



AN-2010 アプリケーション・ノート

AD5770R の機能についての追加詳細情報、背景、および例

著者 : Ivan Santos

はじめに

AD5770R は、6 チャンネル、14 ビット分解能、プログラマブル電流出力の D/A コンバータ (DAC) で、フォトニクス制御や電流モード・バイアスなどのアプリケーションで使用されます。このアプリケーション・ノートでは、出力電流範囲、出力電流スケーリング、および温度モニタリングなど、AD5770R に最も関連する機能について説明します。また、このアプリケーション

ン・ノートでは、単電源構成、最小ヘッドルームと最小フットルーム、および誘導性負荷を駆動するバイポーラ電流構成についても説明します。

AD5770R の詳細については、AD5770R のデータシートを参照してください。AD5770R を使用する場合は、このアプリケーション・ノートと共にデータシートを参照してください。

目次

はじめに	1	AD5770R の出力電流スケーリング	5
改訂履歴	2	温度モニタリングと考慮事項	5
AD5770R の主要な機能	3	バイポーラ電流源と誘導性負荷	6
単電源を使用した場合の AD5770R への給電方法	3		
AD5770R の出力電流範囲、最小ヘッドルーム、および最小フットルーム	3		

改訂履歴

9/2019—Revision 0: Initial Version

AD5770R の主要な機能

単電源を使用した場合の AD5770R への給電方法

一般的な正側電源を AD5770R の AVDD ピン、DVDD ピン、および PVDDx ピンに使用すると、最も簡単な方法でこのデバイスに給電できます。このデバイスにおいて、仕様規定されている性能を満たすために必要な電源条件は、DVDD ピン電圧 (DV_{DD}) と AVDD ピン電圧 (AV_{DD}) を等しくすることだけです。PVDDx ピン電圧 (PV_{DDx}) は、AV_{DD} - 0.4V 以下でなければなりません。これらの条件から、AVDD ピンと DVDD ピンを短絡することもできます。PV_{DDx} ≤ AV_{DD} - 0.4V の条件を満たすためには、図 1 に示すように、AV_{DD} 電源と PV_{DDx} 電源の間にダイオードを配置します。この単電源構成では、電源電圧を 2.9V~5.5V の範囲にする必要があります。また、ダイオードのカソード電圧を PVDDx ピンで 0.8V 以上にする必要があります。

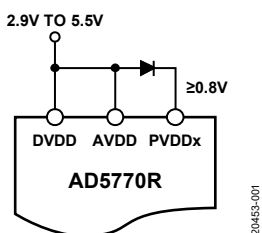


図 1. ダイオードを使用した単電源構成

ダイオードを選択した場合に考慮すべき主要な仕様は、以下のようになります。

- 順方向の電圧降下 (V_F) を 0.4V 以上にします。この仕様を設定し、PV_{DDx} 電源を必ず AV_{DD} - 0.4V 以下にしてください。
- 順方向電流定格をすべての IDACx 電流 (I_{IDACx}) の合計以上にします。ディレーティング係数を全動作温度範囲にわたり 80% 以下に設定し、余裕を持たせます。
- 動的抵抗を低くする。動的抵抗の低いダイオードを選択し、出力電流の変動に対して PV_{DDx} 電源が大きく変動しないようにします。

これらの仕様を考慮すると、順方向電流定格が 1A である Diodes, Inc. のダイオード S1MSWF が使用条件に適しています。S1MSWF の V_F 値は、順方向電流が非常に小さい場合や、周辺温度が高い場合でもこの条件を満たします。電源の値とダイオードを選択する場合、I_{IDACx}、V_F、およびそれらがヘッドルームに及ぼす影響の関連性も考慮する必要があります。I_{IDACx} の設定値を増加させると、V_F 値が増加し、出力での有効なヘッドルームが減少します。

AD5770R の DC 電源電圧変動除去比 (PSRR) の性能が 17μA/V であるため、出力電流に対する電源変動の影響を確実に最小限に抑えられます。負荷電流と出力電流の動的な変動によるクロストークの影響を更に低減させるためには、図 2 に示すように、専用のダイオードを必要な数だけ使用して、それら個々のチャンネルの PVDDx ピンを分離します。Diodes, Inc. のダイオード BAV23A は、1 パッケージに 2 個のダイオードが内蔵されボード・スペースを節約できるため、更に使用条件に適しています。

