

## 特長

- 完全な周囲温度センサ内蔵
- システム電源モニタ
- 10ビット分解能レール・トゥ・レール同相差動電圧入力
- 8ピンSOおよびPDIPで供給
- アイドル時の消費電流 : 0.2μA
- 最大レートでのサンプリング時の消費電流 : 700μA
- 単一電源動作 : 4.5V ~ 6V
- 3線式半二重シリアルI/O
- 多くのMPUのシリアル・ポートとすべてのMPUのパラレルI/Oポートと通信可能

## アプリケーション

- 温度測定
- 電源測定
- 電流測定
- 遠隔データ収集
- 環境モニタ

LTC、LTCはリニアテクノロジー社の登録商標です。  
RAIL-TO-RAILは日本モトローラ(株)の登録商標です。

## 概要

LTC® 1392は、温度、内部電源電圧、および差動電圧を測定するように設計されたマイクロパワー・データ変換システムです。差動入力はレール・トゥ・レール同相入力電圧範囲を特徴としています。LTC1392は、温度センサ、サンプル・ホールド付き10ビットA/Dコンバータ、高精度バンドギャップ・リファレンス、3線式半二重シリアル・インターフェースを備えています。

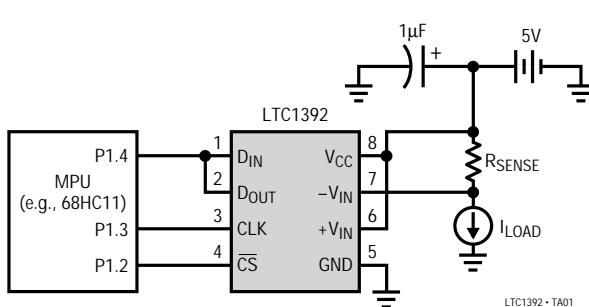
LTC1392は、外部抵抗を用いて電流測定も可能な差動入力ピンで、周囲温度、電源電圧、および外部電圧を測定するようにプログラムできます。温度を測定するときには、A/Dコンバータの出力コードは温度( )に直線的に比例します。製造レベルでの調整により、室温において ±2 、 -40 ~ 85 の全温度範囲において ±4 の初期精度を達成しています。

内蔵シリアル・ポートにより、3本または4本の伝送線を通してさまざまなMPUへ効率よくデータ転送を行えます。このような伝送機能をマイクロパワー消費電力で実現しているため、遠隔配置のセンシングが可能であり、また絶縁バリアを通したデータ伝送も可能です。

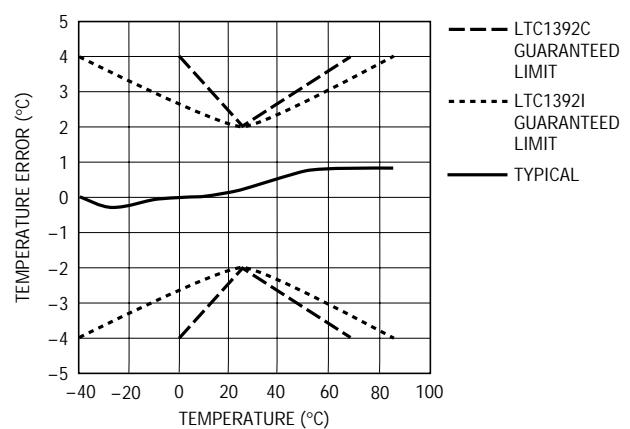
6

## 標準的応用例

完全な温度、電源電圧、および  
電源電流のモニタ



出力温度誤差



LTC1392 TA01

## 絶対最大定格

(Note 1)

電源電圧 ( $V_{CC}$ ) .....	7V
入力電圧 .....	- 0.3V ~ $V_{CC}$ + 0.3V
出力電圧 .....	- 0.3V ~ $V_{CC}$ + 0.3V
動作温度範囲	
LTC1392C .....	0 ~ 70
LTC1392I .....	- 40 ~ 85
接合部温度 .....	125
保存温度範囲 .....	- 65 ~ 150
リード温度(半田付け、10秒) .....	300

## パッケージ/発注情報

ORDER PART NUMBER
LTC1392CN8
LTC1392CS8
LTC1392IN8
LTC1392IS8
S8 PART MARKING
1392
1392I

ミリタリ・グレードに関してはお問い合わせください。

## 電気的特性 (Note 2、3)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Power Supply To Digital Conversion</b>					
Resolution	$V_{CC} = 4.5V$ to 6V			10	Bit
Total Absolute Error	$V_{CC} = 4.5V$ to 6V	●		$\pm 8$	LSB
<b>Differential Voltage to Digital Conversion (Full-Scale Input = 1V)</b>					
Resolution				10	Bit
Integral Linearity Error (Note 5)		●	$\pm 0.5$	$\pm 1$	LSB
Differential Linearity Error		●	$\pm 0.5$	$\pm 1$	LSB
Offset Error		●		$\pm 4$	LSB
Full-Scale Error		●		$\pm 15$	LSB
<b>Differential Voltage to Digital Conversion (Full-Scale Input = 0.5V)</b>					
Resolution				10	Bit
Integral Linearity Error (Note 5)		●	$\pm 0.5$	$\pm 2$	LSB
Differential Linearity Error		●	$\pm 0.5$	$\pm 1$	LSB
Offset Error		●		$\pm 8$	LSB
Full-Scale Error		●		$\pm 25$	LSB
<b>Temperature to Digital Conversion</b>					
Accuracy	$T_A = 25^\circ C$ (Note 7) $T_A = T_{MAX}$ or $T_{MIN}$ (Note 7)	●		$\pm 2$ $\pm 4$	°C °C
Nonlinearity	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ (Note 4)			$\pm 1$	°C

