

SNR が 94.7dB の 16 ビット、 250ksps、単極性疑似差動 SAR A/D コンバータ

特長

- スループット・レート: 250ksps
- INL: $\pm 0.75\text{LSB}$ (最大)
- 欠落コードのない 16 ビット分解能を保証
- 低消費電力: 250ksps で 3.4mW、250sps で 3.4 μ W
- SNR (標準): 94.7dB ($f_{\text{IN}} = 2\text{kHz}$)
- THD (標準): -120dB ($f_{\text{IN}} = 2\text{kHz}$)
- 125°C までの動作を保証
- 2.5V 電源
- 単極性の疑似差動入力範囲: 0V \sim V_{REF}
- V_{REF} 入力範囲: 2.5V \sim 5.1V
- パイプライン遅延なし、サイクル待ち時間なし
- 入出力の電圧: 1.8V \sim 5V
- デイジーチェーン・モードを備えた SPI 互換シリアル I/O
- 内部変換クロック
- 16ピン MSOP および 4mm \times 3mm DFN パッケージ

アプリケーション

- 医療用画像処理
- 高速データ収集
- 携帯型または小型計測器
- 産業用プロセス制御
- 低消費電力のバッテリー駆動計測器
- ATE

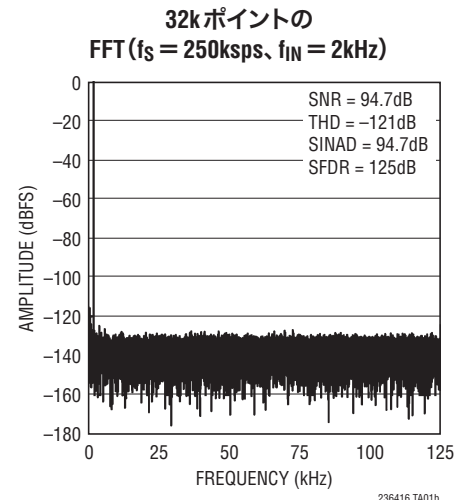
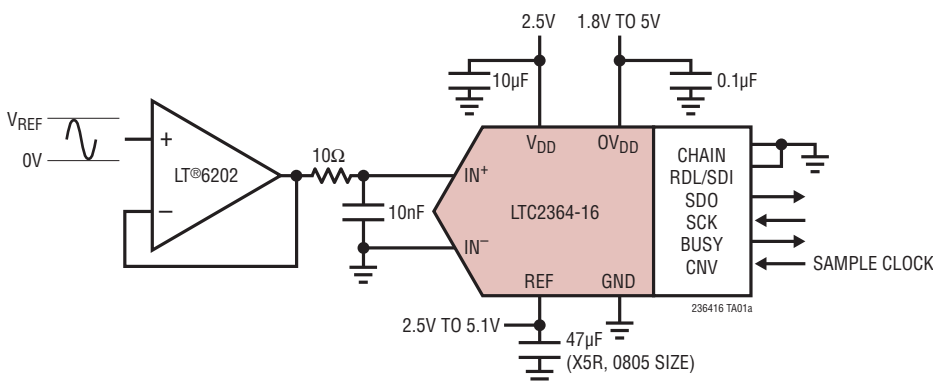
概要

LTC[®]2364-16 は、低ノイズ、低消費電力の高速 16 ビット逐次比較レジスタ (SAR) A/D コンバータです。LTC2364-16 は 2.5V 電源で動作し、 V_{REF} の範囲が 2.5V \sim 5.1V の場合、単極性の疑似差動入力範囲は 0V \sim V_{REF} です。LTC2364-16 は、わずか 3.4mW の消費電力、 $\pm 0.75\text{LSB}$ の INL (最大)、16 ビット分解能で欠落コードなし、および 94.7dB の SNR を実現します。

LTC2364-16 には、1.8V、2.5V、3.3V および 5V のロジックをサポートする SPI 互換の高速シリアル・インタフェースがあり、デイジーチェーン・モードも備えています。サイクル待ち時間がなく、スループットが 250ksps と速いので、さまざまな高速アプリケーションに最適です。内部発振器が変換時間を設定するので、外部のタイミングに対する配慮は少なく済みます。LTC2364-16 は、変換と変換の間は消費電力が自動的に低下するので、サンプリング・レートに比例して電力損失が減少します。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology および Linear のロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。SoftSpan はリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7705765 を含む米国特許によって保護されています。

標準的応用例



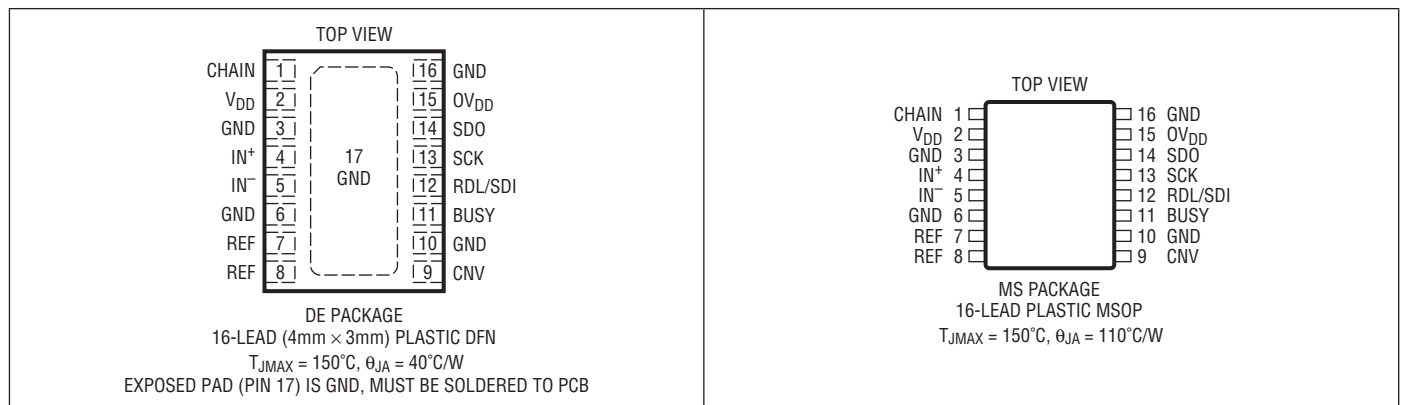
LTC2364-16

絶対最大定格 (Note 1、2)

電源電圧 (V_{DD})	2.8V
電源電圧 (OV_{DD})	6V
リファレンス入力 (REF)	6V
アナログ入力電圧 (Note 3)	
IN^+ , IN^-	(GND - 0.3V) ~ (REF + 0.3V)
デジタル入力電圧	
(Note 3)	(GND - 0.3V) ~ (OV_{DD} + 0.3V)
デジタル出力電圧	
(Note 3)	(GND - 0.3V) ~ (OV_{DD} + 0.3V)

電力損失	500mW
動作温度範囲	
LTC2364C	0°C ~ 70°C
LTC2364I	-40°C ~ 85°C
LTC2364H	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LTC2364CMS-16#PBF	LTC2364CMS-16#TRPBF	236416	16-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LTC2364IMS-16#PBF	LTC2364IMS-16#TRPBF	236416	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LTC2364HMS-16#PBF	LTC2364HMS-16#TRPBF	236416	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC2364CDE-16#PBF	LTC2364CDE-16#TRPBF	23646	16-Lead (4mm x 3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC2364IDE-16#PBF	LTC2364IDE-16#TRPBF	23646	16-Lead (4mm x 3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。* 温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
非標準の鉛仕上げの製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

無鉛仕上げの製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

電気的特性 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN+}	Absolute Input Range (IN^+)	(Note 5)	●	-0.1		$V_{REF} + 0.1$	V
V_{IN-}	Absolute Input Range (IN^-)	(Note 5)	●	-0.1		0.1	V
$V_{IN+} - V_{IN-}$	Input Differential Voltage Range	$V_{IN} = V_{IN+} - V_{IN-}$	●	0		V_{REF}	V
I_{IN}	Analog Input Leakage Current		●			± 1	μA
C_{IN}	Analog Input Capacitance	Sample Mode Hold Mode			45 5		pF pF
CMRR	Input Common Mode Rejection Ratio	$f_{IN} = 125\text{kHz}$			80		dB

コンバータの特性 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
	Resolution		●	16			Bits
	No Missing Codes		●	16			Bits
	Transition Noise				0.5		LSB_{RMS}
INL	Integral Linearity Error	(Note 6)	●	-0.75	± 0.1	0.75	LSB
DNL	Differential Linearity Error		●	-0.5	± 0.1	0.5	LSB
ZSE	Zero-Scale Error	(Note 7)	●	-4	0	4	LSB
	Zero-Scale Error Drift				4		$\text{mLSB}/^\circ\text{C}$
FSE	Full-Scale Error	(Note 7)	●	-20	± 2	20	LSB
	Full-Scale Error Drift				± 0.1		$\text{ppm}/^\circ\text{C}$

ダイナミック精度 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $A_{IN} = -1\text{dBFS}$ での値。(Note 4、8)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
SINAD	Signal-to-(Noise + Distortion) Ratio	$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 5\text{V}$	●	91.9	94.7		dB
		$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 5\text{V}$, (H-Grade)	●	91.7	94.7		dB
SNR	Signal-to-Noise Ratio	$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 5\text{V}$	●	92.5	94.7		dB
		$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$	●	87.7	90.7		dB
		$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 5\text{V}$, (H-Grade)	●	92.2	94.7		dB
		$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$, (H-Grade)	●	87.3	90.7		dB
THD	Total Harmonic Distortion	$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 5\text{V}$	●		-120	-102	dB
		$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 2.5\text{V}$	●		-120	-102	dB
SFDR	Spurious Free Dynamic Range	$f_{IN} = 2\text{kHz}$, $V_{REF} = 5\text{V}$	●	103	122		dB
	-3dB Input Bandwidth				34		MHz
	Aperture Delay				500		ps
	Aperture Jitter				4		ps
	Transient Response	Full-Scale Step			3.46		μs

LTC2364-16

リファレンスの入力 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{REF}	Reference Voltage	(Note 5) ●	2.5		5.1	V
I_{REF}	Reference Input Current	(Note 9) ●		0.12	0.2	mA

デジタル入力とデジタル出力 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IH}	High Level Input Voltage	●	$0.8 \cdot OV_{DD}$			V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	●			$0.2 \cdot OV_{DD}$	V
I_{IN}	Digital Input Current	$V_{IN} = 0V$ to OV_{DD} ●	-10		10	μA
C_{IN}	Digital Input Capacitance			5		pF
V_{OH}	High Level Output Voltage	$I_O = -500\mu\text{A}$ ●	$OV_{DD} - 0.2$			V
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$I_O = 500\mu\text{A}$ ●			0.2	V
I_{OZ}	Hi-Z Output Leakage Current	$V_{OUT} = 0V$ to OV_{DD} ●	-10		10	μA
I_{SOURCE}	Output Source Current	$V_{OUT} = 0V$		-10		mA
I_{SINK}	Output Sink Current	$V_{OUT} = OV_{DD}$		10		mA

電源要件 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 4)。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{DD}	Supply Voltage	●	2.375	2.5	2.625	V
OV_{DD}	Supply Voltage	●	1.71		5.25	V
I_{VDD}	Supply Current	250ksps Sample Rate ●		1.36	1.7	mA
I_{OVDD}	Supply Current	250ksps Sample Rate ($C_L = 20\text{pF}$) ●		0.1		mA
I_{PD}	Power Down Mode	Conversion Done ($I_{VDD} + I_{OVDD} + I_{REF}$, $V_{REF} > 2V$) ●		0.9	90	μA
I_{PD}	Power Down Mode	Conversion Done ($I_{VDD} + I_{OVDD} + I_{REF}$, $V_{REF} > 2V$, H-Grade) ●		0.9	140	μA
P_D	Power Dissipation	250ksps Sample Rate		3.4	4.25	mW
	Power Down Mode	Conversion Done ($I_{VDD} + I_{OVDD} + I_{REF}$, $V_{REF} > 2V$)				μW
	Power Down Mode	Conversion Done ($I_{VDD} + I_{OVDD} + I_{REF}$, $V_{REF} > 2V$, H-Grade)		2.25	225	μW
				2.25	315	

ADCのタイミング特性 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
f_{SAMPL}	Maximum Sampling Frequency	●			250	ksps
t_{CONV}	Conversion Time	●	1.9		3	μs
t_{ACQ}	Acquisition Time	$t_{ACQ} = t_{CYC} - t_{HOLD}$ (Note 10) ●	3.460			μs
t_{HOLD}	Maximum Time Between Acquisitions	●			540	ns
t_{CYC}	Time Between Conversions	●	4			μs
t_{CNVH}	CNV High Time	●	20			ns
t_{BUSYH}	CNV \uparrow to BUSY Delay	$C_L = 20\text{pF}$ ●			13	ns
t_{CNVL}	Minimum Low Time for CNV	(Note 11) ●	20			ns
t_{QUIET}	SCK Quiet Time from CNV \uparrow	(Note 10) ●	20			ns

