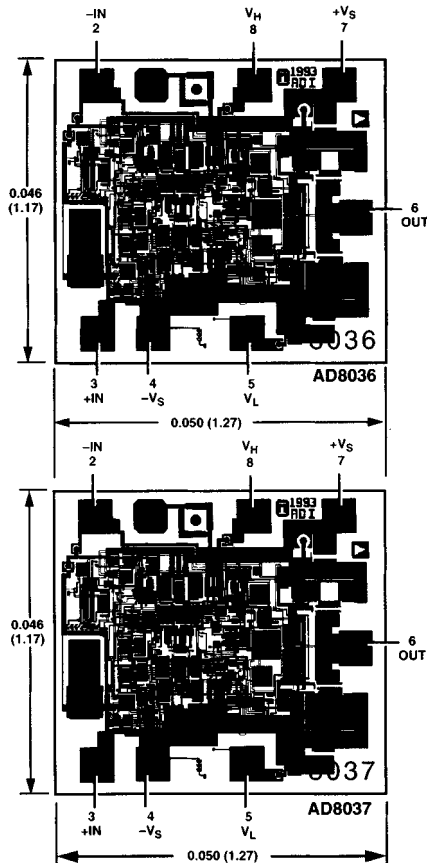
## 絶対最大定格<sup>1</sup>

電源電圧	12.6 V
電圧振幅 × 帯域幅積	350 V · MHz
V <sub>H</sub> - V <sub>IN</sub>	6.3 V
V <sub>L</sub> - V <sub>IN</sub>	6.3 V
内部消費電力 <sup>2</sup>	
プラスチック・パッケージ(N)	1.3 W
SOパッケージ(R)	0.9 W
入力電圧(同相)	± V <sub>S</sub>
差動入力電圧	± 1.2 V
出力短絡回路期間	電力ディレーティング曲線を参照
保管温度範囲 N、R	- 65 ~ + 150
動作温度範囲(Aグレード)	- 40 ~ + 85
リード温度範囲(ハンダ付け、10秒)	+ 300

## メタライゼーション写真

寸法はインチと(mm)で示します。

基板は - V<sub>S</sub> に接続。



## 注

- 1 “絶対最大定格”を超えるストレスはデバイスに永久破壊をもたらすことがあります。この定格はデバイスの単なるストレスの度合いであり、基本的な動作あるいは動作の項に示す他の条件においてこの定格は考慮されていません。デバイスのある項目についての絶対最大定格の状態に長時間さらすとデバイスの信頼性に影響を与えます。
- 2 仕様は空冷のない状態；

## 最大消費電力

このデバイスが安全に消費できる最大電力は接合温度の制約を受けます。プラスチック・パッケージの場合、最大安全接合温度は、プラスチックの融点温度によって決まります。これは約 + 150 です。この限度を一時的に超えた場合、パッケージ内のチップ上に掛かるストレスの変動によってプラメトリック性能が変化します。またかなり長い時間接合温度が + 175 を超えた場合、デバイスの機能が損なわれます。

AD8036とAD8037は、内部で短絡回路保護を施していますが、これだけではすべての条件下で最大接合温度(+ 150)を超えない保証となりません。適切に動作させるために、最大電力ディレーティング曲線を参照する必要があります。

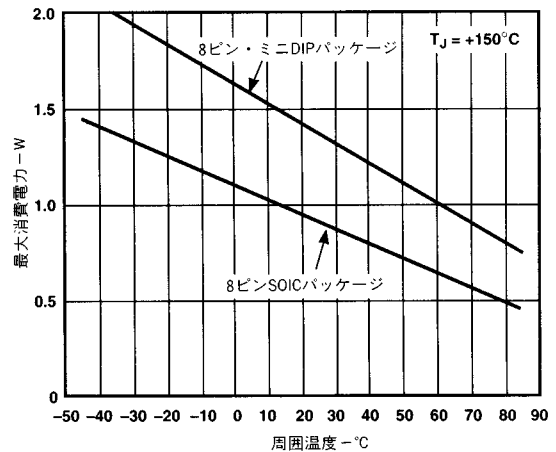


図2. 最大消費電力と温度の関係

## オーダー・ガイド

モデル	温度範囲	パッケージ	パッケージオプション
AD8036AN	- 40 ~ + 85	プラスチックDIP	N - 8
AD8036AR	- 40 ~ + 85	SOIC	R - 8
AD8036SQ/883B	- 55 ~ + 125	サーディップ	Q - 8
AD8036ACHIPS	- 40 ~ + 85	チップ	
AD8036 - EB		評価用ボード	
AD8037AN	- 40 ~ + 85	プラスチックDIP	N - 8
AD8037AR	- 40 ~ + 85	SOIC	R - 8
AD8037 - EB		評価用ボード	

N = プラスチックDIP ; Q = サーディップ ; R = SOIC.

## 注意

ESD(静電放電)の影響を受けやすいデバイスです。4000 Vもの高圧の静電気が人体やテスト装置に容易に帯電し、検知されことなく放電されることもあります。このAD8036 / AD8037には当社独自のESD保護回路を備えていますが、高エネルギーの静電放電にさらされたデバイスには回復不能な損傷が残ることもあります。したがって、性能低下や機能喪失を避けるために、適切なESD予防措置をとるようお奨めします。



# AD8036/AD8037

## AD8036 代表的特性

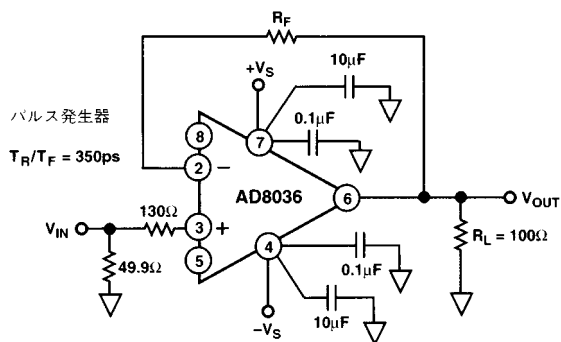


図3. 非反転構成、 $G = +1$

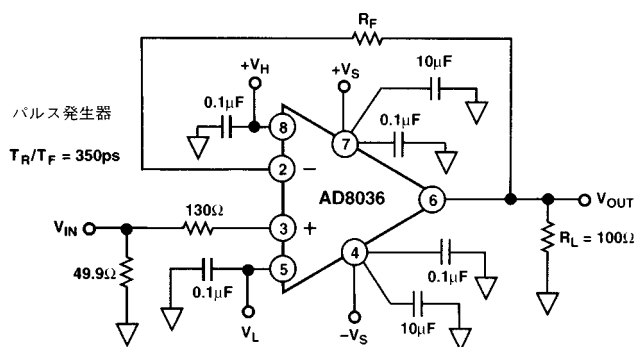


図6. 非反転クランプ構成、 $G = +1$

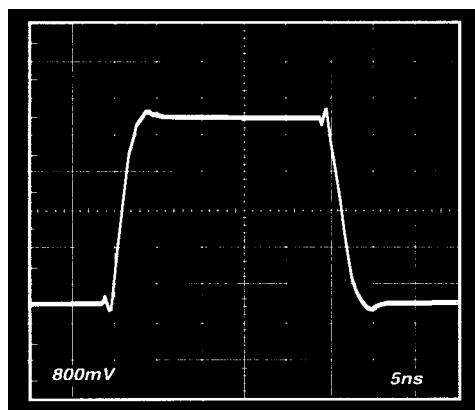


図4. 大信号過渡応答 ;  $V_o = 4V_p - p$ ,  $G = +1$ ,  $R_F = 140$

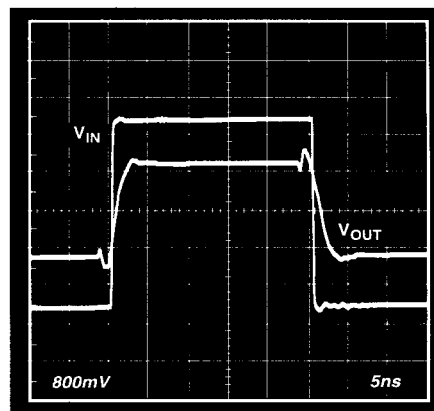


図7. クランプされた大信号過渡応答(2倍のオーバードライブ);  $V_o = 2V_p - p$ ,  $G = +1$ ,  $R_F = 140$ 、 $V_H = +1V$ ,  $V_L = -1V$

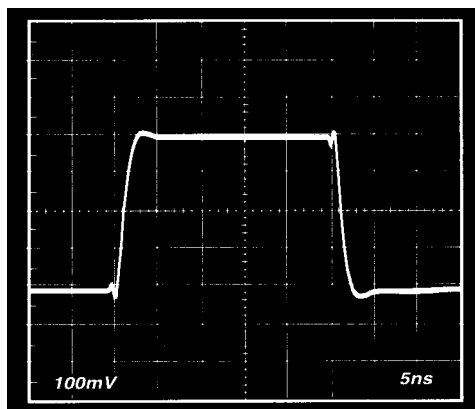


図5. 小信号過渡応答 ;  $V_o = 400\text{ mV}_p - p$ ,  $G = +1$ ,  $R_F = 140$

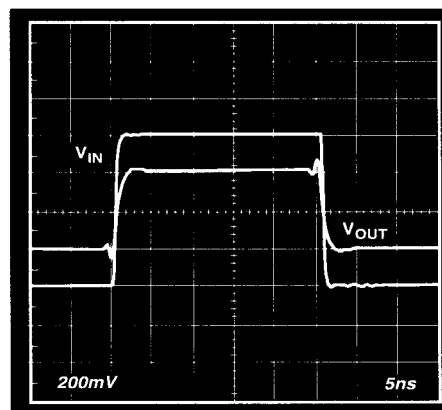


図8. クランプされた小信号過渡応答(2倍のオーバードライブ);  $V_o = 400\text{ mV}_p - p$ ,  $G = +1$ ,  $R_F = 140$ 、 $V_H = +0.2V$ ,  $V_L = -0.2V$

## AD8037 代表的特性

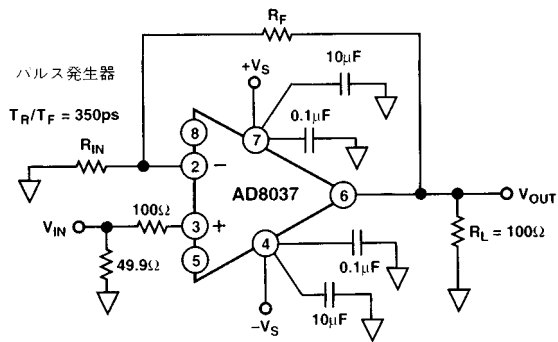


図9. 非反転構成、 $G = +2$

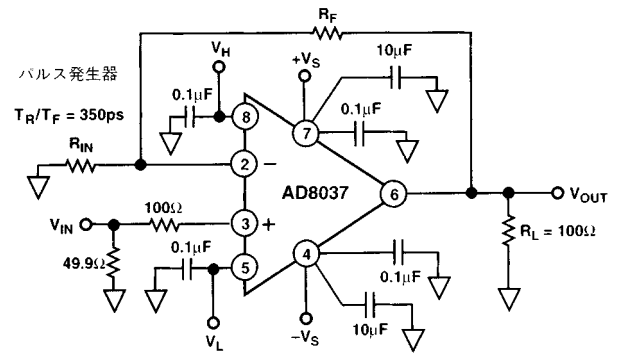


図12. 非反転クランプ構成、 $G = +2$

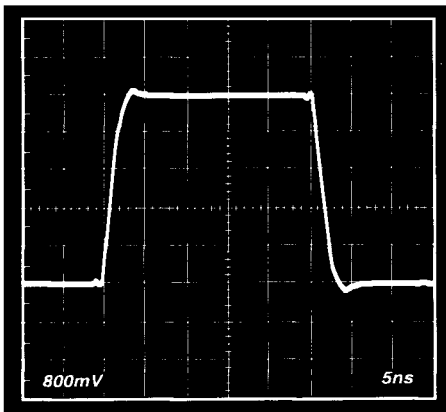


図10. 大信号過渡応答 ;  $V_o = 4 V_{P-P}$ ,  $G = +2$ ,  $R_F = R_{IN} = 274$

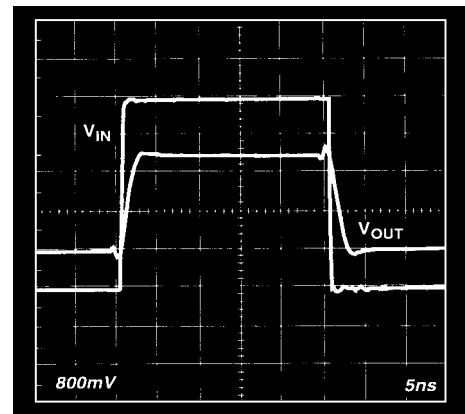


図13. クランプされた大信号過渡応答 (2倍のオーバードライブ);  
 $V_o = 2 V_{P-P}$ ,  $G = +2$ ,  $R_F = R_{IN} = 274$ 、 $V_H = +0.5V$ ,  $V_L = -0.5V$