## 電氣的特性 (Note 2、3)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{ON\ LEAKAGE}$	On-Channel Leakage Current (Note 6)		●		$\pm 1$	$\mu A$
$I_{OFF\ LEAKAGE}$	Off-Channel Leakage Current (Note 6)		●		$\pm 1$	$\mu A$
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	$V_{CC} = 5.25V$	●	2		V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage	$V_{CC} = 4.75V$	●		0.8	V
$I_{IH}$	High Level Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$	●		5	$\mu A$
$I_{IL}$	Low Level Input Current	$V_{IN} = 0V$	●		-5	$\mu A$
$V_{OH}$	High Level Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V, I_{OUT} = 10\mu A$ $V_{CC} = 4.75V, I_{OUT} = 360\mu A$	●	4.5 2.4	4.74 4.72	V
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V, I_{OUT} = 1.6mA$	●		0.4	V
$I_{OZ}$	Hi-Z Output Current	$\overline{CS} = \text{High}$	●		$\pm 5$	$\mu A$
$I_{SOURCE}$	Output Source Current	$V_{OUT} = 0V$			-25	mA
$I_{SINK}$	Output Sink Current	$V_{OUT} = V_{CC}$			45	mA
$I_{CC}$	Supply Current	$\overline{CS} = \text{High}$ $\overline{CS} = \text{Low}, V_{CC} = 5V$	● ●	0.1 0.7	5 1	$\mu A$ mA
$t_{SMPL}$	Analog Input Sample Time	See Figure 1			1.5	CLK Cycles
$t_{CONV}$	Conversion Time	See Figure 1			10	CLK Cycles
$t_{dDO}$	Delay Time, $CLK \downarrow$ to $D_{OUT}$ Data Valid	$C_{LOAD} = 100pF$	●	150	300	ns
$t_{en}$	Delay Time, $CLK \downarrow$ to $D_{OUT}$ Data Enabled	$C_{LOAD} = 100pF$	●	60	150	ns
$t_{dis}$	Delay Time, $\overline{CS} \uparrow$ to $D_{OUT}$ Hi-Z		●	170	450	ns
$t_{hDO}$	Time Output Data Remains Valid After $CLK \downarrow$	$C_{LOAD} = 100pF$			30	ns
$t_f$	$D_{OUT}$ Fall Time	$C_{LOAD} = 100pF$	●	70	250	ns
$t_r$	$D_{OUT}$ Rise Time	$C_{LOAD} = 100pF$	●	25	100	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance	Analog Input On-Channel			30	pF
		Analog Input Off-Channel			5	pF
		Digital Input			5	pF

## 推獎動作条件

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{CC}$	Supply Voltage		4.5	6		V
$f_{CLK}$	Clock Frequency	$V_{CC} = 5V$	150	250	350	kHz
$t_{CYC}$	Total Cycle Time	$f_{CLK} = 250\text{kHz}$ Temperature Conversion Only	74 144			$\mu s$
$t_{hDI}$	Hold Time, $D_{IN}$ After $CLK \uparrow$	$V_{CC} = 5V$	150			ns
$t_{suCS}$	Setup Time $CS \downarrow$ Before First $CLK \uparrow$ (See Figure 1)	$V_{CC} = 5V$	2			$\mu s$
$t_{WAKEUP}$	Wakeup Time $\overline{CS} \downarrow$ Before Start Bit $\uparrow$ (See Figure 1)	$V_{CC} = 5V$ Temperature Conversion Only	10 80			$\mu s$
$t_{suDI}$	Setup Time, $D_{IN}$ Stable Before $CLK \uparrow$	$V_{CC} = 5V$	150			ns
$t_{WHCLK}$	Clock High Time	$V_{CC} = 5V$	1.6			$\mu s$
$t_{WLCLK}$	Clock Low Time	$V_{CC} = 5V$	2			$\mu s$
$t_{WHCS}$	$\overline{CS}$ High Time Between Data Transfer Cycles	$V_{CC} = 5V, f_{CLK} = 250\text{kHz}$	2			$\mu s$
$t_{WLCS}$	$\overline{CS}$ Low Time During Data Transfer	$V_{CC} = 5V, f_{CLK} = 250\text{kHz}$ Temperature Conversion Only	72 142			$\mu s$

## 推奨動作条件

は全動作温度範囲( コマーシャル・グレードは $0 \leq T_A \leq 70$  、インダストリアル・グレードは $-40 \leq T_A \leq 85$  )の規格値を意味する。

Note 1 : 絶対最大格定はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

Note 2 : すべての電圧値はGNDを基準とする。

Note 3 : 注記がない限り、テストは $V_{CC} = 5V$ 、 $f_{CLK} = 250kHz$ および $T_A = 25$ で行われる。

Note 4 : 溫度積分非直線性は、デバイスの定格温度範囲における最良適合直線からのA/Dコードと温度曲線の偏差として定義される。

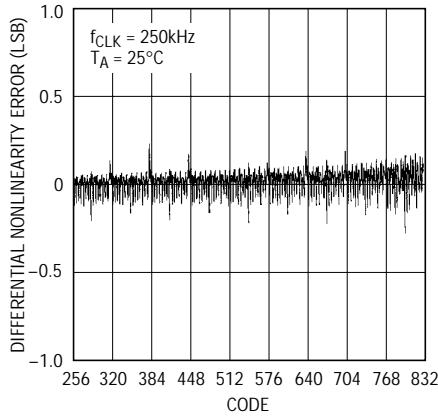
Note 5 : 電圧積分非直線性は、伝達曲線の実際の両端を通る直線からの偏差として定義される。

