

特長

- ノー・ミスコードの18ビット分解能
- スループット：250kSPS
- INL：±0.75LSB (typ)、±1.5LSB (max) (FSRの±6 ppm)
- ダイナミック・レンジ：102dB (typ) @250kSPS
- オーバーサンプリング・ダイナミック・レンジ：125dB @1kSPS
- ノイズフリー・コード分解能：20ビット@1kSPS
- 有効分解能：22.7ビット@1kSPS
- SINAD：101.5dB (typ) @1kHz
- THD：-125dB (typ) @1kHz
- 真の差動アナログ入力範囲：±V_{REF}
- V_{REF}=VDDまで両入力0V~V_{REF}
- パイプライン遅延なし
- 2.3~5Vの単電源動作、1.8V/2.5V/3V/5Vロジックとのインターフェース可能
- SPI/QSPI™/MICROWIRE™/DSP互換シリアル・インターフェース
- 複数のADCのデジチェーン接続が可能
- オプションのBUSYインジケータ機能
- 消費電力
 - 2.5V/100kSPSで1.35mW、5V/100kSPSで4mW
 - 2.5V/100SPSで1.4μW
- スタンバイ電流：1nA
- 10ピン・パッケージ：MSOP (MSOP-8と同じサイズ) および3mm×3mmのQFN (LFCSP) (SOT-23と同じサイズ)
- 18ビットAD7690および16ビットAD7693/AD7688/AD7687とピン互換

アプリケーション

- バッテリー駆動機器
- データ・アクイジション
- 地震データ・アクイジション・システム
- 計測機器
- 医療機器

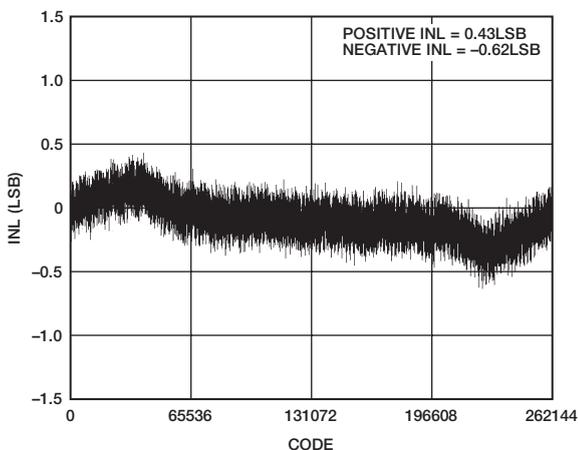


図1. コード対積分非直線性 (5V)

アプリケーション図

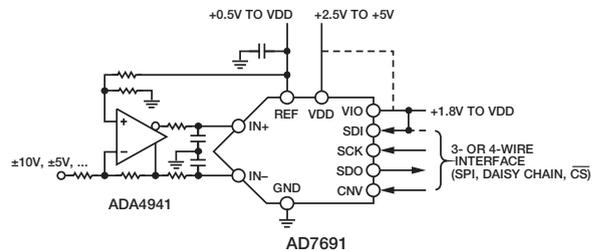


図2

表1. MSOP、QFN (LFCSP) /SOT-23パッケージの
14/16/18ビットPulSAR®ADC

Type	100 kSPS	250 kSPS	400 kSPS to 500 kSPS	≥1000 kSPS	ADC Driver
18-Bit True Differential		AD7691	AD7690	AD7982 AD7984	ADA4941-1 ADA4841-x
16-Bit True Differential	AD7684	AD7687	AD7688 AD7693		ADA4941-1 ADA4841-x
16-Bit Pseudo Differential	AD7680 AD7683	AD7685 AD7694	AD7686	AD7980	ADA4841-x
14-Bit Pseudo Differential	AD7940	AD7942	AD7946		ADA4841-1

概要

AD7691は、2.3~5Vの単電源 (VDD) で動作する、電荷再分配型の18ビット逐次比較型A/Dコンバータ (ADC) です。低消費電力かつノー・ミスコードで高速の18ビット・サンプリングADC、変換クロック、多機能シリアル・インターフェース・ポートを内蔵しています。IN+とIN-ピン間の電位差をCNVの上上がりエッジでサンプリングします。これらのピン電圧は通常、0V~REFの電圧範囲で反対の位相を持ちます。リファレンス電圧REFは外部から供給し、電源電圧に設定できます。

消費電力はスループットに比例します。

SPI互換のシリアル・インターフェースは、SDI入力を使用して1本の3線式バス上で複数のADCをデジチェーン接続でき、さらにオプションのBUSYインジケータを使用することもできます。1.8V、2.5V、3V、5Vのロジックに互換で、独立したVIO電源を使用します。

AD7691は10ピンMSOPまたは10ピンQFN (LFCSP) パッケージを採用し、-40~+85℃の温度範囲で動作するように仕様が規定されています。

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。
※日本語データシートは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。
© 2006-2007 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目次

特長	1	ドライバ・アンプの選択	16
アプリケーション	1	シングルエンド/差動変換ドライバ	16
アプリケーション図	1	リファレンス電圧入力	16
概要	1	電源	17
改訂履歴	2	リファレンスからADCへの電源供給	17
仕様	3	デジタル・インターフェース	17
タイミング仕様	5	BUSYインジケータを使用しない3線式CSモード	18
絶対最大定格	7	BUSYインジケータを使用する3線式CSモード	19
熱抵抗	7	BUSYインジケータを使用しない4線式CSモード	20
ESDに関する注意	7	BUSYインジケータを使用する4線式CSモード	21
ピン配置とピン機能の説明	8	BUSYインジケータを使用しないチェーン・モード	22
代表的な性能特性	9	BUSYインジケータを使用するチェーン・モード	23
用語の説明	13	アプリケーション設計上の注意	24
動作原理	14	レイアウトのポイント	24
回路の説明	14	AD7691の性能評価	24
コンバータの動作	14	外形寸法	25
代表的な接続図	15	オーダー・ガイド	25
アナログ入力	15		

改訂履歴

11/07—Rev. 0 to Rev. A

Deleted QFN Package in Development References	Universal
Changes to Features, Applications, Figure 1 and Figure 2	1
Changes to Accuracy, Table 2	3
Changes to Power Dissipation, Table 3	4
Added Thermal Resistance Section	7
Changes to Figure 22	11
Changes to Format	12
Changes to Terminology Section	13
Changes to Format and Figure 29	15
Inserted Figure 31	15
Changes to Format	17
Changes to Figure 44	22
Changes to Figure 46	23
Updated QFN Outline Dimensions	25
Changes to Ordering Guide	25

7/06—Revision 0: Initial Version

仕様

VDD=2.3~5.25V、VIO=2.3V~VDD、VREF=VDD、特に指定のない限り、すべての仕様はT_{MIN}~T_{MAX}で規定。

表2

Parameter	Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
RESOLUTION		18			Bits
ANALOG INPUT					
Voltage Range, V _{IN}	IN+ – (IN–)	–V _{REF}		+V _{REF}	V
Absolute Input Voltage	IN+, IN–	–0.1		V _{REF} + 0.1	V
Common-Mode Input Range	IN+, IN–	0	V _{REF} /2	V _{REF} /2 + 0.1	V
Analog Input CMRR	f _{IN} = 250 kHz		65		dB
Leakage Current at 25°C	Acquisition phase		1		nA
Input Impedance ¹					
THROUGHPUT					
Conversion Rate	VDD = 4.5 V to 5.25 V	0		250	kSPS
	VDD = 2.3 V to 4.5 V	0		180	kSPS
Transient Response	Full-scale step			1.8	μs
ACCURACY					
No Missing Codes		18			Bits
Integral Linearity Error		–1.5	±0.75	+1.5	LSB ²
Differential Linearity Error		–1	±0.5	+1.25	LSB ²
Transition Noise	REF = VDD = 5 V		0.75		LSB ²
Gain Error ³	VDD = 4.5 V to 5.25 V	–40	±2	+40	LSB ²
	VDD = 2.3 V to 4.5 V	–80	±2	+80	LSB ²
Gain Error Temperature Drift			±0.3		ppm/°C
Zero Error ³	VDD = 4.5 V to 5.25 V	–0.8	±0.1	+0.8	mV
	VDD = 2.3 V to 4.5 V	–3.5	±0.7	+3.5	mV
Zero Temperature Drift			±0.3		ppm/°C
Power Supply Sensitivity	VDD = 5 V ± 5%		±0.25		LSB ²
AC ACCURACY ⁴					
Dynamic Range	V _{REF} = 5 V	101	102		dB
Oversampled Dynamic Range ⁵	f _{IN} = 1 kSPS		125		dB
Signal-to-Noise	f _{IN} = 1 kHz, V _{REF} = 5 V	100	101.5		dB
	f _{IN} = 1 kHz, V _{REF} = 2.5 V	95	96.5		dB
Spurious-Free Dynamic Range	f _{IN} = 1 kHz, V _{REF} = 5 V		–125		dB
Total Harmonic Distortion	f _{IN} = 1 kHz, V _{REF} = 5 V		–118		dB
Signal-to-(Noise + Distortion)	f _{IN} = 1 kHz, V _{REF} = 5 V	100	101.5		dB
	f _{IN} = 1 kHz, V _{REF} = 2.5 V	95	96.5		dB
Intermodulation Distortion ⁶			115		dB

¹ 「アナログ入力」を参照。

² LSBは最下位ビットを意味します。入力範囲が±5Vの場合、1LSB=38.15μV。

³ 「用語の説明」を参照。これらの仕様にはすべての温度範囲の変動が含まれますが、外部リファレンスによる誤差分は含まれません。

⁴ dB表示の仕様はすべてフルスケール入力 (FSR) を基準とします。特に指定のない限り、フルスケールより0.5dB低い入力信号でテスト。

⁵ ダイナミック・レンジは、ADCをオーバーサンプリングしてスループットf_s=250kSPSで動作させ、さらにf₀のポストデジタル・フィルタ処理をして出力ワードレートを取得して測定。

⁶ f_{IN1}=21.4kHz、f_{IN2}=18.9kHz (フルスケールより7dB低い周波数)

AD7691

VDD=2.3~5.25V、VIO=2.3~VDD、V_{REF}=VDD、特に指定のない限り、すべての仕様はT_{MIN}~T_{MAX}で規定。

表3

Parameter	Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
REFERENCE					
Voltage Range		0.5		VDD + 0.3	V
Load Current	250 kSPS, REF = 5 V		60		μA
SAMPLING DYNAMICS					
-3 dB Input Bandwidth			2		MHz
Aperture Delay	VDD = 5 V		2.5		ns
DIGITAL INPUTS					
Logic Levels					
V _{IL}		-0.3		+0.3 × VIO	V
V _{IH}		0.7 × VIO		VIO + 0.3	V
I _{IL}		-1		+1	μA
I _{IH}		-1		+1	μA
DIGITAL OUTPUTS					
Data Format	Serial 18-bit, twos complement				
Pipeline Delay ¹					
V _{OL}	I _{SINK} = +500 μA			0.4	V
V _{OH}	I _{SOURCE} = -500 μA	VIO - 0.3			V
POWER SUPPLIES					
VDD	Specified performance	2.3		5.25	V
VIO	Specified performance	2.3		VDD + 0.3	V
VIO Range		1.8		VDD + 0.3	V
Standby Current ^{2,3}	VDD and VIO = 5 V, T _A = 25°C		1	50	nA
Power Dissipation	VDD = 2.5 V, 100 SPS throughput		1.4		μW
	VDD = 2.5 V, 100 kSPS throughput		1.35		mW
	VDD = 2.5 V, 180 kSPS throughput		2.4		mW
	VDD = 5 V, 100 kSPS throughput		4.24	5	mW
	VDD = 5 V, 250 kSPS throughput		10.6	12.5	mW
Energy per Conversion			50		nJ/sample
TEMPERATURE RANGE⁴					
Specified Performance	T _{MIN} to T _{MAX}	-40		+ 85	°C

