

最大1.5μA、デュアル/クワッド  
高精度レール・トゥ・レール入力  
および出力オペアンプ

## 特長

- 低消費電流：1.5μA最大
  - レール・トゥ・レール入力/出力
  - 低オフセット電圧：375μV最大
  - 広い電源電圧範囲：2.2V ~ 36V
  - 単一電源入力範囲：- 0.3V ~ 36V
  - 低入力バイアス電流：250pA
  - 低入力オフセット電流：20pA
  - 高AvOL：100k負荷ドライブ時100V/mV最小
  - 出力負荷電流は、ソース、シンクとも500μA
  - 18Vまでの逆バッテリ保護

## アプリケーション

- バッテリまたはソーラー電源システム
  - ポータブル計測
  - リモート・センサ・アンプ
  - マイクロパワー・フィルタ

## 概要

LT<sup>®</sup>1495/LT1496は、高精度仕様の低消費電力(  $I_{SLEAK} \leq 1.5\mu\text{A}$  )オペアンプです。入力オフセット電圧が最大375 $\mu\text{V}$ で標準ドリフトがわずか0.4 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ 、入力オフセット電流が最大100pAなど、超低消費電流特性と卓越したアンプ仕様を合わせ持っています。100V/mVの最小開ループ利得(  $A_{VOL}$  )によって、小さな利得誤差を実現しています。デバイスの特性は2.2V ~ ±15Vの電源電圧の全範囲にわたってほとんど変化しません。電源除去比と同相除去比はいずれも90dBです。動作は3V、5V、および±15V電源で規定されています。LT1495/LT1496は逆バッテリ保護( 最小 -18V )や正電源より高い電圧でも動作する入力を備えており、厳しい環境でも使いやすくなっています。

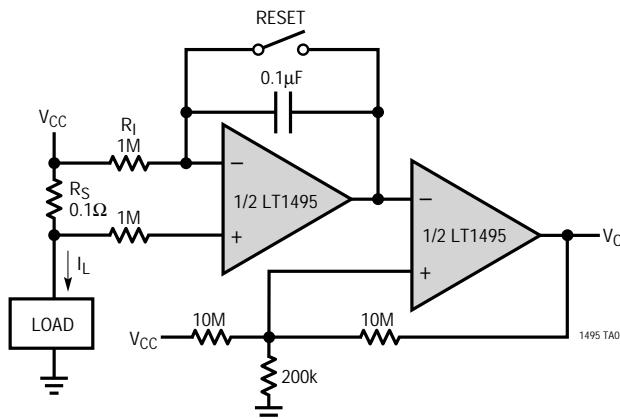
アンプはバイアス電流とオフセット電流が低く、大きな誤差を生じることなく、M レベルのソース抵抗を使用することができます。電圧ノイズは4 $\mu$ V<sub>P-P</sub>で、低消費電流であることを考慮すると著しく低いといえます。

LT1495は標準デュアル・オペアンプ・ピン配置のプラスチック8ピンPDIP、および8ピンSOパッケージで供給されます。また、LT1496は14ピンSOパッケージとPDIPパッケージで供給されます。

**L**、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。  
RAIL-TO-RAILは日本モトローラ(株)の登録商標です。

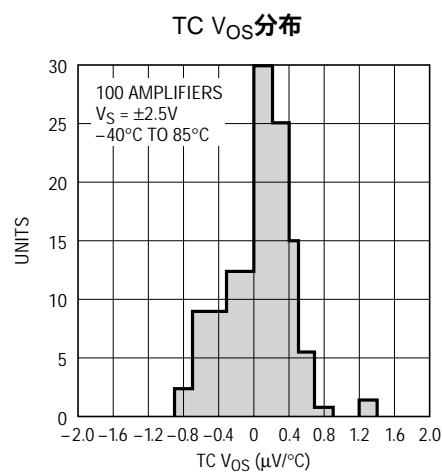
## 標準的应用例

## マイクロパワー積分電流センス



OUTPUT SWITCHES  
WHEN  $\int I_L dt = 0.98 V_{CC}$   $\left( \frac{R_L}{R_S} \right) C = (4.9A)(SEC)$  FOR  $V_{CC} = 5V$

$I_S = 3\mu A$  DURING INTEGRATION;  $I_S = 5\mu A$  END OF INTEGRATION

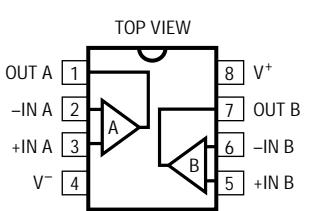
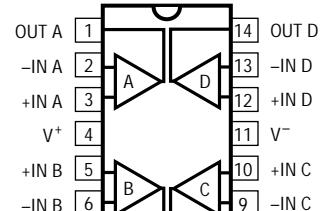


## 絶対最大定格

全電源電圧( $V^+ \sim V^-$ )	36V
入力差動電圧	36V
入力電流	$\pm 10\text{mA}$
出力短絡時間	連続
動作温度範囲	-40 ~ 85

規定温度範囲( Note 1 )	-40 ~ 85
保存温度範囲	-65 ~ 150
接合部温度	150
リード温度( 半田付け、10秒 )	300

## パッケージ/発注情報

TOP VIEW	ORDER PART NUMBER	TOP VIEW	ORDER PART NUMBER
 N8 PACKAGE 8-LEAD PDIP      S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SO $T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}, \theta_{JA} = 130^\circ\text{C/W}$ (N8) $T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}, \theta_{JA} = 190^\circ\text{C/W}$ (S8)	LT1495CN8 LT1495CS8  S8 PART MARKING  1495	 N PACKAGE 14-LEAD PDIP      S PACKAGE 14-LEAD PLASTIC SO $T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}, \theta_{JA} = 110^\circ\text{C/W}$ (N8) $T_{JMAX} = 150^\circ\text{C}, \theta_{JA} = 150^\circ\text{C/W}$ (S8)	LT1496CN LT1496CS

インダストリアルおよびミリタリ・グレードは問い合わせください。

## 電気的特性

注記がない限り  $T_A = 25^\circ\text{C}$  、  $V_S = 5\text{V}$ 、  $0\text{V}$  ;  $V_S = 3\text{V}$ 、  $0\text{V}$  ;  $V_{CM} = V_O = 1/2$  電源電圧

