

リファレンスと SPI を内蔵した 4 チャンネル 16 ビットの電圧出力 DAC

特長

- ▶ 16 ビット分解能、 $\pm 3\text{LSB}_{16}$ INL、 $\pm 1\text{LSB}_{16}$ DNL
- ▶ TUE（総合未調整誤差）：FSR の $\pm 0.22\%$ （最大値）
- ▶ オフセット誤差： $\pm 1.5\text{mV}$ （最大値）
- ▶ ゲイン誤差：FSR の $\pm 0.26\%$ （最大値）
- ▶ 100mA のソース電流を確保
- ▶ 超低ヘッドルーム：20mA 負荷で 12mV
- ▶ 内部電圧リファレンス：2.5V、5ppm/°C（代表値）
- ▶ ノイズ・スペクトル密度：55nV/√Hz（外部リファレンス）
- ▶ ノイズ・スペクトル密度：96nV/√Hz（内部リファレンス）
- ▶ 出力電圧、電流、およびダイ温度のモニタ
- ▶ SPI の書込みと読み出し：50MHz
- ▶ 電源電圧範囲：2.7V～5.5V
- ▶ デジタル・インターフェース：1.2V または 1.8V 互換
- ▶ 動作温度範囲：-40°C～+125°C
- ▶ 小型パッケージ：2.1mm × 2.2mm、25 ボール WLCSP

アプリケーション

- ▶ 光トランシーバ
- ▶ 試験および計測
- ▶ 工業用オートメーション
- ▶ データ・アキュイジション・システム

概要

AD3531/AD3531R は、低消費電力、4 チャンネル、16 ビット、バッファ付きの電圧出力 D/A コンバータ（DAC）で、ソフトウェアでプログラム可能なゲイン制御機能を備えており、2.5V のリファレンス電圧に対するフルスケール出力スパンは 2.5V または 5V です。これらのデバイスは 2.7V～5.5V の単電源で動作し、設計によって単調増加性が確保されています。AD3531R は、2.5V、5ppm/°C の内部リファレンス（デフォルトではディスエーブル）も搭載しています。

これらのデバイスは、出力電圧、電流、内部ダイ温度を監視できるマルチプレクサを内蔵しています。AD3531/AD3531R は、2.1mm × 2.2mm の 25 ボール WLCSP パッケージで提供されます。これらのデバイスにはパワーオン・リセット（POR）回路が組み込まれており、有効な書込みが実行されるまでの間、グラウンドとの間の 16kΩ の抵抗によって DAC の出力を維持します。これらの DAC はパワーダウン・モードも備えており、消費電力を 620μA（代表値）まで低減します。

シリアル・ペリフェラル・インターフェース（SPI）と MICROWIRE® 対応の 4 線式シリアル・インターフェースは、1.08V～1.98V のロジック・レベルと最大 50MHz のクロック・レートで動作します。

表 1. デバイス・ファミリ・リスト

Channel Count	Interface	Reference	16-Bit
8	SPI	Internal/External	AD3530R
8	SPI	External	AD3530
4	SPI	Internal/External	AD3531R
4	SPI	External	AD3531

機能ブロック図

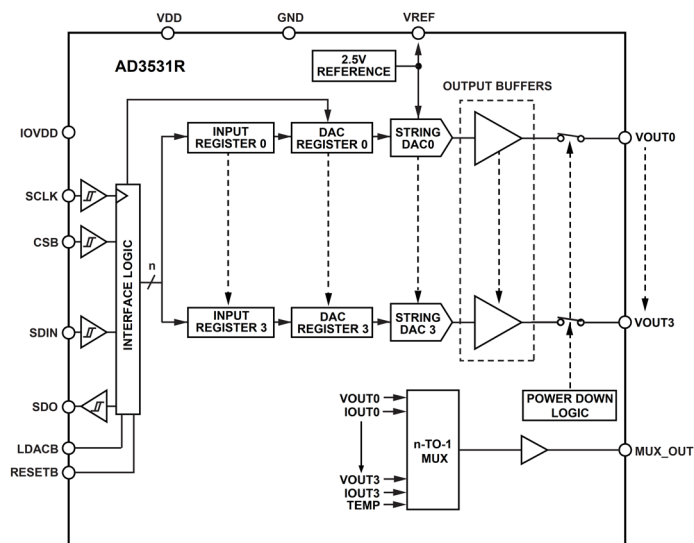


図 1. 機能ブロック図

Rev. 0

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

目次

特長	1	デバイス設定レジスタ	32
アプリケーション	1	チップ・タイプ・レジスタ	33
概要	1	製品 ID 下位レジスタ	33
機能ブロック図	1	製品 ID 上位レジスタ	33
仕様	3	チップ・グレード・レジスタ	34
電気的特性	3	スクラッチ・パッド・レジスタ	34
AC 特性	5	SPI リビジョン・レジスタ	34
タイミング特性	6	ベンダ ID 下位レジスタ	34
絶対最大定格	8	ベンダ ID 上位レジスタ	35
熱抵抗	8	ストリーム・モード・レジスタ	35
ESD に関する注意	8	転送設定レジスタ	35
ピン配置およびピン機能の説明	9	インターフェース設定 C レジスタ	36
代表的な性能特性	10	インターフェース・ステータス A レジスタ	36
用語の定義	20	出力動作モード 0 レジスタ	37
動作原理	21	出力制御 0 レジスタ	37
D/A コンバータ	21	リファレンス制御 0 レジスタ	38
電圧リファレンス	21	マルチプレクサ入力選択 0 レジスタ	38
内蔵マルチプレクサ	21	ステータス制御レジスタ	39
DAC のコア機能	22	ハードウェア LDAC イネーブル 0 レジスタ	39
パワーオン・リセット	22	ソフトウェア LDAC イネーブル 0 レジスタ	40
シリアル・インターフェース	23	DAC レジスタ	40
CRC エラーの検出	25	複数 DAC レジスタ	41
アプリケーション情報	26	複数 DAC 選択 0 レジスタ	41
電源の推奨事項	26	ソフトウェア LDAC トリガ 0 レジスタ	41
レイアウトのガイドライン	26	複数入力レジスタ	42
DAC の更新	26	複数入力選択 0 レジスタ	42
ヘッドルームとフットルーム	29	ソフトウェア LDAC トリガ 0 レジスタ	43
レジスタの一覧	30	入力レジスタ	43
レジスタの詳細	32	外形寸法	44
インターフェース設定 A レジスタ	32	オーダー・ガイド	44
インターフェース設定 B レジスタ	32	評価用ボード	44

改訂履歴

4/2025—Revision 0: Initial Version

仕様

電気的特性

VDD = 2.7V~5.5V、IOVDD = 1.08V~1.98V、VREF = 2.5V（内部または外部）、負荷抵抗（ R_L ）= 2k Ω 、負荷容量（ C_L ）= 200pF。特に指定のない限り、すべての仕様は $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ における値で、代表値は $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ での値。

表 2. 電気的特性

Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions/Comments
STATIC PERFORMANCE¹					
Resolution	16			Bits	
Integral Nonlinearity Error (INL)		± 3	± 10	LSB	Range = 0 to VREF
		± 3	± 10	LSB	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Differential Nonlinearity Error (DNL)			± 1	LSB	Range = 0 to VREF and guaranteed monotonic
			± 1	LSB	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$ and guaranteed monotonic
Zero-Code Error		+0.22	± 1	mV	Range = 0 to VREF or range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Offset Error		-0.16	± 1.5	mV	Range = 0 to VREF
		-0.23	± 1.6	mV	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Full-Scale Error		-0.05	± 0.26	% of FSR	Range = 0 to VREF
		-0.06	± 0.18	% of FSR	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Gain Error		-0.05	± 0.26	% of FSR	Range = 0 to VREF
		-0.06	± 0.18	% of FSR	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Total Unadjusted Error (TUE)		-0.04	± 0.22	% of FSR	Range = 0 to VREF
		-0.04	± 0.16	% of FSR	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Zero-Code Error Drift			± 1.3	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Range = 0 to VREF or range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Offset Error Drift			± 1.3	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	Range = 0 to VREF or range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Full-Scale Error Drift			± 200	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	Range = 0 to VREF or range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
Gain Error Drift			± 40	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	Range = 0 to VREF or range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
DC Power Supply Rejection Ratio (PSRR)		0.03		mV/V	DAC code = midscale and supply voltage (V_{DD}) = $5\text{V} \pm 10\%$
DC Crosstalk		± 6	± 14	μV	Due to single channel, full-scale output change, internal reference, and range = 0 to VREF
		± 0.6		$\mu\text{V}/\text{mA}$	Due to load current change, external reference, and range = 0 to $2 \times \text{VREF}$
		± 11	± 26	μV	Due to powering down (per channel), internal reference, and range = 0 to VREF
OUTPUT CHARACTERISTICS					
Output Power-Up State		16		k Ω	Pull-down resistance
Output Voltage Range	0		2.5	V	Range = 0 to VREF, internal reference, and $V_{DD} > \text{VREF}$
	0		5	V	Range = 0 to $2 \times \text{VREF}$, internal reference, and $V_{DD} > 2 \times \text{VREF}$
Maximum Capacitive Load		2		nF	$R_L = \infty$
		5		nF	$R_L = 1\text{k}\Omega$
Load Regulation		40	50	$\mu\text{V}/\text{mA}$	$V_{DD} = 5\text{V} \pm 10\%$, DAC code = midscale, and $-30\text{mA} \leq \text{output current } (I_{OUT}) \leq +30\text{mA}$
		40	50	$\mu\text{V}/\text{mA}$	$V_{DD} = 3\text{V} \pm 10\%$, DAC code = midscale, and $-20\text{mA} \leq I_{OUT} \leq +20\text{mA}$
Short-Circuit Current ²	100			mA	Sourcing
	80			mA	Sinking
Headroom	20	12		mV	Source current = 20mA
Footroom	45	24		mV	Sink current = 20mA
Load Impedance at Rails		0.625		Ω	V_{DD} , sourcing
		1.25		Ω	GND, sinking
Power-Up Time		5		μs	Exiting power-down mode and $V_{DD} = 5\text{V}$

仕様

表 2. 電気的特性 (続き)

Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions/Comments
REFERENCE INPUT					
Reference Input Current		375		μA	$V_{\text{REF}} = V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$ and range = 0 to V_{REF}
		750		μA	$V_{\text{REF}} = V_{\text{DD}} = 5.5\text{V}$ and range = 0 to $2 \times V_{\text{REF}}$
Reference Input Range	1		V_{DD}	V	Range = 0 to V_{REF}
	1		$V_{\text{DD}}/2$	V	Range = 0 to $2 \times V_{\text{REF}}$
Reference Input Impedance		15.0		$\text{k}\Omega$	Range = 0 to V_{REF}
		7.5		$\text{k}\Omega$	Range = 0 to $2 \times V_{\text{REF}}$
REFERENCE OUTPUT					
Output voltage (V_{OUT})	2.4975		2.5025	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$
Voltage Reference Temperature Coefficient (TC) ³		5	15	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$	WLCSP
		5	10	$\text{ppm}/^\circ\text{C}$	WLCSP; $T_J = 25^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$
Output Impedance		0.06		Ω	
Output Voltage Noise		25		$\mu\text{V p-p}$	0.1Hz to 10Hz
Output Voltage Noise Density		96		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	At T_A , $f = 10\text{kHz}$, $C_L = 10\text{nF}$, and range = 0 to V_{REF} or 0 to $2 \times V_{\text{REF}}$
Maximum Capacitive Load		0.5		nF	
Load Regulation Sourcing		60		$\mu\text{V}/\text{mA}$	At ambient temperature
Output Current Load Capability		5		mA	Sourcing
		100		μA	Sinking
Line Regulation		10		$\mu\text{V}/\text{V}$	At ambient temperature
Long-Term Stability Drift		55		ppm	After 1000 hours at 25°C
Thermal Hysteresis		125		ppm	First cycle
		25		ppm	Additional cycles
INTEGRATED MULTIPLEXER					
Buffer Output Current		± 10		mA	
Buffer Output Impedance		0.9		Ω	
Buffer Offset		10		mV	
Maximum Capacitive Load		470		pF	
Multiplexer (Mux) Switching Glitch ⁴		0.5		mV	
LOGIC INPUTS					
Input Current			± 1	μA	Per pin
Input Low Voltage (V_{IL})			$0.3 \times \text{IOVDD}$	V	
Input High Voltage (V_{IH})	$0.7 \times \text{IOVDD}$			V	
Input Capacitance		2		pF	
LOGIC OUTPUT (SDO)					
Output Low Voltage (V_{OL})			0.4	V	Sink current (I_{SINK}) = $200\mu\text{A}$
Output High Voltage (V_{OH})	$\text{IOVDD} - 0.4$			V	Source current (I_{SOURCE}) = $200\mu\text{A}$
Floating State Output Capacitance		2		pF	
POWER REQUIREMENTS					
IOVDD	1.08		1.98	V	
IOVDD Pin Current (I_{IOVDD})			16	μA	
VDD	2.7		5.5	V	Range = 0 to V_{REF}
	$V_{\text{REF}} + 1.5$		5.5	V	Range = 0 to $2 \times V_{\text{REF}}$
VDD Current (I_{VDD})					$V_{\text{IH}} = V_{\text{DD}}$, $V_{\text{IL}} = \text{GND}$, and $V_{\text{DD}} = 2.7\text{V}$ to 5.5V
Normal Operation ⁵		2.8	3.4	mA	External reference
		3.85	4.3	mA	Internal reference

仕様

表 2. 電気的特性（続き）

Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions/Comments
500Ω to GND, 3.85kΩ to GND, and 16kΩ to GND ⁶		0.67	0.85	mA	External reference
		1.45	1.7	mA	Internal reference

¹ 特に指定のない限り、DC 仕様は出力無負荷でテスト。直線性は、256～65279 の縮小コード範囲を使って計算。

² このデバイスは、一時的過負荷状態でデバイスを保護することを目的とした電流制限機能を内蔵しています。電流制限時にはジャンクション温度の限度を超える可能性があります。仕様規定された最大動作ジャンクション温度を超えての動作は、デバイスの信頼性を損なう可能性があります。

³ 電圧リファレンスの温度係数はボックス法に従って計算します。詳細については、用語の定義のセクションを参照してください。

⁴ MUX_OUT_SELECT (SEL) を通じて異なるチャンネルをモニタしているときに、VOUTn チャンネルに現れるピーク電圧グリッチ。

⁵ インターフェースは非アクティブ。すべてのチャンネルは動作モード 0 で、出力が無負荷の状態。

⁶ インターフェースは非アクティブ。すべてのチャンネルは動作モード 1、2、または 3。

AC 特性

特に指定のない限り、VDD = 2.7V～5.5V、1.08V ≤ IOVDD ≤ 1.98V、VREF = 2.5V（外部）、RL = 2kΩ～GND、CL = 200pF、すべての仕様は TJ = -40°C～+125°C における値で、代表値は TA = 25°C での値。

表 3. AC 特性

Parameter	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition/Comments
OUTPUT VOLTAGE SETTLING TIME		5	7.9	μs	¼ to ¾ scale settling to ±2 LSB
SLEW RATE		1		V/μs	
DIGITAL-TO-ANALOG GLITCH IMPULSE		1		nV-sec	1 LSB change around major carry, internal reference, and range = 0 to VREF
DIGITAL FEEDTHROUGH		0.09		nV-sec	Internal reference
CROSSTALK ¹					
Digital		0.09		nV-sec	Internal reference
Analog		-0.2		nV-sec	Internal reference and range = 0 to VREF
DAC-to-DAC		-0.3		nV-sec	Internal reference and range = 0 to 2 × VREF
TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD) ²		-93		dB	At TA = 25°C, bandwidth = 20kHz, VDD = 5V, output frequency (fOUT) = 1kHz, internal reference, and range = 0 to 2 × VREF
OUTPUT NOISE SPECTRAL DENSITY		55		nV/√Hz	DAC code = midscale, 10kHz, range = 0 to 2 × VREF, and external reference
		96		nV/√Hz	DAC code = midscale, 10kHz, range = 0 to 2 × VREF, and internal reference
OUTPUT NOISE		6.6		μV p-p	0.1Hz to 10Hz and range = 0 to VREF
SIGNAL-TO-NOISE RATIO (SNR)		92		dB	At TA = 25°C, bandwidth = 20kHz, VDD = 5V, fOUT = 1kHz, and internal reference
SPURIOUS-FREE DYNAMIC RANGE (SFDR)		84		dB	At TA = 25°C, bandwidth = 20kHz, VDD = 5V, fOUT = 1kHz, and internal reference
SIGNAL-TO-NOISE-AND-DISTORTION RATIO (SINAD)		90		dB	At TA = 25°C, bandwidth = 20kHz, VDD = 5V, fOUT = 1kHz, internal reference, and range = 0 to 2 × VREF

¹ 用語の定義のセクションを参照してください。特に指定のない限り、内部リファレンスとレンジ = 0～VREF で測定。

² デジタル的に生成した 1kHz のサイン波 (fOUT)。

仕様

タイミング特性

すべての入力信号は立上がり時間 (t_R) = 立下がり時間 (t_F) = $1\text{ns}/V$ (V_{DD} の 10%~90%) で仕様規定され、電圧レベル($V_{INL} + V_{INH}$)/2 からの時間。 $V_{DD} = 2.7\text{V} \sim 5.5\text{V}$, $1.08\text{V} \leq \text{IOVDD} \leq 1.98\text{V}$, および $V_{REF} = 2.5\text{V}$ 。特に指定のない限り、すべての仕様は $T_J = -40^\circ\text{C} \sim +125^\circ\text{C}$ での値。

表 4. SPI インターフェースのタイミング仕様

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
t_1	SCLK cycle time	20 80 ¹			ns
t_2	SCLK high time		$t_1/2$		ns
t_3	SCLK low time		$t_1/2$		ns
t_4	SCLK rising edge to CSB falling edge	10			ns
t_5	CSB falling edge to SCLK rising edge setup time	7			ns
t_6	SCLK rising edge to CSB rising edge	4			ns
t_7	CSB rising edge to SCLK rising edge	6			ns
t_8	Data hold time	2			ns
t_9	Data setup time	5			ns
t_{10}	CSB high time (single, combined, or all channel update)	10			ns
t_{11}	SCLK falling edge to SDO data available			9	ns
t_{12}	SCLK falling edge to SDO data remains valid			10	ns
t_{13}	CSB rising edge to SDO disabled			9	ns
t_{14}	SCLK falling edge to SDO enabled			10	ns
t_{15}	Last SCLK rising edge to VOUT transition start		3		μs
t_{16}	RESETB pulse width		2.5		μs
t_{17}	RESETB falling edge to VOUT transition		3		μs
t_{18}	RESETB rising edge to SPI transaction begin		150		ns

¹ ストリーム・モード機能だけに適用。

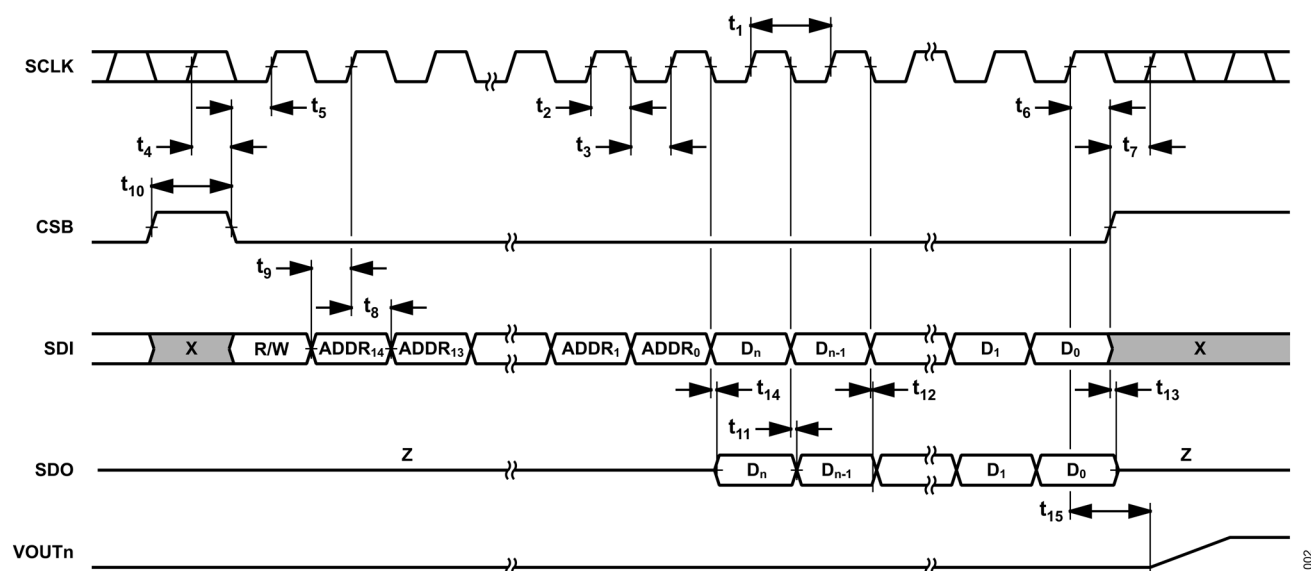


図 2. シリアル読み動作と書き込み動作

仕様

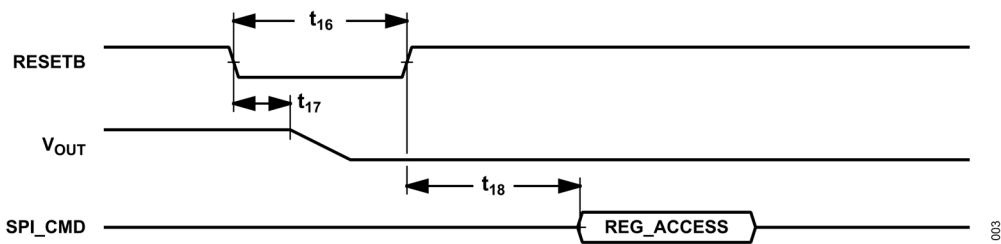


図 3. リセット・タイミング

表 5. LDAC のタイミング仕様

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
t_{L1}	LDACB pulse width (For both CSB==1 and CSB==0)	120			ns
t_{L2}	LDACB falling edge to SPI DAC update.	640			ns
t_{L3}	SPI DAC update to LDACB negative edge.	640			ns
t_{L4}	LDACB falling edge to VOUT transition		1.3		μs

