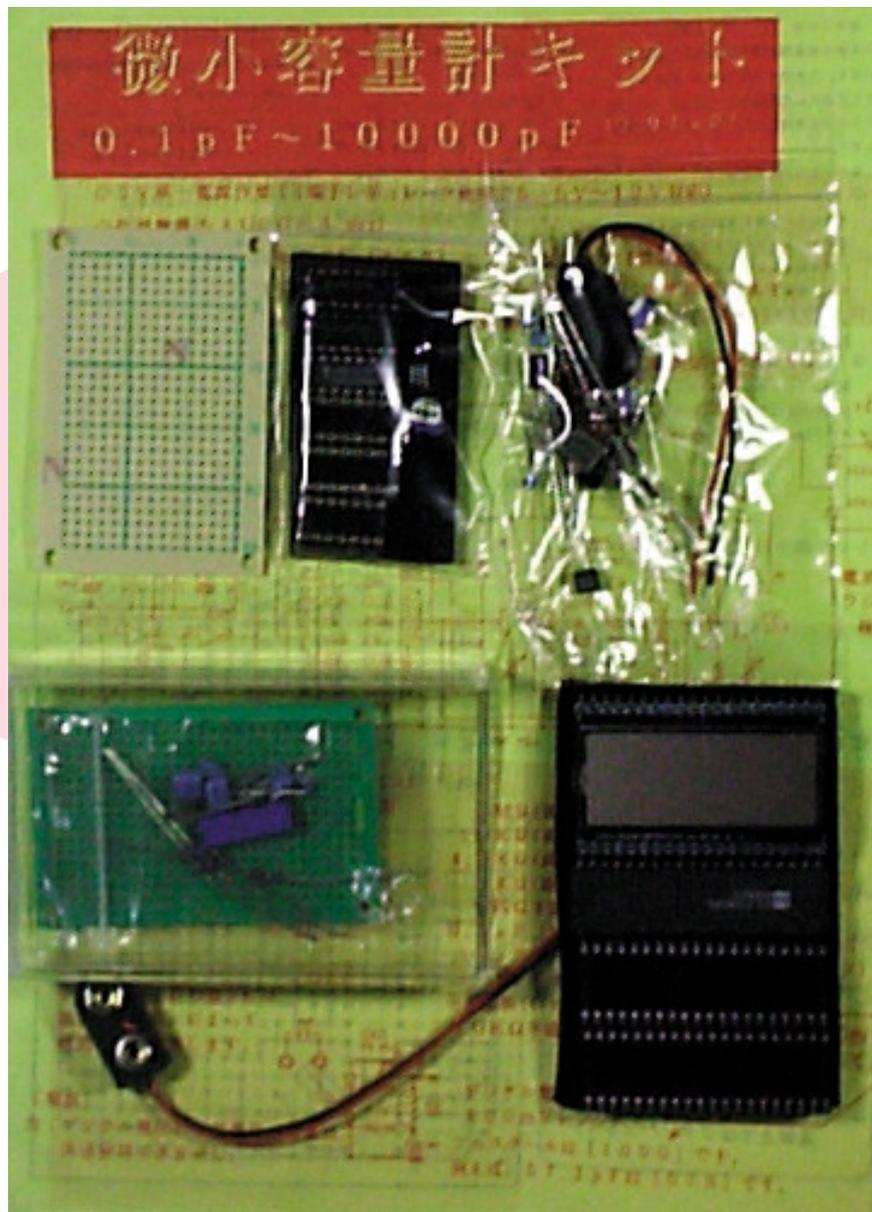


デジタル微小容量計 キット

ICL7136CPL使用

測定範囲:0.1 ~ 10000pF、

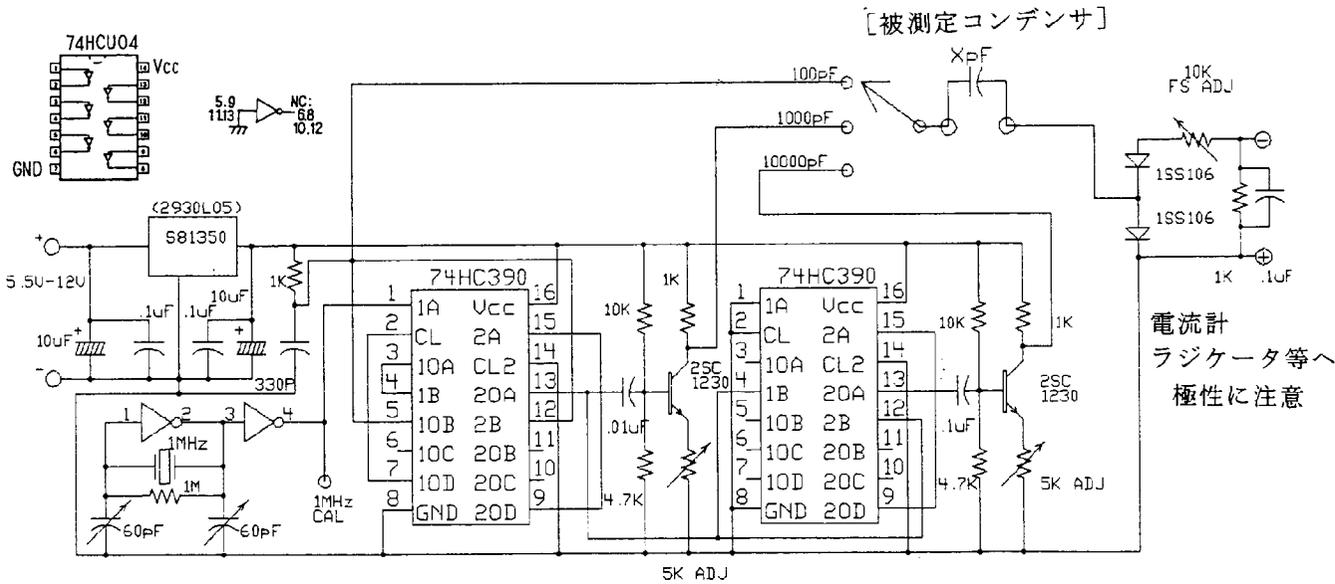
最小分解能0.1pF。



微小容量計キット

0.1 pF ~ 10000 pF (0.01 μF)

- ◇ 5V 単一電源作動 (3端子レギュレータ使用で5.5V~12V対応)
- ◇ 低消費電力 (100mA max)
- ◇ 表示器は、デジタル電圧計 (テスタ) ・ アナログテスタ (電流計)
- 100 μA (50 μA) 等のラジケータ (パネルメータ) が使用できます。
- ◇ 交流測定方法により、実際の回路内での容量値に近似です。

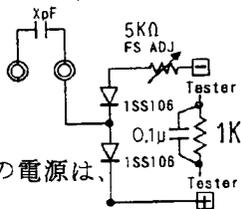


[部品内容] (個数指定のないものは各 1コ)

- 1MHz 発振子 (1000表示) 村田製作所
- 74HCU04
- 74HC390 × 2
- 2SC1230 × 2
- 2930L05 (S81350)
- 白線 2本
- 1SS106 × 2

- 1MΩ (茶黒緑金)
- 10KΩ (茶黒橙金) × 2
- 4.7KΩ (黄紫赤金) × 2
- 1KΩ (茶黒赤金) × 4
- 5KΩ 半固定抵抗 × 2
- 0.1 μF (104) × 4
- 10 μF 16V × 2
- 60 pF トリマコンデンサ × 2
- 330 pF (331)
- 0.01 μF (103)
- 小型基板 (47×71mm)
- 10KΩ 半固定抵抗 × 1

デジタル電圧計の場合には、抵抗 (1KΩ) によって、電流⇒電圧変換します。



[電源]

注；デジタル電圧計と容量計の電源は、共通使用できません。

デジタル電圧計は、200mVレンジにて、フルスケールは [1000] です。例えば、57.3 pF は [573] です。

一般的な [3・1/2] 桁デジタル電圧計にて、100pF は [100.0] と表示されます。

参考データ



JAIDRA 藤尾 八十治

数pFまで測れる 微小容量測定器の製作

明けても暮れても、よくあきもせずハンダ・ゴテ片手に、作りそこなったり、こわしたりの日を送っている私にとって、何とも不自由なことは、20pF、30pFなどの微小容量コンデンサーの測定です。