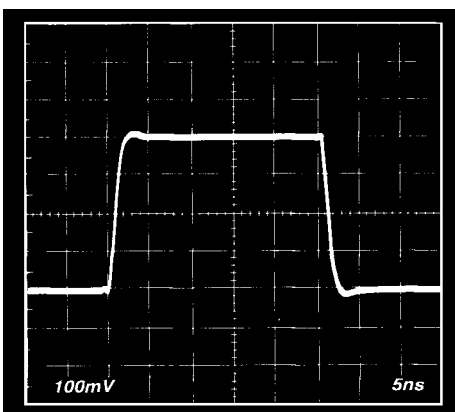


図11. 小信号過渡応答 ;  $V_o = 400 mV_{P-P}$ ,  $G = +2$ ,  $R_F = R_{IN} = 274$

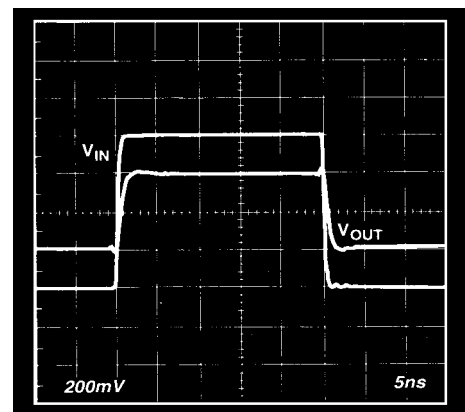


図14. クランプされた小信号過渡応答 (2倍のオーバードライブ);  
 $V_o = 400 mV_{P-P}$ ,  $G = +2$ ,  $R_F = R_{IN} = 274$ 、 $V_H = +0.1V$ ,  $V_L = -0.1V$

# AD8036/AD8037

## AD8036 代表的特性

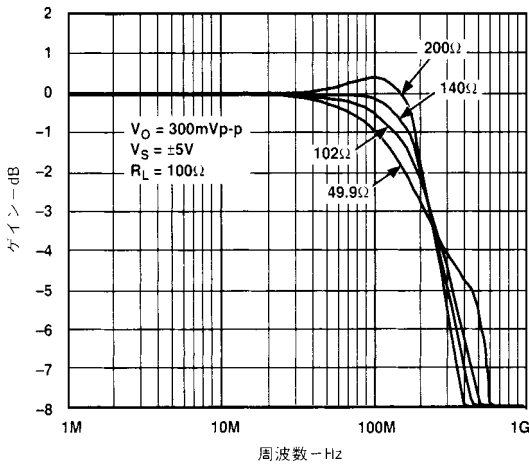


図15. AD8036小信号周波数応答、G = +1

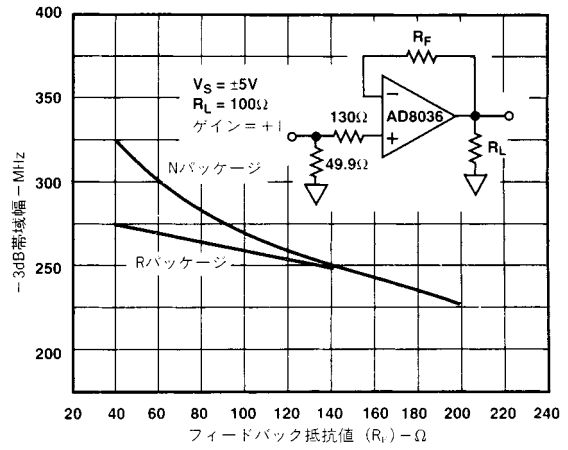


図18. AD8036小信号 - 3dB帯域幅とRF

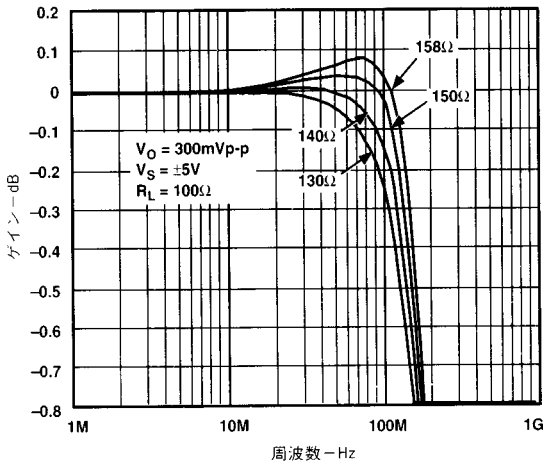


図16. AD8036 0.1 dB平坦性、Nパッケージ(Rパッケージの場合RFに20追加)

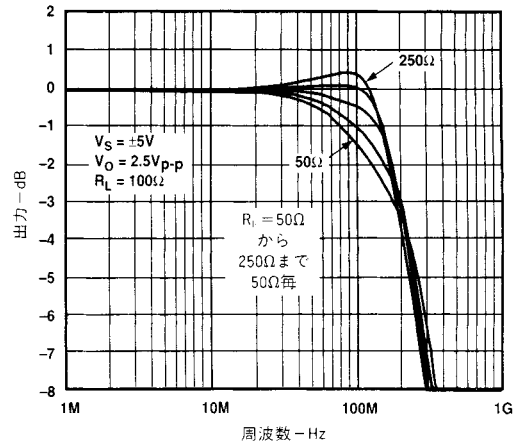


図19. AD8036大信号周波数応答、G = +1

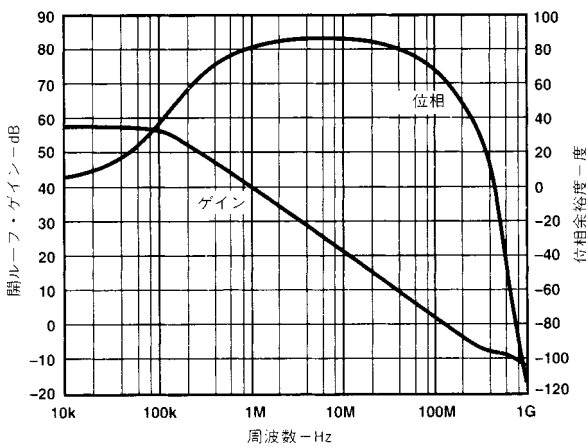


図17. AD8036開ループ・ゲインと位相余裕度の周波数特性、RL = 100

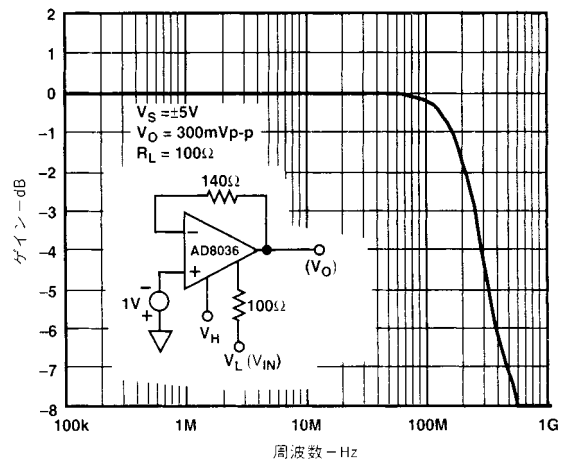


図20. AD8036クランプ入力帯域幅、VH、VL

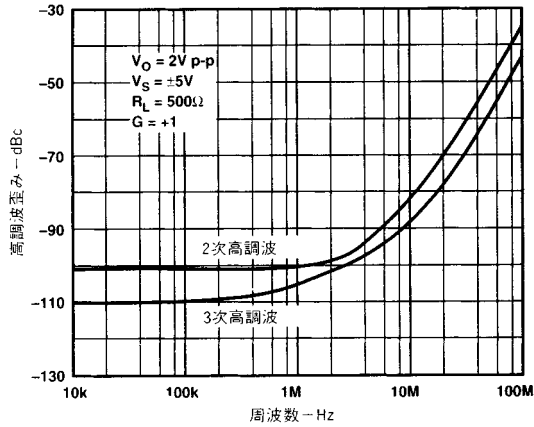


図21. AD8036高調波歪みの周波数特性、 $R_L = 500$

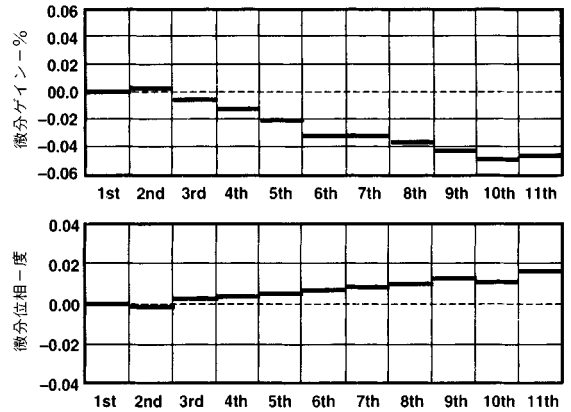


図24. AD8036微分ゲインと位相誤差、 $G = +1$ 、 $R_L = 150$ 、 $F = 3.58$  MHz

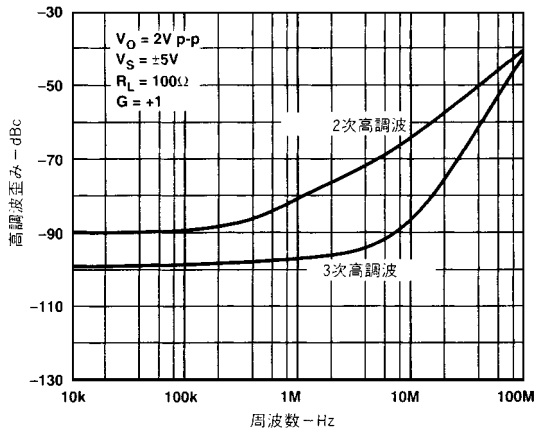


図22. AD8036高調波歪みの周波数特性、 $R_L = 100$

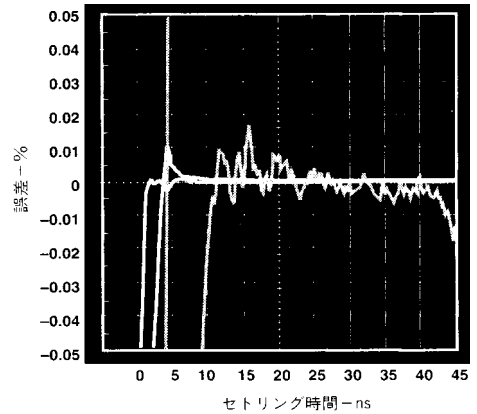


図25. AD8036セトリング時間(短時間: 0.01%まで)、2Vステップ、 $G = +1$ 、 $R_L = 100$

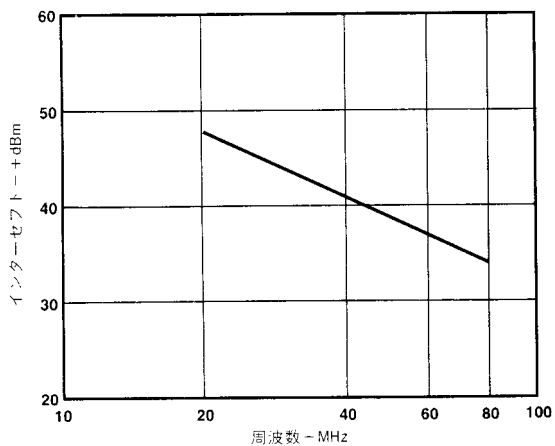


図23. AD8036 3次インターセプトの周波数特性

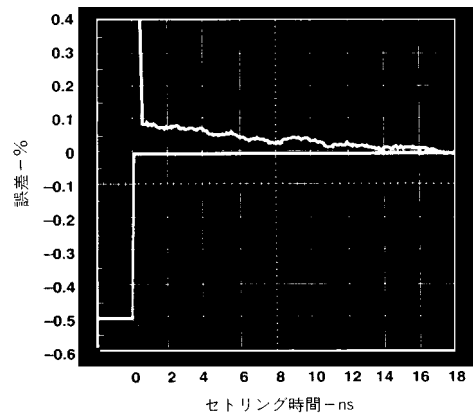


図26. AD8036セトリング時間(長時間)、2Vステップ、 $G = +1$ 、 $R_L = 100$



# AD8036/AD8037

## AD8037 代表的特性

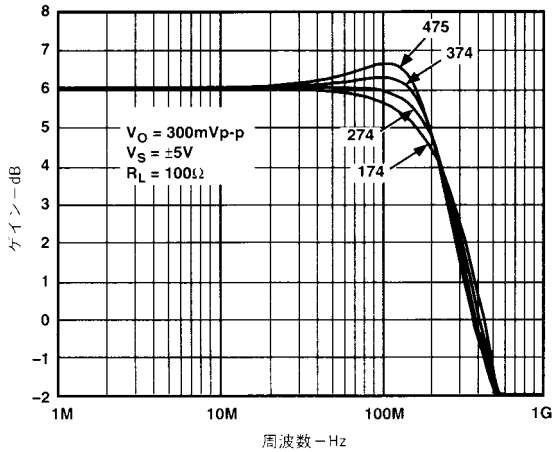


図27. AD8037小信号周波数応答、 $G = +2$

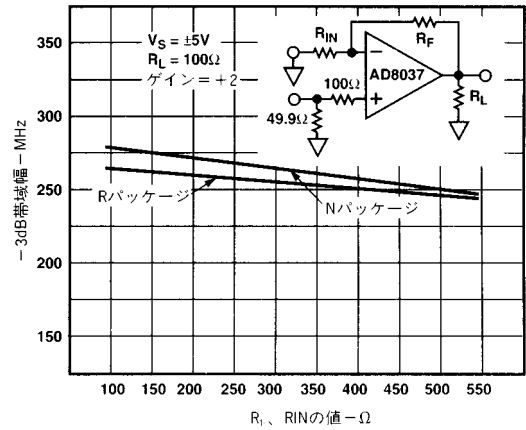


図30. AD8037小信号 - 3dB帯域幅と $R_F$ ,  $R_{IN}$

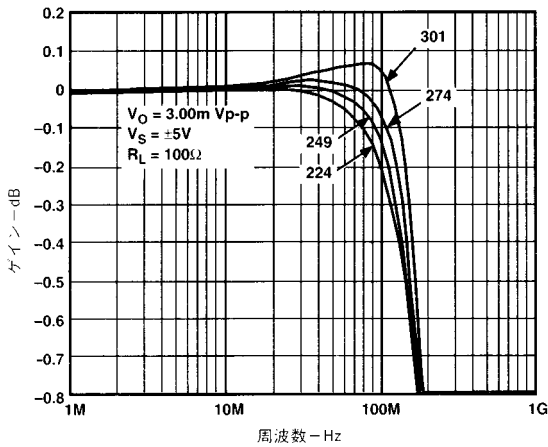


図28. AD8037 0.1dB平坦性、Nパッケージ(Rパッケージの場合  $R_F$ に20追加)