ADCのタイミング特性 ●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。(Note 4)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{SCK}	SCK Period	(Note 11, 12)	●	10		ns
t_{SCKH}	SCK High Time		●	4		ns
t_{SCKL}	SCK Low Time		●	4		ns
t_{SSDISCK}	SDI Setup Time From SCK \uparrow	(Note 11)	●	4		ns
t_{HSDISCK}	SDI Hold Time From SCK \uparrow	(Note 11)	●	1		ns
t_{SCKCH}	SCK Period in Chain Mode	$t_{\text{SCKCH}} = t_{\text{SSDISCK}} + t_{\text{DSDO}}$ (Note 11)	●	13.5		ns
t_{DSDO}	SDO Data Valid Delay from SCK \uparrow	$C_L = 20\text{pF}$ (Note 11)	●		9.5	ns
t_{HSDO}	SDO Data Remains Valid Delay from SCK \uparrow	$C_L = 20\text{pF}$ (Note 10)	●	1		ns
$t_{\text{DSDOBUSYL}}$	SDO Data Valid Delay from BUSY \downarrow	$C_L = 20\text{pF}$ (Note 10)	●		5	ns
t_{EN}	Bus Enable Time After RDL \downarrow	(Note 11)	●		16	ns
t_{DIS}	Bus Relinquish Time After RDL \uparrow	(Note 11)	●		13	ns

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

Note 2: すべての電圧値はグラウンドを基準にしている。

Note 3: これらのピンの電圧がグラウンドを下回るか、REFまたは $0V_{\text{DD}}$ を上回ると、内部のダイオードによってクランプされる。この製品は、グラウンドを下回るか、REFまたは $0V_{\text{DD}}$ を上回った場合でも、ラッチアップを生じることなく最大100mAの入力電流を処理することができる。

Note 4: $V_{\text{DD}} = 2.5\text{V}$, $0V_{\text{DD}} = 2.5\text{V}$, REF = 5V, $f_{\text{SAMPL}} = 250\text{kHz}$ 。

Note 5: 推奨動作条件。

Note 6: 積分非直線性は、実際の伝達曲線のエンドポイントを通る直線からのコードの偏差として定義されている。偏差は量子化幅の中心から測定される。

Note 7: ゼロスケール誤差は、出力コードが0000 0000 0000 0000と0000 0000 0000 0001の間を行ったり来たりするとき、0.5LSBから測定されたオフセット電圧である。フルスケール誤差は、最後のコード遷移の理想値からの偏差であり、オフセット誤差の影響を含む。

Note 8: dB表示のすべての規格値は、5Vのリファレンス電圧の場合、フルスケールの5V入力を基準にしている。

Note 9: $f_{\text{SAMPL}} = 250\text{kHz}$ 。I_{REF}はサンプル・レートに比例して変化する。

Note 10: 設計によって保証されているが、テストされない。

Note 11: パラメータは $0V_{\text{DD}} = 1.71\text{V}$ 、 $0V_{\text{DD}} = 2.5\text{V}$ および $0V_{\text{DD}} = 5.25\text{V}$ でテストされ、保証されている。

Note 12: 立ち上がりで捕捉する場合、最大10nsの t_{SCK} により最大100MHzのシフトクロック周波数が可能である。

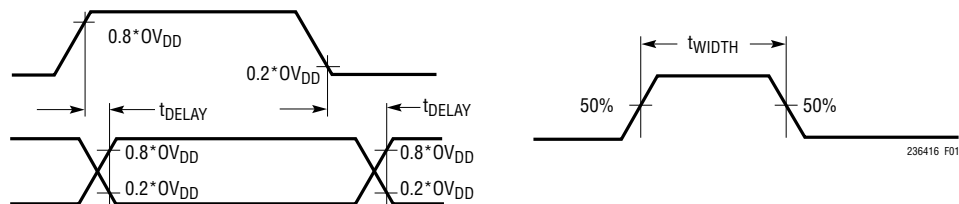
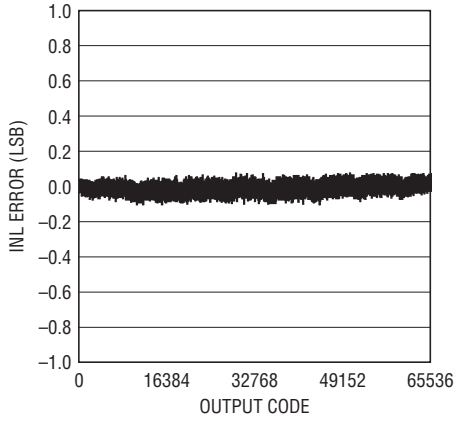


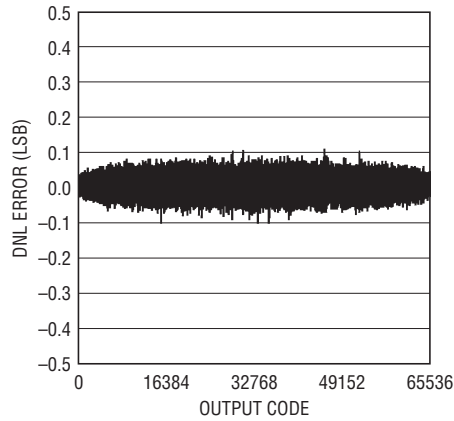
図1. タイミングの仕様の電圧レベル

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 2.5\text{V}$ 、 $0V_{DD} = 2.5\text{V}$ 、 $REF = 5\text{V}$ 、 $f_{\text{SAMPL}} = 250\text{ksps}$ 。

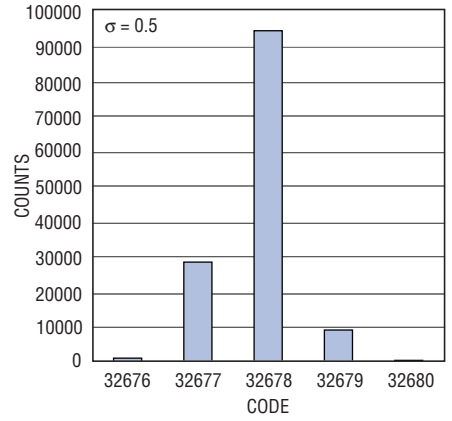
積分非直線性と出力コード



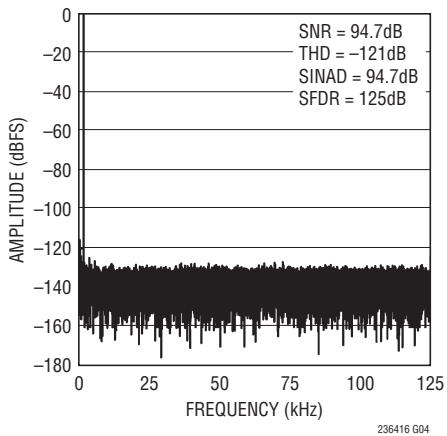
微分非直線性と出力コード



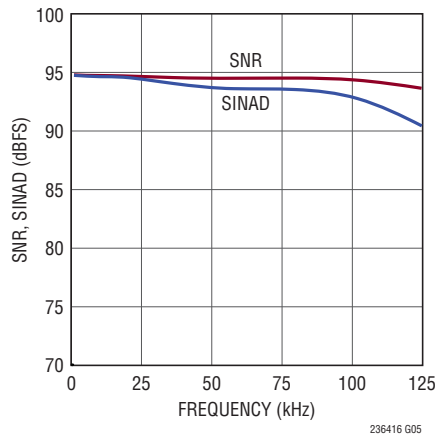
DC のヒストグラム



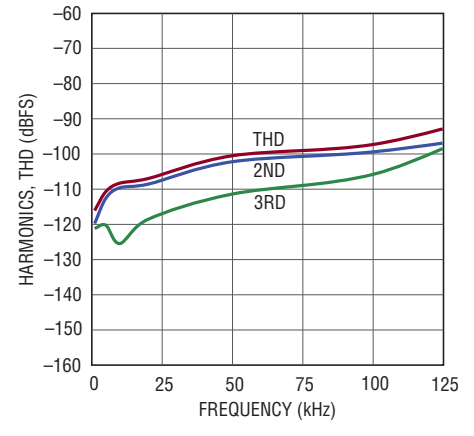
32k ポイントの FFT
($f_S = 250\text{ksps}$ 、 $f_{IN} = 2\text{kHz}$)



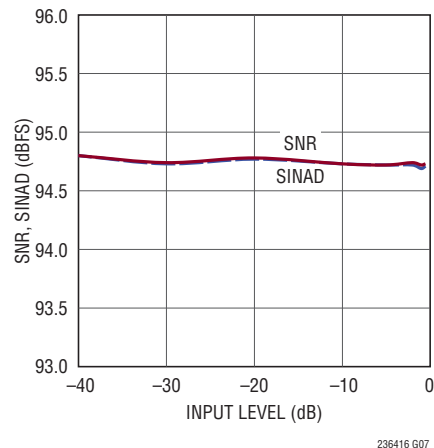
SNR および SINAD と入力周波数



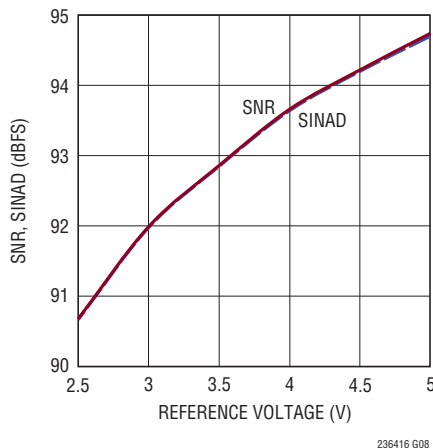
THD および高調波と入力周波数



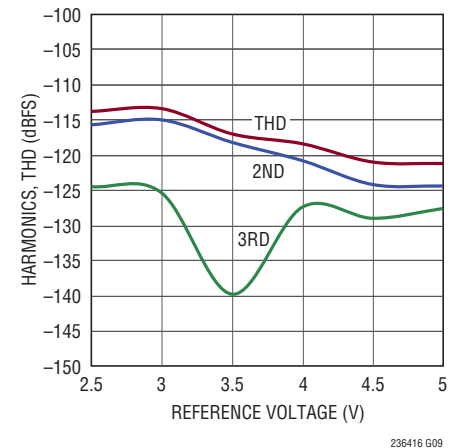
SNR および SINAD と入力レベル、
 $f_{IN} = 2\text{kHz}$



SNR および SINAD と
リファレンス電圧、 $f_{IN} = 2\text{kHz}$



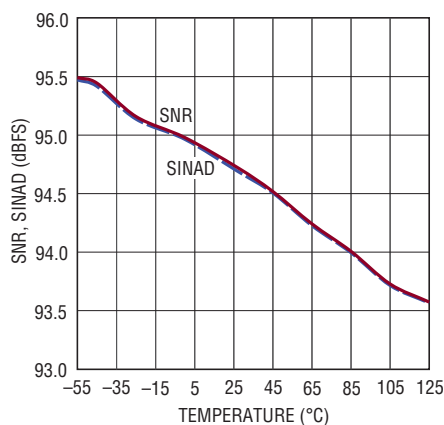
THD および高調波と
リファレンス電圧、 $f_{IN} = 2\text{kHz}$



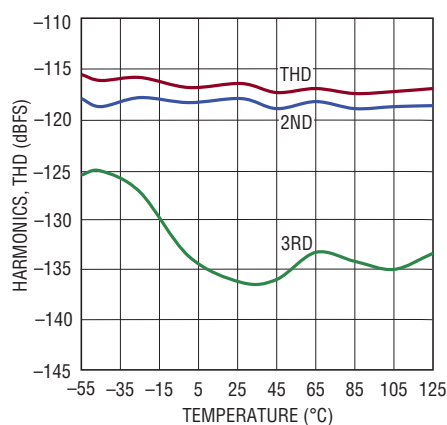
236416fa

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 2.5\text{V}$ 、 $OV_{DD} = 2.5\text{V}$ 、 $REF = 5\text{V}$ 、 $f_{\text{SAMPL}} = 250\text{ksps}$ 。

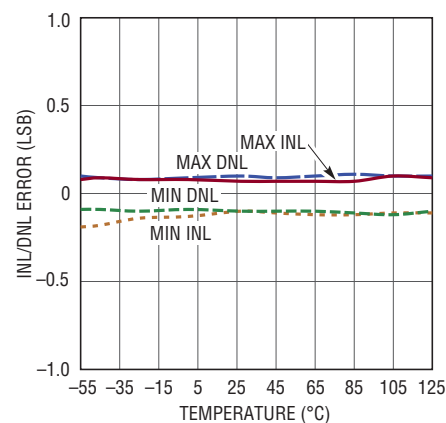
SNR および SINAD と温度、
 $f_{\text{IN}} = 2\text{kHz}$