抵抗のようにテスターで簡単にチェックできたら、どんなにか楽でしょうに…。文字が小さくて読めないもの、消えてしまっているもの等々、ことに20pFと言って求めたセラトリ、どれが20pFなのか50pFなのか、きちんと分類しておいたはずなのにナァ！

一体、他のOM達はどうしているのかと、2～3問い合わせましたが、どこも同じで、「安直な方法があったら教えてください」と逆しゅうされました。そこで、これは何とかしなければと苦心さんたんの末、満足できるものができ上がり、大助かりしています。

C-テスターとする

コンデンサーも1～2pFから数千μFまでありますが、数百pF以上は形も大きく、文字がハッキリしているので、取り扱いもあり苦勞はありません。それに正確な時定数を作るとか、スーパーソニックなどの場合を別とすれば、たとえ、誤差があってもバイパスや結合の場合には、大きいに越したことはないというわけで、実際には数pF、大まかに言って、50pF以下こそが問題になります。

特にタン・トリマー、セラミック・トリマーなどです。

測定器の多くはブリッジ方式ですから、それを取り扱うのは決して安直に、とはいきません。

私の場合、既知のしと合わせてディップメーターで周波数を測って、そのCを知るとか、ブリッジを万一誤差のあったときを考慮して、同じ物を2台用意していましたが、抵抗をテスターで当たるようなわけにはいきません。

永い間の苦心と様々な実験の末にたどりついた方法は、次に述べるとおりですが、その条件として、

1. 誰にも手軽に作れること
1. 数k円を出ない
1. 抵抗測定並みに安直
1. 正確、確実である
1. 小型軽量持ち運びに便利
1. 5V単電源のこと

以上の条件を満足させるために、アレヤコレヤ手当たり次第チェックしてみましたが、コンデンサーですから高周波電流を流してそれを読む、これがどうも本命のようです。加える周波数とその電圧が一定なら、流れる電流は容量に比例してきます。それでまず、正確な基本発振回路を作り、それを連降して、誤差を一層少なくします。

また、出力電圧を調整できるようにしました。実はこれは指示較正のためのもので、大切な役割を演じることになります。

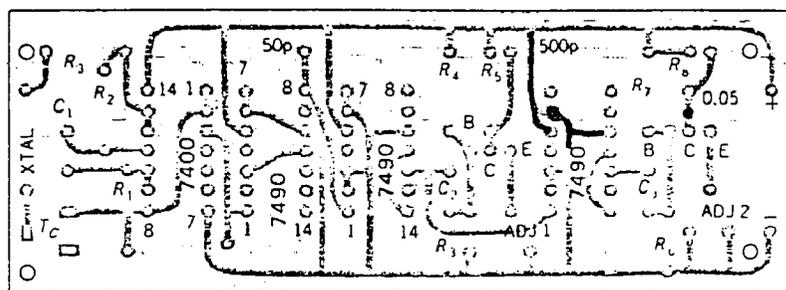
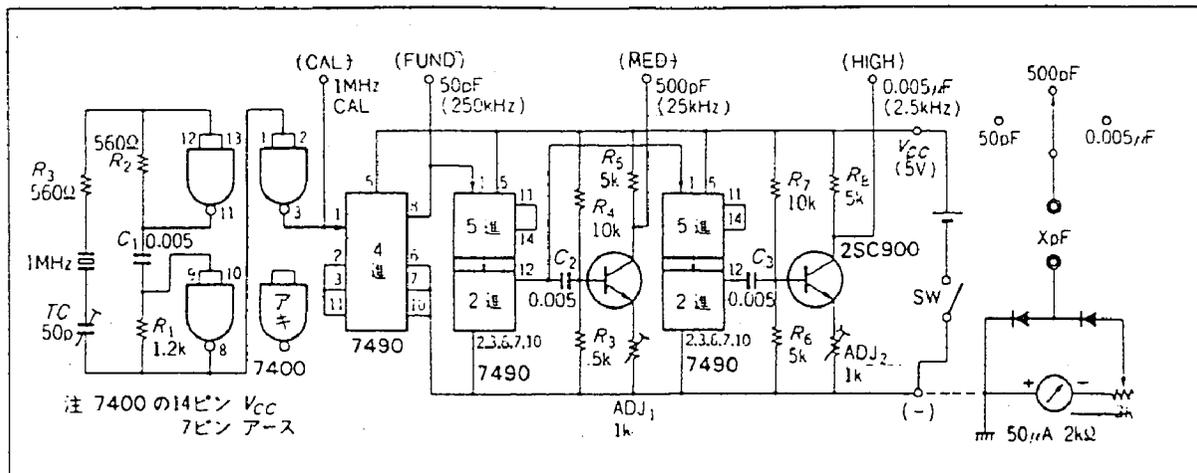
第1図はこの全回路です。7400で発振しますが、これは7404でも何でもよいでしょう。しかし、ATカットの1MHz水晶は極力誤差の少ない安心できる物が入用です。トリマーの中程で、5桁のFカウンターが99,999とか、または零が5個並ぶまでゆっくり、おちついて静かに調整用ドライバーで調整します。少し日がたってからまた調べ直して、これを2～3回やってみます。

次に、7490分周ICを4分周動作させて250kHzを作ります。これが50pF以下を測定するための基準周波数です。被測定コンデンサー(XpF)を通して流れる電流をゲルマニウム・ダイオードで整流して、50μA直流電流計に加えます。

この場合、幸いにも電流は容量に比例してくれまますので、50μAイコール50pFとなります。また、スケール較正のため、この電流計に直列に3kΩBカーブ半固定VRをいれておきます。

さて、被測定コンデンサーXpF

第1図：微小容量測定器の全回路とプリント・パターン（原寸）



回路内のC2・C3は、
0.05µFの誤りです。
(本文を参照ください)

500 pFをターミナルにつないだとき、350 pF付近からスケール・オーバーまで自由に調整できます。

さらに10倍スケールして5000pFまで測定できるようにしました。回路、方法は、500pFレンジとまったく同じで、7490、2SC900など回路も全て同じです。

を通して流れる電流を、ゲルマニウム・ダイオードで整流して、直流電流計を振らすわけですが、そこでダイオードの直線性に検討が必要です。誰もブリッジ整流を考えます。そこで何度かいろいろやってみました。何とせよストレーが多くて、10pF以下は測定不能でした。もう一つ被測定容量と電流が正比例せず、自乗に比例するようで、これは見事に失敗でした。

そこで第一図のように簡単な方式にしてみました。また、ダイオードも古くから手元にあった無名のもですが、多分76くらいではないでしょうか。何個かの中から直線性のよいものを、つまり、容量に比例して電流が流れるようなのを捜します。一〜二度つけかえる覚悟が必要です。

レンジをひろげる

私の目的は10pFとか20pFなど、より小さいコンデンサーをチェックすることによって、より大きいものは別段必要としないのですが、希望

する人もあろうかと思い、付けておきました。

容量が10倍になっても、加える周波数が1/10ならリアクタンス分は同じです。しかし、容量に正比例する電流を流すために印加電圧を調整、というよりも電流計スケールを較正する必要があります。その目的で、ここでは7490で基準周波数を1/10にすると共に、トランジスタを1段入れて、そのエミッタに入れた抵抗でI_Eを調整して、スケールを合わせています。

トランジスタは2SC900とか2SC785など、何でもよいでしょう。かき搜したところ出てきたのでそれを使いました。むしろ結合容量のほうを考えなければなりません。103以上が入用で0.05µFを用いました。マイカまたはセラコンを用います。また、バイアス抵抗、R₃、R₄も簡単に5kΩと10kΩ、これもE系列の5.6kΩでも差支えありません。