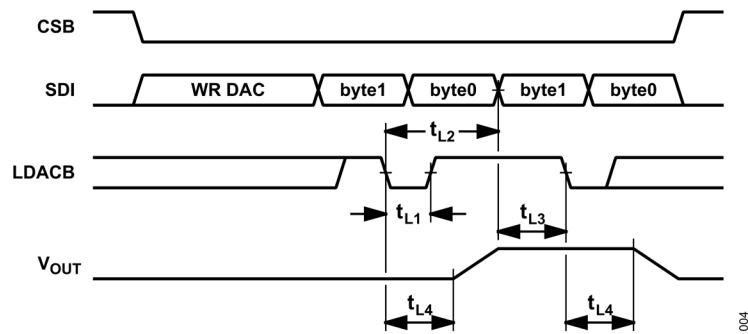


図 4. LDAC のタイミング

絶対最大定格

表 6. 絶対最大定格

Parameter	Rating
VDD to GND	-0.3V to +6.5V
IOVDD to GND	-0.3V to +2.1V
VOU _{Tn} to GND	-0.3V to VDD + 0.3V
VREF ¹ to GND	-0.3V to VDD + 0.3V
Digital Input Voltage to GND	-0.3V to IOVDD + 0.3V
Temperature	
Operating Junction Temperature Range	-40°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Absolute Maximum Junction Temperature	150°C
Reflow Soldering Peak Temperature, Pb-Free (J-STD-020)	260°C

¹ リファレンス入力ピンとして設定。

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

熱抵抗

熱性能は、プリント回路基板（PCB）の設計と動作環境に直接関連しています。PCB の熱設計には細心の注意を払う必要があります。

θ_{JA} は 1 立方フィートの密閉容器内で測定された自然対流時の周囲とジャンクション間の熱抵抗、 θ_{JB} はジャンクションとボード間の熱抵抗、 θ_{JC} はジャンクションとケース間の熱抵抗、 Ψ_{JT} はジャンクションと上面間の熱特性評価パラメータ、 Ψ_{JB} はジャンクションとボードの間の熱特性値です。

表 7. 熱抵抗

Package Type	θ_{JA}	θ_{JB}	θ_{JC}	Ψ_{JT}	Ψ_{JB}	Unit
CB-25-11 ¹	43.71	9.64	4.75	4.42	9.64	°C/W

¹ 4 個のサーマル・ビアを持つ JEDEC 2S2P ボードを使用した自然空冷（空気流 0m/sec）の場合のシミュレーション値。

ESD に関する注意



ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。

電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能の説明

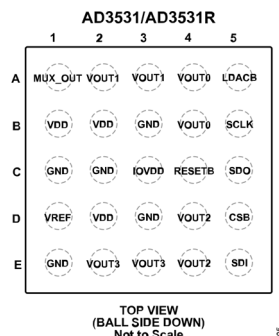


図 5. WLCSP のピン配置

表 8. ピン機能の説明

WLCSP	記号	タイプ	説明
A1	MUX_OUT	AO	アナログ・マルチプレクサ。MUX_OUT ピンは、選択したチャンネルの内部ダイ温度、出力電圧、および出力電流をモニタするために使用します。
B1, B2, D2	VDD	S	電源入力。AD3531/AD3531R は 2.7V~5.5V で動作します。VDD 電源は、10μF のコンデンサと 0.1μF のコンデンサを並列にして GND に接続することによりデカップリングします。
C3	IOVDD	DI	デジタル電源。IOVDD ピンの電圧仕様は表 2 に規定されています。
B3, C1, C2, D3, E1	GND	S	デバイスのすべての回路のグラウンド基準ポイント。
D1	VREF	AI/O	リファレンス出力電圧。内部リファレンスを使用する場合、これはリファレンス出力ピンになります。デフォルトでは、VREF はリファレンス入力です。
E5	SDI	DI	シリアル・データ入力。ロジック入力。デバイスに書き込むデータを提供し、SCLK の立上がりエッジに合わせてレジスタに入力されます。
D5	CSB	DI	アクティブ・ローの制御入力。これは、入力データに対するフレーム同期化信号です。
C4	RESETB	DI	非同同期リセット・ピン。立下がりエッジで動作するアクティブ・ローのロジック入力です。詳細については、 ハードウェア・リセット のセクションを参照してください。
C5	SDO	DO	シリアル・データ出力。ロジック出力。リードバック動作を行うと、この出力ピンにシリアル・データ・ストリームとしてデータが供給されます。データは SCLK の立下がりエッジでクロック出力され、SCLK の立上がりエッジで有効になります。
B5	SCLK	DI	シリアル・クロック入力。書き込み動作時は最大 50MHz、読出し動作時は最大 25MHz のレートでデータを転送します。
A5	LDACB	DI	非同同期ロード DAC ピン。立下がりエッジで動作するアクティブ・ローのロジック入力です。詳細については、 ハードウェア LDAC のセクションを参照してください。
A4, B4	VOUT0	AO	DAC 0 からのアナログ出力電圧。出力アンプはレール to レールで動作します。ピン A4 と B4 は短絡してください。
A2, A3	VOUT1	AO	DAC 1 からのアナログ出力電圧。出力アンプはレール to レールで動作します。ピン A2 と B3 は短絡してください。
D4, E4	VOUT2	AO	DAC 2 からのアナログ出力電圧。出力アンプはレール to レールで動作します。ピン D4 と E4 は短絡してください。
E2, E3	VOUT3	AO	DAC 3 からのアナログ出力電圧。出力アンプはレール to レールで動作します。ピン E2 と E3 は短絡してください。