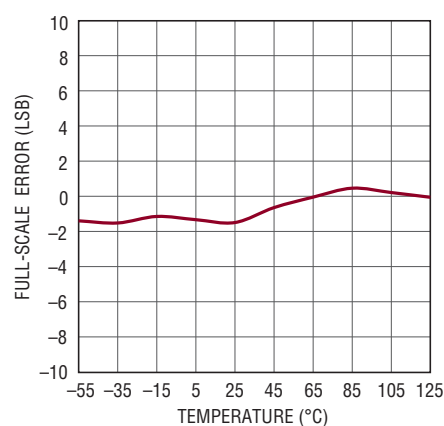
THD および高調波と温度、
 $f_{\text{IN}} = 2\text{kHz}$



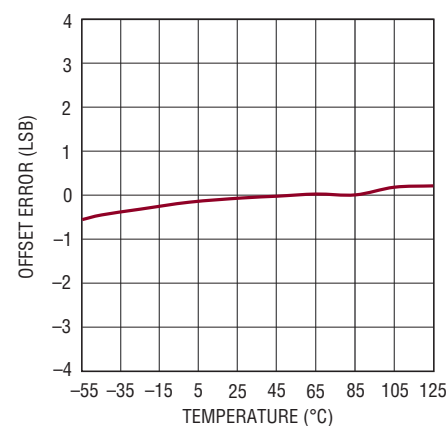
INL/DNL と温度



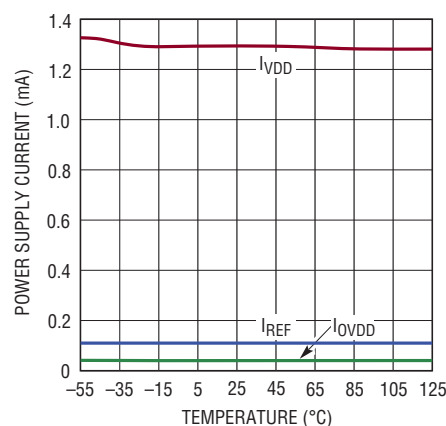
フルスケール誤差と温度



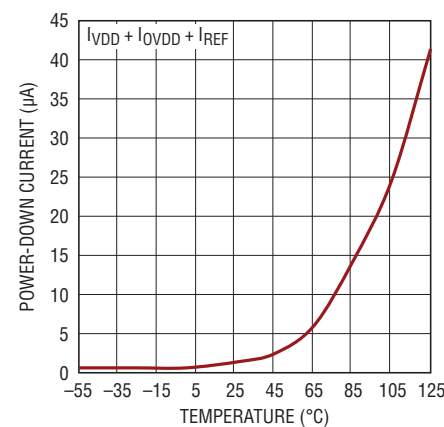
オフセット誤差と温度



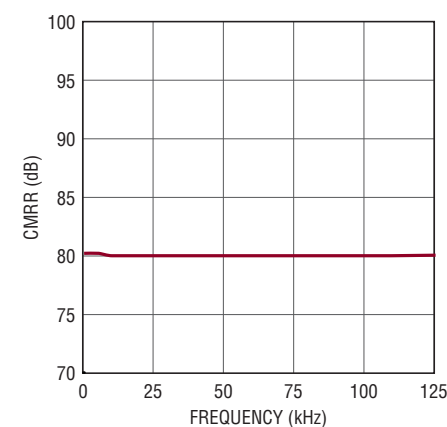
電源電流と温度



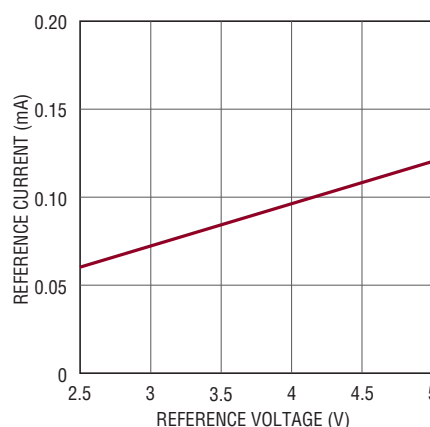
シャットダウン電流と温度



CMRR と入力周波数



リファレンス電流と
リファレンス電圧



ピン機能

CHAIN (ピン1) : チェーン・モード選択ピン。“L”のとき、LTC2364-16は通常モードで動作し、RDL/SDI入力ピンはSDOをイネーブルまたはディスエーブルします。“H”のとき、LTC2364-16はチェーン・モードで動作し、RDL/SDIピンはSDI (デジタイゼーションのシリアル・データ入力)として機能します。ロジック・レベルは OV_{DD} によって決まります。

V_{DD} (ピン2) : 2.5V電源。 V_{DD} の範囲は2.375V～2.625Vです。 V_{DD} ピンは10 μ Fのセラミック・コンデンサを使ってGNDにバイパスします。

GND (ピン3、6、10、16) : グランド。

IN^+ (ピン4) : アナログ入力。 $IN^+ - IN^-$ の範囲が0V～ V_{REF} の条件で、 IN^+ は IN^- に対して差動で動作します。

IN^- (ピン5) : アナログ・グラウンド検出。 IN^- の入力範囲はGNDを基準にして ± 100 mVであり、グラウンド・プレーンまたは離れた場所のグラウンド検出箇所に接続する必要があります。

REF (ピン7、8) : リファレンス入力。REFの範囲は2.5V～5.1Vです。このピンはGNDピンを基準にしており、47 μ Fのセラミック・コンデンサ(X5R、0805のサイズ)を使ってピンの近くでデカップリングします。

CNV (ピン9) : 変換入力。この入力の立ち上がりエッジによってデバイスがパワーアップされ、新しい変換が開始されます。ロジック・レベルは OV_{DD} によって決まります。

BUSY (ピン11) : BUSYのインジケータ。新しい変換が開始されると“H”になり、変換が終了すると“L”に戻ります。ロジック・レベルは OV_{DD} によって決まります。

RDL/SDI (ピン12) : CHAINが“L”のとき、デバイスは通常モードになり、RDL/SDIピンはバス・イネーブル入力として扱われます。CHAINが“H”のとき、デバイスはチェーン・モードになり、RDL/SDIピンはシリアル・データ入力ピンとして扱われ、デジタイゼーション内の別のADCからのデータが入力されます。ロジック・レベルは OV_{DD} によって決まります。

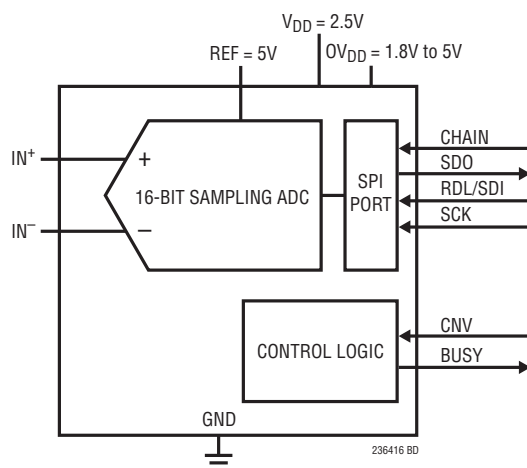
SCK (ピン13) : シリアル・データ・クロック入力。SDOがイネーブルされていると、変換結果または別のADCからのデジタイゼーション・データが、このクロックの立ち上がりエッジで、MSBを先頭にしてシフトアウトされます。ロジック・レベルは OV_{DD} によって決まります。

SDO (ピン14) : シリアル・データ出力。変換結果またはデジタイゼーション・データは、SCKの各立ち上がりエッジでMSBを先頭にしてこのピンから出力されます。出力データはストレート・バイナリ形式です。ロジック・レベルは OV_{DD} によって決まります。

OV_{DD} (ピン15) : I/O インタフェースのデジタル電源。 OV_{DD} の範囲は1.71V～5.25Vです。この電源の公称値は、ホストのインタフェースと同じ電源電圧に設定されます(1.8V、2.5V、3.3V、または5V)。 OV_{DD} ピンは、0.1 μ Fのコンデンサを使ってGNDにバイパスします。

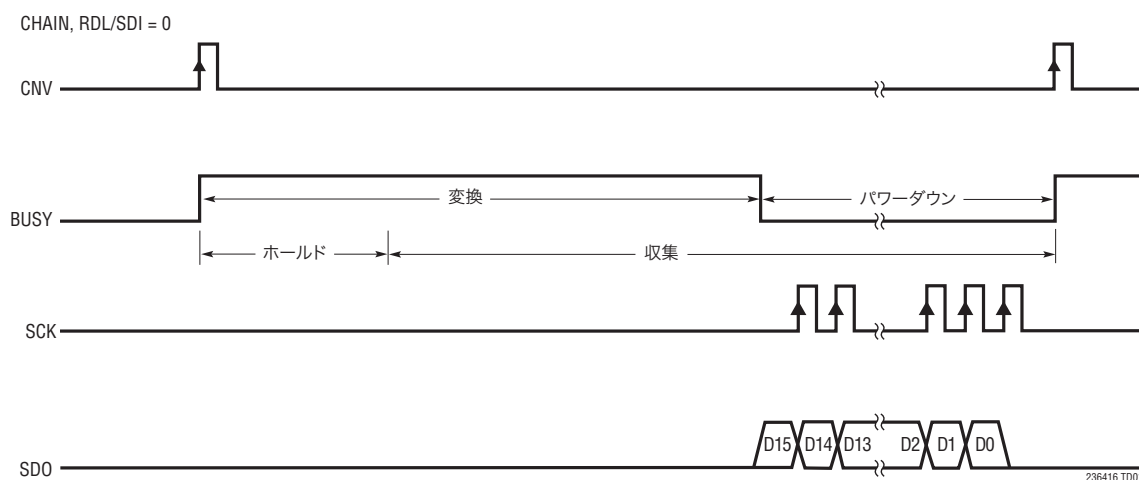
GND (露出パッド・ピン17、DFNパッケージのみ) : グランド。露出パッドはグラウンド・プレーンに直接半田付けする必要があります。

機能ブロック図



タイミング図

シリアル・インタフェースを使った変換タイミング



LTC2364-16

アプリケーション情報

概要

LTC2364-16は低ノイズ、低消費電力の高速16ビット逐次比較レジスタ(SAR) ADCです。LTC2364-16は単一2.5V電源で動作し、2.5V~5.1Vの範囲の V_{REF} に対して0V~ V_{REF} の疑似差動ユニポーラ入力範囲をサポートしているので、広いダイナミックレンジを必要とする高性能アプリケーションに最適です。LTC2364-16は最大 $\pm 0.75\text{LSB}$ のINLと94.7dBのSNRを達成し、16ビット分解能でミッシング・コードがありません。

サイクル待ち時間がなく、スループットが250kspsと高速なので、様々な高速アプリケーションに最適です。内部発振器が変換時間を設定するので、外部のタイミングの問題が緩和されます。LTC2364-16が250kspsで消費する電力は3.4mWに過ぎない上に、自動パワーダウン機能を備えており、アクティブでない期間の電力損失はさらに減少します。

コンバータの動作

LTC2364-16は2フェーズで動作します。収集フェーズでは、疑似差動アナログ入力電圧をサンプリングするために、 IN^+ ピンと IN^- ピンに電荷再配分コンデンサD/Aコンバータ(CDAC)が接続されます。CNVピンの立ち上がりエッジにより変換が開始されます。変換フェーズでは、16ビットCDACが逐次比較アルゴリズムを通じてシーケンス制御され、差動コンパレータを使用してサンプル入力とリファレンス電圧のバイナリ加重した部分(例: $V_{REF}/2$, $V_{REF}/4$... $V_{REF}/65536$)を効率的に比較します。変換の最後には、CDACの出力はサンプリングされたアナログ入力に近似します。次に、ADC制御ロジックが、シリアル転送用の16ビット・デジタル出力コードを準備します。

伝達関数

LTC2364-16はREFのフルスケール電圧を 2^{16} レベルにデジタル化するので、REF=5Vでは1LSBの大きさが76 μV になります。理想的な伝達関数を図2に示します。出力データはストレート・バイナリ形式です。

