

MAXIM

8次、ローパス、エリプティック スイッチトキャパシタ・フィルタ

MAX293/MAX294/MAX297

概要

MAX293/MAX294/MAX297は、使いやすい8次、ローパス、エリプティック、スイッチトキャパシタ・フィルタで、コーナ周波数を0.1Hz~25kHz(MAX293/MAX294)または0.1Hz~50kHz(MAX297)に設定することができます。

MAX293/MAX297は、1.5の伝達比を備えているため急峻な遮断特性と-80dBの帯域外減衰比が得られます。MAX294は、1.2の伝達比を備えているため最も急峻なロールオフと-58dBの帯域外減衰比が得られます。3つのフィルタはすべて固定された応答をもつため、設計時に必要な作業はコーナ周波数を制御するクロック周波数を選択することだけです。

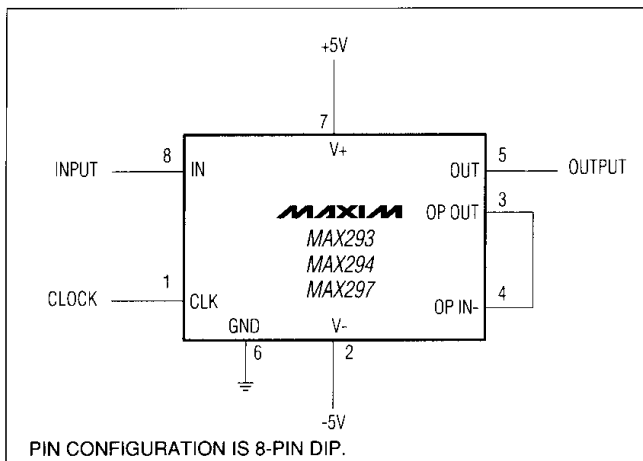
内部発振器を用いてクロックを発生するためには、コンデンサを外付して使用します。あるいは外部クロック信号を用いることも可能です。フィルタの前段処理やアンチエイリアシング用の連続時間ローパス・フィルタを構築するための、未使用のオペアンプ(非反転入力はグラウンドに接続)も内蔵しています。これらのフィルタは、急峻な遮断特性と高次特性を備えているため、最大の帯域幅を必要とするアンチエイリアシングへの応用、又は周波数帯域内にできるだけ接近したフィルタ信号を必要とする通信への応用に適しています。

MAX293/MAX294/MAX297は、8ピンDIPおよび16ピンワイドSOPパッケージで供給され、わずかな面積で非常に高機能を実現可能です。

アプリケーション

データ収集システム DACポスト・フィルタ処理
アンチエイリアシング 音声/データ信号のフィルタ処理

標準動作回路



特長

- ◆8次ローパス・エリプティックフィルタ
- ◆クロック調整によるコーナ周波数範囲：
 - 0.1Hz~25kHz (MAX293/MAX294)
 - 0.1Hz~50kHz (MAX297)
- ◆外付抵抗およびコンデンサ不要
- ◆内部および外部クロック
- ◆クロック対コーナ周波数比：
 - 100 : 1 (MAX293/MAX294)
 - 50 : 1 (MAX297)
- ◆+5V単一又は±5Vデュアル電源動作
- ◆アンチエイリアシングまたはクロックノイズ・フィルタ用の未使用オペアンプ
- ◆8ピンDIPおよび16ピンワイドSOPパッケージ

型番

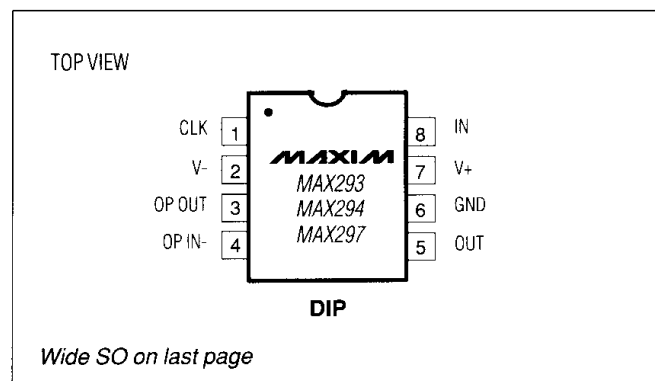
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX293CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX293CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX293C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX293EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX293EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX293MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**
MAX294CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX294CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX294C/D	0°C to +70°C	Dice*

Ordering Information continued on last page.