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OS}$	Input Offset Voltage	$V_S = 5\text{V}$ $V_S = 3\text{V}$		150 200	375 475	$\mu\text{V}$
$I_B$	Input Bias Current	(Note 3) $V_{CM} = 10\text{V}$ (Note 4)		250 180	1000 360	$\text{pA}$ $\text{nA}$
$I_{OS}$	Input Offset Current	(Note 3)		20	100	$\text{pA}$
	Input Noise Voltage	0.1Hz to 10Hz		4		$\mu\text{V}_{\text{P-P}}$
$e_n$	Input Noise Voltage Density	$f = 100\text{Hz}$		185		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
$i_n$	Input Noise Current Density	$f = 100\text{Hz}$		10		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_S = 5\text{V}, V_O = 0.25\text{V to } 4.5\text{V}, R_L = 100\text{k}$ $V_S = 3\text{V}, V_O = 0.25\text{V to } 2.5\text{V}, R_L = 100\text{k}$	100 50	500 250		$\text{V}/\text{mV}$ $\text{V}/\text{mV}$
	Input Voltage Range		0		36	$\text{V}$
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 0\text{V to } 4\text{V}, V_S = 5\text{V}$ $V_{CM} = 0\text{V to } 10\text{V}, V_S = 5\text{V}$	90 74	106 95		$\text{dB}$ $\text{dB}$
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 2.2\text{V to } 12\text{V}, V_{CM} = V_O = 0.5\text{V}$	90	99		$\text{dB}$
	Minimum Operating Supply Voltage			2.1	2.2	$\text{V}$
$V_{OL}$	Output Voltage Swing LOW	No Load $I_{SINK} = 100\mu\text{A}$		50 210	100 410	$\text{mV}$ $\text{mV}$

## 電気的特性

注記がない限り  $T_A = 25^\circ C$  、  $V_S = 5V, 0V$  ;  $V_S = 3V, 0V$  ;  $V_{CM} = V_O = 1/2$  電源電圧

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OH}$	Output Voltage Swing HIGH	No Load $I_{SOURCE} = 100\mu A$	$V^+ - 0.07$ $V^+ - 0.32$	$V^+ - 0.035$ $V^+ - 0.160$		V
$I_{SC}$	Short-Circuit Current	(Note 3)		0.7	1.3	mA
$I_S$	Supply Current per Amplifier	(Note 4)			1.0	$\mu A$
	Reverse Supply Voltage	$I_S = 10\mu A$ per Amplifier		-18		V
SR	Slew Rate	$A_V = -1, V_S = \pm 5V$		0.4	1.0	V/ms
GBW	Gain Bandwidth Product	$f = 100Hz$			2.7	kHz

注記がない限り  $0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$  、  $V_S = 5V, 0V$  ;  $V_S = 3V, 0V$  ;  $V_{CM} = V_O = 1/2$  電源電圧

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{OS}$	Input Offset Voltage	$V_S = 5V$ $V_S = 3V$	● ●	175 225	425 525	$\mu V$	
$V_{OS\,TC}$	Input Offset Voltage Drift	(Note 2)	●	0.4	2	$\mu V/^\circ C$	
$I_B$	Input Bias Current	(Note 3) $V_{CM} = 10V$ (Note 4)	● ●	250 240	1200 500	pA nA	
$I_{OS}$	Input Offset Current	(Note 3)	●	20	120	pA	
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_S = 5V, V_O = 0.25V$ to $4.5V, R_L = 100k$ $V_S = 3V, V_O = 0.25V$ to $2.5V, R_L = 100k$	● ●	75 40	280 150	V/mV V/mV	
	Input Voltage Range		●	0	36	V	
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 0.2V$ to $4V, V_S = 5V$ $V_{CM} = 0.2V$ to $10V, V_S = 5V$	● ●	89 64	106 85	dB	
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 2.4V$ to $12V, V_{CM} = V_O = 0.5V$	●	89	99	dB	
	Minimum Operating Supply Voltage		●		2.3	2.4	V
$V_{OL}$	Output Voltage Swing LOW	No Load $I_{SINK} = 100\mu A$	● ●	55 225	110 450	mV	
$V_{OH}$	Output Voltage Swing HIGH	No Load $I_{SOURCE} = 100\mu A$	● ●	$V^+ - 0.08$ $V^+ - 0.36$	$V^+ - 0.04$ $V^+ - 0.18$	V	
$I_{SC}$	Short-Circuit Current	(Note 3)	●	0.6	1.1	mA	
$I_S$	Supply Current per Amplifier	(Note 4)	●		1.2	$\mu A$	

注記がない限り  $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$  、  $V_S = 5V, 0V$  ;  $V_S = 3V, 0V$  ;  $V_{CM} = V_O = 1/2$  電源電圧 (Note 1)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{OS}$	Input Offset Voltage	$V_S = 5V$ $V_S = 3V$	● ●	200 250	475 575	$\mu V$	
$V_{OS\,TC}$	Input Offset Voltage Drift	(Note 2)	●	0.4	2	$\mu V/^\circ C$	
$I_B$	Input Bias Current	(Note 3) $V_{CM} = 10V$ (Note 4)	● ●	250 275	1700	pA nA	
$I_{OS}$	Input Offset Current	(Note 3)	●	20	170	pA	
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_S = 5V, V_O = 0.25V$ to $4.5V, R_L = 100k$ $V_S = 3V, V_O = 0.25V$ to $2.5V, R_L = 100k$	● ●	55 30	215 115	V/mV V/mV	
	Input Voltage Range		●	0	36	V	
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 0.2V$ to $4V, V_S = 5V$ $V_{CM} = 0.2V$ to $10V, V_S = 5V$	● ●	88	106 75	dB	
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = 2.7V$ to $12V, V_{CM} = V_O = 0.5V$	●	88	99	dB	
	Minimum Operating Supply Voltage		●		2.6	2.7	V