デカップリング・コンデンサはどの電源構成でも必要で、10μF のタンタル・コンデンサと 0.1μF のセラミック・コンデンサを並列に配置することを推奨します。電源に存在する高周波ノイズが低インピーダンス・パスを通してグラウンドに流れるように、これらのコンデンサをこのパッケージのできるだけ近くに配置する必要があります。不使用の DAC チャンネルについては、PVDDx ピン、CDAMP_IDACx ピン、および IDACx ピンを開放のままにしてもかまいません。

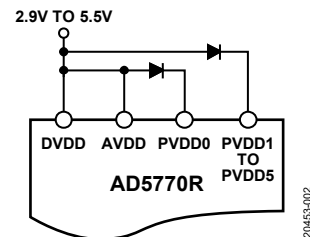


図 2. 複数のダイオードを使用した構成

AD5770R の出力電流範囲、最小ヘッドルーム、および最小フットルーム

図 3、図 4、および図 5 にそれぞれ、各種の電流出力チャンネル (IDACx) における有効な出力電流範囲、最小ヘッドルーム、および最小フットルームを示します。

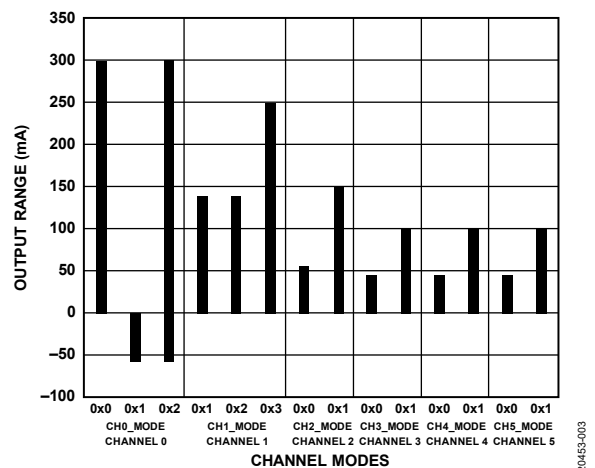


図 3. 出力電流範囲

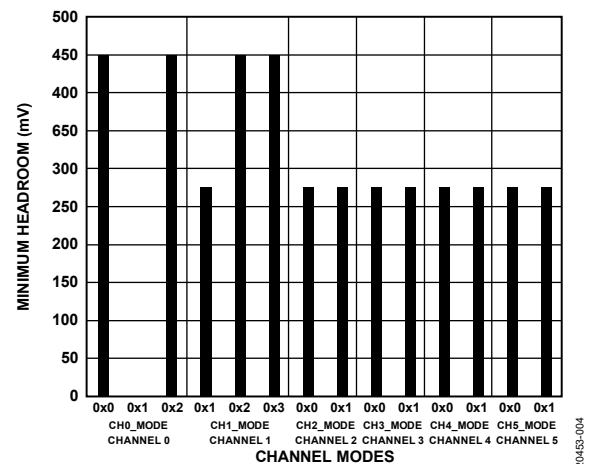


図 4. 最小ヘッドルーム

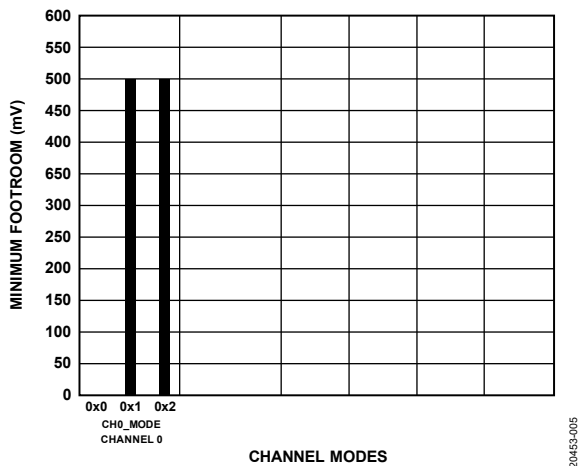


図 5. 最小フットルーム

AD5770R における最小ヘッドルームは、出力電流誤差がフルスケール・レンジ (FSR) に対して 0.1% 以内の場合に、 PV_{DDx} とこれに対応する $IDACx$ ピン電圧 (V_{IDACx}) の間の最小許容電圧差と定義されます。この条件により、所定の I_{IDACx} の設定値に対する最大負荷抵抗が決まります。ダイオード負荷の場合、この条件により、精度を維持しながら直列にロードされるダイオードの最大数が決まります。効率が優先される場合、精度がわずかながら犠牲になりますが、出力電流の設定値を高くしてコンプライアンス電圧を増加させることができます。