スケール較正のためのR₆に半固定1kΩを入れておきます。正確な

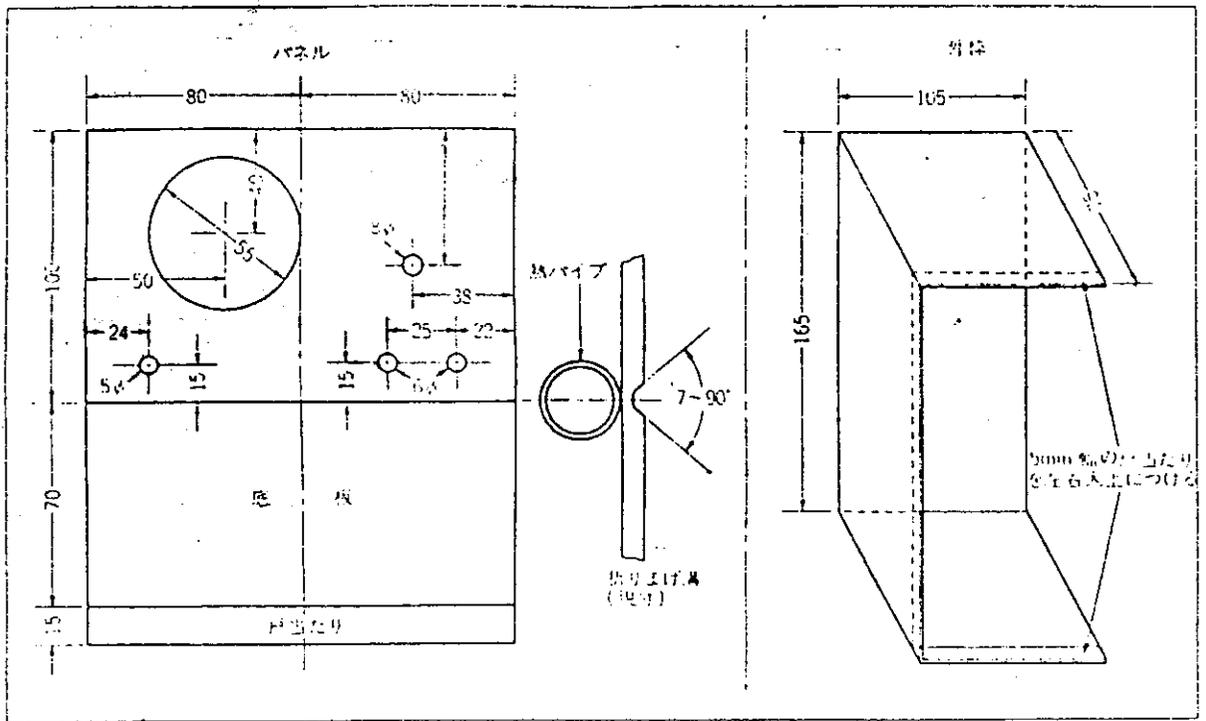
電源を内蔵する

せつかく小さくまとめても、太く長いACコードがついていたのでは、何とも不便です。1.5Aニッケル・カドミウムを用いることにします。全消費電流は0.1Aですから、15時間連続動作します。

また、そのための充電機はカセット・テレコなどについている6V電源を流用します。100円くらいで秋葉原でいくらかでも買えます。通信機はもとより測定器ともなればなおさらで、電源はより安定でそのインピーダンスは絶対に低くなければなりません。1.5AHの等価容量はどのくらいでしょうか、どなたか計算してみてください。

プリント基板に収める

まず、プリント板を作ります。どちらかといえば広々としていて、初心者向きといえます。写真の焼き付け、引き伸ばしなどに経験のあるかたなら何でもないので、ぜひこの



フォトプリントを身につけましょう。直接法よりは手数がかかりますが、でき上がりは比較にもならないほど美しくなります。また、同じ物を何枚でも作ることができます。それもメーカー並の作品が…。

35mmの高さにZアングルを幅1cmのプラスチックで作り基板を取り付けます。単二の上に取付けます。この辺は写真で判断してください。

ケースも手作りする

手頃な寸法のものを秋葉原で探すひまに、自分でプラスチック工作で作り上げます。厚さ2mmの半つや黒でパネル、底板を、また全つやで外箱を作りました。また160×100×70mmと総体寸法も小さいので、プラスチックでも2mm厚で十分です。

まず、パネル、底板は第2図のように寸法取りして、直角に折り曲げる線をしっかり入れます。これは絶対ふちに対して直角、また、直線に折り曲げ線がはいるようにします。

次に、金ノコ歯を折って直角に作ったもので、この折り目溝をケガキ

して、図のように90度ひらきの溝にしておけば加熱、折り曲げがたいへん楽になります。プラスチックの切端で二～三度やってみてください。

この折り目溝を上手に90度開きできれば3mm厚でも、5mm厚でもきれいに仕上げるができるようになります。

せつかく、仕上がったのに、落したりして、または、ちょっとぶつけて、折り曲げた部分から折れてしまったということをよく聞きますが、そんな補強として、幅2mmに裁断したものを内角に当てて溶着しておきますと一段と強固にでき上がります。

外箱というか、ケースも寸法のように裁断して作りますが、この補強として前ブチに5mm幅に切ったプラスチック棒を左右、横ブチ(天井)に貼りつけます。これは補強と共に『戸当たり』になります。つまり、パネルがこの当たりブチにそってはいっていきますから、出し入れがやりよくなります。

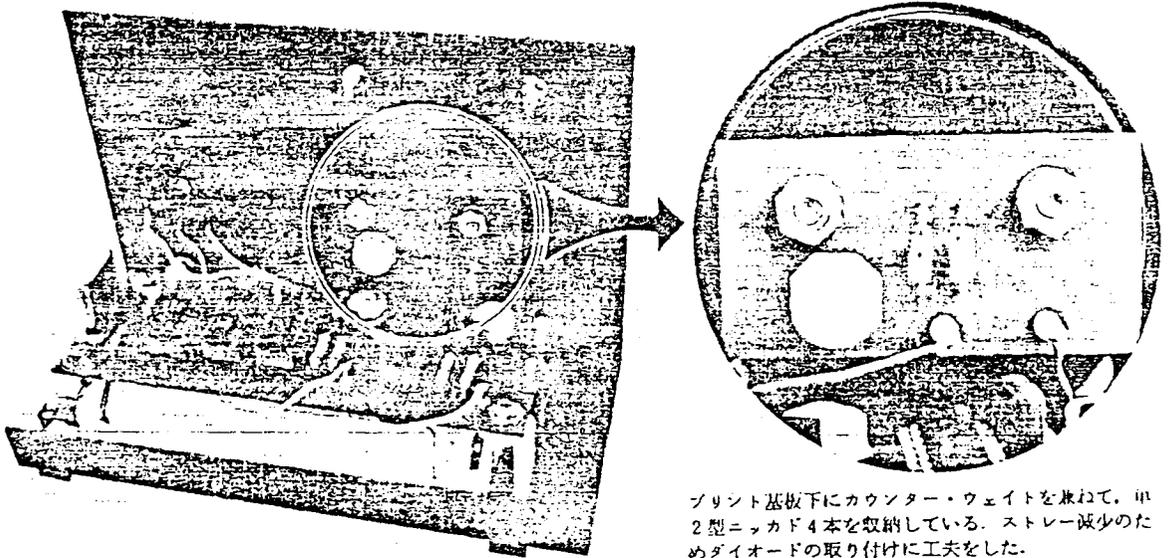
たいせつなことは、このように二つの物を作って、後で合わせる場合には、外ケースをまず作って、これに合わせてパネル底板をキッチリの寸法に仕上げます。

レタリングをする

黒字ですから白文字を入れます。表つや消しのプラスチックを用いた理由は、実は、このレタリングのため、アルミや鉄板仕上げの場合でも表面がなめらかな場合は、このレタリングがハゲやすく、その点この半つやは微粒子仕上げですから接着面積が大きく、細かくへこんだ表面にレタリングがしっかりくい込むからです。

レタリングの後始末として、レタリング固定剤を30cmくらいのところから2～3秒吹き付けて、30分間放置します。そうして、また1～2秒サーッと吹き付けて、2～30分間放置します。

以上の加工をすれば、金属でこすらない限りハゲません。永年レタリングの後始末としてデニソンのクリアーシールを用いていましたが(今では国内でも大きな文具店に行けばブッカーなどの品名で売られています)、うまく貼れたときはよいのですが、ひとたびやりそこなうと、レタリング全部やり直さなければなりません。以上、様々な理由から、また、手アカ、油污れもつきにくい。そんな理由から微粒子表面の材料を用いました。