* Contact factory for dice specifications.

** Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.

ピン配置



8次、ローパス、エリプティック スイッチトキャパシタ・フィルタ

MAX293/MAX294/MAX297

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V+ to V-) 12V
 Input Voltage at Any Pin (V- - 0.3V) ≤ VIN ≤ (V+ + 0.3V)
 Continuous Power Dissipation
 8-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) ... 727mW
 16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ... 762mW
 8-Pin CERDIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) 640mW

Operating Temperature Ranges:
 MAX29_C_ 0°C to +70°C
 MAX29_E_ -40°C to +85°C
 MAX29_MJA -55°C to +125°C
 Storage Temperature Range -65°C to +160°C
 Lead Temperature (soldering, 10 sec) +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V+ = 5V, V- = -5V, filter output measured at OUT pin, 20kΩ load resistor to ground at OUT, fCLK = 100kHz (MAX293/MAX294) or fCLK = 50kHz (MAX297) TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
FILTER CHARACTERISTICS						
Corner-Frequency Range	MAX293/MAX294		0.1-25k		Hz	
	MAX297		0.1-50k			
Clock to Corner Frequency Ratio	MAX293/MAX294		100:1			
	MAX297		50:1			
Clock to Corner Frequency Tempco	MAX293		8		ppm/°C	
	MAX294		7			
	MAX297		4			
Insertion Gain Relative to DC Gain (Note 1)	MAX293	fIN = 0.381F0	0.12	-0.10	-0.17	dB
		fIN = 0.594F0	0.12	0.02	-0.17	
		fIN = 0.759F0	0.12	-0.11	-0.17	
		fIN = 0.866F0	0.12	-0.03	-0.17	
		fIN = 0.939F0	0.12	-0.11	-0.17	
		fIN = 0.993F0	0.12	0.04	-0.17	
		fIN = 1.000F0	0.12	0.01	-0.17	
		fIN = 1.500F0	-75	-78		
		fIN = 1.610F0	-80	-87		
		fIN = 2.020F0	-80	-84		
	fIN = 4.020F0	-80	-84			
	MAX294	fIN = 0.425F0	0.10	-0.11	-0.17	
		fIN = 0.644F0	0.10	0.02	-0.17	
		fIN = 0.802F0	0.10	-0.10	-0.17	
		fIN = 0.895F0	0.10	-0.03	-0.17	
		fIN = 0.946F0	0.10	-0.07	-0.17	
		fIN = 0.994F0	0.26	0.16	-0.17	
		fIN = 1.000F0	0.26	0.13	-0.17	
		fIN = 1.200F0	-51	-54		
		fIN = 1.270F0	-57	-62		
fIN = 1.530F0		-57	-60			
fIN = 2.840F0	-57	-60				

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V+ = 5V, V- = -5V, filter output measured at OUT pin, 20kΩ load resistor to ground at OUT, fCLK = 100kHz (MAX293/MAX294) or fCLK = 50kHz (MAX297) TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Insertion Gain Relative to DC Gain (Note 1) (continued)	MAX297	fIN = 0.377F0	0.10	-0.11	-0.17	dB
		fIN = 0.591F0	0.10	0.03	-0.17	
		fIN = 0.754F0	0.10	-0.12	-0.17	
		fIN = 0.873F0	0.10	0.02	-0.17	
		fIN = 0.944F0	0.10	-0.07	-0.17	
		fIN = 0.996F0	0.20	0.11	-0.17	
		fIN = 1.000F0	0.20	0.10	-0.17	
		fIN = 1.500F0	-75	-79		
		fIN = 1.610F0	-80	-87		
		fIN = 2.020F0	-80	-84		
		fIN = 4.000F0	-80	-85		
Passband Ripple	MAX293			0.15		dB
	MAX294			0.27		
	MAX297			0.23		
Output DC Swing			±4			V
Output Offset Voltage	IN = GND			±150	±400	mV
DC Insertion Gain with Output Offset Removed			-0.15	±0.01	0.15	dB
Total Harmonic Distortion plus Noise	TA = +25°C	MAX293		-71		dB
		MAX294		-69		
		MAX297		-77		
Clock Feedthrough	TA = +25°C			5.0		mVp-p
Output Drive Capability			20	10		kΩ
CLOCK						
Internal Oscillator Frequency	COSC = 1000pF		29	35	43	kHz
Internal Oscillator Current Source/Sink	VCLK = 0V or 5V			±70	±120	μA
Clock Input (Note 2)	High		4.0			V
	Low		1.0			
UNCOMMITTED OP AMP						
Input Offset Voltage				±10	±50	mV
Output Drive Capability			20	10		kΩ
Output DC Swing			±4			V
Gain-Bandwidth Product				4		MHz
POWER REQUIREMENTS						
Supply Voltage	Dual Supply		±2.375			V
	Single Supply		V- = 0V, GND = V+/2		11.0	
Supply Current	V+ = 5V, V- = -5V, VCLK = 0V to 5V		15.0			mA
	V+ = 2.375V, V- = -2.375V, VCLK = -2V to 2V		7.0			