最大負荷抵抗を算出するには、図 6 に示す式を使用します。図 7 に示す例を使用すると、 $IDAC0$ ピンによってソースされる最大電流が 250mA の場合、 $IDAC0$ ピン (モード 0x0) での最小ヘッドルームが 450mV であるため、 $PV_{DDx} = 5V$ になります。 $IDAC0$ ピンでの最大全負荷抵抗 (R_{LOAD}) は、 18.2Ω 以下にする必要があります。

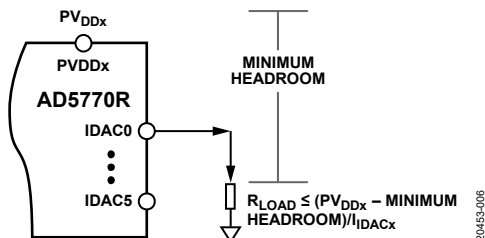


図 6. 最小ヘッドルーム、電源電圧、および出力電流の関数として表される R_{LOAD} の式

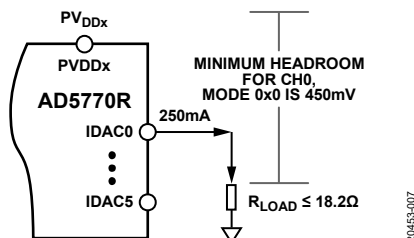


図 7. R_{LOAD} の例

ダイオード負荷の場合、図 8 に示す式を使用して、同じ V_F を持つ同一のダイオードの総数を決定します。 $IDAC0$ ピン (モード 0x0) を使用し、 PV_{DDx} を 5V にすると (図 9 を参照)、1 個のダイオードまたは複数の直列接続されたダイオードによる V_F の合計 (V_{F_TOT}) は 4.55V 以下になります。各ダイオードの V_F が 1.5V の場合、負荷として同一のダイオードを 3 個まで使用できます。理想的なダイオードでは、ダイオードの総数 (N) は電流に依存しません。使用するデバイスによって決まる実際の V_F 値に基づいて調整を行う必要があります。また、実際の V_F 値は、動作温度によって変動することに注意してください。ほとんどのダイオード・メーカーは、この特有のパラメータについての特性をデバイスのデータシートに記載しています。

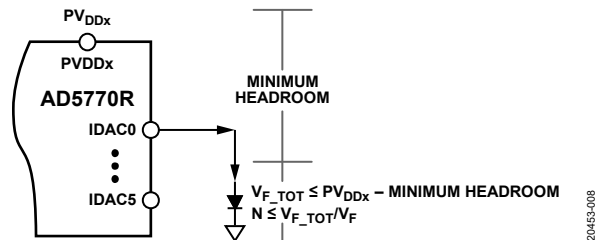


図 8. 最小ヘッドルームおよび電源電圧の関数として表されるダイオード負荷の式

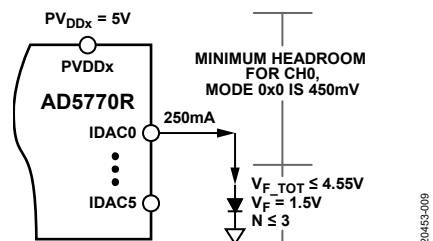


図 9. ダイオード負荷の例

最小ヘッドルームと最小フットルームは、所定チャンネルの実際の出力電流によって決まります (詳細については、AD5770R のデータシートを参照)。大きな負荷インピーダンスを有するアプリケーションでは、一般に電源電圧をより高くする必要があります。このようなアプリケーションの場合、電源電圧が最大 33V まで可能な [LTC2662](#) を推奨します。

所定の出力電流が流れると、出力電流ドライバの内部抵抗が正の温度係数を持つため、最小ヘッドルームは温度によって増加します。抵抗が増加すると、ドライバ両端の電圧降下が増加し、 V_{IDACx} と PV_{DDx} の間の余裕が小さくなります。例えば、 $25^\circ C$ でヘッドルームが約 270mV であれば、このデバイスは最大 250mA の出力電流をソースできます。グラウンドを基準とした目的の負荷抵抗を使用した場合、式 1 を使用すると、最小電源電圧を算出できます。 $IDAC0$ を電流シンク・モードにした場合、式 2 を使用すると、最大 $PVEEx$ ピン電圧 (PV_{EEx}) を算出できます。

$$PV_{DDx} \geq (V_{IDACx} \times R_{LOAD}) + \text{最小ヘッドルーム} \quad (1)$$

$$PV_{EEx} \leq (V_{IDACx} \times R_{LOAD}) - \text{最小フットルーム} \quad (2)$$

AD5770R の出力電流スケールリング

図 3 に示す各出力は、14 ビットの単調増加性を維持しながら、最小で公称フルスケール電流範囲の 0.5 倍に縮小できます。ただし、出力電流スケールリングがサポートされていない IDAC0 ピンのモード 0x1 とモード 0x2 を除きます。