## 電気的特性

注記がない限り  $-40 \leq T_A \leq 85$  、  $V_S = 5V, 0V$  ;  $V_S = 3V, 0V$  ;  $V_{CM} = V_O = 1/2$  電源電圧 (Note 1)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OL}$	Output Voltage Swing LOW	No Load $I_{SINK} = 100\mu A$	●		60	120	mV
			●		245	490	mV
$V_{OH}$	Output Voltage Swing HIGH	No Load $I_{SOURCE} = 100\mu A$	●	$V^+ - 0.10$	$V^+ - 0.05$	$V^+ - 0.19$	mV
			●	$V^+ - 0.38$			mV
$I_{SC}$	Short-Circuit Current	(Note 3)	●	0.4	0.9		mA
$I_S$	Supply Current per Amplifier	(Note 4)	●		1.5	2.3	$\mu A$

注記がない限り  $T_A = 25$  、  $V_S = \pm 15V$  、  $V_{CM} = V_O = 0V$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OS}$	Input Offset Voltage				200	575	$\mu V$
$I_B$	Input Bias Current				25	1000	pA
$I_{OS}$	Input Offset Current				20	100	pA
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_O = \pm 10V, R_L = 100k$		100	360		V/mV
	Input Voltage Range			-15		21	V
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = -15V$ to $14V$		100	120		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = \pm 5V$ to $\pm 15V$		96	120		dB
$V_{OL}$	Output Voltage Swing LOW	$R_L = 1M$ $R_L = 100k$			-14.85	-14.70	V
					-14.75	-14.50	V
$V_{OH}$	Output Voltage Swing HIGH	$R_L = 1M$ $R_L = 100k$		14.78	14.89		V
				14.62	14.81		V
$I_{SC}$	Short-Circuit Current			0.7	1.5		mA
$I_S$	Supply Current per Amplifier				1.4	2.0	$\mu A$

注記がない限り  $0 \leq T_A \leq 70$  、  $V_S = \pm 15V$  、  $V_{CM} = V_O = 0V$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OS}$	Input Offset Voltage		●		225	625	$\mu V$
$I_B$	Input Bias Current		●		250	1200	pA
$I_{OS}$	Input Offset Current		●		20	120	pA
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_O = \pm 10V, R_L = 100k$	●	60	240		V/mV
	Input Voltage Range		●	-15		21	V
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = -14.8V$ to $14V$	●	98	120		dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = \pm 5V$ to $\pm 15V$	●	94	120		dB
$V_{OL}$	Output Voltage Swing LOW	$R_L = 1M$ $R_L = 100k$	●		-14.84	-14.67	V
			●		-14.73	-14.46	V
$V_{OH}$	Output Voltage Swing HIGH	$R_L = 1M$ $R_L = 100k$	●	14.76	14.88		V
			●	14.58	14.79		mV
$I_{SC}$	Short-Circuit Current		●	0.6	1.3		mA
$I_S$	Supply Current per Amplifier		●		1.6	2.4	$\mu A$

## 電気的特性

注記がない限り  $-40 \leq T_A \leq 85$  、  $V_S = \pm 15V$ 、  $V_{CM} = V_O = 0V$  (Note 1)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{OS}$	Input Offset Voltage		●	250	675	$\mu V$
$I_B$	Input Bias Current		●	250	1700	pA
$I_{OS}$	Input Offset Current		●	20	170	pA
$A_{VOL}$	Large-Signal Voltage Gain	$V_O = \pm 10V$ , $R_L = 100k$	●	50	200	V/mV
	Input Voltage Range		●	-15	21	V
CMRR	Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = -14.8V$ to $14V$	●	96	114	dB
PSRR	Power Supply Rejection Ratio	$V_S = \pm 5V$ to $\pm 15V$	●	92	120	dB
$V_{OL}$	Output Voltage Swing LOW	$R_L = 1M$ $R_L = 100k$	● ●	-14.83 -14.72	-14.66 -14.44	V
$V_{OH}$	Output Voltage Swing HIGH	$R_L = 1M$ $R_L = 100k$	● ●	14.74 14.54	14.87 14.77	V
$I_{SC}$	Short-Circuit Current		●	0.4	1.1	mA
$I_S$	Supply Current per Amplifier		●	2.0	3.0	$\mu A$

は全動作温度範囲の規格値を意味する。

Note 1 : LT1495/LT1496は、これらの拡張温度範囲のリミットに適合するように設計され、特性が定められ、適合することが見込まれているが、-40と85ではテストされていない。保証された!グレード・デバイスが用意されている。当社にお問い合わせください。

Note 2 : このパラメータは100%テストされていない。

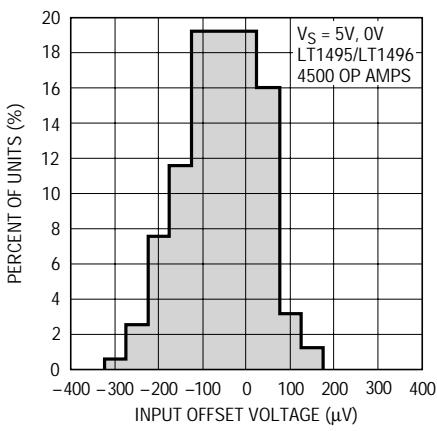
Note 3 :  $V_S = 5V$ のリミットは $V_S = 3V$ および $V_S = \pm 15V$ でのテストとの相關で保証されている。

