

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

## 概要

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296は、使いやすい8次ローパスのスイッチトキャパシタフィルタで、コーナー周波数を0.1Hz~25kHz (MAX291/MAX292) または0.1Hz~50kHz (MAX295/MAX296)に設定することができます。

バタワースフィルタのMAX291/MAX295はきわめて平坦なパスバンド応答を提供し、ベッセルフィルタのMAX292/MAX296は低オーバシュートと高速セトリングを提供します。4つのフィルタはすべて固定された応答を持つため、設計時に必要な作業はコーナー周波数を制御するクロック周波数を選択することのみになります。

内部発振器を用いてクロックを発生させるためにコンデンサを外付けにするか、または外部のクロック信号を使用します。フィルタの前段処理や偽信号防止用の連続時間ローパスフィルタを構成するために、用途を特定していないオペアンプ(非反転入力はグランドに接続)を内蔵しています。

8ピンDIP/SOおよび16ピンワイドSOパッケージで提供され、最小限の外付け部品しか必要としないMAX291シリーズは、わずかな面積から非常に優れた性能を引き出します。

## アプリケーション

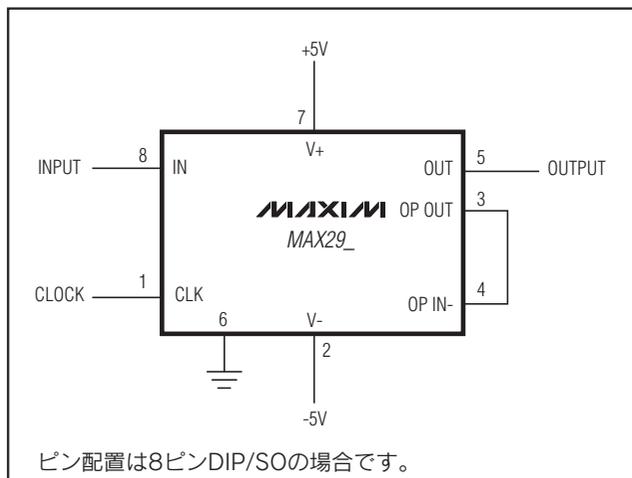
ADC用アンチエイリアシングフィルタ

ノイズ解析

DACのポストフィルタ処理

50Hz/60Hzのラインノイズフィルタ処理

## 標準動作回路



## 特長

- ◆ 8次のローパスフィルタ :  
バタワース (MAX291/MAX295)  
ベッセル (MAX292/MAX296)
- ◆ クロック調整が可能なコーナー周波数範囲 :  
0.1Hz~25kHz (MAX291/MAX292)  
0.1Hz~50kHz (MAX295/MAX296)
- ◆ 外付の抵抗およびコンデンサ不要
- ◆ 内部または外部クロック
- ◆ クロック対コーナー周波数比 :  
100:1 (MAX291/MAX292)  
50:1 (MAX295/MAX296)
- ◆ 低ノイズ : -70dB THD + ノイズ (typ)
- ◆ 単一の+5V電源またはデュアルの±5V電源動作
- ◆ アンチエイリアスまたはクロックノイズフィルタ用の汎用オペアンプ
- ◆ 8ピンのDIPおよびSOパッケージ

## 型番

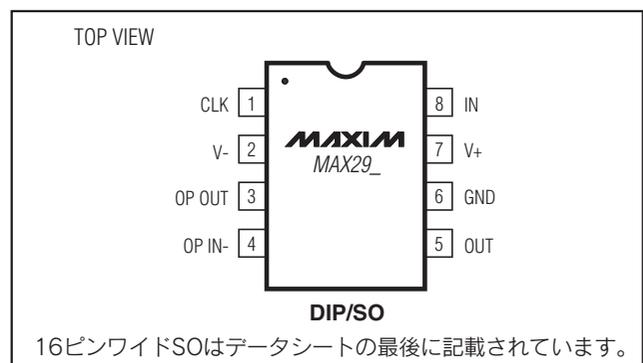
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX291CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX291CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX291CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX291C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX291EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX291ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX291EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX291MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**