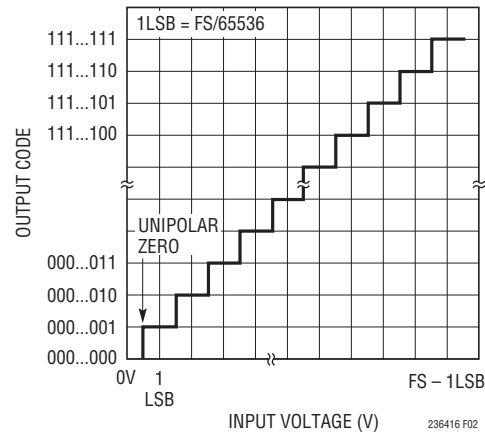


図2. LTC2364-16の伝達関数

アナログ入力

LTC2364-16のアナログ入力は、両方の入力に共通する不要な信号を低減するために疑似差動となっています。このアナログ入力は、図3に示す等価回路によってモデル化できます。入力のダイオードはESD保護機能を提供します。収集フェーズでは、サンプリングCDACに起因する約45pF(C_{IN})と、サンプリング・スイッチのオン抵抗に起因する40 Ω (R_{ON})が各入力に直列に存在します。収集時に C_{IN} コンデンサを充電するとき、 IN^+ 入力には電流スパイクが流れます。変換時にアナログ入力に流れるのはわずかなリーク電流だけです。

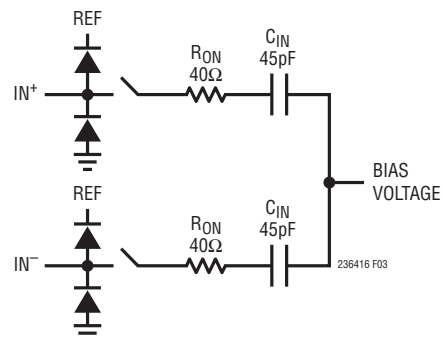


図3. LTC2364-16の差動アナログ入力の等価回路

アプリケーション情報

入力ドライブ回路

低インピーダンスのソースは、利得誤差なしに、LTC2364-16の高インピーダンス入力を直接ドライブすることができます。高インピーダンス・ソースは、収集時のセトリング時間を最小にするためとADCの歪み性能を最適化するために、バッファする必要があります。収集を開始するときADCの入力に電流スパイクが流れるので、DC入力であっても、セトリング時間の最小化は重要です。

最良の性能を得るには、バッファ・アンプを使用してLTC2364-16のアナログ入力をドライブする必要があります。このアンプの出力インピーダンスは低いので、収集フェーズでアナログ信号の高速セトリングを実現できます。また、このアンプは、信号源を、ADCの入力に流れる電流スパイクから絶縁します。

入力フィルタリング

バッファ・アンプと信号源のノイズと歪みはADCのノイズと歪みに加わるので、これらについても考慮しなければなりません。ノイズの多い入力信号は、バッファ・アンプの入力の前で適切なフィルタを使ってノイズを最小に抑える必要があります。多くのアプリケーションでは、図4に示されている簡単な1ポールのRCローパス・フィルタ(LPF1)で十分です。

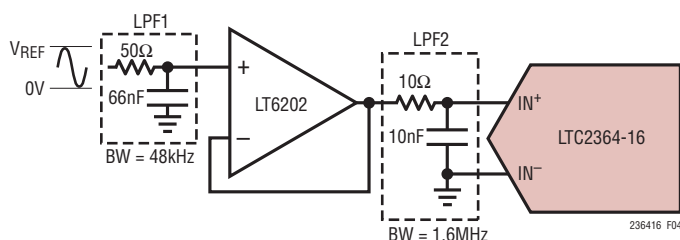


図4. 入力信号チェーン

LPF2で構成される別のフィルタ・ネットワークをバッファとADCの入力の間に使って、ノイズに対するバッファの影響を最小に抑え、同時にサンプリング過渡変動からバッファに反射される攪乱を最小に抑えます。アナログ入力のRC時定数が大きいと、アナログ入力のセトリング時間が長くなります。したがって、LPF2はLPF1より広い帯域幅を必要とします。ノイズ密度の低いバッファ・アンプを選択して、SNRの劣化を最小に抑える必要があります。

RCフィルタのコンデンサと抵抗は歪みを大きくする可能性があります。あるので、これらの部品は高品質のものを使用します。NPOタイプやシルバーマイカ・タイプの誘電体コンデンサはすぐれた直線性を示します。表面実装カーボン抵抗は、自己発熱や半田工程で生じる損傷により歪みを生じることがあります。表面実装金属皮膜抵抗は、両方の問題に対してはるかに耐性があります。

疑似差動ユニポーラ入力

ほとんどのアプリケーションでは、低消費電力のADCドライバであるLT6202でLTC2364-16をドライブすることを推奨します。LT6202はノイズ密度が $1.9\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ と低く、電源電流が 3mA と小さいので、柔軟性があり、さまざまな振幅の信号をLTC2364-16の $0\text{V} \sim 5\text{V}$ の入力範囲に変換するように構成できます。

LTC2364-16の最大限の歪み性能を実現するために、図4に示すようにユニティゲイン・バッファとして構成されたLT6202を介してドライブされる低歪みのシングルエンド信号源を使って、データシートで規定された -120dB のTHDを達成することができます。

LT6202を使用すると、グランドより低い電位まで振幅する大きな真のバイポーラ信号をバッファして、LTC2364-16の入力範囲である $0\text{V} \sim 5\text{V}$ に変換することもできます。 $\pm 10\text{V}$ の真のバイポーラ信号をLTC2364-16で使えるように変換する目的で使用されるLT6202を図5aに示します。この場合、LT6202は反転アンプ段として構成され、入力信号をLTC2364-16の $0\text{V} \sim 5\text{V}$ の入力範囲まで減衰させてレベルシフトする役割を果たします。反転構成では、シングルエンドの入力信号源が高インピーダンス入力を直接ドライブすることはありません。代わりに、入力インピーダンスは抵抗 R_{IN} によって設定されます。 R_{IN} は、信号源のソース・インピーダンスに基づいて、注意して選択する必要があります。 R_{IN} の値が高いと、システムとしてのLT6202とLTC2364-16のノイズと歪みの両方が悪化する傾向があります。この構成の R_{IN} 、 R_1 、 R_2 、 R_3 および R_4 のいくつかの値に対するSNRとTHDを表1に示します。図5aに示されているようにLT6202を使用したときのFFTを図5bに示します。

アプリケーション情報

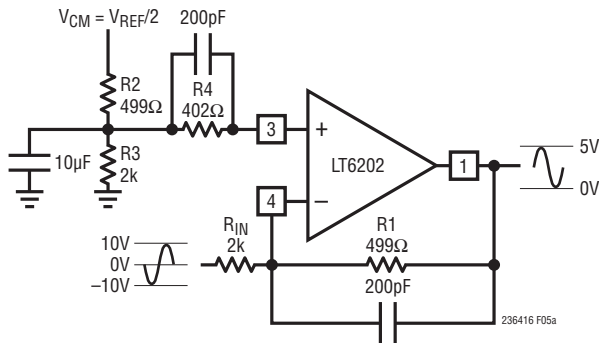


図 5a. $\pm 10\text{V}$ のバイポーラ信号を
0V ~ 5V の入力信号に変換する LT6202

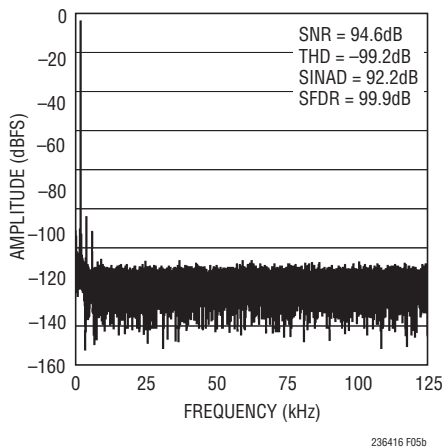


図 5b. 図 5a に示されている回路の
32k ポイントの FFT プロット ($f_{\text{IN}} = 2\text{kHz}$)

表 1. 入力信号が $\pm 10\text{V}$ の場合の SNR および THD と R_{IN}

R_{IN} (Ω)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	R_3 (Ω)	R_4 (Ω)	SNR (dB)	THD (dB)
2k	499	499	2k	402	94.6	-99.2
10k	2.49k	2.49k	10k	2k	94.4	-93.8
100k	24.9k	24.9k	100k	20k	92.4	-93.7

ADC のリファレンス

LTC2364-16 はその入力範囲を定めるのに外部リファレンスを必要とします。この ADC のデータシートで規定されている性能を完全に実現するには、低ノイズ、低温ドリフトのリファレンスが不可欠です。リニアテクノロジーは多くのアプリケーションの要求を満たすように設計された高性能リファレンスの品揃えを提供しています。LTC6655-5 は小型、低消費電力、高精度なので、LTC2364-16 と一緒に使用するのに特に適しています。LTC6655-5 の初期精度は 0.025% (最大)、温度係数は 2ppm/ $^{\circ}\text{C}$ (最大) で、高精度アプリケーションに適しています。LTC6655-5 は H グレードの温度範囲で完全に規定されており、LTC2364-16 の最大 125 $^{\circ}\text{C}$ の拡張温度範囲での動作を補完します。47 μF のセラミック・コンデンサ (X5R、0805 のサイズ) を REF ピンの近くに配置して、LTC6655-5 をバイパスすることを推奨します。

LTC2364-16 の REF ピンには、各変換サイクルの間 47 μF のバイパス・コンデンサから電荷 (Q_{CONV}) が流れます。リファレンスはこの電荷を DC 電流 ($I_{\text{REF}} = Q_{\text{CONV}}/t_{\text{CYC}}$) で補充します。REF ピンの DC 電流 (I_{REF}) はサンプリング・レートと出力コードに依存します。LTC2364-16 を使って信号を一定のレートで連続的にサンプリングする場合、LTC6655-5 は全コード範囲でリファレンス電圧の偏差を 0.5LSB 未満に保ちます。

アイドル時には、LTC2364-16 の REF ピンには微小なリーク電流 (1 μA 未満) が流れるだけです。図 6 に示すように、長時間のアイドル状態の後、バースト状にサンプリングされるアプリケーションでは、 I_{REF} は短時間で約 0 μA から最大 0.2mA (250ksps) になります。この DC 電流のステップによりリファレンスの過渡応答がトリガされます。リファレンスの出力電

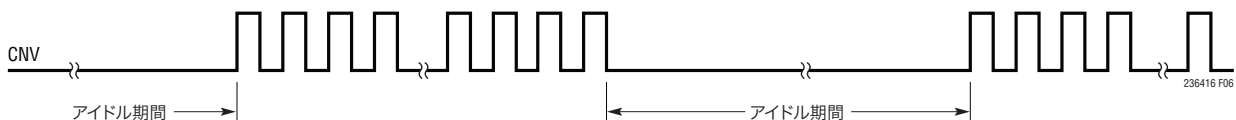


図 6. バースト・サンプリングを示す CNV の波形

アプリケーション情報

圧のどんな偏差も出力コードの精度に影響を与えるので、この過渡応答を考慮する必要があります。リファレンスの過渡応答が重要なアプリケーションでは、高速でセトリングする LTC6655-5 リファレンスを推奨します。

パワー・マネージメントが不可欠で、外部リファレンスがパワー・ダウンスされる可能性のあるアプリケーションでは、140μA の最大シャットダウン電流を保証するために、REF の電圧を 2V より高くしておくことを推奨します。このようなアプリケーションでは、図 7 に示すように、ショットキ・ダイオードを REF と V_{DD} の間に配置することができます。

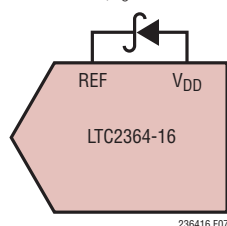


図 7. リファレンスがパワー・ダウンスされる可能性のあるアプリケーションでは、REF と V_{DD} 間のショットキ・ダイオードにより REF > 2V を維持する

ダイナミック性能

ADC の定格スループットでの周波数応答、歪み、およびノイズをテストするには、高速フーリエ変換 (FFT) の手法が使われます。低歪みの正弦波を与えてそのデジタル出力を FFT アルゴリズムを用いて解析することにより、基本波の外側の周波数に関して ADC のスペクトルの内容を調べることができます。LTC2364-16 の AC 歪みの測定値とノイズの測定値は、保証されたテスト済みの限界値です。

信号対ノイズ+歪み比 (SINAD)

信号対ノイズ+歪み比 (SINAD) は、基本入力周波数の RMS 振幅と ADC の出力の他のすべての周波数成分の RMS 振幅の比です。出力の帯域は、DC より高くサンプリング周波数の半分より低い周波数に制限されます。図 8 は、LTC2364-16 が 2kHz の入力、250kHz のサンプリング・レートで 94.7dB の標準 SINAD を達成していることを示しています。

信号対ノイズ比 (SNR)

信号対ノイズ比 (SNR) は、基本入力周波数の RMS 振幅と、最初の 5 つの高調波と DC を除く他のすべての周波数成分の RMS 振幅の比です。図 8 は、LTC2364-16 が 2kHz の入力、