代表的な性能特性

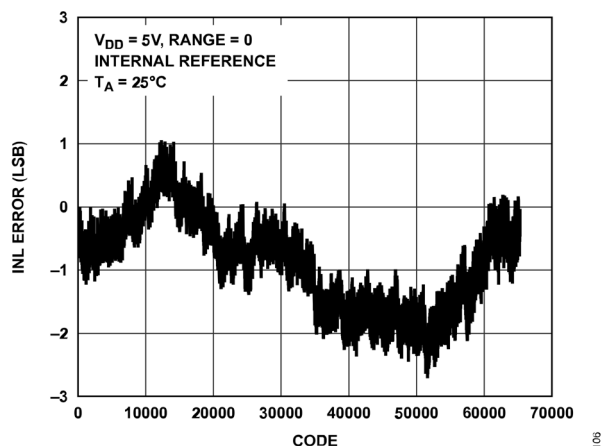


図 6. INL 誤差とコードの関係

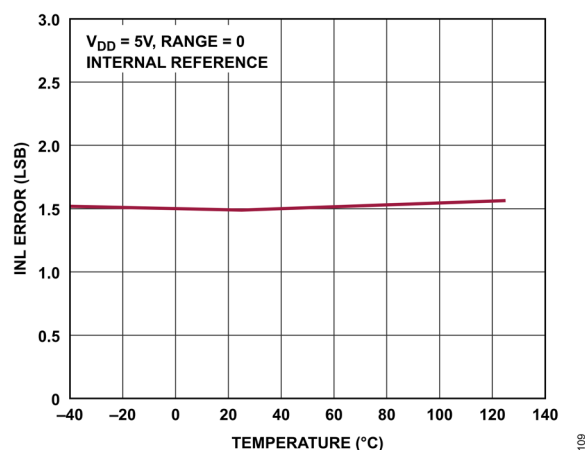


図 9. INL 誤差と温度の関係

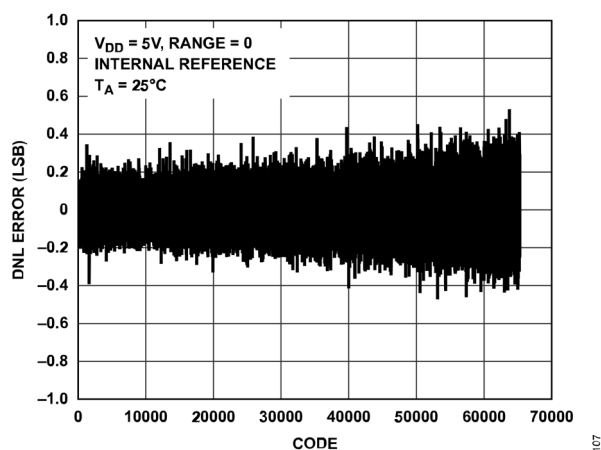


図 7. DNL 誤差とコードの関係

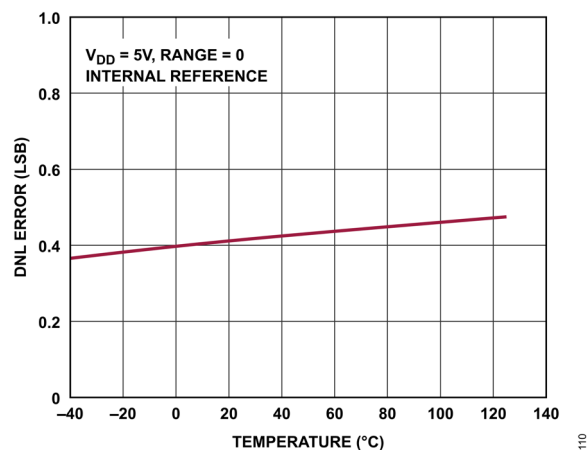


図 10. DNL 誤差と温度の関係

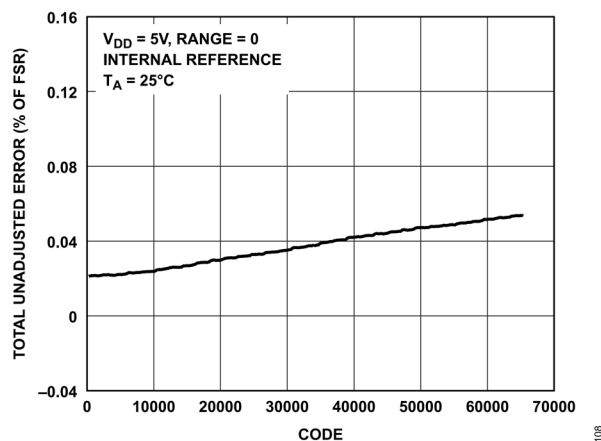


図 8. TUE とコードの関係

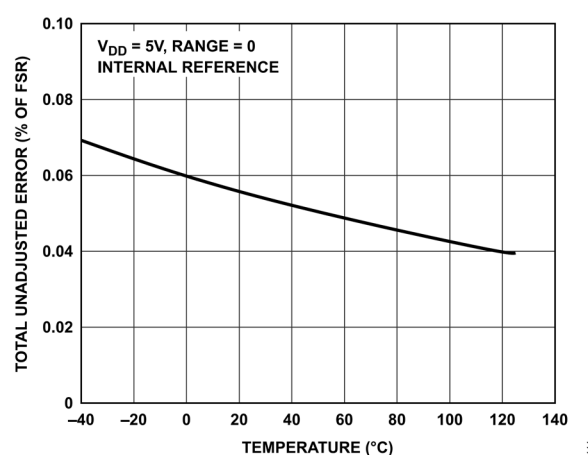


図 11. TUE と温度の関係

代表的な性能特性

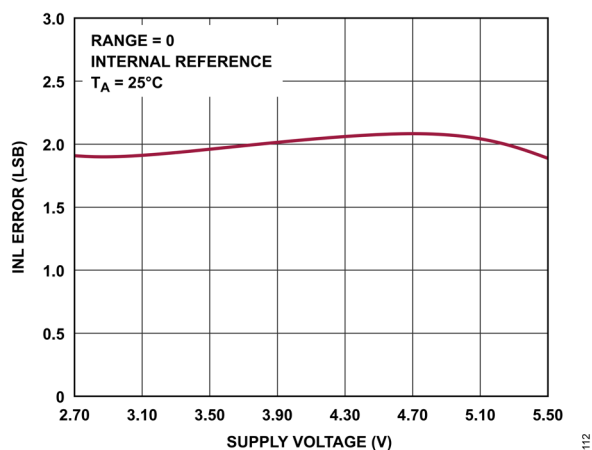


図 12. INL 誤差と電源電圧の関係

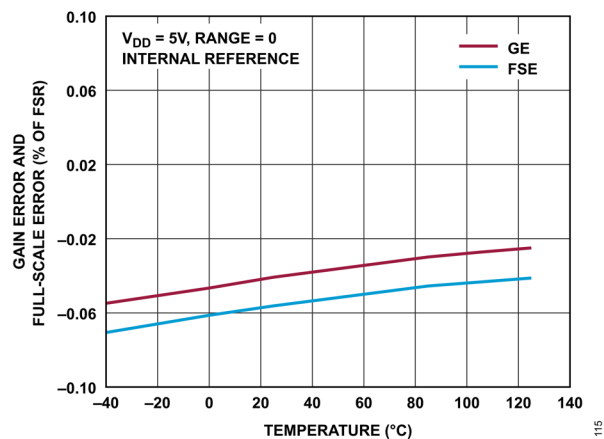


図 15. ゲイン誤差およびフルスケール誤差と温度の関係

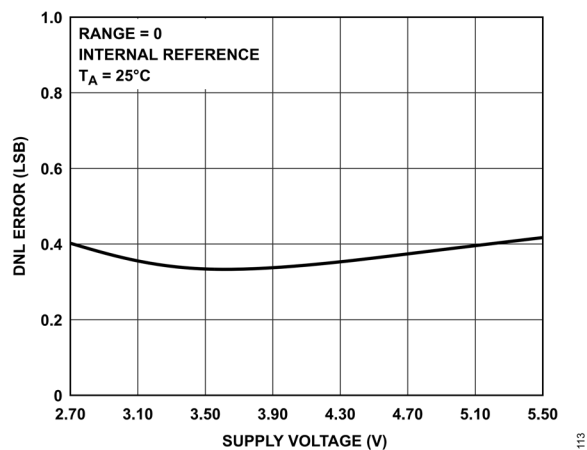


図 13. DNL 誤差と電源電圧の関係

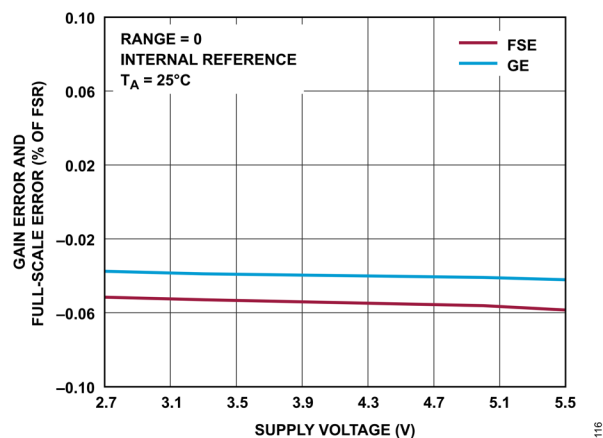


図 16. ゲイン誤差およびフルスケール誤差と電源電圧の関係

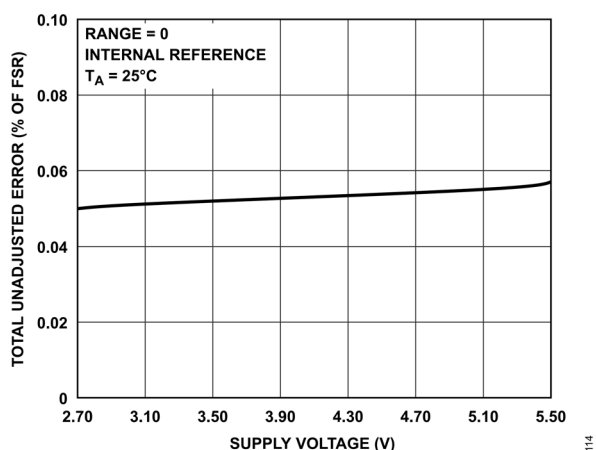


図 14. TUE と電源電圧の関係

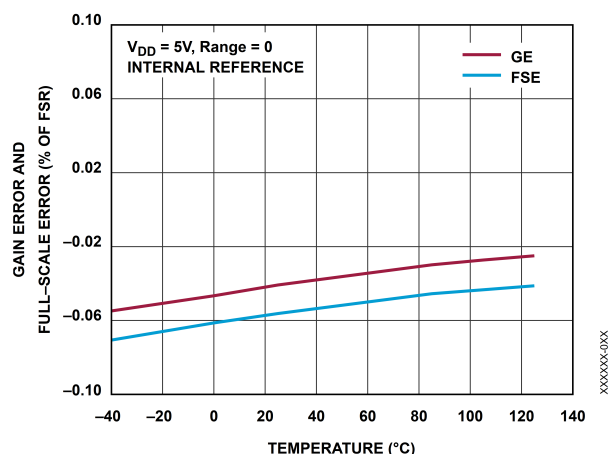


図 17. オフセット誤差およびゼロコード誤差と温度の関係

代表的な性能特性

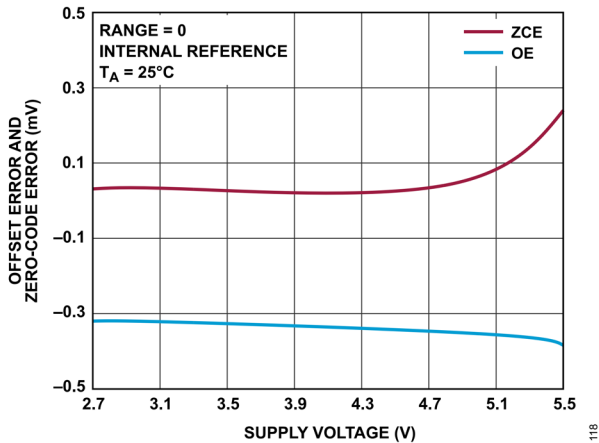


図 18. オフセット誤差およびゼロコード誤差と電源電圧の関係

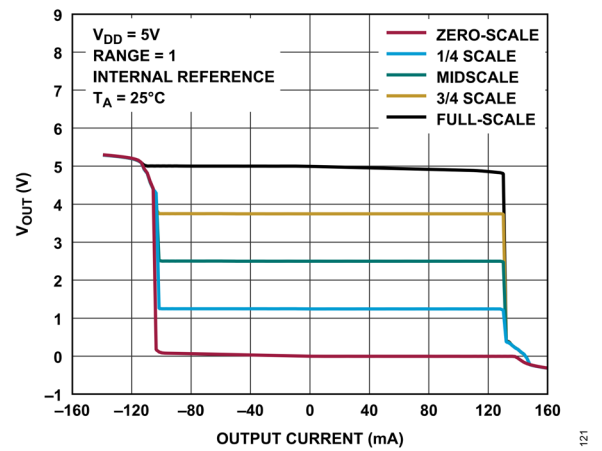


図 21. VDD = 5V でのソース能力とシンク能力

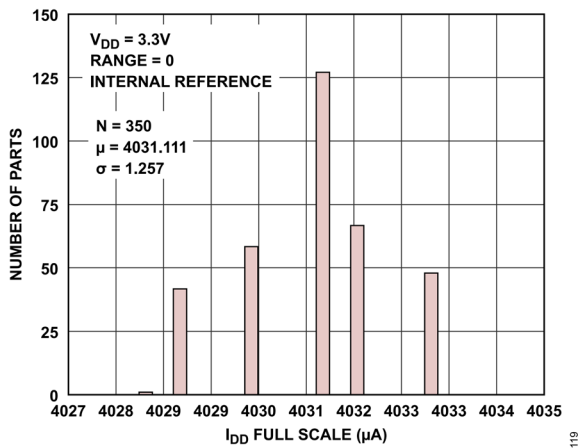


図 19. 内部リファレンス使用時の電源電流 (I_{DD}) ヒストグラム

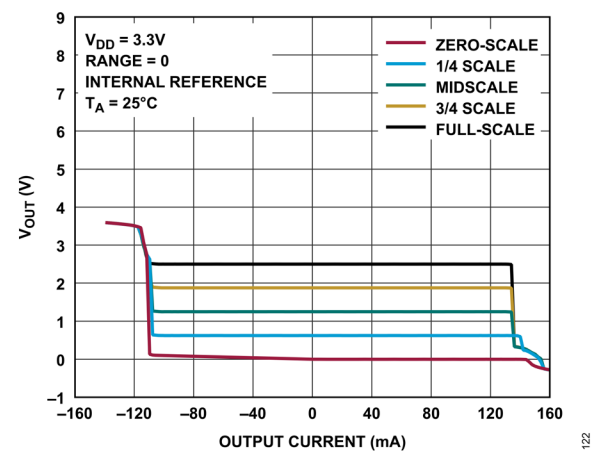


図 22. VDD = 3.3V でのソース能力とシンク能力

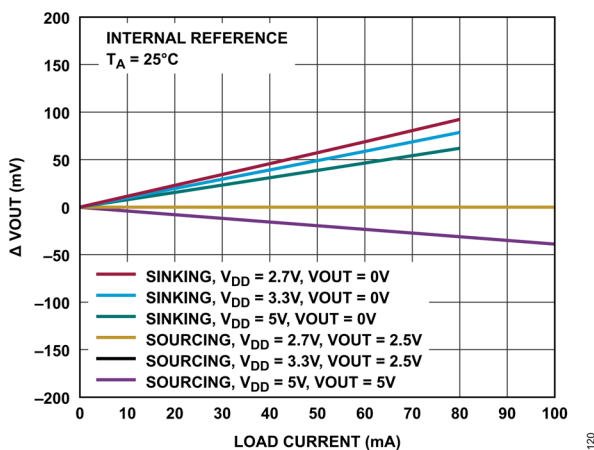


図 20. ヘッドルームおよびフットルーム (ΔV_{OUT}) と負荷電流の関係

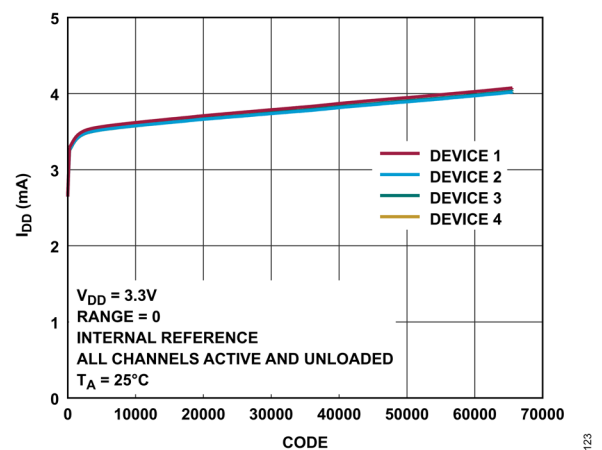


図 23. I_{DD} とコードの関係

代表的な性能特性

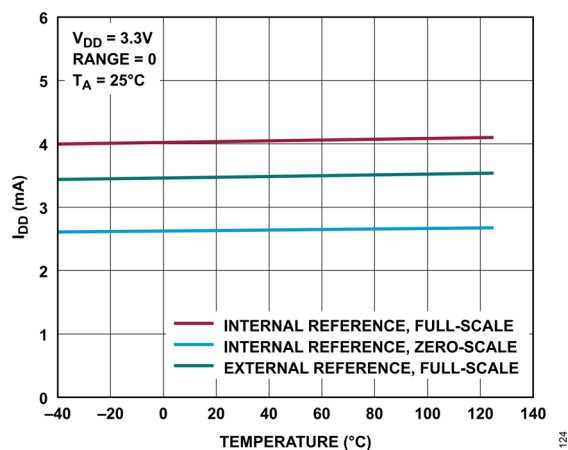


図 24. I_{DD} と温度の関係

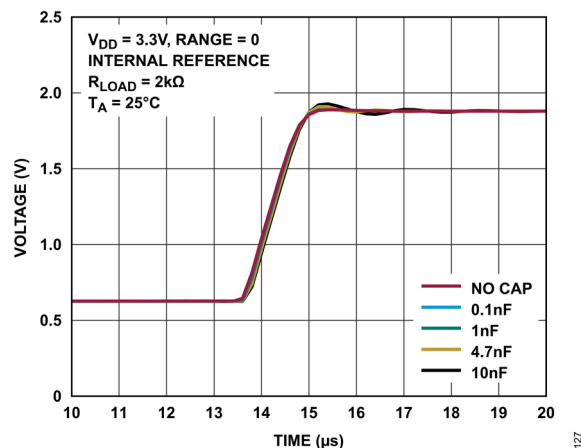


図 27. 異なる容量性負荷でのセッティング時間

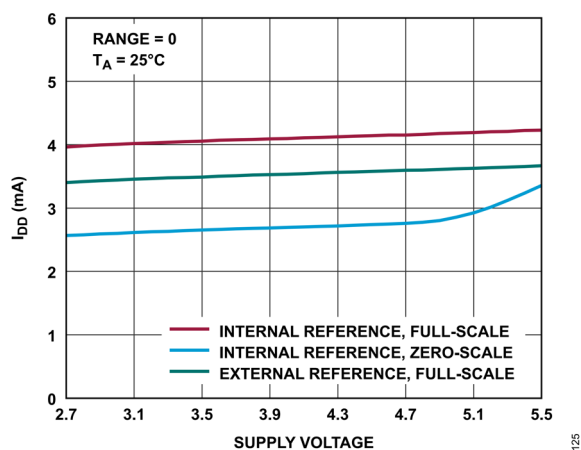


図 25. I_{DD} と電源電圧の関係

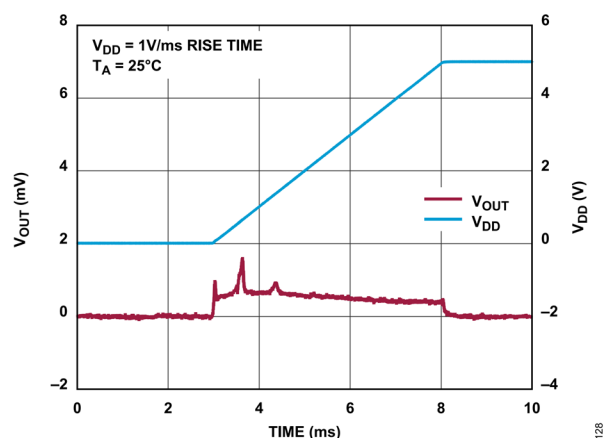


図 28. パワーオン・リセット時のスリーステート出力

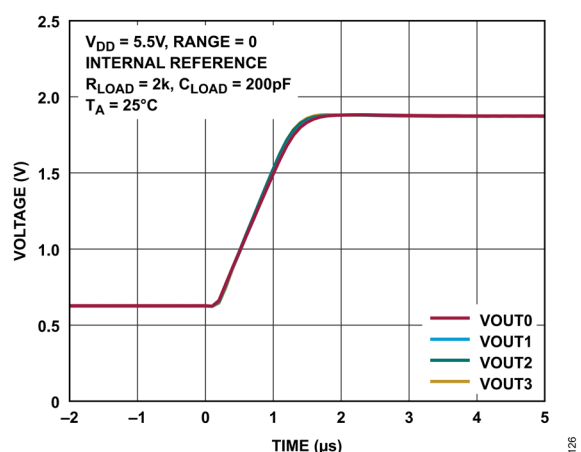


図 26. セッティング時間

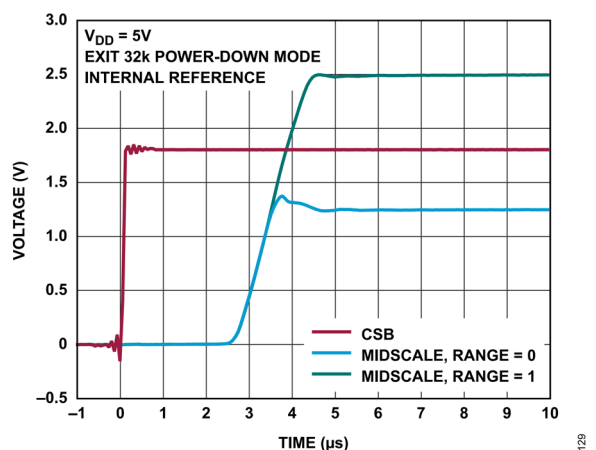


図 29. パワーダウン終了時のミッドスケール出力

代表的な性能特性

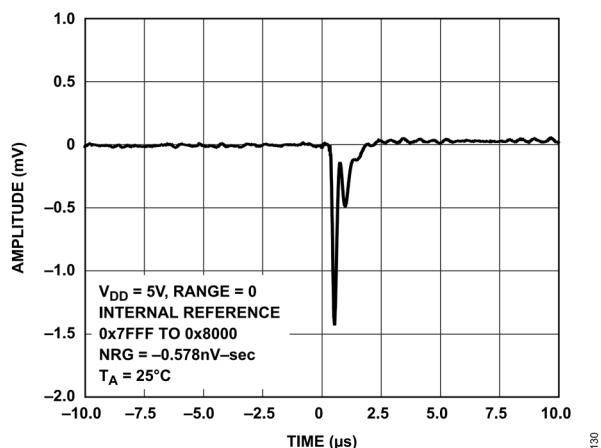


図 30. デジタル／アナログ・グリッチ・インパルス、5V

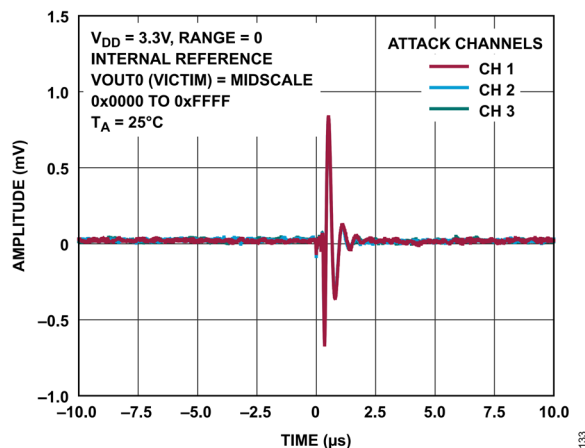


図 33. アナログ・クロストーク、3.3V

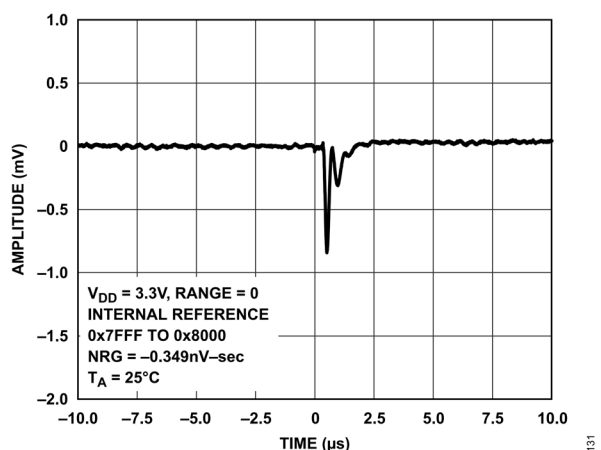


図 31. デジタル／アナログ・グリッチ・インパルス、3.3V

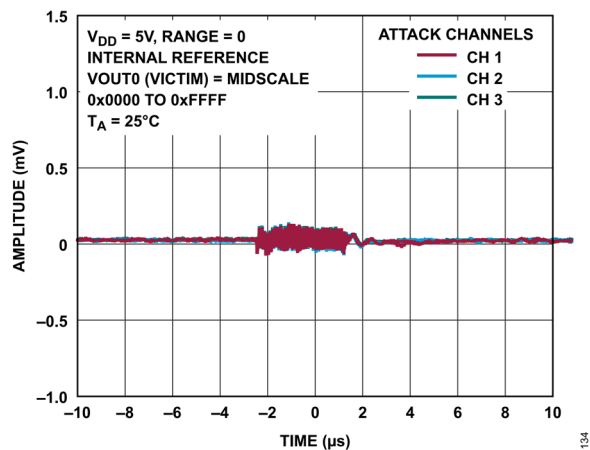


図 34. DAC 間クロストーク、5V

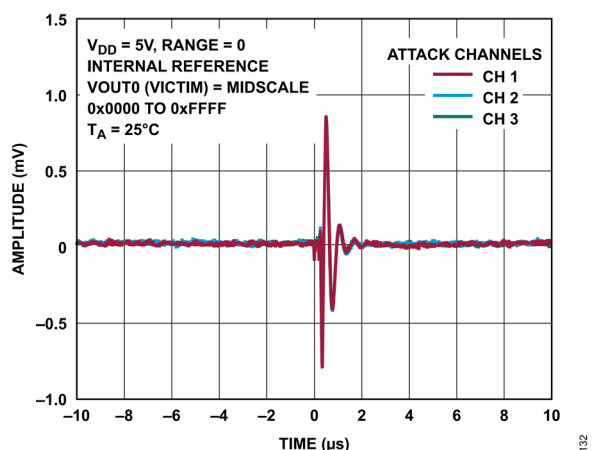


図 32. アナログ・クロストーク、5V

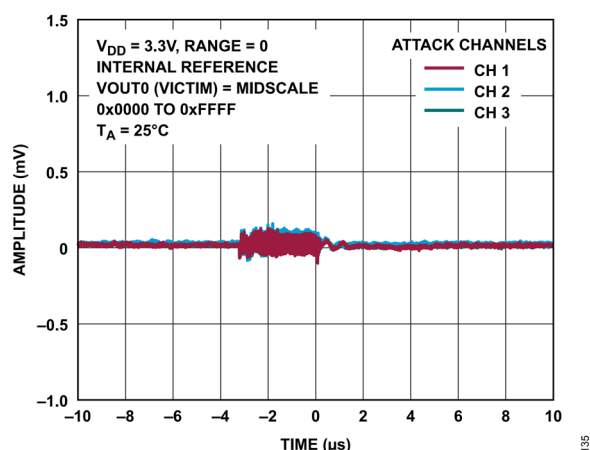


図 35. DAC 間クロストーク、3.3V

代表的な性能特性

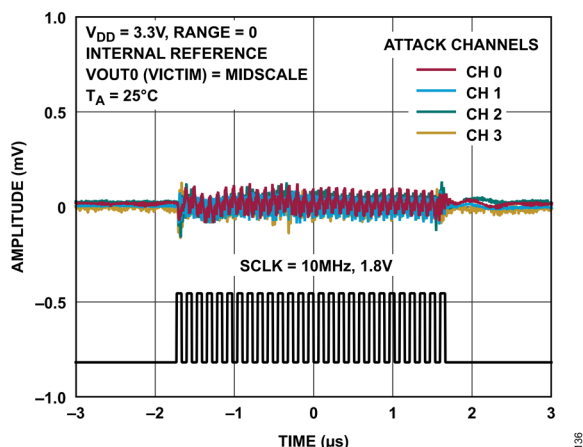


図 36. デジタル・フィードスルー

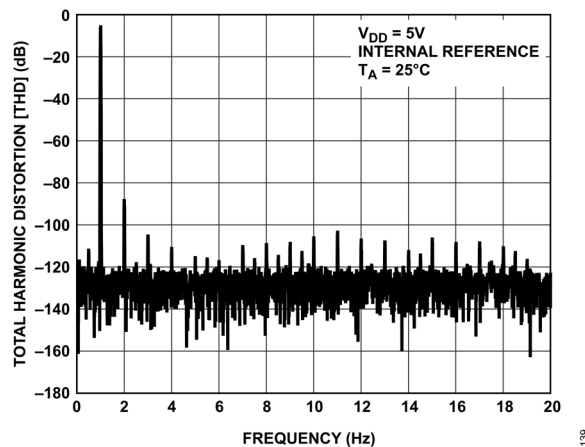


図 39. 1kHz での THD

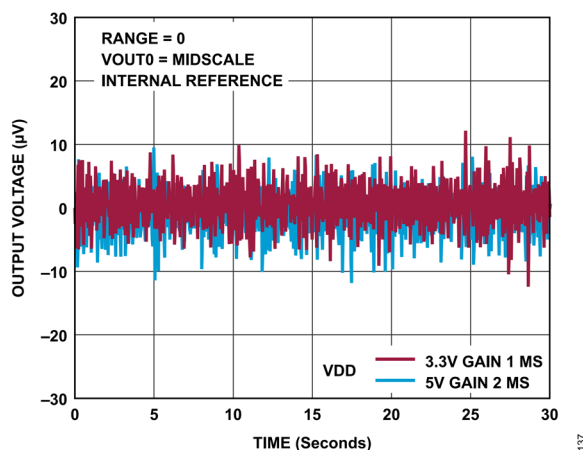


図 37. 0.1Hz~10Hz での出力ノイズ

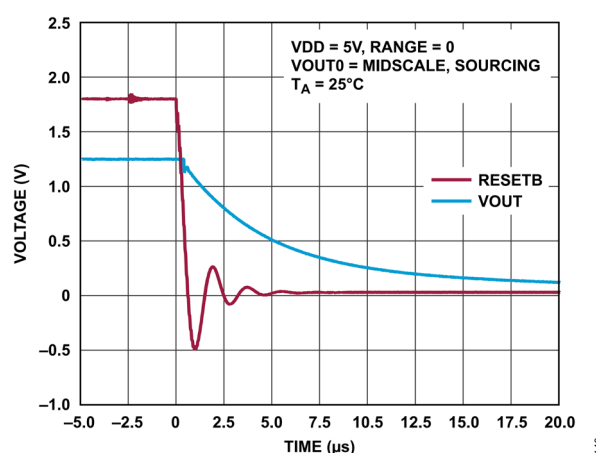


図 40. ハードウェア・リセット

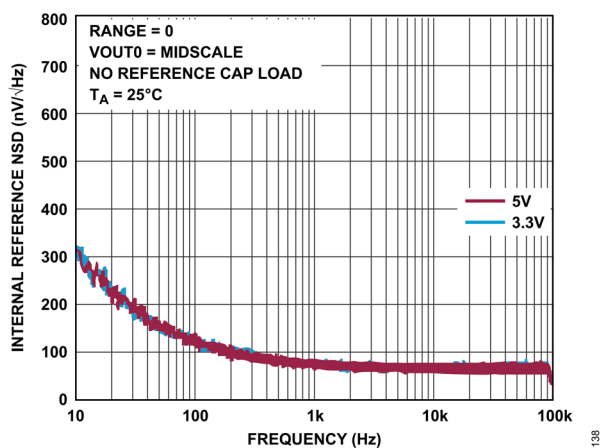


図 38. ノイズ・スペクトル密度 (NSD)