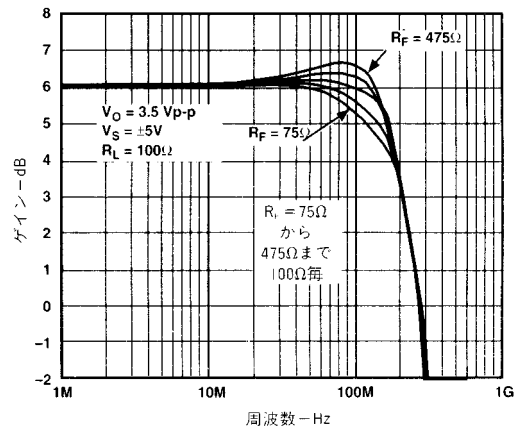


図31. AD8037大信号周波数応答、 $G = +2$

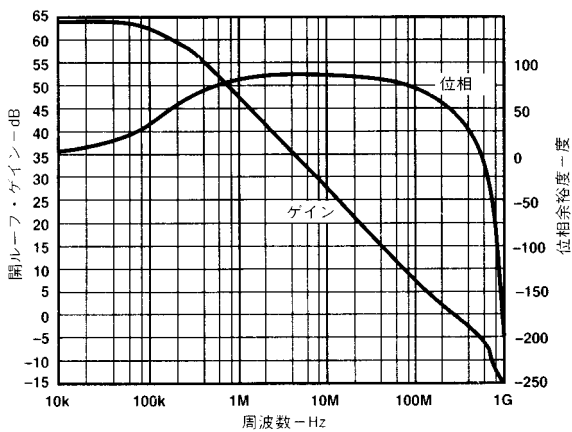


図29. AD8037オープンループ・ゲインと位相余裕度の周波数特性、 $R_L = 100$

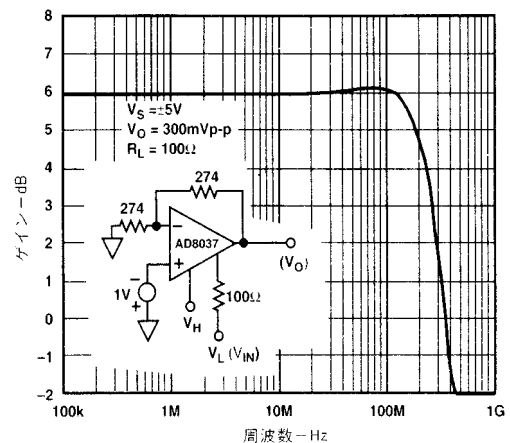


図32. AD8037クランプ入力帯域幅、 $V_{HN}$ ,  $V_L$



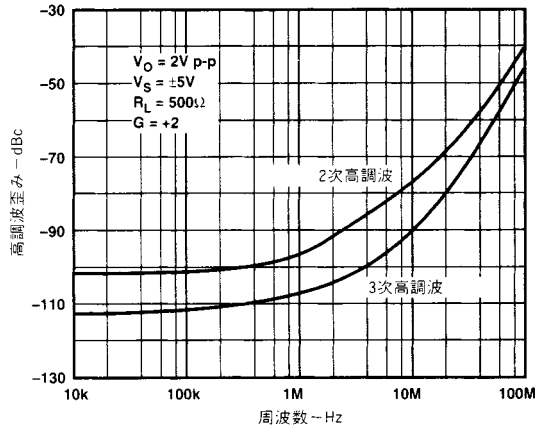


図33. AD8037高調波歪みの周波数特性、 $R_L = 500$

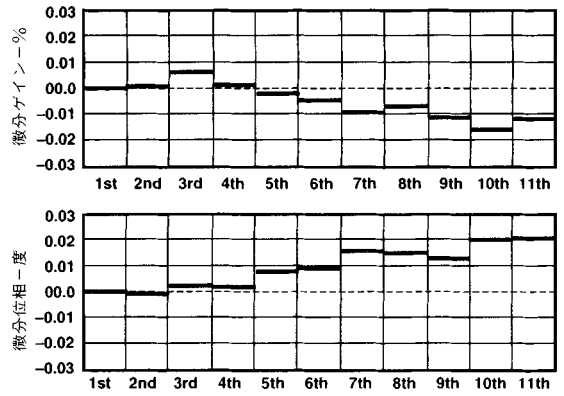


図36. AD8037微分ゲインと位相誤差、 $G = +2$ 、 $R_L = 150$ 、 $F = 3.58$  MHz

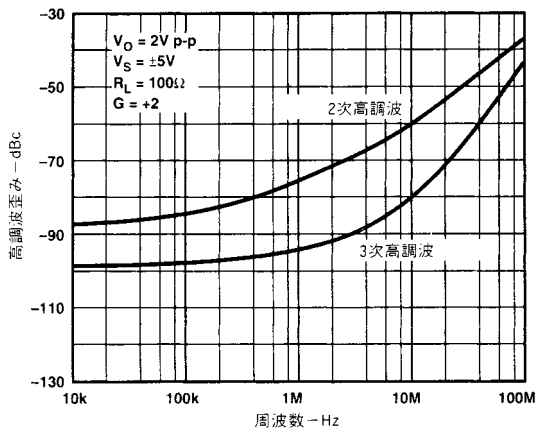


図34. AD8037高調波歪みの周波数特性、 $R_L = 100$

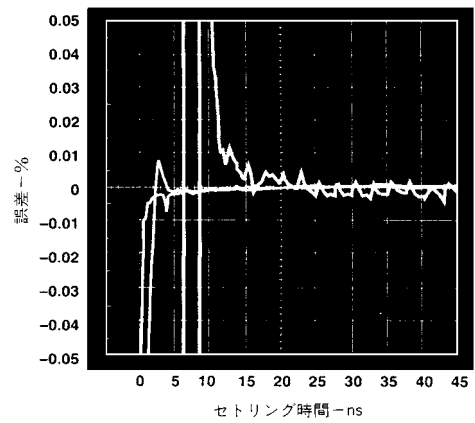


図37. AD8037セトリング時間(短時間: 0.01%まで)、2Vステップ、 $G = +2$ 、 $R_L = 100$

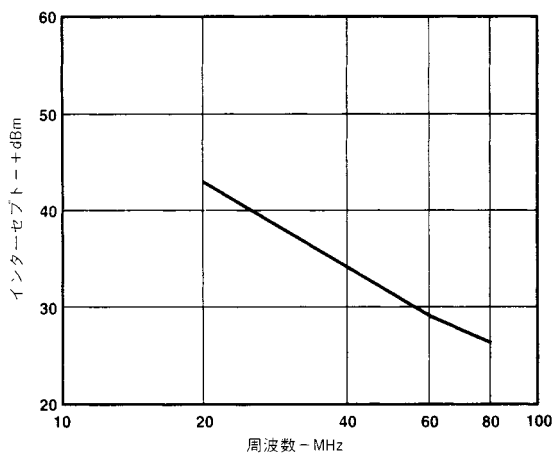


図35. AD8037 3次インターセプトの周波数特性

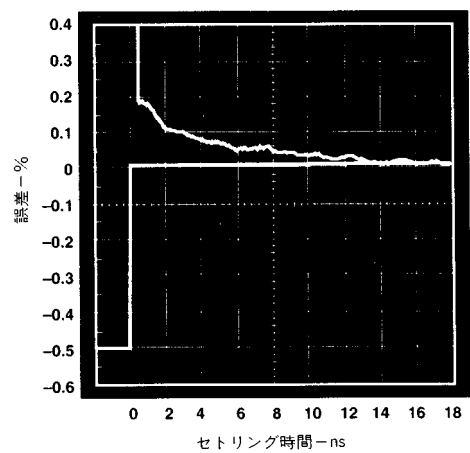


図38. AD8037セトリング時間(長時間) 2Vステップ、 $R_L = 100$

# AD8036/AD8037 代表的特性

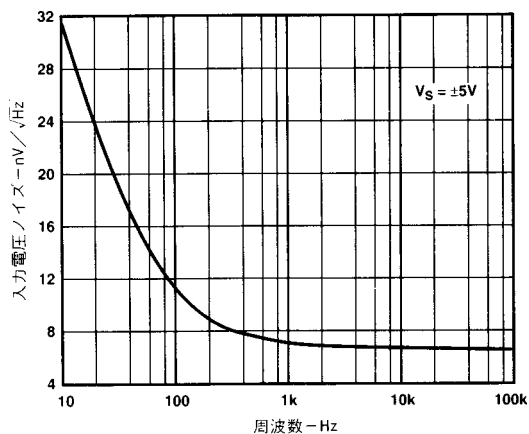


図39. AD8036ノイズの周波数特性

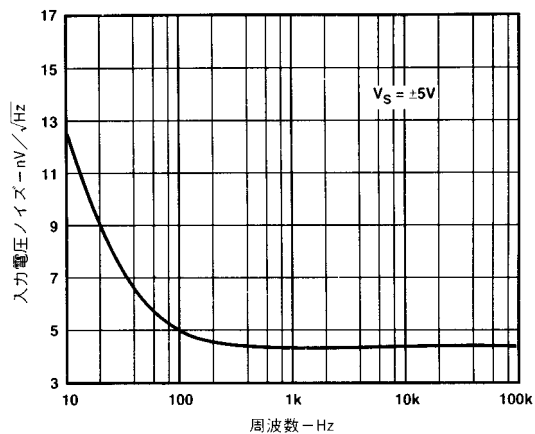


図42. AD8037ノイズの周波数特性

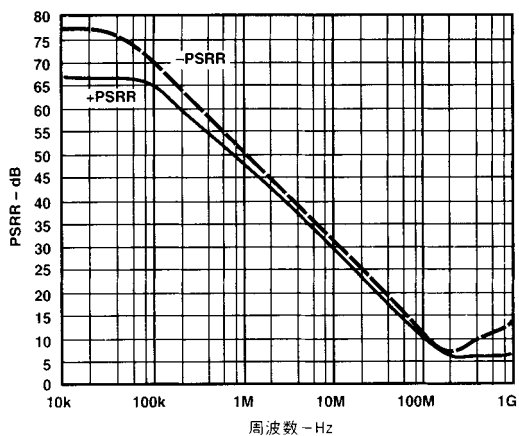


図40. AD8036PSRRの周波数特性

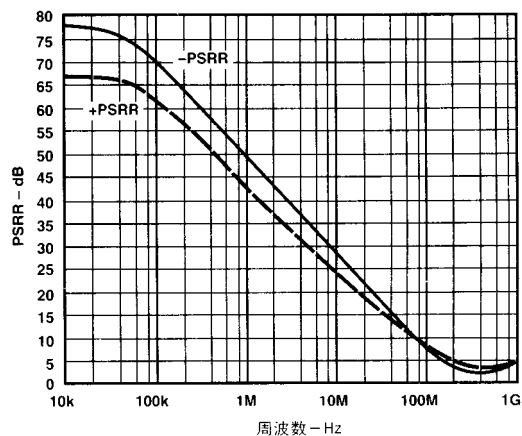


図43. AD8037PSRRの周波数特性

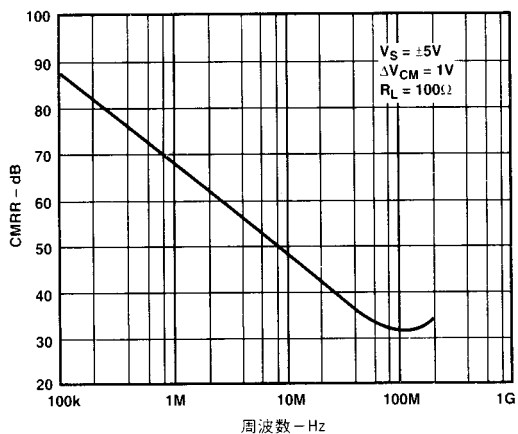