型番はデータシートの最後に続いています。

\*ダイスの仕様についてはお問い合わせください。

\*\*入手性およびMIL-STD-883対応についてはお問い合わせください。

## ピン配置



# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V+ to V-).....12V  
 Input Voltage at Any Pin..... $V- + (-0.3V) \leq V_{IN} \leq V+ + (0.3V)$   
 Continuous Power Dissipation  
 8-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C) ...727mW  
 8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C).....471mW  
 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, 10s) .....+300°C  
 Soldering Temperature (reflow) .....+240°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 and OP OUT, fCLK = 100kHz (MAX291/MAX292) or fCLK = 50kHz (MAX295/MAX296), TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>FILTER CHARACTERISTICS</b>						
Corner-Frequency Range	MAX291/MAX292	0.1-25k			Hz	
	MAX295/MAX296	0.1-50k				
Clock to Corner Frequency Ratio	MAX291/MAX292	100:1				
	MAX295/MAX296	50:1				
Clock to Corner Frequency Tempco	MAX291	10			ppm/°C	
	MAX292	40				
	MAX295	5				
	MAX296	60				
Insertion Gain Relative to DC Gain	MAX291	fIN = 0.50 F0	-0.02	-0.1	dB	
		fIN = 1.00 F0	-2.2	-2.7		-3.2
		fIN = 2.00 F0	-43.0	-48.0		
		fIN = 3.00 F0	-70.0	-76.0		
	MAX292	fIN = 0.25 F0	-0.1	-0.2		-0.3
		fIN = 0.50 F0	-0.6	-0.8		-1.0
		fIN = 1.00 F0	-2.7	-3.0		-3.3
		fIN = 2.00 F0	-11.0	-13.0		-15.0
		fIN = 3.00 F0	-30.0	-34.0		
		fIN = 4.00 F0	-47.0	-51.0		
	MAX295	fIN = 0.50 F0	-0.02	-0.1		
		fIN = 1.00 F0	-2.2	-2.7		-3.2
		fIN = 2.00 F0	-43.0	-48.0		
		fIN = 3.00 F0	-70.0	-76.0		
	MAX296	fIN = 0.25 F0	-0.1	-0.2		-0.3