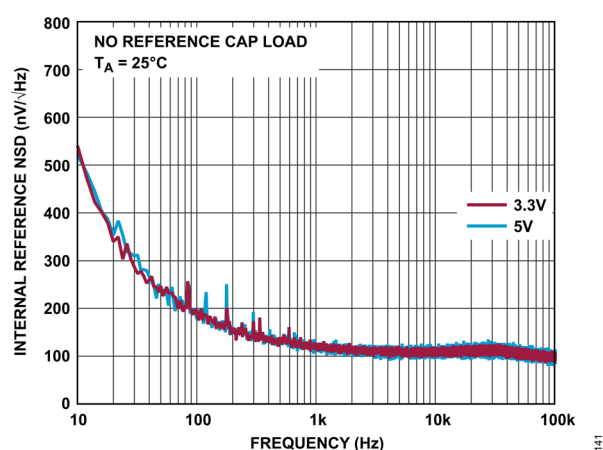


図 41. 内部リファレンス NSD と周波数の関係

代表的な性能特性

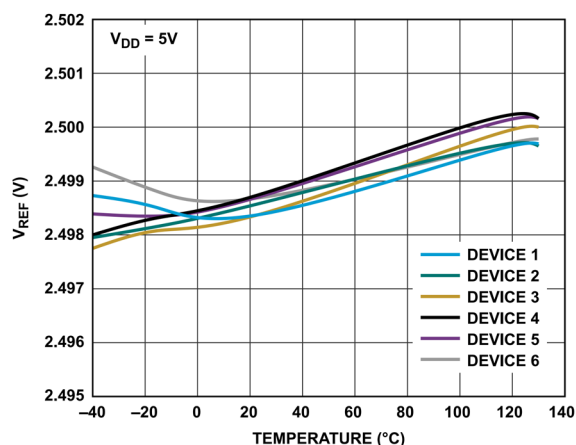


図 42. VREF と温度の関係

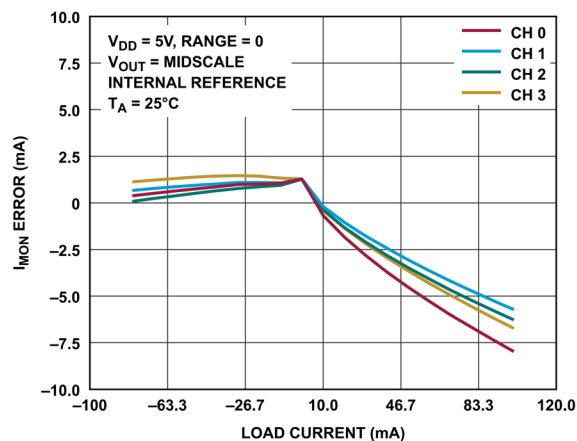


図 45. MUX_OUT 誤差と出力電流の関係、5V

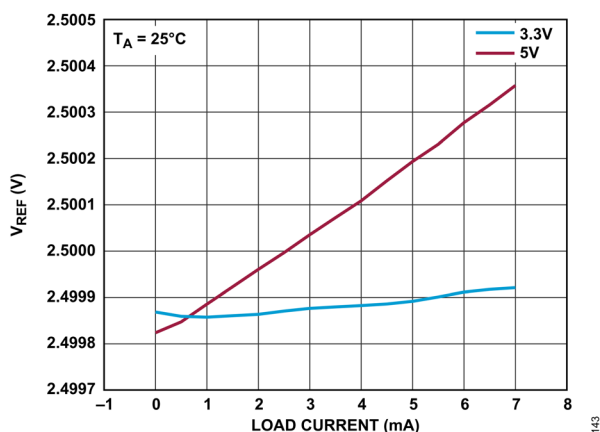


図 43. VREF と負荷電流の関係

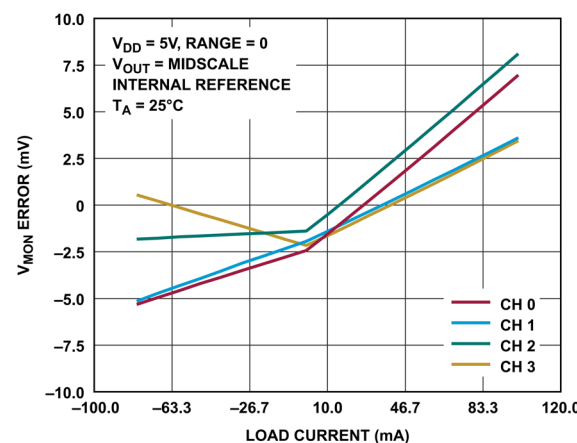


図 46. MUX_OUT 誤差と出力電圧の関係、5V

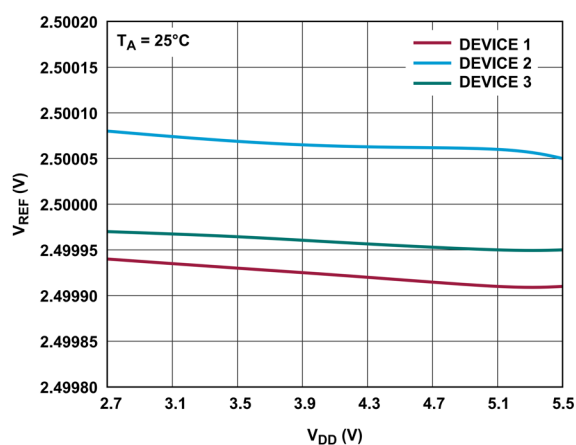


図 44. VREF と VDD の関係

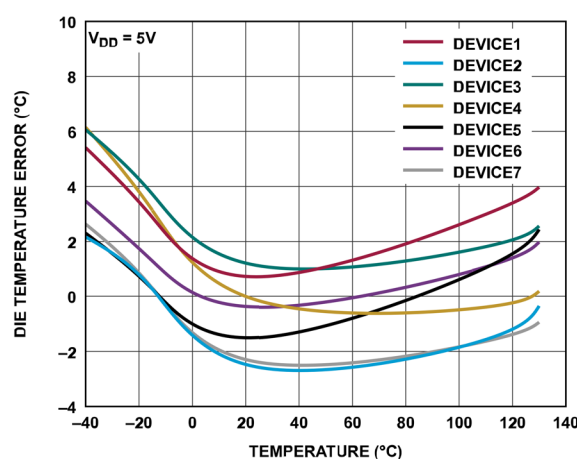


図 47. MUX_OUT 誤差と内部ダイ温度の関係

代表的な性能特性

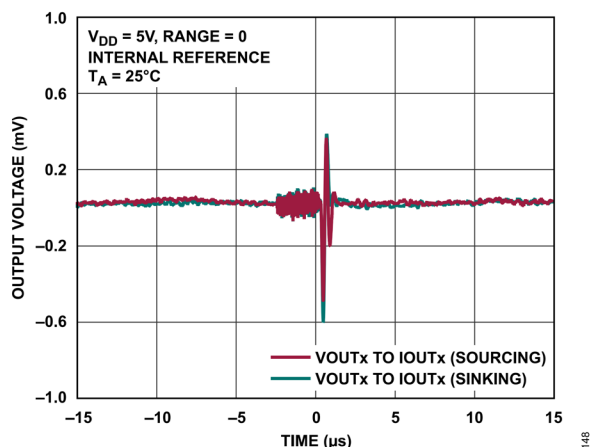


図 48. MUX_OUT から VOUTx へのグリッチ

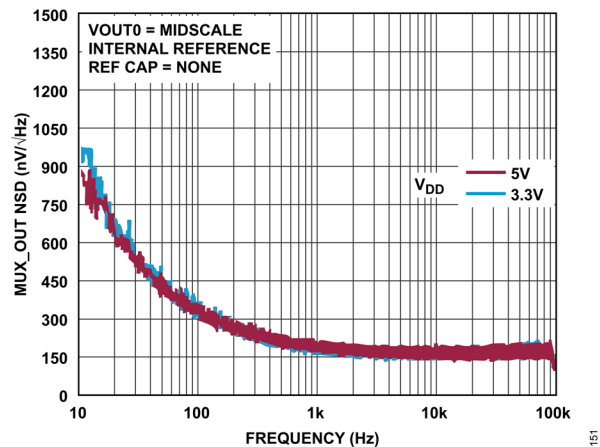


図 51. MUX_OUT NSD と周波数の関係

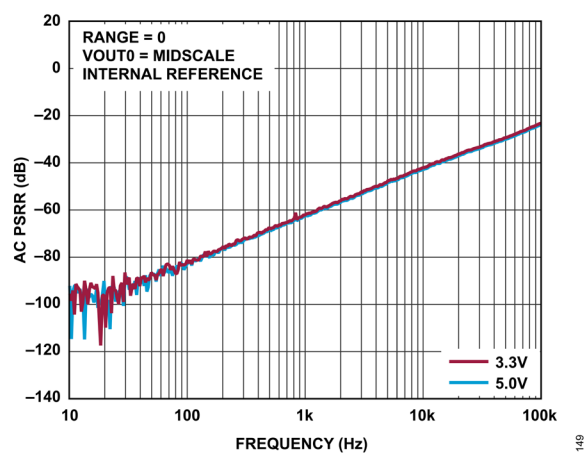


図 49. V_{OUT} AC PSRR と周波数の関係

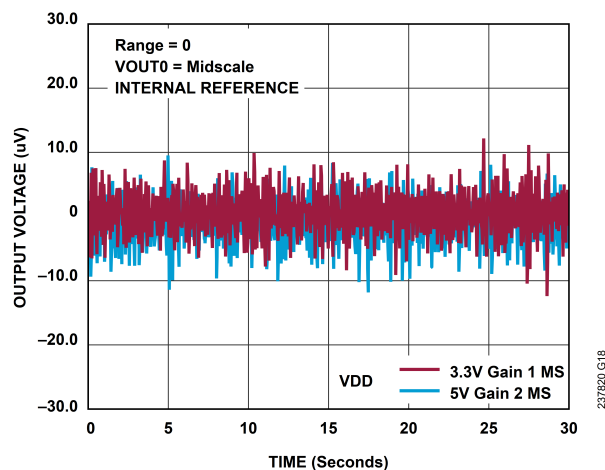


図 52. MUX_OUT の 0.1Hz~10Hz (1/f) ノイズ

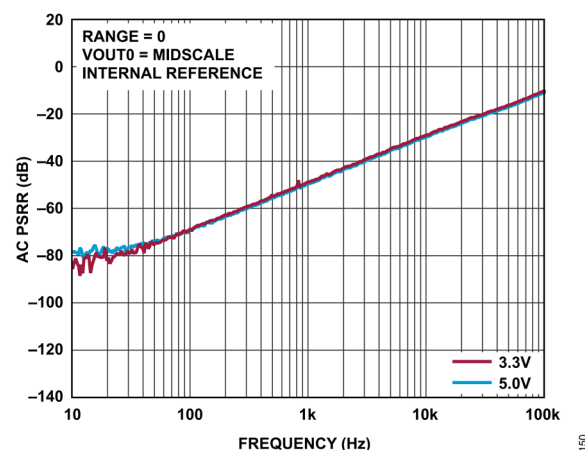


図 50. MUX_OUT AC PSRR と周波数の関係

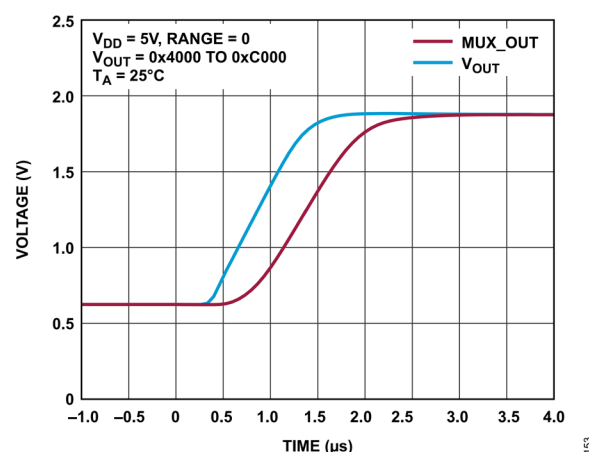


図 53. MUX_OUT と出力電圧トランジェントの関係、立上がり

代表的な性能特性

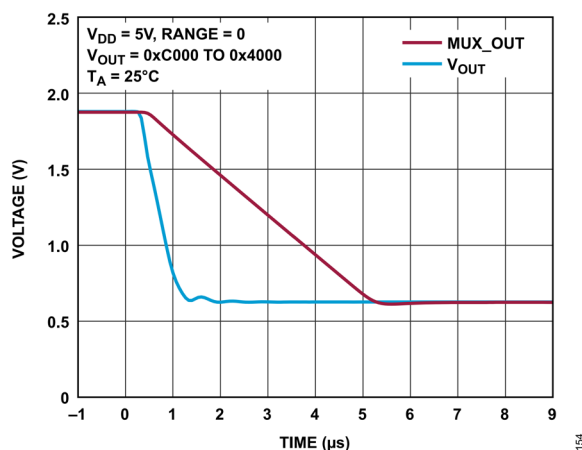


図 54. MUX_OUT と出力電圧トランジェントの関係、立下がり

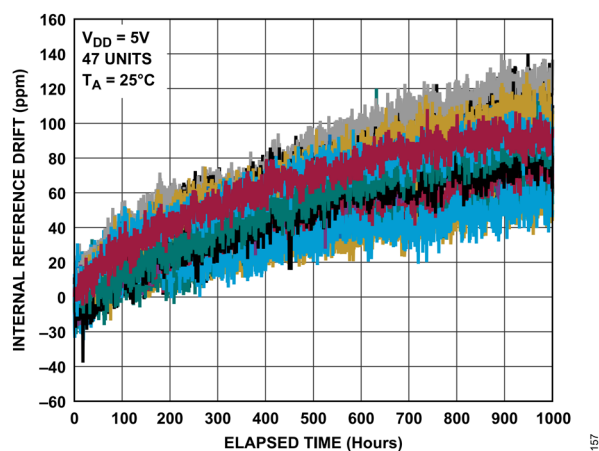


図 57. リファレンスの長期ドリフト

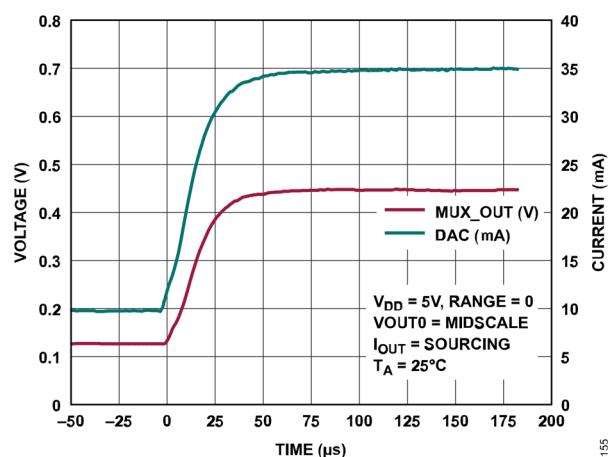


図 55. MUX_OUT と出力電流トランジェントの関係、立上がり

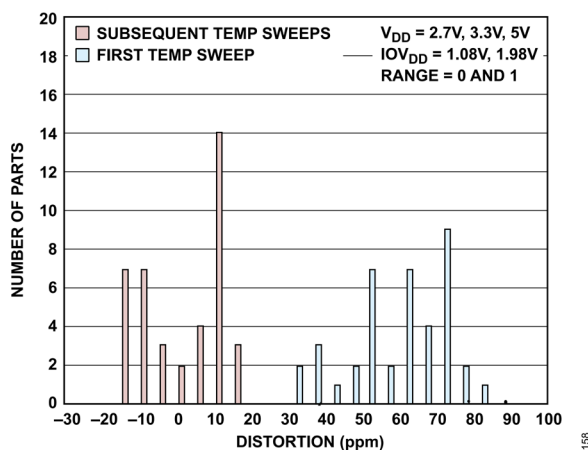


図 58. リファレンスの熱ヒステリシス

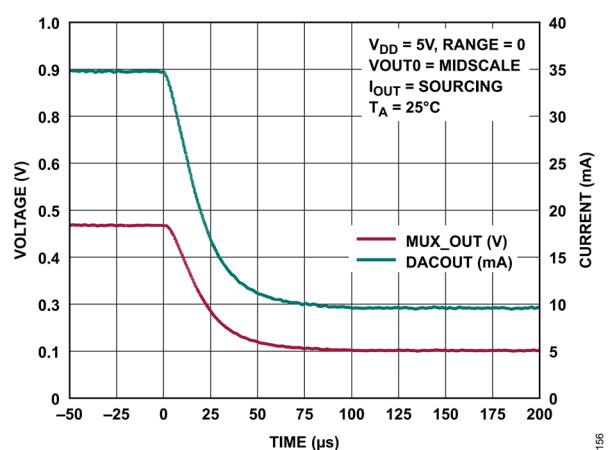


図 56. MUX_OUT と出力電流トランジェントの関係、立下がり

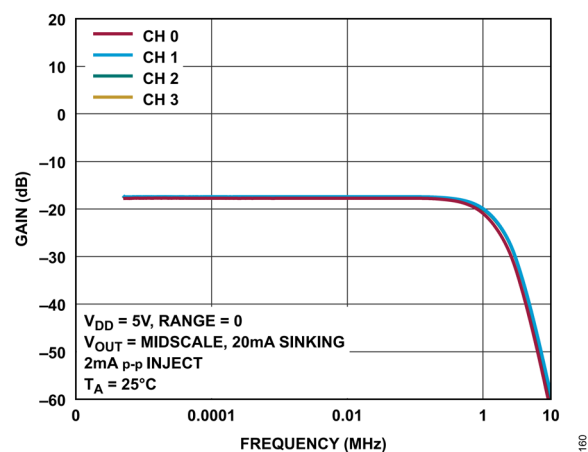


図 59. 各チャンネルにおける MUX_OUT 電流モニタリングの周波数応答

代表的な性能特性

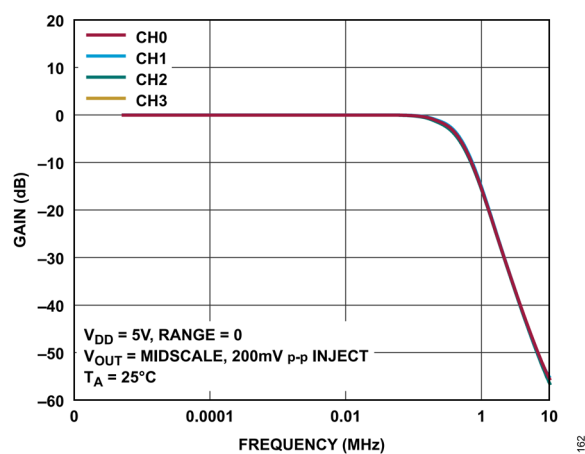


図 61. 各チャンネルにおける MUX_OUT 電圧モニタリングの周波数応答

用語の定義

相対精度または積分非直線性 (INL)

DAC の場合、相対精度すなわち積分非直線性は、DAC 伝達関数の上下両端を結ぶ直線からの最大偏差 (LSB 単位で表示) を表します。

微分非直線性 (DNL)

微分非直線性 (DNL) は、隣接する 2 つのコードの間での測定された変化と理論的な 1LSB 変化との差を表します。

オフセット誤差

オフセット誤差は、伝達関数の直線領域での V_{OUT} (実測値) と V_{OUT} (理論) の差を表し、mV で表示されます。オフセット誤差は、コード 256 を DAC レジスタにロードして測定します。これは負または正の値となります。

オフセット誤差ドリフト

オフセット誤差ドリフトは、温度変化に伴うオフセットの相対的变化を測定したもので、単位は ppm/°C です。所定温度での合計オフセットは、次式で表されます。

$$\text{Deviation at } T = \text{Deviation at } 25^{\circ}\text{C} + \frac{TC \times (T - 25) \times V_{RANGE}}{10^6}$$

フルスケール／ゼロスケール誤差

これらの誤差は、25°C におけるフルスケールおよびゼロスケールでの理想値からの偏差を表します。フルスケール・レンジ (FSR) に対するパーセンテージで表されます。

フルスケール／ゼロスケール誤差ドリフト

これらのパラメータは、理想的なゼロスケール電圧とフルスケール電圧を基準としたゼロスケール電圧とフルスケール電圧の変動を、温度の関数として表したものです。単位は ppm/°C です。合計偏差の温度変化は、オフセット誤差ドリフトと同じ式を使って計算します。

DC PSRR および AC PSRR

PSRR は、DAC 出力に対する電源電圧変化の影響を表します。PSRR は、DAC のミッドスケール出力での、 V_{OUT} 変化の電源電圧変化に対する比です。DC PSRR の測定単位は mV/V で、VDD の変化は±10%です。これに対し AC PSRR の測定単位は dB で、VDD には±200mVp-p の AC 掃引信号が注入されます。

出力電圧のセトリング時間

出力電圧セトリング時間は、所定のステップ変化に対して、DAC の出力が指定されたレベルに安定するまでに要する時間です。

デジタル／アナログ・グリッチ・インパルス

デジタル／アナログ・グリッチ・インパルスは、DAC レジスタ内の入力コードが変化したときに、アナログ出力に混入するインパルスを表します。通常 $\text{nV} \times \text{sec}$ で表すグリッチの面積として規定され、デジタル入力コードが 1LSB だけ変化したときに測定されます。

デジタル・フィードスルー

デジタル・フィードスルーは、DAC 出力の更新が行われていないときに、DAC のデジタル入力から DAC のアナログ出力に注入されるインパルスを表します。 $\text{nV} \times \text{sec}$ で規定され、データ・バス上でのフルスケールのコード変化時、すなわち全ビット 0 から全ビット 1 への変化時、または全ビット 1 から全ビット 0 への変化時に測定されます。

出力ノイズ・スペクトル密度

ノイズ・スペクトル密度は、内部で発生するランダム・ノイズを測定したものです。ノイズの測定はミッドスケール・コードのロード時に DAC 出力で行い、中心周波数は 10kHz に設定されます。測定単位は $\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ です。

全高調波歪み (THD)

THD は、理想的なサイン波と、DAC を使って減衰したサイン波との偏差を表します。DAC に対してリファレンスとしてサイン波を使ったときに、DAC 出力に現われる高調波が THD になります。単位は dB です。

電圧リファレンス温度係数 (TC)

電圧リファレンス TC は、温度変化に伴うリファレンス出力電圧の変化を表します。電圧リファレンス TC はボックス法を使って計算します。この方法では、次のように、ppm/°C 単位で表される所定の温度範囲でのリファレンス出力の最大変化として TC を定義しています。

$$TC = \left(\frac{V_{REF_MAX} - V_{REF_MIN}}{V_{REF_NOM} \times TEMP_RANGE} \right) \times 10^6 \quad (1)$$

ここで、

V_{REF_MAX} は全温度範囲で測定した最大リファレンス出力、
 V_{REF_MIN} は全温度範囲で測定した最小リファレンス出力、
 V_{REF_NOM} は 2.5V の公称リファレンス電圧、
 $TEMP_RANGE$ は仕様規定された温度範囲、-40°C ~ +125°C です。

DC クロストーク

1 つの DAC 出力での変化に起因する別の DAC の出力レベルの DC 変化です。ミッドスケールに維持した 1 つの DAC をモニタしながら、別の DAC 上でのフルスケール出力変化（または、ソフト・パワーダウンおよびパワーアップ）を使って測定されます。単位は μV です。負荷電流変化に起因する DC クロストークでは、ある DAC の負荷電流の変化がミッドスケールに維持された別の DAC へ与える影響を測定します。単位は $\mu\text{V}/\text{mA}$ です。

動作原理

D/A コンバータ

AD3531/AD3531R は低消費電力、4 チャンネル、16 ビットの電圧出力 DAC で、2.7V~5.5V のアナログ電源電圧と 1.08V~1.98V のデジタル電源電圧で動作します。AD3531/AD3531R は 5ppm/°C の 2.5V オンチップ・リファレンスを備えています。

AD3531/AD3531R には、標準 SPI との互換性を備えた汎用性の高い 4 線式シリアル・インターフェースが組み込まれています。詳細については [シリアル・インターフェース](#) のセクションを参照してください。

DAC チャンネル

AD3531/AD3531R は、100mA の電流ソースと 80mA の電流シンクが可能な、8 つのバッファ付き電圧出力 DAC チャンネルを備えています。DAC チャンネルの簡略化したブロック図を図 62 に示します。