Note 4 :  $V_S = 3V$ のリミットは $V_S = 5V$ および $V_S = \pm 15V$ でのテストとの相關で保証されている。

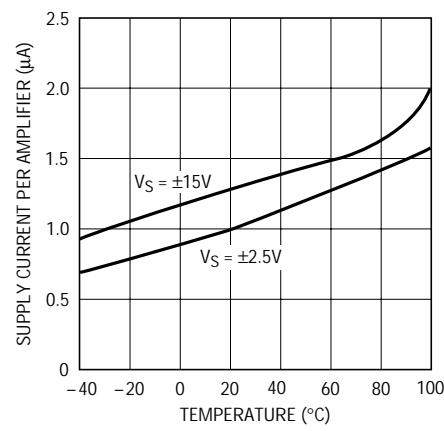
2

## 標準的性能特性

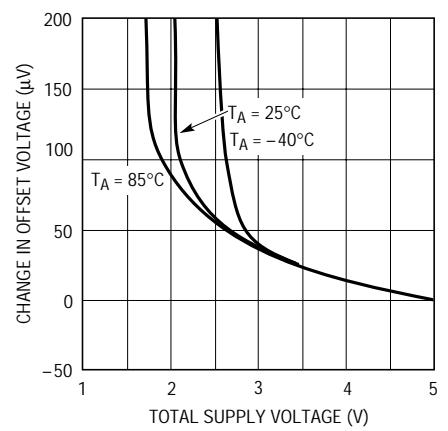
入力オフセット電圧の分布



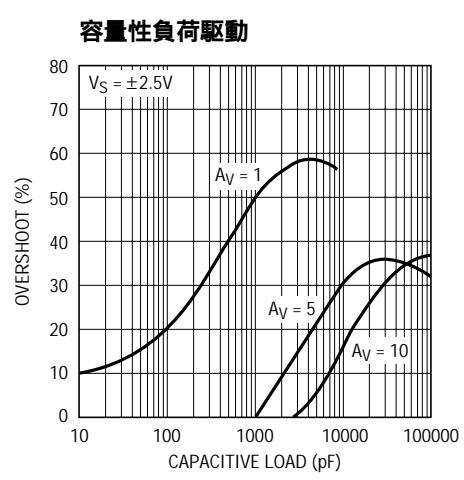
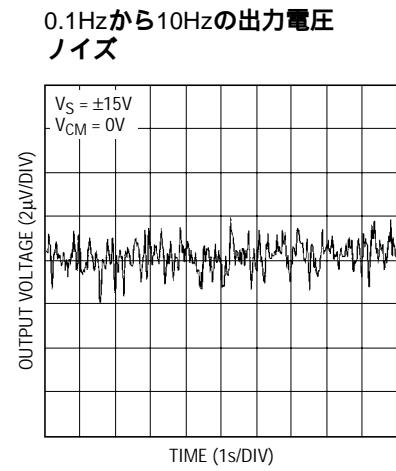
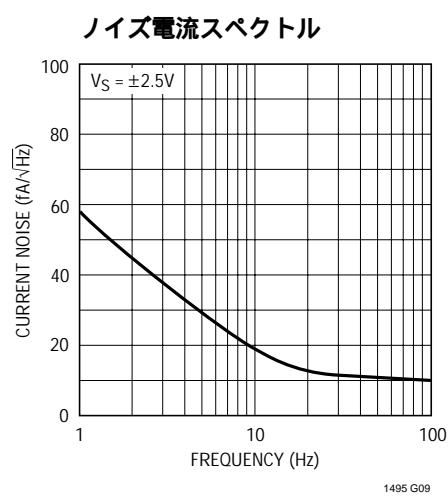
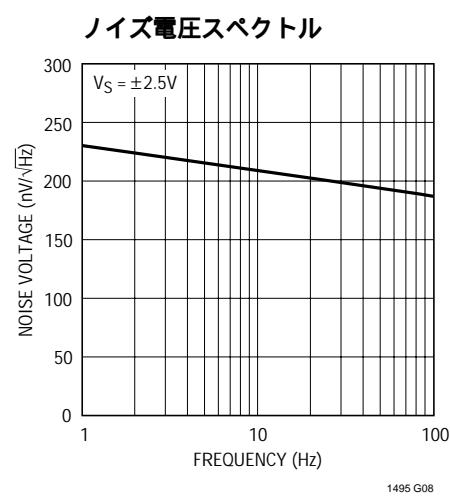
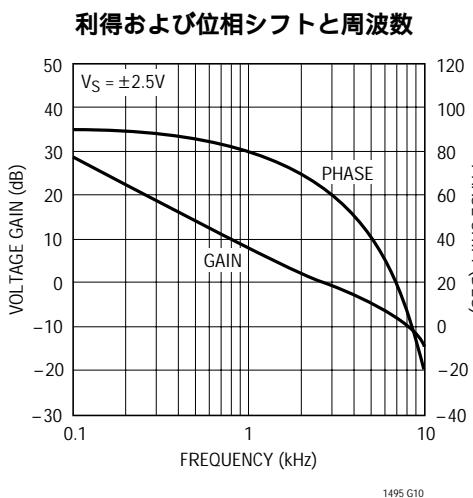
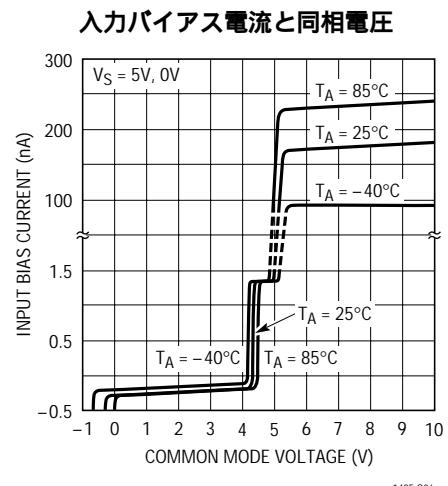
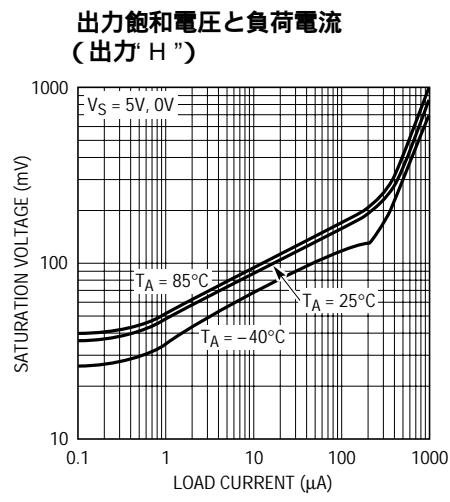
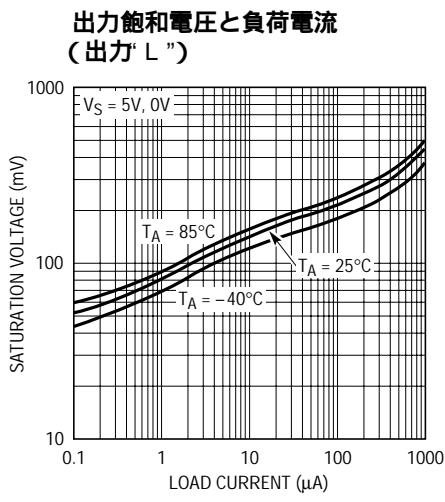
電源電流と温度