		fIN = 0.50 F0	-0.6	-0.8		-1.0
		fIN = 1.00 F0	-2.7	-3.0		-3.3
		fIN = 2.00 F0	-11.0	-13.0		-15.0
		fIN = 3.00 F0	-30.0	-34.0		
		fIN = 4.00 F0	-47.0	-51.0		
		fIN = 6.00 F0	-74.0	-78.0		

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

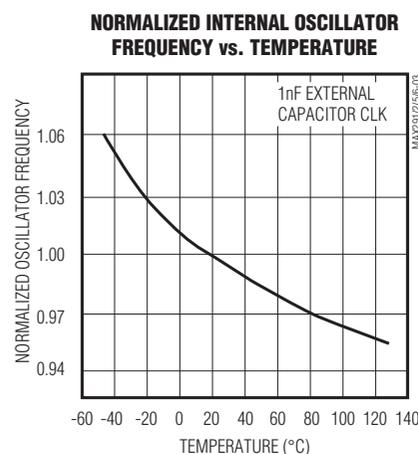
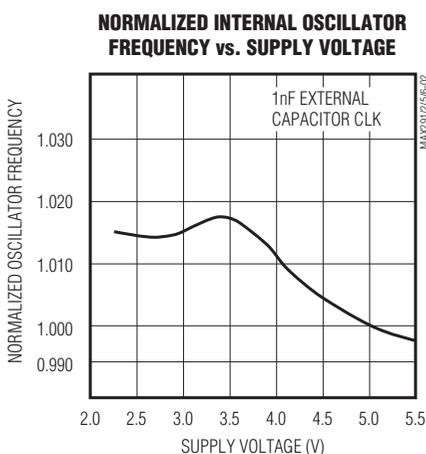
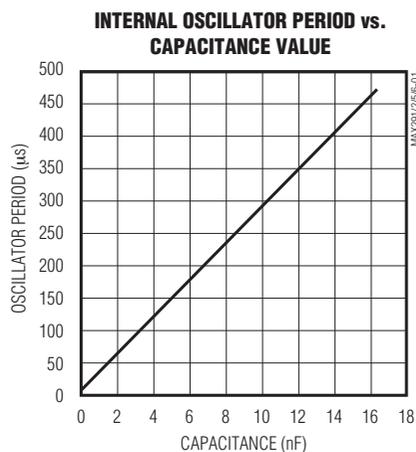
( $V_+ = 5V$ ,  $V_- = -5V$ , filter output measured at OUT pin, 20k $\Omega$  load resistor to ground at OUT and OP OUT,  $f_{CLK} = 100kHz$  (MAX291/MAX292) or  $f_{CLK} = 50kHz$  (MAX295/MAX296),  $T_A = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output DC Swing		$\pm 4$			V
Output Offset Voltage	IN = GND		$\pm 150$	$\pm 400$	mV
DC Insertion Gain Error with Output Offset Removed		0.15	0	-0.15	dB
Total Harmonic Distortion plus Noise	$T_A = +25^\circ C$ , $f_{CLK} = 100kHz$		-70		dB
Clock Feedthrough	$f_{CLK} = 100kHz$		6		mVp-p
<b>CLOCK</b>					
Internal Oscillator Frequency	$C_{OSC} = 1000pF$	29	35	43	kHz
Internal Oscillator Current Source/Sink	$V_{CLK} = 0V$ or $5V$		$\pm 70$	$\pm 120$	$\mu A$
Clock Input High (Note 1)		4.0			V
Low				1.0	V
<b>UNCOMMITTED OP AMP</b>					
Input Offset Voltage			$\pm 10$	$\pm 50$	mV
Output DC Swing		$\pm 4$			V
Input Bias Current			0.05		$\mu A$
<b>POWER REQUIREMENTS</b>					
Supply Voltage Dual Supply		$\pm 2.375$		$\pm 5.500$	V
Single Supply	$V_- = 0V$ , $GND = V_{\pm 2}$	4.750		11.000	V
Supply Current	$V_+ = 5V$ , $V_- = -5V$ , $V_{CLK} = 0V$ to $5V$		15	22	mA
	$V_+ = 2.375V$ , $V_- = -2.375V$ , $V_{CLK} = -2V$ to $2V$		7	12	