250kHz のサンプリング・レートで 94.7dB の標準 SNR を達成していることを示しています。

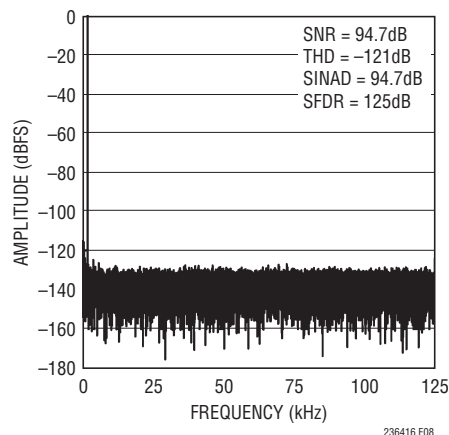


図 8. LTC2364-16 の 32k ポイントの FFT (f_{IN} = 2kHz)

全高調波歪み (THD)

全高調波歪み (THD) は、入力信号のすべての高調波の二乗和平方根と基本波の RMS 値との比です。帯域外高調波は、DC とサンプリング周波数の半分 (f_{SMPL}/2) の間の周波数帯域でエイリアスを生じます。THD は次のように表されます。

$$THD = 20 \log \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_N^2}}{V_1}$$

ここで、V₁ は基本周波数の RMS 振幅で、V₂ ~ V_N は 2 次 ~ N 次の高調波の振幅です。

電力に関する検討事項

LTC2364-16 は 2 つの電源ピンを備えています。2.5V 電源 (V_{DD}) とデジタル入力/出力インタフェースの電源 (OV_{DD}) です。柔軟性の高い OV_{DD} 電源により、LTC2364-16 は、2.5V と 3.3V のシステムを含む、1.8V ~ 5V で動作するどんなデジタル・ロジックとも通信することができます。

電源シーケンス制御

LTC2364-16 には電源シーケンス制御に関する特別な要件はありません。「絶対最大定格」のセクションに記載されている最大電圧の関係を遵守するよう注意する必要があります。LTC2364-16 はパワー・オン・リセット (POR) 回路を備えています。

LTC2364-16

アプリケーション情報

これにより、LTC2364-16は最初の電源投入時か、または電源電圧が1Vを下回るたびにリセットされます。電源電圧が公称電源電圧範囲に戻ると、PORはADCを再度初期化します。再初期化の期間が確実に終了するように、PORイベントの20 μ s後までは変換を開始しないようにします。この時点より前に変換を開始すると、結果が無効になります。

タイミングと制御

CNVのタイミング

LTC2364-16の変換はCNVによって制御されます。CNVの立ち上がりエッジで変換が開始され、LTC2364-16がパワーアップします。一度変換が開始されると、変換が完了するまで再度開始することはできません。最適性能を得るには、CNVをクリーンな低ジッタ信号でドライブします。コンバータの状態はBUSY出力で示され、変換の進行中はこの出力が“H”に保たれます。デジタル化された結果にエラーが生じないようにするには、CNVのどんな追加の遷移も、変換開始後40ns以内または変換完了後に発生するようにします。変換が完了すると、LTC2364-16はパワーダウンして入力信号の収集を開始します。

収集

独自のサンプリング・アーキテクチャにより、LTC2364-16は現在の変換の開始から527ns後に次の変換のための入力信号の収集を開始することができます。これにより、収集時間が3.460 μ sに延びるので、セトリング要件が緩和され、非常に低消費電力のADCドライバを使用することができます。(「タイミング図」を参照)

内部変換クロック

LTC2364-16には内部クロックが備わっており、最大変換時間が3 μ sになるように調整されています。

自動パワーダウン

LTC2364-16は変換完了後自動的にパワーダウンし、CNVの立ち上がりエッジで新しい変換が開始されるとパワーアップします。パワーダウンの間に、最後の変換のデータをクロックアウトすることができます。パワーダウンの間の電力損失を最小に抑えるには、SDOをディスエーブルし、SCKをオフします。

自動パワーダウン機能により、サンプリング周波数が低下するのに伴って、LTC2364-16の電力損失が減少します。電力が消費されるのは変換中だけなので、サンプリング・レートが低いほど、変換サイクル(t_{CYC})の大きな部分でパワーダウン状態に留まることができ、そのため平均電力損失は図9に示すようにサンプリング・レートに比例して減少します。

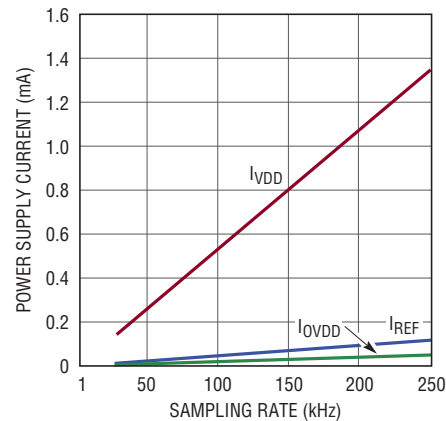


図9. LTC2364-16の電源電流とサンプリング・レート

デジタル・インタフェース

LTC2364-16はシリアル・デジタル・インタフェースを備えています。柔軟性の高い OV_{DD} 電源により、LTC2364-16は、2.5Vと3.3Vのシステムを含む、1.8V～5Vで動作するどんなデジタル・ロジックとも通信することができます。

SDOがイネーブルされているとき、外部クロックがSCKピンに与えられると、シリアル出力データがSDOピンからクロックアウトされます。変換後にデータをクロックアウトすると、最良の性能が得られます。少なくとも20MHzのシフトクロック周波数では、250kspsのスループットが依然達成されます。シリアル出力データはSCKの立ち上がりエッジで状態を変え、SCKの立ち下がりエッジまたは次の立ち上がりエッジで捕捉することができます。D15はSCKの最初の立ち上がりエッジまで有効なまま保たれます。

LTC2364-16のシリアル・インタフェースはシンプルで使うのが簡単です。以下のセクションでは、LTC2364-16の動作について説明します。単一のADCが使用されているか、それとも複数

タイミング図

のADCがSPIバスを共有しているか、またはデジチェーン接続されているかにより、いくつかのモードが用意されています。

通常モード、単一デバイス

CHAIN = 0 のとき、LTC2364-16 は通常モードで動作します。通常モードでは、RDL/SDI はシリアル・データ出力ピン SDO をイネーブルまたはディスエーブルします。RDL/SDI が“H”だと、SDO は高インピーダンスになります。RDL/SDI が“L”だと、SDO はドライブされます。

CHAIN と RDL/SDI がグランドに接続されている状態で通常モードで動作している単一の LTC2364-16 を図 10 に示します。RDL/SDI が接地されると、SDO はイネーブルされ、新しい変換データの MSB (D15) が BUSY の立ち上がりエッジで利用可能になります。これが LTC2364-16 を動作させる最も簡単な方法です。

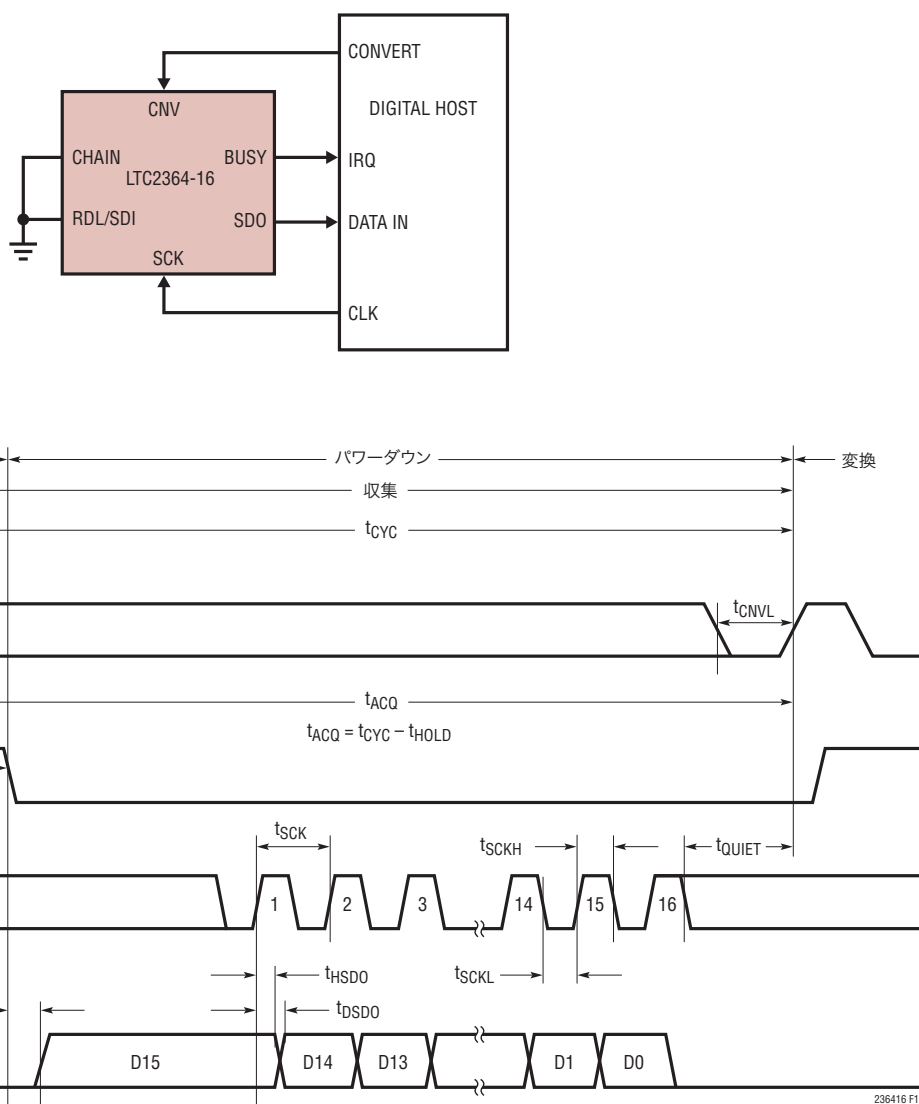


図 10. 1 個の LTC2364-16 を通常モードで使用

タイミング図

通常モード、複数デバイス

CNV、SCKおよびSDOを共有して、通常モード (CHAIN = 0) で動作している複数のLTC2364-16デバイスを図11に示します。CNV、SCKおよびSDOを共有することにより、複数のADCを並列で動作させるのに必要な信号数が減少します。SDOが共有されているので、バスの競合を防ぐため、各ADC

のRDL/SDI入力を使って、一度に1個のLTC2364-16だけがSDOをドライブできるようにする必要があります。図11に示すように、RDL/SDI入力はアイドル状態では“H”であり、個別に“L”にして変換と変換の間に各デバイスからデータを読み出します。RDL/SDIを“L”にすると、選択されたデバイスのMSBがSDOに出力されます。

