

乗算型D/Aコンバータ

柔軟性のあるビルディング・ブロック

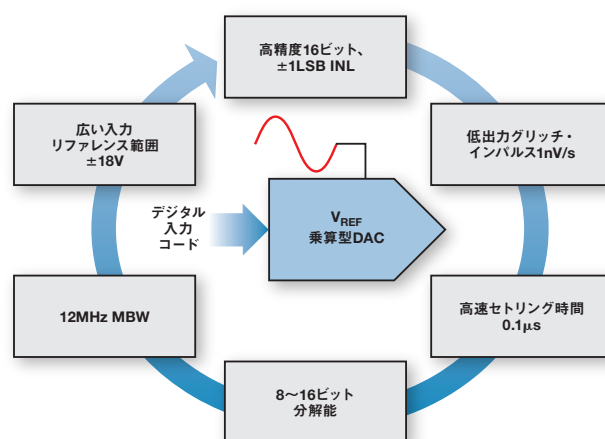
アナログ・デバイセズは、8/10/12/14/16ビット乗算型D/Aコンバータ（DAC）の総合的なファミリー製品を提供しています。CMOSサブミクロン・プロセスによって製造されたこれらのDACは、優れた4象限乗算特性を発揮します。乗算型DAC製品の柔軟性と単純性によって、固定式であれ可変式であれ広範な入力リファレンス・アプリケーションに最適なビルディング・ブロックが得られます。

これらのDACは、最大2.5～5.5Vの単電源で動作しますが、最大±18Vの入力リファレンスに対応します。内蔵の帰還抵抗（RFB）と外付けの高精度電流／電圧アンプを組み合わせれば、温度トラッキングに優れたフルスケールの電圧出力が可能になります。

アナログ・デバイセズは、高分解能の14/16ビット電流出力製品ラインを次のように刷新しました。

- 直線性の改善：±1LSBのINL
- 可変リファレンス電圧乗算向けにアナログTHD、乗算フィードスルーの改善、高い乗算帯域幅性能
- 固定リファレンス電圧乗算向けにデジタルTHD、ミッドスケール・グリッチ、デジタル・フィードスルーの改善

性能が向上したAD55xx製品によって、アナログ・デバイセズは8/10/12ビットAD54xx電流出力DACファミリーの定評ある性能を一段と高いものにしました。アナログ設計者は、この最新の電流出力DAC製品によって、さらに広範な固定／可変リファレンス乗算アプリケーションに対応できるようになります。



乗算型DAC

乗算型DACは、その柔軟性と単純性によって、広範なアプリケーションにご利用いただけます。個別のDACとオペアンプを組み合わせる構成の利点は、アプリケーションの条件に応じてオペアンプを選択できることです。乗算型DACは、固定のDC電圧から波形を生成する固定リファレンス・アプリケーションに最適なビルディング・ブロックです。ACや任意のリファレンス電圧をデジタル調整する可変リファレンス・アプリケーションにも適しています。AD54xxと新しくなったAD55xxの乗算型DACファミリーは、この2つのアプリケーション領域をターゲットに設計されています。

乗算型DACは、所望の出力信号を生成するために便利な多数の追加機能を備えています。AD5405やAD5545などの一部の乗算型DACには多目的のマッチング抵抗が内蔵されており、追加のオペアンプ（図2のA2）を接続するだけで、プラスリファレンスで正側出力が得られます。この追加アンプには、デュアル・デバイスの方のアンプを使用することができます。AD5546やAD5544などのファミリー製品には、ミッドスケールまたはゼロスケールにリセットする追加機能があり、バイポーラ・アプリケーションに最適です。このようなアプリケーションに必要なオペアンプは、高ゲイン帯域幅、高スルーレート、低ノイズなどの特定の仕様を基準にして選択することができます。