Note 1: Test frequencies selected at ripple peaks and troughs.

Note 2: Guaranteed by design.

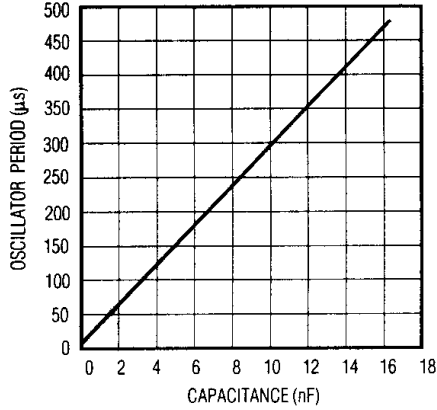
8次、ローパス、エリプティック スイッチトキャパシタ・フィルタ

標準動作特性

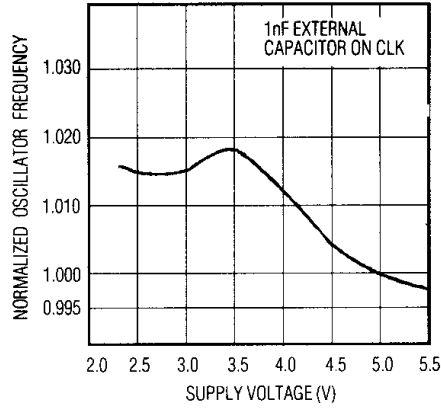
($V_+ = 5V$, $V_- = -5V$, $f_{CLK} = 100kHz$ (MAX293/MAX294) or $f_{CLK} = 50kHz$ (MAX297), $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

MAX293/MAX294/MAX297

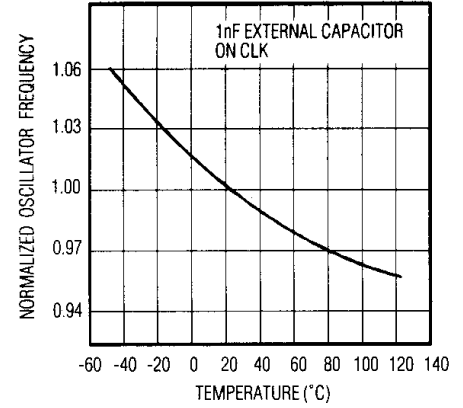
INTERNAL OSCILLATOR PERIOD vs. CAPACITANCE VALUE



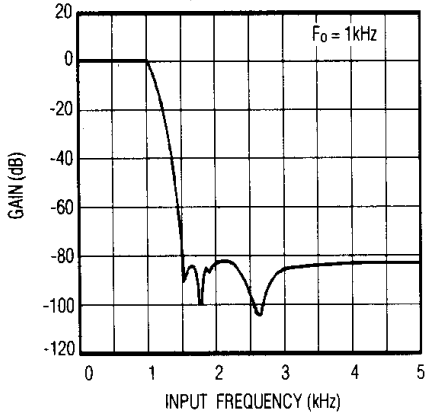
NORMALIZED INTERNAL OSCILLATOR FREQUENCY vs. SUPPLY VOLTAGE



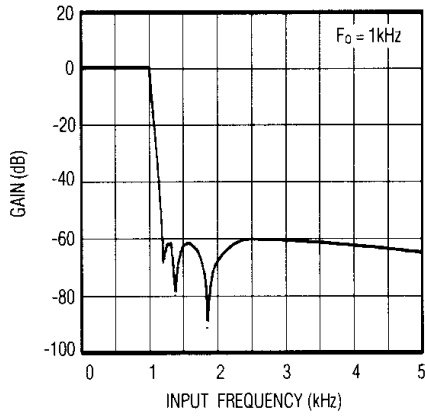
NORMALIZED INTERNAL OSCILLATOR FREQUENCY vs. TEMPERATURE