プリント基板下にカウンター・ウェイトを兼ねて、甲2型ニッカド4本を収納している。ストレー減少のためダイオードの取り付けに工夫をした。

調整する

というよりも較正というべきかも知れませんが、たいせつなことは基準周波数を絶対正確に保持すべきで、これがふらついていたのでは、誤差がごさごさ出てしまいます。ここでは、ATカット1MHzの発振子を用います。最初にも述べましたように、まず、これを極力正確で安定なものに仕上げます。

第3図は私の場合の初期変動で、40分くらい経過後は動かなくなりましたが、十分時間をかけて、より正確なものに仕上げなくてはなりません。ここで1Hzは百分の一というわけです。

万一変動があるかどうか調べるごとに異なる表示になるようなら、トリマーを取り替えてみます。50pFトリマーを用いていますが、90度付近で落ちつきました。

容量測定にCとRそれにICを合わせて発振回路としているものを秋葉原で見うけましたが、CもRも変差±20%で、その上、温度・湿度に対する何の補正もありませんから、これを基準発振回路とするにはとても無理です。

あくまで正確安定でなければなりません。回路およびプリント・パターンは(-)誤差の発振子のための回路例です。万一、トリマーを最大容量にしても、なお周波数が高い場合にはトリマーを発振の両袖にいれる回路に変えるか、または発振子を取り替えてみます。この苦労は、そのまま完成後のよい結果として返ってきます。

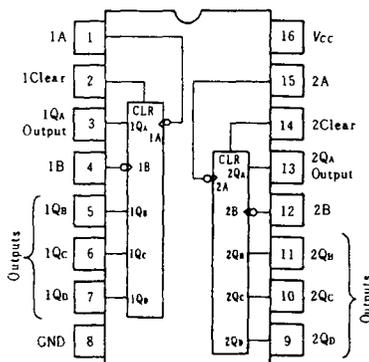
次に、7490 4分周で250kHzにしますが、基準発振回路で十分手を加えておけば、最早Fカウンターには零が4個並ぶだけです。誤差を見出すには、大型の精度のさらに高いFカウンターでなければ判明は困難です。

この信号を被測定コンデンサーに加えて、その整流電流を読みます。残念ながら50pFの標準コンデンサー、(せめて村田の1%誤差のもの)を持ち合わせていません。そこで、各社種類の異なったもの幾つか平均をとって、その上、信頼できそうな一つを取って、一応その価に表示を較正します。

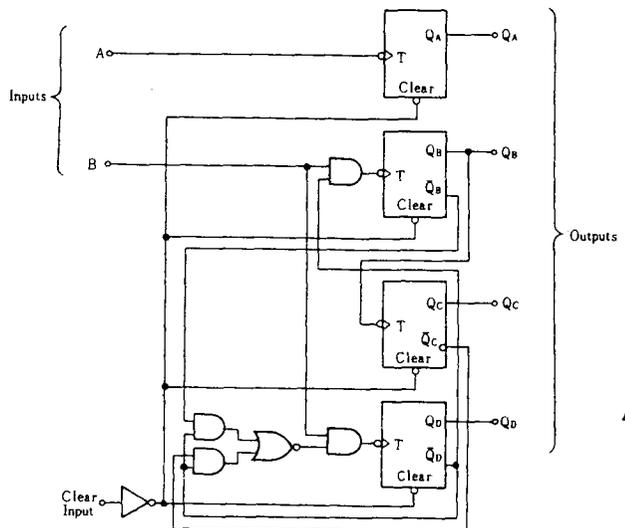
電流計に背負わせている半固定抵抗を静かに調整して、50μA=50pFとします。そうして25pFをいれて見ます。表示が1/2に、また10pFと思えるものをいれて、それが10の目

74HC390

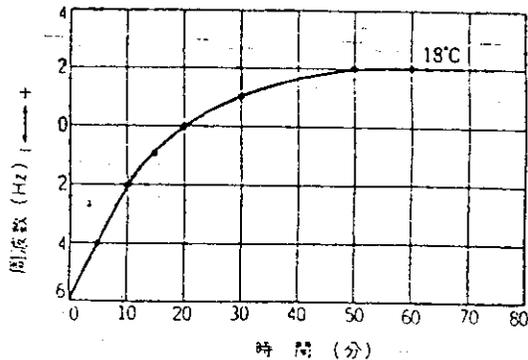
■ピン配置



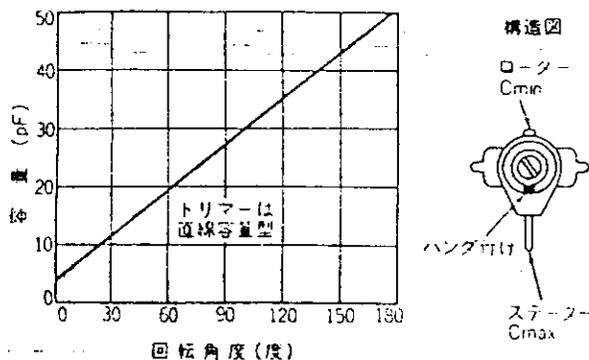
(上面図)



第3図 1MHz 基準発振器の初期変動



第4図 トリマーの容量特性 (対回転角) の例



盛あたりを示すかどうかを調べます。このとき供試コンデンサー自体誤差をもっているので、25pFが正確に目盛25を示さないかもしれません。25と出たもの、26と出たものがありましたけれども、測定器が正確とは未だいえず、このコンデンサーのほうが正しいのかも知れません。

より正確なものに出会う都度、以上のように校正していきます。また、電流計目盛指示が容量に比例しているかどうかを確認しておきます。

うれしかったのは、今まで頭を悩まされてきたトリマーのことで。どの点が最大で、また、180度反対側のどこが最小かがハッキリわかったことです。同時にゼロ容量が4pF付近で、最大が47~56pF付近にあることなどもわかりました。

調整ピンの頭を黄色にぬってあるのに27pF、またミドリが青かハッキリしませんが60pFでした。そうしてまた、このチタン・トリマーは直線容量型のコンデンサーであることも、このとき初めて知ったものでした(第4図)。

3レンジにする

50pF以下の容量測定が一応信頼に足りる点までこぎつけられたなら、次のレンジに移ります。後はより正確で確実な容量にめぐり会った都度修正していき、より精度の高いものに仕上げていきます。

さて、次のレンジは10倍の500pF。そうして500pFと三つのレンジだけにしました。このスイッチに手許にあった1-2-5を用いました。5接点を両端と中央つまり1接点おきに使います。60度開きになりますから、レンジ間の結合も少なくなり、ストレーが減少して、より小さいCの測定がより正確になるからです。

さらに前述のように、500pFまでを測定するために、つまり、10倍にするために印可信号周波数を7490で10分周して、また、レンジ修正のためトランジスタ1段入れて、そのエミッタに1kΩをいれて、これによりレンジ修正を行なうことにしました。この場合も50pFの場合と同様に信頼のできそうな500pFを幾つか

集めて、フルレンジを1kΩR_eで修正していきます。500pFは501と表示されていて、500とあれば、それは50pFですから勘違いのないようにしてください。

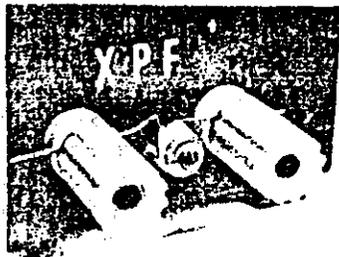
ストレーを少なくする

でき上がってスイッチをいれたとき、メーターの指針がきっちりゼロをさしているでしょうか。2~3目盛右に振っていることがあります。これがストレー・キャパシティです。メディアム(500pF)、ハイ(5000pF)の場合は問題になりませんが、ファンダメンタル(50pF)レンジで数pFを計るとき無視できないエラーとなります。

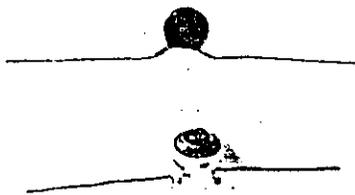
バンド・スイッチにi-2-5を用いて、接点一つおきに用いました。その理由も、このストレーを少しでも少なくする目的だからです。