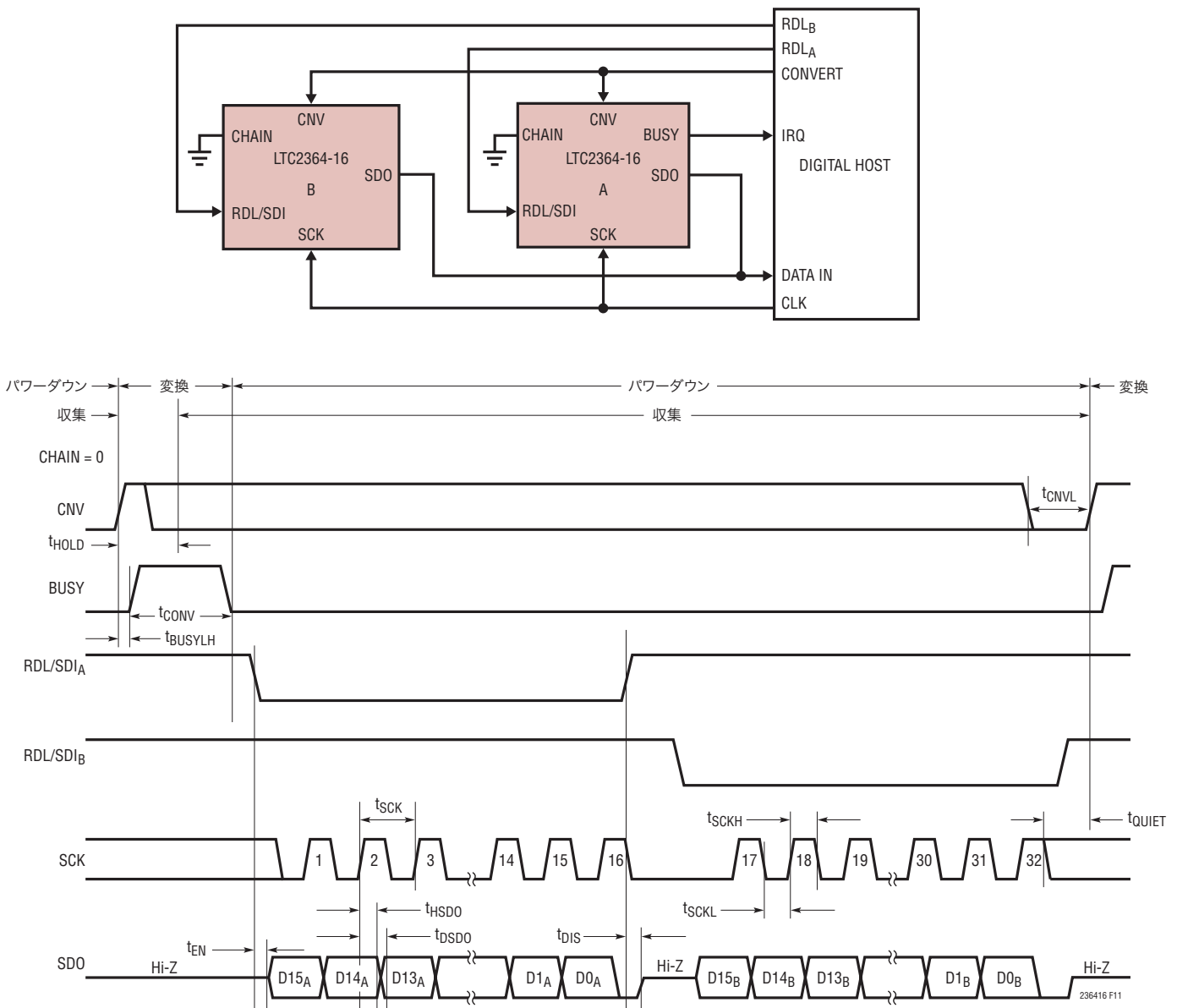


図 11. 複数のデバイスがCNV、SCKおよびSDOを共有する通常モード

タイミング図

チェーン・モード、複数デバイス

CHAIN = OV_{DD} のとき、LTC2364-16 はチェーン・モードで動作します。チェーン・モードでは、SDO は常にイネーブルされており、RDL/SDI はシリアル・データ入力ピン (SDI) として機能し、別の ADC からのデジタイズチェーン・データ出力を入力することができます。

これは、多数のコンバータにインタフェースするのに必要なライン数がハードウェアの制約によって制限されるアプリケーションに便利です。デジタイズチェーン接続された2個のデバイスの例を図12に示します。コンバータAのMSBは、16 SCK サイクル後にコンバータBのSDOに現れます。コンバータAのMSBは、最初のSCKの立ち上がりエッジで、コンバータBのSDI/RDLピンにクロックインされます。

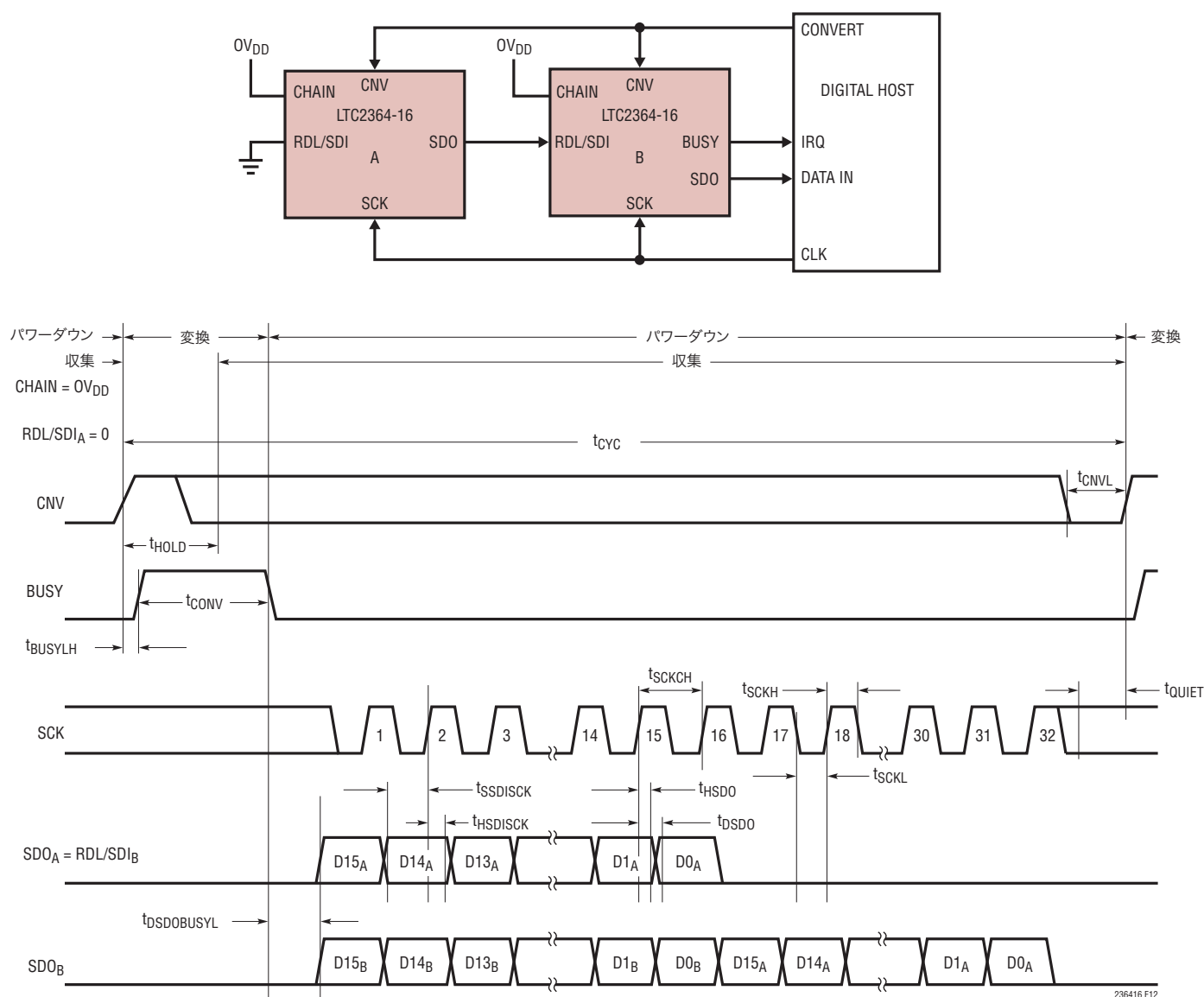


図12. チェーン・モードのタイミング図

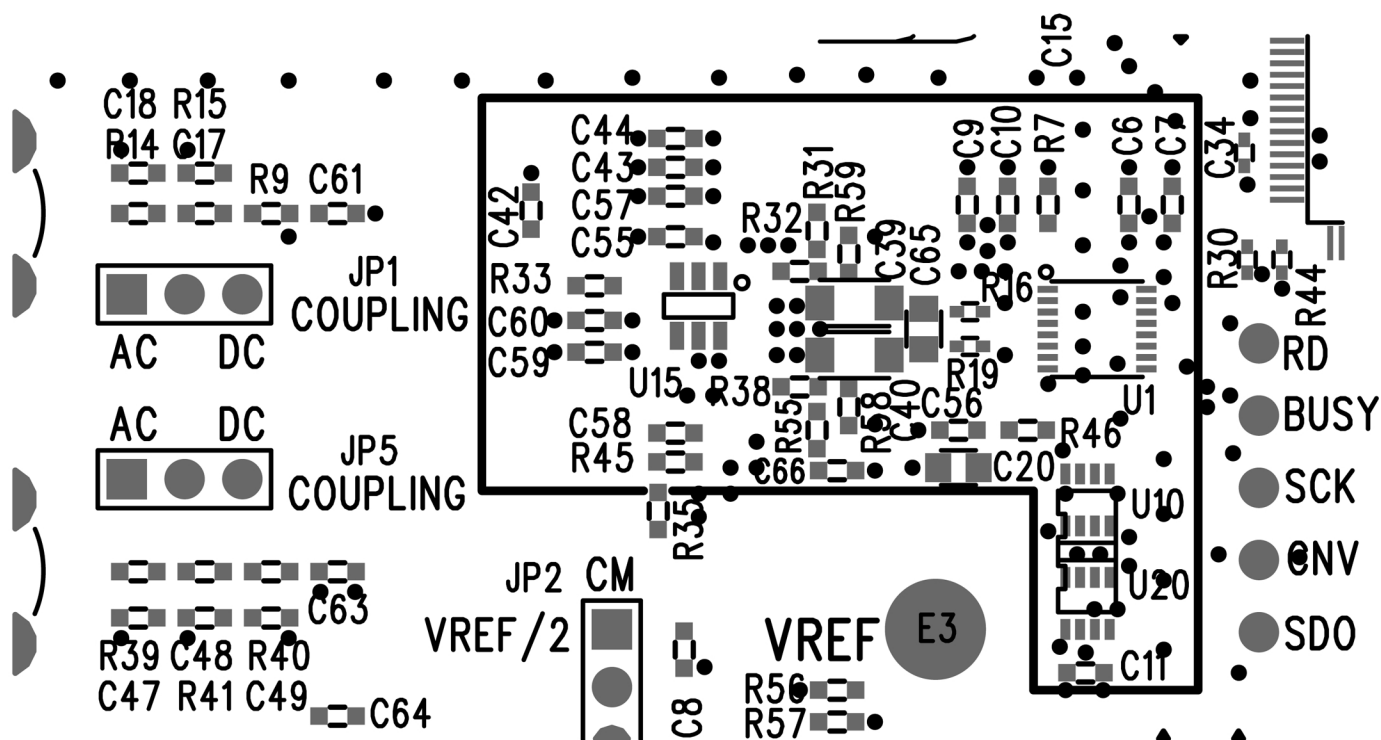
基板のレイアウト

LTC2364-16から最大限の性能を引き出すには、プリント回路基板を推奨します。プリント回路基板(PCB)のレイアウトでは、デジタル信号ラインとアナログ信号ラインをできるだけ離すようにします。特に、どのデジタル・クロックやデジタル信号も、アナログ信号に沿って配置したり、ADCの下を通したりしないでください。

推奨レイアウト

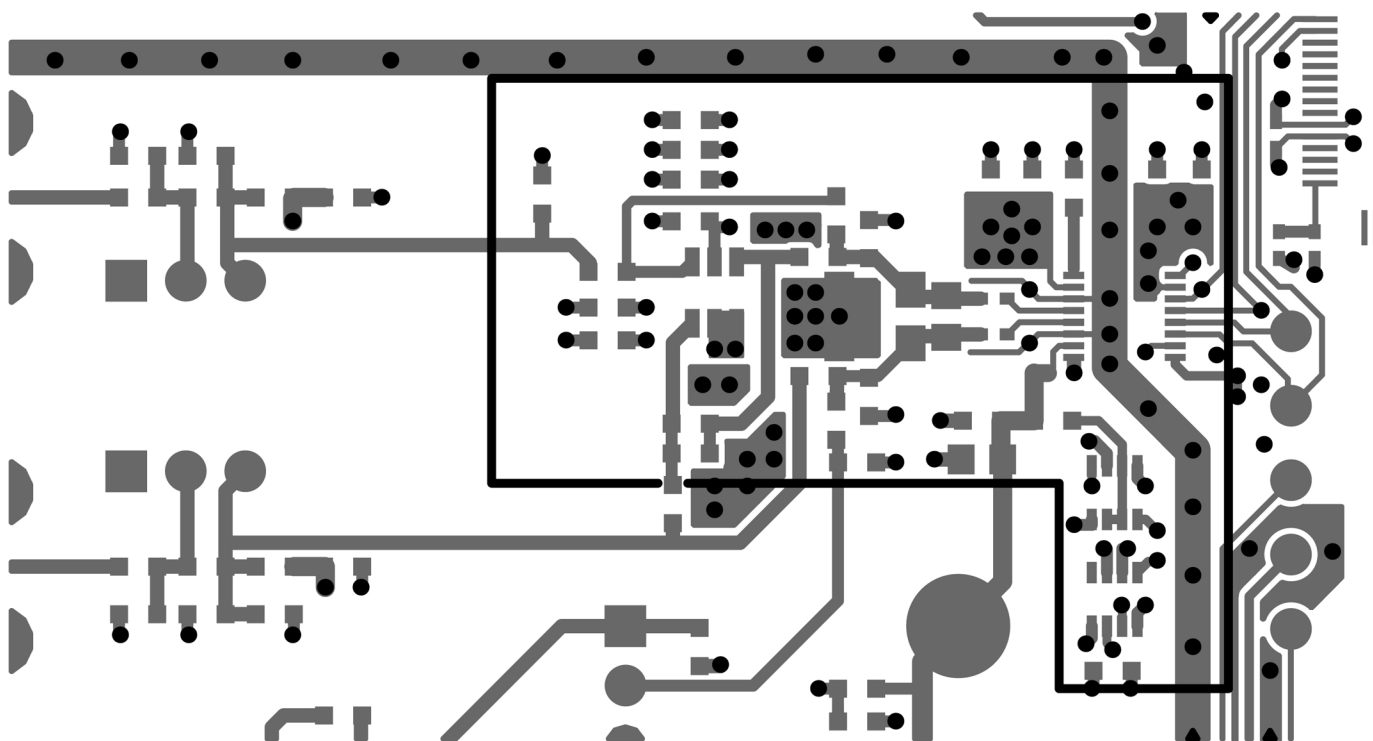
以下に推奨PCBレイアウトの一例を示します。切れ目のない単一のグラウンド・プレーンを使用します。電源へのバイパス・コンデンサは電源ピンのできるだけ近くに配置します。これらのバイパス・コンデンサの低インピーダンスの共通リターンが、ADCの低ノイズ動作には不可欠です。アナログ入力のアナログ・トレースはグラウンドを使ってシールドします。詳細に関しては、LTC2364-16用評価キットDC1813Aを参照してください。