出力アンプはその出力にレール to レール電圧を生成して、 $OUTPUT_CONTROL_0(RANGE) = 0$ で $0 \sim VREF$ ($VDD > VREF$)、または $OUTPUT_CONTROL_0(RANGE) = 1$ で $0 \sim 2 \times VREF$ ($VDD > 2 \times VREF$) の理想的な出力範囲を提供します。適切な出力範囲と VDD の選択時には、出力電流によって決定されるヘッドルーム電圧とフットルーム電圧も考慮する必要があります。200pF と並列にして GND に接続した 2kΩ の負荷を駆動する場合の出力スlew レートは 1.1V/μs で、 $1/4$ から $3/4$ へのセトリング時間は 5μs です。

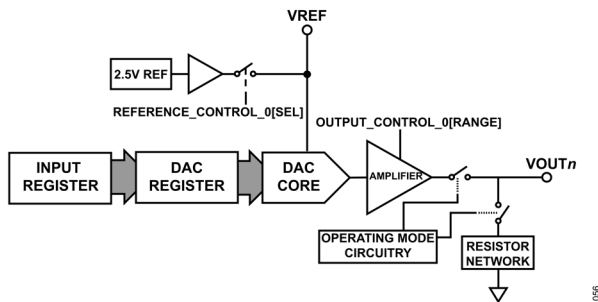


図 62. DAC チャンネルのブロック図

伝達関数

デジタル入力コードから理想的出力電圧への変換は次式により行われます。

$$V_{OUTn} = V_{REF} \times \frac{D}{2^N} \times G$$

ここで、
 V_{OUTn} は選択した DAC チャンネル n の出力電圧です。
 V_{REF} は $VREF$ ピンの電圧で、これはデフォルトでは入力です。内部リファレンスをオンにすると、これは 2.5V に等しくなります。

D は、DAC レジスタにロードされるストレート・バイナリ・コードの 10 進値です (AD3531/AD3531R では 0~65535)。

N はビット数で表した DAC の分解能です。

G は出力アンプのゲインで、 $OUTPUT_CONTROL_0(RANGE) = 0$ の場合は $G = 1$ (デフォルト)、 $OUTPUT_CONTROL_0(RANGE) = 1$ の場合は $G = 2$ です。

動作モード

表 9 に示すように、AD3531/AD3531R の各チャンネルには 4 つの動作モードがあります。これらの動作モードは、[出力動作モード 0 レジスタ](#)と[出力動作モード 1 レジスタ](#)の $MODE_CH_n[1:0]$ を介してソフトウェアでプログラムできます。パワーアップ時またはパワーオン・リセット後は、デフォルトで動作モード 3 がセットされます。その場合は出力アンプがパワーダウンされ、 $VOUTn$ ピンから GND への実効抵抗は 16kΩ となります。

表 9. AD3531/AD3531R の動作モード

Operating Modes	Output State	MODE_CH_n [1]	MODE_CH_n [0]
0	Normal operation	0	0
1	500Ω to GND	0	1
2	3.85kΩ to GND	1	0
3	16kΩ (default)	1	1

モード 1、モード 2、またはモード 3 に入っても、他のレジスタの設定や、それらのレジスタの読出し能力および書込み能力に影響はありません。入力レジスタや DAC レジスタは依然として更新可能ですが、DAC 出力ピンには反映されません。

電圧リファレンス

AD3531R はオンチップ、バッファ付き、2.5V、5ppm/°C のリファレンスを備えており、 $VREF$ ピンに出力することができます。このピンは、最大+5mA の電流を外部負荷にソースできます。

デフォルトでは、パワーアップ時とパワーオン・リセット後は $VREF$ ピンが入力ピンとして設定されるので、外部リファレンス電圧を使用する必要があります。内部リファレンスは、 $REFERENCE_CONTROL_0(SEL) = 1$ に設定することによってイネーブルできます。詳細は、[リファレンス制御 0 レジスタ](#)のセクションを参照してください。

内蔵マルチプレクサ

AD3531/AD3531R は 15:1 のマルチプレクサを内蔵しており、選択したチャンネルの出力電圧または出力電流を表す電圧、もしくはデバイスの内部ダイ温度を表す電圧を MUX_OUT ピンに出力できます。モニタ・ポイントは、[マルチプレクサ入力選択 0 レジスタ](#)の SEL ビットを設定することによって指定できます。無効な $MUX_OUT_SELECT (SEL)$ の書込みは無視され、 $MUX_OUT_SELECT (SEL)$ の値は変更されません。

電圧出力モニタを選択した場合の内蔵マルチプレクサの伝達関数は、下に示す式で与えられます。 $VREF$ の電圧出力は、 $OUTPUT_CONTROL_0 (RANGE)$ の値に関わらず、モニタする DAC チャンネルのフルスケール・レンジを表します。

$OUTPUT_CONTROL_0(RANGE) = 0$ の場合、

$$V_{MEAS} = MUX_OUT \quad (2)$$

$OUTPUT_CONTROL_0(RANGE) = 1$ の場合、

$$V_{MEAS} = MUX_OUT \times 2 \quad (3)$$

動作原理

ここで、

V_{MEAS} は、選択したチャンネルの測定電圧出力、 MUX_OUT は MUX_OUT ピンの電圧出力 (V) です。

電流出力モニタを使用する場合の伝達関数を下に示します。

$$I_{MEAS} = MUX_OUT \times 80\text{mA/V} \quad (4)$$

ここで、

I_{MEAS} は選択チャンネルの測定電流出力、 MUX_OUT は MUX_OUT ピンの電圧出力 (V) です。

MUX_OUT_SELECT (SEL) を 0x19 に設定することにより、 MUX_OUT ピンを通じて内部ダイ温度をモニタすることもできます。内部リファレンスをイネーブルして測定温度を導くために使用する伝達関数は、次式で与えられます。

$$T_{MEAS} = \frac{MUX_OUT - 0.44}{0.0016 \text{ V/}^{\circ}\text{C}} \quad (5)$$

ここで、

T_{MEAS} は測定内部ダイ温度 ($^{\circ}\text{C}$)、 MUX_OUT は MUX_OUT ピンの電圧 (V) です。

内蔵マルチプレクサは、 $\pm 5\text{mA}$ の電流を供給できるバッファ付き出力を備えています。 $VOU\text{Tn}$ のモニタリング誤差は代表値で $\pm 5\text{mV}$ 、 $IOU\text{Tn}$ のモニタリング誤差は $\pm 2\text{mA}$ です (ここで n はチャンネル番号)。

DAC のコア機能

図 62 に示すように、各 DAC チャンネルには専用の入力レジスタと DAC レジスタがあります。どちらのレジスタにも、シリアル・インターフェースを通じてアクセスできます。DAC レジスタは DAC の出力電圧に相当するデジタル・コードを保存し、入力レジスタは、DAC レジスタにデータを渡す前の一時的なステージング・レジスタとして動作します。LDAC 機能を使用すると、入力レジスタが保持するデータを使い、1 つ以上の DAC レジスタを並列で更新できます。

DAC レジスタには直接書き込みが可能です。この場合は対応する出力が直ちに更新され、ハードウェア LDAC やソフトウェア LDAC は必要ありません。DAC レジスタに直接書き込みを行っても、入力レジスタに保存されたデータには影響しません。

$MULTI_INPUT_CH$ レジスタに書き込みを行うと、1 回の書き込み動作で 1 つ以上の入力レジスタを更新することができます。 $MULTI_INPUT_SEL_0$ レジスタは、複数入力レジスタに書き込まれたデータを使って、どの入力レジスタを更新するかを決定します。詳細は [複数入力選択 0 レジスタ](#) のセクションを参照してください。

同様に、 $MULTI_DAC_CH$ レジスタに書き込みを行うと、1 回の書き込み動作で 1 つ以上の DAC レジスタを更新できます。 $MULTI_DAC_INPUT_SEL_0$ は、複数 DAC レジスタに書き込まれたデータを使って、どの DAC レジスタを更新するかを決定します。詳細は [複数 DAC 選択 0 レジスタ](#) のセクションを参照してください。

DAC が確実に更新されるようにするには、DAC レジスタの更新が 640ns ごとに 1 回だけ行われるようにする必要があります。表 5 の t_{L2} と t_{L3} を参照してください。DAC の更新書き込みに失敗した場合はエラー・フラグもアサートされます。これは [ステータス制御レジスタ](#) の $UPDATE_ERR$ ビットを読み出すことによってチェックできます。

LDAC 機能

LDAC 機能は、選択入力レジスタの内容を複数の対応 DAC レジスタへ転送することによって、1 つ以上の $VOUT$ ピンを同時に更新するために使われます。LDAC 機能は、LDACB ピンを通じてハードウェアで実行するか、 $SW_LDAC_TRIG_0$ レジスタを通じてソフトウェアで実行することができます。ハードウェア LDAC もソフトウェア LDAC も機能は同じです。

ハードウェア LDAC

AD3531/AD3531R には、立下がりエッジで動作するアクティブ・ローの LDACB ピンがあります。LDACB 信号がローになると、選択された入力レジスタの内容が対応 DAC レジスタに転送されます。デバイスへの書き込み時に LDACB がローに保持されている場合、入力レジスタはトランスペアレントな存在となり、入力レジスタへの書き込みが行われると同時に、入力レジスタの内容を使って DAC レジスタが更新されます。LDACB がハイに保持されているときは、DAC の出力に影響を及ぼすことなく、任意の入力レジスタに DAC コードを書き込むことができます。図 4 を参照してください。

ハードウェア LDAC イネーブル 0 レジスタは、LDACB がアクティブなときまたはアサートされたときに、対応する入力レジスタからどの DAC チャンネルを更新するかを決定するために使われます。デフォルトではすべての DAC チャンネルが選択されて、 $HLD_EN_CH_n$ ビットフィールドに 1 が格納されます。 $HLD_EN_CH_n$ ビットフィールドを 0 に設定すると、ターゲット DAC チャンネルのハードウェア LDAC 機能がディスエーブルされます。

ソフトウェア LDAC

ソフトウェア LDAC 機能は LDACB の立下がりエッジと同じ働きをします。これは、ソフトウェア LDAC トリガ 0 レジスタ (レジスタ・アドレス = 0xDD) またはソフトウェア LDAC トリガ 0 レジスタ (レジスタ・アドレス = 0xE1) の $SW_LDAC_TRIG_0$ ビットに 1 を書き込むことによって、選択された入力レジスタと DAC レジスタの間でシリアル・インターフェースによる内容の転送を開始する方法を提供します。

ソフトウェア LDAC イネーブル 0 レジスタは、ソフトウェア LDAC の実行時に、対応する入力レジスタからどの DAC チャンネルを更新するかを決定するために使われます。デフォルトではすべての DAC チャンネルが選択されて、 $SW_LDAC_EN_0$ ビットフィールドに 1 が格納されます。 $SW_LDAC_EN_0$ ビットフィールドを 0 に設定すると、ターゲット DAC チャンネルのソフトウェア LDAC 機能がディスエーブルされます。

パワーオン・リセット

パワーアップ時は、すべての DAC チャンネルの入力データ・レジスタと DAC データ・レジスタにゼロ・コードがロードされます。その一方で、POR 回路が、そのチャンネルの出力動作モードが変わるまで DAC 出力アンプをパワーダウンします (動作モードのセクションのモード 3 を参照)。すべてのレジスタはデフォルト値にリセットされます。

動作原理

ハードウェア・リセット

RESETB は、立下がりエッジで動作するアクティブ・ローの信号です。RESETB をアサートするとデバイスは POR 状態になります。RESETB がアサートされると、すべての SPI トランザクションと LDACB パルスが無視されて、SDO 出力は高インピーダンス状態になります。

RESETB がデアサートされると、デジタル・コアが初期化されて、すべての DAC レジスタがデフォルト値にリセットされます。デジタル・コアの初期化手順は、何らかの SPI トランザクションを開始する約 150ns 前に終わらせる必要があります。

ソフトウェア・リセット

INTERFACE_CONFIG_A レジスタの SW_RESET ビットと RESET_SW ビットをセットすることにより、シリアル・インターフェースを使ってデバイスをリセットできます。ソフトウェア・リセットを正常にトリガするには、両方のビットフィールドを同じデータ・フェーズで書き込む必要があります。ソフトウェア・リセット・トランザクション後は、POR シーケンスとデジタル・コアの初期化が実行されて、INTERFACE_CONFIG_A レジスタを除くすべての DAC レジスタがデフォルト値にリセットされます。その後の SPI トランザクションは、ソフト・リセット・トランザクションにおける最後の SCLK の後、約 150ns が経過するまで開始できません。詳細については [タイミング特性](#) のセクションを参照してください。

シリアル・インターフェース

AD3531/AD3531R は、標準 SPI、QSPI、MICROWIRE の各インターフェース規格、およびほとんどのデジタル・シグナル・プロセッサ (DSP) に対応できる、4 線式シリアル・インターフェース (CSB、SCLK、SDI、および SDO) を使用しています。[図 2](#) に代表的な書き込みシーケンスのタイミング図を示します。データのサンプリングは、クロックの立下がりエッジで AD3531/AD3531R が行います。これは SPI モード 0、またはモード 3 に対応します。

デフォルトでは、[インターフェース設定 B レジスタ](#) の SHORT_INSTRUCTION ビットを設定することによって 15 ビット・アドレス指定がイネーブルされますが、0x80 未満のメモリ位置では 7 ビット・アドレス指定を選択できます。



図 63. 標準 SPI の書き込み

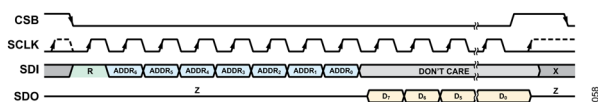


図 64. 標準 SPI の読み出し

SPI フレーム同期

SPI トランザクション時は CSB ピンがデータをフレーム化します。CSB の立下がりエッジによってデジタル・インターフェースがイネーブルされ、SPI トランザクションが開始されます。それぞれの SPI トランザクションは、少なくとも 1 つずつの命令

フェーズとデータ・フェーズによって構成されます。いずれの SPI トランザクションでも、データは MSB ファーストに揃えられます。SPI トランザクション時に CSB をデアサートすると、データ転送の一部または全部が終了し、デジタル・インターフェースがディスエーブルされます。1 つ以上のレジスタへの書き込み後に CSB がデアサートされると (ハイ・レベルに戻ると)、完了したレジスタへの書き込みまたは読み出しは行われますが、一部しか書き込まなかったレジスタの書き込みや読み出しは中止されます。[図 63](#) と [図 64](#) に、SPI インターフェースを介したレジスタの読み出しと書き込みの詳細なタイミング図を示します。

命令フェーズ

各 SPI フレームは命令フェーズで始まります。命令フェーズは、SPI トランザクションを開始する CSB の立下がりエッジの直後に始まります。命令フェーズは、読み出し/書き込みビット (R/W) と、それに続くレジスタ・アドレス・ワードで構成されます。R/W をローにセットすると書き込み命令が始まり、R/W をハイにセットすると読み出し命令が始まります。レジスタ・アドレス・ワードはアクセス先のレジスタ・アドレスを指定します。レジスタ・アドレスのデフォルトのワード長は 15 ビットです。必要の場合は、INTERFACE_CONFIG_B レジスタの SHORT_INSTRUCTION ビットで 7 ビット・アドレス指定をイネーブルします。詳細は [インターフェース設定 B レジスタ](#) のセクションを参照してください。

データ・フェーズ

[図 65](#) および [図 66](#) に示すように、データ・フェーズは命令フェーズの直後に置かれます。データ・フェーズには、1 個のシングルバイト・レジスタ、1 個のマルチバイト・レジスタ、または複数のレジスタのデータを含めることができます。

SPI 書き込みトランザクションのデータ・フェーズに更新対象レジスタのデータ・バイトの一部しか含まれない場合、レジスタの内容は更新されず、INTERFACE_STATUS_A (CLOCK_COUNT_ERR) がセットされます。

マルチバイト・レジスタ

AD3531/AD3531R は、1 バイト・レジスタに加えて、隣接するアドレスに 2 バイトのデータを保存するレジスタも備えています。このレジスタはマルチバイト・レジスタと呼ばれます。マルチバイト・レジスタへの書き込み時は、1 回の SPI トランザクションですべてのバイトにアクセスする必要があります。このため、INTERFACE_CONFIG_C (STRICT_REGISTER_ACCESS) は読み出し専用で、1 に設定されます。マルチバイト・レジスタへの書き込みトランザクションは、データ・フェーズの 16 番目の SCLK エッジの後に実行されます。

マルチバイト・レジスタのアドレスは、常に INTERFACE_CONFIG_A (ADDR_ASCENSION) によって決まります。降順アドレス指定の場合、データ・フェーズで最初にアクセスするバイトはマルチバイト・レジスタの最上位バイトでなければならず、後続のバイトは次の下位アドレスのデータに対応します。昇順アドレス指定の場合、データ・フェーズで最初にアクセスするバイトはマルチバイト・レジスタの最下位バイトでなければならず、後続のバイトは次の上位アドレスのデータに対応します。

動作原理

例えば、DAC_CH0 レジスタは2バイト長で、その最下位バイトのアドレスは 0xD2、最上位バイトのアドレスは 0xD3 です。このレジスタの読出しトランザクションを、図 65 (昇順アドレス指定) と図 66 (降順アドレス指定) に示します。

アドレス方向は、INTERFACE_CONFIG_A (ADDR_ASCENSION) で選択します。このビットを 0 に設定すると、バイトにアクセスするごとにアドレスがデクリメントします。このビットを 1 に設定すると、バイトにアクセスするごとにアドレスがインクリメントします。マルチバイト・レジスタへの SPI 書き込みトランザクションをバイトごとに行おうとした場合、デバイスのレジスタの内容は更新されず、INTERFACE_STATUS_A (REGISTER_PARTIAL_ACCESS_ERR) がセットされます。

このデバイスは以下のマルチバイト・レジスタを内蔵しています：DAC_CHn、Input_CHn、MULTI_DAC_CH、および MULTI_INPUT_CH。

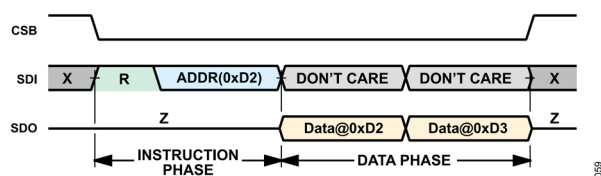


図 65. 昇順アドレス指定によるマルチバイト読出し

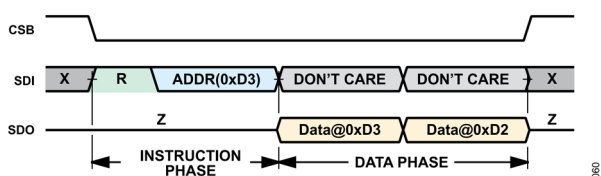


図 66. 降順アドレス指定によるマルチバイト読出し

単一命令モード

INTERFACE_CONFIG_B (SINGLE_INST) を 1 に設定すると、ストリーミング・モードがディセーブルされて単一命令モードがイネーブルされます。単一命令モードでは、データ・フェーズは単一レジスタのデータで構成され、CSB がローのままであっても、各データ・フェーズの後には新しい命令フェーズを続ける必要があります。単一命令モードでは、デジタル・ホストは1つのSPIフレーム内の隣接しないアドレスのレジスタに対して迅速に読出しと書き込みを行えます (図 67 を参照)。これに対し、ストリーミング・モードでは、新たな命令フェーズを開始するために CSB パルスをハイにすることなく、隣接レジスタに対する読出しまたは書き込みを行うことができます。

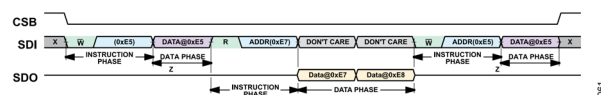


図 67. 単一命令モード

単一命令モードでマルチバイト・レジスタにアクセスするときは、データ・フェーズに2バイトすべて、または 16SCLK サイクルが含まれている必要があります。レジスタ・アドレスの順番は、INTERFACE_CONFIG_A (ADDR_ASCENSION) によって決まります。

ストリーミング・モード

INTERFACE_CONFIG_B (SINGLE_INST) ビットを 0 に設定すると、単一命令モードがディセーブルされてストリーミング・モードがイネーブルされます。ストリーミング・モードでは、アドレスが隣接する複数のレジスタに1つの命令フェーズとデータ・フェーズでアクセスできるため、メモリの隣接領域に効率的にアクセスできます (例えば、デバイスの初期設定時)。ストリーミング・モードはデフォルトで選択されています。

ストリーミング・モードの場合、各 SPI フレームは1つの命令フェーズで構成され、後続のデータ・フェーズにはアドレスが隣接する複数のレジスタのデータが含まれます。開始レジスタのアドレスは命令フェーズにおいてデジタル・ホストが指定し、データの各バイトへのアクセスが行われた後、このアドレスは、自動的にインクリメントまたはデクリメント (アドレス方向の設定による) します。そのため、データ・フェーズは複数バイト長となることがあり、読出しまたは書き込みデータの連続するバイトはそれぞれ、次の最上位アドレス (昇順アドレス方向の場合) または最下位アドレス (降順アドレス方向の場合) に対応します。

ストリーミング・モードで昇順アドレスによりマルチバイト・レジスタへ書き込みを行う場合は、命令フェーズでレジスタの LSB アドレスを指定し、データ・フェーズで LSB から順にデータを提供する必要があります。ストリーミング・モードで降順アドレスによりマルチバイト・レジスタに書き込みを行う場合は、命令フェーズでレジスタの最上位バイトからアドレス指定を開始し、データ・フェーズで最上位バイトから順にデータを提供する必要があります。