乗算型AC／可変リファレンス・アプリケーション向けAD55xx DACの主な利点

- 高い乗算帯域幅：信号はこの帯域まで3dB以上の減衰が無く乗算することができます。AD5544/AD5554では、最大12MHzまで信号を乗算できます。図1を参照してください。
- 低い乗算フィードスルー：この誤差は、DACにオール0がロードされたときのリファレンス入力からDAC出力までの容量性フィードスルーに起因します。これは乗算された信号に含まれる可能性がある歪みの量ですが、AD5544の場合は100kHzで−65dBという低さになります。
- 優れたアナログTHD：乗算された波形信号に含まれる高調波成分を数学的に示した値です。基本波値V₁に対するDAC出力の高調波（V₂、V₃、V₄、V₅）のrms和の比であり、次式で求めることができます。AD5543の値はわずか−103dBです。

$$THD = 20 \log \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + V_5^2}}{V_1} \quad (1)$$

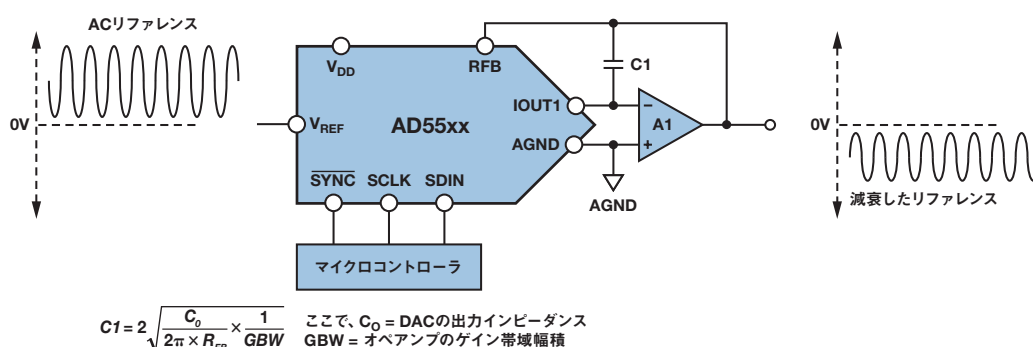


図1. 乗算型DAC：可変リファレンス—正側リファレンス入力／負側出力の設定

Circuits from the Lab™
Reference Circuits
実用回路集

回路ノート CN-0025 「AD5546/AD5556 乗算 DAC を用いた
高精度、AC リファレンス 信号減衰回路」
www.analog.com/jp/CN0025

アプリケーション・ノート AN-1094 「乗算型
DAC—固定リファレンスによる波形発生
アプリケーション」 www.analog.com/jp/AN-1094