シルクスクリーンの上面(一部)

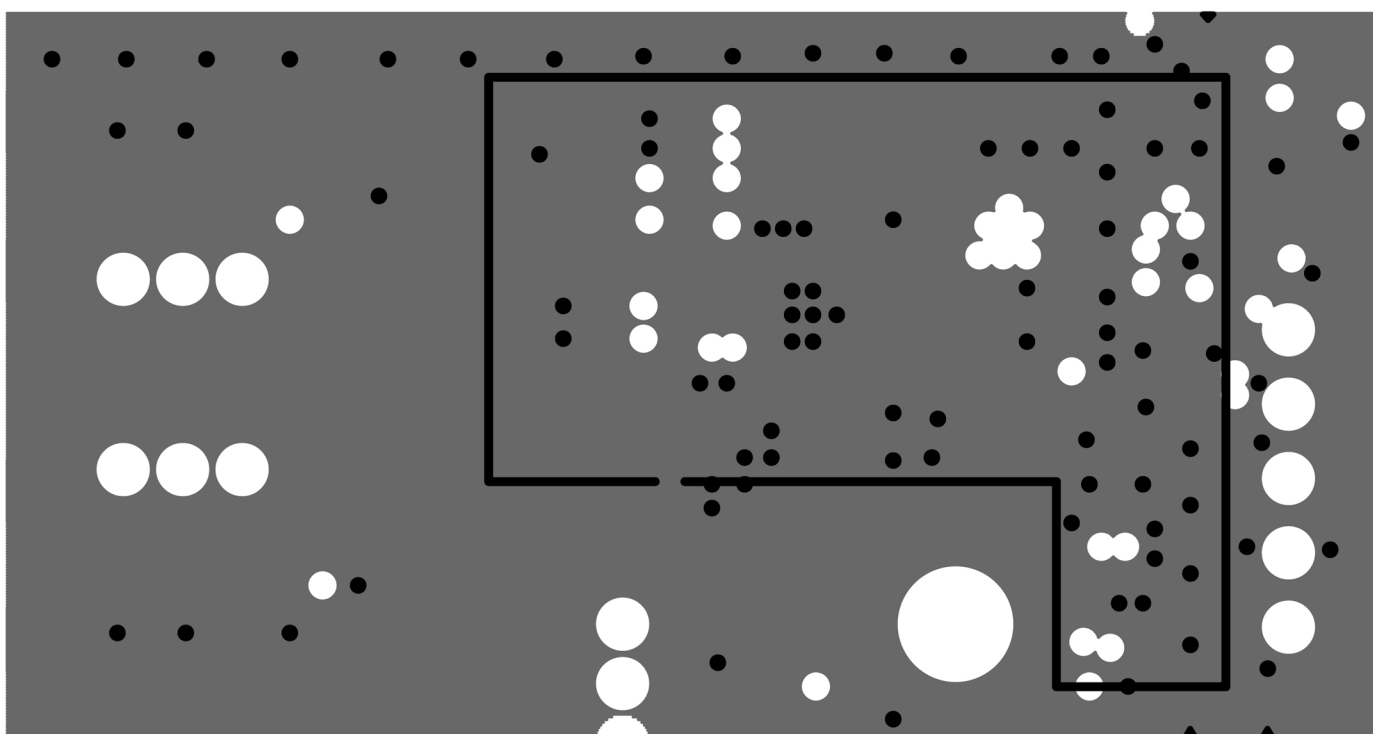


基板のレイアウト

第1層、部品面(一部)



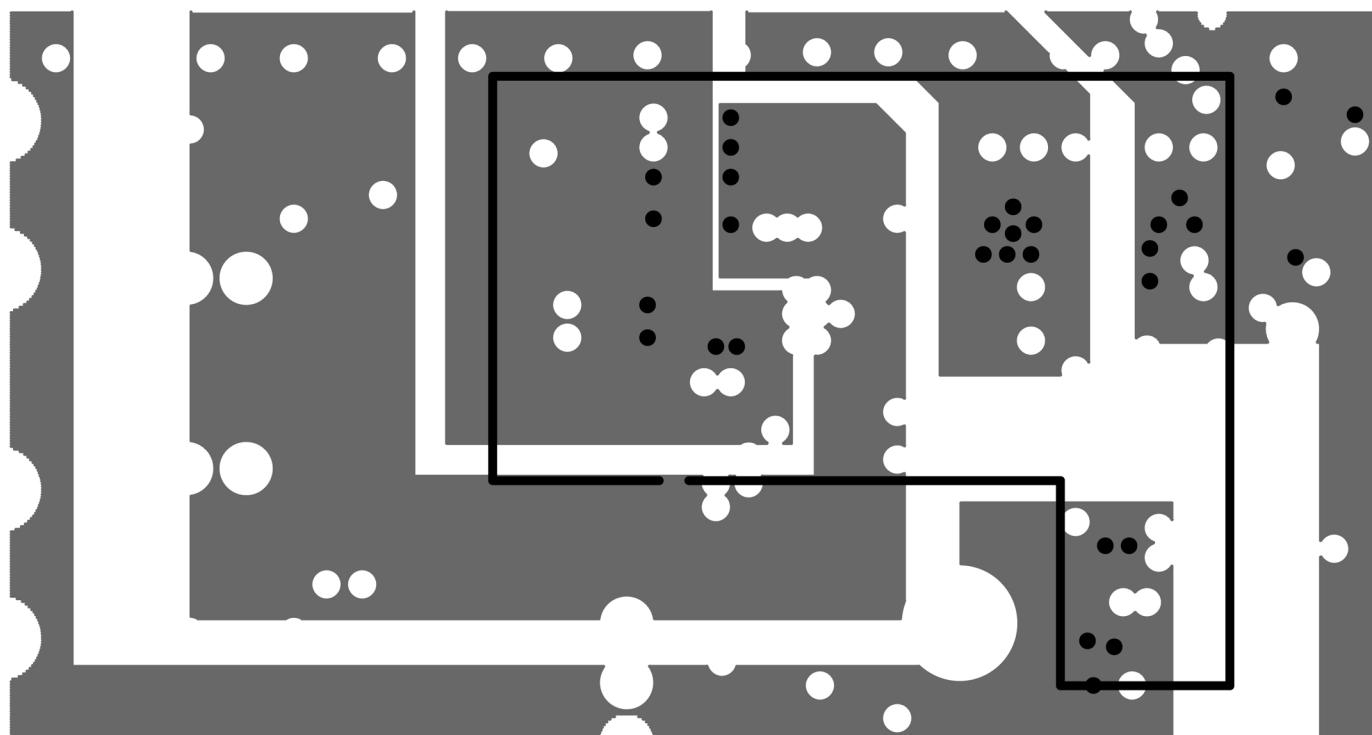
第2層、グランド・プレーン(一部)



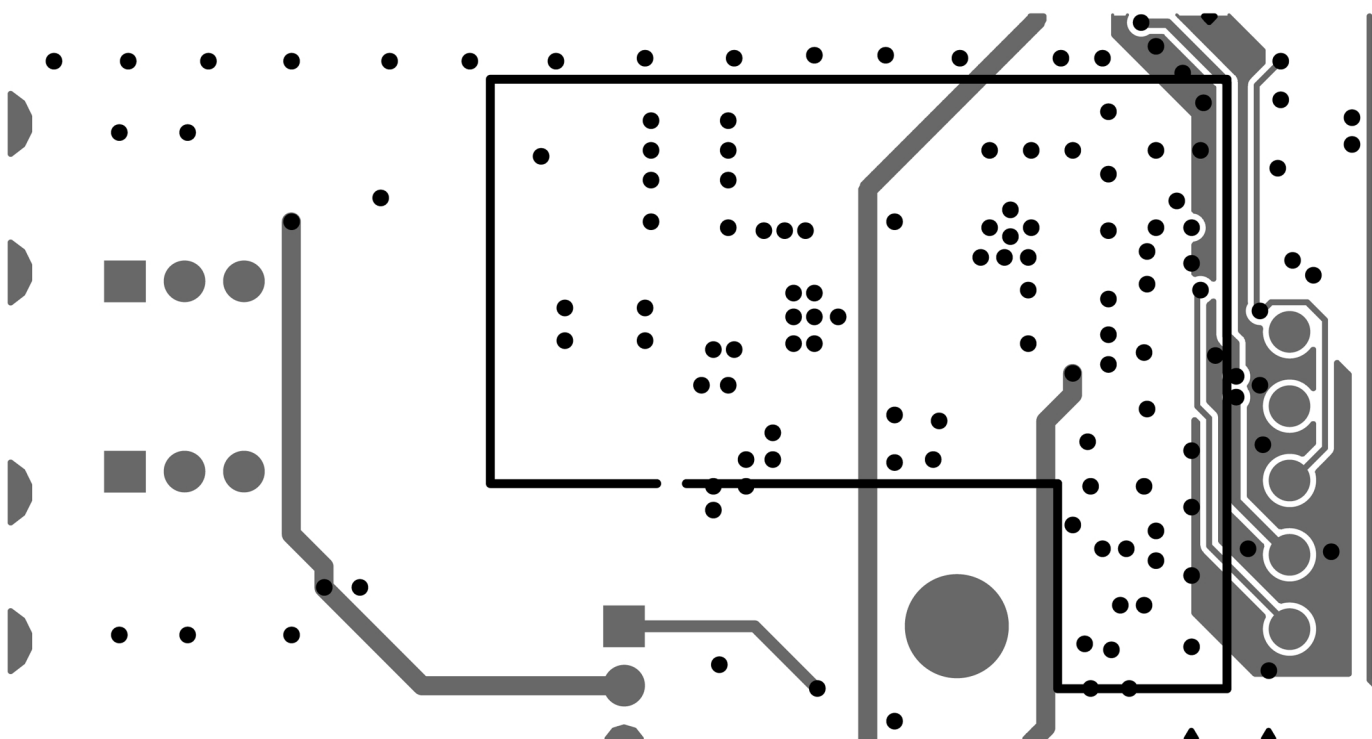
236416fa

基板のレイアウト

第3層、電源プレーン(一部)



