

## Tips for Using Single Chip 3 1/2 Digit A/D Converters

### Introduction

#### 概要

Since their introduction, the single-chip 3 1/2 digit A/D converters have been widely accepted and used in a variety of digital instrumentation applications. As the number of applications for these low-cost circuits increases, so does the number of specific questions about their operation.

The products covered are Intersil's full line of single-chip 3 1/2 digit A/D converters.

They are:

- ICL7106, ICL7116 for Liquid Crystal Displays (LCD)
- ICL7107, ICL7117 for Light Emitting Diode Displays (LED)
- ICL7126 Micropower Version for LCD

A great deal of versatility has been designed into these devices. All have differential inputs for signal and reference. This permits applications where input and reference are not referred to ground; it also allows the ratio of two signals to be digitally displayed. The devices also feature wide operating ranges for power supply voltage and conversion time.

The first part of this application note will address the most commonly asked questions, the second part consists of a troubleshooting guide, the third section shows normal waveforms, and the fourth gives formulae for component values.

発売以来、シングルチップの 3-1/2 桁 A/D コンバータは広く受け入れられ、さまざまなデジタル計測アプリケーションで使用されてきました。

これらの低コスト回路用のアプリケーションの数が増えるにつれて、それらの動作に関する特定の質問の数も増えます。

対象となる製品は、インターシルのフルラインのシングルチップ 3-1/2 桁 A/D コンバータです。

これらのデバイスがあります：

- ICL7106、ICL7116 液晶ディスプレイ（LCD）用
- ICL7107、ICL7117 発光ダイオードディスプレイ（LED）用
- ICL7126 超低消費電力版 LCD 用

非常に多くの汎用性がこれらのデバイスに盛り込まれています。

信号および基準用のいずれも差動入力を備えています。これにより、信号入力と基準入力グランドを基準にしていないアプリケーションが可能になります。

また、2つの信号の比率をデジタル表示することもできます。これらのデバイスは、電源電圧と変換時間についても広い動作範囲を特長としています。

このアプリケーションノートの最初の部分では、最もよく寄せられる質問に答えます。2番目の部分はトラブルシューティングガイドで構成され、3番目のセクションは通常の波形を示し、4番目の部分は部品の値を決める計算式を示しています。

### Commonly Asked Questions

#### よくある質問

#### Power Supply

##### 電源

Q: What is the minimum battery voltage from which the ICL7106 or ICL7126 can operate?

A: If the internal voltage reference of the circuit is used, the ICL7106 and ICL7126 will operate down to approximately 6.5V. When the battery voltage drops below that level the internal voltage reference will degrade, directly affecting converter accuracy.

If an external voltage reference such as the ICL8069 is used, a lower operating voltage can be used. Care must be taken to ensure that the input common-mode voltage range is not exceeded and that the integrator output swing is kept within its linear region. (See appropriate discussion in data sheets for specifics.) If these parameters are kept in check the ICL7106 and ICL7126 will operate accurately with a battery voltage as low as 4V.

Q: ICL7106 または ICL7126 が動作可能な最低バッテリー電圧はいくつですか？

A: 回路の内部基準電圧を使用すると、ICL7106 と ICL7126 は最低約 6.5V まで動作します。

バッテリー電圧がそのレベルを下回ると、内部リファレンス電圧が低下し、コンバータの精度に直接影響します。

A/D Converters

ICL8069のような外部電圧リファレンスを使う場合は、より低い動作電圧を使うことができます。同相入力電圧範囲を超えず、積分器の出力振幅がそのリニア領域内に保たれるように注意する必要があります。（詳細についてはデータシートの適切な説明を参照してください。）

これらの制限内に収まるように設計すると、ICL7106とICL7126は最低4Vのバッテリー電圧で正確に動作します。

Q: How can the ICL7106 be used with fixed system power supplies?

A: The ICL7106 has been designed to be used with a 9V battery. When  $\pm 15V$  supplies are used, they should be converted to  $\pm 5V$  with simple three terminal regulators such as  $\mu A7805$  and  $\mu A7905$ , or the low power ICL7663 and ICL7664.

If only a +5V supply is available, and ICL7660 voltage converter circuit can be used to generate -5V at 20mA from the +5V supply. See Figures 1 and 2.

Once a proper dual polarity power supply has been set up, the ICL7106 will make A/D conversions from input voltage referred to power supply ground. Figures 3 and 4 show the use of the ICL7106 with internal and external voltage reference. Note the 27k $\Omega$  pull up resistor on analog COMMON (pin 32) when using an external reference.

Q: ICL7106は固定システムではどのような電源が使用できますか？

A: ICL7106は9Vバッテリーで使用するよう設計されています。

$\pm 15V$ 電源を使用する場合は、 $\mu A7805$ や $\mu A7905$ などの単純な3端子レギュレータ、または低電力ICL7663やICL7664を使用して $\pm 5V$ に変換する必要があります。

+5V電源しか使用できない場合は、ICL7660ボルテージコンバータ回路を使用して+5V電源から-5V/20mAを生成することができます。図1および2を参照してください。

適切な±両電源が供給されると、ICL7106は電源グラウンドを基準とした入力電圧からA/D変換を行います。

図3と図4に、ICL7106と内部および外部電圧リファレンスの使用方法を示します。

外部リファレンスを使用する場合は、アナログCOMMON（ピン32）の27k $\Omega$ のプルアップ抵抗に注意してください。

Q: How well regulated must the power supply for the ICL7107 be?

A: The ICL7107, ICL7106, and ICL7126 have power supply rejection ratios of 86dB typically, and a power supply with 50mV load regulation or better is recommended. High frequency signals and spikes on the power supplies can get into the A/D system, and should be bypassed to ground.

Q: ICL7107の電源はどの程度クリアなものが要求されますか？

A: ICL7107、ICL7106、およびICL7126の電源除去比は標準で86dBであり、50mV以上の負荷レギュレーションを持つ電源を推奨します。

電源の高周波信号やスパイクはA/Dシステムに入り込む可能性があるため、グラウンドにバイパスする必要があります。

Q: How long will an ICL7106 and an ICL7126 operate from a standard 9V battery?

A: A standard carbon-zinc 9V battery will provide 200 continuous hours of operation for the ICL7106 and 8,000 continuous hours for the ICL7126.

Q: ICL7106とICL7126は標準の9V電池でどれぐらいの時間動作しますか？

A: 標準的なマンガン9V電池はICL7106で200時間の連続した動作時間とICL7126で8000時間の連続動作をします。

Q: How much power supply current is needed to operate the ICL7107?

A: The supply current from the positive power supply varies from 72mA to 200mA depending upon the combination of display segments lighted. The ICL7107 (without display current) requires typically 1.5mA from the positive supply and 300 $\mu A$  from the negative supply.