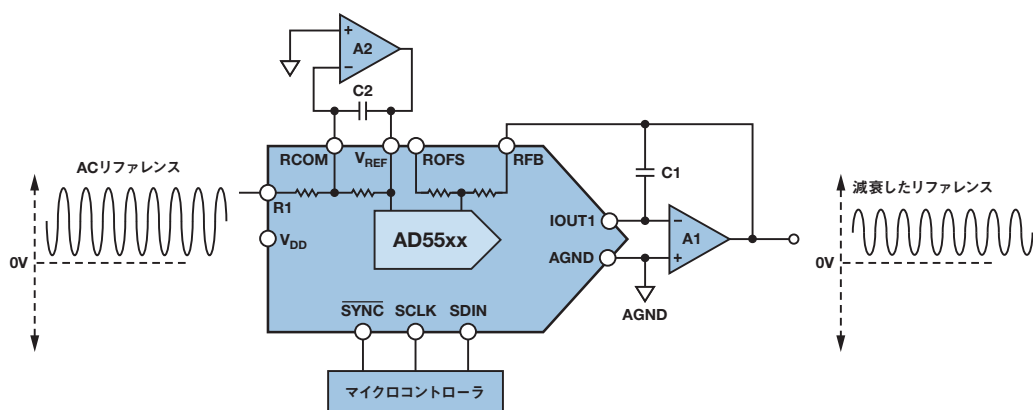


図2. 乗算型DAC：可変リファレンス—正側リファレンス入力／正側出力の設定

乗算型DCリファレンス・アプリケーション向けAD55xx DACの主な利点

- 高速セトリング時間：AD55xxは、ゼロスケールからフルスケールまで $\pm 0.1\%$ 以内で $0.5\mu\text{s}$ のセトリング時間を実現します。AD54xxは、ゼロスケールからフルスケールまで $\pm 0.1\%$ 以内で $0.1\mu\text{s}$ 未満のセトリング時間になります。
- 高スルーレート：AD54xxおよびAD55xxファミリーの高速スイッチング・アーキテクチャによって、 $100\text{V}/\mu\text{s}$ を超えるスルーレートのオペアンプであればDAC性能が制限されることはありません。
- 低グリッチ：電流がグラウンドまたは仮想グラウンドに導かれるため、R2R構造ではグリッチが小さくなります。最悪時はミッドスケール・グリッチですが、AD55xxデバイスでは -1nV/s という低さを示します。
- 低ノイズ：AD54xxおよびAD55xx I_{OUT} DACファミリーは、低インピーダンス・アーキテクチャを使用しています。主なノイズはRDAC抵抗の熱ノイズのみという本質的に低ノイズのアーキテクチャです。

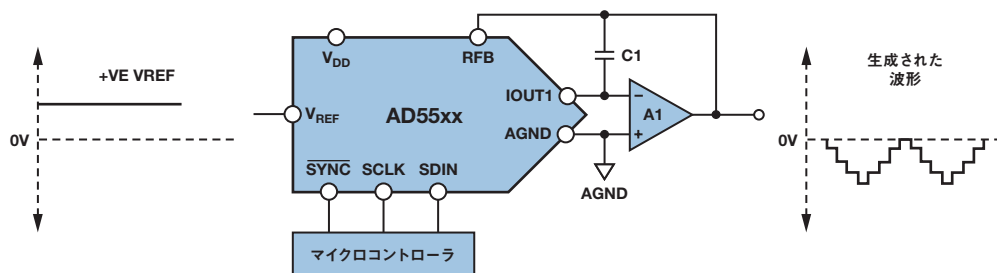
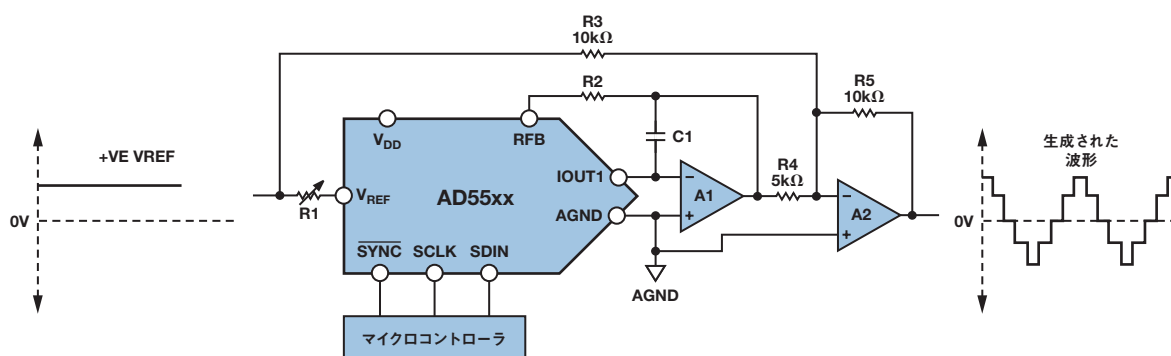