ストリーミング・モードで降順アドレスによりマルチバイト・レジスタから読出しを行うときは、MSB から順にデータをリード・バックします。ストリーミング・モードで昇順アドレスによりマルチバイト・レジスタから読出しを行うときは、LSB から順にデータをリード・バックします。

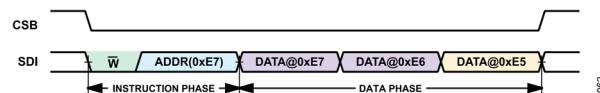


図 68. ストリーミング・モードの SPI 転送

STREAM_MODE レジスタを用いることで、連続するレジスタのセットを指定してデータ・フェーズでループ・スルーを行うことができます。ルーピングにより、デジタル・ホストは一連のレジスタとの間で可能な限り効率的に読出しまたは書き込みを繰り返すことができます。

アドレス方向が降順に設定されている場合、アドレスは 0x00 に達するまでデクリメントします。その後のバイト・アクセスでは、アドレスは使用可能な最大のバイト・アドレス値 (0xF9) に設定されます。

アドレス方向が昇順に設定されている場合、アドレスは使用可能な最大のバイト・アドレス値 (0xF9) に達するまでインクリメントします。その後のバイト・アクセスでは、アドレスは 0x00 にリセットされます。

STREAM_MODE が 0 以外の値に設定されている場合はルーピングがイネーブルされ、バイト・アドレスが命令フェーズでの指定アドレスにリセットされる前に単一データ・フェーズでのアクセス対象となるバイト数は、STREAM_MODE の値によって設定されます。

動作原理

STREAM_MODE (LOOP_COUNT) レジスタの値は、維持するか、フレーム・トランザクションの完了時（つまり CSB がハイになったとき）にデフォルト値 0 に戻すことができます。STREAM_MODE レジスタの動作は TRANSFER_CONFIG (KEEP_STREAM_LENGTH_VAL) によって制御されます。

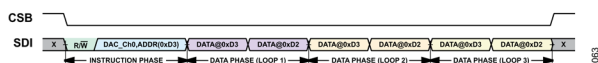


図 69. LOOP_COUNT = 2 でルーピングをイネーブル

STREAM_MODE 使用時は、DAC のコア機能のセクションに述べた DAC の更新タイミングに留意してください。

CRC エラーの検出

AD3531/AD3531R DAC は、デジタル・ホストと DAC（ターゲット）間における SPI トランザクションのエラーを検出するための光学的巡回冗長検査（CRC）機能を備えています。CRC エラー検出はデフォルトではディスエーブルされています。CRC エラー検出を用いることで、SPI のホストとターゲットは、ビット転送エラーを高い信頼度で検出できます。CRC アルゴリズムでは、シード値と多項式除算を使用して CRC コードを生成します。コントローラとターゲットの双方で個別に CRC コードを計算し、転送されたデータの有効性を判定します。

この DAC は、次の多項式からなる CRC-8 標準を使用します。

$$x^8 + x^2 + x + 1 \quad (6)$$

CRC エラー検出をイネーブルするには、INTERFACE_CONFIG_C レジスタの CRC_EN ビットと CRC_EN_B ビットを用います。CRC_EN の値が更新されるのは、同じレジスタ書き込み命令で CRC_EN_B が CRC_EN の反転値に設定されている場合のみです。そのため、CRC をイネーブルするには、CRC_EN を 0b01 に設定すると共に、同じ書き込みトランザクションで CRC_EN_B を 0b10 に設定する必要があります。

CRC をディスエーブルするには、CRC_EN を 0b00 に設定すると共に、同じ書き込みトランザクションで CRC_EN_B を 0b11 に設定します。

2 つの別々のフィールドに反転した値を書き込むことで、CRC が誤ってイネーブルされる可能性を低減できます。CSB は書き込みのイネーブル/ディスエーブル後にハイ・レベルにする必要があります。最初の CRC コードは、レジスタの書き込み/読出しデータの直後に含める必要があります。CRC をディスエーブルするレジスタ書き込みトランザクションでは、SDI に関する CRC コードも含まれていなければならないが、その後続くトランザクションに CRC コードを含める必要はありません。

図 70 と図 71 は、デジタル・ホストまたは DAC がデータを検証するために、それぞれ書き込み時または読出し時に CRC コードがどのように付加されるのかを示しています。レジスタ書き込みの場合は、式 6 に示す計算を使ってデジタル・ホストが CRC を生成する必要があります。レジスタ読出しの場合は、ホストは DAC によってチェックされる正しい CRC バイトを送信する必要があります。送信データの最初のバイトは CRC 計算に使われます。したがって、値を 0x00 とすることを推奨します。同じ読出しトランザクションで、DAC はデジタル・ホストが検証するための CRC コードを供給します。

CRC エラー検出をイネーブルしてマルチバイト・レジスタにアクセスする場合、CRC コードはレジスタ・データの全バイトの後ろに配置されます。CRC エラー検出がイネーブルされている場合、DAC は、SDI のレジスタ・データの最後で有効な CRC コードを受け取るまで、レジスタ書き込みトランザクションに 응답してレジスタ内容を更新することはありません。CRC コードが無効であったり、デジタル・ホストが CRC コードを送信できなかったりした場合、AD3531/AD3531R はレジスタの内容を更新せず、INTERFACE_STATUS_A レジスタの CRC_ERR フラグをセットします。CRC_ERR フラグは 1 が書き込まれるとクリアされます（WIC）。また、書き込みによるクリアを有効にするには正しい CRC が必要です。

CRC コードの計算で使用するシード値とその送信方法を、単一命令モードおよびストリーミング・モードの両方について表 14 に示します。単一命令モードを使用する場合、SPI フレーム内のどの CRC コードもシード値として 0xA5 を用い、アドレス 0x0000 で縮退故障状態が発生するのを防止します。

ストリーミング・モードを使用する場合、SPI フレームの最初の CRC コードもシード値として 0xA5 を用いますが、同じフレーム内の後続の CRC コードの計算には、SPI トランザクションでアクセスするレジスタ・アドレスの LSB をシード値として用います。

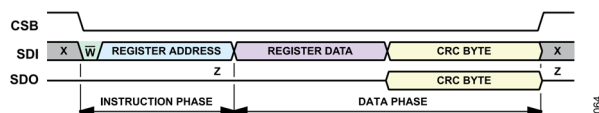


図 70. CRC をイネーブルした SPI 書き込み

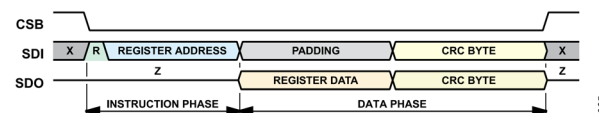


図 71. CRC をイネーブルした SPI 読出し

アプリケーション情報

電源の推奨事項

AD3531/AD3531R に電源シーケンスに関する制限はありません。出力は、正しいレジスタ設定が完了するまで、既知のプルダウン抵抗によって POR 状態に維持されます。

AD3531/AD3531R 使用時は、各電源に $10\mu\text{F}$ と $0.1\mu\text{F}$ のコンデンサを並列に接続することによって、十分な電源バイパスを確保する必要があります。これらのコンデンサは、パッケージのできるだけ近くに配置してください（デバイスに直接取り付けるのが理想）。これに対し、VREF ピンに使用する最大容量性負荷は、表 2 に示すように 0.5nF です。 $10\mu\text{F}$ のコンデンサはタンタルのビーズ型を使います。 $0.1\mu\text{F}$ と 0.5nF のコンデンサには、等価直列抵抗 (ESR) と等価直列インダクタンス (ESL) が小さいものを使用する必要があります。一般的なセラミック・コンデンサは、高い周波数ではグラウンドへの低インピーダンス経路を提供することで、内部ロジックの切り替えによる過渡電流に対応します。

レイアウトのガイドライン

AD3531/AD3531R のピンは、最適なレイアウトを実現しやすいように配置されています。レイアウトの一例を図 72 に示します。ほとんどの高速デジタル・ラインは、チップの 1 つの辺に配置され、各 DAC のアナログ機能部は他の 3 つの辺に対称に配置されています。このレイアウトは、デジタル・ラインをアナログ機能部から直線的に配置できるようになっています。

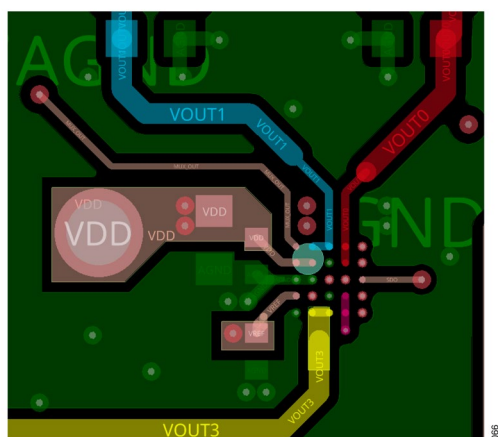


図 72. 評価用ボードのレイアウト

AD3531/AD3531R から最大限の性能を引き出すための、PCB 設計に関するいくつかの推奨事項を以下に示します。

- ▶ 電源ラインのパターンをできるだけ大きくして低インピーダンス経路を確保し、電源ラインのグリッチによる影響を減らすようにします。

- ▶ 低インピーダンスのアナログ・グラウンド・プレーンとスター型接地方式の使用を推奨します。接地抵抗を最小限に抑えるために、グラウンド層には切れ目を作らないようにしてください。
- ▶ クロックなどの高速スイッチング・デジタル信号をボード上の他の部分からシールドするには、デジタル・グラウンドを使用します。
- ▶ 可能であれば、デジタル信号とアナログ信号を交差させないでください。パターンがボードの反対面で交差する場合は、アナログ配線とデジタル配線の角度を 45° または 90° として、ボードのフィードスルーが小さくなるようにします。
- ▶ デバイス周辺のクロック・レートが最大 50MHz 程度の場合は、ソース I/O ピンの近くに直列抵抗を追加することを推奨します。一般的には $22\Omega \sim 100\Omega$ の値が使われます。この値は、高速の信号遷移によって生じるリングングと反射を減らすことによって、信号の完全性を向上させる助けとなります。

DAC の更新

DAC_CHn レジスタ（つまり VOUTn）を更新する方法は複数あります。図 73 は、単一チャンネルの更新と複数チャンネルの更新、類似データと固有データ、LDAC のモードなど、いくつかの要素を考慮しながら DAC_CHn レジスタを更新するためのオプションを示すフローチャートです。

アプリケーション情報

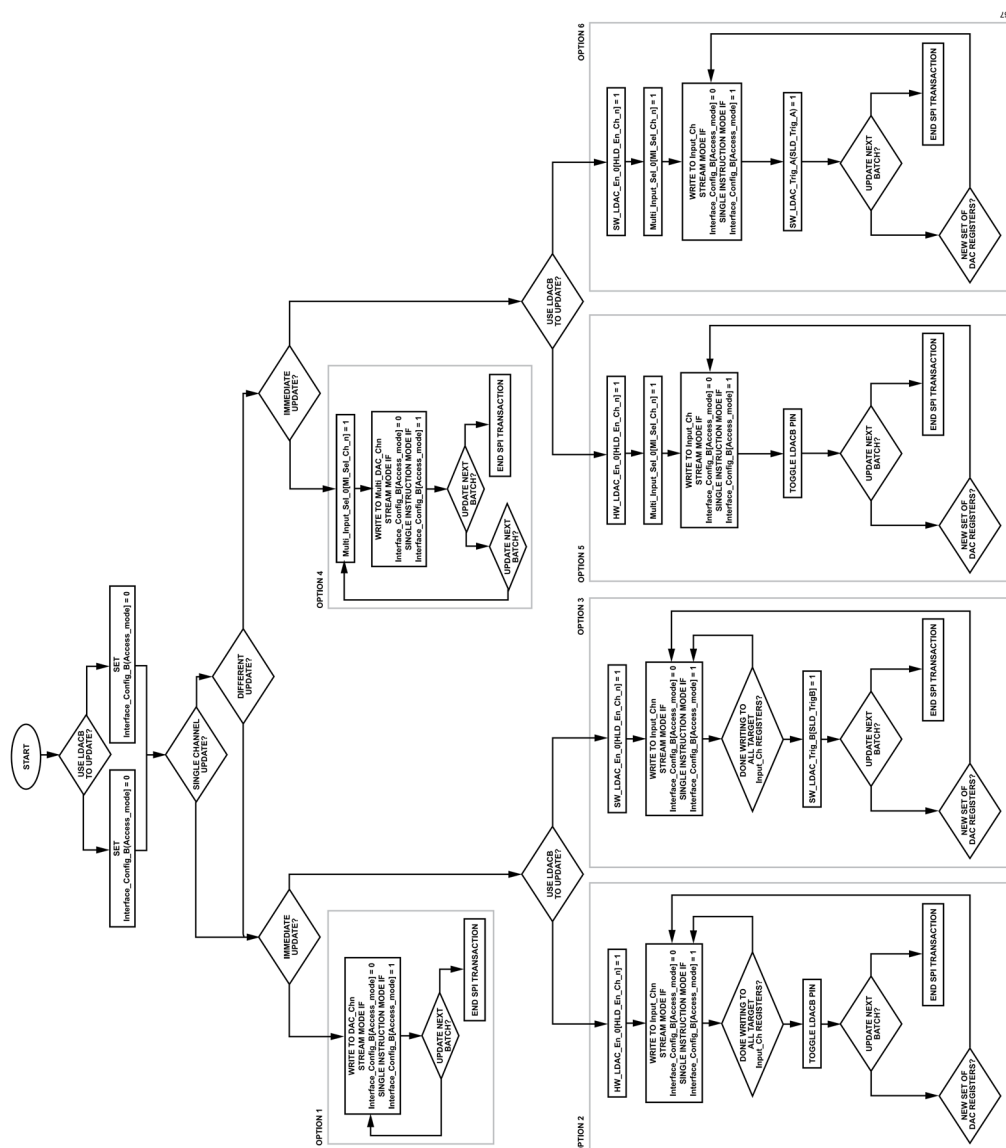


図 73. DAC 更新フローチャート

オプション 1 (直接更新、固有データ、LDAC なし、単一および複数チャンネル)

オプション 1 では、16 ビットのデータをすべて書き込んだ後で、DAC_CHn レジスタを直接更新できます。LDAC は必要ありません。

オプション 1 は、単一命令モードまたはストリーム・モードで、単一チャンネル更新と複数チャンネル更新の両方に使用できます。

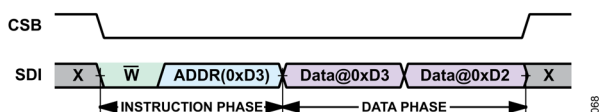


図 74. オプション 1 の例:

DAC_CH0 レジスタへの書き込み - 単一命令モード、降順アドレス

単一命令は降順アドレス指定モードを選択して送信されます。命令フェーズで複数バイト・レジスタの上位アドレスが呼び出され (0xD4、DAC_CH0 レジスタ、2 個の 8 ビット・データが継続)、最後の SCLK の後で直ちに出力が更新されます。

オプション 2 (間接更新、固有データ、ハードウェア LDAC、単一および複数チャンネル)

オプション 2 では、ハードウェア LDAC を通じて DAC_CHn レジスタの更新タイミングを INPUT_CHn レジスタから制御できます。

単一命令モードまたはストリーム・モードで、単一チャンネル更新と複数チャンネル更新の両方に使用できます。

アプリケーション情報

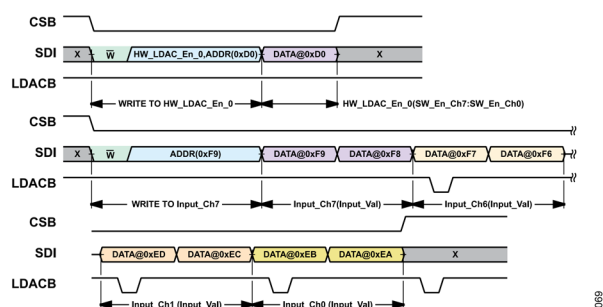


図 75. オプション 2 の例：Input_Ch7～Input_Ch0 レジスタへの書き込み - ハードウェア LDAC をイネーブル、ストリーム・モード、降順アドレス

HW_LDAC_EN_0 レジスタへの書き込みのために単一命令が送信されて、選択されたチャンネルのハードウェア LDAC をイネーブルします。次いでデフォルトの降順アドレス指定でストリーム・モードが開始され、INPUT_CH7 から INPUT_CH0 への順番で書き込みが行われます。DAC レジスタと DAC 出力を更新するストリームが終了すると、LDACB がアサートされます（正しい LDACB タイミングが守られた場合）。

オプション 3（間接更新、固有データ、ソフトウェア LDAC、単一および複数チャンネル）

オプション 3 では、ソフトウェア LDAC を通じて、DAC_CHn レジスタの更新タイミングを INPUT_CHn レジスタから制御できます。

このオプションは、単一命令モードおよびストリーム・モードで、単一チャンネル更新と複数チャンネル更新の両方に使用できます。

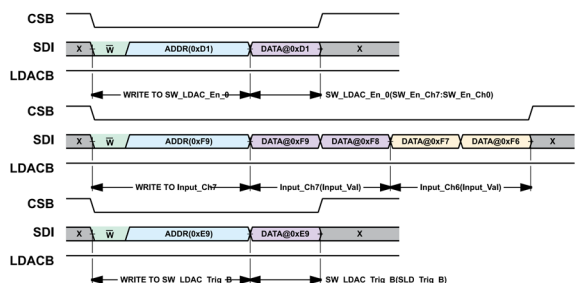


図 76. オプション 3 の例：INPUT_CH7 および INPUT_CH6 レジスタへの書き込み - ソフトウェア LDAC、ストリーム・モード、降順アドレス

ハードウェア LDAC ではなくソフトウェア LDAC 機能を使用する点を除いて、オプション 2 と同じです。SW_LDAC_EN_0 レジスタは、ソフトウェア LDAC コマンドをどのチャンネルに適用するかを決定します。DAC レジスタと DAC 出力は、SW LDAC コマンドの最終 SCLK 後に書き込まれた入力データによって更新されます。

オプション 4（直接更新、同一データ、LDAC なし、複数チャンネル）

オプション 4 では、同じデータを持つ MULTI_DAC_SEL_0 (MD_SEL_CH_n) ビットフィールドによって確認された複数の DAC_CHn レジスタを、直接同時に更新できます。データは MULTI_DAC_CH レジスタに格納され、16 ビットのデータをすべて書き込んだ後に更新が開始されます。LDAC は必要ありません。

オプション 4 は、単一命令モードおよびストリーム・モードでの複数チャンネル更新に最適です。

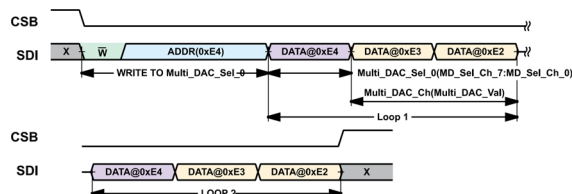


図 77. オプション 4 の例：MULTI_DAC_CHn レジスタへの書き込み - ストリーム・モード（ループ）、降順アドレス

MULTI_DAC_SEL_0 レジスタに書き込み命令が送信されて、選択されたチャンネルの複数 DAC 機能をイネーブルします。ストリーム・モードで降順アドレスがイネーブルされている場合、コマンドの次には、隣接するマルチバイト・レジスタ 0xE3（および 0xE2）MULTI_DAC_CH のデータが続きます。STREAM_MODE (LOOP_COUNT) が 0x3 に設定されているとすると、これに続くデータ・ストリームは開始アドレス 0xE4 にループ・バックして、CSB がデアサートされるまで同じプロセスを繰り返します。

オプション 5（間接更新、同一データ、ハードウェア LDAC、複数チャンネル）

オプション 5 では、同じデータを持つ MULTI_INPUT_SEL_0 (MI_SEL_CH_n) ビットフィールドと HW_LDAC_EN_0 (HLD_EN_CH_n) ビットフィールドによって確認された、複数の DAC_CHn レジスタの更新タイミングを制御することができます。データは MULTI_INPUT_CH レジスタに格納され、有効な LDACB パルスを供給することによって更新が開始されます。

オプション 5 は、単一命令モードおよびストリーム・モードでの複数チャンネル更新に最適です。

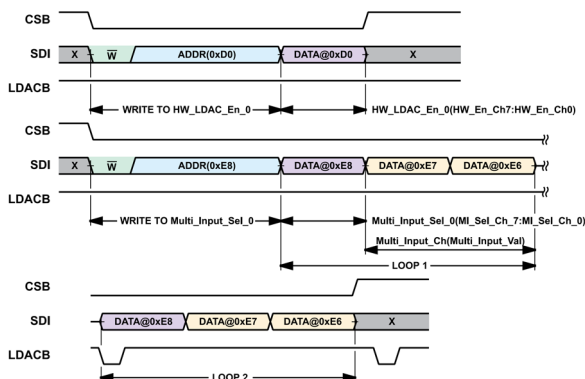


図 78. オプション 5 の例：MULTI_INPUT_CH レジスタへの書き込み - ハードウェア LDAC、ストリーム・モード（ループ）、昇順アドレス

オプション 5 は、MULTI_INPUT_SEL_0 レジスタと MULTI_INPUT_CH レジスタを使用して複数の DAC チャンネルの入力レジスタの選択と更新を行います。この点を除けばオプション 2 と同じです。DAC レジスタと DAC 出力を更新する各ループが終了すると、LDACB がアサートされます（正しい LDAC が守られた場合）。