次に、XpFの測定端子の取り付けを25mm間隔にしました。これがより近いほどストレーが増加します。またトリマーなど、この端子に直接つけることのできない物を測定する場合、ワニ口クリップを付けますが、そのリード線もせいぜい5~6cm以下にしておきます。

全体をとおして、別にむずかしい点も、やっかいな点もなく、どなたにも楽々と作れるのですが、このストレーだけは神経を使います。スイッチを入れたとき、指針がほとんどゼロで会ったら大成功と思ってよいでしょう。



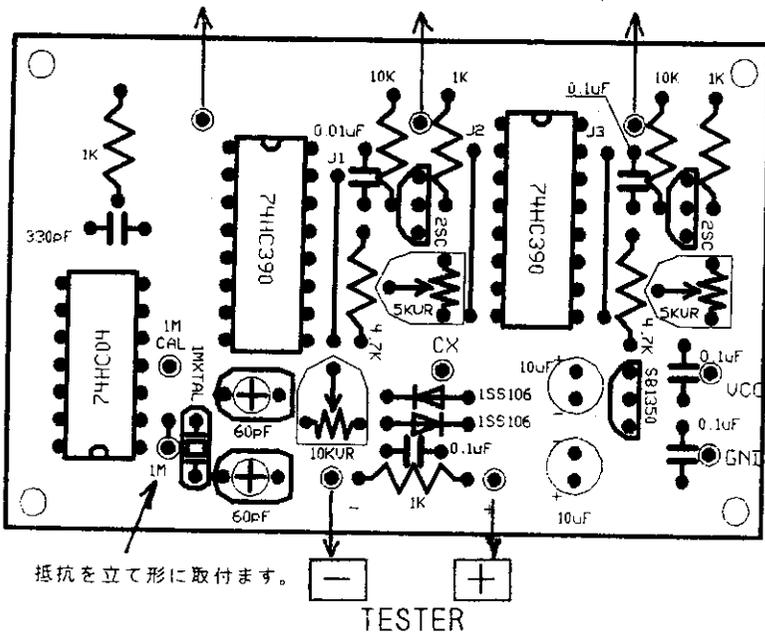
トリマーを測る場合は、このようにする。もっと便利な端子があればFBだが……。



リード線は、端子間に届く長さにする。トリマーなどはリード線を付ける。

パーツ配置図

50pF(100pF) 500pF(1000pF) 5000pF(10000pF)



50pF(100pF)-500pF(1000pF)
5000pF(10000pF)の各測定端子
出力は、半田面から取り最短
距離で測定端子に配線してく
ださい。

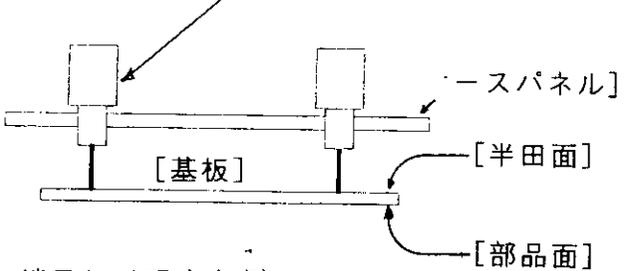
Vcc (5.5V-12V)
GND

J1、2、3はジャンパー線です。
メッキ線、抵抗等の切り取ったリード
をご使用ください。
[極性に注意してください]

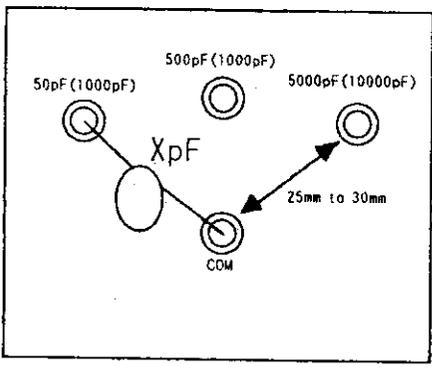
抵抗を立て形に取付ます。

端子取付例

小型テフロン端子がベスト
通常の絶縁型端子(ターミナル)でも可。

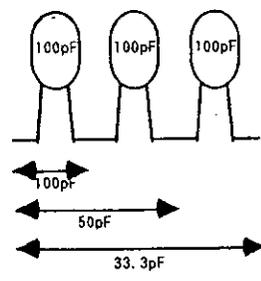


端子レイアウト例



回路表記上、測定端子はロータリー
SWでの切り換え式となっています。
しかし、配線引き回しによるストレ
容量の増大を避けるため、推奨配線例
としてはターミナル選択方式でストレ
容量を0.1pF以下に抑えられる方法を
紹介しています。

フルスケールは、いずれのレンジでも
[1000]です。
出力端子の()内表示が最大測定容量です。
最大測定容量を越えて表示された値は、
容量値としては確度をもちません。
(大きい小さいかの指標程度にはなりますが)
スケール[500](50.0pF-500pF-5000pF)で
校正した場合、500表示以下では0.5%以下
の確度が得られます。(ストレ容量は除外して)



マイカコンデンサ等
高精度コンデンサにて
左図のような校正コン
デンサを用意しておく
と便利です。

上図のように測定すると、ストレ容量
はほぼ無視できます。(0.1pF)以下です。
※ケース加工のノウハウは、
色々工夫してみてください。

当キットは、JAIDRA藤尾氏オリジナル微小容量測定器の作動原理を踏襲しています。八木氏オリジナルは、参考データとして添付してありますので、キャパシタンスの測定原理については、そちらを参照してください。

当キットでの変更点は、

- ① 1MHz水晶発振子をセラミック発振子として、原振の発振回路は74HC04によるコルピッツ型にしました。原振周波数の合わせ込みは、オリジナルと同様です。
- ② 7490を2回路入りの74HC390にしました。
- ③ ゲルマニウム・ダイオードによる整流をショットキバリア・ダイオードにしました。(ショットキバリア・ダイオードは、高速整流・低ストレ容量・

リニアリティーに秀れています)

- ④ 測定出力端子に、誘導ノイズ対策として、 $0.1\mu\text{F}$ のセラミックコンデンサを追加しました。
- ⑤ デジタル電圧計による読み取りが可能になるよう、電流-電圧変換用の抵抗($1\text{K}\Omega$)を追加してあります。(オリジナル同様、電流計・ラジータ等で測定表示する場合はこの $1\text{K}\Omega$ は不要です)
- ⑥ リニアリティー改善の為、
 - a: 250KHz 出力には、 330pF 、 $1\text{K}\Omega$ を追加して出力波形を安定化しています。
 - b: 25KHz カップリングコンデンサは $0.01\mu\text{F}$ とします。
 - c: 2.5KHz カップリングコンデンサは、 $0.1\mu\text{F}$ とします。

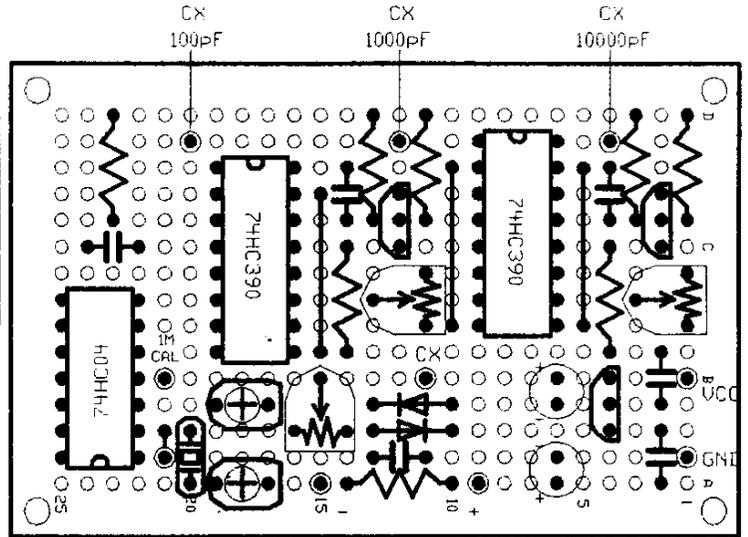
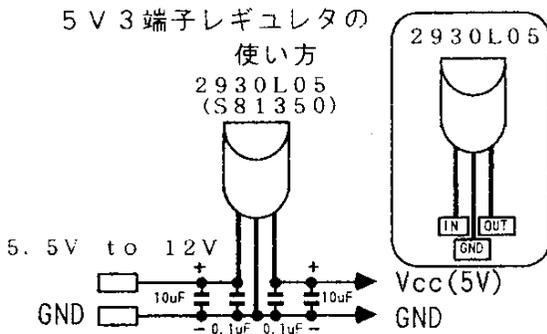
- ⑦ 3端子レギュレータ2930L05使用で5.5V-12Vの広範囲電源電圧作動としています。