Note 6 : チャネル・リーケ電流はチャンネル選択後に測定される。

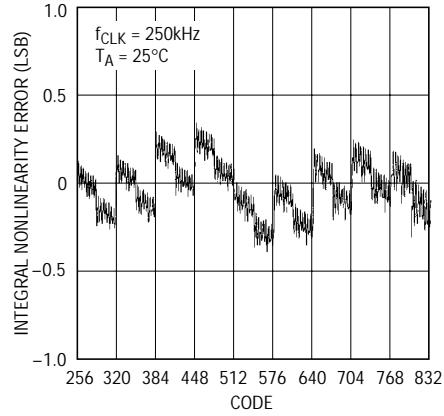
Note 7 : 本データシートの最初のページの保証温度限界曲線と温度範囲を参照のこと。

## 標準的性能特性

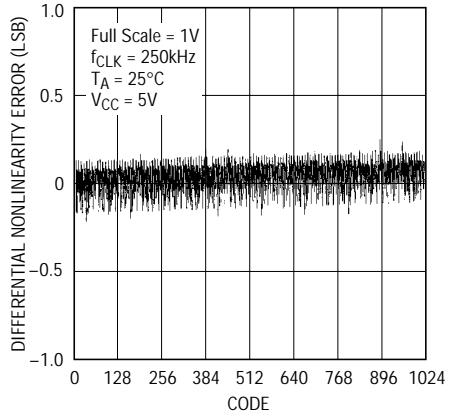
**微分非直線性  
電源電圧モード**



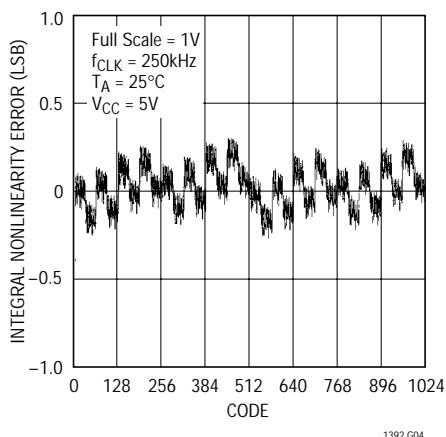
**積分非直線性  
電源電圧モード**



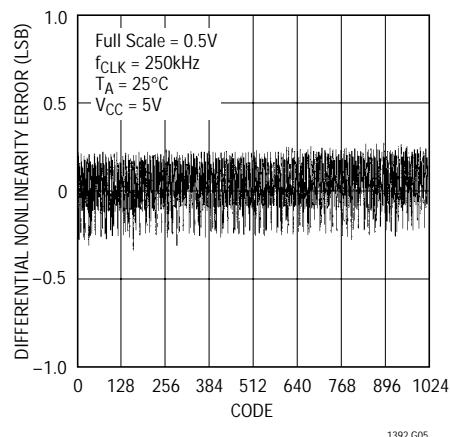
**微分非直線性**



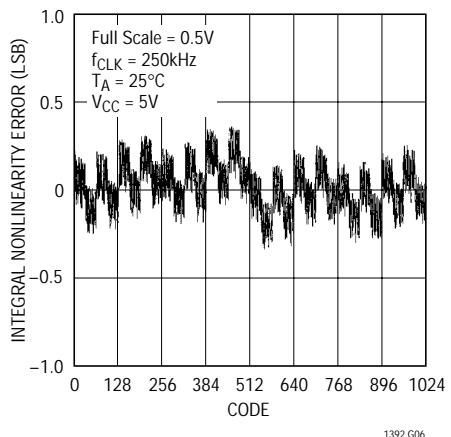
**積分非直線性**



**微分非直線性**

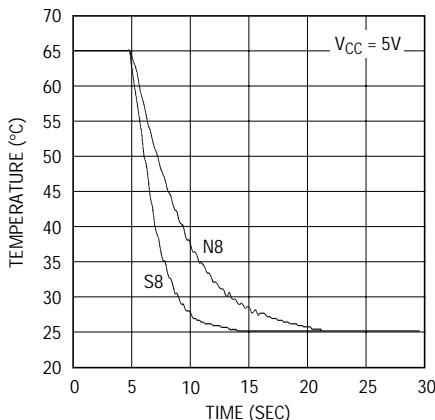


**積分非直線性**

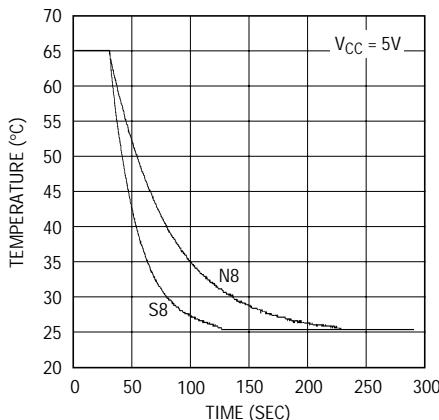


## 標準的性能特性

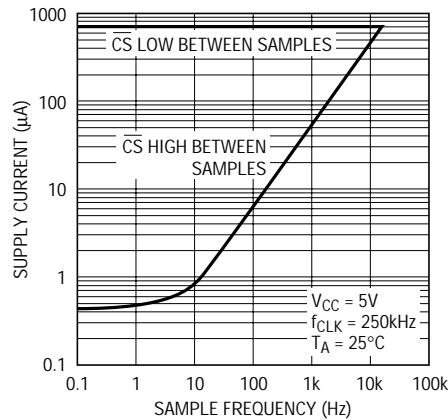
攪拌した油槽での熱応答



静止雰囲気での熱応答