アプリケーション情報

オプション 6 (間接更新、同一データ、ソフトウェア LDAC、複数チャンネル)

オプション 6 では、同じデータを持つ MULTI_INPUT_SEL_0 (MI_SEL_CH_n) ビットフィールドと SW_LDAC_EN_0 (SLD_EN_CH_n) ビットフィールドによって確認された複数の DAC_CHn レジスタを、直接同時に更新できます。データは MULTI_INPUT_CH レジスタに格納され、ソフトウェア LDAC によって更新が開始されます。

オプション 6 は、単一命令モードおよびストリーム・モードでの複数チャンネル更新に最適です。

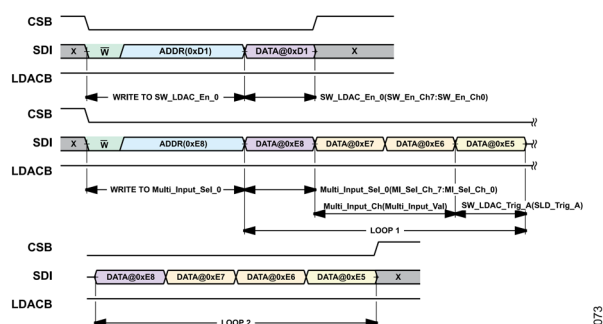


図 79. オプション 6 の例：MULTI_INPUT_CH レジスタへの書き込み - ソフトウェア LDAC、ストリーム・モード（ループ）、昇順アドレス

オプション 6 は、ハードウェア LDAC 機能ではなくソフトウェア LDAC 機能を使用する点を除いてオプション 5 と同じです。SW_LDAC_EN_0 レジスタは、ソフトウェア LDAC コマンドをどのチャンネルに適用するかを決定します。

ヘッドルームとフットルーム

ヘッドルームとフットルームとは、指定された出力負荷電流に対する DAC の電源電圧と意図する出力電圧の差のことを言います。電源電圧のヘッドルームまたはフットルームが不十分な場合、DAC の内蔵出力アンプの通過素子は、理想スイッチではなく抵抗のような動作を示します。このため、負荷電流が増加すると出力電圧が低下するという結果を招きます。

AD3531/AD3531R の必要ヘッドルームは代表値で 25mV/20mA、フットルームは 50mV/20mA という非常に低い値となっています。代表的な特性を図 20 に示します。電圧降下特性は一般に直線的なので、負荷電流にヘッドルーム／フットルーム仕様を乗じることによって計算できます。例えば、電源が 5V で DAC 出力の設定も 5V だとします。DAC が負荷に対して 30mA の電流ソースを開始したとすると、DAC の出力電圧は約 4.963V です。

フットルームの例を考えると、DAC 出力が 30mA の電流をシンクしている場合、出力電圧はグラウンド電位基準で 75mV となります。

レジスタの一覧

表 10. AD3531/AD3531R のレジスタ一覧

Reg	Name	Bits	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset	RW	
0x00	INTERFACE_CONFIG_A	[7:0]	SW_RESET	RESERVED	ADDR_EXTENSION	SDO_ENABLE	RESERVED			RESET_SW	0x10	R/W	
0x01	INTERFACE_CONFIG_B	[7:0]	SINGLE_INSTR	RESERVED			SHORT_INSTRUCTION	RESERVED			0x00	R/W	
0x02	DEVICE_CONFIG	[7:0]	RESERVED						OPERATING_MODES		0x00	R/W	
0x03	CHIP_TYPE	[7:0]	RESERVED				CHIP_TYPE				0x08	R	
0x04	PRODUCT_ID_L	[7:0]	PRODUCT_ID[7:0]								0x01	R	
0x05	PRODUCT_ID_H	[7:0]	PRODUCT_ID[15:8]								0x00	R	
0x06	CHIP_GRADE	[7:0]	GRADE				Device_REVISION				0x01	R	
0x0A	SCRATCH_PAD	[7:0]	SCRATCH_VALUE								0x00	R/W	
0x0B	SPI_REVISION	[7:0]	SPI_TYPE		Version						0x84	R	
0x0C	VENDOR_L	[7:0]	VID[7:0]								0x56	R	
0x0D	VENDOR_H	[7:0]	VID[15:8]								0x04	R	
0x0E	STREAM_MODE	[7:0]	LOOP_COUNT								0x00	R/W	
0x0F	TRANSFER_CONFIG	[7:0]	RESERVED					KEEP_STREAM_LENGTH_VAL	RESERVED		0x00	R/W	
0x10	INTERFACE_CONFIG_C	[7:0]	CRC_ENABLE		STRICT_REGISTER_ACCESS	RESERVED	ACTIVE_INTERFACE_MODE		CRC_ENABLEB		0x23	R/W	
0x11	INTERFACE_STATUS_A	[7:0]	NOT_READY_ERR	RESERVED		CLOCK_COUNT_ERR	CRC_ERR	RESERVED	REGISTER_PARTIAL_ACCESS_ERR	RESERVED	0x00	R/W	
0x20	OUTPUT_OPERATING_MODE_0	[7:0]	MODE_CH_3		MODE_CH_2		MODE_CH_1		MODE_CH_0		0xFF	R/W	
0x2A	OUTPUT_CONTROL_0	[7:0]	RESERVED					RANGE		RESERVED		0x00	R/W
0x3C	Reference_CONTROL_0	[7:0]	RESERVED								SEL	0x00	R/W
0x93	Mux_OUT_SELECT_0	[7:0]	RESERVED			SEL						0x00	R/W
0xC2	STATUS_CONTROL	[7:0]	RESERVED				UPDATE_ERR	RESET_WARNING	INTERFACE_ERR	DEVICE_NOT_READY	0x04	R/W	
0xD0	HW_LDAC_EN_0	[7:0]	RESERVED				HLD_EN_CH_3	HLD_EN_CH_2	HLD_EN_CH_1	HLD_EN_CH_0	0xFF	R/W	
0xD1	SW_LDAC_EN_0	[7:0]	RESERVED				SLD_EN_CH_3	SLD_EN_CH_2	SLD_EN_CH_1	SLD_EN_CH_0	0xFF	R/W	
0xD3 TO 0xD9 by 2 ¹	DAC_CHn	[15:8]	DAC_VAL[15:8]									0x0000	R/W
		[7:0]	DAC_VAL[7:0]										
0xDB ¹	MULTI_DAC_CH	[15:8]	MULTI_DAC_VAL[15:8]									0x0000	R/W
		[7:0]	MULTI_DAC_VAL[7:0]										
0xDC	MULTI_DAC_SEL_0	[7:0]	RESERVED				MD_SEL_CH_3	MD_SEL_CH_2	MD_SEL_CH_1	MD_SEL_CH_0	0xFF	R/W	
0xDD	SW_LDAC_TRIGGER_0	[7:0]	SLD_TRIGGER_0	RESERVED								0x00	R/W
0xDF ¹	MULTI_INPUT_CH	[15:8]	MULTI_INPUT_VAL[15:8]									0x0000	R/W
		[7:0]	MULTI_INPUT_VAL[7:0]										

レジスタの一覧

表 10. AD3531/AD3531R のレジスタ一覧（続き）

Reg	Name	Bits	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset	RW
0xE0	MULTI_INPUT_SEL_0	[7:0]	RESERVED				MI_SEL_CH_3	MI_SEL_CH_2	MI_SEL_CH_1	MI_SEL_CH_0	0xFF	R/W
0xE1	SW_LDAC_TRIG_0	[7:0]	SLD_TRIG_0	RESERVED							0x00	R/W
0xE3 to 0xE9 by 2 ¹	INPUT_CHn	[15:8]	INPUT_VAL[15:8]								0x0000	R/W
		[7:0]	INPUT_VAL[7:0]									

¹ 詳細については [マルチバイト・レジスタ](#) のセクションを参照してください。

レジスタの詳細

インターフェース設定 A レジスタ

アドレス : 0x00、リセット : 0x10、レジスタ名 : INTERFACE_CONFIG_A

インターフェースの設定値。

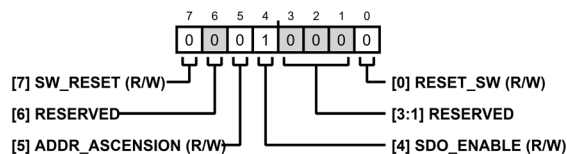


表 11. INTERFACE_CONFIG_A のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
7	SW_RESET	2つの SW_RESET ビットの 1 つ目。このビットはこのレジスタの 2 か所にあります。デバイスのソフトウェア・リセットをトリガするには、両方の場所に同時に書き込む必要があります。このレジスタを除くすべてのレジスタがデフォルト値にリセットされます。	0x0	R/W
6	RESERVED	予約済み。	0x0	R
5	ADDR_ASCENSION	シーケンシャルなアドレス指定動作を決定。 0 : ストリーミング時にアドレスを 1 だけデクリメントします。 1 : ストリーミング時にアドレスを 1 だけインクリメントします。	0x0	R/W
4	SDO_ENABLE	SDO ピンをイネーブル。 0 : SDO ピンをディスエーブル。 1 : SDO ピンをイネーブル。	0x1	R/W
[3:1]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
0	RESET_SW	2つの SW_RESET ビットの 2 つ目。このビットはこのレジスタの 2 か所にあります。デバイスのソフトウェア・リセットをトリガするには、両方の場所に同時に書き込む必要があります。このレジスタを除くすべてのレジスタがデフォルト値にリセットされます。	0x0	R/W

インターフェース設定 B レジスタ

アドレス : 0x01、リセット : 0x00、レジスタ名 : INTERFACE_CONFIG_B

追加のインターフェース設定値。

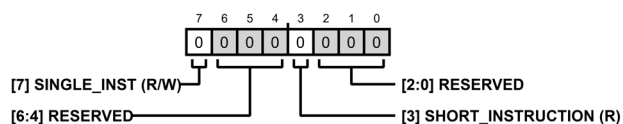


表 12. INTERFACE_CONFIG_B のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
7	SINGLE_INST	ストリーム・モードまたは単一命令モードを選択します。 0 : ストリーミング・モードがイネーブルになります。連続するデータ・バイトを受信するごとに、アドレスがインクリメント／デクリメントされます。 1 : 単一命令モードがイネーブルになります。	0x0	R/W
[6:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
3	SHORT_INSTRUCTION	命令フェーズのアドレスを 7 ビットまたは 15 ビットに設定します。 0 : 15 ビットのアドレス指定。 1 : 7 ビットのアドレス指定。	0x0	R/W
[2:0]	RESERVED	予約済み。	0x0	R

デバイス設定レジスタ

アドレス : 0x02、リセット : 0x00、レジスタ名 : DEVICE_CONFIG

レジスタの詳細

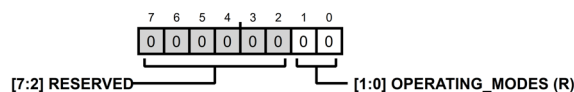


表 13. DEVICE_CONFIG のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:2]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
[1:0]	OPERATING_MODES	動作モード。読み出し専用です。 00: 通常動作モード。 11: 低消費電力モード。	0x0	R

チップ・タイプ・レジスタ

アドレス : 0x03、リセット : 0x08、レジスタ名 : CHIP_TYPE

チップ・タイプは、対象のデバイスが属するアナログ・デバイス製品ファミリを識別するために用います。目的の製品を一意に特定するには、製品 ID と併せて使用する必要があります。

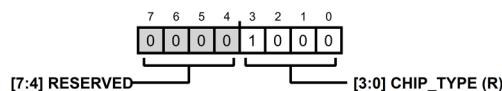


表 14. CHIP_TYPE のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
[3:0]	CHIP_TYPE	高精度 DAC。	0x8	R

製品 ID 下位レジスタ

アドレス : 0x04、リセット : 0x01、レジスタ名 : PRODUCT_ID_L

製品 ID の下位バイト。

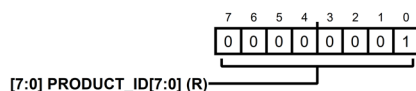


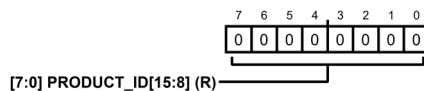
表 15. PRODUCT_ID_L のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:0]	PRODUCT_ID[7:0]	これはデバイスのチップ・タイプ／ファミリです。製品を特定するには、製品 ID と CHIP_TYPE を両方使用する必要があります。	0x1	R

製品 ID 上位レジスタ

アドレス : 0x05、リセット : 0x00、レジスタ名 : PRODUCT_ID_H

製品 ID の上位バイト。



レジスタの詳細

表 16. PRODUCT_ID_H のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:0]	PRODUCT_ID[15:8]	デバイスのチップ・タイプ／ファミリ。製品を特定するには、製品 ID と CHIP_TYPE を両方使用する必要があります。	0x0	R

チップ・グレード・レジスタ

アドレス : 0x06、リセット : 0x01、レジスタ名 : CHIP_GRADE

製品のバリエーションとデバイスのリビジョンを識別します。

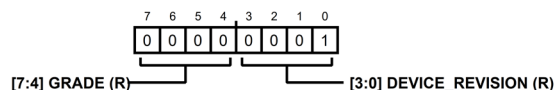


表 17. CHIP_GRADE のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	GRADE	デバイスの性能グレード。	0x0	R
[3:0]	DEVICE_REVISION	デバイスのハードウェア・リビジョン。	0x1	R

スクラッチ・パッド・レジスタ

アドレス : 0x0A、リセット : 0x00、レジスタ名 : SCRATCH_PAD

書き込みや読出しのテストに使用できます。

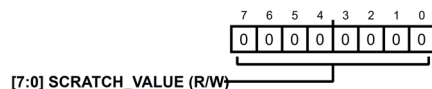


表 18. SCRATCH_PAD のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:0]	SCRATCH_VALUE	ソフトウェア・スクラッチパッド。ソフトウェアは、デバイスに副次的な作用を及ぼすことなく、この場所で読み書きができます。	0x0	R/W

SPI リビジョン・レジスタ

アドレス : 0x0B、リセット : 0x84、レジスタ名 : SPI_REVISION

SPI インターフェース・リビジョンを示します。

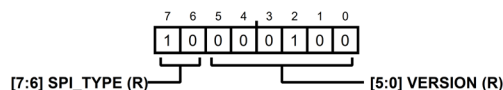


表 19. SPI_REVISION のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:6]	SPI_TYPE	常に 0x2 と読み出されます。	0x2	R
[5:0]	VERSION	SPI のバージョン。	0x4	R

ベンダ ID 下位レジスタ

アドレス : 0x0C、リセット : 0x56、レジスタ名 : VENDOR_L

ベンダ ID の下位バイト。

レジスタの詳細

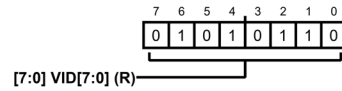


表 20. VENDOR_L のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:0]	VID[7:0]	アナログ・デバイセスのベンダ ID。	0x56	R

ベンダ ID 上位レジスタ

アドレス：0x0D、リセット：0x04、レジスタ名：VENDOR_H

ベンダ ID の上位バイト。

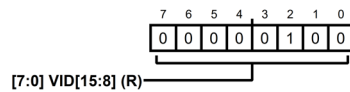


表 21. VENDOR_H のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:0]	VID[15:8]	アナログ・デバイセスのベンダ ID。	0x4	R

ストリーム・モード・レジスタ

アドレス：0x0E、リセット：0x00、レジスタ名：STREAM_MODE

データのストリーミング時のループ長を定義します。

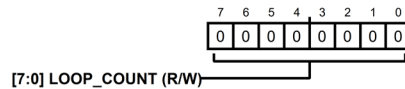


表 22. STREAM_MODE のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:0]	LOOP_COUNT	開始アドレスにループするまでのデータ・バイト・カウントを設定します。データのストリーミング時、アドレスが開始値にループ・バックするまでに書き込まれるデータ・バイト数を、ゼロ以外の値で設定します。この方法で最大 255 個のバイトを書き込むことができます。値を 0x00 にするとループ・バックがディスエーブルされるため、アドレス指定はメモリの上限または下限で最初に戻ります。	0x0	R/W

転送設定レジスタ

アドレス：0x0F、リセット：0x00、レジスタ名：TRANSFER_CONFIG

コントローラ・レジスタとターゲット・レジスタ間のデータ移動方法を制御します。

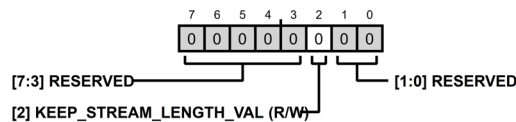


表 23. TRANSFER_CONFIG のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:3]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
2	KEEP_STREAM_LENGTH_VAL	セットされている場合、ループ・カウンタは CSB の立上がりエッジでリセットされます。	0x0	R/W
[1:0]	RESERVED	予約済み。	0x0	R

レジスタの詳細

インターフェース設定 C レジスタ

アドレス : 0x10、リセット : 0x23、レジスタ名 : INTERFACE_CONFIG_C

追加のインターフェース設定

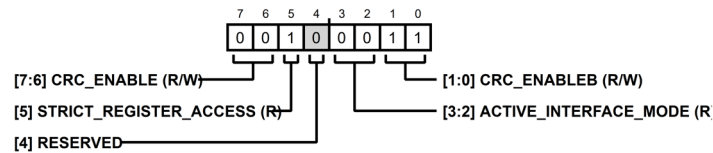


表 24. INTERFACE_CONFIG_C のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:6]	CRC_ENABLE	CRC をイネーブル。このレジスタへの書き込みは、インターフェースでの CRC 使用をイネーブルまたはディスエーブルするために行われます。CRC をイネーブルするには、CRC_ENABLEB ビットフィールドにもこのビットの反転値を書き込む必要があります。 00 : CRC をディスエーブル。 01 : CRC をイネーブル。	0x0	R/W
5	STRICT_REGISTER_ACCESS	マルチバイト・レジスタは完全に読み出し／書き込みをする必要があります。このモードが有効になっている場合、マルチバイト・レジスタのすべてのバイトについて完全に読み出し／書き込みをする必要があります。 0 : ノーマル・モード、アクセス制限なし。 1 : 厳格モード。マルチバイト・レジスタではすべてのバイトにアクセスする必要があります。	0x1	R
4	RESERVED	予約済み。	0x0	R
[3:2]	ACTIVE_INTERFACE_MODE	SPI インターフェースが動作しているアクティブ・モード。	0x0	R
[1:0]	CRC_ENABLEB	反転 CRC をイネーブル。ここには CRC_ENABLE の反転値を書き込む必要があります。 10 : CRC をイネーブル。 11 : CRC をディスエーブル。	0x3	R/W

インターフェース・ステータス A レジスタ

アドレス : 0x11、リセット : 0x00、レジスタ名 : INTERFACE_STATUS_A

ステータス・ビットが 1 にセットされていると、アクティブ状態であることを示しています。これらのビットは、対応するビット位置に 1 を書き込むことでクリアできます。

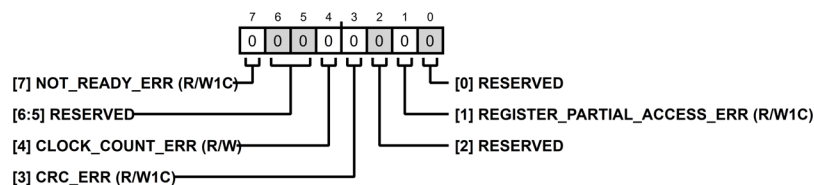


表 25. INTERFACE_STATUS_A のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
7	NOT_READY_ERR	デバイスのトランザクションに対する準備が未了。このエラー・ビットがセットされるのは、ユーザがデジタル初期化の完了前に SPI トランザクションを実行しようとした場合です。	0x0	R/W1C
[6:5]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
4	CLOCK_COUNT_ERR	トランザクションで誤った数のクロックを検出。	0x0	R/W
3	CRC_ERR	受信 CRC が無効または受信 CRC がない。これがセットされるのは、マスタが CRC を送信できなかった場合、またはデバイス側で CRC を計算してチェックした結果、受信 CRC 値が正しくなかった場合です。	0x0	R/W1C
2	RESERVED	予約済み。	0x0	R
1	REGISTER_PARTIAL_ACCESS_ERR	読み出したバイト数または書き込んだバイト数が、期待値より少ないとセットされます。このビットは、厳格なレジスタ・アクセスがイネーブルされている場合にのみ有効です。	0x0	R/W1C
0	RESERVED	予約済み。	0x0	R