Q: ICL7107を動作させるのに必要な電源電流はどれくらいですか？

A: 正電源からの供給電流は、点灯している表示セグメントの数などの組み合わせに応じて72mAから200mAまで変化します。

ICL7107（ディスプレイ電流がない場合）は正電源から標準1.5mA、負電源から300 $\mu A$ を必要とします。

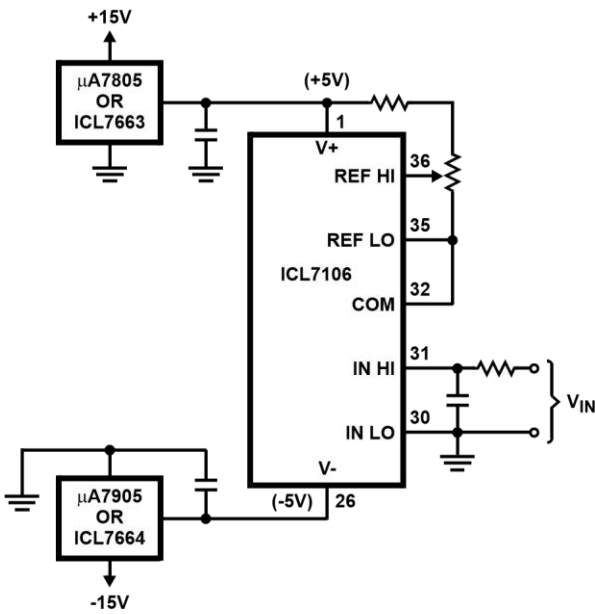
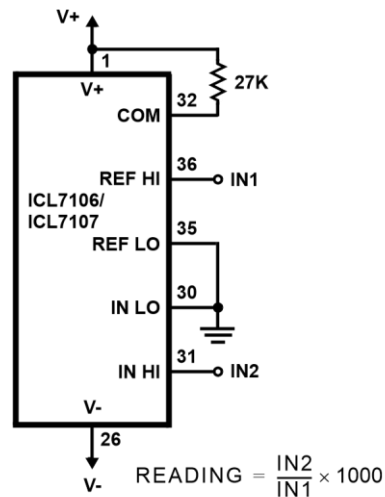
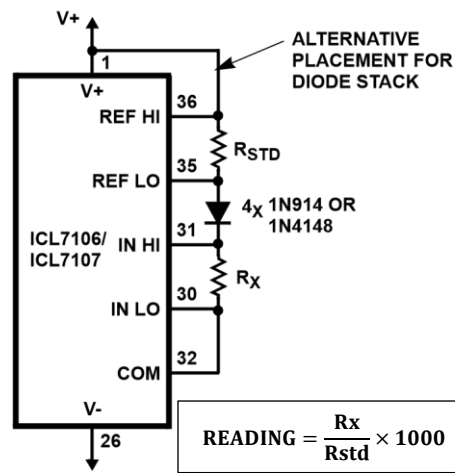


FIGURE 1. OPERATION FROM DUAL POLARITY SUPPLIES WITH INTERNAL VOLTAGE REFERENCE



$$\text{READING} = \frac{\text{IN2}}{\text{IN1}} \times 1000$$



$$\text{READING} = \frac{R_x}{R_{std}} \times 1000$$

FIGURE 3. EXAMPLES OF RATIOMETRIC OPERATION

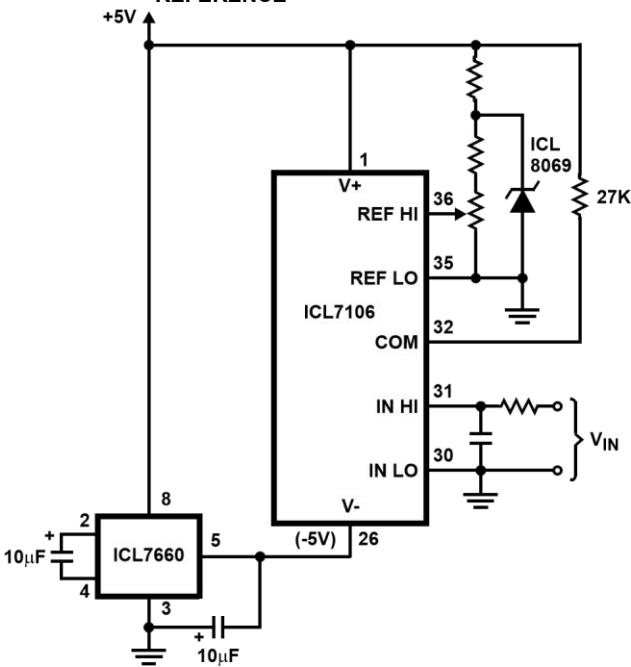


FIGURE 2. OPERATION FROM +5V SUPPLY WITH EXTERNAL VOLTAGE REFERENCE

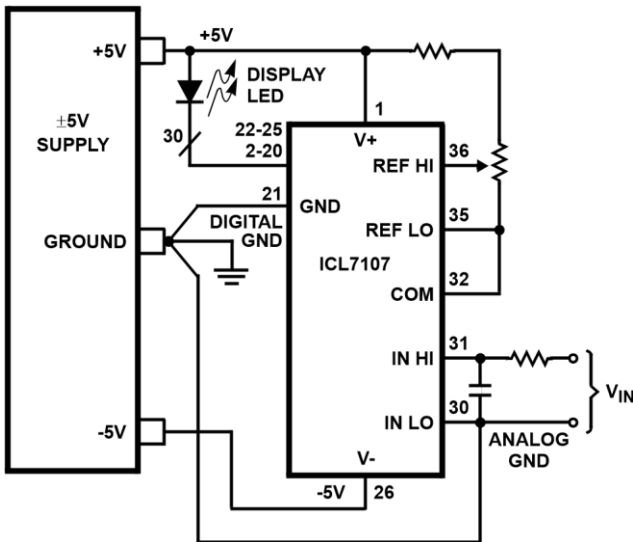


FIGURE 4. GROUNDING DETAIL FOR ICL7107

Q: What is the maximum power supply voltage for the ICL7106 and ICL7107?

A: The ICL7106 has an absolute maximum battery voltage rating of 15V from V+ (pin 1) to V- (pin 26). The ICL7107 has an absolute maximum rating of 6V from V+ to ground (pin 21) and -9V from V- to ground. If the positive voltage to the ICL7107 is greater than 6V, excessive power dissipation will result. To increase LED brightness, use external drivers such as SN7407 or discrete transistors; see ICL7107 data sheet Figure 22.

Q: ICL7106 と ICL7107 の最大電源電圧はいくつですか？

A: ICL7106 は V+ (ピン 1) から V- (ピン 26) までのバッテリーの絶対最大電圧定格は 15V です。  
 ICL7107 の絶対最大定格は、V+ はグラウンド (ピン 21) から 6V、V- はグラウンドから -9V です。  
 ICL7107 への正電圧が 6V を超えると、大きな電力損失が発生します。  
 LED の輝度を上げるには、SN7407 などの外部ドライバまたはディスクリートトランジスタを使用してください。  
 ICL7107 データシート図 22 を参照。

## Display

### 表示および表示デバイス

Q: How can the displayed reading of the ICL7106 or ICL7107 be held for a time rather than continuously updated?

A: The ICL7106 and ICL7107 are designed to continuously update the display as each conversion is completed. For applications where it is desirable to hold the displayed reading, either the ICL7116 (LCD) or the ICL7117 (LED) should be used. These parts are the same as the ICL7106

and ICL7107 except that they have built-in display hold function and slightly different pinout configurations. When the HLD terminal (pin 1) is connected to V+, the displayed reading is frozen and the converter continues in its cycle; when the HLD pin is connected to TEST or Digital Ground (ICL7117 only) the display updates with each conversion. The pinout differences are as follows:

1. Pin 1 is the HLD pin.
2. Pin 35 is the positive power supply pin.
3. REFERENCE LO is internally connected to the analog COMMON point. REFERENCE LO does not connect to a package pin separately.

Q: 表示されている ICL7106 または ICL7107 の読み取り値を継続的に更新するのではなく、一時的に保持するにはどうすればよいですか。

A: ICL7106 と ICL7107 は、変換が完了するたびに表示を継続的に更新するように設計されています。

表示された読み取り値を保持することが望ましいアプリケーションの場合は、ICL7116 (LCD) または ICL7117 (LED) のいずれかを使用する必要があります。  
 これらは、ICL7106 および ICL7107 とほぼ同じですが、ディスプレイホールド機能を内蔵しわずかに異なるピン配置をしています。

HLD 端子 (ピン 1) が V+ に接続されていると、測定値の表示は更新を停止し、コンバータはそのサイクルを継続します。

HLD ピンが TEST またはデジタルグラウンド (ICL7117 のみ) に接続されていると、表示は各変換ごとに更新されます。

ピン配置の違いは次のとおりです。

1. 1 番ピンは HLD ピンです。
2. ピン 35 は正電源ピンです。
3. 基準 LO は内部でアナログ COMMON に接続されています。

基準 LO はパッケージピンに個別には接続されていません。

Q: What types of displays should be used with the ICL7106?