図3. 乗算型DAC：固定リファレンスユニポーラ動作

アプリケーション・ノート AN-1085 「乗算型 DAC—AC/任意リファレンス・アプリケーション」
www.analog.com/jp/AN-1085



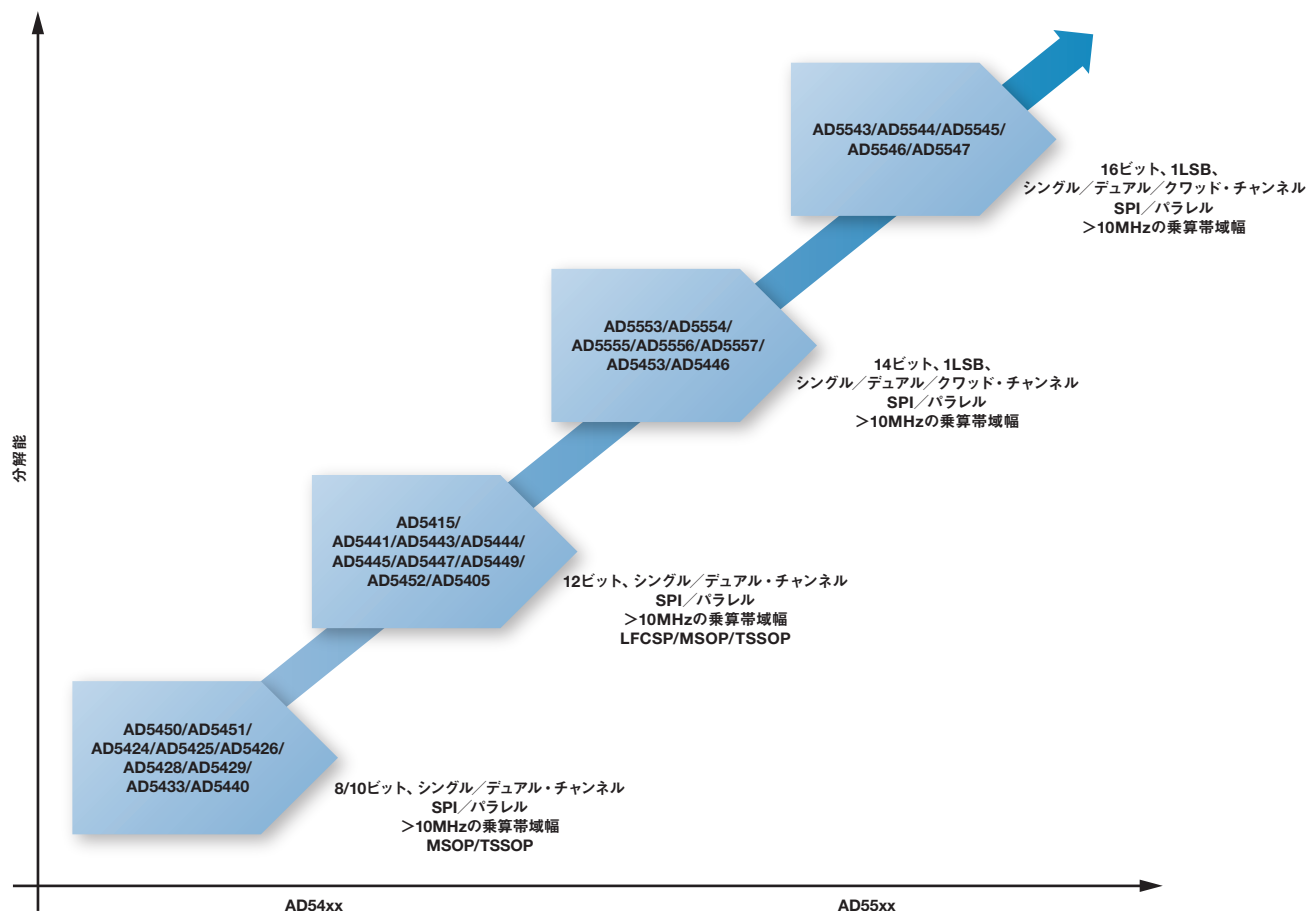
- 注
1. R1とR2は、ゲイン調整が必要な場合のみ使用します。コード10000000をDACにロードし、R1を $V_{\text{OUT}} = 0\text{V}$ に調整してください。
 2. 抵抗ペアR3とR4には、マッチングとトラッキングが必要です。

図4. 乗算型DAC：固定リファレンスバイポーラ動作

Circuits from the Lab™
 Reference Circuits
 実用回路集

回路ノート CN-0028 「D/A コンバータ AD5547/AD5557 を用いた、高精度、バイポーラ出力構成回路」
www.analog.com/jp/CN0028