以上、デジタル微小容量測定を前提に、リニアリティー改善を主目的として、アップデート化しました。

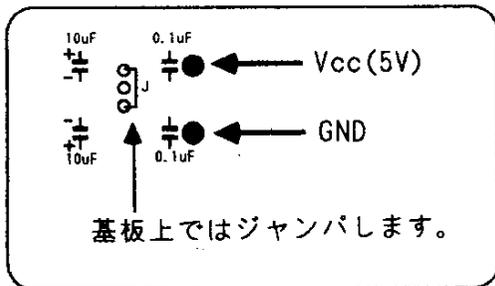
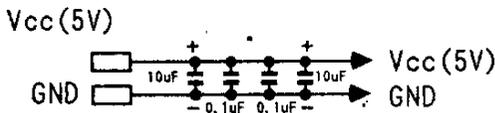
これによって得られる特性は、

- ① 測定誤差1%以内
- ② ストレ容量誤差 0.1pF 以下
(所定の測定端子取り付け方法にて; 後述)
- ③ 電源電圧5Vまたは、5.5V-12V消費電流100mA以下
- ④ フルスケール読み取り表示
(1000)

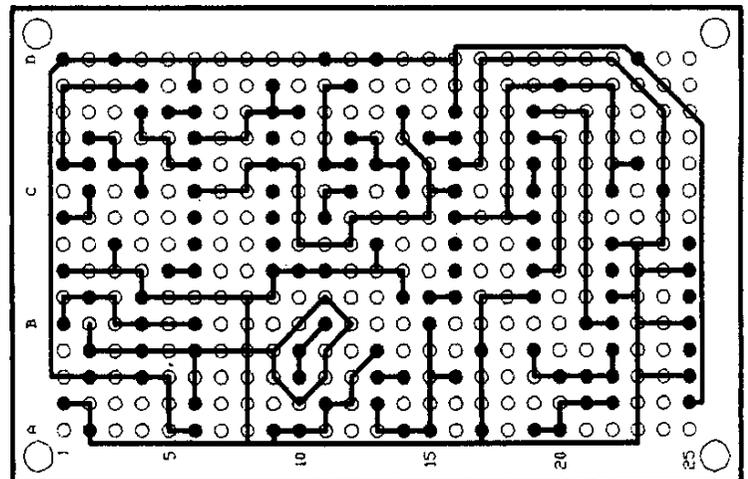
パーツ面



5V 安定化電源を使用する場合



半田面



HARRIS ICL7136CPL

デジタル電圧計

デジタル温度計

kit

LCD-Display
3-1/2 Digit
Low-Power A/D Converter

総合マニュアル

(電圧計・温度計 兼用)

- ★ ICL7136を使用した液晶表示電圧計/温度計キットです。
- ★ 7136は3-1/2桁ローパワーA/Dコンバータで、006P9V電池で連続3カ月の使用が可能です。
- ★ 超小型ボード(47×72mm)を使用し、デジタルパネルメータ、組込にも最適です。

§ 電圧計

- ★ ±200.0mV (DC) フルスケール、最小分解能0.1mVです。
- ★ 外付アッテネータ(オプション)を使用すれば、±200.0mV以上の測定も可能です。

§ 温度計

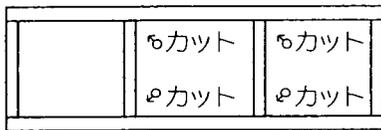
- ★ IC温度センサS8100 (SEIKO I)を使用し、-40℃~100℃の測定が可能。(最小分解能0.1℃)
- ★ 温度センサにダイオードを使用することにより、120~150℃までの測定が可能。

■ ご指定のセットが組立られるようパーツが入っています。

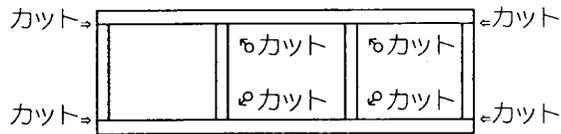
- このセットにはICL7136を使用した電圧計又は温度計のいずれかが組めるようセットされています。両用又は別の物を組むことはできませんので予めご承知ください。
- ICL7136はハリス社(インターシ社はハリス社に吸収された)の3・1/2桁液晶表示、積分型A/Dコンバータで、外付け部品も少なく簡単に電圧表示が可能です。又消費電流も少なく006P9Vマンガン電池で連続3カ月の使用が可能です。(計算値)
- このセットでは、基本的回路である電圧計、又は応用的回路である温度計が組めます。各セクションにより組み合わせてください。また小型化のために、3重構造にもなっており、液晶表示器(以下、LCD)の下にICや部品があり、そのICの下にもコンデンサがあります。値を間違えたり、取付けミスをするると修正は大変ですので、十二分に気をつけ、一度仮組をしてみることを推奨します。基板のシルク印刷は両方が組めるよう印刷されていますので、取付けない物もありますので各セクションをよく参照してください。
- パーツには万全を期しておりますが万一不足、間違いなどありましたら製作前にお申し出ください。

★ICソケットの加工

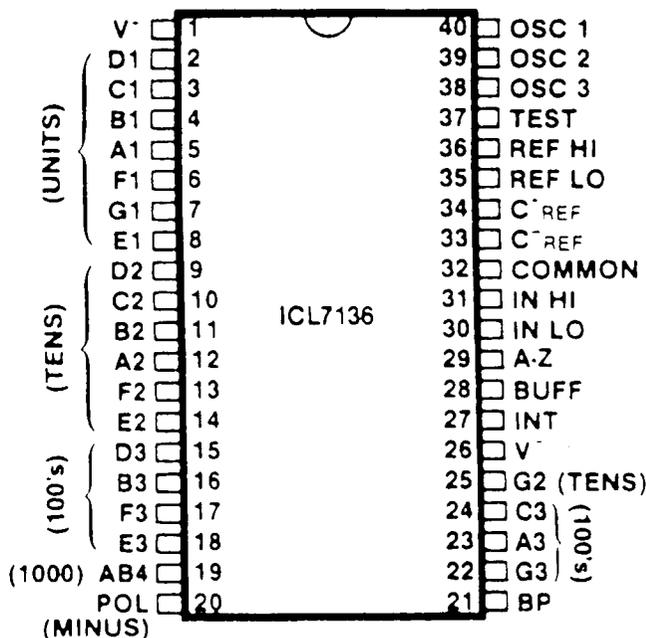
ICソケットは7136、LCDに使用します。下記の図のように加工してください。
 7136用はソケット内部にコンデンサが納まるよう内部の棧(さん)をカットします。
 (カットが必要ないものを使用する場合があります。)
 LCD用はシングルライン2個にするため、すべての棧をカットします。