A: The ICL7106 drive signal is approximately 3.5V<sub>RMS</sub> with a backplane frequency of 60Hz, and will drive almost any size character liquid crystal display. The 0.5in variety is the most common and inexpensive. Suitable displays include the 6FE0203-E and AND, the SX140 from Crystalloid, the 3902315 from Hamlin, and the 7543-W-2 from LXD.

Q: ICL7106 ではどのような種類のディスプレイを使用する必要がありますか？

A: ICL7106 の駆動信号はバックプレーン周波数 60Hz で約 3.5V RMS で、ほぼあらゆるサイズの文字液晶ディスプレイを駆動します。

文字高が 0.5 インチのものは一般的で最も安価です。

適切なディスプレイには、AND の 6FE0203-E、Crystalloid の SX140、Hamlin の 3902-315、および LXD の 7543-W-2 などがあります。

Q: What types of displays should be used with the ICL7107?

A: Almost any common anode seven-segment LED display will work with the ICL7107. The ICL7107 drives the LEDs with current-limited outputs of 7mA to 8mA per segment; this will automatically compensate the LEDs for different VI characteristics. For more contrast, use displays that are more efficient. Suitable displays include the Hewlett Packard 5082-7736/30, the ITAC MAN3730/10, the Litronix DL710/7 and the Monsanto 4630/10.

Q: ICL7107 ではどのような種類のディスプレイを使用する必要がありますか？

A: ほとんどのアノードコモン 7 セグメント LED ディスプレイは ICL7107 で動作します。

ICL7107 は、セグメントあたり 7mA~8mA の電流制限出力で LED を駆動します。

これにより、さまざまな V-I 特性に対して LED が自動的に補正されます。

よりコントラストを高めるには、より効率的なディスプレイを使用してください。

適切なディスプレイは、Hewlett Packard 5082-7736 / 30、ITAC MAN3730 / 10、Litronix DL710 / 7 および Monsanto 4630/10 などがあります。

## Timing

### タイミング

Q: How fast can the ICL7106 or ICL7107 be operated?

A: The maximum oscillator frequency of the ICL7107 and ICL7106 should normally be considered to be 240kHz. This frequency is the highest frequency that will reject 60Hz noise in the integrator (200kHz for 50Hz rejection). Since the signal integrate phase of the conversion cycle is 1000 clock pulses long, and one cycle of 60Hz lasts  $16 \cdot 2/3$ ms, the internal clock frequency is:

$$\frac{1000}{0.01667} = 60\text{kHz}$$

The internal clock is generated by dividing the oscillator frequency by four, therefore, the oscillator frequency will be 240kHz. This corresponds to 15 conversions per second. In applications where 50Hz or 60Hz rejection is not required, the devices may be operated up to 30 readings per second (480kHz). At this high speed, however, the devices may tend to read one count high.

Q: ICL7106 または ICL7107 は最高でどれくらい速さで動作できますか？

A: ICL7107 と ICL7106 の最大発振器周波数は通常 240kHz と考えられます。この周波数は、積分器で 60Hz のノイズを除去する最も高い周波数です (50Hz の除去では 200kHz)。1 変換サイクルの信号積分期間は 1000 クロックパルス長であり、60Hz の 1 サイクルは  $16 \frac{2}{3}$ ms 続くため、内部クロック周波数は

$$\frac{1000}{0.01667} = 60\text{kHz です。}$$

内部クロックは発振器周波数を 4 分周して生成されるため、発振器周波数は 240kHz になります。これは毎秒 15 回の変換に相当します。50Hz または 60Hz の除去が不要なアプリケーションでは、デバイスは 1 秒間に最大 30 回の読み取り (480kHz) で動作します。ただし、この速度で動作させると、デバイスは 1 カウント高い値を読み取る傾向があります。

追記: 50Hz、60Hz 両方の電源誘導ノイズを除去するためのクロック周波数は？

50Hz の 1 サイクルは 20ms、60Hz の 1 サイクルは 16.6667ms それらの最小公倍数は 100ms です。入力信号の積分時間は 1000 クロックサイクルなので  $100\text{ms}/1000=100\mu\text{s}$  つまり 10kHz (発振器周波数は 4 倍の 40kHz) が最高となります。この時の変換回数は  $10\text{kHz}/4000=2.5$  回/秒となります。

## Ratiometric Operation

レンジメトリック・オペレーション (比率・比例動作)



Q: What is ratiometric operation and how can the ICL7107 or ICL7106 be operated in that manner?

A: In a ratiometric application, the ICL7106 and ICL7107 will display a reading which is proportional to the ratio of two inputs. In this mode, one signal is connected between INPUT HI and INPUT LO, and the other signal is connected between REF HI and REF LO. For signals which share a common connection, INPUT LO and REF LO should be connected. See Figure 3. When the two input signals are equal, the reading will be 1000. The maximum readable ratio of two inputs is 1.999.

Q: レシオメトリック動作とは何ですか？また、ICL7107 または ICL7106 はどのようにして動作させることができますか？

A: レシオメトリックアプリケーションでは、ICL7106 と ICL7107 は 2 つの入力の比率に比例した測定値を表示します。このモードでは、一方の信号が IN HI と IN LO の間に接続され、もう一方の信号が REF HI と REF LO の間に接続されます。共通接続を共有する信号の場合は、INPUT LO と REF LO を接続します。図 3 を参照してください。2 つの入力信号が等しい場合、読み取り値は 1000 になります。2 つの入力の最大読み取り可能比率 ( $V_{IN}/V_{REF}$ ) は 1.999 です。

## Temperature

### 温度

Q: What variation in reading can be expected with the ICL7106 or ICL7107 when used over the temperature range of 0°C to 70°C?

A: To determine temperature stability of the circuit, analyze each of the three sources of drift.

1. Offset drift is specified to be  $1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  maximum. For a  $70^\circ\text{C}$  change in temperature, a  $70\mu\text{V}$  change in offset will occur. If the A/D is set for a 200mV full scale, each count corresponds to  $100\mu\text{V}$ . The change in offset for a  $70^\circ\text{C}$  change in temperature will be 70/100 or 0.7 counts maximum. In practice, offset drift is likely to be much less than this.
2. Scale factor is specified to be 5ppm/ $^\circ\text{C}$  maximum. A  $70^\circ\text{C}$  change in temperature corresponds to a change in scale factor of 0.035%. The corresponding change in reading will be 0.035% of 2000 counts, or 0.7 counts maximum. In practice, scale factor drift is likely to be much less than this.
3. The temperature coefficient of the internal voltage reference is specified to be 80ppm/ $^\circ\text{C}$  typically. A  $70^\circ\text{C}$  change in temperature will cause a change in reading of 0.56%. The change in reading from this will be 0.56% of 2000 counts or 11.2 counts typically. This is clearly the major source of error in absolute measurements.