電源電流とサンプル・レート



## ピン機能

$D_{IN}$  (ピン1): デジタル入力。A/D構成ワードがこの入力にシフトインされます。

$D_{OUT}$  (ピン2): デジタル出力。この出力からA/D変換結果がシフトアウトされます。

$CLK$  (ピン3): シフト・クロック。このクロックはシリアル・データに同期します。

$\overline{CS}$  (ピン4): チップ・セレクト入力。この入力に“L”があると、LTC1392がイネーブルされます。

$GND$  (ピン5): グランド・ピン。GNDはアナログ・グランド・プレーンに直接接続しなければなりません。

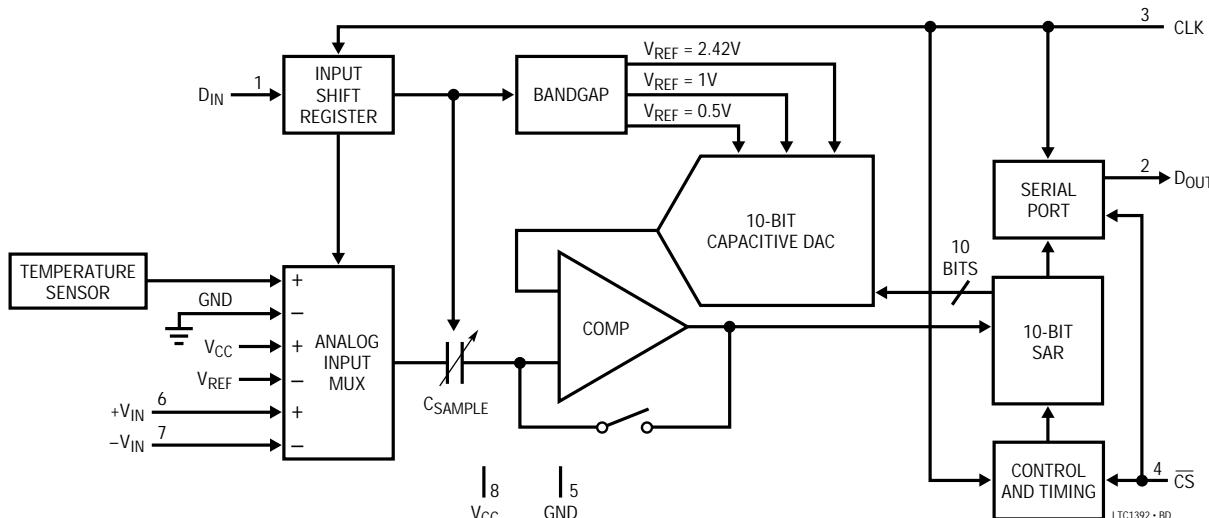
$+V_{IN}$  (ピン6): 正のアナログ差動入力。このピンは  $-V_{IN}$  を接地すればシングルエンド入力として使用できます。

6

$-V_{IN}$  (ピン7): 負のアナログ差動入力。この入力にノイズが入ってはなりません。

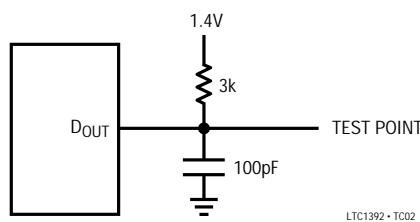
$V_{CD}$  (ピン8): 正電源。この電源は直接グランド・プレーンにバイパスして、ノイズやリップルが乗らないようにしなければなりません。