¹ 変換結果は変換直後に出力。

² すべてのデジタル入力を必要に応じてVIOまたはGNDに接続。

³ アクイジション時。

⁴ 拡張温度範囲については代理店および弊社営業部にお問い合わせください。

タイミング仕様

VDD=4.5~5.25V、VIO=2.3~VDD、VREF=VDD、特に指定のない限り、すべての仕様はT_{MIN}~T_{MAX}で規定。¹

表4

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Conversion Time: CNV Rising Edge to Data Available	t _{CONV}	0.5		2.2	μs
Acquisition Time	t _{ACQ}	1.8			μs
Time Between Conversions	t _{CYC}	4			μs
CNV Pulse Width ($\overline{\text{CS}}$ Mode)	t _{CNVH}	10			ns
SCK Period ($\overline{\text{CS}}$ Mode)	t _{SCK}	15			ns
SCK Period (Chain Mode)	t _{SCK}				
VIO Above 4.5 V		17			ns
VIO Above 3 V		18			ns
VIO Above 2.7 V		19			ns
VIO Above 2.3 V		20			ns
SCK Low Time	t _{SCKL}	7			ns
SCK High Time	t _{SCKH}	7			ns
SCK Falling Edge to Data Remains Valid	t _{HSDO}	4			ns
SCK Falling Edge to Data Valid Delay	t _{DSDO}				
VIO Above 4.5 V				14	ns
VIO Above 3 V				15	ns
VIO Above 2.7 V				16	ns
VIO Above 2.3 V				17	ns
CNV or SDI Low to SDO D17 MSB Valid ($\overline{\text{CS}}$ Mode)	t _{EN}				
VIO Above 4.5 V				15	ns
VIO Above 2.7 V				18	ns
VIO Above 2.3 V				22	ns
CNV or SDI High or Last SCK Falling Edge to SDO High Impedance ($\overline{\text{CS}}$ Mode)	t _{DIS}			25	ns
SDI Valid Setup Time from CNV Rising Edge ($\overline{\text{CS}}$ Mode)	t _{SSDICNV}	15			ns
SDI Valid Hold Time from CNV Rising Edge ($\overline{\text{CS}}$ Mode)	t _{HSDICNV}	0			ns
SCK Valid Setup Time from CNV Rising Edge (Chain Mode)	t _{SSCKCNV}	5			ns
SCK Valid Hold Time from CNV Rising Edge (Chain Mode)	t _{HSCKCNV}	10			ns
SDI Valid Setup Time from SCK Falling Edge (Chain Mode)	t _{SSDISCK}	3			ns
SDI Valid Hold Time from SCK Falling Edge (Chain Mode)	t _{HSDISCK}	4			ns
SDI High to SDO High (Chain Mode with Busy Indicator)	t _{DSDOSDI}				
VIO Above 4.5 V				15	ns
VIO Above 2.3 V				26	ns

¹ 負荷条件については、図3と図4を参照。

AD7691

VDD=2.3~4.5V、VIO=2.3~VDD、VREF=VDD、特に指定のない限り、すべての仕様はT_{MIN}~T_{MAX}で規定。¹

表5

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Conversion Time: CNV Rising Edge to Data Available	t _{CONV}	0.5		3.7	μs
Acquisition Time	t _{ACQ}	1.8			ns
Time Between Conversions	t _{CYC}	5.5			μs
CNV Pulse Width (CS Mode)	t _{CNVH}	10			ns
SCK Period (CS Mode)	t _{SCK}	25			ns
SCK Period (Chain Mode)	t _{SCK}				
VIO Above 3 V		29			ns
VIO Above 2.7 V		35			ns
VIO Above 2.3 V		40			ns
SCK Low Time	t _{SCKL}	12			ns
SCK High Time	t _{SCKH}	12			ns
SCK Falling Edge to Data Remains Valid	t _{HSDO}	5			ns
SCK Falling Edge to Data Valid Delay	t _{DSDO}				
VIO Above 3 V				24	ns
VIO Above 2.7 V				30	ns
VIO Above 2.3 V				35	ns
CNV or SDI Low to SDO D17 MSB Valid (CS Mode)	t _{EN}				
VIO Above 2.7 V				18	ns
VIO Above 2.3 V				22	ns
CNV or SDI High or Last SCK Falling Edge to SDO High Impedance (CS Mode)	t _{DIS}			25	ns
SDI Valid Setup Time from CNV Rising Edge (CS Mode)	t _{SSDICNV}	30			ns
SDI Valid Hold Time from CNV Rising Edge (CS Mode)	t _{HSDICNV}	0			ns
SCK Valid Setup Time from CNV Rising Edge (Chain Mode)	t _{SSCKCNV}	5			ns
SCK Valid Hold Time from CNV Rising Edge (Chain Mode)	t _{HSCKCNV}	8			ns
SDI Valid Setup Time from SCK Falling Edge (Chain Mode)	t _{SSDISCK}	8			ns
SDI Valid Hold Time from SCK Falling Edge (Chain Mode)	t _{HSDISCK}	10			ns
SDI High to SDO High (Chain Mode with Busy Indicator)	t _{DSDOSDI}			36	

¹ 負荷条件については、図3と図4を参照。

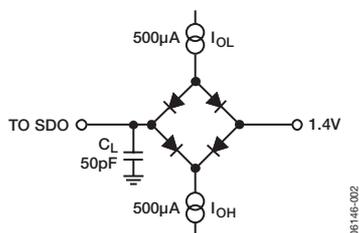


図3. デジタル・インターフェース・タイミング測定時の負荷回路

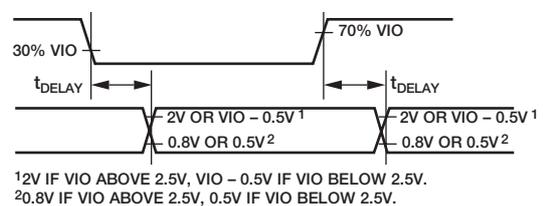


図4. タイミング測定時の電圧レベル

絶対最大定格

表6

Parameter	Rating
Analog Inputs (IN+, IN-) ¹	GND -0.3 V to VDD + 0.3 V or ±130 mA
REF	GND -0.3 V to VDD + 0.3 V
Supply Voltages	
VDD, VIO to GND	-0.3 V to +7 V
VDD to VIO	±7V
Digital Inputs to GND	-0.3 V to VIO + 0.3 V
Digital Outputs to GND	-0.3 V to VIO + 0.3 V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C
Lead Temperature Range	JEDEC J-STD-20

¹ 「アナログ入力」を参照。

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、この仕様の動作セクションに記載する規定値以上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

θ_{JA} は最悪の条件、すなわち回路ボードに表面実装パッケージをハンダ付けした状態で規定しています。

表7. 熱抵抗

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Unit
10-Lead MSOP	200	44	°C/W
10-Lead QFN (LFCSP)	43.4	6.5	°C/W

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、デバイスで高エネルギーの静電放電が発生した場合、損傷を生じる可能性があります。性能劣化や機能低下を防止するため、ESDに対して適切な予防措置をとることが推奨されます。

AD7691

ピン配置とピン機能の説明

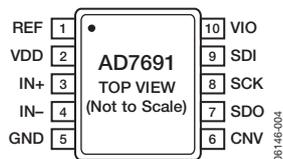


図5. 10ピンMSOPのピン配置

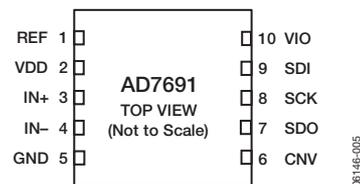


図6. 10ピンQFN (LFCSP) のピン配置

表8. ピン機能の説明

ピン番号	記号	タイプ ¹	説明
1	REF	AI	リファレンス電圧入力。REFの範囲は0.5V～VDDです。GNDピンを基準とします。このピンは、ピンの近くで10μFコンデンサを使ってGNDにデカップリングする必要があります。
2	VDD	P	電源
3	IN+	AI	正側差動アナログ入力。IN-ピンを基準とします。IN+ピンの入力範囲は $V_{REF}/2$ を中心する0～ V_{REF} で、IN-ピンに対して180度位相がずれている必要があります。
4	IN-	AI	負側差動アナログ入力。IN+ピンを基準とします。IN-ピンの入力範囲は $V_{REF}/2$ を中心する0～ V_{REF} で、IN+ピンに対して180度位相がずれている必要があります。
5	GND	P	電源グラウンド
6	CNV	DI	変換入力。この入力には複数の機能があります。入力信号の立上がりエッジで、変換を開始し、デバイスのインターフェース・モード（チェーン・モードまたはCSモード）を選択します。CSモードでは、このピンがローレベルのときSDOピンがイネーブルされます。チェーン・モードでは、CNVがハイレベルのときにデータを読み出す必要があります。
7	SDO	DO	シリアル・データ出力。変換結果がこのピンに出力されます。SCKに同期します。
8	SCK	DI	シリアル・データ・クロック入力。デバイスが選択されると、変換結果がこのクロックによってシフト出力されます。
9	SDI	DI	シリアル・データ入力。この入力には複数の機能があります。次のように、ADCのインターフェース・モードを選択します。 CNVの立上がりエッジでSDIがローレベルの場合、チェーン・モードが選択されます。このモードでは、1本のSDOラインに接続された複数のADCの変換結果をデジチェーン接続できます。SDIのデジタル・データ・レベルは、SCKの18周期分の遅延でSDO上に出力されます。 CNVの立上がりエッジでSDIがハイレベルの場合、CSモードが選択されます。このモードでは、SDIまたはCNVのいずれかがローレベルのときにシリアル出力信号をイネーブルすることができます。変換完了時にSDIまたはCNVがローレベルのときは、BUSYインジケータ機能がイネーブルされます。
10	VIO	P	入出力インターフェースのデジタル電源。ホスト・インターフェース電源（1.8V、2.5V、3V、5V）と同じ公称電圧。