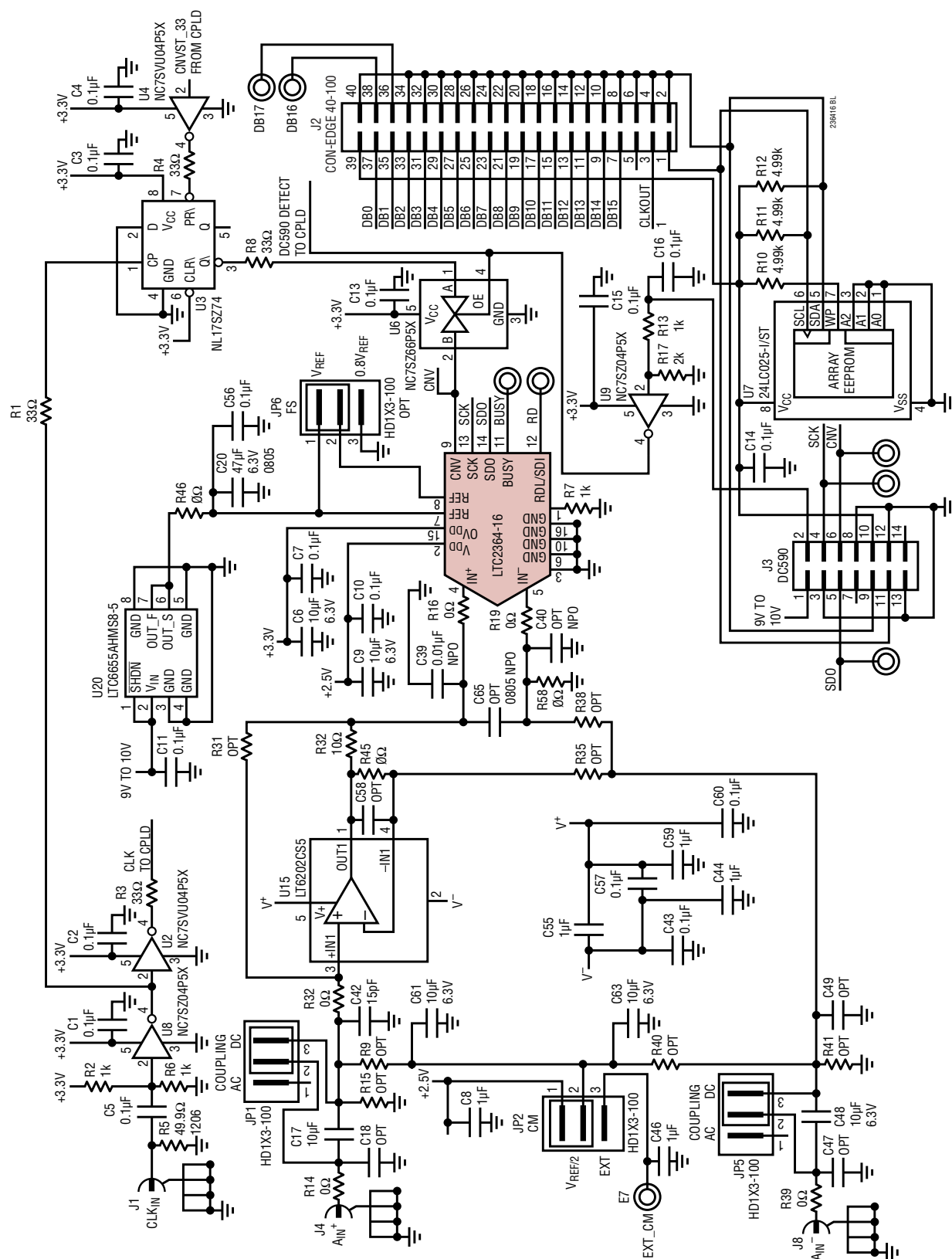
第4層、最下層(一部)



236416fa

基板のレイアウト

デモボードの回路図(一部)

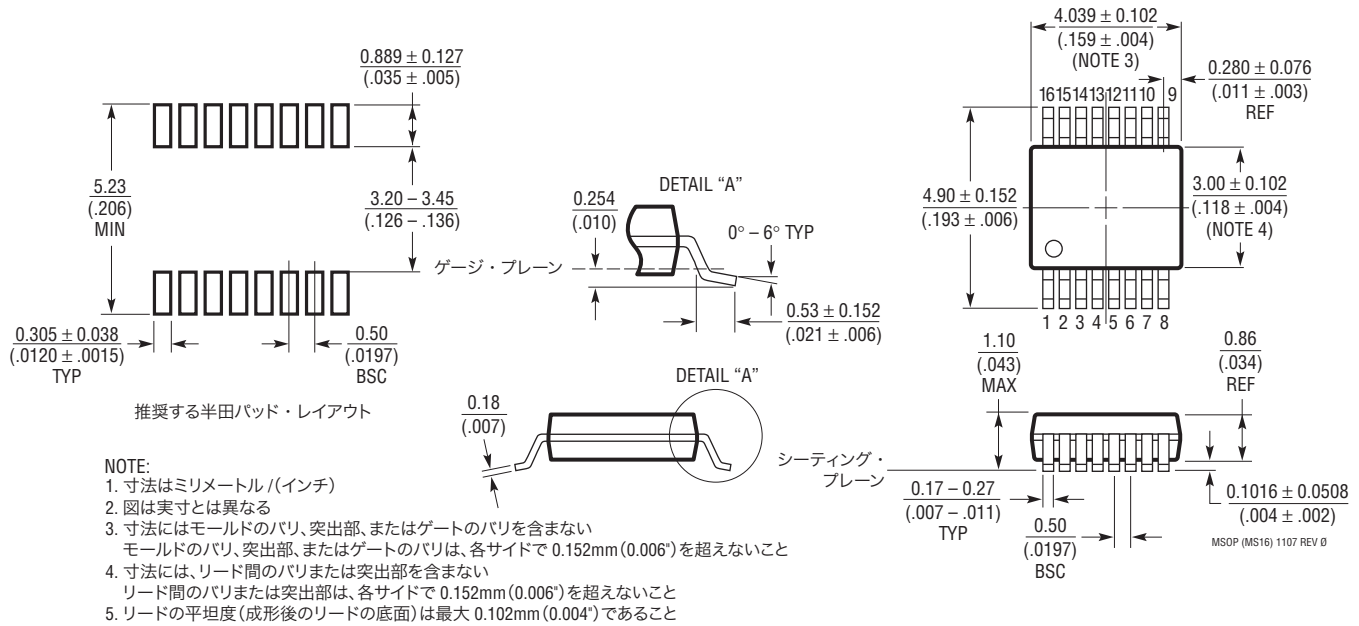


236416fa

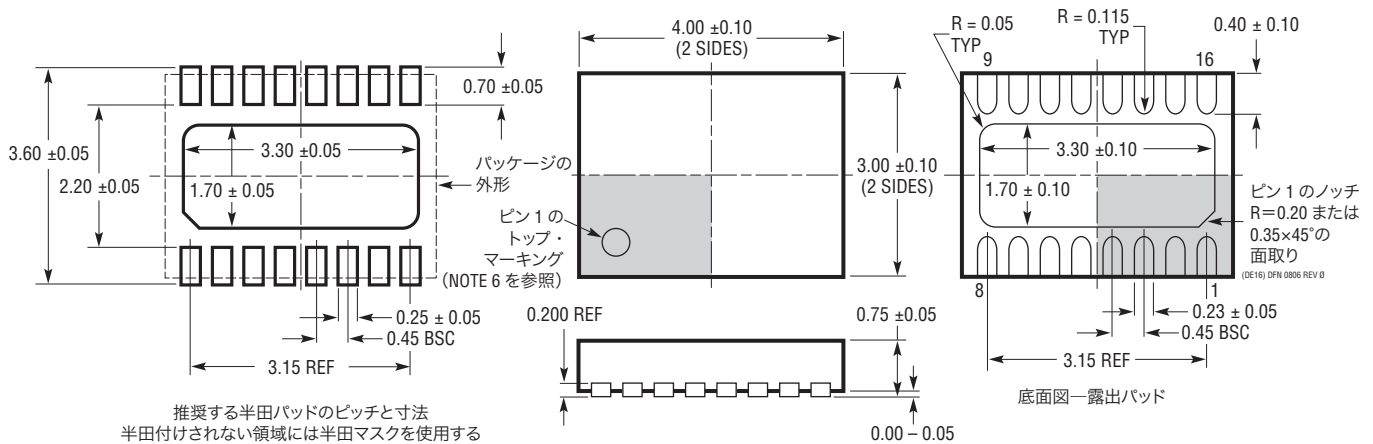
パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> を参照してください。

MS パッケージ 16ピン・プラスチック MSOP (Reference LTC DWG # 05-08-1669 Rev 0)



DE パッケージ 16ピン・プラスチック DFN (4mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1732 Rev 0)

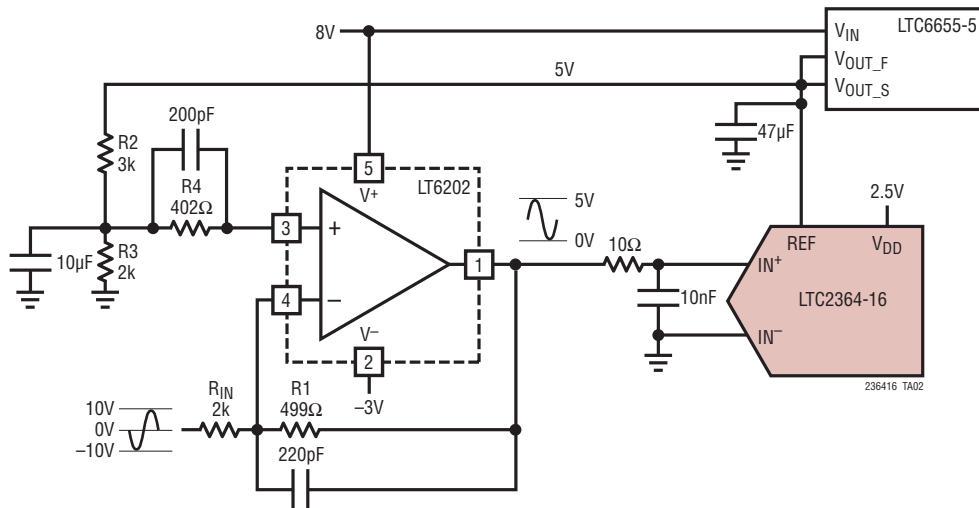


改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	8/12	「概要」セクションの分解能を18ビットから16ビットに修正	1

標準的応用例

±10Vのバイポーラ信号を LTC2364-16 への 0V～5V の入力信号に変換する LT6202



関連製品

製品番号	説明	注釈
ADC		
LTC2379-18/LTC2378-18	18ビット、1.6Msps/1Msps/500ksps/250ksps シリアル、低消費電力 ADC	2.5V 電源、差動入力、SNR:101.2dB、入力範囲:±5V、DGC、MSOP-16 および 4mm×3mm DFN-16 パッケージのピン互換ファミリ
LTC2380-16/LTC2378-16	16ビット、2Msps/1Msps/500ksps/250ksps シリアル、低消費電力 ADC	2.5V 電源、差動入力、SNR:96.2dB、入力範囲:±5V、DGC、MSOP-16 および 4mm×3mm DFN-16 パッケージのピン互換ファミリ
LTC2383-16/LTC2382-16/LTC2381-16	16ビット、1Msps/500ksps/250ksps シリアル、低消費電力 ADC	2.5V 電源、差動入力、SNR:92dB、入力範囲:±2.5V、MSOP-16 および 4mm×3mm DFN-16 パッケージのピン互換ファミリ
LTC2393-16/LTC2392-16/LTC2391-16	16ビット、1Msps/500ksps/250ksps パラレル/シリアル ADC	5V 電源、差動入力、SNR:94dB、入力範囲:±4.096V、7mm×7mm LQFP-48 および QFN-48 パッケージのピン互換ファミリ
LTC1864/LTC1864L	16ビット、250ksps/150ksps、1 チャンネル・マイクロパワー ADC	5V/3V 電源、1 チャンネル、4.3mW/1.5mW、MSOP-8 パッケージ
LTC1865/LTC1865L	16ビット、250ksps/150ksps、2 チャンネル・マイクロパワー ADC	5V/3V 電源、2 チャンネル、4.3mW/1.3mW、MSOP-10 パッケージ
DAC		
LTC2757	18ビット、シングル・パラレル IOUT SoftSpan™ DAC	INL/DNL:±1LSB、ソフトウェアで選択可能な範囲、7mm×7mm LQFP-48 パッケージ
LTC2641	16ビット/14ビット/12ビットのシングル・シリアル VOUT DAC	INL/DNL:±1LSB、MSOP-8、3mm×3mm DFN および SO-8 パッケージ、0V～5V 出力
LTC2630	12ビット/10ビット/8ビットのシングル VOUT DAC	6ピン SC70 パッケージ、内部リファレンス、INL:±1LSB (12ビット)
リファレンス		
LTC6655	バッファ付き、高精度、低ドリフト、低ノイズ・リファレンス	5V/2.5V、2ppm/°C、ピーク・トゥ・ピーク・ノイズ:0.25ppm、MSOP-8 パッケージ
LTC6652	バッファ付き、高精度、低ドリフト、低ノイズ・リファレンス	5V/2.5V、5ppm/°C、ピーク・トゥ・ピーク・ノイズ:2.1ppm、MSOP-8 パッケージ
アンプ		
LT6202/LT6203	シングル/デュアル 100MHz、レール・トゥ・レール入力/出力、超低ノイズ、低消費電力アンプ	1.9nV/√Hz、3mA (最大)、利得帯域幅積:100MHz
LT6200/LT6200-5/LT6200-10	165MHz/800MHz/1.6GHz オペアンプ、ユニティゲイン/AV = 5/AV = 10	低ノイズ電圧:0.95nV/√Hz (100kHz)、低歪み:1MHz で -80dB、TSOT23-6 および SO-8 パッケージ

236416fa