I_{OUT} ファミリー製品の推移



AD5543の仕様

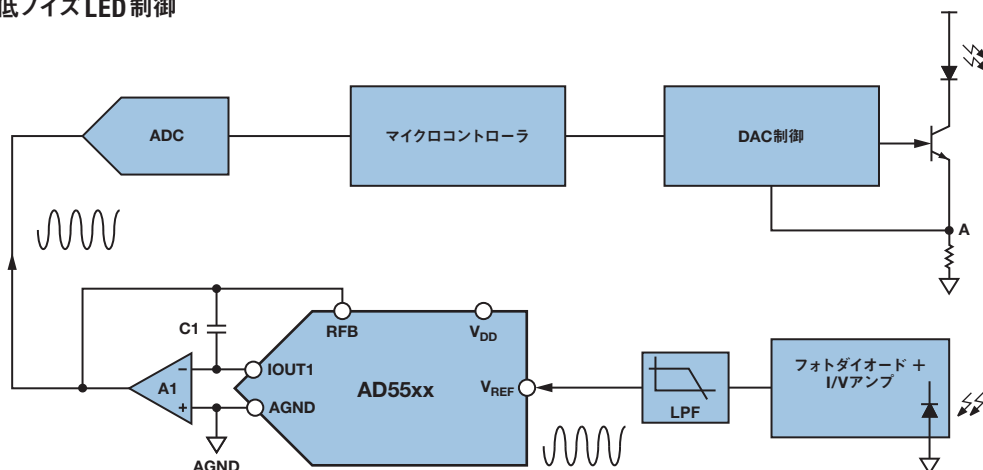
- シングル・チャンネル
- 16ビット分解能
- $\pm 1\text{LSB}$ のDNL
- $\pm 1\text{LSB}$ のINL
- 低ノイズ： $12\text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- 低消費電力： $I_{\text{DD}} = 10\mu\text{A}$
- $0.5\mu\text{s}$ のセトリング時間
- 7MHzの乗算帯域幅
- アナログTHD： -103dB
- 2mAのフルスケール電流、 $V_{\text{REF}} = 10\text{V}$ で $\pm 20\%$
- 電流/電圧変換用のフィードバック抵抗内蔵
- SPI互換、3線式インターフェース
- 温度範囲： $-40 \sim +125^\circ\text{C}$
- 超小型の8ピンMSOPおよび8ピンSOICパッケージ

AD5544の仕様

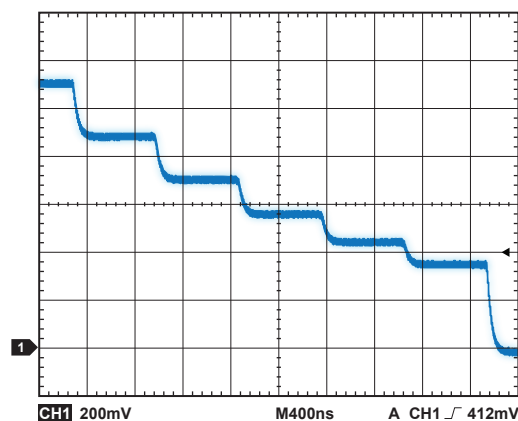
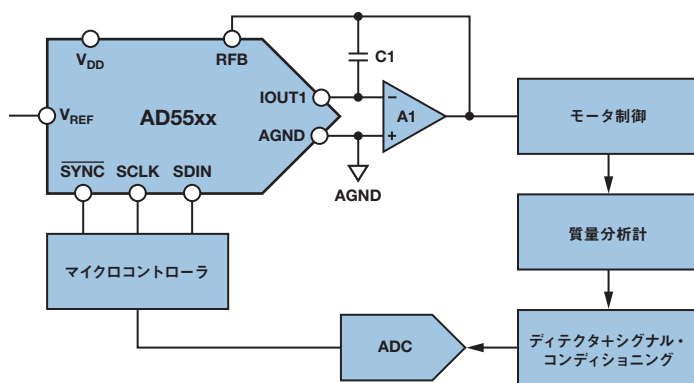
- クワッド・チャンネル
- 16ビット分解能
- $\pm 1\text{LSB}$ のDNL
- $\pm 1\text{LSB}$ のINL
- 2mAのフルスケール電流、 $V_{\text{REF}} = \pm 10\text{V}$ で $\pm 20\%$
- $\pm 0.1\%$ まで $0.9\mu\text{s}$ のセトリング時間
- 12MHzの乗算帯域幅
- ミッドスケール・グリッチ： $-1\text{nV}/\text{sec}$
- ミッドスケールまたはゼロスケール・リセット
- 4つの独立した4象限乗算リファレンス入力
- SPI互換、3線式インターフェース
- 同時マルチチャンネル変更
- 温度範囲： $-40 \sim +125^\circ\text{C}$
- 小型の28ピンSSOP、5mm × 5mm、32ピンLFCSP