¹ AI=アナログ入力、DI=デジタル入力、DO=デジタル出力、P=電源

代表的な性能特性

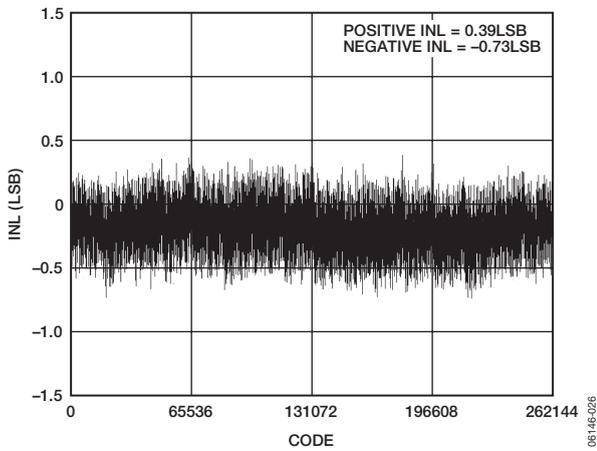


図7. 積分非直線性 対 コード、2.5V

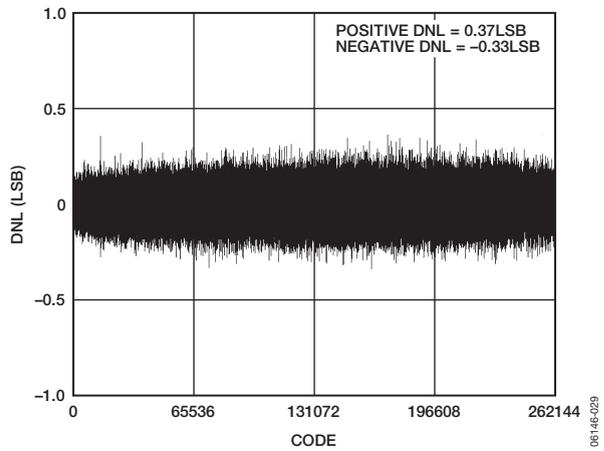


図10. 微分非直線性 対 コード、5V

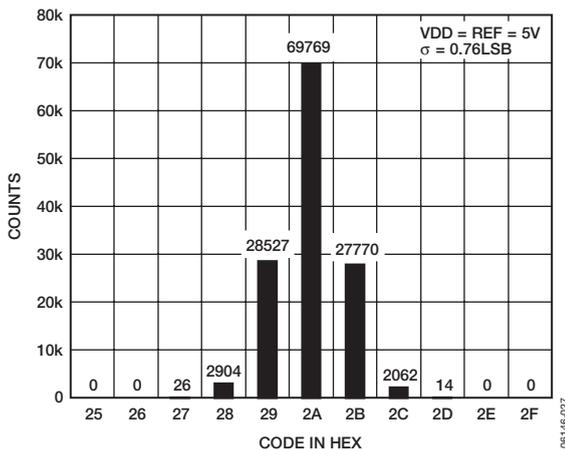


図8. コード中央でのDC入力のヒストグラム、5V

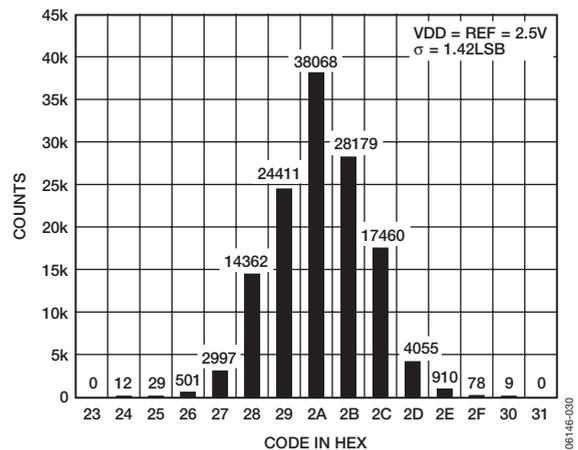


図11. コード中央でのDC入力のヒストグラム、2.5V

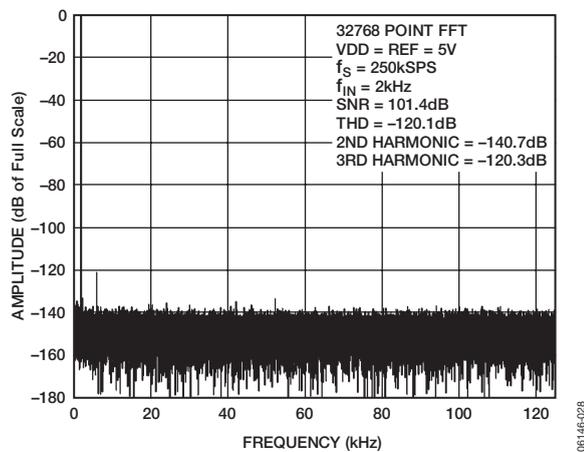


図9. 2kHz FFTプロット、5V

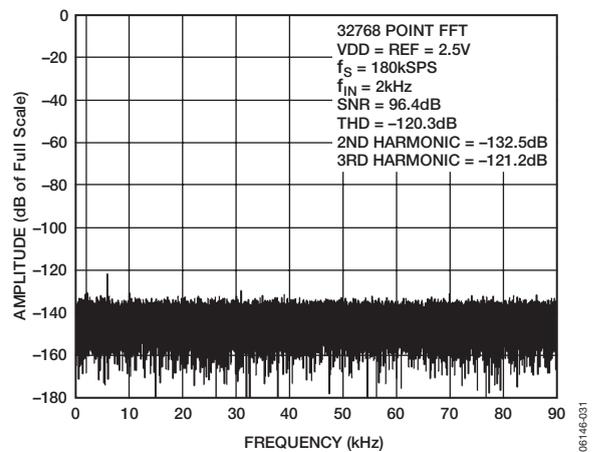


図12. 2kHz FFTプロット、2.5V

AD7691

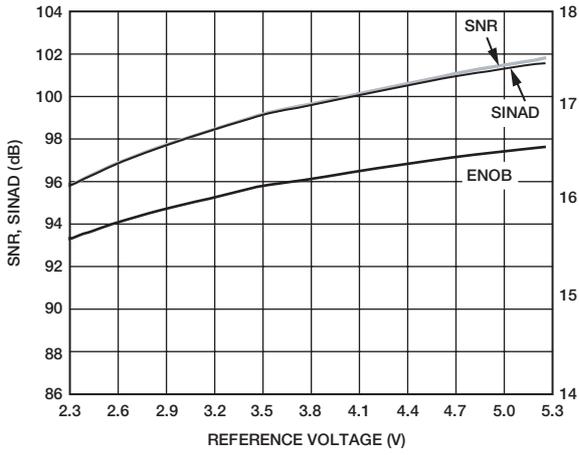


図13. SNR、SINAD、ENOB 対 リファレンス電圧

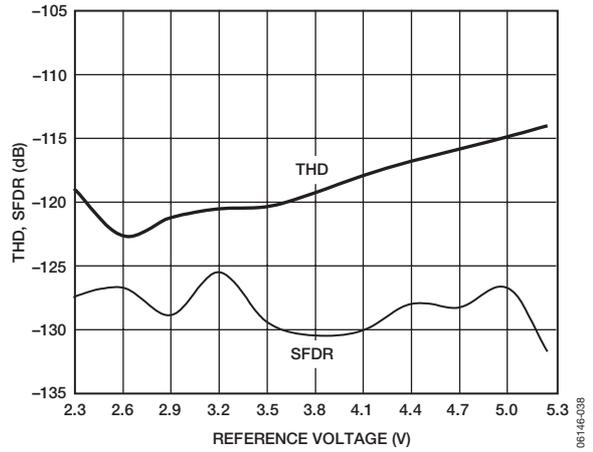


図16. THD、SFDR 対 リファレンス電圧

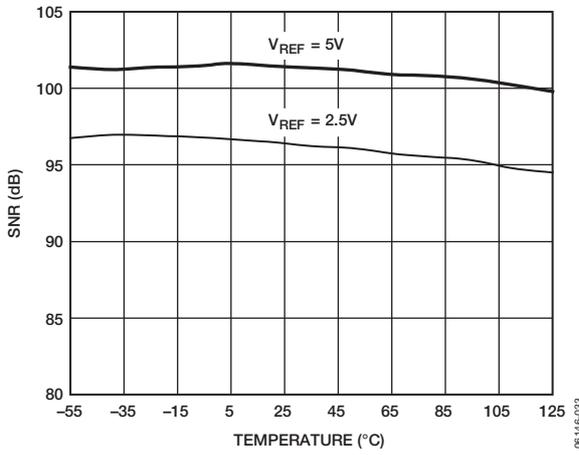


図14. SNRの温度特性

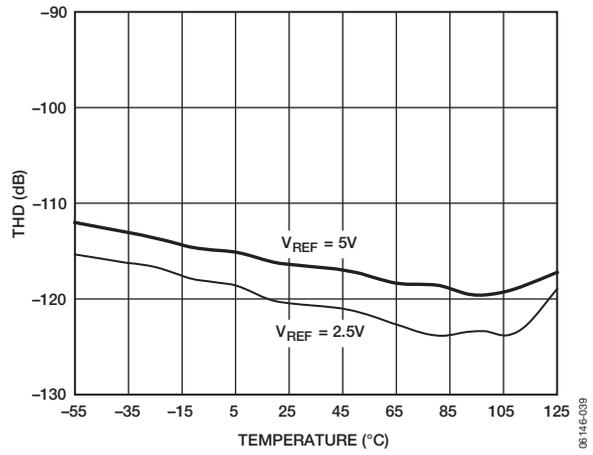


図17. THDの温度特性

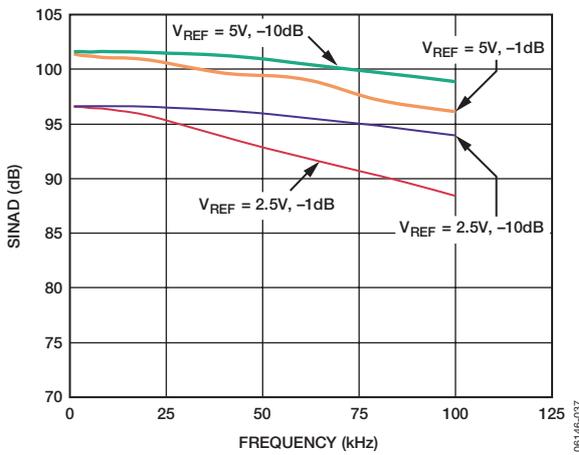


図15. SINADの周波数特性

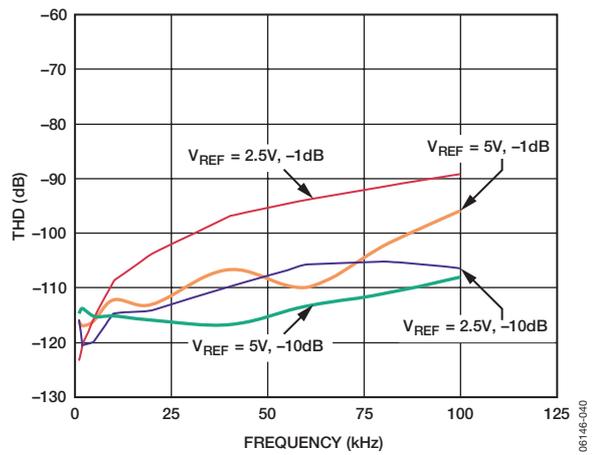


図18. THDの周波数特性

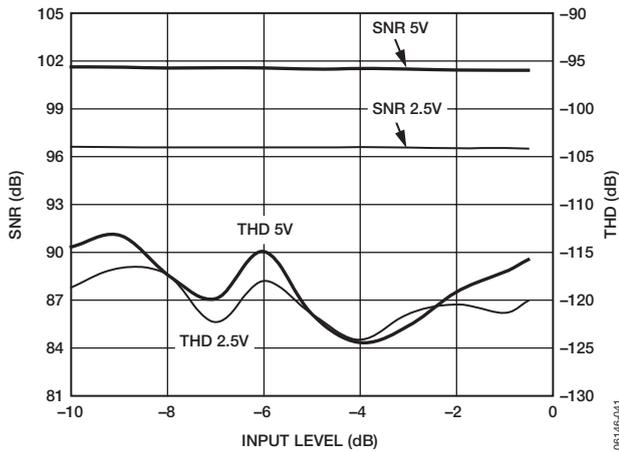


図19. SNR、THD 対入力レベル

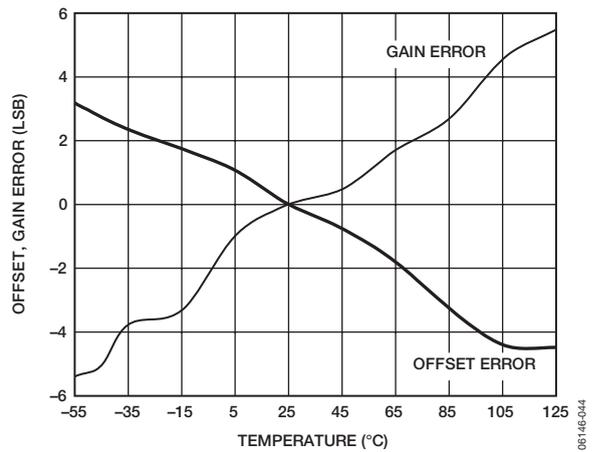


図22. ゼロ誤差、ゲイン誤差の温度特性

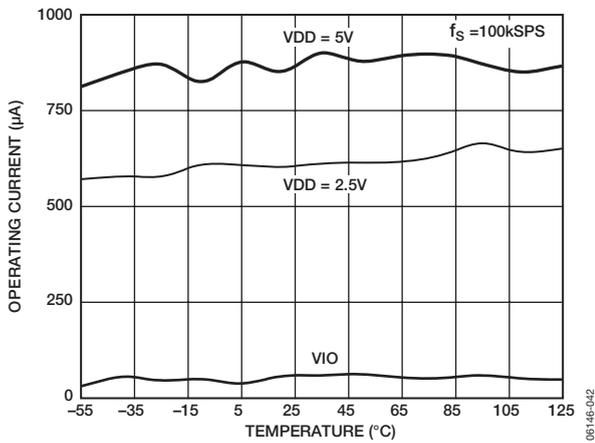


図20. 動作電流の温度特性

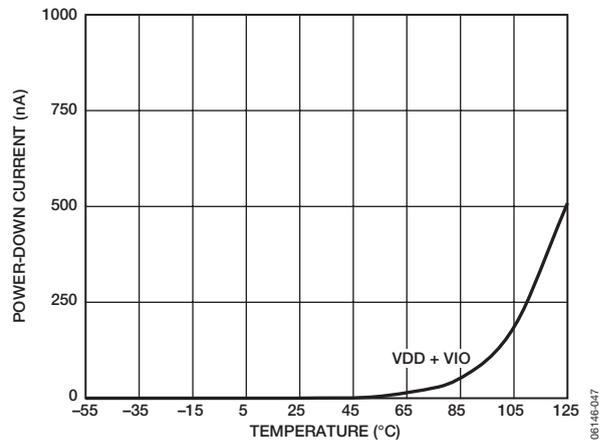


図23. パワーダウン電流の温度特性

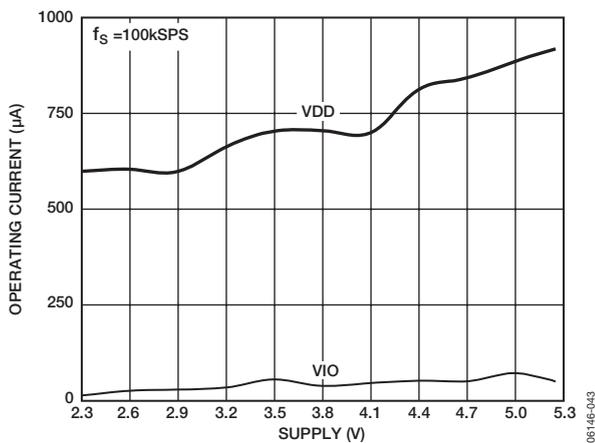


図21. 動作電流 対電源

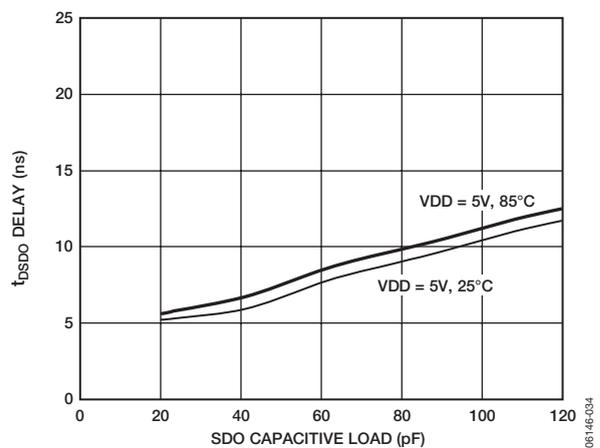


図24. t_{DSDO} 遅延 対容量付加および電源

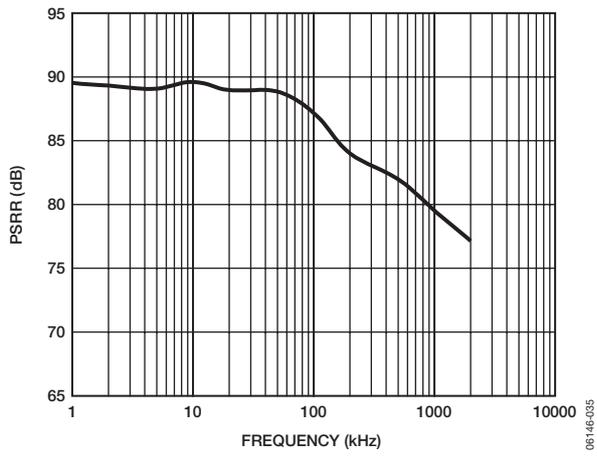


図25. PSSRの周波数特性

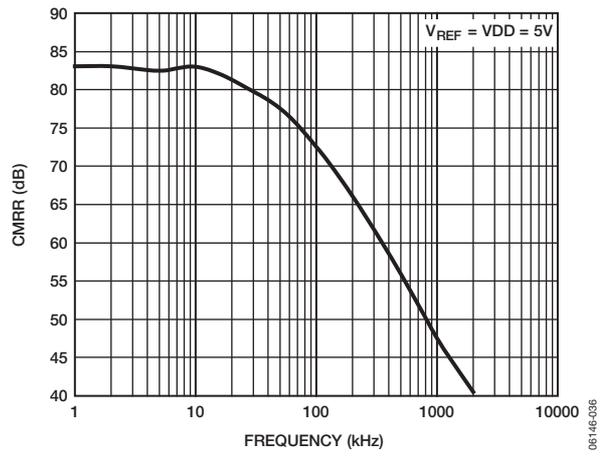


図26. アナログ入力CMRRの周波数特性

用語の説明

最下位ビット (LSB)