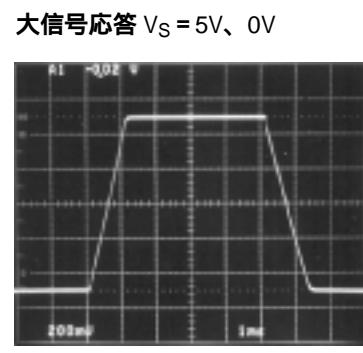
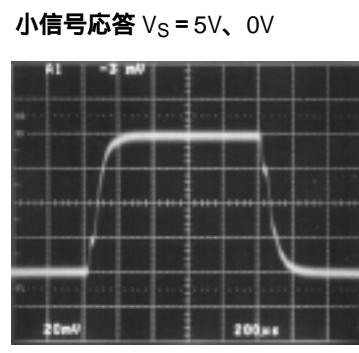
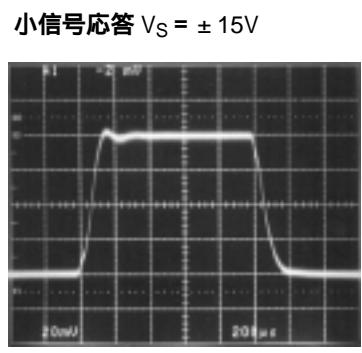
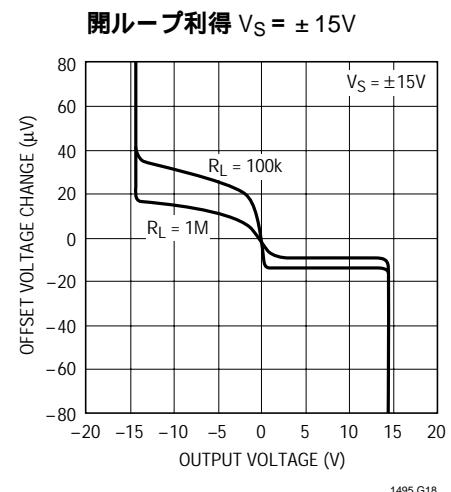
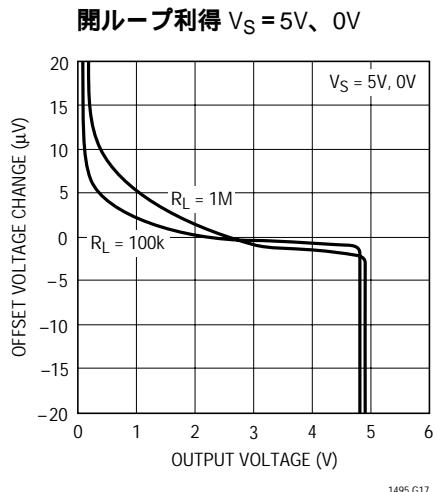
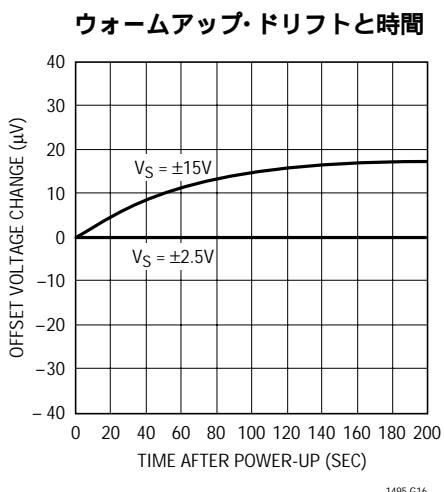
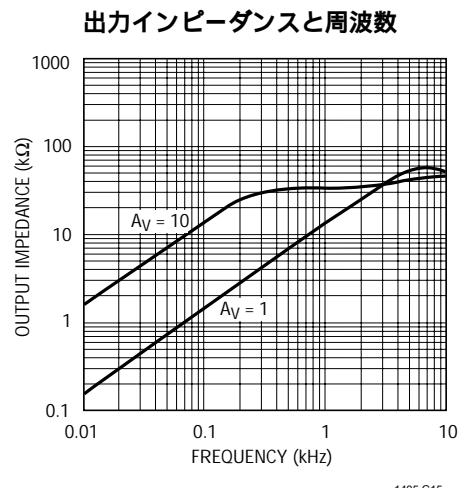
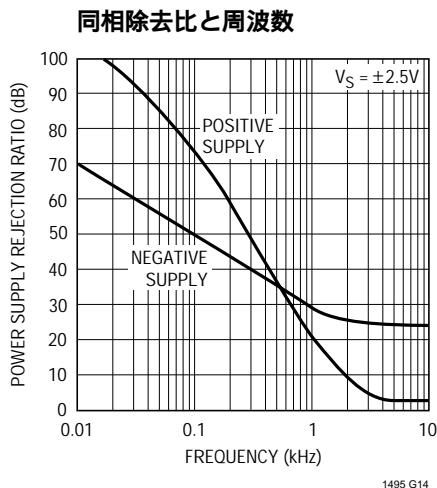
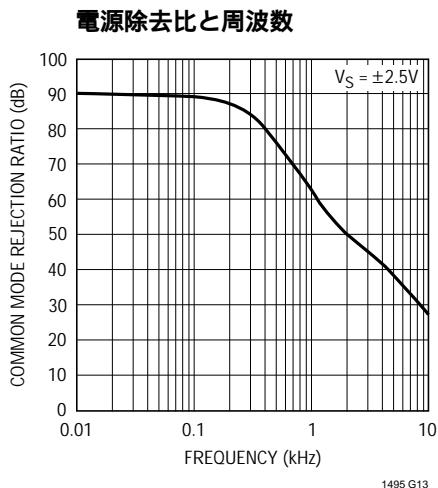
最小電源電圧