出力電流スケールリングは、出力スケールリング・レジスタに必要な値をロードすることによって行います。新たに調整されるフルスケール電流範囲は、以下の式を使用して指定できます。

$$I_{ADJ} = I_{NOM} \times \left(1 - \frac{x}{128}\right) \quad (3)$$

ここで、

I_{ADJ} は、調整後のフルスケール出力電流、

I_{NOM} は、公称フルスケール出力電流、

x は、出力スケールリング・レジスタにロードされるコードで、 $0 \leq x$ です。

式 3 の x の値を算出するには、以下の式を使用します。

$$x = 128 \times \left(1 - \frac{I_{ADJ}}{I_{NOM}}\right) \quad (4)$$

IDAC0 ピン (モード 0x0) を使用した場合で、公称フルスケール出力電流が 300mA である例を示すと、フルスケール出力電流を 225mA に調整するために必要なコードは、 $x = 32$ になります。フルスケール出力電流を最低の 150mA (公称値のちょうど 2 分の 1) に調整するために必要なコードは、 $x = 64$ になります。

図 10 に示すように、 x の値が増加すると、 I_{ADJ} は減少します。ゼロ・スケール出力電流は、すべての場合で常に 0mA になります。

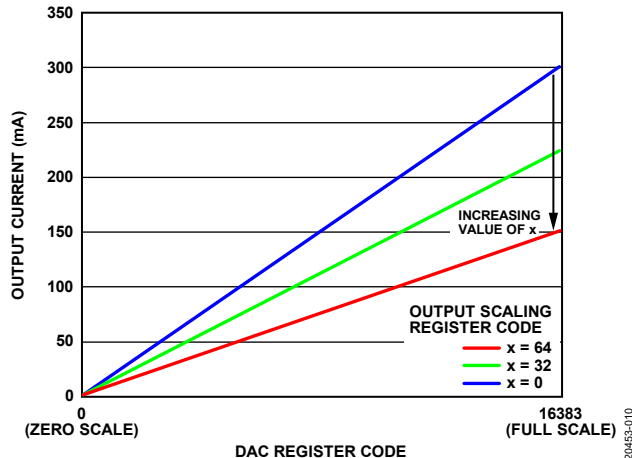


図 10. 出力スケールリング・レジスタ・コードが出力電流範囲に及ぼす影響

温度モニタリングと考慮事項

AD5770R は、温度の代表として MUX_OUT ピンでの出力電圧を介して、デバイス内部のダイ温度をモニタリングします。内部ダイ温度をモニタリングするには、最初に内部マルチプレクサを設定し、次に内部ダイオードのバイアス電流を選択します。内部ダイオードは、温度センサーとして動作します。外部バイアス電流を使用する場合は、マルチプレクサ (MUX) バッファをバイパスさせてからバイアス電流源をイネーブルします。この機能における MUX_OUT ピン設定の詳細については、AD5770R のデータシートを参照してください。図 11 に、内部ダイ温度のモニタリングに注目した MUX_OUT 部の簡略ブロック図を示します。

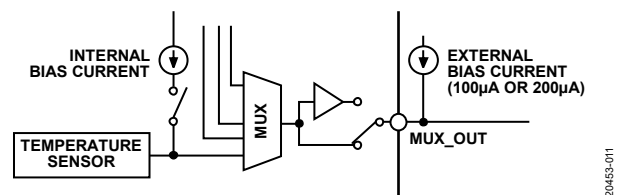


図 11. 温度モニタリングの機能ブロック図

バイアス電流には、内部バイアス電流、100µA の外部バイアス電流、および 200µA の外部バイアス電流という 3 つのオプションがあります。使用するバイアス電流に応じて、 $^{\circ}\text{C}$ 単位の等価温度を以下のいずれかの式で表すことができます。

$$T = \frac{700 \text{ mV} - V_D}{1.8 \text{ mV}} + 25 \quad (5)$$

ここで、

T は、内部バイアス電流を使用した場合のダイ温度、
 V_D は、ダイオードの電圧です。

$$T = \frac{800 \text{ mV} - V_D}{1.3 \text{ mV}} + 25 \quad (6)$$

ここで T は、100µA の外部バイアス電流を使用した場合のダイ温度です。

$$T = \frac{1.04 \text{ V} - V_D}{0.9 \text{ mV}} + 25 \quad (7)$$

ここで T は、200µA の外部バイアス電流を使用した場合のダイ温度です。

内部ダイ温度が警告制限 (120°C) またはシャットダウン温度制限 (145°C) を超えた場合に、アプリケーション・システムに対してフラグを立てるために、AD5770R は過熱警告と過熱シャットダウン・アラート機能を備えています。過熱アラート機能では、過熱からデバイスを保護するために出力電流段をシャットダウンするように設定することもできます。