最下位ビット、つまりLSBは、コンバータにより示される最小のインクリメントです。Nビットの分解能を持つADCでは、ボルト単位で表したLSBは次のとおりです。

$$LSB(V) = \frac{V_{INpp}}{2^N}$$

積分非直線性誤差 (INL)

直線性誤差とは、負側フルスケールと正側フルスケールを結ぶ直線と実際の各コード出力との差を意味します。負側フルスケールとして使用するポイントは、最初のコード遷移より0.5LSBだけ下に存在します。正側フルスケールは、最後のコード遷移より1.5LSB高いレベルと定義されます。偏差は各コードの中央と真の直線との距離として測定されます (図28を参照)。

微分非直線性誤差 (DNL)

理想的なADCでは、各コード遷移は1LSBだけ離れた位置で発生します。微分非直線性とは、この理論値からの最大偏差のことです。通常は、ノー・ミスコードが保証される分解能として規定されることもあります。

ゼロ誤差

理想的なミッドスケール入力電圧 (0V) と、ミッドスケール出力コード (0LSB) を発生する実際の電圧との差をいいます。

ゲイン誤差

最初の遷移 (100...00から100...01) は、公称負側フルスケールより0.5LSB高いアナログ電圧で発生します (±5V範囲では-4.999981V)。最後の遷移 (011...10から011...11) は、公称正側フルスケールより1.5LSB低いアナログ電圧で発生します (±5V範囲では+4.999943V)。ゲイン誤差は、最後の遷移の実際のレベルと最初の遷移の実際のレベルとの差と、対応する理論値間の差との偏差をLSB数またはフルスケール範囲のパーセント値で表します。

スプリアスフリー・ダイナミック・レンジ (SFDR)

入力信号のRMS振幅値とピーク・スプリアス信号のRMS値との差を意味し、dB値で表します。

有効ビット数 (ENOB)

サイン波を入力したときの分解能の測定値であり、ビット数で表します。SINADとの関係は次式で表すことができます。

$$ENOB = (SINAD_{dB} - 1.76) / 6.02$$

ノイズフリーのコード分解能

これを超えると個々のコードを分解できなくなるビット数。これは次式で求められます。

$$Noise-Free Code Resolution = \log_2(2^N / Peak-to-Peak Noise)$$

有効分解能

これは次式で求められ、ビット数で表します。

$$Effective Resolution = \log_2(2^N / RMS Input Noise)$$

全高調波歪み (THD)

最初の5つの高調波成分のRMS値の総和と、フルスケール入力信号のRMS値との比であり、dB値で表します。

ダイナミック・レンジ

フルスケールのRMS値と、入力を短絡して測定したRMSノイズとの比で、dB値で表します。

S/N比 (SNR)

実際の入力信号のRMS値と、ナイキスト周波数より下の全スペクトル成分のRMS値総和から高調波成分とDC成分を除いた値との比で、dB値で表します。

信号/ノイズ+歪みの比 (SINAD)