Note 1. Guaranteed by design.

## 標準動作特性

( $V_+ = 5V$ ,  $V_- = -5V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ ,  $f_{CLK} = 100kHz$  (MAX291/MAX292) or  $f_{CLK} = 50kHz$  (MAX295/MAX296), unless otherwise noted.)

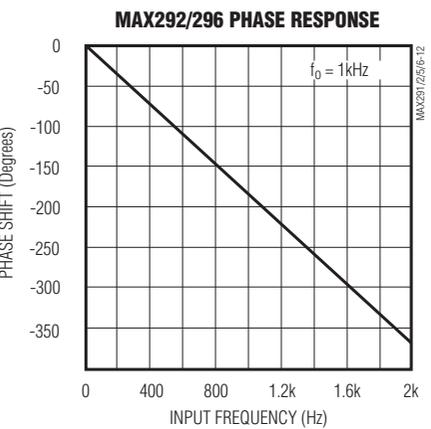
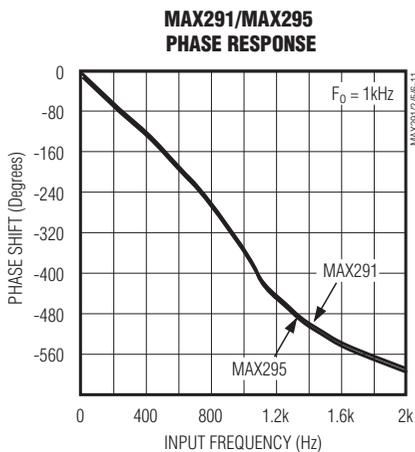
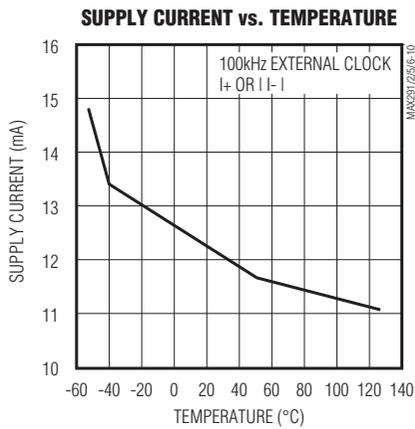
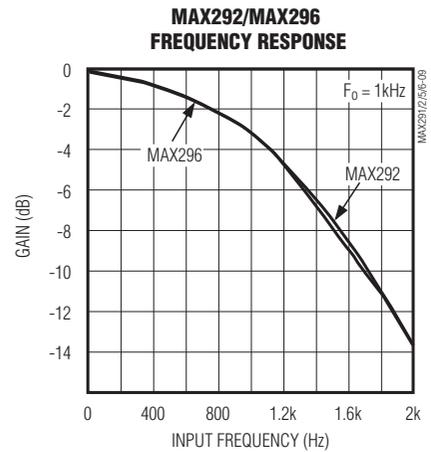
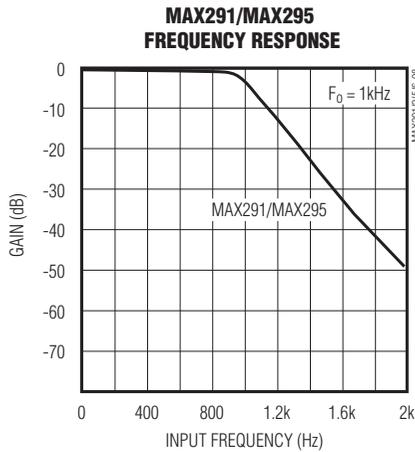
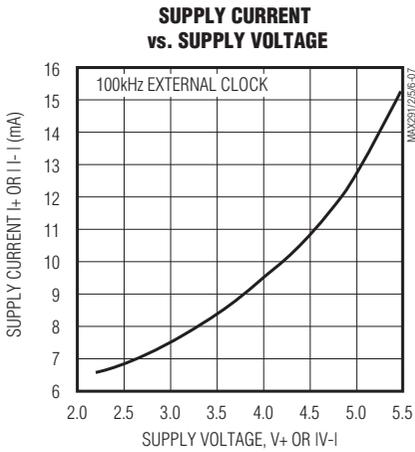
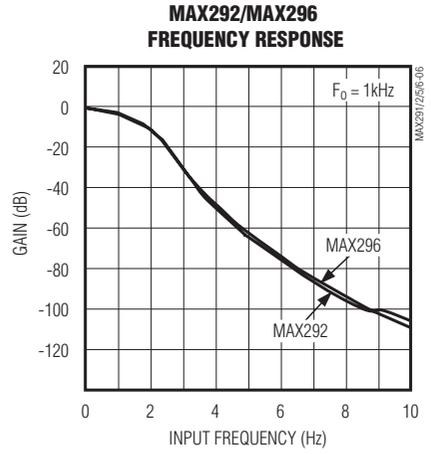
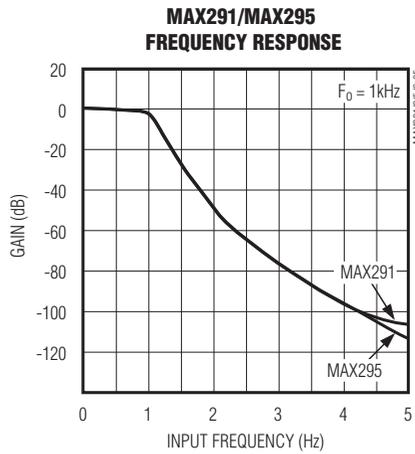
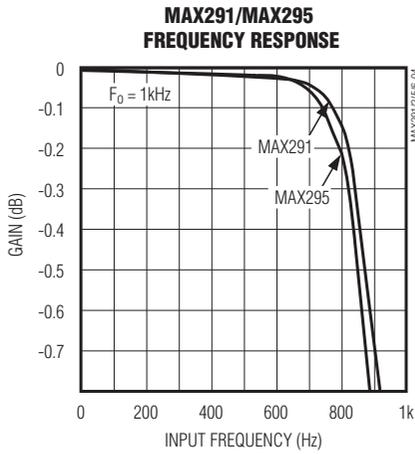


# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296

## 標準動作特性(続き)

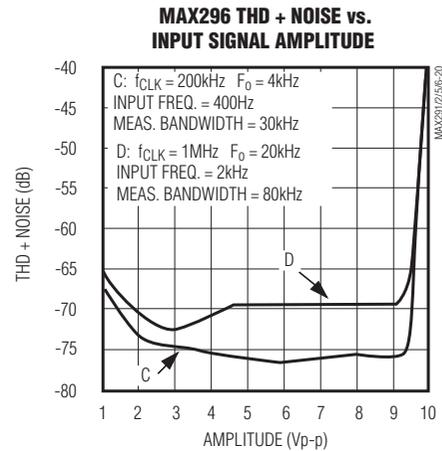
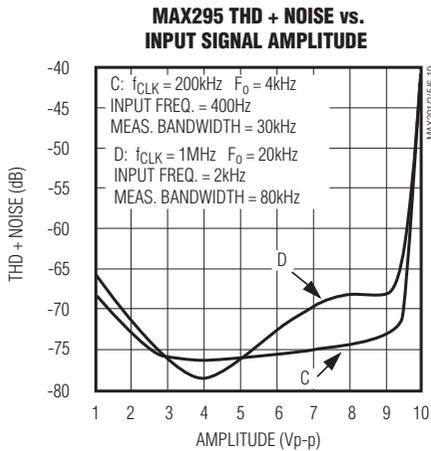
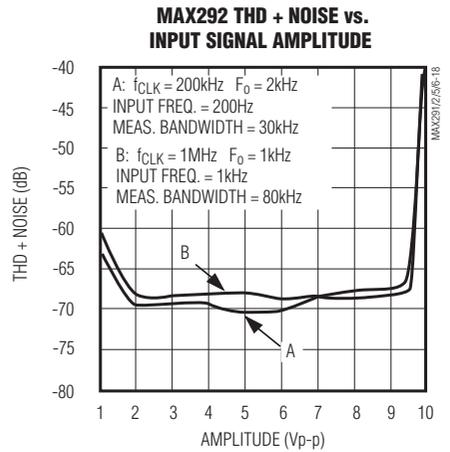
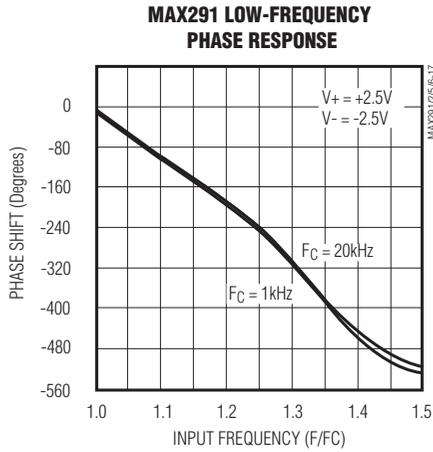
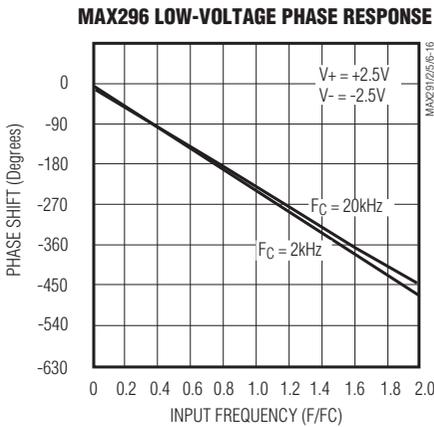
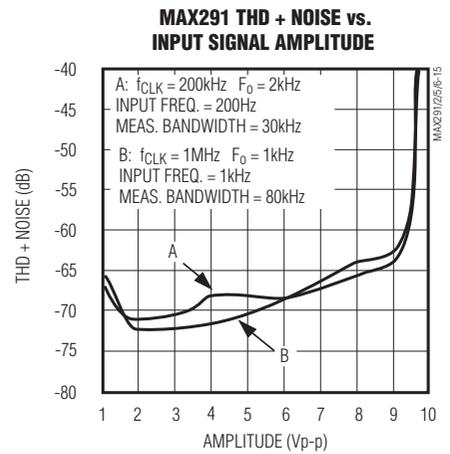
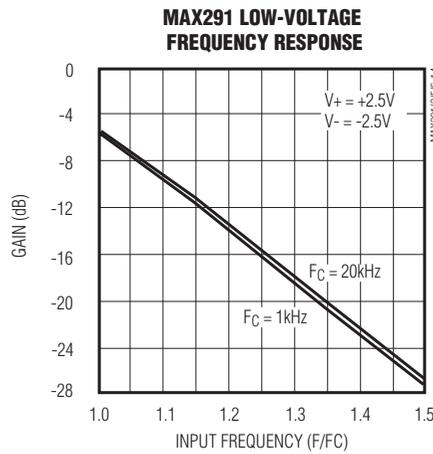
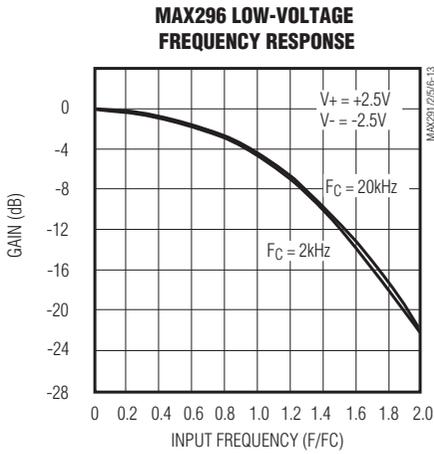
( $V_+ = 5V$ ,  $V_- = -5V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ ,  $f_{CLK} = 100kHz$  (MAX291/MAX292) or  $f_{CLK} = 50kHz$  (MAX295/MAX296), unless otherwise noted.)



# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

## 標準動作特性(続き)

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



MAX291/MAX292/MAX295/MAX296

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

## 端子説明

8ピン	16ピン	名称	機能
	1, 2, 7, 8, 9, 10, 15, 16	N.C.	接続なし
1	3	CLK	クロック入力。内部または外部のクロックを使用してください。
2	4	V-	負電源端子。デュアル電源： -2.375V~-5.500V。 単一電源：V- = 0V。
3	5	OP OUT	汎用オペアンプの出力
4	6	OP IN-	汎用オペアンプの反転入力。 非反転入力は内部でグラウンドに 接続されています。
5	11	OUT	フィルタ出力
6	12	GND	グラウンド。単一電源動作時、 GNDは中間の電源電圧レベルに バイアスする必要があります。
7	13	V+	正電源端子。デュアル電源時： +2.375V~+5.500V。単一 電源時：+4.75V~+11.0V。
8	14	IN	フィルタ入力

## 詳細

MAX291/MAX295のローパスバタワースフィルタは極めて平坦な通過帯域応答を備えるため、通過帯域全域においてDCゲインの偏差が厳しく要求される測定器用途に最適です。

MAX292/MAX296のローパスベッセルフィルタはすべての周波数成分の遅延が等しく、ステップ入力の形状を保ちながらより高い周波数を減衰させるのに適しています。また、これらのフィルタはバタワースフィルタよりも高速にセトリングします。高速のセトリングは、マルチプレクサを使用してアナログ-デジタルコンバータ(ADC)に送る信号のうちの1つを選択するアプリケーションでは重要です。すなわち、マルチプレクサとADC間に配置されるアンチエイリアシングフィルタは、新しいチャンネルがマルチプレクサによって選択された後、速やかにセトリングする必要があります。

これらのフィルタ入力に3kHzの方形波信号(図1の波形A)を入力すると、各フィルタの応答の差を観察することができます。フィルタのカットオフ周波数を10kHzに設定した場合のMAX291/MAX295のバタワースフィルタの応答を波形Cに、MAX292/MAX296のベッセルフィルタの応答を波形Bに示します。MAX292/MAX296は通過帯域において直線的な位相応答を持っていますので、すべての周波数成分は等しく遅延されて方形波の形状を保ちます。フィルタは入力方形波の高周波を減衰させるため、出力における立上りエッジは丸められています。MAX291/MAX295は時間を変えることにより異なる周波数成分を遅延させるため、波形Cのようなオーバーシュートとリングングが発生します。

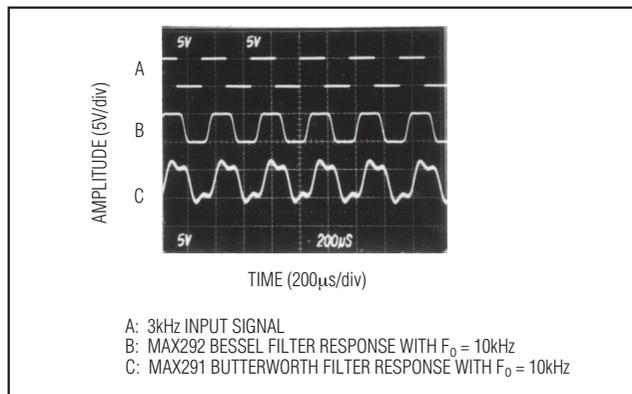


図1. ベッセル対バタワースフィルタの応答

MAX291/MAX295は通過帯域の外側でより大きな減衰を与えます。「標準動作特性」の位相と周波数応答曲線は、2つのフィルタタイプの違いを示しています。

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296の位相とゲインは部分的に大きく変化しません。標準の位相シフトとゲインの差はコーナー周波数( $F_C$ )で0.5%以下です。

## コーナー周波数とフィルタの減衰

コーナー周波数をフィルタ出力がフィルタのDCゲインから3dB下がる点と定義した場合、MAX291/MAX292のクロック対コーナー周波数比は100:1で、最大コーナー周波数は25kHzです。MAX295/MAX296は50:1のクロック対コーナー周波数比で動作し、最大コーナー周波数は50kHzです。8つのポールによって1オクターブあたり48dBの減衰が得られます。

## 予備知識

ほとんどのスイッチトキャパシタフィルタは4次の項で構成されています。各項は2つのフィルタリングポールを持っており、これらをカスケードすることによって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、各項のQが高い場合にはフィルタの感度が低下します。

もう1つの手法は、加算およびスケール機能を備え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可能で、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。

パッシブの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。フィルタの構成要素の感度は、各要素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次構造設計よりも低くなります。つまり、4次構造内でマッチングの取れていない要素はその対応するポールに集中して誤差を与えますが、ラダーフィルタ設計内での mismatch 要素による誤差はポール全体に分散します。