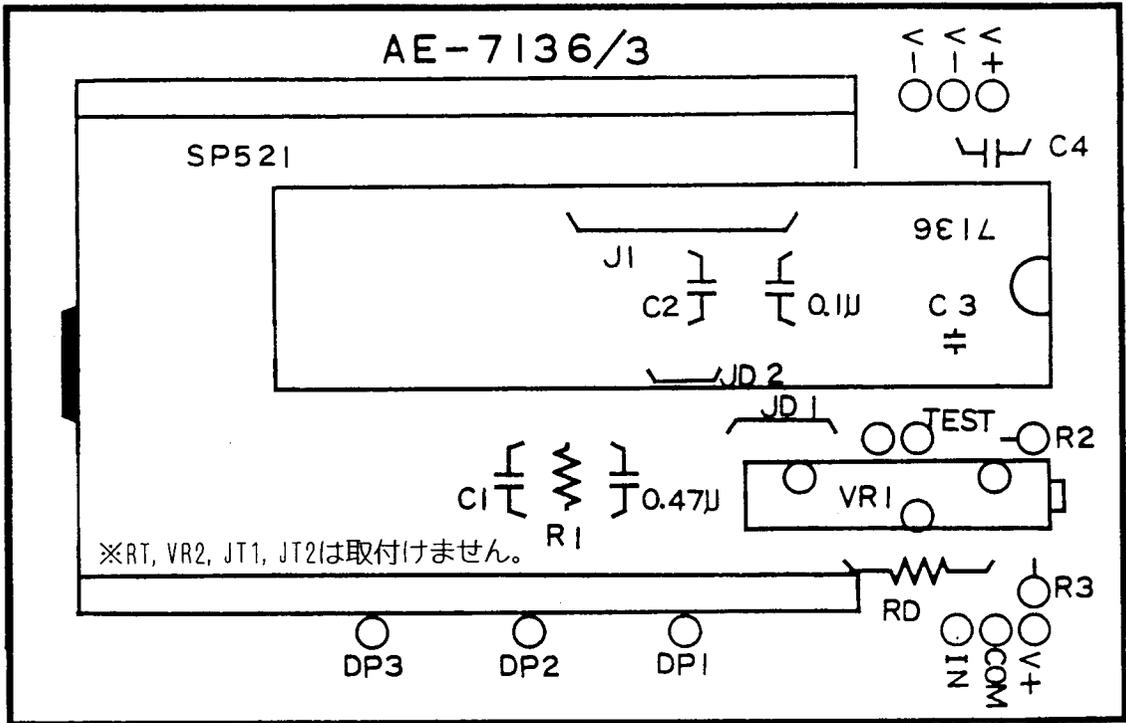


7136用ICソケットの加工



LCD用ICソケットの加工





★電圧計製作

回路図と部品配置図をよく参照しどの部品がどこに付くか調べます。

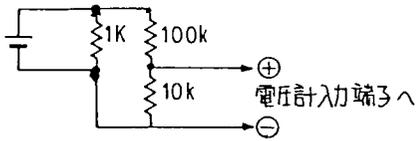
- ①ジャンパー線（ジャンプする線）から半田付けしていきま。錫メッキ線や抵抗の余りリードを使用し基板を電氣的にジャンプします。ジャンパー線は全部で3本あります。J1、JD1、JD2の三本です。
- ②C3、RDを取付けます。これはソケットを取付けた後では付けにくくなるためです。
- ③先に加工したICソケット、LCDソケットを取付けます。ICソケットは切り欠きマークをシルク印刷と合わせ向きを決めます。この時基板の歪みを補正するよう取付けるとよいでしょう。
- ④コンデンサを取付けます。ここで取付けるコンデンサは全部で5個、C1、C2、C4及び0.1 μ F、0.47 μ Fです。大きめのコンデンサ（C1、C2、0.1 μ F、0.47 μ F）は全て寝かせるよう足を曲げ他の部品とぶつからないよう取付けます。
- ⑤抵抗を取付けます。ここで取付ける全部で3本、R1～R3です。片側のみ足を折り曲げ立てるように取付けます。
- ⑥ポテンションメータ（VR1）を取付けます。シルク印刷の丸印に合わせ、足を挿入してください。
- ⑦バッテリースナップを取付けます。スナップの赤線を基板「V+」に、黒線を「V-」に取付けます。
- ⑧十二分にミスがないことを確認したのち、7136、LCDの順にソケットに挿入します。7136の向きはIC、シルク印刷及びICソケットの切り欠きマークにあわせま。LCDの向きはLCDのデッパリを同じくシルク印刷のデッパリにあわせま。
- ⑨以上で製作は終了です。

★調整

VR1により7136の35pin-36pin間を100.00mVに調整します。部品面からではLCDによりICピンに触れられないので、半田面より調整端子をとります。かなり見にくいのですが、レジスト(半田がらみはしないよう線印)により1、2の印字がしてあります。

もっとも確実な方法は4桁以上のデジタル電圧計にて100.00mVに校正する方法ですが、この電圧計と同程度の物で校正してもよいでしょう。

電圧計がない場合、以下に示す方法が校正の一応の目安となります。



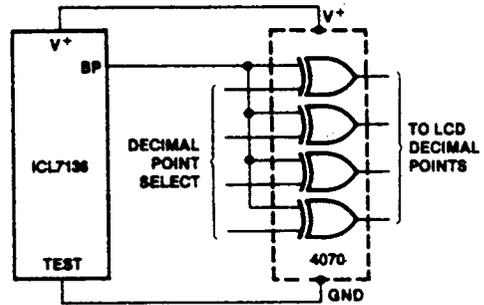
抵抗は全て±1%の物を使い、電池には新品(製造から1年以内)の水銀電池(公称起電力1.35V)を使用します。これにより表示が1227を表示する用にします。

★アプリケーション

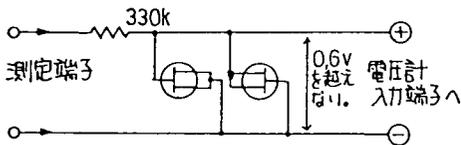
▷測定端子はIN-COM間です。INを測定端子「+」、COMを測定端子「-」とします。

▷LSIの入力バイアス電流が低いので、完成後はなるべく金属ケースに入れ、COM端子をケースに接地(接続)してください。金属ケースに入れられない場合でも、最低限基板下側はシールド板(生基板など)をおき、COM端子と接続してください。これを行わない場合最下位桁が不安定となります。

▷小数点点灯は簡易的には7136 TEST端子にDP1~DP3のいずれかを接続することにより点灯可能です。(液晶焼き付を起こすため本来は正しい方法ではありませんが、小数点の位置を変更しない場合には十分です。)分圧器などを付け、小数点を変更したい場合、右記のような方法をとってください。



▷入力保護 測定端子にIC最大入力レベル電圧以上の電圧がかかる可能性がある場合取付けます。



FETはなるべくリーク電流の少ない物を使用します。(I_{gss}10nA以下の物。2SK30など) FETに0.6Vを越えて電圧が印加されると、電流が流れはじめ、過大電圧をシャットします。

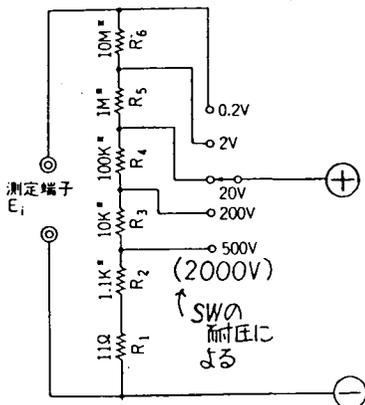
▷参考分圧器、分流器例

(オプション扱いです。当社では取り扱っていません。ご容赦ください。)

■分圧器

例. 20Vレンジのとき

$$E = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6} E_i = \frac{E_i}{100}$$