図41. AD8036CMRRの周波数特性

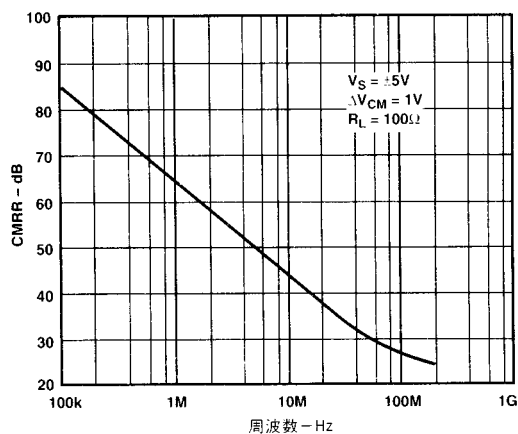


図44. AD8037CMRRの周波数特性

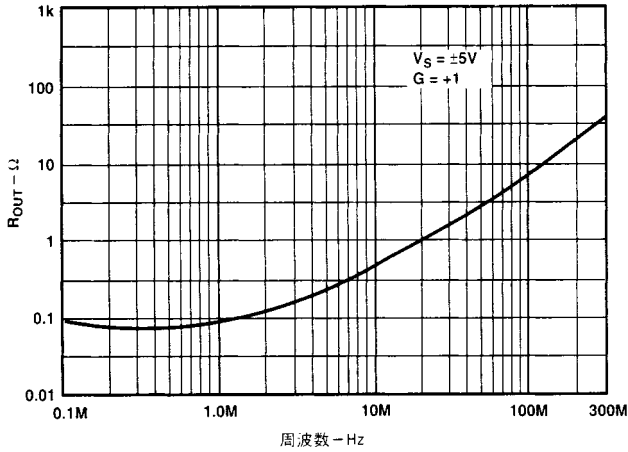


図45. AD8036出力抵抗の周波数特性

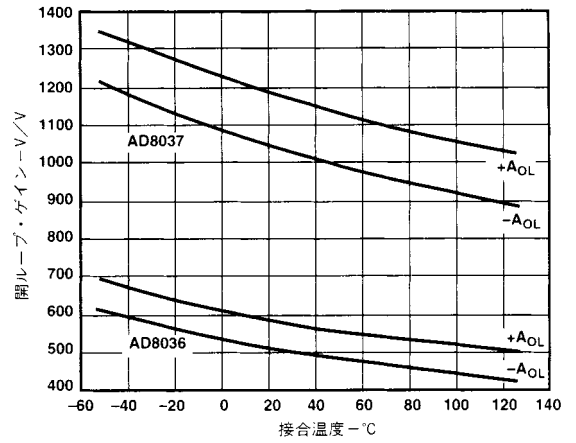


図48. オープンループ・ゲインの温度特性

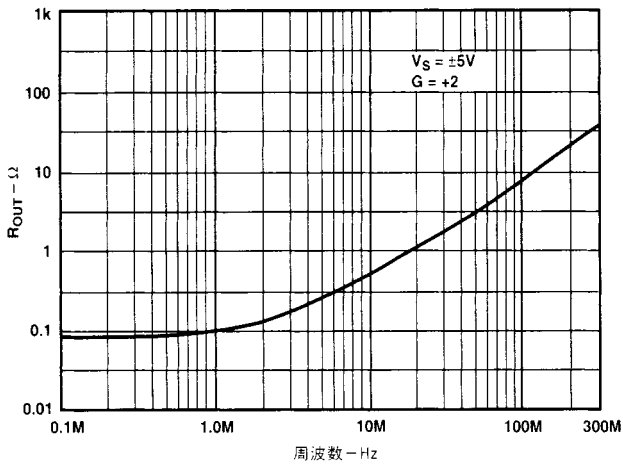


図46. AD8037出力抵抗の周波数特性

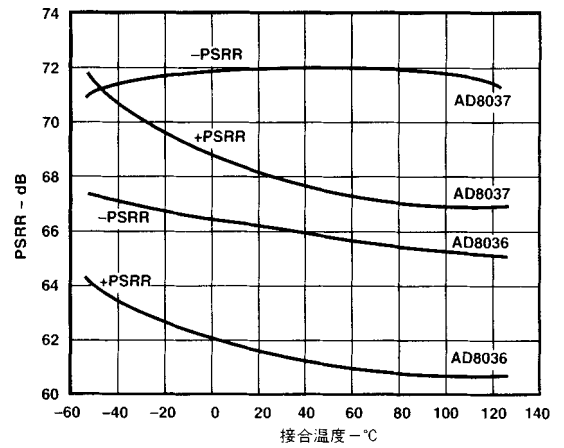


図49. PSRRの温度特性

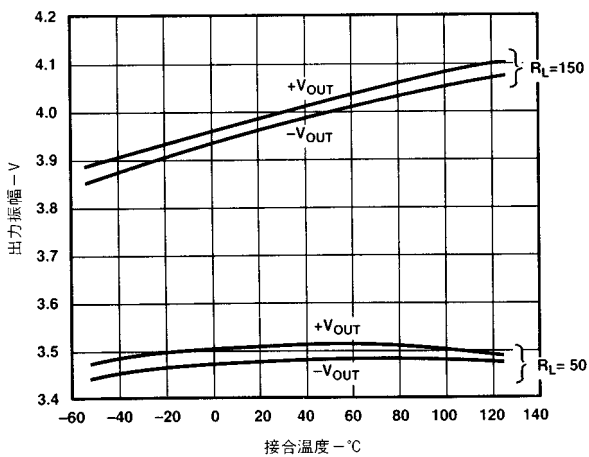


図47. AD8036 / AD8037出力振幅の温度特性

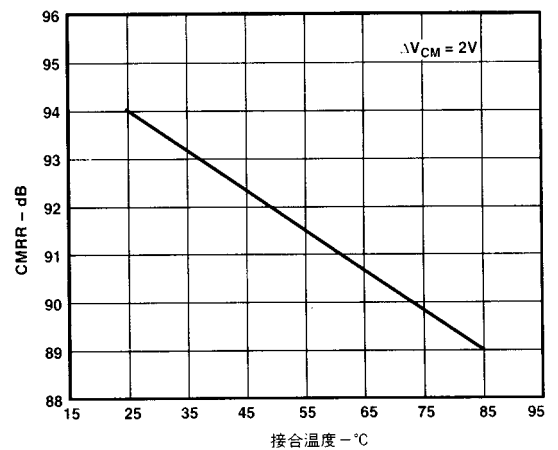


図50. AD8036 / AD8037CMRRの温度特性

# AD8036/AD8037 代表的特性

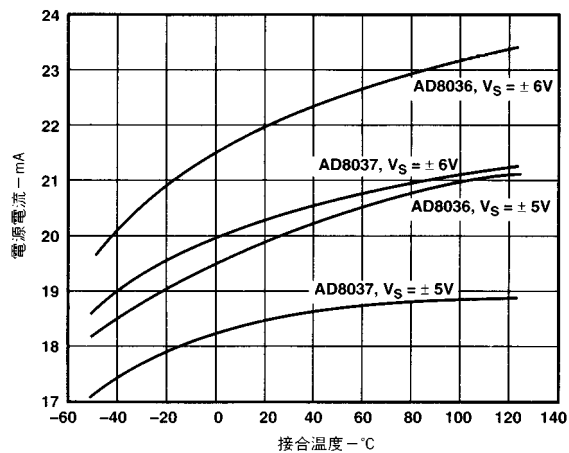


図51. 電源電流の温度特性

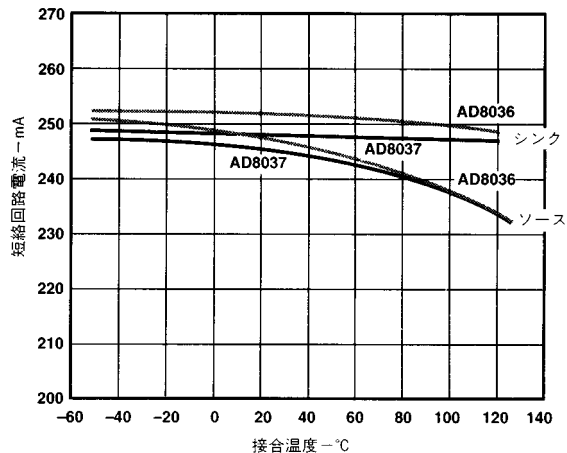


図54. 短絡回路電流の温度特性

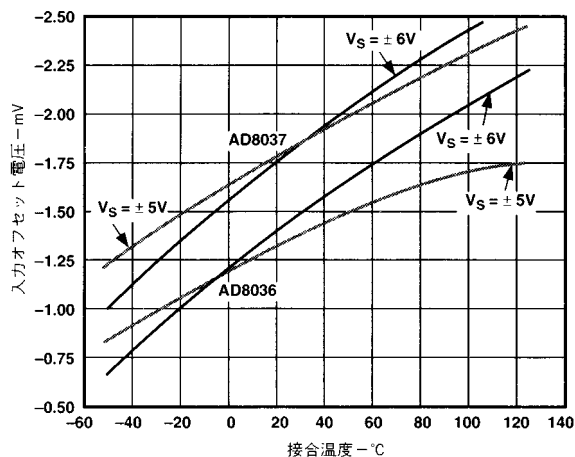


図52. 入力オフセット電圧の温度特性

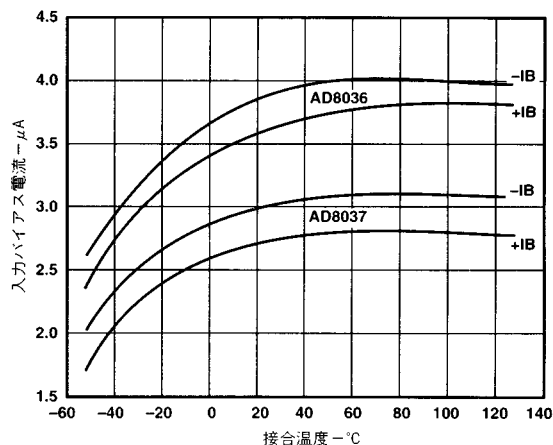


図55. 入力バイアス電流の温度特性

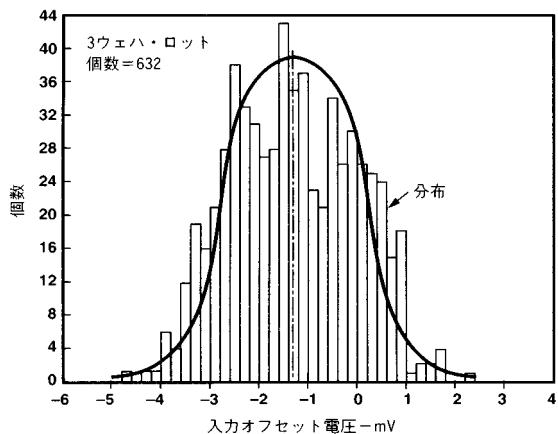


図53. AD8036入力オフセット電圧分布

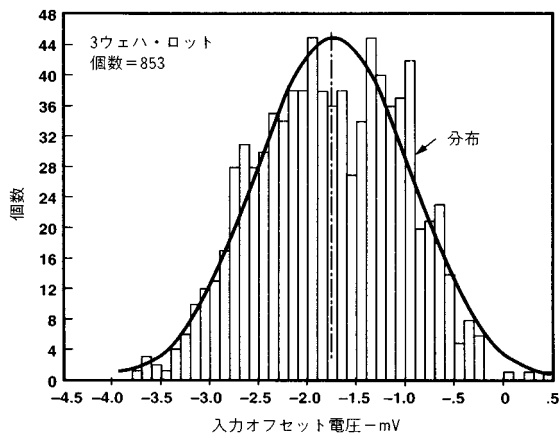


図56. AD8037入力オフセット電圧分布

# クランプ特性 - AD8036 / AD8037

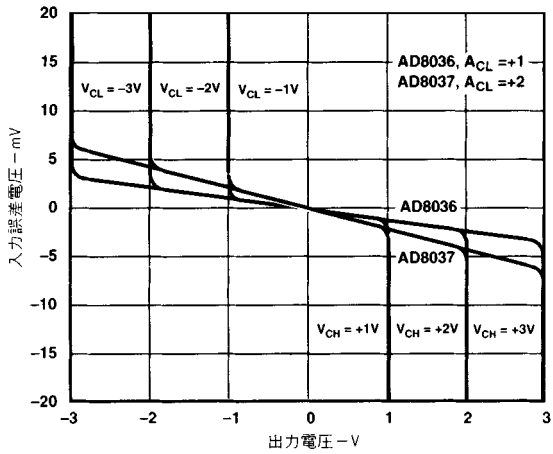


図57. 入力誤差電圧とクランプ出力電圧

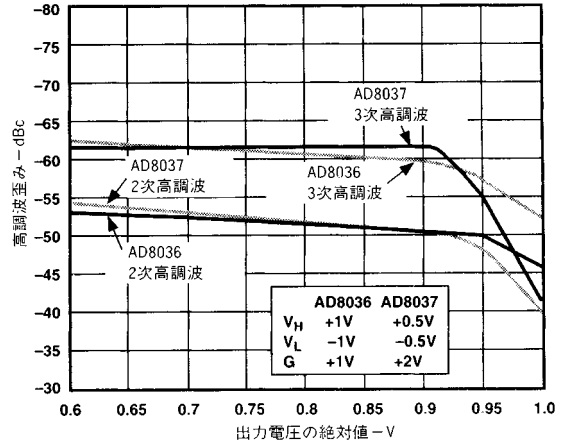


図60. クランプ電圧近くの出力の高調波歪み;  $V_o = 2 V_{P-P}$ ,  $R_L = 100 \Omega$ ,  $f = 20 \text{ MHz}$