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

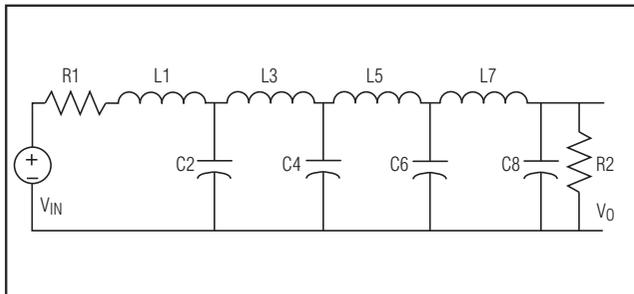


図2. 8次のラダーフィルタ回路

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296の入ラインピーダンスは、事実上スイッチトキャパシタの抵抗の入ピーダンス(下記の式と表1を参照)で、周波数に逆比例します。入力電流は連続的でないため、下記の式で決定される入力インピーダンス値は平均入力インピーダンスを示します。この入力電流は、該当するスイッチが閉じるたびに入力コンデンサを充電する一連のパルスによって流れます。適切な目安としては、ドライバの入カソース抵抗値はフィルタの入ラインピーダンスの10%以下でなければならないということです。このフィルタの入ラインピーダンスは、次式を使用して算出することができます。

$$Z = 1/(f_{CLK} * C)$$

ここで、 $f_{CLK}$ はクロック周波数です。

異なるクロック周波数に対する入力インピーダンスは下の表に示されています。

表1. 異なるクロック周波数に対する  
入力インピーダンス

PART	C (pF)	10kHz (MΩ)	100kHz (MΩ)	1000kHz (kΩ)
MAX291	2.24	44.6	4.46	446
MAX292	3.28	30.5	3.05	305
MAX295	4.47	22.4	2.24	224
MAX296	4.22	23.7	2.37	237

## クロック信号の必要条件

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296の最大推奨クロック周波数は2.5MHzで、MAX291/MAX292では25kHzのカットオフ周波数となり、MAX295/MAX296では50kHzのカットオフ周波数となります。CLK端子は、外部クロックまたは内部発振器と外部コンデンサで駆動することができます。外部クロックのアプリケーション用に、クロック回路は+5Vの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。単一+5Vまたはデュアル±5V電源を用いる場合、CLK端子を0Vおよび+5V給電のCMOSゲートで駆動してください。MAX291/MAX292/MAX295/MAX296の100kHz~1MHzのクロック範囲でクロック周波数を上昇させると、電源電流はわずかに(3%未満)増加します。外部クロックの周波数を変化させることで、フィルタのコーナー周波数を大幅に調整することができます。

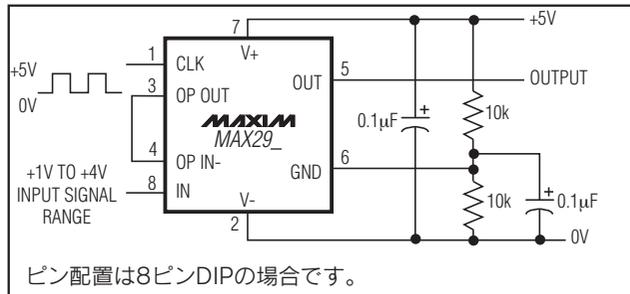


図3. +5Vの単一電源動作

理想的には、MAX291/MAX292/MAX295/MAX296は、対称波形(50%のデューティサイクル)でクロックされる必要があります。クロックが少なくとも200nsの間ハイまたはローのままの場合、MAX291/MAX292/MAX295/MAX296は最大60/40% (または40/60%)の非対称クロックで動作します。たとえば、クロックが2.5MHzの最大クロック周波数の場合、クロックは少なくとも200nsはハイでなければならず、少なくとも200nsはローでなければなりません。

内部発振器を使用する場合、CLK端子とグランド間の静電容量( $C_{OSC}$ )が発振器の周波数を決定します。

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

CLKにおける浮遊容量は内部発振器の周波数に影響を与えますので最小にする必要があります。

## アプリケーション情報

### 電源

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296は、デュアルまたは単一のいずれの電源においても動作します。デュアルの電源電圧としては+2.375V~+5.500Vです。±2.5Vのデュアル電源は、単一電源動作に相当します(図3)。GND端子が中間電位にバイアスされる外部の抵抗分圧器回路のために、軽度の性能低下が起こります。