実際の入力信号のRMS値と、ナイキスト周波数より下の全スペクトル成分のRMS値総和 (DC以外の高調波成分を含む) との比であり、dB値で表します。

オーバーチャージ遅延

アクイジション性能を表し、CNV入力の立下がりエッジから、入力信号が変換用にホールドされるまでの時間として測定されます。

過渡応答

フルスケールのステップ関数が与えられてから、ADCが入力を正常に受け取るまでに要する時間です。

動作原理

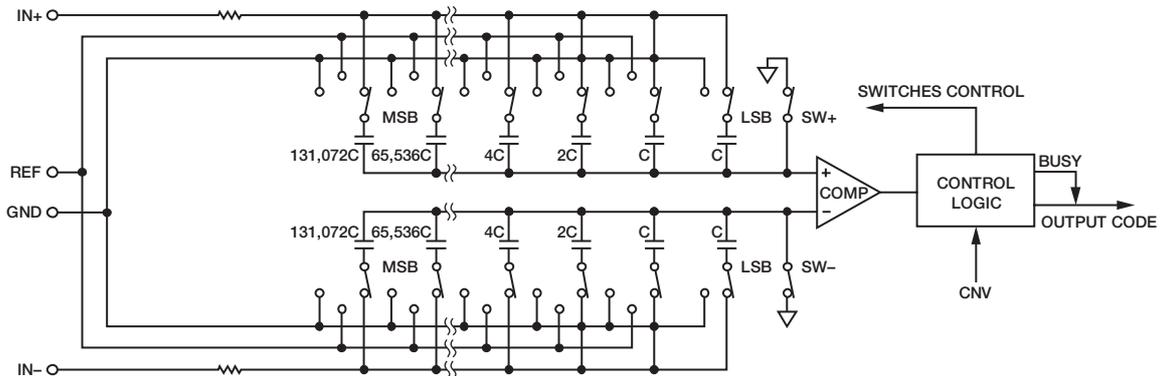


図27. ADCの簡略回路図

回路の説明

AD7691は、逐次比較型アーキテクチャを採用した、高速、低消費電力、単電源、高精度の18ビットADCです。

AD7691は、毎秒250,000サンプル (250kSPS) の変換が可能で、変換と変換の間はパワーダウンします。たとえば、1kSPSで動作する場合は消費電力が50 μ Wとなり、バッテリー駆動のアプリケーションに最適です。

AD7691はトラック & ホールドを内蔵し、パイプライン遅延やレイテンシはなく、多チャンネルを多重化するアプリケーションにとって理想的な製品です。

2.3~5.25V電源で仕様規定されており、1.8~5Vの任意のデジタル・ロジック・ファミリーにインターフェースできます。10ピンMSOPまたは省スペースと柔軟な構成を実現する小型のQFN (LFCSP) で提供されます。

18ビットAD7690、16ビットAD7687、AD7688とピン互換性があります。

コンバータの動作

AD7691は、電荷再配分式DACをベースにした逐次比較型ADCです。図27にADCの簡略回路を示します。この容量性DACは、2進数の重みを持った18個のコンデンサで構成される2列の同じアレイを備えています。各アレイはコンパレータの2つの入力に接続されています。

アキュイジション・フェーズでは、コンパレータの入力に接続されたアレイの端子は、SW+とSW-を経由してGNDに接続されます。すべての独立したスイッチはアナログ入力に接続されます。したがって、コンデンサ・アレイはサンプリング・コンデンサとして使用され、IN+とIN-入力でアナログ信号を取り込みます。アキュイジション・フェーズが完了してCNV入力がハイレベルになると、変換フェーズが開始されます。変換フェーズが開始されると、まずSW+とSW-が開きます。次に、2つのコンデンサ・アレイが入力から切り離されて、GND入力に接続されます。したがって、アキュイジション・フェーズの終わりに取り込まれた入力IN+とIN-の間の差動電圧がコンパレータ入力に接続され、コンパレータの平衡が失われます。コンデンサ・アレイの各エレメントをGNDとREFの間でスイッチングすることにより、コンパレータ入力を2進数重みの電圧ステップ ($V_{REF}/2$, $V_{REF}/4$... $V_{REF}/262,144$) で変化させます。制御ロジックがこれらのスイッチをトグルして (MSBから開始)、コンパレータを再度平衡状態にします。この処理が終了すると、

制御ロジックがADC出力コードとBUSY信号インジケータを発生します。

AD7691は変換クロックを内蔵しているため、変換処理の際にシリアル・クロック (SCK) は不要です。

伝達関数

AD7691の理論伝達特性を図28と表9に示します。

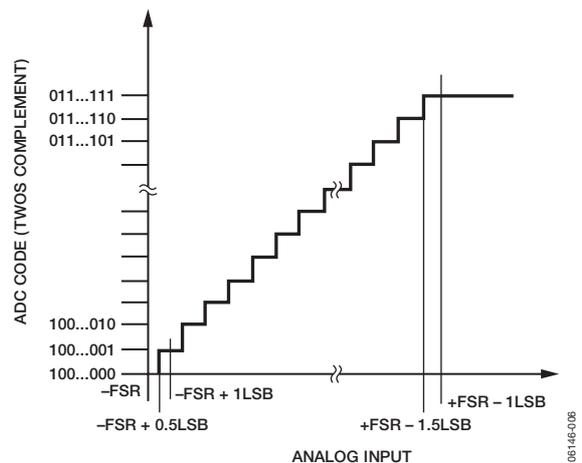


図28. ADCの理論的伝達関数

表9. 出力コードと入力電圧の理論値

Description	Analog Input $V_{REF} = 5V$	Digital Output Code (Hex)
FSR - 1 LSB	+4.999962 V	0x2FFFFF ¹
Midscale + 1 LSB	+38.15 μ V	0x00001
Midscale	0 V	0x00000
Midscale - 1 LSB	-38.15 μ V	0x3FFFF
-FSR + 1 LSB	-4.999962 V	0x20001
-FSR	-5 V	0x20000 ²

¹ アナログ入力範囲より上のコードでもあります ($V_{REF} \sim V_{GND}$ より上の $V_{IN+} \sim V_{IN-}$)。

² アナログ入力範囲より下のコードでもあります (V_{GND} より下の $V_{IN+} \sim V_{IN-}$)。

代表的な接続図

図29に、複数の電源を使用した場合の推奨接続図の例を示します。

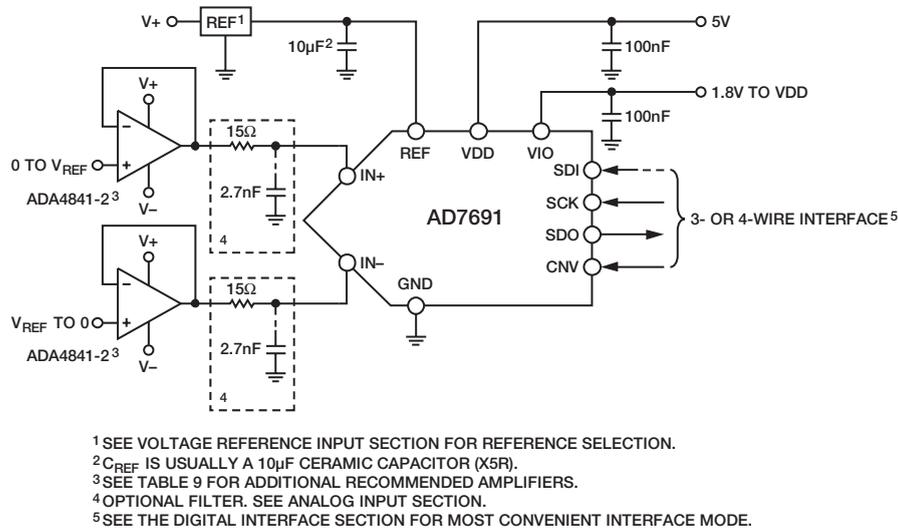


図29. 複数の電源を使用した代表的なアプリケーション

アナログ入力

図30に、AD7691の入力構造の等価回路を示します。

ダイオードD1とD2は、アナログ入力IN+とIN-のESD保護用です。アナログ入力信号が電源レールより0.3V以上高くないように注意してください。これらのダイオードが順方向にバイアスされて、電流が流れてしまうためです。ダイオードは、最大130mAの順方向バイアス電流を処理できます。たとえば、この状態は入力バッファ (U1) の電源がVDDと異なるときに発生します。このような場合、短絡回路の電流制限機能を持つ入力バッファなどを使ってデバイスを保護できます。

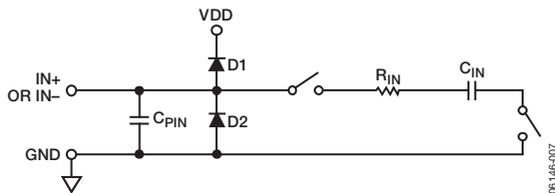


図30. アナログ入力の等価回路

このアナログ入力構造を使うと、IN+とIN-との間の真の差動信号のサンプリングが可能になります。このような差動入力を使用することにより、両入力の同相信号が除去されます。

アクイジション・フェーズでは、アナログ入力 (IN+, IN-) のインピーダンスは、 R_{IN} と C_{IN} の直列接続回路とコンデンサ C_{PIN} との並列組み合わせとしてモデル化できます。 C_{PIN} は主にピン容量です。 R_{IN} は3kΩ (typ) で、直列抵抗とスイッチのオン抵抗で構成されます。 C_{IN} は30pF (typ) で、主にADCサンプリング・コンデンサです。

スイッチが開いている変換フェーズでは、入力インピーダンスは C_{PIN} に制限されます。 R_{IN} と C_{IN} で単極ローパス・フィルタが構成されるので、折返しが除去されて、ノイズが制限されます。

駆動回路のソース・インピーダンスが小さい場合は、AD7691を直接駆動できます。ソース・インピーダンスが大きい場合は、AC性能、特に全高調波歪み (THD) が大きな影響を受けます。DC性能は、入力インピーダンスの影響をあまり受けません。最大ソース・インピーダンスは、許容可能なTHDの値によって異なります。

THDは、ソース・インピーダンスと最大入力周波数の関数として低下します (図31)。

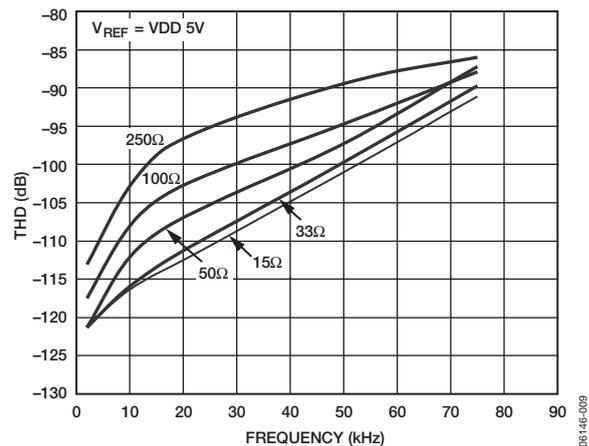


図31. THD 対 アナログ入力周波数およびソース抵抗

AD7691

ドライバ・アンプの選択

AD7691の駆動は簡単ですが、ドライバ・アンプは次の条件を満たす必要があります。

- AD7691のS/N比と過渡ノイズ性能を維持するため、ドライバ・アンプによるノイズをできるだけ低く抑える必要があります。ドライバから発生するノイズは、AD7691アナログ入力回路の R_{IN} と C_{IN} から構成される単極ローパス・フィルタまたは外付けフィルタ（使用した場合）によって除去されます。アンプに起因するS/N比の劣化は、次のとおりです。

$$SNR_{LOSS} =$$

$$20 \log \left(\frac{V_{NADC}}{\sqrt{V_{NADC}^2 + \frac{\pi}{2} f_{-3dB} (Ne_{N+})^2 + \frac{\pi}{2} f_{-3dB} (Ne_{N-})^2}} \right)$$

ここで、

V_{NADC} は、 μV 単位で表したADCのノイズであり、次式で表すことができます。

$$V_{NADC} = \frac{V_{INpp}}{10^{20}} \frac{2\sqrt{2}}{SNR}$$

f_{-3dB} はAD7691のMHzで表した入力帯域幅（2MHz）、すなわち入力フィルタのカットオフ周波数（使用した場合）。

N は、アンプのノイズ・ゲイン（たとえば、バッファ構成では1）。

e_{N+} と e_{N-} は、IN+とIN-に接続されたオペアンプの等価入力ノイズ電圧密度であり、単位は nV/\sqrt{Hz} です。この近似は、アンプ周りの抵抗が小さいときに使用できます。大きな抵抗を使用する場合には、ノイズ寄与率は2乗平方根になります。