Q: ICL7106 または ICL7107 を 0°C から 70°C の温度範囲で使用した場合、どのような読み取り値の変動が予想されますか？

A: 回路の温度安定性を判断するには、3 つのドリフト原因のそれぞれを分析します。

1. オフセット・ドリフトは最大  $1\mu\text{V}/^\circ\text{C}$  になるように規定されています。温度が  $70^\circ\text{C}$  変化すると、オフセットが  $70\mu\text{V}$  変化します。A/D が 200mV のフルスケールに設定されている場合、各カウントは  $100\mu\text{V}$  に対応します。温度が  $70^\circ\text{C}$  変化したときのオフセットの変化は、最大 70/100 または 0.7 カウントです。実際には、オフセットドリフトはこれよりはるかに少ない可能性があります。
2. スケール係数は最大 5ppm/ $^\circ\text{C}$  となるように指定されています。 $70^\circ\text{C}$  の温度変化は、スケール係数の変化 0.035% に相当します。対応する読み取り値の変化は、2000 カウントの 0.035%、または最大 0.7 カウントです。実際には、スケールファクタのドリフトはこれよりはるかに少ない可能性があります。
3. 内部基準電圧の温度係数は標準で 80ppm/ $^\circ\text{C}$  と規定されています。温度が  $70^\circ\text{C}$  変化すると、読み値が 0.56% 変化します。これによる読み取りの変化は、2000 カウントの 0.56%、または通常 11.2 カウントです。これは明らかに絶対測定における誤差の主な原因です。

Since using the internal reference of the ICL7106 can result in a change in reading of  $11.2 + 0.7 + 0.7 = 12.6$  counts over a change in temperature of  $70^\circ\text{C}$ , the use of an external reference is recommended.

Using an external reference such as the ICL8069, the change in reading can be kept to 2.8 counts maximum. Such an external reference is recommended for the ICL7107 because of the chip heating caused by power dissipation. This power dissipation is due to the LED drivers, and is not a significant factor when using the ICL7106 over a limited temperature range.

ICL7106 の内部リファレンスを使用すると、 $70^\circ\text{C}$  の温度変化に対して  $11.2 + 0.7 + 0.7 = 12.6$  カウントの読み取り値が変化する可能性があるため、外部リファレンスの使用をお勧めします。

ICL8069 などの外部リファレンスを使用すると、読み取り値の変化を最大 2.8 カウントに抑えることができます。ICL7107 には、(LED を駆動することによる) 電力損失によってチップが加熱されるため、このような外部リファレンスを推奨します。この電力損失は LED ドライバによるものであり、限られた温度範囲で ICL7106 を使用する場合は重要な要素ではありません。

One other effect of increasing temperature on the ICL7106 or ICL7107 is the increase of input leakage currents. This has negligible effect on performance in most applications

## A/D Converters

when recommended component values are used. In more critical applications, increasing the value of CREF and CAZ will minimize these effects.

ICL7106 または ICL7107 の温度上昇によるもう 1 つの影響は、入力リーク電流の増加です。推奨部品定数が使用されている場合、これはほとんどのアプリケーションの性能にほとんど影響を与えません。より重要なアプリケーションでは、CREF と CAZ の値を増やすとこれらの影響が最小限に抑えられます。

## Components

## 使用部品

Q: Can the ICL7126 plug directly into a socket previously occupied by an ICL7106?

A: The ICL7126 and ICL7106 have identical pinout configurations, however, some external component values will have to be recalculated in order to use the ICL7126.

1. The oscillator capacitor (pin 38) should be no more than 50pF, and the oscillator frequency adjusted to 60kHz or less.
2. The current through the reference voltage divider (V+ to COMMON pin 32) should be limited to 10µA.
3. The integrating capacitor (pin 27) and resistor (pin 28) values should be recalculated. See component selection question or Component Formulae section of this note for further details.
4. The auto-zero capacitor (pin 29) should be 0.33µF for 0.2V full scale, or 0.033µF for 2V full scale operation.

Q: ICL7126 は、以前 ICL7106 のために設計/実装されたソケットに直接差し込むことができますか？

A: ICL7126 と ICL7106 のピン配置は同じですが、ICL7126 を使用するには (ICL7126 の低消費電力性能を引き出すために) いくつかの外付け部品の値を再計算する必要があります。

1. 発振コンデンサ (ピン 38) は 50pF 以下、発振周波数は 60kHz 以下に調整してください。
2. 基準分圧器 (COMMON ピン 32 への V+) を流れる電流は 10µA に制限されるべきです。
3. 積分コンデンサ (ピン 27) と抵抗 (ピン 28) の値を再計算します。詳細については、このノートの部品選択の質問または部品計算式のセクションを参照してください。
4. オートゼロ・コンデンサ (ピン 29) は、0.2V フルスケールでは 0.33µF、2V フルスケールでは 0.033µF にします。

Q: What types and values of external passive components should be used with the ICL7106, ICL7107, and ICL7126?

A: The oscillator, integrator, and voltage reference divider resistors may be carbon or metal film resistors with a

tolerance of 5%, the oscillator capacitor should be a dipped mica or ceramic type with 10% tolerance, and the reference and auto-zero capacitors should be either polystyrene or Mylar™ types with 20% tolerance. The integrating capacitor should be polypropylene, with polystyrene and polycarbonate as second and third choices, respectively. The integrating capacitor must have good dielectric absorption characteristics for the A/D converters to have optimum linearity.

Q: ICL7106、ICL7107、および ICL7126 にはどのような種類および値の外付け部品を使用する必要がありますか？

A: 発振器、積分器、および電圧基準分圧器の抵抗器は、許容誤差 5% のカーボンまたは金属皮膜抵抗器、発振器コンデンサは許容差 10% のディップドマイカまたはセラミックタイプ、基準コンデンサおよびオートゼロコンデンサは許容差 20% のポリスチレンまたは Mylar™ タイプのいずれかでなければなりません。積分コンデンサはポリプロピレンで、2 番目と 3 番目の選択肢としてそれぞれポリスチレンとポリカーボネートを使用します。積分コンデンサは、A/D 変換器が最適な線形性を有するために良好な誘電吸収特性を有しなければならない。

The values for these components depend on the type of converter used. See the Component Formulae section of this application note. These formulas will give an approximate value that is best for a given A/D converter. The actual component value should be the closest standard value that is available.

これらのコンポーネントの値は、使用されているコンバータの種類によって異なります。このアプリケーションノートの「部品計算式」のセクションを参照してください。これらの式は、与えられた A/D コンバータに最適な近似値を与えます。実際の部品の値は、入手可能な最も近い標準値が使用されるでしょう。

## Troubleshooting Guide

## トラブルシューティングガイド

When problems occur with the application of Intersil's family of 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> digit A/D converters, they can usually be divided into three categories. These categories are:

1. Accuracy problems.
2. Display problems.
3. Functional problems.

Intersil の 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 桁 A/D コンバータファミリアプリケーションで問題が発生した場合、それらは通常 3 つのカテゴリに分類されます。これらのカテゴリは以下のとおりです。

1. 精度の問題
2. 表示の問題
3. 機能上の問題

## A/D Converters

## Accuracy Problems

## 精度の問題

**Problem** - Above a certain input voltage level, the displayed reading does not linearly track the input.

**Action** - Observe the waveform at the output of the integrator stage (pin 27) of the A/D converter. There should be no clipping at the positive and negative peaks of the ramped waveform. The value of RINT or CINT may be too small, or the oscillator frequency may be too low, allowing the integrator to saturate. See previous section on component value selection.

**問題** - 特定の入力電圧レベルを超えると、表示される読み値が入力に対して直線的に追従しません。

**対策** - A/Dコンバータの積分段の出力（ピン27）の波形を観察してください。ランプ波形の正と負のピークにはクリッピングがないかどうか。RINTまたはCINTの値が小さすぎるか、発振器周波数が低すぎると積分器が飽和する可能性があります。コンポーネント値の選択に関する前のセクションを参照してください。

**Problem** - For a constant input voltage, there is a difference in the absolute value of the reading when only the polarity is reversed.

**Action** - This problem is called “rollover error” and is usually eliminated by proper selection of the integrating capacitor connected to pin 27. A capacitor with good dielectric absorption characteristics is required; polypropylene or polystyrene are the best types of capacitors to use here. Another possible source is that CREF is too small, or that there is excessive stray capacitance to ground from its pins (see AN032).