アプリケーション

低ノイズLED制御



モータの高速セトリング・ランプ制御



アナログ・デバイセズの「Circuits from the Lab™／実用回路集」は、一般的な数多くのアプリケーションのために動作確認済み回路ソリューションを提供する新しい設計支援リソースです。ADCとアンプなど補完する2つ以上の部品を組み合わせ、ターゲットのアプリケーション向けに最適化した回路を提示します。各回路はラボで構築され、動作確認も済んでいるため、簡単に設計に取り入れることができます。これによって設計のリスクが低減し、製品化までの時間が短縮します。

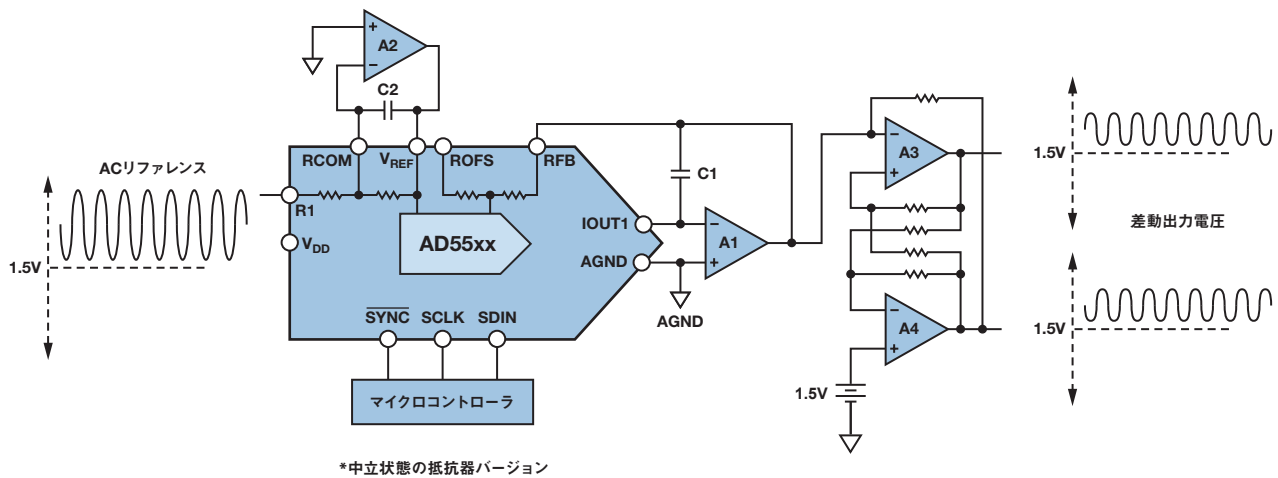
各実用回路には回路ノートの文書が付属しており、回路の機能、利点、実装について、一般的なバリエーションも紹介しながら詳しく説明します。