## 標準的性能特性



## 標準的性能特性



## アプリケーション情報

### 起動特性

マイクロパワー・オペアンプは、ときどき起動時に消費電力がマイクロパワーではなくなり、低電流電源を破壊するおそれがあります。ワーストケースでは、システムを公称電圧まで立ち上げるだけの電源電流を供給できなくなる場合があります。図1は起動時に発生する可能性のある入力オフセットの3つの制限ケースにおける、LT1495の電源電流と電源電圧のグラフです。これらの回路を図2に示します。1つの回路は正のオフセットを生成し、出力は“H”に飽和した状態で立ち上がります。別の回路は負のオフセットを生成し、出力は“L”に飽和した状態で立ち上がり、出力は最終的に電源電圧の1/2に整定します。電源電流の動作はいずれの場合も良好です。電源電流は出力が“H”に強制された時に最大になるので、1個のアンプが未使用の場合は出力を“L”または電源電圧の1/2に強制するのが最良の方法です。

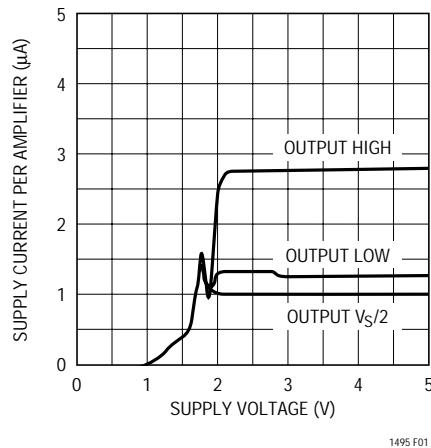


図1. 起動特性

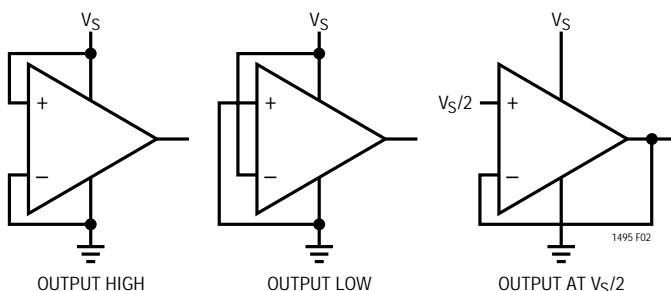


図2. 起動特性用回路

### 逆バッテリ

LT1495/LT1496は最大18Vの逆バッテリ電圧から保護されています。逆バッテリ状態が発生しても電源電流は標準100nA以下です(入力が接地され、出力がオープン)。グランドを基準とする負荷と帰還ネットワークを持つ標準的な単一電源アプリケーションでは、他の予防措置は何も必要ありません。逆バッテリ状態によって入力ピンまたは出力ピンが負電圧になる場合は、ピンに流れ込む電流を外部抵抗によって10mA未満に制限しなければなりません。

### 入力

LT1495/LT1496は入力が正電源より高い状態でも正常に動作するので、同相範囲は室温で負電源から約300mV以下にはなりません。入力が負電源から300mV以下の電圧になっても、ピンから流れる電流が10mA未満に制限されている限り、デバイスが損傷することはありません。ただし、出力位相は保証されず電源電流は上昇します。

### 出力

容量性負荷駆動のグラフは、出力が電源電圧の1/2でバイアスされた状態でアンプが安定動作することを示しています。出力が正電源レールの約100mV以内で動作する場合、許容できる負荷容量はこれより小さくなります。この出力電圧では $A_V = 1$ で軽負荷時にワーストケースが発生します。この場合、負荷容量は5V電源では500pF未満、30V電源では100pF未満でなければなりません。

### レール・トゥ・レール動作

簡略図(図3)に、LT1495/LT1496の回路設計方法を詳細に示します。このアンプのトポロジーは、正電源レール以上の入力でも継続して動作するレール・トゥ・レール入力段、大部分の電圧利得を生成する折返しカスケード型第二段、および電流利得を提供するレール・トゥ・レール・エミッタ接地段によって構成される3ステージ・デザインです。