AD5770R の内部ジャンクション温度 (T_J) は、周辺温度 (T_A) を用いて以下の式で概算できます。

$$T_J = (\theta_{JA} \times P_{DISS}) + T_A \quad (8)$$

ここで、

θ_{JA} は、ジャンクションから周辺への熱抵抗です。

P_{DISS} は、消費電力です。

式 8 を変形すると、最大消費電力 (式 9 を参照) または最大周辺温度 (式 10 を参照) を概算できます。銅プレーンとビアを追加実装し、これらをデバイスと直接接続することによって最大動作周辺温度と消費電力を改善できます。ヒートシンクをケースの上部に実装することもできます。どちらの方法も表面積が増加するため、高速に放熱できます。

$$P_{DISS(max)} = \frac{T_J(max) - T_A}{\theta_{JA}} \quad (9)$$

$$T_A(max) = T_J(max) - P_{DISS} \times \theta_{JA} \quad (10)$$

バイポーラ電流源と誘導性負荷

ローレンツ力で駆動されるマイクロマシン (MEMS) アクチュエータは、小さな電圧 (3.3V または 5V) で大きな変位を得られるため、優位性があります。この合力 (変位) は、磁界の磁束密度と、可動部を通過する電流量によって決まります。磁束密度が一定ならば、アクチュエータ電流を加減すると変位が変わります。図 12 に、電流と変位の関係を示します。

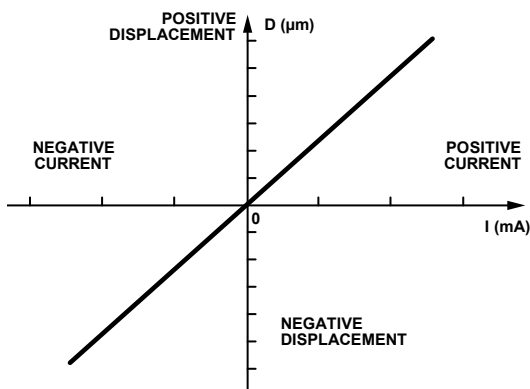


図 12. MEMS アクチュエータにおける電流と変位の関係

アクチュエータを両方向に移動できるようにするため、MEMS アクチュエータにはバイポーラ駆動電流が必要です。IDAC0 ピンだけが電流をソースおよびシンクすることができます。図 13 に示す回路は、電流のソース機能だけを持つ他のチャンネルでも実装できます。この回路は標準的な H ブリッジです。スイッチ S1 とスイッチ S4 が閉じられているとき、スイッチ S2 とスイッチ S3 を開くと、電流が MEMS アクチュエータの左から右に流れます。スイッチ S2 とスイッチ S3 が閉じられているとき、スイッチ S1 とスイッチ S4 を開くと、電流が MEMS アクチュエータの右から左に流れます。これら 2 つの組み合わせにより、バイポーラ電流がアクチュエータを通して流れます。MEMS アクチュエータが誘導性であるため、出力の安定性を確保するために IDACx ピンに補償コンデンサ (C_{COMP}) が必要になる場合があります。IDACx ピンと AGND ピンの間に 22nF のコンデンサを配置すると、10μH の負荷の安定性を確保できます。なお、この容量性部品を配置すると、出力のセトリング時間が長くなる可能性があることに注意してください。

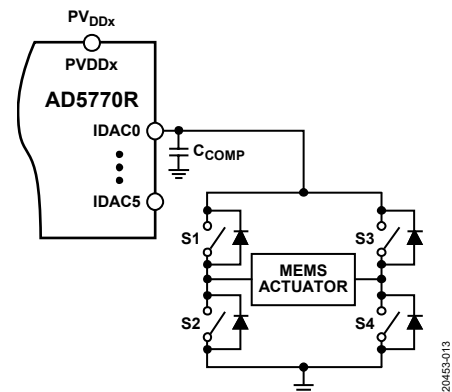


図 13. AD5770R を電流源モードにした場合の MEMS アクチュエータの駆動方法