**問題** - 入力電圧が一定の場合、極性のみが反転したときに読み取り値の絶対値に差が生じます。

**対策** - この問題は「ロールオーバーエラー」と呼ばれ、通常はピン27に接続されている積分コンデンサを適切に選択することで解決されます。誘電吸収特性の優れたコンデンサが必要です。ポリプロピレンまたはポリスチレンがここで使用するのに最適な種類のコンデンサです。もう1つの可能性のある原因は、CREFが小さすぎるか、またはそのピンからグランドへの過度の浮遊容量があることです（AN032を参照）。

**Problem** - For a constant input level, the displayed reading varies as the positive power supply voltage varies.

**Action** - The connection to analog COMMON (pin 32) should be checked. If the internal voltage reference is used, analog COMMON should **not** be grounded, but rather should be connected to REF LO (pin 35), as shown in Figure 1.

**問題** - 入力レベルが一定の場合、正の電源電圧が変化すると表示される読み値が変化します。

**対策** - アナログ COMMON（ピン32）への接続を確認してください。内部基準電圧を使用する場合は、図1に示すように、ア

ナログ COMMON を接地しないで、むしろ REF LO（ピン35）に接続してください。

**Problem** - The displayed reading of the ICL7106 or ICL7107 is not constant for constant input, and changes several counts from one reading to the next.

**Action** - The connection to analog COMMON should be checked. If external voltage reference is used, the COMMON pin should have a pullup resistor of 27kΩ connected between it and the positive power supply, as shown in Figure 2.

**問題** - ICL7106 または ICL7107 への一定入力に対して表示された読み値が一定ではなく、測定するたびに読み値が数カウント変化します。

**対策** - アナログ COMMON への接続を確認してください。外部電圧リファレンスを使用する場合は、図2に示すように、COMMON ピンとその正電源の間に 27kΩ のプルアップ抵抗を接続する必要があります。

**Problem** - With the voltage inputs shorted together, there is an offset reading of several counts.

**Action** - The size of the reference capacitor is too small, or the type of capacitor is too leaky. Use a Mylar™ capacitor of 1μF in most applications. Only in applications where input and reference voltage are referred to ground as a common point will a 0.1μF capacitor be satisfactory.

**問題** - 電圧入力端子を短絡しているのに、数カウントのオフセット読み取り値があります。

**対策** - 基準コンデンサのサイズが小さすぎるか、またはコンデンサの漏れ電流が多すぎます。ほとんどのアプリケーションでは 1μF の Mylar™ コンデンサを使用してください。入力電圧とリファレンス電圧が共通点としてグランドを基準としているアプリケーションでのみ、0.1μF のコンデンサで足りません。

**Problem** - The evaluation kit has been carefully assembled and displays an offset error of several counts when inputs are shorted together.

**Action** - Proper cleaning of the printed circuit board after assembly should eliminate any leakage paths.

**問題** - 評価キットは慎重に組み立てられており入力互いに短絡されているが、数カウントのオフセット誤差が表示されません。

**対策** - 組み立て後のプリント基板の適切な洗浄は、漏れ経路を排除するはずですが。

## Display Problems

## 表示の問題

**Problem** - The displayed reading of the ICL7107 is not stable and changes every conversion cycle.

**Action** - The connections to power supply ground and signal grounds must be carefully routed to avoid noise problems. Digital ground (pin 21) carries all the LED return current, and



## A/D Converters

should only be connected to INput LO (pin 30) at the power supply terminals. Figure 4 shows how this grounding should be done to keep the LED current from generating a noisy input voltage.

**問題** - ICL7107 の表示値が安定せず、変換サイクルごとに变化する。

**対策** - 電源のグランドと信号のグランドへの接続は、ノイズの問題を回避するために慎重に配線する必要があります。デジタルグランド（ピン 21）には LED のリターン電流がすべて流れているので、電源端子で入力 LO（ピン 30）にのみ接続してください。図 4 は、LED 電流がノイズの多い入力電圧を生成しないようにするためのこの接地方法を示しています。

**Problem** - As power is applied to the ICL7107 with constant input voltage, the reading changes with time and only after a few minutes is stable.

**Action** - This is caused by the use of the internal reference of the ICL7107 in applications where external LED displays are also being driven. The power dissipated by the LED drivers causes internal chip heating which causes the internal voltage reference to drift. This can be avoided by using an external voltage reference such as the ICL8069, which is considerably more stable than the internal reference of the ICL7107. See Figure 2 for connections.

**問題** - ICL7107 に一定の入力電圧で電力が供給されると、測定値は時間とともに変化し、数分後に安定します。

**対策** - これは、外部 LED ディスプレイを駆動している ICL7107 の内部基準電圧を使用しているアプリケーションで起きることがあります。LED ドライバによって消費される電力によって内部のチップが加熱され、内部の電圧リファレンスがドリフトします。これは、ICL 8069 などの外部電圧リファレンスを使用することで回避できます。これは、ICL 7107 の内部リファレンスよりもはるかに安定しています。接続については図 2 を参照してください。

**Problem** - The LED display driven by the ICL7107 is not bright enough.

**Action** - The ICL7107 will typically drive 8mA per segment. This current cannot be varied upward, and will be the same regardless of the size and type of display. To increase brightness, the user should either pick the most efficient display available or use external drivers such as 7407 open collector buffers.

**問題** - ICL7107 によって駆動している LED ディスプレイの輝度が十分ではありません。

**対策** - ICL7107 は通常 1 セグメントあたり 8mA まで駆動できます。この電流は増加させることはできず、ディスプレイのサイズや種類に関係なく同じになります。輝度を高めるためには、ユーザは利用可能な最も効率的なディスプレイを選ぶか、または 7407 オープンコレクタバッファのような外部ドライバを使うべきです。

**Problem** - The LCD display connected to an ICL7106 is weak and occasionally displays incomplete characters.

**Action** - Low power supply or battery voltage will cause the LCD display to have low contrast. Temperature extremes below 0°C will also cause problems with LCD displays.

**問題** - ICL7106 に接続された LCD ディスプレイが暗く、不完全な文字を表示することがあります。

**対策** - 電源電圧またはバッテリー電圧が低いと、LCD ディスプレイのコントラストが低くなります。温度が極端に低く 0°C を下回るような場合、LCD ディスプレイ自体にも問題が発生します。

**Problem** - There is permanent distortion or "burning" of the LCD display after prolonged use.

**Action** - LCD display damage is caused when there is DC drive to a segment or decimal point. Holding the TEST pin (pin 37) high for a long period may also cause display damage.

**問題** - 長期間使用した後、LCD ディスプレイに恒久的な歪みまたは「焼き付き」がある。

**対策** - セグメントまたは小数点への DC 駆動があると、LCD ディスプレイが損傷します（BP 端子を反転使用した交流駆動をしてください）。TEST ピン（ピン 37）を長時間 H に保つと、ディスプレイが（DC 駆動され）損傷する可能性があります。

## Functional Problems

## 機能上の問題

**Problem** - When power is applied to the A/D converter it displays 1666 steadily and does not change.

**Action** - This is an indication that the oscillator is not functioning. Check oscillator components and printed circuit board for leakage paths around pins 38, 39, and 40.

**問題** - 電源が投入されても、A/D 変換器には 1666 が表示されたまま、変化しません。

**対策** - これはオシレータが機能していないことを示しています。ピン 38、39、および 40 の周囲のリーク経路について、発振器の部品とプリント回路基板をチェックします。

**Problem** - The overrange condition (+ or -1 and blank) is continually shown regardless of input voltage.

**Action** - Check to see if input voltage between pins 30 and 31 is greater than twice the reference voltage. Also check to see that the reference voltage (between pins 35 and 36) or CREF is not shorted out in some way.