## ブロック図

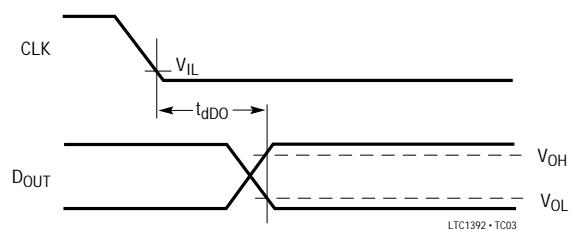


## テスト回路

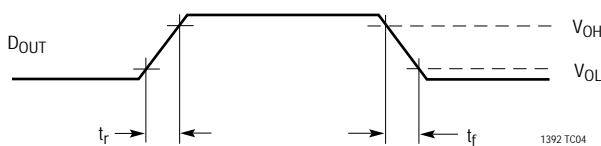
$t_{dDO}$ 、 $t_r$ 、 $t_f$ のための負荷回路



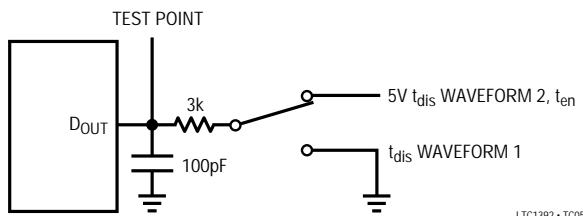
$D_{OUT}$ 遅延時間、 $t_{dDO}$ の電圧波形



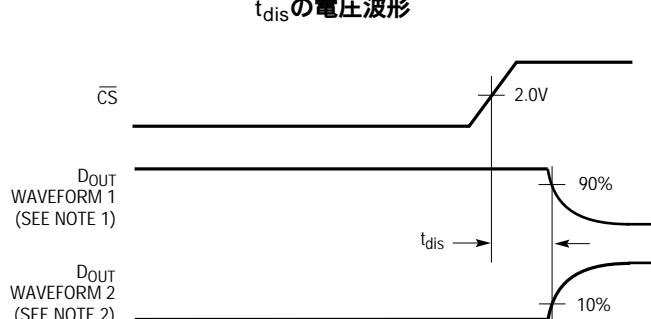
$D_{OUT}$ の立ち上りおよび立ち下り時間と $t_r$ および $t_f$ の電圧波形



$t_{dis}$ および $t_{en}$ の負荷回路



$t_{dis}$ の電圧波形



NOTE 1: WAVEFORM 1 IS FOR AN OUTPUT WITH INTERNAL CONDITIONS SUCH THAT THE OUTPUT IS HIGH UNTIL DISABLED BY THE OUTPUT CONTROL.  
NOTE 2: WAVEFORM 2 IS FOR AN OUTPUT WITH INTERNAL CONDITIONS SUCH THAT THE OUTPUT IS LOW UNTIL DISABLED BY THE OUTPUT CONTROL.

## アプリケーション情報

LTC1392は、温度、内部電源電圧、および差動と入力電圧を測定するために設計されたマイクロパワー・データ変換システムです。LTC1392は、以下の機能ブロックを内蔵しています。

1. 内蔵温度センサ
2. 10ビット逐次比較容量性ADC
3. バンドギャップ・リファレンス
4. アナログ・マルチプレクサ(MUX)
5. サンプル・ホールド(S/H)
6. 同期式、半二重シリアル・インターフェース
7. 制御およびタイミング・ロジック