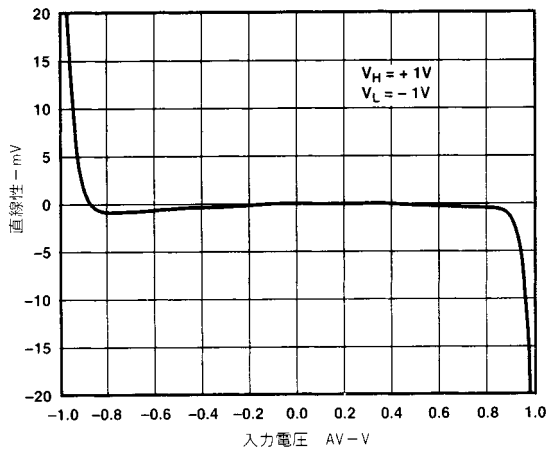


図58. AD8036 / AD8037クランプ電圧近くでの非直線性

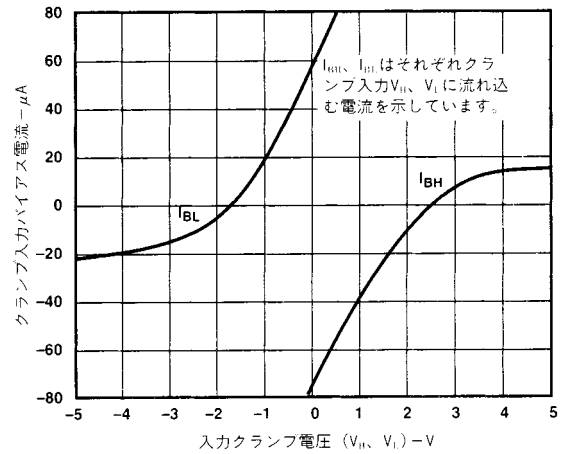


図61. AD8036 / AD8037クランプ入力バイアス電流対入力クランプ電圧

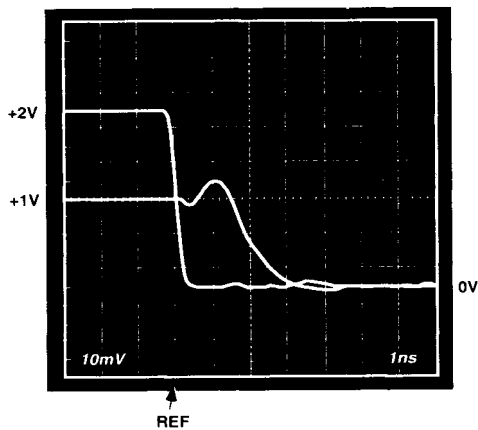


図59. AD8036クランプ・オーバードライブ回復(2倍)

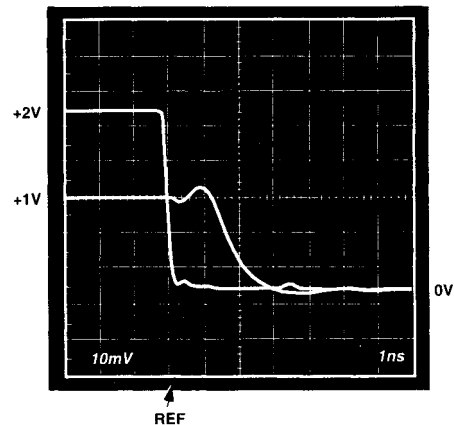


図62. AD8037クランプ・オーバードライブ回復(2倍)

# AD8036/AD8037 - クランプ特性

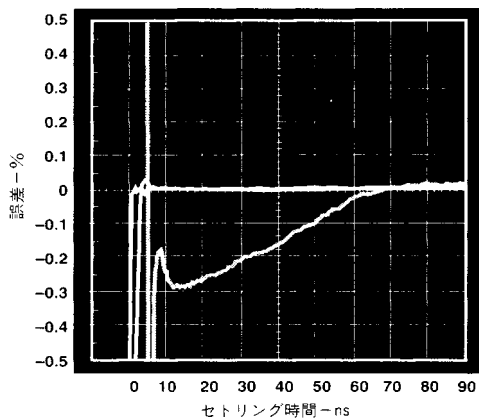


図63. AD8036クランプ・セトリング(0.1%)  $V_H = +1V$ 、 $V_L = -1V$ 、2倍のオーバードライブ

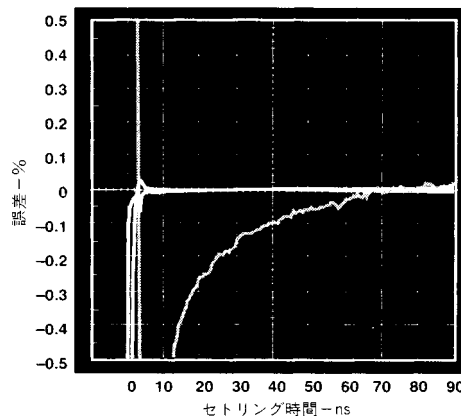


図66. AD8037クランプ・セトリング(0.1%)  $V_H = +0.5V$ 、 $V_L = -0.5V$ 、2倍のオーバードライブ

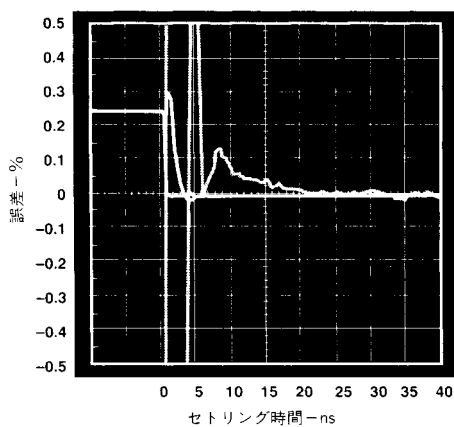


図64. AD8036クランプ回復セトリング時間(HI) 2倍のオーバードライブから0Vまで

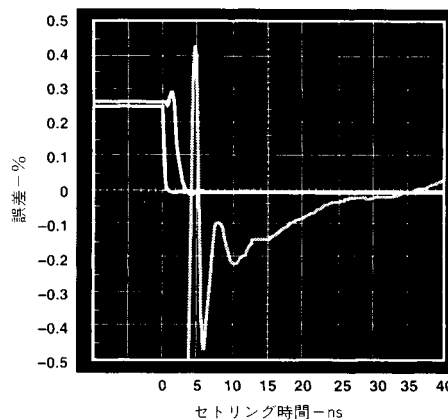


図67. AD8037クランプ回復セトリング時間(HI) 2倍のオーバードライブから0Vまで

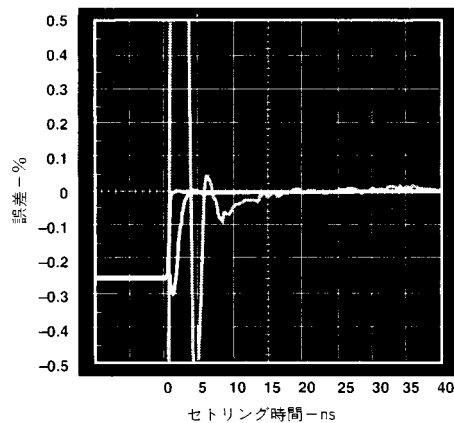


図65. AD8036クランプ回復セトリング時間(LO) -2倍のオーバードライブから0Vまで

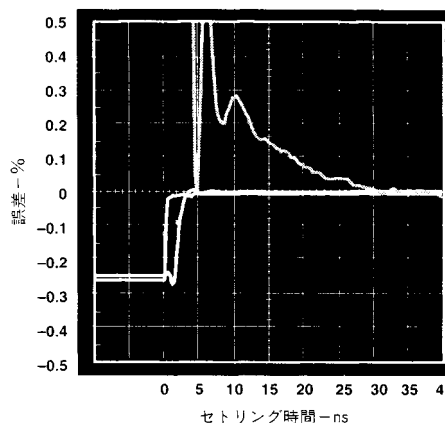


図68. AD8037クランプ回復セトリング時間(LO) -2倍のオーバードライブから0Vまで

## 動作の原理

### 概要

AD8036とAD8037は、広帯域の電圧帰還型クランプ・アンプです。この製品の開ループ周波数応答は従来通り6 dB / オクターブのロール・オフ特性のため、ゲイン帯域幅積は基本的に一定です。閉ループ・ゲインを増加させると、小信号帯域幅は減少します。このことはAD8036(ゲイン1)とAD8037(ゲイン2)の帯域幅の仕様に示されています。AD8036 / AD8037は通常65° (typ)の位相余裕度を維持します。この高い余裕度は信号とノイズ・ピーキングの影響を抑えます。

AD8036とAD8037は反転構成または非反転構成で動作させることができますが、クランプ機能は非反転モードの時のみ動作します。したがってこの項では非反転構成のときの接続だけを示しています。反転構成については応用の項で後述します。またクランプ処理の必要のない応用では、端子5と端子8(それぞれ $V_L$ と $V_H$ )を無接続にしてください。その他の場合については入力クランプ・アンプの動作と応用の項を参照して下さい。

### フィードバック抵抗の選択

フィードバック抵抗の値は、AD8036(ゲイン + 1)の最適な性能を得るうえで重要です。しかしゲインを増加すれば重要度は減少します。したがってこの項では特にAD8036に重点を置いて説明します。

最小安定ゲイン(+1)の場合、AD8036は $R_F = 140 \Omega$ で最適なダイナミック性能を示します。この抵抗は、リード(入力、フィードバック)インダクタンスと寄生容量によって引き起こされる減衰 $R_F$ 発振を抑制するように動作します。この $R_F$ の値によって、広い帯域幅、低い寄生ピーキングおよび高速セトリングの最高の組み合わせがもたらされます。

また同様な理由でAD8036非反転構成の場合の正入力に直列に100 ~ 130  $\Omega$  抵抗を配置して下さい。図69は正しい接続方法です。

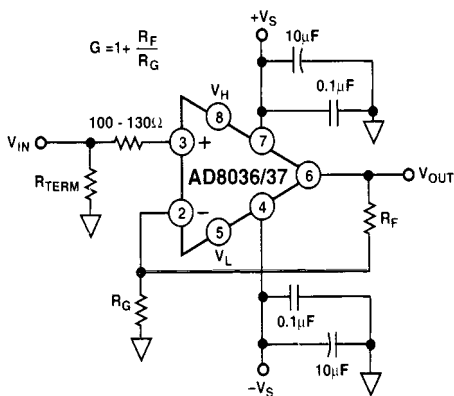


図69. 非反転動作

通常の電圧ゲイン応用の場合、アンプの帯域幅は次式で近似できます：

$$f_{3dB} \approx \frac{\omega_o}{2\pi \left[ 1 + \left( \frac{R_F}{R_G} \right) \right]}$$

+2 / -1またはそれ以下のゲインの時、アンプのダンピング比によりこの近似式の精度は低下します。このような“低ゲイン”の場合、実際の帯域幅は式から求めた計算値よりずっと大きくなります。(図15と図27の閉ループ帯域幅を参照)

### パルス応答

スルーレートがフロント・エンドのDC静止電源電流とゲイン帯域幅積によって決まる従来の電圧帰還型アンプとは異なり、AD8036とAD8037は入力“ステップ”信号振幅に比例して増加する電流を備えています。これにより広帯域電流帰還型の製品と同様なスルーレート(1200 V /  $\mu$ s)を保ちます。この特性と比較的低い入力ノイズ電流(2.1pA /  $\sqrt{\text{Hz}}$ )特性により、AD8036とAD8037は電圧帰還型および電流帰還型アンプ両方の長所を備えた製品といえます。

### 大信号性能

AD8036とAD8037は独特の内部構造により、優れた大信号性能を示します。この優れた性能を保つために、最大350 V - MHzの積(つまり@100 MHzで、 $V_o = 3.5 V_{p-p}$ )を満足しなければなりません。

### 電源と入力クランプ・バイパス

高周波回路で最適な動作を得るには適切な電源バイパス処理が重要です。電源リードのインダクタンスは、アンプ応答にピーキングを発生する共振回路を形成します。負荷に大きな過渡電流が流れるとき、最高のセトリング時間と最低の歪みを実現するにはバイパス・コンデンサ(通常1  $\mu$ F以上)が必要となります。最低4.7  $\mu$ Fと0.1 ~ 0.01  $\mu$ F程度のコンデンサを並列に配置することを推奨します。いくつかの電解コンデンサの中には最適な性能を得るために、小さな直列ダンピング抵抗( $\approx 4.7 \Omega$ )を必要とするものがあります。

AD8036とAD8037をクランプ・モードで使用しクランプ入力 $V_H$ と $V_L$ にDC電圧をかけるとき、安定性を維持するために各入力端子とグラウンドの間に0.1  $\mu$ Fのバイパス・コンデンサを設ける必要があります。

### 容量負荷の駆動

AD8036とAD8037は基本的に非反応性負荷を駆動するように設計されています。しかし容量成分を持つ負荷を駆動する場合、図70に示すように小さな値の直列抵抗を付け加えると最適な周波数応答が得られます。そして図71は容量負荷に対する適切な $R_{SERIES}$ の値を示しています。しかし大きな容量負荷を駆動するとき、回路の周波数応答は $R_{SERIES}$ と $C_L$ のロールオフで支配されますので、 $R_{SERIES}$ の効果は無意味なものになります。6 pF以下の容量負荷の場合、 $R_{SERIES}$ は必要ありません。