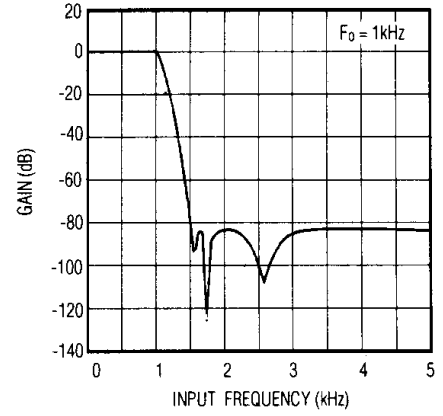
MAX293 FREQUENCY RESPONSE



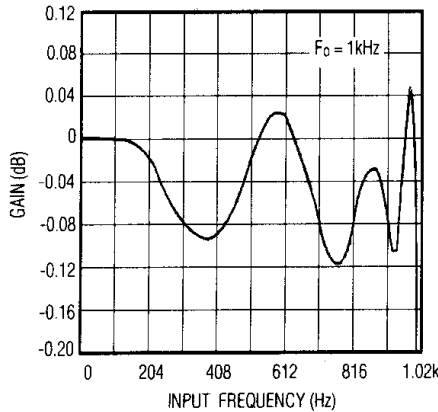
MAX294 FREQUENCY RESPONSE



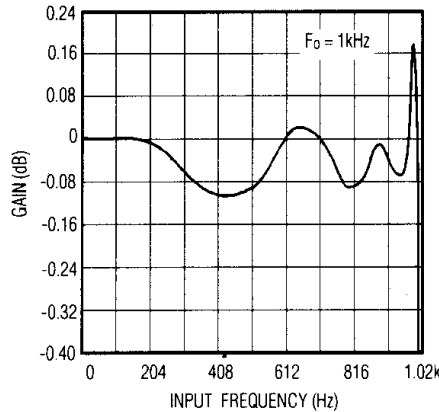
MAX297 FREQUENCY RESPONSE



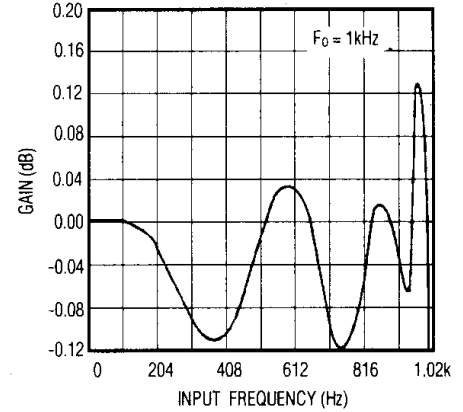
MAX293 PASSBAND FREQUENCY RESPONSE



MAX294 PASSBAND FREQUENCY RESPONSE

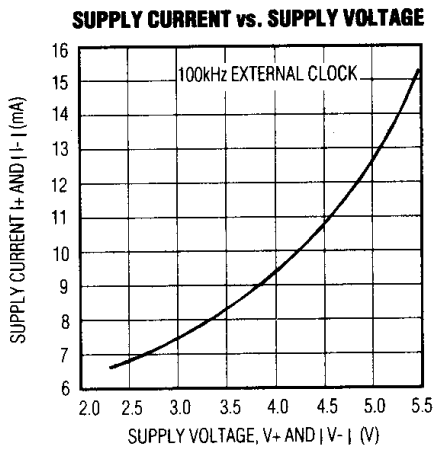
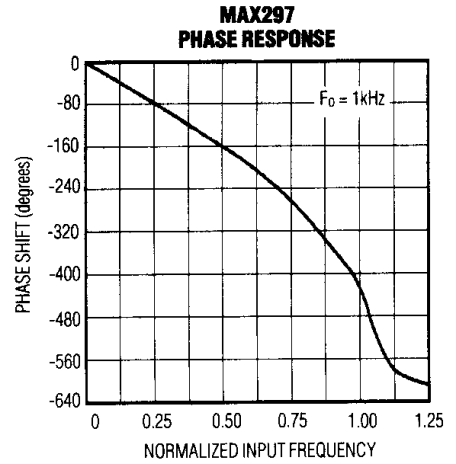
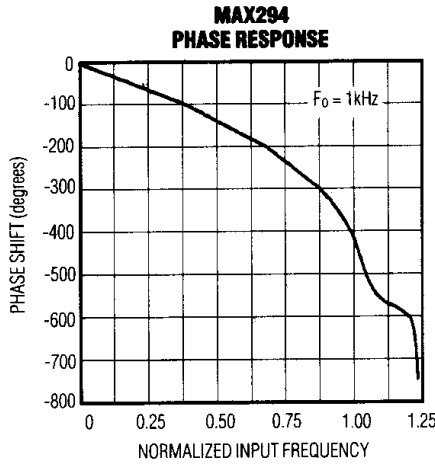
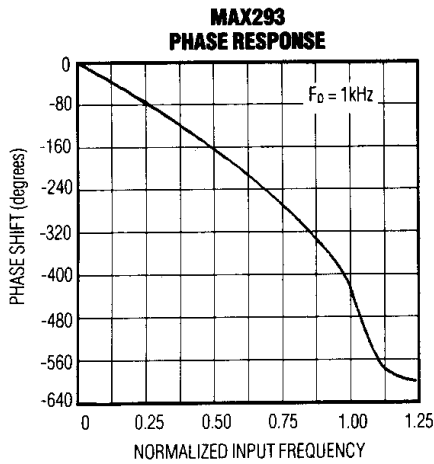