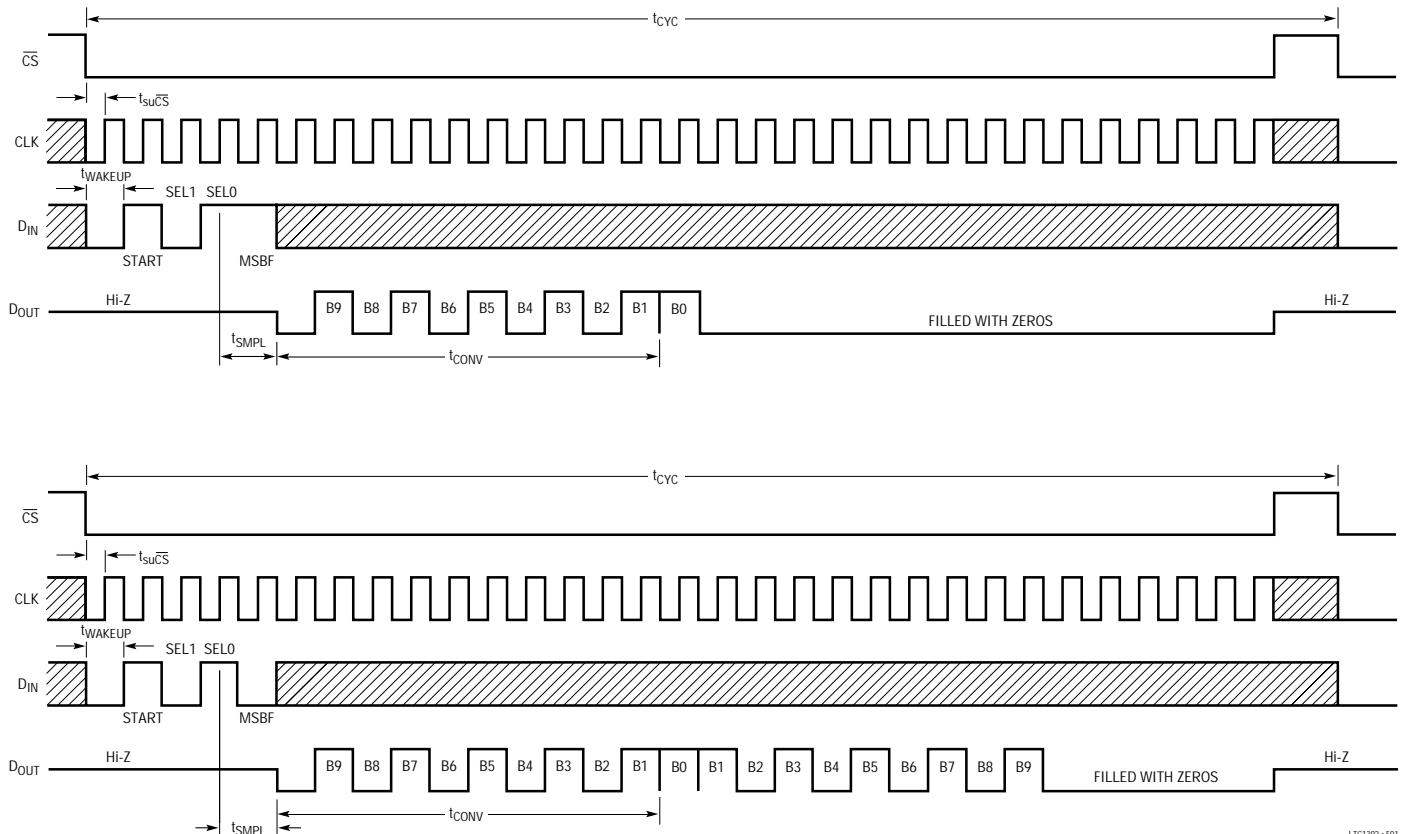
### デジタル部考慮事項

### シリアル・インターフェース

LTC1392は、同期半二重3線式シリアル・インターフェース経由でマイクロプロセッサおよび他の外部回路と通信します(図1参照)。クロック(CLK)は送信および受信の両システムにおいて、各ビットを立下りCLKエッジで送信し、立上りCLKエッジで取り込んでデータ転送を同期化します。LTC1392は最初に入力データを受信し、次にA/D変換結果を送信します(半二重)。半二重動作のため、DINおよびDOUTを連結してCS、CLK、およびDATA(DIN/DOUT)の3本の線で伝送することができます。データ転送は立下りのチップ・セレクト(CS)信号によって開始されます。

## アプリケーション情報

### MSBファースト・データ(MSBF = 1)



6

LTC1392-F01

図1

CSの立下りが認識された後、温度測定には80μsの遅延、他の測定には10μsの遅延が必要で、次にLTC1392を電流変換に構成する4ビットの入力ワードが続きます。このデータ・ワードはD<sub>IN</sub>入力にシフトされます。次に、D<sub>IN</sub>へのデータのシフトがディスエーブルされ、D<sub>OUT</sub>ピンは3ステート状態から出力ピンに構成されます。又ル・ビットと電流変換の結果は、CLKの立下りエッジでD<sub>OUT</sub>ラインにシリアルに送信されます。A/D結果のフォーマットは、MSBファースト・シーケンスまたはLSBファーストとそれに続くMSBファースト・シーケンスのいずれかにすることができます。これによって、MSBまたはLSBファースト・シリアル・ポートに簡単にインターフェース可能です。CSを“H”にすると、LTC1392がリセットされ次のデータ交換に備えます。

### 入力データ・ワード

データ転送は立下りのチップ・セレクト( CS )信号によって開始されます。CSが立ち下がった後、LTC1392はスタート・

ビットをさがします。スタート・ビットを受信すると、次の3ビットがD<sub>IN</sub>入力にシフトされ、LTC1392を構成して変換を開始します。したがって、D<sub>IN</sub>ピンにそれ以上の入力があつても次のCSサイクルまで無視されます。入力ワードの4ビットは、次のとおり定義されています：

BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
Start	Select 1	Select 0	MSBF

### スタート・ビット

CSが“L”になった後、D<sub>IN</sub>入力にクロックに同期した最初のロジック“1”がスタート・ビットです。スタート・ビットによって、データ転送が開始され、このロジック“1”に先行するゼロはすべて無視されます。スタート・ビット受信後、入力ワードの残りのビットがクロック・インされます。したがって、D<sub>IN</sub>ピンにそれ以上の入力があつても次のCSサイクルまで無視されます。

## アプリケーション情報

### 測定モードの選択

スタート・ビットに続く入力ワードの2ビットは、要求される変換の測定モードを割り当てます。表1にモード選択を示します。別のモードから温度測定にモード変更を行うときには、温度モード初期化サイクルが必要です。モード変更後の最初の温度データ測定は無視しなければなりません。

表1. 測定モードの選択

SELECT 1	SELECT 0	MEASUREMENT MODE
0	0	Temperature
0	1	Power Supply Voltage
1	0	Differential Input, 1V Full Scale
1	1	Differential Input, 0.5V Full Scale

### MSBファースト/LSBファースト・フォーマット (MSBF)

LTC1392の出力データは、MSBFビットを用いて、MSBファーストまたはLSBファースト・シーケンスにプログラムされます。MSBビットがロジック“1”的とき、データはD<sub>OUT</sub>ラインにMSBファースト・フォーマットで出力されます。一部のマイクロプロセッサで要求される長いワード長に対応するために、最後のデータ・ビットの後に無限にロジック“0”がフィルされます。MSBFビットがロジック“0”的とき、LSBファースト・データはD<sub>OUT</sub>ライン上の通常のMSBファースト・データの後に続きます。

### 変換

#### 温度変換

LTC1392はチップに内蔵する独自の温度測定手法を使用して温度を測定します。温度の読みは、10ビットのユニポーラ・フォーマットで提供されます。表2に出力データと測定温度との正確な関係を説明します。式1を使用して温度を計算することもできます。

$$\text{温度}(\text{°C}) = \text{出力コード}/4 - 130 \quad (1)$$

LTC1392Cは0 ~ 70 の温度範囲に対してのみ、また LTC1392Iは - 40 ~ 85 の温度範囲に対してのみ仕様が規定されていることに注意してください。これら規定温度範囲外での性能は保証されてなく、電気的特性

表に記載した値より誤差が大きくなる可能性があります。

表2. 温度変換用

OUTPUT CODE	TEMPERATURE (°C)
1111111111	125.75
1111111110	125.50
...	...
1001101101	25.25
1001101100	25.00
1001101011	24.75
...	...
0000000001	-129.75
0000000000	-130.00