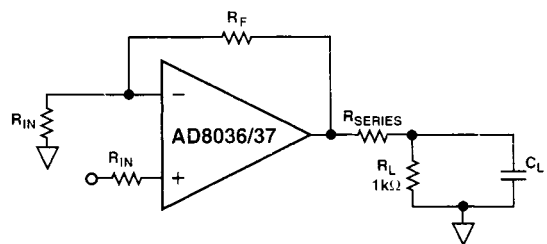


図70. 容量負荷の駆動



# AD8036/AD8037

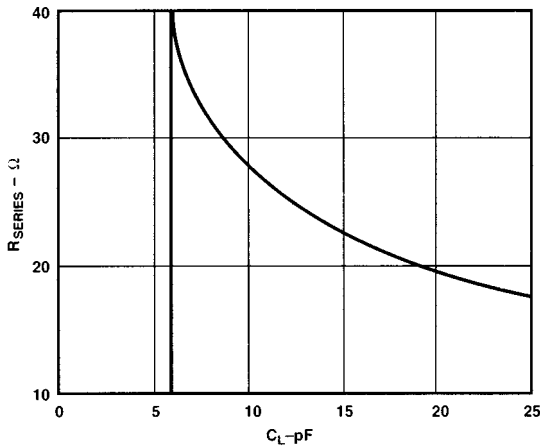


図71. 推奨するR<sub>SERIES</sub>と容量負荷

## 入力クランプ・アンプの動作

特許申請中のCLAMPIN入力クランプ構造によって、AD8036とAD8037の独自の高速で精度の高いクランプ機能とアンプ性能を実現しています。この新しい設計方法は、従来の出力クランプ回路より10倍以上クランプ誤差を低減しています。さらに帯域幅を増加し、精度が高く簡単に使用できるクランプ入力も設けています。

図72はユニティ・ゲインの電圧フォロワとして接続したAD8036の内部ブロック図です。主要な信号ラインは、A1(1200 V /  $\mu$ s、240 MHzの高い電圧ゲインの差動・シングル・エンド・アンプ)とA2(G = +1の高電流ゲイン出力バッファ)を通ります。AD8037は、2以上の閉ループ・ゲインに最適化されたA1のみについてAD8036と異なります。

CLAMPIN部は、デコーダを通じてスイッチS1を駆動するコンパレータC<sub>H</sub>とC<sub>L</sub>で構成されています。+V<sub>IN</sub>、V<sub>H</sub>とV<sub>L</sub>入力に直列のユニティ・ゲインのバッファは、帯域幅と精度を低下させないようにコンパレータおよびS1と入力端子を絶縁しています。

2個のコンパレータは、AD8036の帯域幅内の信号を追従できるようにA1(240 MHz)とほぼ同じ帯域幅を持ちます。CLAMPIN回路の動作を説明するために、V<sub>H</sub>を+1Vのリファレンス接続し、V<sub>L</sub>はオープン、そして推奨する140  $\Omega$ のフィードバック抵抗を非反転入力と出力の間に接続してAD8036をゲイン+1に設定していると考えます。CLAMPIN回路はA1の非反転入力だけに影響を与えますので、主要な信号ラインは常に閉ループ動作を行います。

前述のAD8036接続回路の+V<sub>IN</sub>に0Vから+2Vの電圧ランプを入力すると、V<sub>OUT</sub>は+1Vまで完全に+V<sub>IN</sub>に追従します。そして+V<sub>IN</sub>が+1~+2Vのときに、V<sub>OUT</sub>は+1Vに制限されます。

AD8036は実際には次のような動作を行います。+V<sub>IN</sub>入力電圧が0~1Vのとき、高い方の制限用のコンパレータC<sub>H</sub>の出力はC<sub>L</sub>の出力と同様にOFF状態です。そして+V<sub>IN</sub>がV<sub>IN</sub>を超えたとき(理想的には1  $\mu$ V、実際には約18 mV)、C<sub>H</sub>はON状態になり、S1を“ A ”から“ B ”リファレンス・レベルに切り換えます。ここでA1の+入力はV<sub>H</sub>と接続しますので、+V<sub>IN</sub>が増加してもAD8036の出力電圧は変わりません。この場合、AD8036はV<sub>H</sub>入力のユニティ・ゲイン・バッファとして動作しています。V<sub>H</sub> > 1VでV<sub>H</sub>が変化すると、その値を忠実にV<sub>OUT</sub>上に出力します。

負の電圧でV<sub>L</sub>が負のクランプ・レベルのときもAD8036は同じように動作します。この場合、コンパレータC<sub>L</sub>がS1を制御します。2個のコンパレータはコモン・リファレンス・レベルとして+V<sub>IN</sub>端子の電圧を参照しますので、電圧V<sub>H</sub>とV<sub>L</sub>は+V<sub>IN</sub>に対して“ HI ”または“ LO ”と決まります。例えばV<sub>IN</sub>を0Vに設定し、V<sub>H</sub>はオープン、V<sub>L</sub>は+1Vにした場合、コンパレータC<sub>L</sub>はスイッチS1を“ C ”に切り換え、AD8036はV<sub>L</sub>上の電圧をバッファし、+V<sub>IN</sub>を無視します。AD8036とAD8037の性能は前述したようにほぼ同じです。コンパレータのスレッシュホールドは、V<sub>H</sub>とV<sub>L</sub>の電圧によって決まるクランプ・ウィンドウの60 mV内側から60 mV外側までです。スイッチS1は電流で駆動されます、これによりV<sub>H</sub> = 1.0Vの場合に入力電圧が0.9Vから1.0Vのコンパレータの入力スレッシュホールドを横切るようにA1の+入力がV<sub>IN</sub>からV<sub>H</sub>まで連続的に遷移します。

そのため、増幅モードからクランプ・モードへの遷移を緩やかにするように働きます。図73は、出力クランプ・アンプとAD8036のV<sub>IN</sub>に対するV<sub>OUT</sub>を示したものです。アンプは両方共にG = +1、V<sub>H</sub> = +1Vに設定されています。

V<sub>OUT</sub>(理想的クランプ)とV<sub>OUT</sub>(実際の)の誤差の最悪値は、通常はアンプの閉ループ・ゲインを18 mVで乗じたものです。この最悪値は、V<sub>IN</sub>がV<sub>H</sub>(またはV<sub>L</sub>)と等しいときに発生します。またV<sub>IN</sub>がこの限度を超えるか、未満の値ならばV<sub>OUT</sub>は理想値の5 mV内に納まります。

逆に出力クランプ・アンプの伝達曲線は、入力が0.8Vに達したときから抑えられ、クランプ限度を200 mV超えた値に落ちつきます。さらにこの出力クランプはアンプをクランプ・モードの開ループで動作するようにしますので、アンプの出力インピーダンスが増加し誤差がより大きくなる場合があります。

AD8036とAD8037のCLAMPIN入力クランプ構造は非反転またはフォロワ・アプリケーションに対してのみ動作します。そして入力に対して動作しますので、クランプ電圧レベルV<sub>H</sub>とV<sub>L</sub>および入力誤差限度はアンプ出力の閉ループ・ゲインで乗じられます。

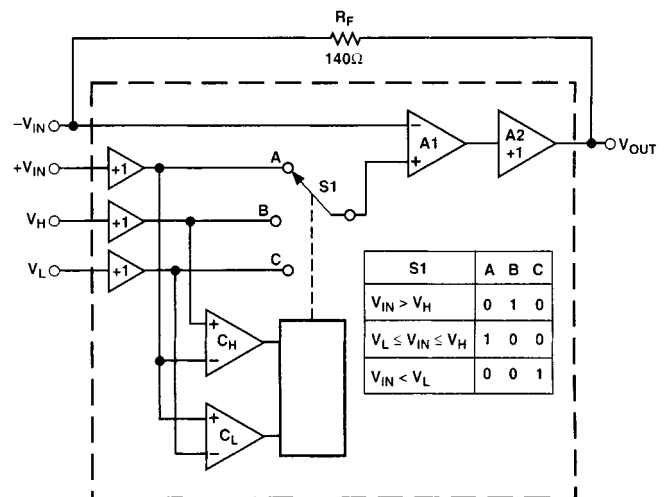


図72. AD8036 / AD8037クランプ・アンプ・システム

例えばAD8037が3.0のゲインで動作する場合に出力限度を $\pm 1\text{V}$ に設定するためには、 $V_H$ と $V_L$ をそれぞれ $+0.333\text{V}$ と $-0.333\text{V}$ に設定する必要があります。

AD8036とAD8037の $+V_{IN}$ 、 $V_L$ 、 $V_H$ 端子を入力として使用する場合の制限は、 $+V_{IN}$ と $V_H$ または $V_L$ 間の最大電圧差が $6.3\text{V}$ を超えてはならないということと、この3つの端子の電圧が電源電圧の範囲内であるということです。例えば $V_L$ を $-3\text{V}$ にした場合、 $V_{IN}$ は $+3.3\text{V}$ を超えてはいけません。

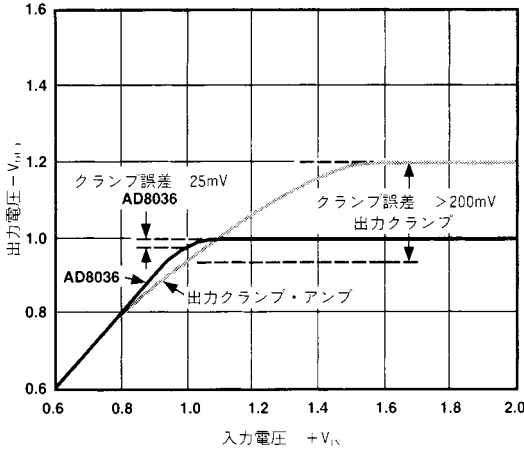


図73. 出力クランプ誤差と入力クランプ誤差

### AD8036 / AD8037の応用

AD8036とAD8037は、クランプ機能を実現するために独自の入力クランプ回路を採用しています。この結果従来の出力クランプ・デバイスより良いクランプ性能を備えています。さらに他の応用でも使用できる汎用性も兼ね備えています。

しかし回路を構成する上でいくつかの制限があります。そして入力段でクランプを実行するクランプ・レベルを決めるために計算を行う必要があります。

AD8036 / AD8037のクランプ機能の大きな制限として、非反転モードでアンプを使用するときだけクランプ処理を行えるということです。反転回路でクランプを行うには、反転ゲイン段を追加する必要があります。もう一つの制限として、 $V_H$ を $V_L$ より大きくすることと、それぞれがアンプの出力範囲内( $\pm 3.9\text{V}$ )になければならないことです。また $V_H$ が $V_L$ より大きければ、 $V_H$ をグラウンド以下にできませんし、また $V_L$ をグラウンド以上にできません。

### ユニティ・ゲインのクランプ処理

クランプ・レベルを計算するための最も簡単な回路は図74に示すユニティ・ゲインのフォロワです。この場合、非反転ユニティ・ゲインを備えるAD8036を使用します。

この回路は、 $V_H$ (端子8に入力する電圧)で設定する上限の電圧と $V_L$ (端子5に入力する電圧)で設定する下限の電圧でクランプされます。

### ゲインがある場合のクランプ処理

図75は2の非反転ゲインに構成したAD8037です。この回路は、2以上のゲインと大きな帯域幅を実現するAD8037を使用しています。

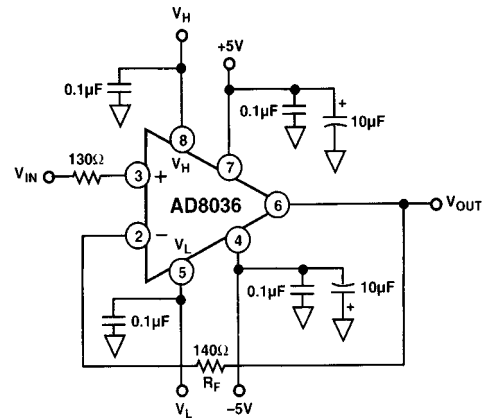


図74. ユニティ・ゲイン非反転クランプ

この場合、出力の上限のクランプ・レベルは $2 \times V_H$ となり、また下限のクランプレベルは $2 \times V_L$ となります。非反転ゲインに構成したこの回路の出力クランプ・レベルを求める式は：

$$V_{CH} = G \times V_H$$

$$V_{CL} = G \times V_L$$

ここで： $V_{CH}$ は上限の出力クランプ・レベル

$V_{CL}$ は下限の出力クランプ・レベル

Gはアンプのゲイン

$V_H$ は高入力クランプ・レベル(ピン8)

$V_L$ は低入力クランプ・レベル(ピン5)

アンプのオフセットはゼロと仮定。

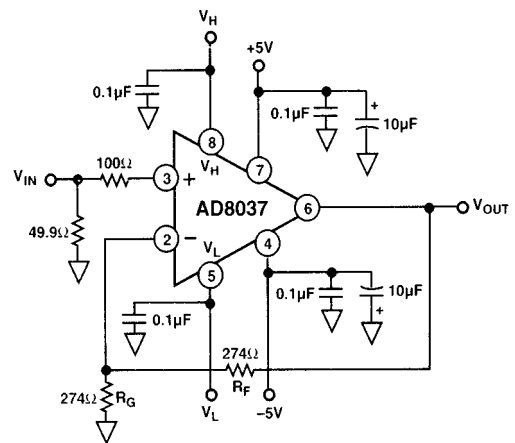


図75. ゲイン2の非反転クランプ

### オフセットがある場合のクランプ

オペアンプ回路にはオフセット電圧といっしょに動作させる必要があるものもあります。通常、オフセット電圧を一方の入力に計算する場合は反転モードに構成します。しかしAD8036 / AD8037クランプ機能は反転モードでは動作しません。