### 入力信号範囲

理想的な入力信号範囲は、あるコーナー周波数において全高調波歪み+ノイズ(THD+ノイズ)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、入力信号のピークトゥピーク振幅を変えた時のMAX291/MAX292/MAX295/MAX296のTHD+ノイズ特性を示します。

### 汎用オペアンプ

汎用オペアンプはGND端子に接続された非反転入力を備えており、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構築に用いることができます。このフィルタは、アンチエイリアシング用あるいはスイッチトキャパシタフィルタの出力におけるクロックノイズの

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

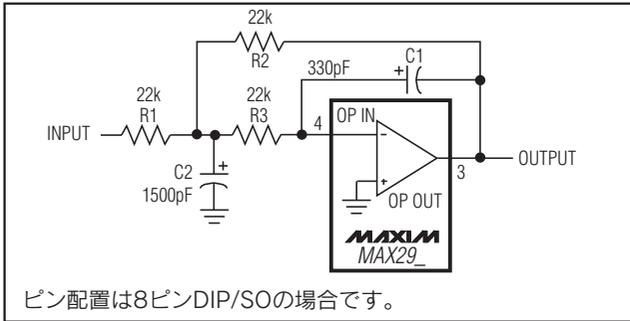


図4. 2次のパワースローパスフィルタとして構成した汎用オペアンプ( $F_0 = 10\text{kHz}$ )

減衰に適しています。10kHzのコーナー周波数を持った汎用オペアンプを利用して得られる2次ローパスのパワースローパスフィルタを図4に示します。この22kΩのフィルタの入力抵抗は、スイッチトキャパシタフィルタの最小負荷要求を満たしています。

汎用オペアンプ(利得帯域幅積は2MHz)は、出力に通り抜けてしまう可能性があるクロックのリップルを減らすことができるように、スイッチトキャパシタフィルタの入力に代わりとして使用することができます。

## DACのポストフィルタ処理

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296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てください。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を生じさせます。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

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印加されたときに高調波を発生します。1MHzのクロック周波数および5kΩの負荷を用いて、MAX291/MAX292/MAX295/MAX296に1kHzで5Vp-pの正弦波入力をした場合の標準的な高調波歪み値の一覧を表2に示します。

表2. 標準の高調波歪み(dB)

Harmonic		2nd	3rd	4th	5th
Filter	MAX291	-72	-78	-83	-89
	MAX292	-71	-82	-82	-88
	MAX295	-93	-86	-92	-97
	MAX296	-71	-89	-96	-96

## 型番(続き)

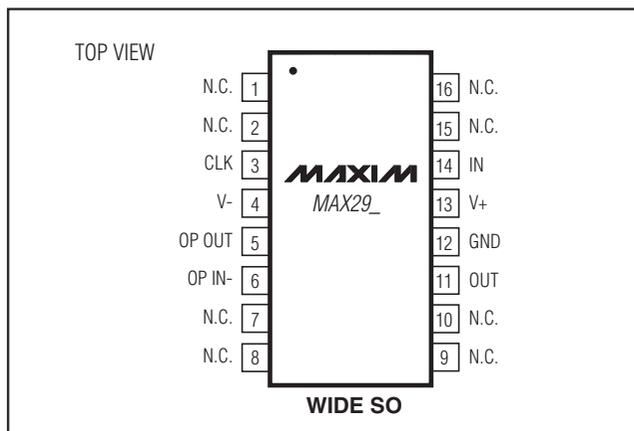
PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX292CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX292CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX292CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX292C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX292EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX292ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX292EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX292MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**
MAX295CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX295CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX295CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX295C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX295EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX295ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX295EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX295MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**
MAX296CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX296CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX296CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX296C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX296EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX296ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX296EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX296MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP**

\*ダイスの仕様についてはお問い合わせください。

\*\*入手性およびMIL-STD-883対応についてはお問い合わせください。

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

## ピン配置(続き)



## パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)を参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点に注意してください。

パッケージタイプ	パッケージコード	ドキュメントNo.
8 CERDIP	J8-2	<u>21-0045</u>
8 Plastic DIP	P8-2	<u>21-0043</u>
8 SO	S8-5	<u>21-0041</u>
16 Wide SO	W16-1	<u>21-0042</u>

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296

# 8次、ローパス スイッチトキャパシタフィルタ

MAX291/MAX292/MAX295/MAX296

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
3	12/97	—	—
4	4/09	MAX292を「型番」の表に追加し、「パッケージ」の項を新しく追加	8
5	5/10	図7の電圧範囲を変更	7

マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組み込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

10 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**

© 2010 Maxim Integrated Products

MaximはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。