コード	OUTPUT CODE	Supply Voltage (V <sub>CC</sub> )
	1011110110	6.003V
	1011110101	5.998V
	...	...
	1000100010	5.001V
	...	...
	0110111001	4.504V
	0110111000	4.500V

## アプリケーション情報

### 電圧電源( $V_{CC}$ )モニタ

LTC1392は内蔵 $V_{CC}$ 電源ラインを通して、電源電圧を測定します。 $V_{CC}$ の読みは、10ビットのユニポーラ・フォーマットで提供されます。表3に出力データと実測 $V_{CC}$ との正確な関係を説明します。式(2)を使用して実測 $V_{CC}$ を計算することもできます。

$$\text{実測 } V_{CC} = [(\text{出力コード}) \cdot 4.84/1024] + 2.42 \quad (2)$$

保証される電源電圧のモニタ範囲は4.5V ~ 6Vです。標準的なデバイスは、最低3.25Vの $V_{CC}$ で測定精度を維持することができます。4ページに示す標準INLおよびDNL誤差のプロットは、3.63V ~ 6.353Vの $V_{CC}$ で測定さ

OUTPUT CODE	INPUT VOLTAGE	INPUT RANGE = 1V	REMARKS
1111111111	1V - 1LSB	999.0mV	
1111111110	1V - 2LSB	998.0mV	
...	...	...	
0000000001	1 LSB	0.977mV	1 LSB = 1/1024
0000000000	0 LSB	0.00mV	

れます。

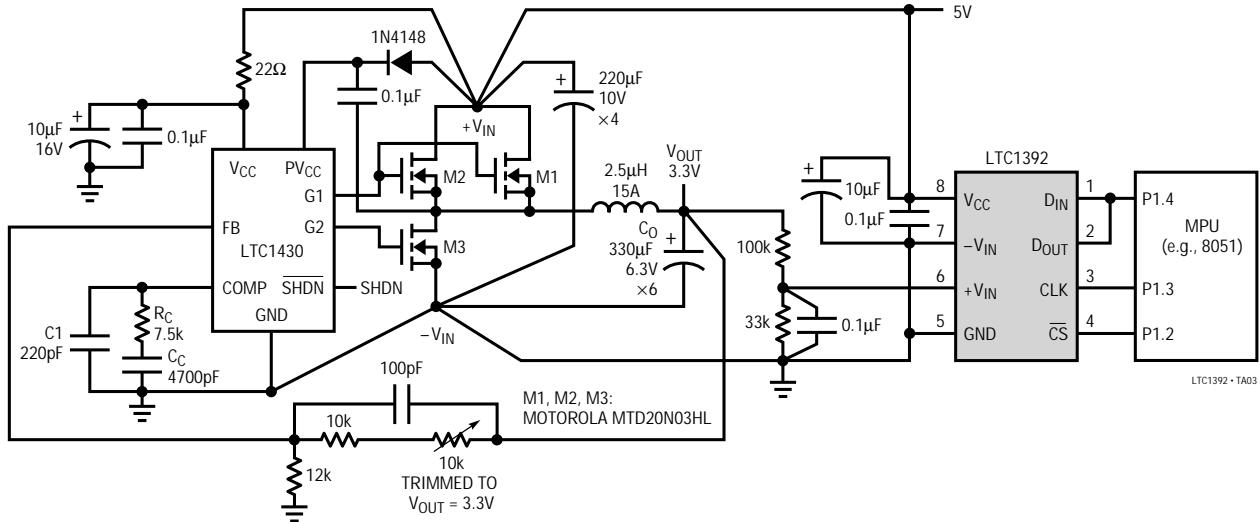
OUTPUT	INPUT	INPUT RANGE = 0.5V	REMARKS
表3. 電源電圧変換用 TABLE			
1111111111	0.5V - 1LSB	499.5mV	
1111111110	0.5V - 2LSB	499.0mV	
...	...	...	
0000000001	1 LSB	0.488mV	1 LSB = 0.5/1024
0000000000	0 LSB	0.00mV	