図76は、オフセットのある場合にクランプ動作をさせるAD8037の非反転構成を示しています。この回路でAD8037は、8ビット、125 MspsのA / DコンバータAD9002を駆動します。そしてAD8037を使用してオフセットがある場合のクランプ機能を実現しています。

# AD8036/AD8037

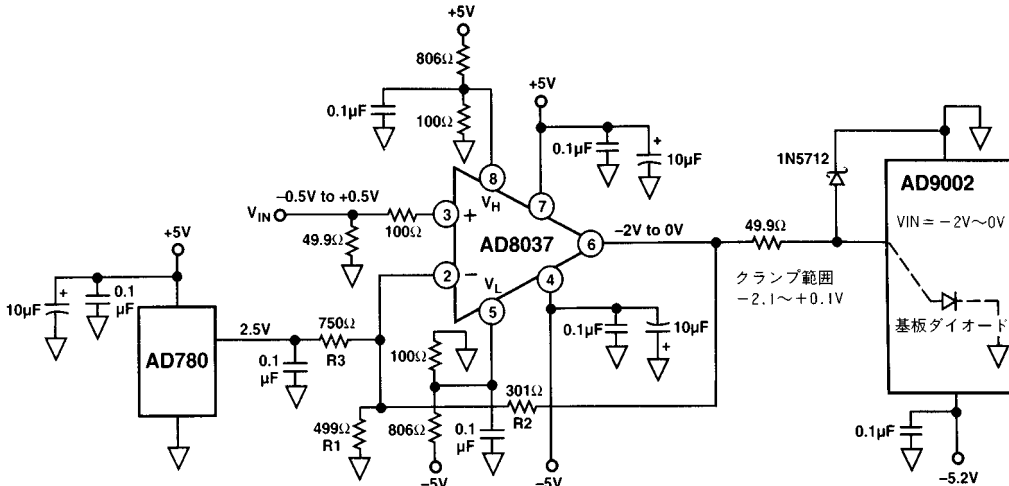


図76. AD9002 8ビット、125 Msps、A/Dコンバータを駆動するゲイン2のオフセットを持たせた非反転AD8037

AD9002のアナログ入力範囲は、グラウンドから - 2Vの間です。A/Dコンバータの内部動作を混乱させないため、また異常に電流を引き込まないために入力はこの範囲から0.5V以上出ないようにしなければなりません。このため信号コンディショニングにAD8037を使用します。

非反転オペアンプ回路にオフセットを加える場合、反転入力に1個の抵抗を接続します。この結果、オペアンプを1以上の閉ループ・ゲインで動作させなければなりません。この回路の場合、AD8037を使用するためにゲイン2を選択します。またゲイン2でAD8037を最適に動作させるために、フィードバック抵抗R2を301にしています。

ゲインとオフセットは関連性があります。したがって適切なR1とR3を求めるために計算を行わなければなりません。ゲインが2の場合、R1とR3を並列にした抵抗値はフィードバック抵抗R2の値と等しくなければなりません。つまり、

$$R1 \times R3 / R1 + R3 = R2 = 301$$

オフセットを供給しているリファレンスはAD780で、このデバイスの出力は2.5Vです。希望する1Vオフセットを発生するために、この出力を分圧しなければなりません。つまり、

$$2.5V \times R1 / (R1 + R3) = 1V$$

上の2式を解くと、R1 = 499 と R3 = 750 が求まります(すべてに1%誤差の抵抗を使用する場合)。入力の1Vのオフセットは、出力では - 1Vのオフセットになります。

AD9002の使用できる入力信号振幅は2 V<sub>p-p</sub>です。これは使用できる信号範囲が - 1Vオフセットを中心として0Vから - 2Vということです。そして信号をこの範囲から100mV以上が超えないようにクランプしたい場合、図76のAD9002の入力(AD8037の出力)に示されているように高クランプ・レベルを + 0.1Vに設定し、低クランプ・レベルを - 2.1Vに設定します。

AD8037の入力段でクランプを行うために、出力のクランプ・レベルは前述したように回路のゲインだけでなくオフセットの影響も受けます。つまり希望するクランプ・レベルを実現するために、V<sub>H</sub>を + 0.55V、またV<sub>L</sub>を - 0.55Vにバイアスしなければなりません。

出力のクランプ・レベルは以下のようにして計算できます：

$$V_{CH} = V_{OFF} + G \times V_H$$

$$V_{CL} = V_{OFF} + G \times V_L$$

ここでV<sub>OFF</sub>は出力に現れるオフセット電圧です。

V<sub>H</sub>とV<sub>L</sub>の電圧を発生するために使用する抵抗は、クランプ・バイアス電流により生じる誤差を抑えるためにできるだけ小さな値のものにして下さい。このバイアス電流はV<sub>H</sub>とV<sub>L</sub>に関係があり(図61を参照)クランプ入力に直列した抵抗成分があれば電圧降下を発生します。この誤差電圧はアンプの閉ループ・ゲインと乗じられます。つまり閉ループ・ゲインが高ければ大きな問題になります。安定した動作を保証するために、入力クランプ端子V<sub>H</sub>およびV<sub>L</sub>とグラウンドの間に0.1μFバイパス・コンデンサを配置して下さい。

また電源投入時にAD9002の基板ダイオードが順方向にバイアスされることを防ぐために1N5712ショットキー・ダイオードを使用しています。

## プログラム可能なパルス発生器

AD8036 / AD8037のクランプ出力は精度が高く、正確に設定できます。この特性と広帯域幅および高スルーレートにより、プログラム可能なパルス発生器の応用に適しています。

図77は、入りにTTLタイミング信号を直接受け入れ、スルーレート2500V / μsで最高24V<sub>p-p</sub>のパルスを出力します。出力レベルは、- 12Vから + 12Vの範囲で任意にプログラムできます。

回路は、出力を ± 12Vの範囲にブーストするAD811とゲインを2で動作させるAD8037を使用しています。AD811は ± 15V電源動作と高スルーレートの性能があります。

R1とR2はレベル・シフタとして動作し、TTL信号をグラウンドを中心に対称的な信号にします。これにより信号の高および低ロジック・レベルがAD8037によってクランプされます。出力パルスの信号レベルを最適に制御するには後段のアンプではなく、AD8037のクランプ動作によって出力パルスの高または低信号レベルを制御します。

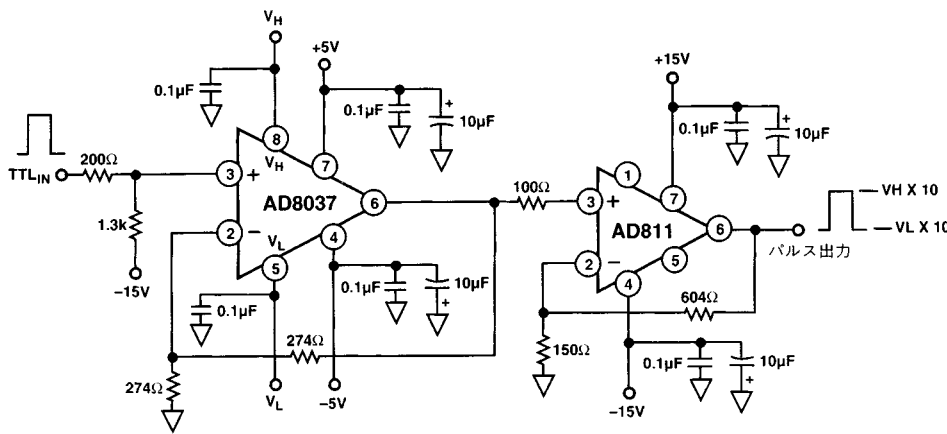


図77. プログラム可能なパルス発生器

また出力レベルが高速の立ち上がりおよび立ち下り時間特性を保つために、高速なエッジを持つロジック・ファミリを使用して下さい  
 高ロジック・レベルは $V_H$ の電圧の2倍でクランプされ、また低ロジック・レベルは $V_L$ の電圧の2倍でクランプされます。AD8037の出力は、ゲイン5で動作するAD811によって増幅されます。全体のゲインは10ですので、高出力レベルは $V_H$ の10倍、低出力レベルは $V_L$ の10倍になります。

### 高速、全波整流器

クランプ入力にはオペアンプのもう1つの入力と考えることができます。この入力にはオペアンプの入力と同程度の入力帯域幅を備えていますので、この入力をダイナミックに駆動すると極めて面白い機能を実現できます。

図78は、絶対値発生器ともいわれる全波整流器の回路図です。この回路は最高20 MHzで動作し、性能の多少の低下を許せばより高い周波数で動作できます。しかし性能が低下しても、特に高周波でダイオードを使用した全波整流器より優れた歪み性能を示します。

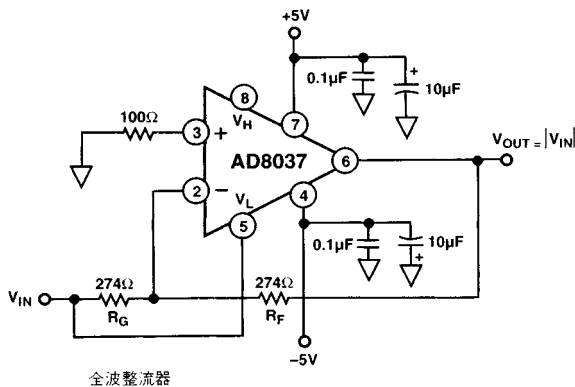


図78. 全波整流器

この回路はゲイン1の反転アンプに構成されています。入力は反転アンプを駆動します。さらに $V_L$ 、低レベル・クランプ入力も駆動します。しかし高レベル・クランプ入力、 $V_H$ は無接続のまま、この回路では何の動きもしません。

入力が負のとき、アンプは通常のユニティ・ゲインの反転アンプとして動作します。出力は、入力と極性が反対で振幅が同じ信号です。 $V_L$ も入力で駆動されますが、クランプ動作は行いません。なぜなら正の出力信号は常に $V_L$ を駆動する負のレベルより常に高くなるからです。

入力が正の時、出力は2つの異なる効果を加算したものです。まず第一に反転アンプは入力値を -1倍にします。これはユニティ・ゲインの反転構成のためです。これにより前述したオフセットを効果的に発生しますが、ダイナミック・レベルは入力の -1倍です。

次に正入力はグラウンド(100Ωを通して)に接続されていますが、出力は $V_L$ に入力される電圧(この場合は正のダイナミック電圧)の2倍にクランプされます。アンプのノイズ・ゲインが2だからです。

この2種類の効果が組み合わさった結果、正入力信号の場合の出力はユニティ・ゲインと入力信号を乗じたものと等しくなります。図79を参照。また図80は振幅が $\pm 1V$ で20 MHzの入力信号の入力/出力写真です。

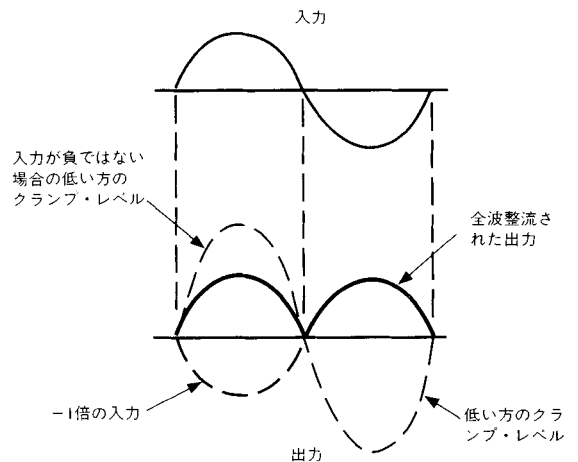


図79.