- ACアプリケーションの場合、ドライバはAD7691に見合うTHD性能を持つ必要があります。
- 多チャンネルを多重化するアプリケーションの場合、ドライバ・アンプとAD7691アナログ入力回路は共に、コンデンサ・アレイのフルスケール・ステップに対して18ビット・レベル（0.0004%、4ppm）でセトリングする必要があります。アンプのデータシートでは、一般に0.1~0.01%でのセトリングが規定されています。しかし、これは18ビット・レベルでのセトリング時間とは大幅に異なることがあるため、ドライバを選択する前に確認する必要があります。

表10. 推奨ドライバ・アンプ

Amplifier	Typical Application
ADA4941-1	Very low noise, low power single-ended-to-differential
ADA4841-x	Very low noise, small, and low power
AD8655	5 V single supply, low noise
AD8021	Very low noise and high frequency
AD8022	Low noise and high frequency
OP184	Low power, low noise, and low frequency
AD8605, AD8615	5 V single supply, low power

シングルエンド／差動変換ドライバ

シングルエンド・アナログ信号（ユニポーラまたはバイポーラ）を使用するアプリケーションでは、シングルエンド／差動変換ドライバADA4941-1により、デバイスへの差動入力が可能となります。図32に回路図を示します。

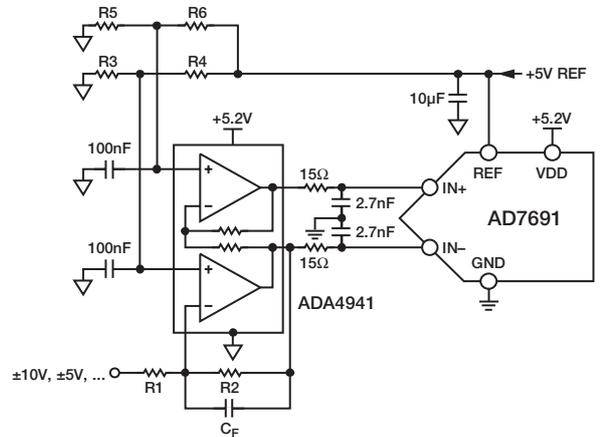


図32. シングルエンド／差動変換ドライバ回路

R1とR2は、入力範囲とADC範囲（ V_{REF} ）との間の減衰比を設定するときに使います。R1、R2、 C_F は、入力抵抗、信号帯域幅、折り返し除去機能、およびノイズ寄与率に応じて選択します。たとえば、4k Ω インピーダンスで $\pm 10V$ の範囲の場合は、R2=1k Ω 、R1=4k Ω とします。

R3とR4はADCのIN-入力上のコモンモードの設定に、R5とR6はIN+上のコモンモードの設定に、それぞれ使います。コモンモードは、 $V_{REF}/2$ に近い値に設定する必要があります。ただし、単電源が必要な場合は、 $V_{REF}/2$ よりいくらか大きな値に設定してADA4941-1の出力段にヘッドルームを与えることができます。たとえば、単電源で $\pm 10V$ の範囲の場合は、R3=8.45k Ω 、R4=11.8k Ω 、R5=10.5k Ω 、R6=9.76k Ω とします。

リファレンス電圧入力

AD7691のリファレンス電圧入力REFは、動的入力インピーダンスを持っています。したがって、REFピンとGNDピンとの間を効果的にデカップリングした低インピーダンス源で駆動する必要があります（「レイアウト」を参照）。

REFを超低インピーダンス源（AD8031またはAD8605を使用するリファレンス・バッファなど）で駆動する場合、10 μF （X5R、0805サイズ）のセラミック・チップ・コンデンサでデカップリングを行えば最適な性能を得ることができます。

バッファなしのリファレンス電圧を使用する場合、デカップリング値は使用するリファレンスに依存します。たとえば、低温度ドリフトのADR43xリファレンスを使用する場合は、22 μF （X5R、1206サイズ）のセラミック・チップ・コンデンサを使って最適な性能を得ることができます。

必要に応じて、2.2 μF まで小さくした小さなリファレンス・デカップリング・コンデンサ値を使って、性能、特にDNLへの影響を最小限に抑えることができます。

この場合、REFピンとGNDピンとの間に小さなセラミック・デカップリング・コンデンサ（100nFなど）を追加する必要はありません。

電源

AD7691では、コア電源VDDとデジタル入出力インターフェース電源VIOの2種類の電源ピンを使用しています。VIOでは、1.8V~VDDの任意のロジックに直接インターフェースできます。所要電源数を減らすため、VIOとVDDピンを相互に接続できます。AD7691は、VIOとVDDの間の電源シーケンスに依存しません。また、図25に示すように、広い周波数範囲で電源変動に対して安定しています。

AD7691は各変換フェーズの終わりで自動的にパワーダウンするため、消費電力はサンプリング・レートに比例します。したがって、このデバイスは低サンプリング・レート（場合によっては数ヘルツ）と低消費電力のバッテリー駆動アプリケーションに最適です。

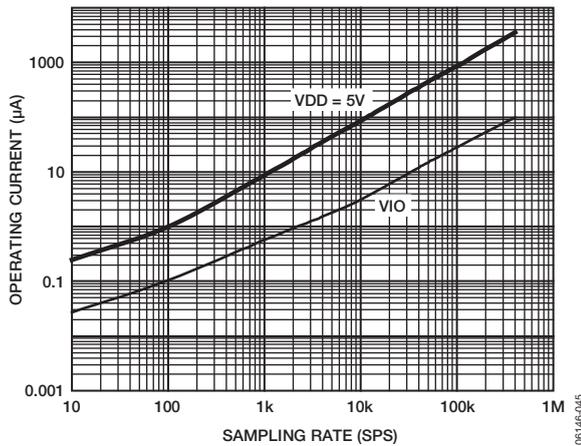
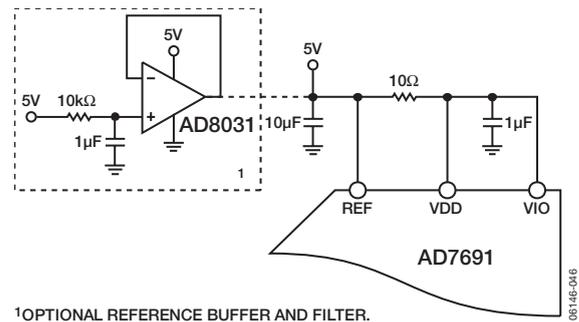


図33. サンプリング・レート 対 動作電流

リファレンス電圧からADCへの電源供給

簡素なアプリケーションの場合は、図34に示すように、動作電流の小さいAD7691にリファレンス回路から直接電源を供給できます。リファレンス・ラインは次の電源で駆動できます。

- システム電源（直接駆動）
- ADR43xなど、十分な電流出力能力を持つリファレンス電圧
- AD8031などのリファレンス・バッファ。図34に示すように、これはシステム電源をフィルタすることもできます。



1OPTIONAL REFERENCE BUFFER AND FILTER.

図34. アプリケーション回路の一例

デジタル・インターフェース

AD7691のピン数は少ないですが、シリアル・インターフェース・モードが柔軟性を提供します。

CSモードの場合、AD7691はSPI、QSPI、デジタル・ホスト、DSP (Blackfin® ADSP-BF53x、ADSP-219xなど) と互換性があります。このモードでは、3線式または4線式のインターフェースを使用できます。CNV、SCK、SDO信号を使用する3線式インターフェースは、配線接続が最小限に抑えられるので、絶縁アプリケーションなどに適しています。SDI、CNV、SCK、SDO信号を使用する4線式インターフェースの場合は、変換を開始するCNV信号を読み出しタイミング (SDI) と無関係に使用できます。これは、低ジッタ・サンプリングや同時サンプリングなどのアプリケーションに有用です。

チェーン・モードではデジチェーン機能を使用できます。この場合は、SDI入力を使って、シフト・レジスタに似た1本のデータ・ライン上で複数のADCをカスケード接続することができます。

デバイスがどのモードで動作するかは、CNV立上がりエッジが発生したときのSDIレベルで決まります。SDIがハイレベルのときはCSモードが選択され、SDIがローレベルのときはチェーン・モードが選択されます。SDIとCNVを接続してSDIのホールド時間を決めるときには、チェーン・モードが選択されます。

いずれのモードでも、データビットの前にスタート・ビットを挿入するオプションがあります。このスタート・ビットはBUSY信号インジケータとして使用でき、デジタル・ホストに割込みをかけてデータの読出しをトリガできます。BUSYインジケータを使用しない場合は、読出し前に最大変換時間が経過するまで待つ必要があります。

BUSYインジケータ機能は次の場合にイネーブルされます。

- CSモードでは、ADCの変換終了時にCNVまたはSDIがローレベルのとき (図38と図42を参照)。
- チェーン・モードでは、CNVの立上がりエッジでSCKがハイレベルのとき (図46を参照)。

BUSYインジケータを使用しない3線式CSモード

このモードは通常、1個のAD7691をSPI互換のデジタル・ホストに接続しているときに使用します。図35に接続図を、図36に対応するタイミングを示します。

SDIをVIOに接続している場合、CNVの立上がりエッジで変換が開始され、 $\overline{\text{CS}}$ モードが選択されて、SDOが高インピーダンスになります。高インピーダンス状態はCNVの状態に関わりなく変換処理が完了するまで維持されます。これは、CNVをローレベルにして他のSPIデバイス（アナログ・マルチプレクサなど）を選択する場合などに有用です。ただし、CNVは最小変換時間が経過する前にハイレベルに戻り、最大変換可能時間の間ハイレベルを維持して、BUSY信号インジケータの発生を防止する必要があります。変換が完了すると、AD7691はアキュイジション・フェーズに入り、パワーダウンします。CNVがローレベルになると、MSBがSDOに出力されます。残りのデータビットは後続のSCK立下がりエッジでクロック出力されます。

データはSCKの両エッジで有効です。立上がりエッジでデータを取り込むことはできませんが、デジタル・ホストはSCKの立下がりエッジを使ってより高速な読出しレートを実現できます（ただしホールド時間が許容できる場合）。SCKの18番目の立下がりエッジの後またはCNVがハイレベルになるときのいずれか早いほうで、SDOが高インピーダンス状態に戻ります。