## アプリケーション情報

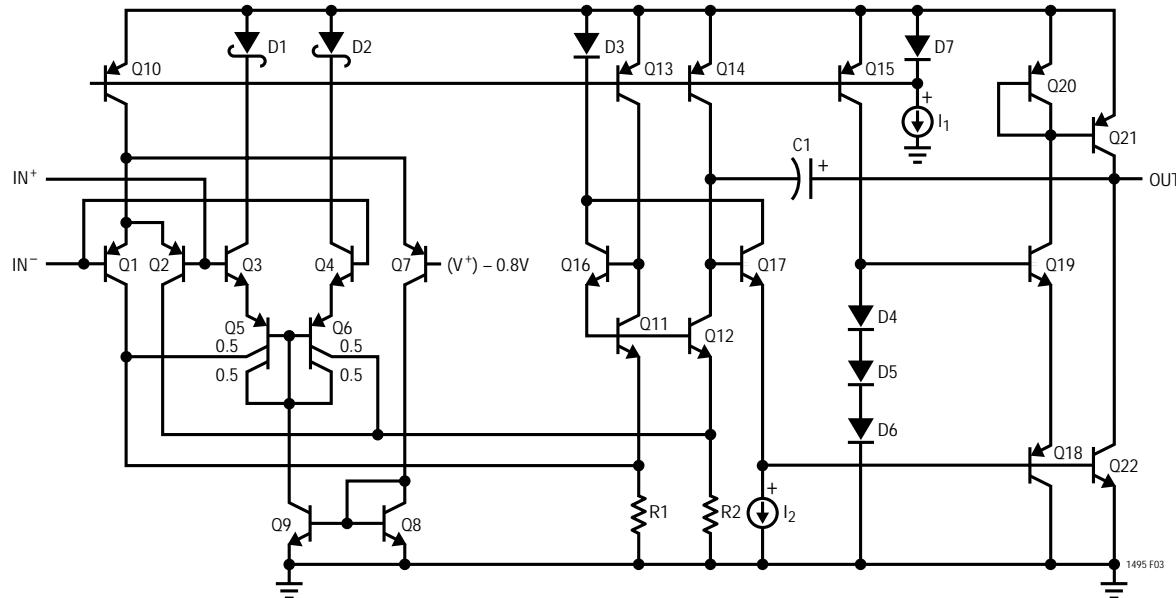


図3. 簡略図

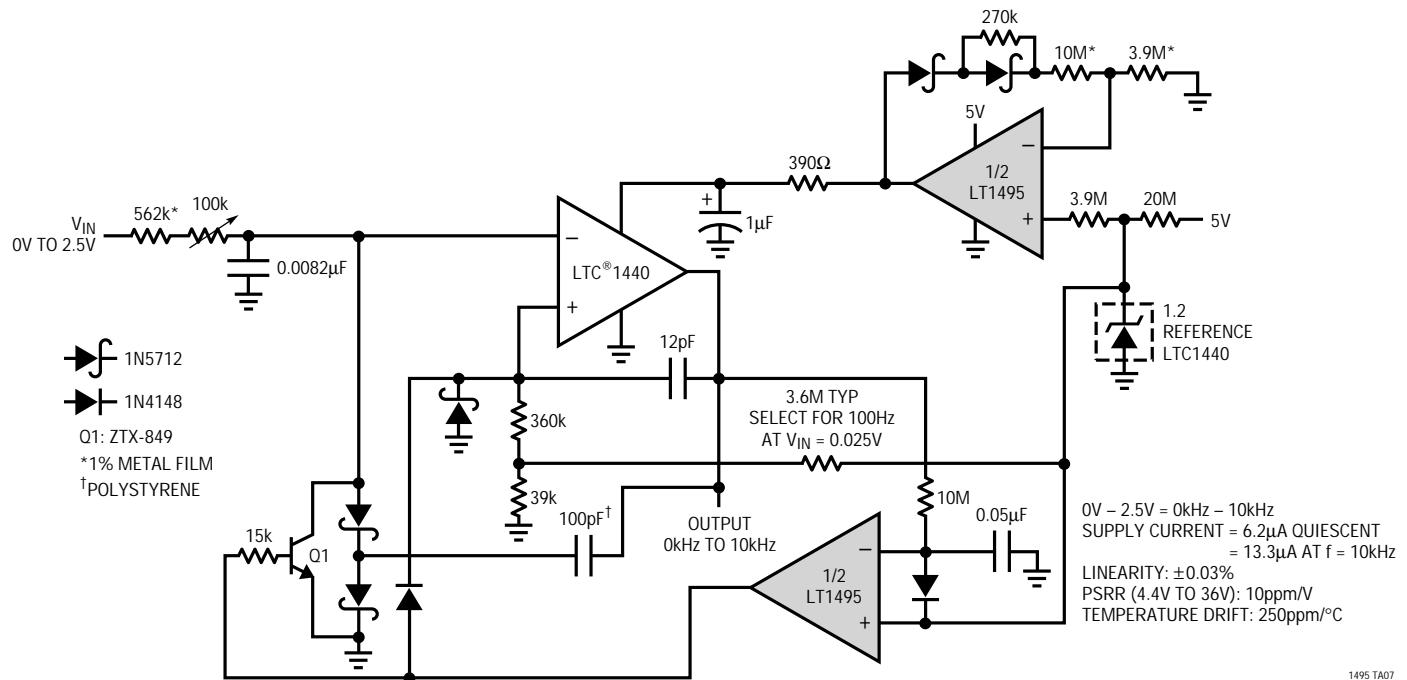
入力段は2つの差動アンプQ1 - Q2およびQ3 - Q6によって形成されます。 $V_{EE}$ と( $V_{CC} - 0.8V$ )間の同相電圧の信号があると、Q1とQ2はアクティブになります。入力同相電圧が( $V_{CC} - 0.8V$ )を超えるとQ7がターンオンし、差動アンプQ1 - Q2から電流ミラーQ8 - Q9に電流を転送します。Q8からの電流はPNPのQ5 - Q6およびNPNのQ3 - Q4で構成される他の差動アンプをバイアスします。Q5 - Q6がベースではなくエミッタからドライブされますが、基本的な差動アンプの動作は同じです。同相電圧が( $V_{CC} - 0.8V$ )と $V_{CC}$ の間にあるときには、デバイスQ3およびQ4はフォロワとして動作し、Q5 - Q6のアンプ入力とエミッタ間にバッファを形成します。同相電圧を $V_{CC}$ より高くした場合、ショットキ・ダイオードD1およびD2は逆バイアスされ、デバイスQ3およびQ4はダイオード

として動作します。Q5 - Q6によって形成される差動アンプは通常どおり動作しますが、入力バイアス電流はQ5 - Q6のエミッタ電流(標準180nA)まで上昇します。標準的性能特性セクションにある入力バイアス電流と同相電圧のグラフは、3つの温度におけるこれらの遷移を示します。

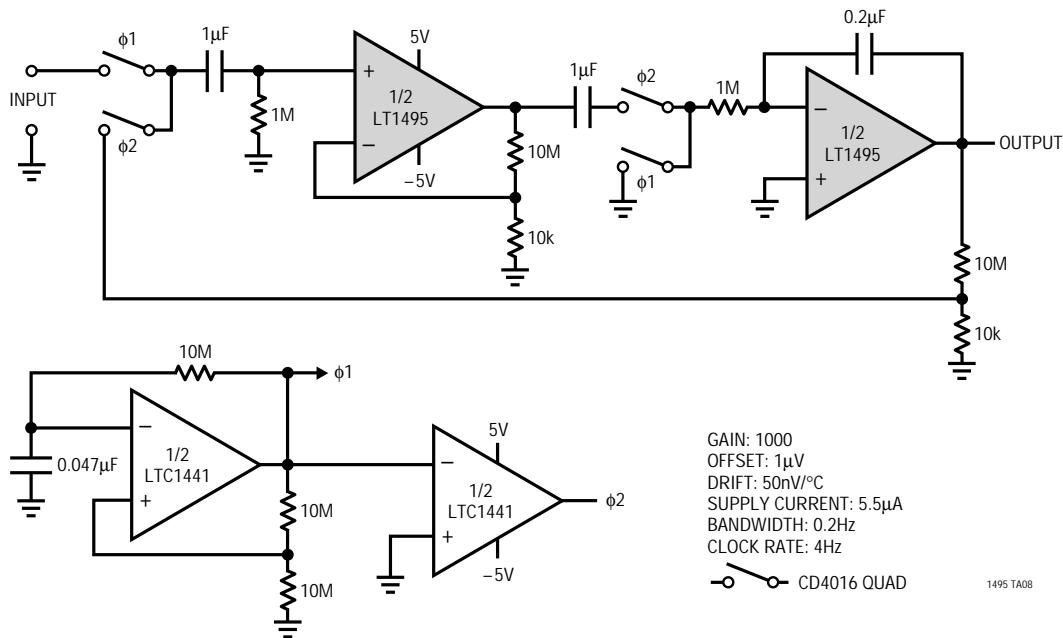
2つの入力ペアのコレクタ電流は、Q11からQ16で構成される第二の段で合成され、これが大部分の電圧利得を供給します。コンデンサC1はアンプのバンド幅を設定します。出力段はエミッタ接地出力デバイスQ21とQ22を使用して、最大振幅が得られるよう構成されます。ダイオードD4 - D6および電流源Q15で出力静止電流を設定します。