MAX297 PASSBAND FREQUENCY RESPONSE



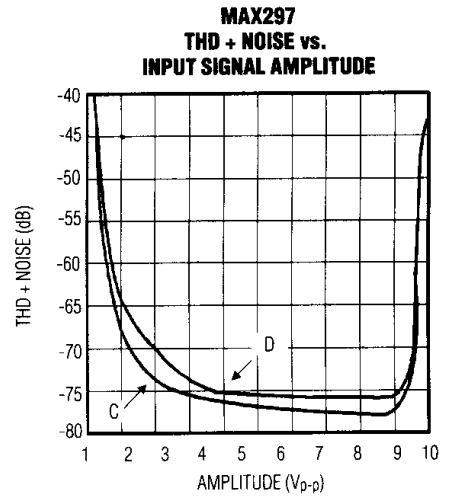
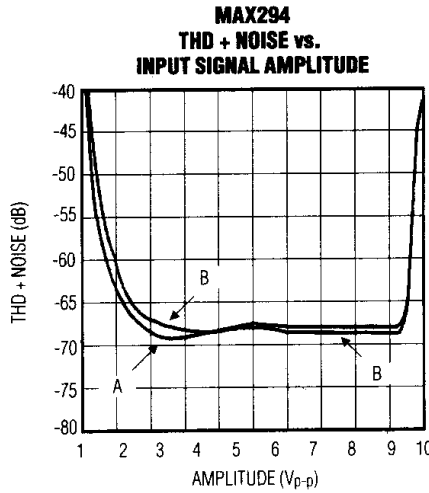
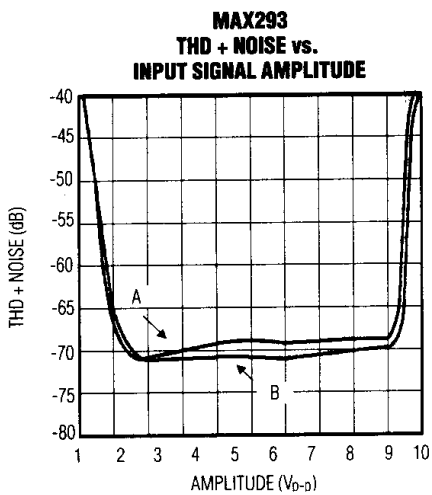
標準動作特性(続き)

($V_+ = 5V$, $V_- = -5V$, $f_{CLK} = 100kHz$ (MAX293/MAX294) or $f_{CLK} = 50kHz$ (MAX297), $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



LABEL	f_{CLK} (Hz)	F_0 (kHz)	INPUT FREQ. (Hz)	MEASUREMENT BANDWIDTH (kHz)
A	200k	2	200	30
B	1M	10	1k	80
C	200k	4	400	30
D	1M	20	2k	80

($V_+ = 5V$, $V_- = -5V$, $R_{LOAD} = 20k\Omega$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