乗算型DACの設計についても、右記のURLからご検索ください。www.analog.com/jp/circuits

Circuits
from the Lab™
Reference Circuits
実用回路集

アプリケーション

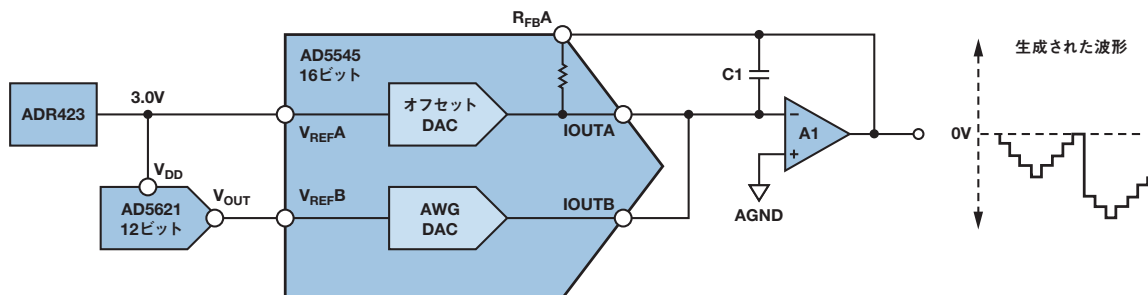
シングルエンド／差動変換コンデショニング



Circuits from the Lab™
Reference Circuits
実用回路集

回路ノート CN-0143 「AD8042 オペアンプを使用した電圧出力／電流出力 DAC 向けのシングルエンド／差動コンバータ」
www.analog.com/jp/CN0143 (英語のみ)

高速セリング・ランプの生成とオフセット制御



アナログ・デバイセズの乗算型 DAC 製品群の詳細については、
www.analog.com/jp/multiplyingDAC をご覧ください。

乗算型DAC

製品番号	ビット	出力	インターフェース	パッケージ	備考
AD5424	8	1	パラレル	16ピンTSSOP、20ピンLFCSP	>10MHz BW、±10V信号
AD5426	8	1	SPI	10ピンMSOP	>10MHz BW、±10V信号、AD5425高速負荷も参照
AD5450	8	1	SPI	8ピンSOT-23	小型SOT-23パッケージ、AD5425高速負荷も参照、ピン/ソフトウェア互換ファミリー、12MHzの更新レート
AD5425	8	1	SPI、 8ビット負荷	10ピンMSOP	>10MHz BW、±10V信号、AD5426も参照
AD5428	8	2	パラレル	20ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5429	8	2	SPI	16ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5433	10	1	パラレル	20ピンTSSOP、20ピンLFCSP	>10MHz BW、±10V信号
AD5432	10	1	SPI	10ピンMSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5451	10	1	SPI	8ピンSOT-23	小型SOT-23パッケージ、ピン/ソフトウェア互換ファミリー
AD5439	10	2	SPI	16ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5440	10	2	パラレル	24ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5445	12	1	パラレル	20ピンTSSOP、20ピンLFCSP	>10MHz BW、±10V信号
AD5443	12	1	SPI	10ピンMSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5452	12	1	SPI	8ピンSOT-23、8ピンMSOP	12MHz BW、小型SOT-23パッケージ、ピン/ソフトウェア互換ファミリー
DAC8043A	12	1	SPI	8ピンTSSOP	>2MHz帯域幅、AD5443を参照、AD5452とAD5444も参照
AD5441	12	1	SPI	8ピンLFCSP、8ピンMSOP	低ノイズ、1LSB、1μsセトリング時間、LDACピン、DAC8043Aへのアップグレード
AD5444	12	1	SPI	10ピンMSOP	AD5443の高精度バージョン、AD5452も参照
AD5447	12	2	パラレル	24ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5405	12	2	パラレル	40ピンLFCSP	>10MHz BW、±10V信号、中立状態の抵抗器
AD5449	12	2	SPI	16ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号
AD5415	12	2	SPI	24ピンTSSOP	>10MHz BW、±10V信号、中立状態の抵抗器
AD5556	14	1	パラレル	28ピンTSSOP	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5453	14	1	SPI	8ピンSOT-23、8ピンMSOP	小型SOT-23パッケージ、ピン/ソフトウェア互換ファミリー
AD5553	14	1	SPI	8ピンMSOP、8ピンSOIC_N	4MHz BW、±15V信号
AD5446	14	1	SPI	10ピンMSOP	AD5453のMSOPバージョン、AD5443、AD5432、AD5426と互換
AD5557	14	2	パラレル	38ピンTSSOP	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5555	14	2	SPI	16ピンTSSOP	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5554	14	4	SPI	28ピンSOP	±1LSB、12MHz BW、±15V信号
AD5546/ AD5546A	16	1	パラレル	28ピンTSSOP	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5543	16	1	SPI	8ピンMSOP、8ピンSOIC_N	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5547	16	2	パラレル	38ピンTSSOP	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5545	16	2	SPI	16ピンTSSOP	±1LSB、6MHz BW、±15V信号
AD5544	16	4	SPI	28ピンSSOP、32ピンLFCSP	±1LSB、12MHz BW、±15V信号