LTC1392

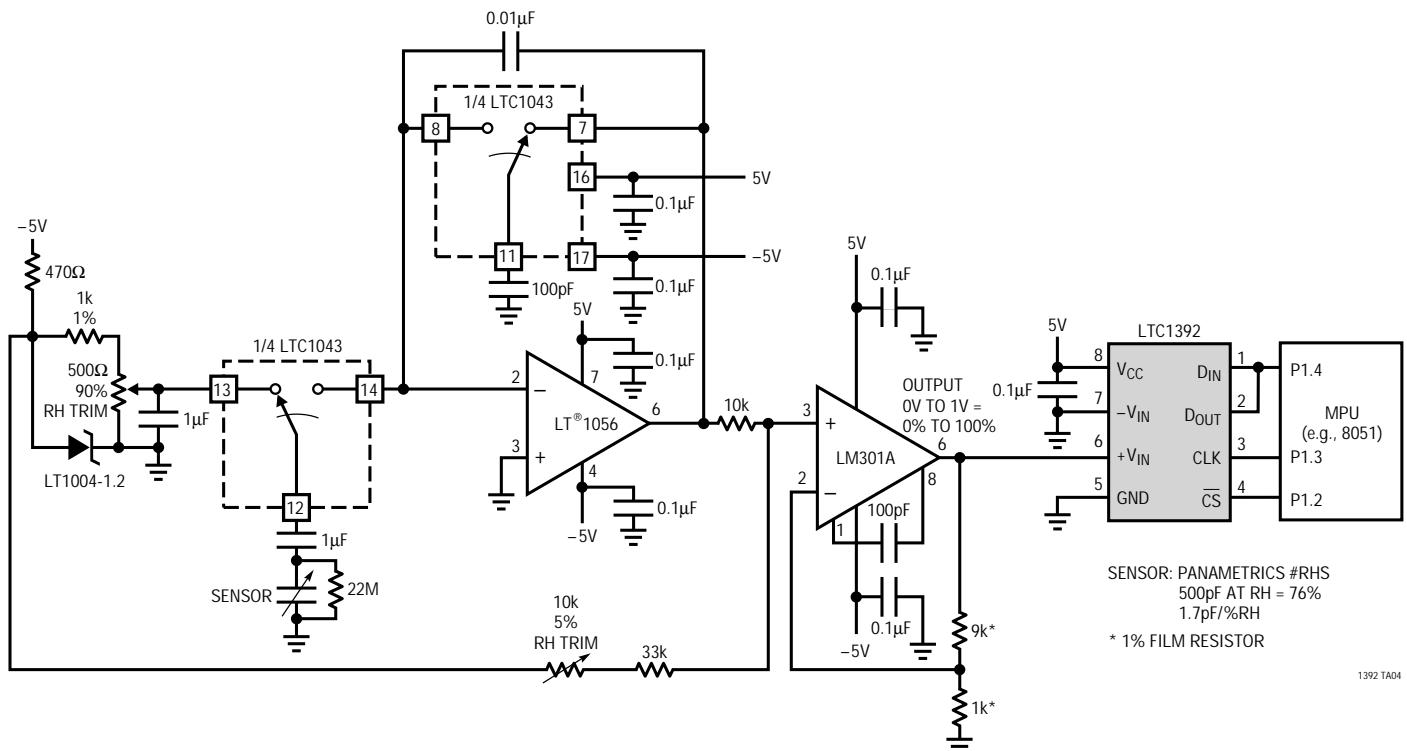
## 差動電圧変換

LTC1392は $+V_{IN}$ と $-V_{IN}$ ピンを通し

て差動入力電圧を測定します。差動電圧測定には、10ビットの分解能で0.5Vまたは1Vのフルスケール入力範囲が利用できます。表4aと4bは、出力データと1Vおよび0.5V入力範囲の実測差動入力電圧との正確な関係を説明しています。



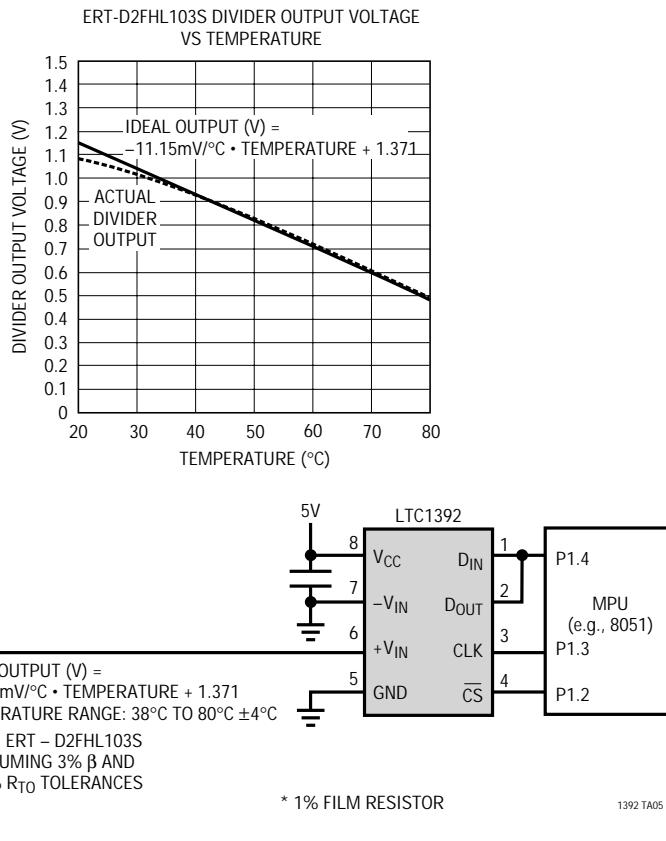
す。式(3)と(4)を使用して、それぞれ1Vと0.5Vの入力電圧範囲の差動電圧を計算することができます。出力コードはユニポーラ・フォーマットです。



差動電圧 = 1V •( 10  
ビット・コード )/

1024

( 3 )



6

差動電圧 = 0.5V •( 10 ビット・コード )/

1024

PART NUMBER	DESCRIPTION	COMMENT
LTC1285/LTC1288	3V Micropower 12-Bit ADCs with Auto Shutdown	Differential or 2-Channel Multiplexed, Single Supply
LTC1286/LTC1298	Micropower 12-Bit ADCs with Auto Shutdown	Differential or 2-Channel Multiplexed, Single Supply
LTC1391	Low Power, Precision 8-to-1 Analog Multiplexer	SPI, QSPI Compatible, Single 5V or 3V, Low $R_{ON}$ , Low Charge Injection
LM334	Constant Current Source and Temperature Sensor	3 Pins, Current Out Pin