## 標準的应用例

13μA、0kHz ~ 10kHz、電圧 - 周波数コンバータ

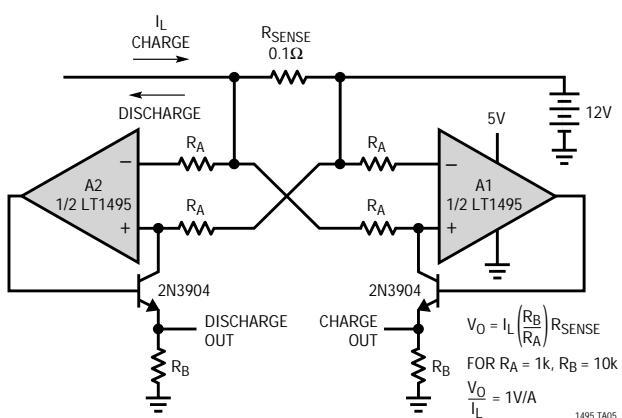


6μA、 $A_V = 1000$ 、チョッパ安定化アンプ

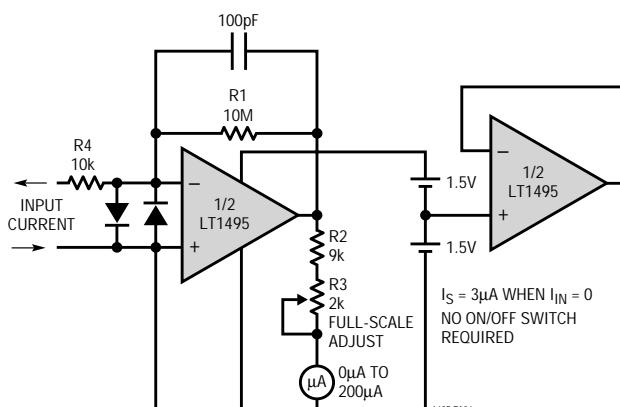


## 標準的応用例

## バッテリ電流モニタ

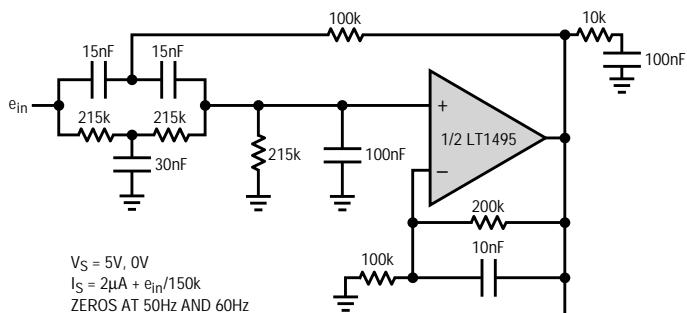


## 0nAから200nAの電流メータ

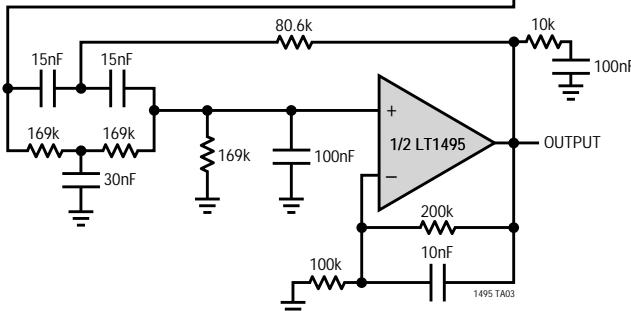
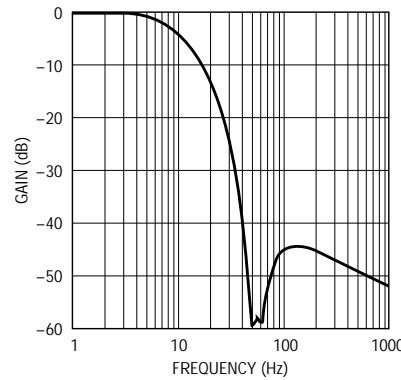


2

## 6次、10Hzエリプティック・ローパス・フィルタ



## フィルタ周波数応答



## 関連部品

PART NUMBER	DESCRIPTION	COMMENTS
LTC1440/41/42	Micropower Single/Dual Comparators with 1% Reference	LTC1440: Single, LTC1441/42: Dual
LTC1443/44/45	Micropower Quad Comparators with 1% Reference	LTC1443: 1.182 Reference LTC1444/45: 1.221V Reference and Adjustable Hysteresis
LT1466/LT1467	75μA Dual/Quad Rail-to-Rail Input and Output Op Amps	390μV $V_{OS(\text{MAX})}$ , Gain Bandwidth = 120kHz
LT1490/LT1491	50μA Dual/Quad Rail-to-Rail Input and Output Op Amps	950μV $V_{OS(\text{MAX})}$ , Gain Bandwidth = 200kHz
LTC1540	Nanopower Single Comparator with 1% Reference	350nA Supply Current
LT2078/LT2079	55μA Dual/Quad Single Supply Op Amps	120μV $V_{OS(\text{MAX})}$ , Gain Bandwidth = 200kHz
LT2178/LT2179	17μA Dual/Quad Single Supply Op Amps	120μV $V_{OS(\text{MAX})}$ , Gain Bandwidth = 60kHz