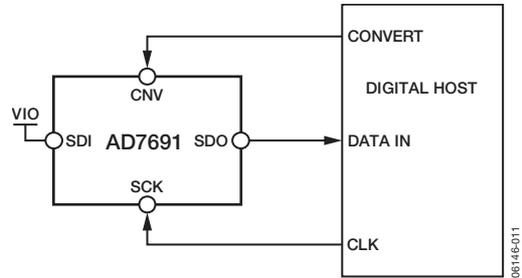


図35. BUSYインジケータを使用しない3線式CSモードの接続図（SDIハイレベル）

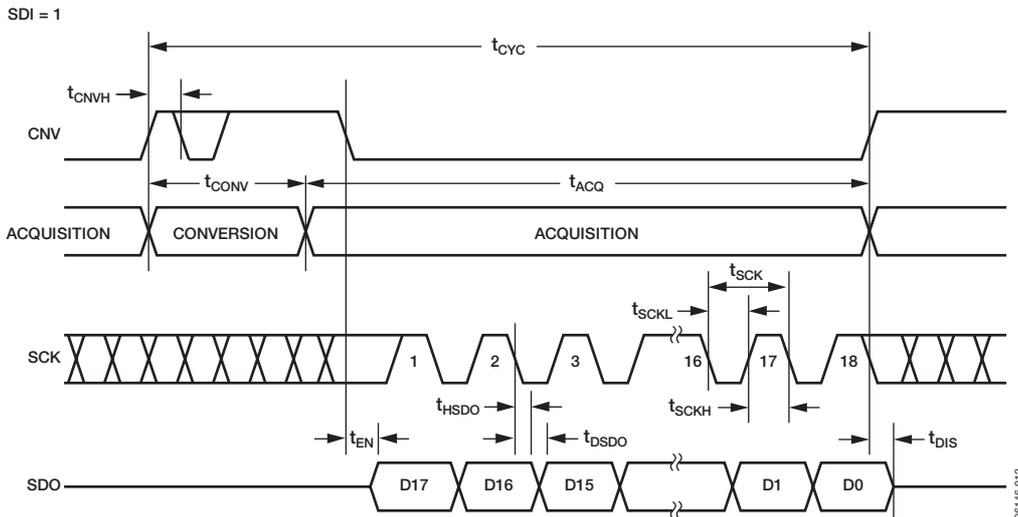


図36. BUSYインジケータを使用しない3線式CSモードのシリアル・インターフェース・タイミング（SDIハイレベル）

BUSYインジケータを使用する3線式CSモード

このモードは通常、1個のAD7691を、割込み入力を持つSPI互換のデジタル・ホストに接続しするときに使用します。

図37に接続図を、図38に対応するタイミングを示します。

SDIをVIOに接続している場合、CNVの立上がりエッジで変換が開始され、CSモードが選択されて、SDOが高インピーダンスになります。高インピーダンス状態はCNVの状態に関わりなく変換処理が完了するまで維持されます。最小変換時間の前にCNVを使って他のSPIデバイス（アナログ・マルチプレクサなど）を選択できますが、最小変換時間が経過する前にローレベルに戻って最大変換可能時間の間ローレベルを維持し、BUSY信号インジケータが確実に発生されるようにする必要があります。変換が完了すると、SDOは高インピーダンスから低インピーダンスになります。SDOラインをプルアップしてこの変化を割込み信号として使用し、デジタル・ホストにより制御されるデータ読出しを開始できます。この後、AD7691はアキュイジション・フェーズに入り、パワーダウンします。データビットは、後続のSCK立下がりエッジでMSBファーストでクロック出力されます。データはSCKの両エッジで有効です。立上がりエッジでデータを取り込むことはできませんが、デジタル・ホス

トはSCKの立下がりエッジを使ってより高速な読出しレートを実現できます（ホールド時間が許容される場合）。オプションの19番目のSCK立下がりエッジの後またはCNVがハイレベルになるときのいずれか早いほうで、SDOが高インピーダンス状態に戻ります。

複数のAD7691が同時に選択された場合、SDO出力ピンは損傷やラッチアップの問題を引き起こすことなくこの競合を処理します。余分な電力消費を防ぐため、この競合はできるだけ短時間に抑えることを推奨します。

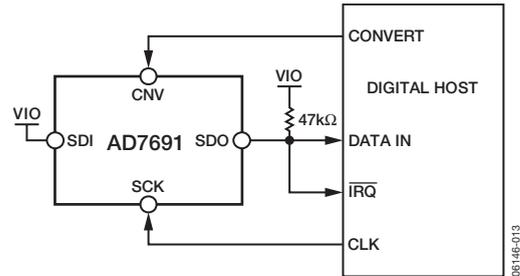


図37. BUSYインジケータを使用しない3線式CSモードの接続図 (SDIハイレベル)

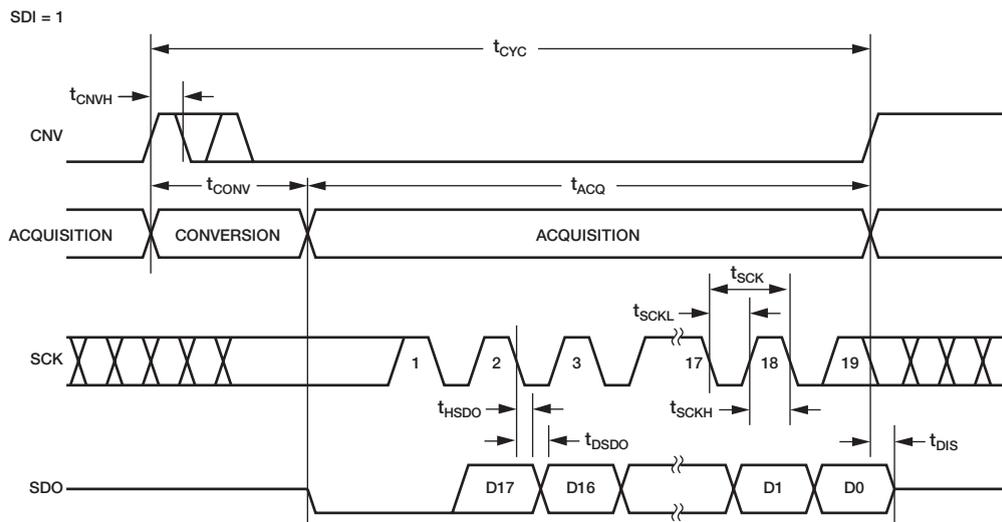


図38. BUSYインジケータを使用する3線式CSモードのシリアル・インターフェース・タイミング (SDIハイレベル)

AD7691

BUSYインジケータを使用しない4線式CSモード

このモードは通常、複数のAD7691をSPI互換のデジタル・ホストに接続するときに使用します。

図39に2個のAD7691を使用した接続回路の例を、図40に対応するタイミングを示します。

SDIがハイレベルの場合、CNVの立上がりエッジで変換が開始され、CSモードが選択されて、SDOが高インピーダンスになります。このモードでは、変換フェーズとその後のデータ読出し時にCNVをハイレベルに維持します。(SDIとCNVがローレベルの場合は、SDOがローレベルに駆動されます。) 最小変換時間の前にSDIを使って他のSPIデバイス(アナログ・マルチプレクサなど)を選択できますが、SDIは最小変換時間が経過

する前にハイレベルに戻り、最大変換可能時間の間ハイレベルを維持して、BUSY信号インジケータの発生を防止する必要があります。変換が完了すると、AD7691はアキュイジション・フェーズに入り、パワーダウンします。各ADCの処理結果は、SDI入力をローレベルにして読み出すことができます。SDI入力がローレベルになると、MSBがSDOに出力されます。残りのデータビットは後続のSCK立下がりエッジでクロック出力されます。データはSCKの両エッジで有効です。立上がりエッジでデータを取り込むことはできませんが、デジタル・ホストはSCKの立下がりエッジを使ってより高速な読出しレートを実現できます(ホールド時間が許容される場合)。SCKの18番目の立下がりエッジの後またはCNVがハイレベルになるときのいずれか早いほうで、SDOが高インピーダンス状態に戻ります。その結果、もう一方のAD7691の読出しが可能となります。

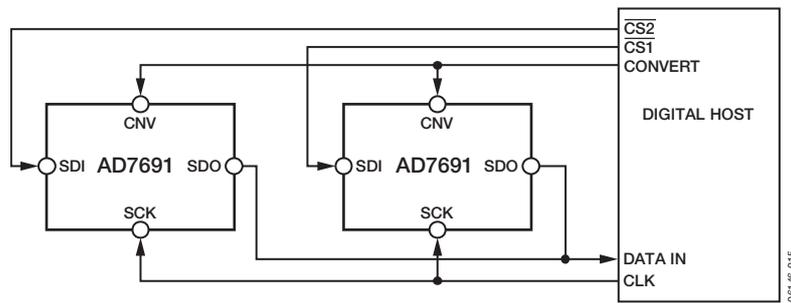


図39. BUSYインジケータを使用しない4線式CSモードの接続図

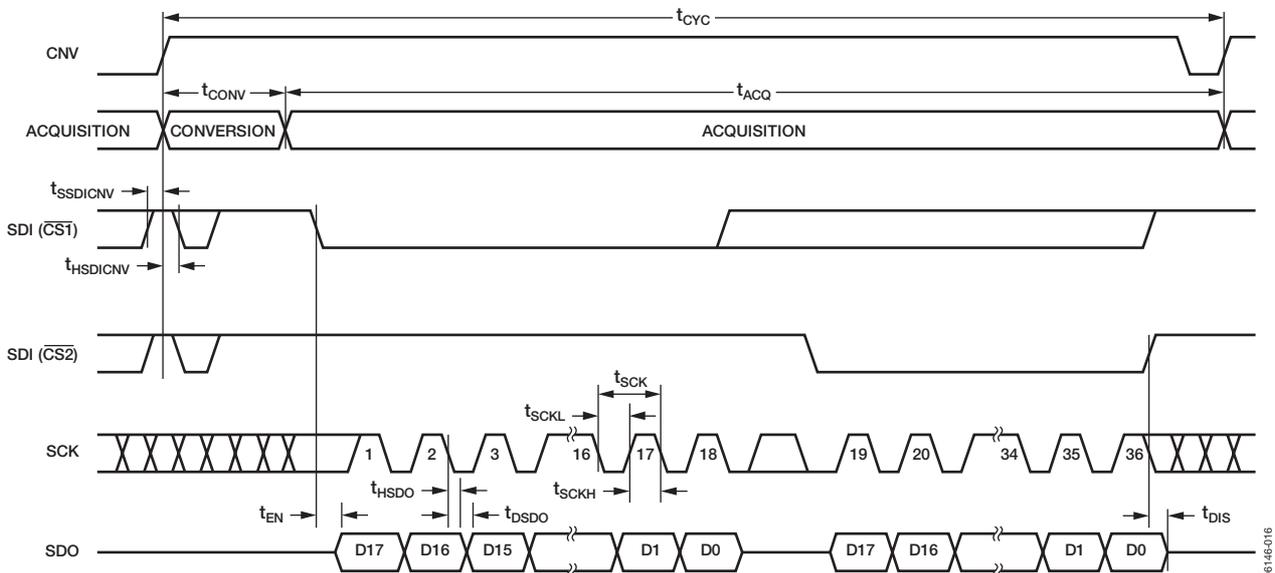


図40. BUSYインジケータを使用しない4線式CSモードのシリアル・インターフェース・タイミング

BUSYインジケータを使用するチェーン・モード

このモードでは、3線式シリアル・インターフェースで複数のAD7691をデ이지チェーン接続すると同時に、BUSYインジケータも使用できます。この機能は、絶縁型マルチコンバータ・アプリケーション、インターフェース能力の小さいシステムなどで部品数や接続配線数を最小限にしたい場合に役立ちます。データ読出しは、シフト・レジスタのクロック駆動に似ています。