**問題** - 入力電圧に関係なく、オーバーレンジ状態（+または-1 および空白）が常に表示される。

**対策** - ピン 30 とピン 31 の間の入力電圧が基準電圧の 2 倍より大きくないかどうかを確認します。また、基準電圧（ピン 35

A/D Converters

と 36 の間) または  $C_{REF}$  が何らかの方法で短絡されていないことも確認してください。

**Problem** - Excess power supply current is drawn after the TEST pin is pulled high and then low.

**Action** - Make sure that when the TEST pin is dropped it is allowed to float and not returned to the negative power supply level.

**問題** - TEST ピンを H に引き上げてから L に引き下げた後、過剰な電源電流が流れる。

**対策** - TEST ピンが H から離されたとき、それが確実に L にならずにフロート状態になっていないかを確認してください。

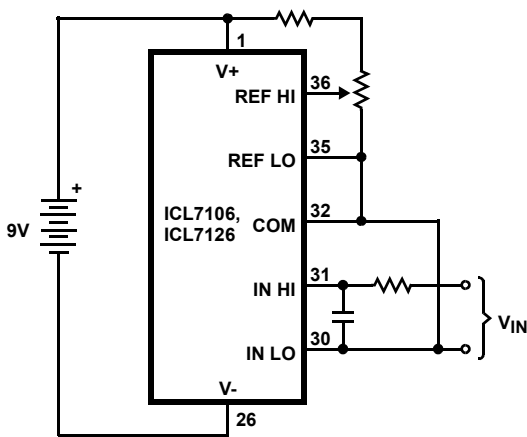


FIGURE 5. OPERATION FROM 9V BATTERY WITH INTERNAL VOLTAGE REFERENCE

Normal Waveforms

通常の波形

Integrator output and buffer amplifier waveforms are shown in Figures 6 and 7 for the two most common configurations of the ICL7106, ICL7107, and ICL7126. Figure 5 shows battery operation with COMMON (pin 32) shorted to INput LO (pin 30). In this case, all voltage measurements are made with respect to COMMON, which is internally set to 2.8V below V+ terminal (pin 1). During the auto-zero phase of the conversion cycle both INtegrator and BUFFer amplifier outputs are at VCOM, the voltage on pin 32. When the integrate portion of the cycle begins, the buffer is switched to the input voltage, VIN, and its output goes to a level equal to VCOM + VIN. In Figures 6 and 7, the solid line shows the negative input voltage, and the dotted line represents the positive input voltage. During this phase the integrator will ramp in a direction opposite to the input voltage polarity. During the third (de-integrate) phase of the conversion cycle the reference capacitor (pins 33 and 34) is switched between COMMON and the BUFFer amplifier input with the right polarity to make the integrator ramp back to its starting voltage, VCOM.

ICL7106、ICL7107、ICL7126 を使った 2 種類のよくある回路構成について、積分器出力とバッファアンプ出力の波形を図 6 と図 7 に示します (1 回の変換サイクルはオートゼロフェーズ、積分フェーズ、積分解除フェーズの 3 つのフェーズで構成されます)。

ひとつのバッテリーなどの単一電源動作で IN LO (ピン 30) を COMMON (ピン 32) に接続した状態の回路を図 5 に示します。この場合、すべての電圧測定は COMMON に関して行われます。

このピン (COMMON) は内部で V+ 端子 (ピン 1) より 2.8V 低く設定されています。

変換サイクルのオートゼロフェーズの間、積分器出力とバッファアンプ出力は VCOM (ピン 32 の電圧) になります。1 回の変換サイクルのうちの積分部分が始めると、バッファは入力電圧 VIN に切り替えられ、その出力は VCOM + VIN に等しいレベルになります。

図 6 と図 7 では、実線が負の入力電圧を示しています。

点線は正の入力電圧を表します。

このフェーズの間、積分器の出力は入力電圧の極性と反対の方向に増加してゆきます。

変換サイクルの 3 番目の (積分解除) フェーズでは、リファレンス・コンデンサ (ピン 33 とピン 34) を COMMON と BUFFer アンプの入力の間で正しい極性で切り替えて、積分器をその開始電圧 VCOM まで下降 (又は上昇) させます。

Dual power supply operation is shown in Figure 1 for the ICL7106 and in Figure 4 for the ICL7107, with INput LO connected to ground in both cases. Figure 7 shows the INtegrator and BUFFer amplifier outputs at VCOM during the auto-zero part of the conversion cycle, just as in the case of Figures 5 and 6. When the integrate phase starts, the buffer and integrator are switched so that their inputs are referred to ground rather than VCOM. The BUFFer OUTput goes to a voltage corresponding to VIN, and the integrator begins ramping from ground in a direction opposite to the input voltage polarity. During the third phase of the cycle, deintegration takes place with respect to VCOM and the conversion is complete when the INtegrator output equals VCOM.

デュアル電源動作をさせる場合の回路を ICL7106 については図 1 に、ICL7107 については図 4 に示しています。両方の場合とも IN LO をグランドに接続した状態です。

図 7 に示すように図 5 と図 6 の場合と同様、変換サイクルのオートゼロフェーズ中は積分器出力とバッファアンプの出力は VCOM になります。

積分フェーズが始まると、バッファと積分器はそれらの入力が VCOM ではなくグランドを基準に積分されます。バッファ出力は VIN と同じ電圧になり、積分器は入力電圧の極性と反対の方向にグランドから上昇 (又は下降) し始めます。

変換サイクルの 3 番目のフェーズでは、VCOM に向かって逆積分が行われ、積分器出力が VCOM の値に等しくなると変換が完了します。

Figures 8 and 9 show normal clock (OSC 3) and LCD driver waveforms (ICL7106 and ICL7126). Note that in Figures 6 and 7, the buffer and integrator input offset voltages (typically about 20mV) have been neglected. These will move the baselines by the corresponding amount, but will not affect the actual waveforms themselves.