8次、ローパス、エリプティック スイッチトキャパシタ・フィルタ

MAX293/MAX294/MAX297

端子説明

ピン		名称	機能
8ピン	16ピン		
	1,2,7,8,9,10,15,16	N.C.	ノーコネクション。内部接続されていません。
1	3	CLK	クロック入力。内部または外部クロック用。
2	4	V-	負電源。 デュアル電源時：-2.375V~-5.5V。 シングル電源時：V-=0V。
3	5	OP OUT	未使用のオペアンプ出力。
4	6	OP IN-	未使用のオペアンプの反転入力。非反転入力は内部的にグランド接続です。
5	11	OUT	フィルタ出力
6	12	GND	グランド。シングル電源動作時には、GNDは電源の中間電位までバイアスする必要があります。
7	13	V+	正電源。 デュアル電源時：+2.375V~+5.5V。 シングル電源時：+4.75V~+11.0V。
8	14	IN	フィルタ入力

詳細

MAX293/MAX294/MAX297、8次（8ポール）、エリプティック、スイッチトキャパシタのローパスフィルタは、4つの一般的なフィルタタイプ（バターワース、ベッセル、チェビシェフ、エリプティック）のなかでは最も急峻な遮断特性を与えます。通過帯域エッジに近いポールのQが高いこと、そして阻止帯域でのゼロにより、エリプティックフィルタの急峻な減衰特性を可能にしています。MAX293/MAX297は1.5の伝達比、及び-78dBと-79dBの公称帯域外減衰度をそれぞれ備え、MAX294は1.2の伝達比（最も急峻な遮断特性）、及び-58dBの公称帯域外減衰度を備えています。

通過帯域リップルとコーナ周波数

コーナ周波数をフィルタ出力が通過帯域のリップルより低下するポイントと定義したとき（図1）、MAX293/MAX294のクロック対コーナ周波数比は100：1であり、最大コーナ周波数は25kHzです。通過帯域リップルは、MAX293では公称0.15dB、MAX294では公称0.27dBです。MAX297は、50：1のクロック対コーナ周波数比で動作し、最大コーナ周波数は50kHzです。通過帯域リップルは公称0.23dBです。

伝達比と遮断特性

周波数軸において、伝達関数が最初にゼロになる点でフィルタの振幅が最低になります。このゼロ点を越えると、応答は周波数が増加するに従って次のゼロが発生するまで上昇します。この応答のいくつかの繰り返しによって、フィル

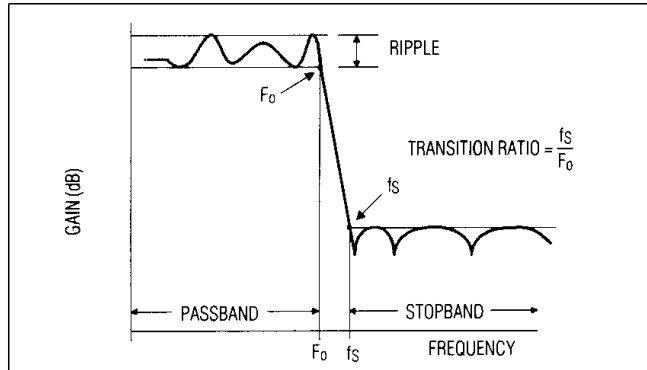


図1. エリプティック・フィルタ応答

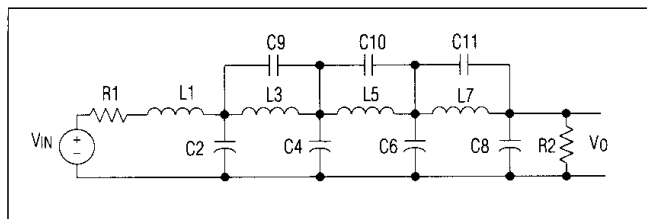


図2. 8次ラダーフィルタネットワーク

タの阻止帯域で楕円状の特性を発生します（図1）。阻止帯域は f_s から開始されます。 f_s より高い周波数では、フィルタゲインは f_s でのゲインより大きくなりません。伝達比は、阻止周波数とコーナ周波数との比で決まります。

フィルタの背景

ほとんどのスイッチトキャパシタ・フィルタは、4次の部分から構成されています。各部分は2つのフィルタリング・ポールをもち、これらをカスケードすることにより高次のフィルタを構成します。この手法の利点は設計の容易さにあります。しかし、各部分のQが高い場合、このタイプの設計は部品の変化に対して大変敏感になります。

もう一つの手法は、加算およびスケール機能を持ったスイッチトキャパシタ積分器を用いてパッシブ・ネットワークをエミュレートすることです。パッシブ・ネットワークはCADプログラムを用いて合成することが可能であり、多くのフィルタの文献にも記載されています。図2に、基本的なラダー・フィルタ構造を示します。