レジスタの詳細

出力動作モード 0 レジスタ

アドレス : 0x20、リセット : 0xFF、レジスタ名 : OUTPUT_OPERATING_MODE_0

チャンネル 0~チャンネル 3 の動作モードを設定します。

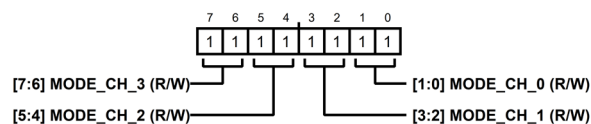


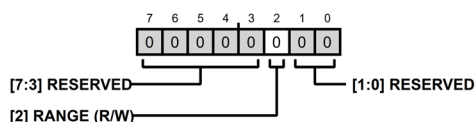
表 26. OUTPUT_OPERATING_MODE_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:6]	MODE_CH_3	モード・チャンネル 3。チャンネル 3 の出力動作モード。 00 : 通常動作。 01 : パワー・ダウン : 500Ω の出力インピーダンス。 10 : パワー・ダウン : 3.85kΩ の出力インピーダンス。 11 : パワー・ダウン : 16kΩ の出力インピーダンス。	0x3	R/W
[5:4]	MODE_CH_2	モード・チャンネル 2。チャンネル 2 の出力動作モード。 00 : 通常動作。 01 : パワー・ダウン : 500Ω の出力インピーダンス。 10 : パワー・ダウン : 3.85kΩ の出力インピーダンス。 11 : パワー・ダウン : 16kΩ の出力インピーダンス。	0x3	R/W
[3:2]	MODE_CH_1	モード・チャンネル 1。チャンネル 1 の出力動作モード。 00 : 通常動作。 01 : パワー・ダウン : 500Ω の出力インピーダンス。 10 : パワー・ダウン : 3.85kΩ の出力インピーダンス。 11 : パワー・ダウン : 16kΩ の出力インピーダンス。	0x3	R/W
[1:0]	MODE_CH_0	モード・チャンネル 0。チャンネル 0 の出力動作モード。 00 : 通常動作。 01 : パワー・ダウン : 500Ω の出力インピーダンス。 10 : パワー・ダウン : 3.85kΩ の出力インピーダンス。 11 : パワー・ダウン : 16kΩ の出力インピーダンス。	0x3	R/W

出力制御 0 レジスタ

アドレス : 0x2A、リセット : 0x00、レジスタ名 : OUTPUT_CONTROL_0

すべてのチャンネルの出力範囲を設定します。



レジスタの詳細

表 27. OUTPUT_CONTROL_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:3] 2	RESERVED RANGE	予約済み。 出力範囲。すべてのチャンネルの出力範囲を設定するために使われるビットフィールド。 0 : レンジ 0。出力範囲は 0V~VREF になります。 1 : レンジ 1。出力範囲は 0V~2 × VREF になります。	0x0 0x0	R R/W
[1:0]	RESERVED	予約済み。	0x0	R

リファレンス制御 0 レジスタ

アドレス : 0x3C、リセット : 0x00、レジスタ名 : REFERENCE_CONTROL_0

すべてのチャンネルのリファレンス・ソースを設定します。

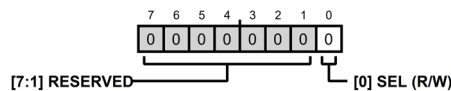


表 28. REFERENCE_CONTROL_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:1] 0	RESERVED SEL	予約済み。 リファレンスの選択。すべてのチャンネルの電圧リファレンス・ソースを選択します。 0 : 0 を選択します。VREF ピンは入力ピンで、外部リファレンスはこのピンを通じて入力する必要があります。 1 : 1 を選択します。VREF ピンは出力ピンで、デバイスは内部リファレンスを使用しますが、内部リファレンスは VREF ピンから出力することもできます。	0x0 0x0	R R/W

マルチプレクサ入力選択 0 レジスタ

アドレス : 0x93、リセット : 0x00、レジスタ名 : MUX_OUT_SELECT_0

MUX_OUT ピンでどのマルチプレクサの入力信号をモニタするかを選択します。

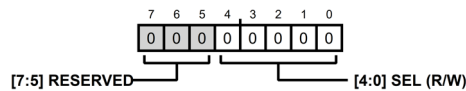


表 29. MUX_OUT_SELECT_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:5] [4:0]	RESERVED SEL	予約済み。 マルチプレクサ入力の選択。MUX_OUT ピンでどのマルチプレクサの入力信号をモニタするかを選択します。 0x0 : パワー・ダウン。MUX_OUT ピンがパワー・ダウンされます。MUX_OUT ピンのインピーダンスは 80kΩ です。 0x1 : VOUT0。VOUT0 の電圧値は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x2 : IOUT0 (ソース・モード)。IOUT0 を電圧で表した値 (ソース・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x3 : IOUT0 (シンク・モード)。IOUT0 を電圧で表した値 (シンク・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x7 : VOUT2。VOUT2 の電圧値は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x8 : IOUT2 (ソース・モード)。IOUT2 を電圧で表した値 (ソース・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x9 : IOUT2 (シンク・モード)。IOUT2 を電圧で表した値 (シンク・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0xD : VOUT4。VOUT4 の電圧値は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0xE : IOUT4 (ソース・モード)。IOUT4 を電圧で表した値 (ソース・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0xF : IOUT4 (シンク・モード)。IOUT4 を電圧で表した値 (シンク・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x13 : VOUT6。VOUT6 の電圧値は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x14 : IOUT6 (ソース・モード)。IOUT6 を電圧で表した値 (ソース・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x15 : IOUT6 (シンク・モード)。IOUT6 を電圧で表した値 (シンク・モード) は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x19 : ダイ温度。内部ダイ温度を電圧で表した値は MUX_OUT ピンでモニタできます。 0x1A : AGND。MUX_OUT ピンは内部で AGND に接続されています。	0x0 0x0	R R/W

レジスタの詳細

ステータス制御レジスタ

アドレス : 0xC2、リセット : 0x04、レジスタ名 : STATUS_CONTROL

起動シーケンス、インターフェース、リセットによるイベント・フラグで、更新を読み出せます。クリアするには 1 を書き込みます。

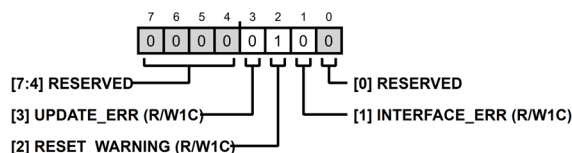


表 30. STATUS_CONTROL のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
3	UPDATE_ERR	更新エラー。DAC_CHnの最後の更新から 640ns 以内に、このレジスタを再び更新しようとする試みがあったことを示すステータス。 0 : エラー0。すべての更新が正常に終了しました。 1 : エラー1。重複する更新が試みられました。	0x0	R/W1C
2	RESET_WARNING	リセット警告。デバイスにリセット・イベントが発生したかどうかを示すステータス。 0 : 警告0。リセット警告フラグがクリアされました。 1 : 警告1。リセット・イベントが発生しました。	0x1	R/W1C
1	INTERFACE_ERR	インターフェース・エラー。INTERFACE_STATUS_Aにエラー・フラグがアサートされたことを示すステータス。 0 : エラー0。インターフェース・エラーなし。 1 : エラー1。インターフェース・エラー。	0x0	R/W1C
0	RESERVED	予約済み。	0x0	R

ハードウェア LDAC イネーブル 0 レジスタ

アドレス : 0xD0、リセット : 0x0F、レジスタ名 : HW_LDAC_EN_0

チャンネル 0～チャンネル 3 のハードウェア LDAC機能をイネーブルします。

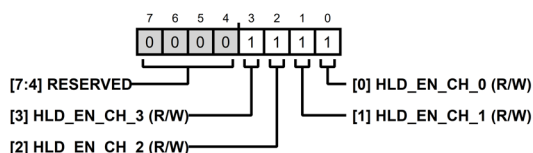


表 32. HW_LDAC_EN_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
3	HLD_EN_CH_3	チャンネル 3 のハードウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 3 のハードウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : HLD En 0。チャンネル 3 のハードウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : HLD En 1。チャンネル 3 のハードウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W
2	HLD_EN_CH_2	チャンネル 2 のハードウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 2 のハードウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : HLD En 0。チャンネル 2 のハードウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : HLD En 1。チャンネル 2 のハードウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W

レジスタの詳細

表 31. HW_LDAC_EN_0 のビットの説明（続き）

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
1	HLD_EN_CH_1	チャンネル 1 のハードウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 1 のハードウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : HLD En 0。チャンネル 1 のハードウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : HLD En 1。チャンネル 1 のハードウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W
0	HLD_EN_CH_0	チャンネル 0 のハードウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 0 のハードウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : HLD En 0。チャンネル 0 のハードウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : HLD En 1。チャンネル 0 のハードウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W

ソフトウェア LDAC イネーブル 0 レジスタ

アドレス : 0xD1、リセット : 0x0F、レジスタ名 : SW_LDAC_EN_0

チャンネル 0～チャンネル 3 のソフトウェア LDAC 機能をイネーブルします。

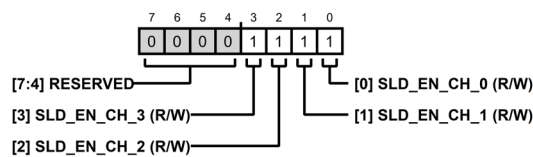


表 32. SW_LDAC_EN_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
3	SLD_EN_CH_3	チャンネル 3 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 3 のソフトウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : SLD En 0。チャンネル 3 のソフトウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : SLD En 1。チャンネル 3 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W
2	SLD_EN_CH_2	チャンネル 2 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 2 のソフトウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : SLD En 0。チャンネル 2 のソフトウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : SLD En 1。チャンネル 2 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W
1	SLD_EN_CH_1	チャンネル 1 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 1 のソフトウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : SLD En 0。チャンネル 1 のソフトウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : SLD En 1。チャンネル 1 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W
0	SLD_EN_CH_0	チャンネル 0 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。チャンネル 0 のソフトウェア LDAC 機能をイネーブル/ディスエーブルします。 0 : SLD En 0。チャンネル 0 のソフトウェア LDAC をディスエーブルします。 1 : SLD En 1。チャンネル 0 のソフトウェア LDAC をイネーブルします。	0x1	R/W

DAC レジスタ

アドレス : 0xD3 to 0xD9（インクリメント値は 2）、リセット : 0x0000、レジスタ名 : DAC_Chn

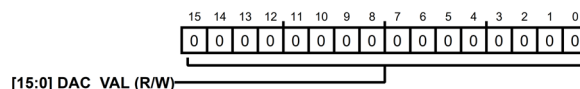
16 ビット・データが VOUTn ピンの電圧を決定します（n はチャンネル番号）。

DAC_Ch0 : 0xD2-0xD3

DAC_Ch1 : 0xD4-0xD5

DAC_Ch2 : 0xD6-0xD7

DAC_Ch3 : 0xD8-0xD9



レジスタの詳細

表 33. DAC_Chn のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[15:0]	DAC_VAL	DAC の値。16 ビット・データが VOUTn ピンの電圧を決定します (n はチャンネル番号)。	0x0	R/W

複数 DAC レジスタ

アドレス : 0xDB、リセット : 0x0000、レジスタ名 : MULTI_DAC_CH

このレジスタに書き込まれたデータは、MULTI_DAC_SEL_0 で選択されたすべての DAC_Chn にも書き込まれます。

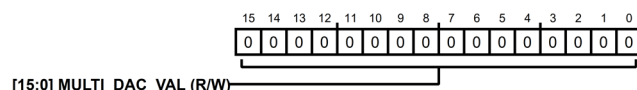


表 34. MULTI_DAC_CH のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[15:0]	MULTI_DAC_VAL	複数 DAC の値。データは、MULTI_DAC_SEL_0 で選択されたすべての DAC_Chn に書き込まれます。データを読み出すと、常に最後に書き込まれたデータが返されます。	0x0	R/W

複数 DAC 選択 0 レジスタ

アドレス : 0xDC、リセット : 0x0F、レジスタ名 : MULTI_DAC_SEL_0

MULTI_DAC_Ch への書き込み動作実行時に、どの DAC_Chn に書き込むかを選択します。DAC_Ch0~DAC_Ch3 だけに適用されます。

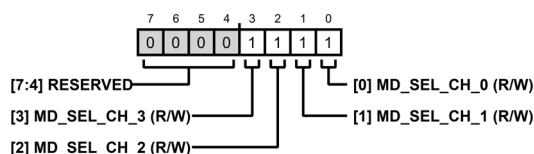


表 35. MULTI_DAC_SEL_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
3	MD_SEL_CH_3	複数 DAC 選択、チャンネル 3。選択した場合、MULTI_DAC_CH に書き込みを行うと、DAC_CH3 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても DAC_CH3 への書き込みは行われません。 0 : MD Sel 0。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH3 の選択を解除します。 1 : MD Sel 1。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH3 を選択します。	0x1	R/W
2	MD_SEL_CH_2	複数 DAC 選択、チャンネル 2。選択した場合、MULTI_DAC_CH に書き込みを行うと、DAC_CH2 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても DAC_CH2 への書き込みは行われません。 0 : MD Sel 0。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH2 の選択を解除します。 1 : MD Sel 1。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH2 を選択します。	0x1	R/W
1	MD_SEL_CH_1	複数 DAC 選択、チャンネル 1。選択した場合、MULTI_DAC_CH に書き込みを行うと、DAC_CH1 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても DAC_CH1 への書き込みは行われません。 0 : MD Sel 0。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH1 の選択を解除します。 1 : MD Sel 1。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH1 を選択します。	0x1	R/W
0	MD_SEL_CH_0	複数 DAC 選択、チャンネル 0。選択した場合、MULTI_DAC_CH に書き込みを行うと、DAC_CH0 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても DAC_CH0 への書き込みは行われません。 0 : MD Sel 0。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH0 の選択を解除します。 1 : MD Sel 1。MULTI_DAC_CH 動作時に DAC_CH0 を選択します。	0x1	R/W

ソフトウェア LDAC トリガ 0 レジスタ

アドレス : 0xDD、リセット : 0x00、レジスタ名 : SW_LDAC_TRIG_0

レジスタの詳細

INPUT_Chn から DAC_Chn への転送を開始します。イネーブルされたチャンネルにのみ有効で、これらのチャンネルは SW_LDAC_En_0 によって識別されます。

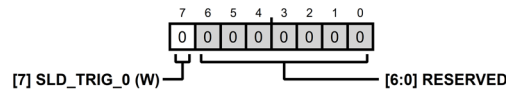


表 36. SW_LDAC_TRIG_A0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
7	SLD_TRIG_0	ソフトウェア LDAC トリガ 0。セットすると、INPUT_Chn から DAC_Chn への転送が開始されます。ここで n は、SW_LDAC_EN_0 によってイネーブルされるチャンネルの番号です。0 を書き込んだ場合は無視されます。	0x0	W
[6:0]	RESERVED	予約済み。	0x0	R

複数入力レジスタ

アドレス : 0xDF、リセット : 0x0000、レジスタ名 : MULTI_INPUT_CH

このレジスタに書き込まれるデータは、Multi_Input_Sel_0 で選択されたすべての Input_Chn にも書き込まれます。データを読み出すと、常に最後に書き込まれたデータが返されます。

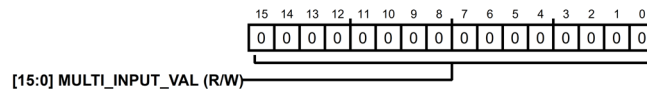


表 37. MULTI_INPUT_CH のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[15:0]	MULTI_INPUT_VAL	複数入力値。データは、Multi_Input_Sel_0 で選択されたすべての Input_Chn に書き込まれます。データを読み出すと、常に最後に書き込まれたデータが返されます。	0x0	R/W

複数入力選択 0 レジスタ

アドレス : 0xE0、リセット : 0x0F、レジスタ名 : MULTI_INPUT_SEL_0

Multi_Input_Ch への書き込み動作実行時に、どの Input_Chn に書き込むかを選択します。Input_Ch0 ~ Input_Ch3 だけに適用されます。

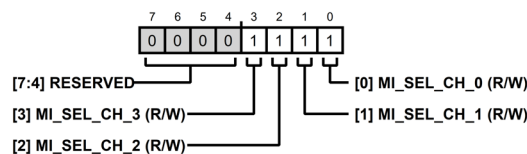


表 38. MULTI_INPUT_SEL_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[7:4]	RESERVED	予約済み。	0x0	R
3	MI_SEL_CH_3	複数入力選択、チャンネル 3。選択した場合、MULTI_INPUT_CH に書き込みを行うと、INPUT_CH3 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても INPUT_CH3 への書き込みは行われません。 0 : MI Sel 0。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH3 の選択を解除します。 1 : MI Sel 1。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH3 を選択します。	0x1	R/W
2	MI_SEL_CH_2	複数入力選択、チャンネル 2。選択した場合、MULTI_INPUT_CH に書き込みを行うと、INPUT_CH2 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても INPUT_CH2 への書き込みは行われません。 0 : MI Sel 0。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH2 の選択を解除します。 1 : MI Sel 1。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH2 を選択します。	0x1	R/W
1	MI_SEL_CH_1	複数入力選択、チャンネル 1。選択した場合、MULTI_INPUT_CH に書き込みを行うと、INPUT_CH1 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても INPUT_CH1 への書き込みは行われません。 0 : MI Sel 0。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH1 の選択を解除します。 1 : MI Sel 1。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH1 を選択します。	0x1	R/W

レジスタの詳細

表 38. MULTI_INPUT_SEL_0 のビットの説明（続き）

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
0	MI_SEL_CH_0	複数入力選択、チャンネル 0。選択した場合、MULTI_INPUT_CH に書き込みを行うと、INPUT_CH0 にも同じデータが書き込まれます。選択を解除すると、MULTI_DAC_CH に書き込みを行っても INPUT_CH0 への書き込みは行われません。 0 : MI Sel 0。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH0 の選択を解除します。 1 : MI Sel 1。MULTI_INPUT_CH 動作時に INPUT_CH0 を選択します。	0x1	R/W

ソフトウェア LDAC トリガ 0 レジスタ

アドレス : 0xE1、リセット : 0x00、レジスタ名 : SW_LDAC_TRIG_0

INPUT_CHn から DAC_CHn への転送を開始します。イネーブルされたチャンネルにのみ有効で、これらのチャンネルは SW_LDAC_EN_0 によって識別されます。

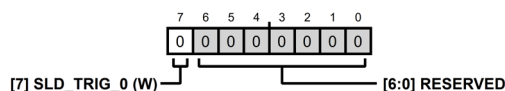


表 39. SW_LDAC_TRIG_0 のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
7	SLD_TRIG_0	ソフトウェア LDAC トリガ 0。セットすると、INPUT_CHn から DAC_CHn への転送が開始されます。ここで n は、SW_LDAC_EN_0 によってイネーブルされるチャンネルの番号です。0 を書き込んだ場合は無視されます。	0x0	W
[6:0]	RESERVED	予約済み。	0x0	R

入力レジスタ

アドレス : 0xE3~0xF9（インクリメント値は 2）、リセット : 0x0000、レジスタ名 : INPUT_CHn

このレジスタに書き込みをしてもデバイスの出力電圧は更新されません。INPUT_CHn から DAC_CHn へデータをプッシュするには、ハードウェア LDAC またはソフトウェア LDAC が必要です。これは出力も更新します。

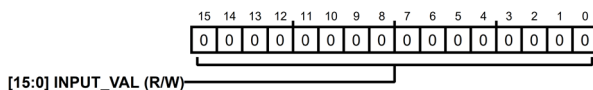


表 40. INPUT_CHn のビットの説明

ビット	ビット名	説明	リセット	アクセス
[15:0]	INPUT_VAL	入力値。16 ビットの INPUT_CHn データで、n はチャンネル番号です。	0x0	R/W

外形寸法

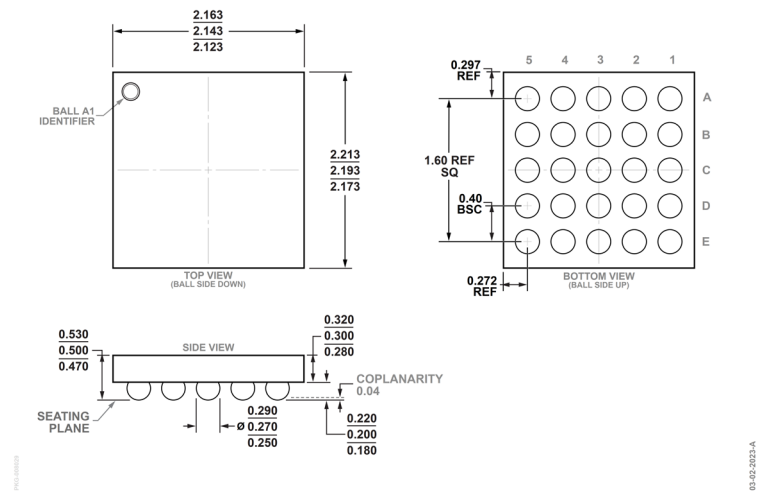


図 80. 25 ボール・ウェハ・レベル・チップ・スケール・パッケージ [WLCSP]
(CB-25-11)
寸法：mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Packing Quantity	Package Option
AD3531RBCBZ-RL7	-40°C to +125°C	25-Ball WLCSP (2.143mm × 2.193mm × 0.500mm)	Reel, 1500	CB-25-11
AD3531RBCBZ-RL7	-40°C to +125°C	25-Ball WLCSP (2.143mm × 2.193mm × 0.500mm)	Reel, 1500	CB-25-11

¹ Z = RoHS 準拠製品。

評価用ボード

Model ¹	Description
EVAL-AD3531RARDZ	Evaluation Board

¹ Z = RoHS 準拠製品。