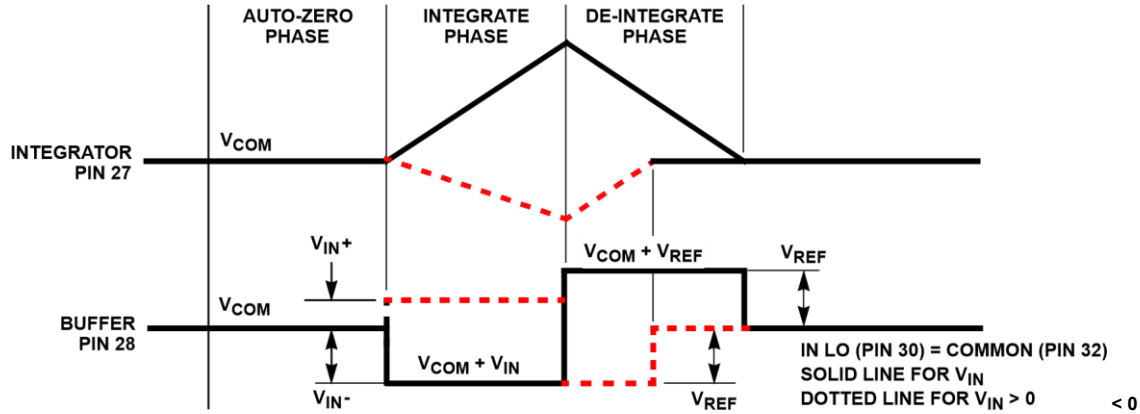


FIGURE 6. INTEGRATOR AND BUFFER WAVEFORMS FOR CIRCUIT OF FIGURE 5

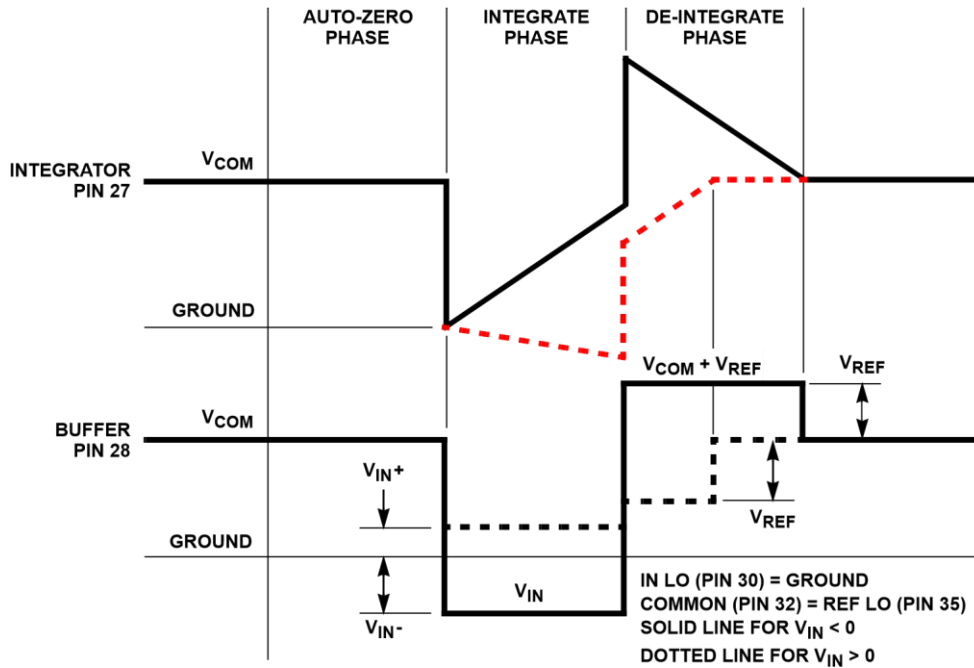


FIGURE 7. INTEGRATOR AND BUFFER WAVEFORMS FOR ICL7106, ICL7126 CONNECTED AS IN FIGURE 1, OR ICL7107 CONNECTED AS IN FIGURE 4

図8と図9に、通常のクロック（OSC 3）とLCDドライバの波形（ICL7106とICL7126）を示します。注：図6と図7では、バッファと積分器の入力オフセット電圧（通常約20mV）は無視されています。これらはベースとなるライン（積分が開始される電位）からずれますが、実際の波形自体には影響しません。

**A/D Converters**

(and reading) range is in use, the larger of this maximum input voltage or the reference voltage may be used instead.

Integrator swing for ICL7106 and ICL7126 battery operation is 2V. Integrator swing for ±5V supply operation is 3.5V.

$$R_{INT} = \frac{\text{入力電圧のフルスケール}}{I_{INT}}$$

$$C_{INT} = \frac{4000 \times I_{INT}}{\text{積分器出力の振幅} \times f_{OSC}}$$

ここで、I<sub>INT</sub> は積分器駆動電流、f<sub>OSC</sub> は発振器周波数です。

ICL7106、ICL7107 の場合 I<sub>INT</sub> = 4μA  
 ICL7126 の場合 I<sub>INT</sub> = 1μA

フルスケール入力電圧は、通常、1999 表示またはオーバーレンジ (-) 表示を超える電圧です。

しかしながら、それ以内の限定的な入力電圧（および表示）の範囲内で使用する場合は、この最大入力電圧または基準電圧の大きい方を代わりに使用することができます。

ICL7106 および ICL7126 のバッテリー動作の時の積分器の振幅は 2V です。±5V 電源動作での積分器の振幅は 3.5V です。

**Auto-Zero Cap (CAZ)**

**オートゼロコンデンサ**

RANGE	ICL7106, ICL7107	ICL7126
200mV Scale	0.47μF	0.33μF
2.0V Scale	0.047μF	0.033μF

The value for C<sub>AZ</sub> should be approximately twice the value for C<sub>INT</sub>. Increasing C<sub>AZ</sub> will reduce noise, but slow down recovery from overload or start-up. See Application Note AN032 [5] for more details.

C<sub>AZ</sub> の値は、C<sub>INT</sub> の値の約 2 倍になります。C<sub>AZ</sub> を大きくするとノイズは減少しますが、過負荷または起動からの回復が遅くなります。詳細についてはアプリケーションノート AN032 [5] を参照してください。

**Oscillator Frequency**

$$f_{OSC} = \frac{0.45}{R_{OSC} \times C_{OSC}} \text{ (approximately)}$$

where R<sub>OSC</sub> > 50kΩ and C<sub>OSC</sub> > 50pF for ICL7106, ICL7107 and where C<sub>OSC</sub> ~ 50pF and f<sub>OSC</sub> □ 60kHz for ICL7126.

Note that changing the oscillator frequency may require a change in the value of C<sub>INT</sub> and C<sub>AZ</sub>. Also note that the internal clock frequency is equal to one-fourth of the oscillator frequency.

$$f_{OSC} = \frac{0.45}{R_{OSC} \times C_{OSC}} \text{ (概算)}$$

ここで、ICL7106、ICL7107 では R<sub>OSC</sub>>50kΩ、C<sub>OSC</sub>> 50pF であり、ICL7126 では C<sub>OSC</sub> は 50pF 推奨、f<sub>OSC</sub> は 60kHz 以内です。

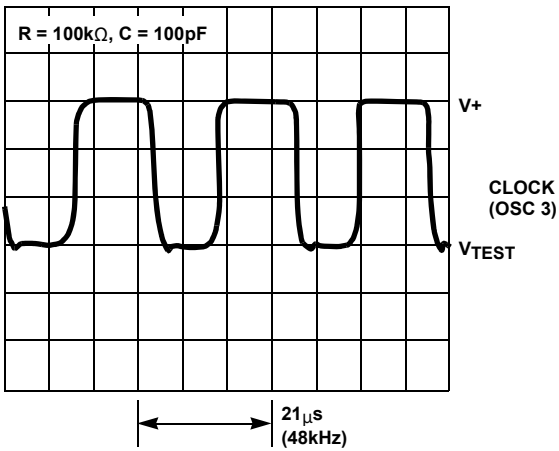


FIGURE 8. CLOCK WAVEFORM ON OSC 3 (PIN 38)

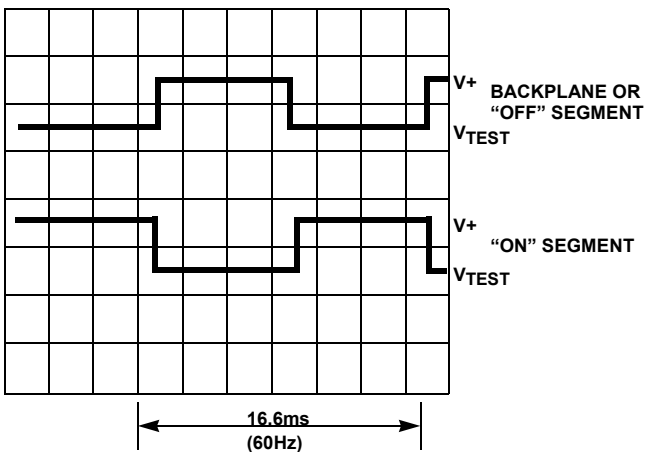


FIGURE 9. LCD DRIVE WAVEFORMS FOR ICL7106 AND ICL7126

**Component Formulae**

**部品計算式**

**Integrator Resistor and Capacitor (R<sub>INT</sub>, C<sub>INT</sub>)**

**積分抵抗と積分コンデンサ (R<sub>INT</sub>, C<sub>INT</sub>)**

$$R_{INT} = \frac{\text{Full scale input voltage}}{I_{INT}}$$

$$C_{INT} = \frac{4000 \times I_{INT}}{\text{Integrator swing} \times f_{OSC}}$$

where I<sub>INT</sub> is integrator drive current and f<sub>OSC</sub> is oscillator frequency.