パッシブ・ラダー・フィルタをエミュレートするスイッチトキャパシタ・フィルタは多くの利点を備えています。フィルタを構成する部品の感度は、各部品が単一のポール・ペアではなくフィルタ全体に影響するため、カスケードされた4次構造よりも低くなります。したがって、4次構造内でマッチングの取れていない部品はそのポールに集中して誤差を与えますが、ラダー・フィルタ構造内での mismatches の部品による誤差はポール全体に分散します。

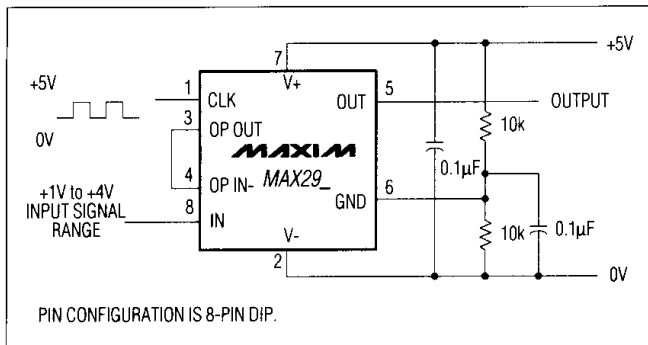


図3. +5Vシングル電源動作

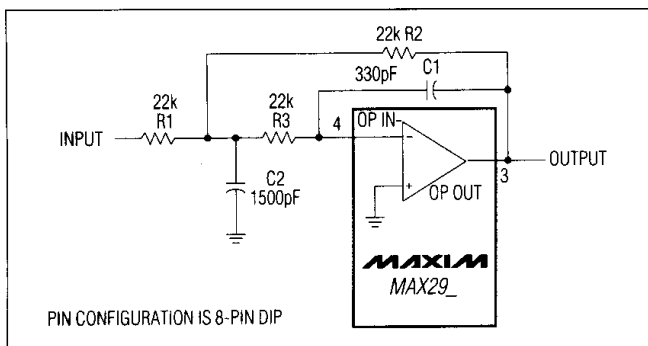


図4. 2次のバターース・ローパス・フィルタとして構成した未使用オペアンプ ($F_0 = 10\text{kHz}$)

クロック信号

MAX293/MAX294/MAX297の推奨される最大クロック周波数は2.5MHzであり、この周波数におけるカットオフ周波数はMAX293/MAX294で25kHz、MAX297では50kHzです。CLKピンは、外部クロックまたは内部発振器と外部コンデンサによって駆動することができます。外部クロックを用いる場合、クロック回路は+5V CMOSロジックとインタフェースするように設計されています。シングル+5Vまたはデュアル±5V電源を用いる場合、CLKピンの駆動には0~+5V電源のCMOSゲートを用います。外部クロックの周波数を変化させることで、フィルタのコーナ周波数をダイナミックに調整することができます。

内部発振器を用いる場合、CLKピンでの容量 (C_{osc}) により発振周波数が次のように決まります。

$$f_{osc}(\text{kHz}) = \frac{10^5}{3C_{osc}(\text{pF})}$$

CLKピンにおける浮遊容量は内部発振周波数に影響を与えるので最小に抑えてください。

アプリケーション情報

電源

MAX293/MAX294/MAX297は、デュアルまたはシングルいずれの電源においても動作します。デュアル電源時の電圧範囲は±2.375~±5.5Vです(各電源とGND間に0.1µFのバイパスコンデンサが必要です)。シングル電源を用いる場合、図3に示すようにV-ピンをグランドに接続し、GNDピンを抵抗分圧ネットワークを用いて中間電源電位にバイアスします。

入力信号の電圧範囲

理想的な入力信号の電圧範囲は、あるコーナ周波数において全高調波歪み+ノイズ(SINAD)比が最大になる電圧レベルによって判断することができます。標準動作特性に、入力信号のピーク-ピーク振幅を変えた時のMAX293/MAX294/MAX297のTHD+ノイズ特性を示します。

未使用オペアンプ

未使用のオペアンプの非反転入力にGNDピンに接続されており、このアンプは、1次または2次の連続ローパス・フィルタの作成に用いることができます。このフィルタは、スイッチトキャパシタ・フィルタの前段でのアンチエイリアシング用として、また出力におけるクロックノイズの除去用に適しています。図4に、このオペアンプを用いて構成できるフィルタの一例として、10kHzコーナ周波数、入力抵抗が22kΩ以上の2次のローパス・バターース・フィルタを示します。表1に、同じバターース・フィルタで異なるコーナ周波数での各部品の定数を示してあります。