# AD8036/AD8037

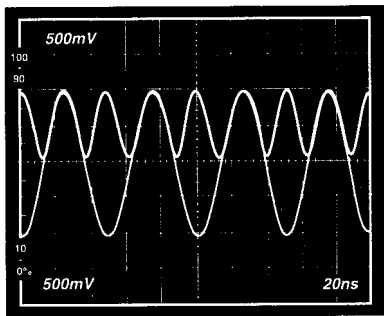


図80. 全波整流の写真

つまり入力信号が正または負、いずれの場合でも出力はユニティ・ゲインと入力信号を乗じたものになります。また $V_L$ の代わりに $V_H$ に入力するように回路を変更すれば、入力の負の絶対値を出力するようにできます。

この回路は、入力が0を交差するときにグラウンドから約40mVの範囲内で動作を開始します。この電圧は広い周波数範囲に渡って固定されたもので、オペアンプ入力とクランプ入力切り換わることによって生じるものです。しかし順方向バイアスから逆方向バイアスに急速に切り換わるダイオードが存在しないため、ダイオードで構成した全波整流器より優れた性能を示します。

上記の40mVオフセットを、回路に他のオフセットを加えることによって取り除きます。反転入力の27.4k 入力抵抗は0.01のゲインを持ちますが、この回路全体のゲインを1%変えるだけです。+または-の4V DCレベル(整流器の極性に依じて)をこの抵抗に入力すればオフセットを補正します。

AM信号検出、高周波AC電圧計および演算動作等の多くの応用で全波整流器を使用できます。

## 振幅変調器

AD8037を振幅復調器(AM検出器)だけでなく、図81に示すように振幅変調器に構成できます。

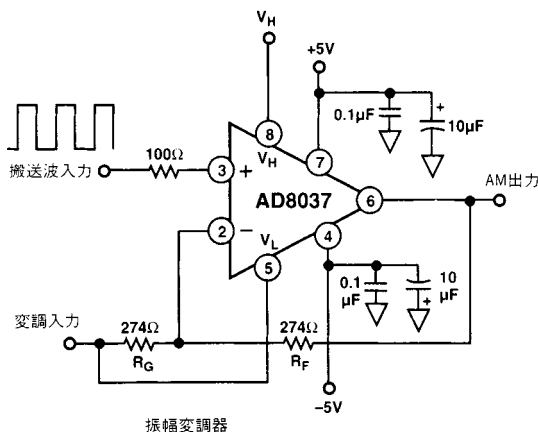


図81. 振幅変調器

高および低レベル両方のクランプを行うのに十分な振幅を持つ方形波によってAD8037の正入力を駆動します。これはより高い周波数の搬送信号です。

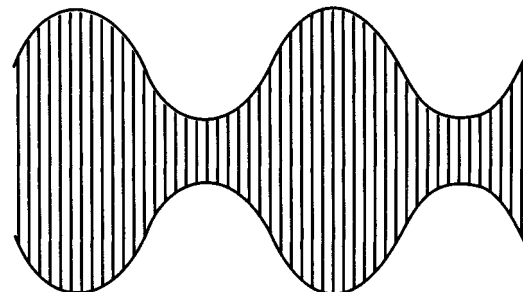
変調信号は、ユニティ・ゲインの反転アンプの入力と低クランプ入力 $V_L$ 両方に入力されます。 $V_H$ は+0.5V DCでバイアスされています。

回路の動作を理解するために、まず簡単な回路を考えます。もし $V_L$ と $V_H$ 両方が-0.5VにDCバイアスされ、搬送および変調入力を前述したように駆動した場合、出力は搬送周波数の $2V_{p-p}$ の方形波に変調周波数の波形が乗ったものになります。また反転入力(変調信号)は、出力の $2V_{p-p}$ 方形波に対してオフセットを変化させるように動作します。高および低クランプ・レベルは入力レベルの2倍になります。これは回路のノイズ・ゲインが2だからです。

$V_L$ をDCレベルの代わりに変調信号で駆動すれば、より複雑な動作を行います。この結果、出力は上方包絡波、下方包絡波およびこの2波の間の搬送方形波で構成される波形になります。この上方および下方包絡波の波形は、通常のAM波形と同様に位相が $180^\circ$ ズレたものです。

上方包絡波は、反転入力に入力される波形でオフセットされた高クランプ・レベルによって生じます。このオフセットは、反転構成のために入力波形とは逆の極性です。

下方包絡波は2つの異なる効果を加算したものです。まず第一に前述の単純化した回路と同様に反転入力に入力する波形によって生じるオフセットです。このオフセットの極性は、上方包絡波と同じです。次に変調信号を $V_L$ に入力するために、出力はオフセットと逆の極性へオフセット電圧の2倍に駆動されます。これは2に等しいノイズ・ゲインによるものです。この接続では反転がありませんので、オフセットとは逆の極性です。振幅変調波形の下方包絡波はこれら2つの異なる効果を加算したものです。図82を参照。



振幅変調波形

図82. 振幅変調波形

変調信号の振幅を変えることでこの回路の変調度を変更できます。上方および下方包絡波の波形の振幅が変わります。

さらに $V_H$ に入力するDCバイアスを変えることによっても変調度を変更できます。この場合、上方及び下方包絡波の波形の振幅は一定のままですが、この2波形の間隔が変わります。これにより包括波の振幅と波形全体の振幅の比率が変わります。

## レイアウトの注意

AD8036とAD8037の規定された高速性能を引き出すためには、ボード・レイアウトと部品選択に注意しなければなりません。適切なRF回路設計技術と低寄生容量部品を選択することが重要です。

低インピーダンスの信号ラインを設けるために、プリント回路基板の部品面の使用しない部分はすべてグラウンド面で囲むようにして下さい。浮遊容量を減らすために入力端子近くにグラウンド面は設けしないで下さい。

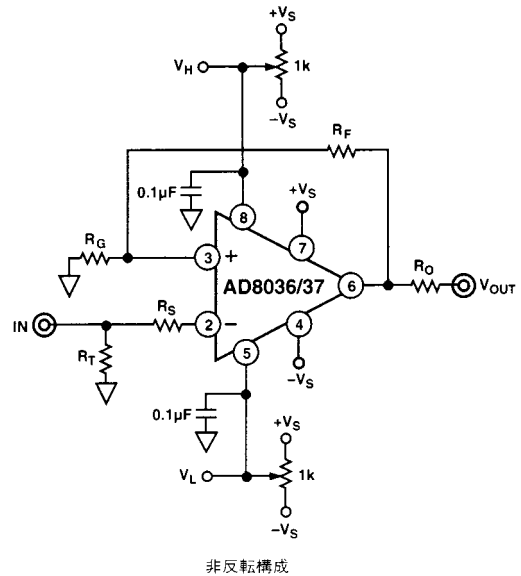
電源と入力クランプのバイパス用にチップ・コンデンサを使用して下さい(図83参照)。一方はグラウンド面に接続し、もう一方は電源およびクランプ端子の1/8インチ内に接続して下さい。出力に高速で大きな信号変化に対して電流を供給するために、これと並列に大容量(0.47 $\mu$ F~10 $\mu$ F)の電解コンデンサを接続して下さい。これは端子のそれほど近くに配置する必要はありません。

フィードバック抵抗は、反転入力端子の浮遊容量を抑えるために反転入力端子の近くに配置して下さい。この反転入力端子の容量の変化を1 pF以下に抑えることは、デバイス的高速性能を実現します。導線の長さが1インチ(2.54 cm)を超えるときはストリップライン技術を使用します。50 または75 のインピーダンス特性をもたせ、各端を適切に終端します。

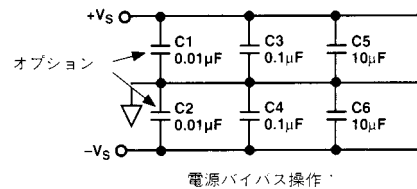
## 評価用ボード

AD8036とAD8037の評価用ボードが供給可能です。このボードは、規定されたデバイス的高速性能を評価できるように注意深くレイアウトし、検査しています。評価用ボードの注文方法についてはオーダ・ガイド(P.3)を参照して下さい。

参考のため次頁に評価用ボードのレイアウトを示します。



非反転構成



電源バイパス操作

図83. 評価ボードの非反転構成

表1.

部品	AD8036A ゲイン				AD8037A ゲイン		
	+ 1	+ 2	+ 10	+ 100	+ 2	+ 10	+ 100
$R_F$	140	274	2k	2k	274	2k	2k
$R_G$		274	221	20.5	274	221	20.5
$R_G$ (定格)	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9
$R_S$	130	100	100	100	100	100	100
$R_T$ (定格)	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9	49.9
小信号帯域幅 (MHz)	240	90	10	1.3	275	21	3

# AD8036/AD8037

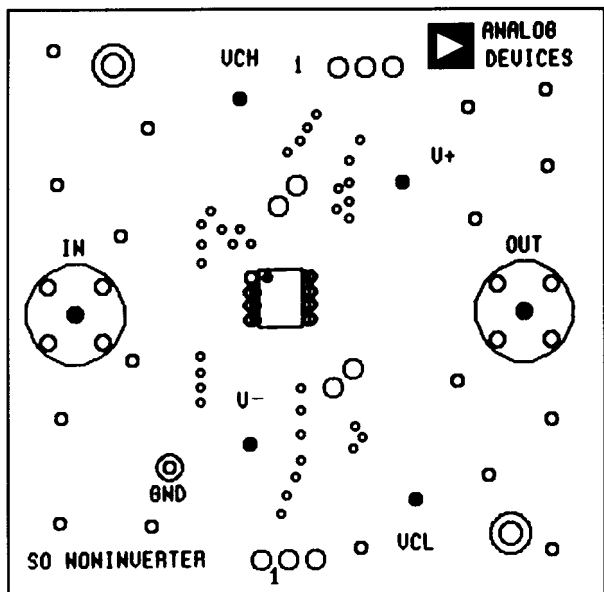


図84. 評価用ボード・シルクスクリーン(上面)

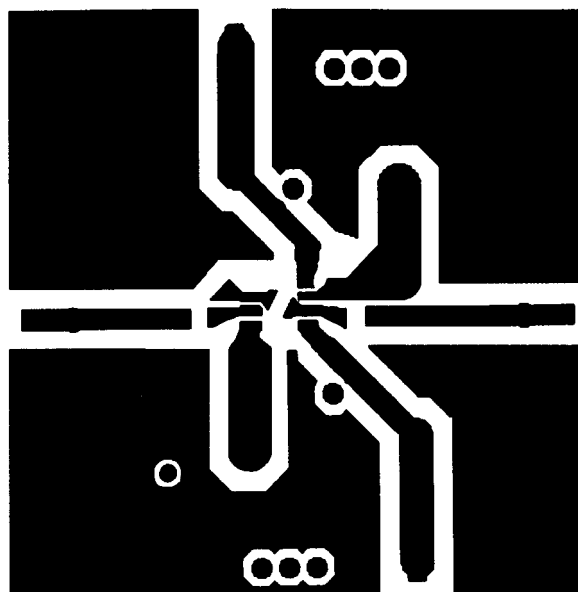


図86. 基板レイアウト(ハンダ面)

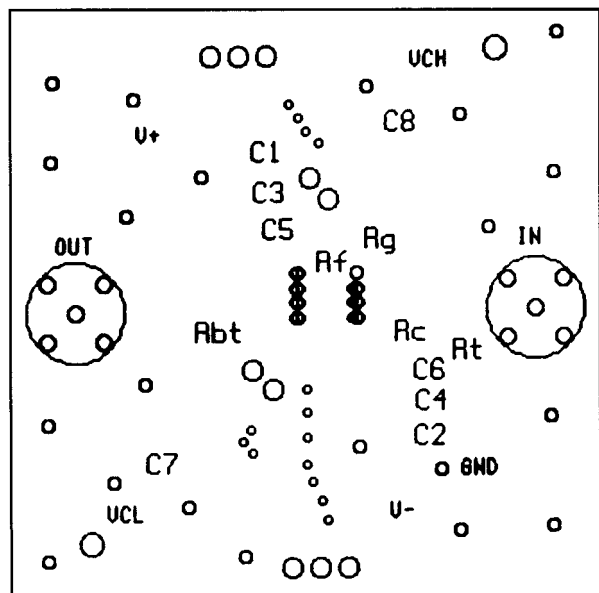


図85. 評価用ボード・シルクスクリーン(裏面)

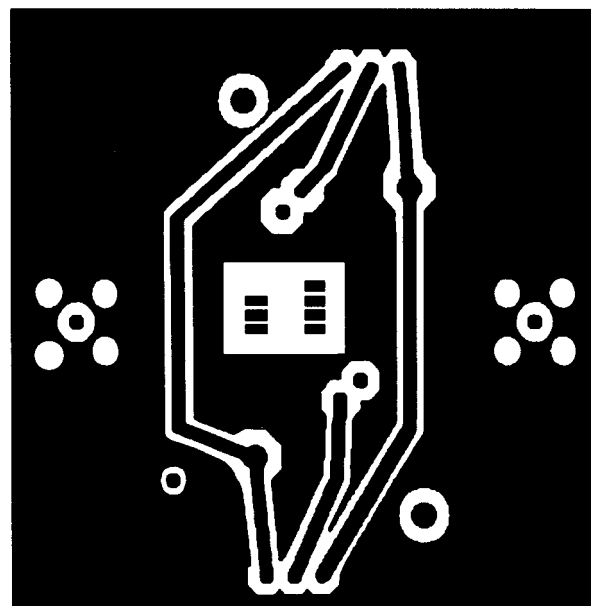
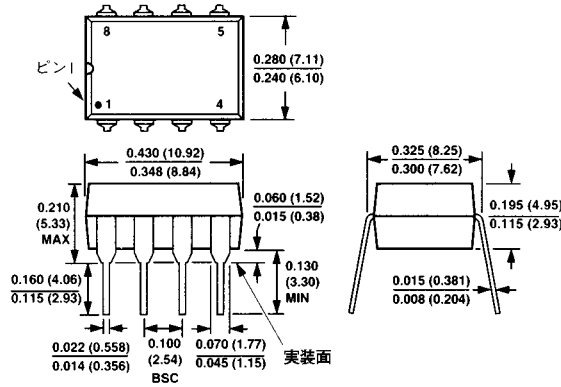


図87. 基板レイアウト(部品面)

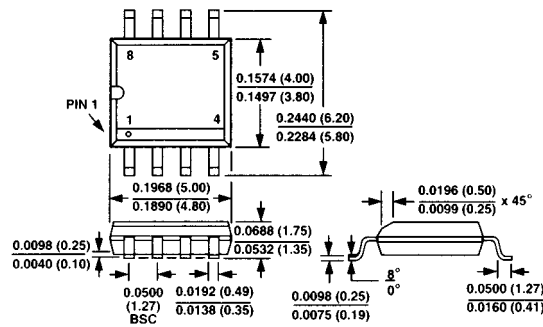


外径寸法  
サイズはインチと(mm)で示します。

## 8ピン・プラスチックDIP (Nパッケージ)



## 8ピン・プラスチックSOIC (Rパッケージ)



## 8ピン・サーディップ (Qパッケージ)