For ICL7106, ICL7107 I<sub>INT</sub> = 4μA

For ICL7126 I<sub>INT</sub> = 1μA

Full scale input voltage is normally that input voltage that will just read (-)1999 or overrange. However, if a more restrictive input

発振器周波数を変えると C<sub>INT</sub> と C<sub>AZ</sub> の値を変える必要があるかもしれないことに注意してください。内部クロック周波数が発振器周波数の 4 分の 1 に等しいことにも注意してください。

### Reference Cap (CREF)

#### 基準コンデンサ (CREF)

Use 1.0μF for high input to reference common mode voltages or 2.0V full scale input range.

Use 0.1μF for low input to reference common mode voltages.

基準電圧が高い場合や入力レンジを 2.0V フルスケールにするには 1.0μF を使用してください。

基準電圧や入力電圧範囲が低い場合には 0.1μF を使用してください。

### Other Products

#### 他の製品

Much of the discussion given here is also relevant to other A/D converters, such as the ICL7109 and ICL7135, which have an analog section almost identical to that of the ICL7106/ICL7107 etc., and even to chip pairs such as the ICL8052/ICL71C03 and ICL8052/ICL7104.

ここでの説明の大部分は、ICL7109 や ICL7135 など、ICL7106 / ICL7107 などとほぼ同じアナログセクションを持つ他の A / D コンバータにも関連しています。ICL8052 / ICL71C03 や ICL8052 / ICL7104 などのチップペアにもあてはまります。

### A/D Converters

OSCILLATOR FREQUENCY (kHz)	CONVERSIONS PER SECOND	FREQUENCY REJECTED (Hz)
240	15	60
200	12.5	50
120	7.5	60
100	6.25	50
80	5	60
66.66	4.16	50
60	3.75	60
50	3.12	50
48	3	60
40	2.5	50 and 60
34.28	2.14	60
33.33	2.08	50
30	1.87	60
25	1.56	50
24	1.5	60
20	1.25	50 and 60

### Other Application Notes

Some other application notes that may be found useful:

- [1] AN016 *Application Note*, Intersil Corporation, "Selecting A/D Converters", Dave Fullagar.
- [2] AN017 *Application Note*, Intersil Corporation, "The Integrating A/D Converter", Lee Evans.
- [3] AN018 *Application Note*, Intersil Corporation, "Do's and Don'ts of Applying A/D Converters", Peter Bradshaw and Skip Osgood.
- [4] AN023 *Application Note*, Intersil Corporation, "Low Cost Digital Panel Meter Designs and Complete Instruction for LCD and LED Kit", David Fullagar and Michael Dufort.
- [5] AN032 *Application Note*, Intersil Corporation "Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7106/7107/7109 Family", Peter Bradshaw.
- [6] AN046 *Application Note*, Intersil Corporation, "Building a Battery Operated Auto Ranging DVM with the ICL7106".
- [7] AN051 *Application Note*, Intersil Corporation, "Principals and Applications of the ICL7660 Voltage Converter", Peter Bradshaw and Dave Bingham.

For Intersil documents available on the internet, see web site <http://www.intersil.com>.



## Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation or any other use of the circuits, software, and information in the design of your product or system. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses and damages incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
2. Renesas Electronics hereby expressly disclaims any warranties against and liability for infringement or any other claims involving patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties, by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document, including but not limited to, the product data, drawings, charts, programs, algorithms, and application examples.
3. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
4. You shall not alter, modify, copy, or reverse engineer any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any losses or damages incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copying or reverse engineering.
5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The intended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.

\*Standard\*: Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; industrial robots; etc.

"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control (traffic lights); large-scale communication equipment; key financial terminal systems; safety control equipment; etc.

Unless expressly designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not intended or authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems; surgical implantations; etc.), or may cause serious property damage (space system; undersea repeaters; nuclear power control systems; aircraft control systems; key plant systems; military equipment; etc.). Renesas Electronics disclaims any and all liability for any damages or losses incurred by you or any third parties arising from the use of any Renesas Electronics product that is inconsistent with any Renesas Electronics data sheet, user's manual or other Renesas Electronics document.

6. When using Renesas Electronics products, refer to the latest product information (data sheets, user's manuals, application notes, "General Notes for Handling and Using Semiconductor Devices" in the reliability handbook, etc.), and ensure that usage conditions are within the ranges specified by Renesas Electronics with respect to maximum ratings, operating power supply voltage range, heat dissipation characteristics, installation, etc. Renesas Electronics disclaims any and all liability for any malfunctions, failure or accident arising out of the use of Renesas Electronics products outside of such specified ranges.
7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of Renesas Electronics products, semiconductor products have specific characteristics, such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Unless designated as a high reliability product or a product for harsh environments in a Renesas Electronics data sheet or other Renesas Electronics document, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. You are responsible for implementing safety measures to guard against the possibility of bodily injury, injury or damage caused by fire, and/or danger to the public in the event of a failure or malfunction of Renesas Electronics products, such as safety design for hardware and software, including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult and impractical, you are responsible for evaluating the safety of the final products or systems manufactured by you.
8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. You are responsible for carefully and sufficiently investigating applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive, and using Renesas Electronics products in compliance with all these applicable laws and regulations. Renesas Electronics disclaims any and all liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
9. Renesas Electronics products and technologies shall not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You shall comply with any applicable export control laws and regulations promulgated and administered by the governments of any countries asserting jurisdiction over the parties or transactions.
10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, or any other party who distributes, disposes of, or otherwise sells or transfers the product to a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document.
11. This document shall not be reprinted, reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products.

(Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its directly or indirectly controlled subsidiaries.

(Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

(Rev.4.0-1 November 2017)



### SALES OFFICES

Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/>" for the latest and detailed information.

#### Renesas Electronics America Inc.

1001 Murphy Ranch Road, Milpitas, CA 95035, U.S.A.

Tel: +1-408-432-8888, Fax: +1-408-434-5351

#### Renesas Electronics Canada Limited

9251 Yonge Street, Suite 8309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3

Tel: +1-905-237-2004

#### Renesas Electronics Europe Limited

Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K

Tel: +44-1628-651-700, Fax: +44-1628-651-804

#### Renesas Electronics Europe GmbH

Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany

Tel: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

#### Renesas Electronics (China) Co., Ltd.

Room 1709 Quantum Plaza, No.27 ZhichunLu, Haidian District, Beijing, 100191 P. R. China Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

#### Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.

Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Langao Road, Putuo District, Shanghai, 200333 P. R. China

Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

#### Renesas Electronics Hong Kong Limited

Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong Tel: +852-2265-6688, Fax: +852 2886-9022

#### Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.

13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, Taiwan Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886 2-8175-9670

#### Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.

80 Bendemeer Road, Unit #06-02 Hyflux Innovation Centre, Singapore 339949 Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

#### Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.

Unit 1207, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jln Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

#### Renesas Electronics India Pvt. Ltd.

No.777C, 100 Feet Road, HAL 2nd Stage, Indiranagar, Bangalore 560 038, India

Tel: +91-80-67208700, Fax: +91-80-67208777

**Renesas Electronics Korea Co., Ltd.**

17F, KAMCO Yangjae Tower, 262, Gangnam-daero, Gangnam-gu, Seoul, 06265 Korea Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5338

© 2018 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved. Colophon 7.0

**このドキュメントは私的利用のために APPLICATION NOTE AN052 に和訳を付けたもので Renesas™ および Intersil™ 公式のものではありません。**

This document is a translation of APPLICATION NOTE AN 052 for private use, **not** Renesas™ and Intersil™ official.

**<http://higukenn.wp.xdomain.jp/>**

**PDF ファイルから原文がうまく取り込まれていない部分もあるし、訳に誤りがある場合があります。**

There are parts where the original text is not successfully imported from the PDF file, there are cases where the translation is wrong.



## APPLICATION NOTE

---

AN052

Rev 0.00