表1. 図4のフィルタでの部品定数

Corner Freq. (Hz)	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)	R3 (kΩ)	C1 (F)	C2 (F)
100k	10	10	10	68p	330p
50k	20	20	20	68p	330p
25k	20	20	20	150p	680p
10k	22	22	22	330p	1.5n
1k	22	22	22	3.3p	15n
100	22	22	22	33n	150n
10	22	22	22	330n	1.5µ

NOTE: Some approximations have been made in selecting preferred component values.

2次バターースでの通過帯域でのエラーは、次式によって計算されます。

$$\text{利得エラー} = -10 \log \left[1 + \left(\frac{f}{f_c} \right)^4 \right] \text{ dB}$$

エリプティック・フィルタのMAX293/MAX294/MAX297の通過帯域リップルは±0.1dBのため、アンチエイリアシングの

8次、ローパス、エリプティック スイッチトキャパシタ・フィルタ

応用では通過帯域エラーをこのレベル以下に抑えることができるため、大変適しています。このことは、図4のバターワース・フィルタのコーナ周波数(f_{CB})をエリプティックのスイッチトキャパシタ・フィルタのコーナ周波数より2.5倍以上高くすることで実現できます。部品の許容値による問題を避けるためには、5倍以上が推奨されます($f_{CB} > 5 \times f_{CE}$)。

未使用のオペアンプをクロックノイズ除去のための後段フィルタとして使用する場合には、フィルタの入力インピーダンスを20k Ω 以上にし、スイッチトキャパシタ・フィルタの負荷を低減してください。オペアンプでは多少のフィードスルーがあるため、クロックノイズの除去よりアンチエイリアシングへの応用の方が一般的に有効です。

DACのポスト・フィルタ処理

MAX293/MAX294/MAX297をDACのポスト・フィルタ処理に用いる場合DACとフィルタのクロックを同期させます。クロックが同期していない場合、ビート周波数が必要な通過帯域内にエイリアスしてしまいます。DACのクロックは、スイッチトキャパシタ・フィルタのクロックを分周することによって生成する必要があります。

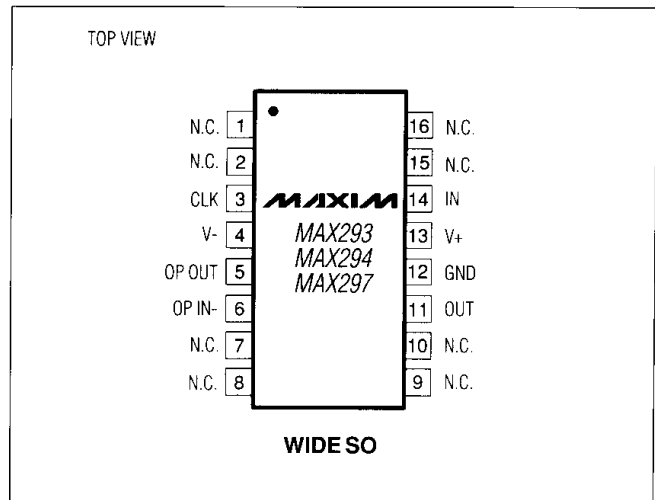
高調波歪み

高調波歪みは、フィルタ内の非直線性によって生じます。これらの非直線性はフィルタ入力に純粋な正弦波が与えられたときに高調波を発生します。表2に、MAX293/MAX294/MAX297(クロック周波数=1MHz、20k Ω 負荷)に1kHz、5V_{p-p}の正弦波入力を与えたときの標準高調波歪みを示します。

表2. 標準高調波歪み(dB)

FILTER	HARMONIC			
	2nd	3rd	4th	5th
MAX293	70	90	88	92
MAX294	67	90	92	94
MAX297	84	89	93	99

ピン配置(続き)



型番(続き)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX294EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX294EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX294MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**
MAX297CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX297CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX297C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX297EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX297EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX297MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**

* Contact factory for dice specifications.

** Contact factory for availability and processing to MIL-STD-883.

販売代理店

マキシム・ジャパン株式会社

〒169 東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)
TEL.(03)3232-6141 FAX.(03)3232-6149

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600