オペアンプの選択

乗算型DACソリューションの性能は、選択したオペアンプの電流／電圧変換性能に大きく依存します。信号のDC精度を維持するには、DAC出力の最小分解能でも対応できるように低バイアス電流と低オフセット電圧のオペアンプを選択することが重要です。詳細については、乗算型DACのデータシートを参照してください。

比較的高速のAC信号または任意の信号を乗算しなければならないアプリケーションの場合、オペアンプによって出力信号が劣化しないように、高帯域幅／高スルーレートのオペアンプが必要です。オペアンプのゲイン帯域幅積 (GBW) は、帰還抵抗における帰還負荷によって制限されます。必要なGBWを判断するには、ゲインの設定に気を付ける必要があります。ゲインが高いほど、帯域幅は低くなります。目安としては、 -1 のゲイン設定に対して所望の周波数の10倍の帯域幅で十分と考えられます。

オペアンプのスルーレート仕様も、気を付けないと乗算型DACを制限することがあります。目安としては、AD54xxおよびAD55xx DACファミリーの場合、一般に $100\text{V}/\mu\text{s}$ のスルーレートのオペアンプであれば十分です。

次のセクション・テーブルは、乗算アプリケーションに使用できるオペアンプの一覧です。

高精度アプリケーション向けのオペアンプ

製品番号	電源電圧 (V)	最大 V_{OS} (μV)	最大 I_B (nA)	0.1 ~ 10Hz ノイズ ($\mu\text{V p-p}$)	電源電流 (μA)	パッケージ
OP97	$\pm 2 \sim \pm 20$	25	0.1	0.5	600	8ピンSOIC、8ピンPDIP
OP1177	$\pm 2.5 \sim \pm 15$	60	2	0.4	500	8ピンMSOP、8ピンSOIC
AD8675	$\pm 5 \sim \pm 18$	75	2	0.1	2300	8ピンMSOP、8ピンSOIC
AD8671	$\pm 5 \sim \pm 15$	75	12	0.077	3000	8ピンMSOP、8ピンSOIC
ADA4004-1	$\pm 5 \sim \pm 15$	125	90	0.1	2000	8ピンSOIC、5ピンSOT-23
AD8607	1.8 ~ 5	50	0.001	2.3	40	8ピンMSOP、8ピンSOIC
AD8605	2.7 ~ 5	65	0.001	2.3	1000	5ピンWLCSP、5ピンSOT-23
AD8615	2.7 ~ 5	65	0.001	2.4	2000	5ピンTSOT
AD8616	2.7 ~ 5	65	0.001	2.4	2000	8ピンMSOP、8ピンSOIC

高速アプリケーション向けのオペアンプ

製品番号	電源電圧 (V)	-3dB BW (MHz)	スルーレート ($\text{V}/\mu\text{s}$)	最大 V_{OS} (μV)	最大 I_B (nA)	パッケージ
AD8065	5 ~ 24	145	180	1500	0.006	8ピンSOIC、5ピンSOT-23
AD8066	5 ~ 24	145	180	1500	0.006	8ピンSOIC、8ピンMSOP
AD8021	5 ~ 24	490	120	1000	10,500	8ピンSOIC、8ピンMSOP
AD8038	3 ~ 12	350	425	3000	750	8ピンSOIC、5ピンSC70
ADA4899	5 ~ 12	600	310	35	100	8ピンLFCSP、8ピンSOIC
AD8057	3 ~ 12	325	1000	5000	500	5ピンSOT-23、8ピンSOIC
AD8058	3 ~ 12	325	850	5000	500	8ピンSOIC、8ピンMSOP
AD8061	2.7 ~ 8	320	650	6000	350	5ピンSOT-23、8ピンSOIC
AD8062	2.7 ~ 8	320	650	6000	350	8ピンSOIC、8ピンMSOP
AD9631	$\pm 3 \sim \pm 6$	320	1300	10,000	7000	8ピンSOIC、8ピンPDIP

アナログ・デバイセズ株式会社

本社 〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル
大阪営業所 〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー

お問い合わせは… www.analog.com/jp/contact