図45に3個のAD7691の接続例を、図46に対応するタイミングを示します。

SDIとCNVがローレベルの場合、SDOはローレベルに駆動されます。SCKがハイレベルの場合、CNVの立上がりエッジで変換が開始され、チェーン・モードが選択されて、BUSYインジケータ機能がイネーブルされます。このモードでは、変換フェーズとその後のデータ読出し時にCNVをハイレベルに維持

します。チェーン接続されたすべてのADCで変換が完了すると、デジタル・ホスト側に最も近いADC（図45、CのAD7691）のSDOピンがハイに駆動されます。SDOのこの変化をBUSYインジケータとして使用し、デジタル・ホストで制御されるデータ読出しを開始できます。この後、AD7691はアクイジションフェーズに入り、パワーダウンします。内部シフト・レジスタに格納されたデータビットは、後続のSCK立下がりエッジでMSBファーストでクロック出力されます。各ADCでは、内部シフト・レジスタにSDIから入力され、SCKの立下がりエッジでクロック出力されます。チェーン接続された各ADCは、MSBファーストでデータを出力します。N個のADCを読み出すには $18 \times N + 1$ のクロックが必要となります。立上がりエッジでデータを取り込むことはできませんが、SCKの立下がりエッジを使用するデジタル・ホストではより高速な読出しレート、すなわちより多くのAD7691のチェーン接続を実現できます（ホールド時間が許容できる場合）。

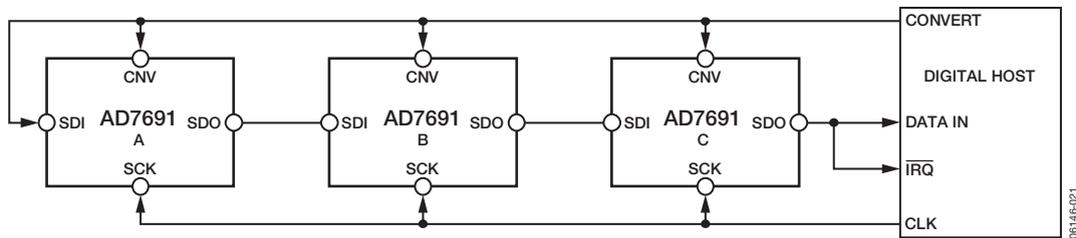


図45. BUSYインジケータを使用するチェーン・モードの接続図

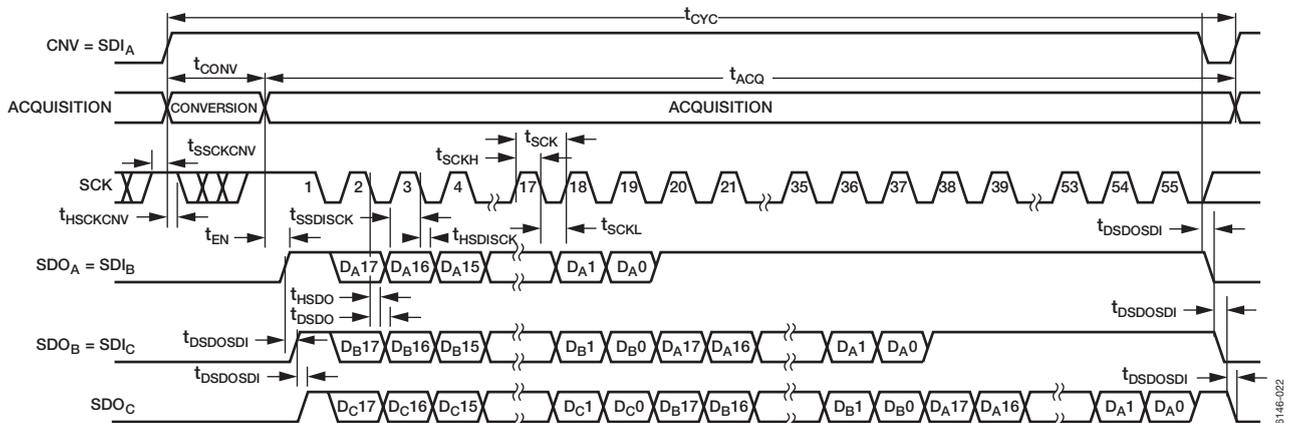


図46. BUSYインジケータを使用するチェーン・モードのシリアル・インターフェース・タイミング

AD7691

アプリケーションでの注意事項

レイアウト

AD7691を実装するプリント回路ボードは、アナログ部とデジタル部を分離し、ボード内でそれぞれをまとめて配置するように設計してください。AD7691では、全アナログ信号をボードの左側で、全デジタル信号を右側で扱うように配置されているため、この作業が容易に行えます。

AD7691の下のアナログ・グラウンド・プレーンをシールドとして使用しない場合は、チップにノイズが混入するのを防ぐため、デバイスの真下にデジタル・ラインを配置しないでください。CNVやクロックなどの高速スイッチング信号は、アナログ信号パスの近くを通過しないようにします。また、デジタル信号とアナログ信号は交差しないようにしてください。

グラウンド・プレーンは複数使用します。デジタル部とアナログ部で共用することもできますが、別々に使用することもできます。後者の場合、プレーンをAD7691の下で接続してください。

AD7691のリファレンス電圧入力REFは、動的入力インピーダンスを持っているため、最小の寄生インダクタンスでデカップリングする必要があります。これを行う場合は、デカップリング用セラミック・コンデンサを、電源ピンREFとGNDの近くに、理想的にはこれらのピンのすぐ隣に配置して、それを幅広い低インピーダンス・パターンに接続します。

AD7691の電源VDDとVIOは、セラミック・コンデンサ100nF (typ) でデカップリングします。コンデンサはAD7691の近くに配置し、短い太いパターンで接続して低インピーダンス・パスを構成し、電源ライン上のグリッチによる影響を削減してください。

これらの規則に従ったレイアウトの一例を図47と図48に示します。

AD7691の性能評価

AD7691の他の推奨レイアウトの概要は、AD7691評価用ボードのドキュメント (EVAL-AD7691-CBZ) に示してあります。評価用ボードのパッケージには、組立およびテスト済みの評価用ボード、ドキュメント、それにEVAL-CONTROL BRD3Zを介してPCからボードを制御するソフトウェアが同梱されています。

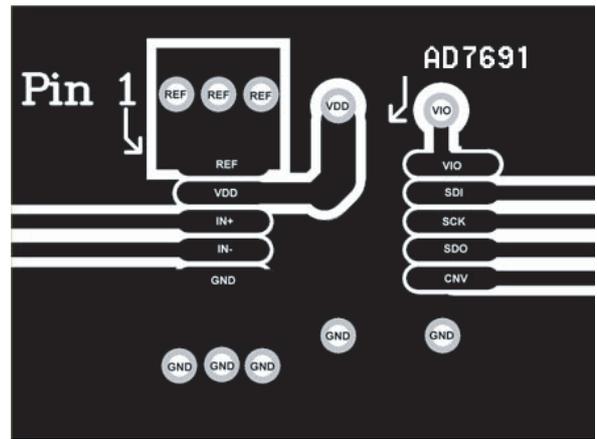


図47. AD7691のレイアウト例 (上部レイヤ)

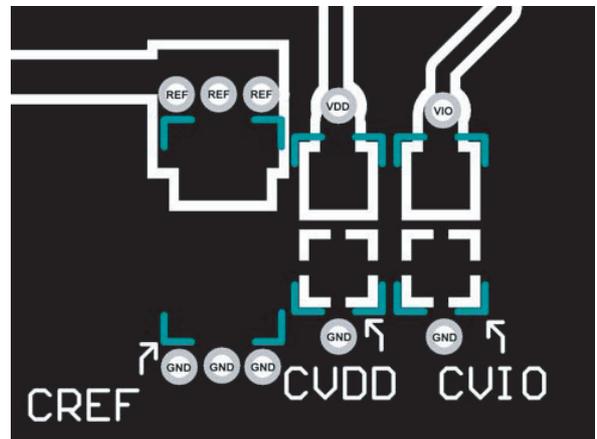
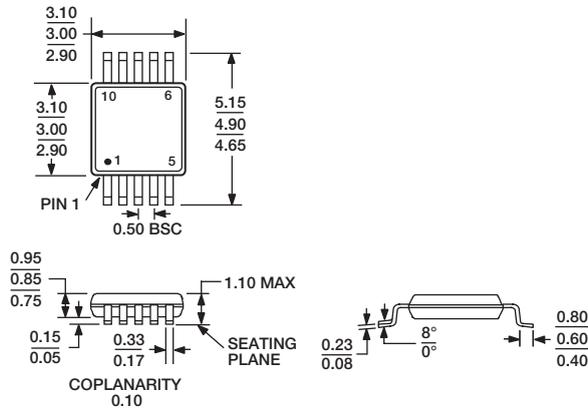


図48. AD7691のレイアウト例 (下部レイヤ)

外形寸法



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-187-BA

図49. 10ピン・ミニ・スモール・アウトライン・パッケージ [MSOP]
(RM-10)

寸法単位：mm

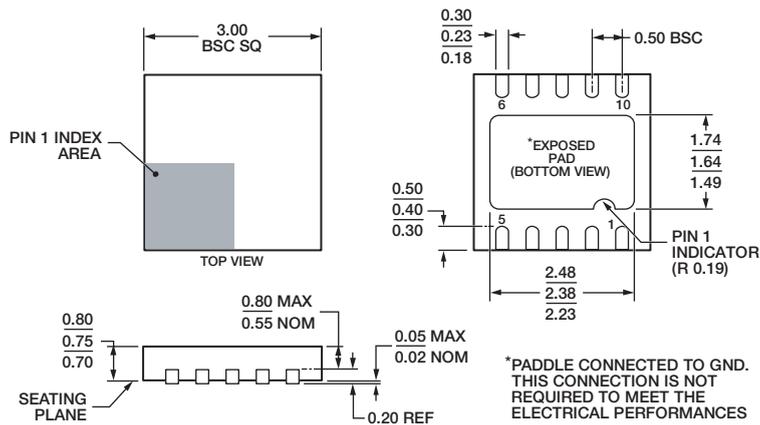


図50. 10ピン・リード・フレーム・チップ・スケール・パッケージ [QFN (LFCSP_WD)]

3mm×3mmボディ、極薄、デュアル・リード

(CP-10-9)

寸法単位：mm

オーダー・ガイド

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option	Branding	Ordering Quantity
AD7691BCPZRL ¹	-40°C to +85°C	10-Lead QFN (LFCSP_WD)	CP-10-9	C4E	Reel, 5,000
AD7691BCPZRL7 ¹	-40°C to +85°C	10-Lead QFN (LFCSP_WD)	CP-10-9	C4E	Reel, 1,500
AD7691BRMZ ¹	-40°C to +85°C	10-Lead MSOP	RM-10	C4E	Tube, 50
AD7691BRMZ-RL7 ¹	-40°C to +85°C	10-Lead MSOP	RM-10	C4E	Reel, 1,000
EVAL-AD7691CBZ ¹		Evaluation Board			
EVAL-CONTROL BRD2Z ^{1,2}		Controller Board			
EVAL-CONTROL BRD3Z ^{1,2}		Controller Board			

¹ Z=RoHS準拠品。

² これらのコントローラ・ボードを使用すると、製品番号末尾にCBが付いたアナログ・デバイス製評価用ボード全製品の制御と通信をPCから行うことができます。