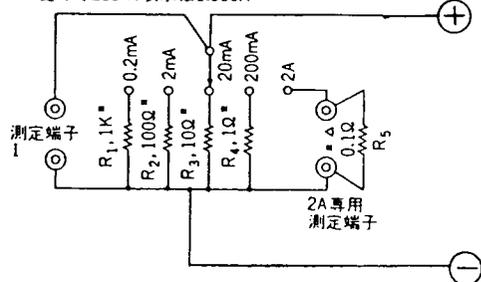
■分流器

$$E = I \times R_{1-5}$$

例. 2A端子でI=1Aなら

$$E = 1 \times 0.1 = 0.1V$$

従ってLCDの表示は1.000A



■印は10.5%または1%の抵抗器
▲印は1Ωの抵抗器を10本並列

§ デジタル温度計

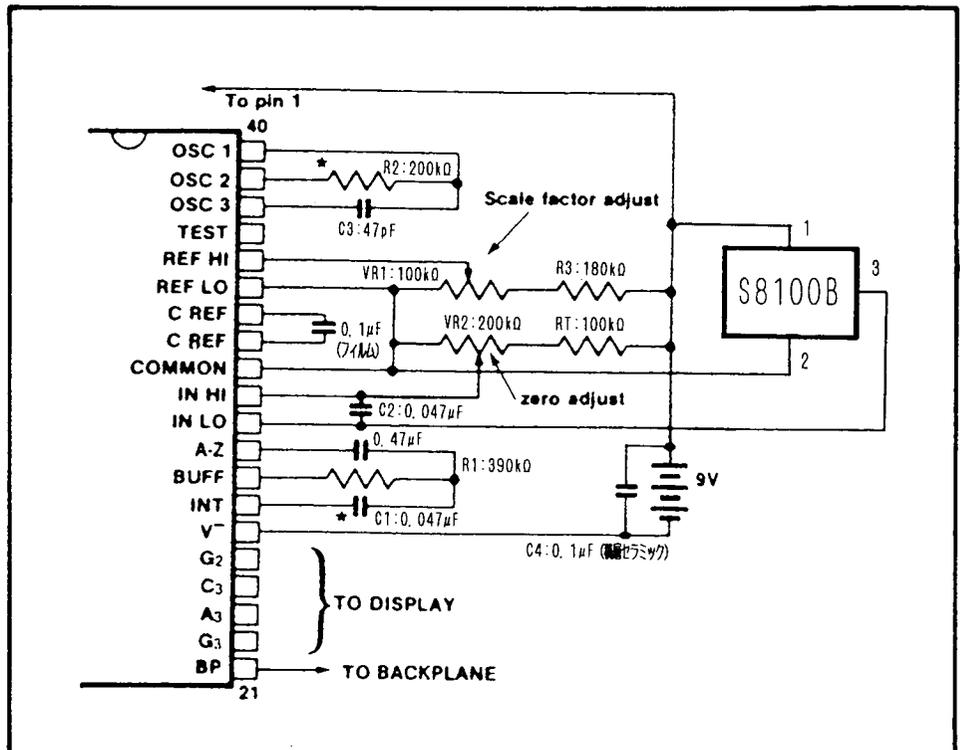
★基本機能

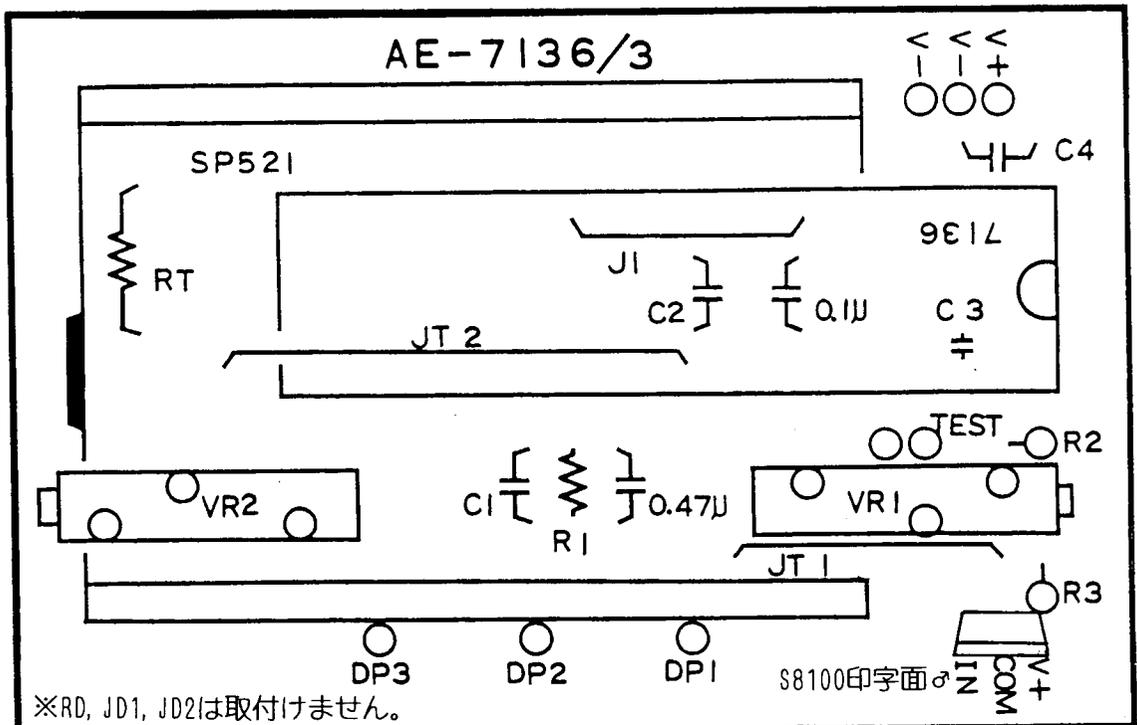
- ▷温度測定部 IC温度センサS8100B
- ▷測定温度範囲 -40~+100℃
- ▷最小分解能 0.1℃
- ▷計測時間 2.5回/毎秒 (50/60Hz地域共通)
- ▷電源電圧 DC9V単一 (006P電池を推奨)
- ▷オート極性表示

| パーツリスト | 数 | 用途 表示 代替品 基板表示 等 | |
|----------------|---|---------------------------|-------|
| ICL7136CPL | 1 | 3・1/2桁A/Dコンバータ | |
| S8100B | 1 | 三端子IC温度センサ | |
| *1S1588 | 1 | シリコンダイオード温度センサ | |
| SP521 | 1 | 3・1/2桁LCDディスプレイ | |
| 40PIN ICソケット | 2 | 7136、LCD用 | |
| 47pF セラミック | 1 | (47) | C3 |
| 0.047μFフィルムコン | 2 | (473) 0.047~0.068μF | C1、C2 |
| 0.1μF フィルムコン | 1 | (104) | |
| 0.1μF 積層セラミック | 1 | (104) 小型青胴体 | C4 |
| 0.47μF フィルムコン | 1 | (474) 0.33~0.47μF | |
| 100KΩポテンションメータ | 1 | 多回転半固定VR (104) | VR1 |
| 200KΩポテンションメータ | 1 | 多回転半固定VR (204) | VR2 |
| 100KΩ | 1 | (茶黒黒橙金) 金属皮膜抵抗±1% (50ppm) | RT |
| 180KΩ | 1 | (茶灰黒橙金) 金属皮膜抵抗±1% (50ppm) | R3 |
| 200KΩ | 1 | (赤黒黒橙金) 金属皮膜抵抗±1% (50ppm) | R2 |
| 390KΩ | 1 | (橙白黒橙金) 金属皮膜抵抗±1% (50ppm) | R1 |
| *470KΩ | 1 | (黄紫黒橙金) 金属皮膜抵抗±1% (50ppm) | (R3) |
| *1MΩ | 1 | (茶黒黒黄金) 金属皮膜抵抗±1% (50ppm) | (R1) |
| AE-7136/3 | 1 | 専用ボード47×72mm | |
| バッテリースナッチ | 1 | 006P9V電池用 | |

*は100℃以上を測定する場合のみ使用するオプション部品です。

■ 温度計 全回路図





★温度計製作

回路図と部品配置図をよく参照しどの部品がどこに付くか調べます。

- ①ジャンパー線（ジャンプする線）から半田付けしていきます。錫メッキ線や抵抗の余りリードを使用し基板を電氣的にジャンプします。ジャンパー線は全部で3本あります。J1、JT1、JT2の三本です。
 - ②C3を取付けます。これはICソケットを取付けた後では付けにくくなるためです。
 - ③先に加工したICソケット、LCDソケットを取付けます。ICソケットは切り欠きマークをシルク印刷と合わせ向きを決めます。この時基板の歪みを補正するよう取付けるとよいでしょう。
 - ④コンデンサを取付けます。ここで取付けるコンデンサは全部で5個、C1、C2、C4及び0.1 μ F、0.47 μ Fです。大きめのコンデンサ（C1、C2、0.1 μ F、0.47 μ F）は全て寝かせるよう足を曲げ他の部品とぶつからないよう取付けます。
 - ⑤抵抗を取付けます。全部で4本、R1～R3及びRTです。R1～R3は片側のみ足を折り曲げ立てるように取付けます。
 - ⑥ポテンションメータ（VR1、VR2）を取付けます。値を間違えないよう気をつけ、シルク印刷の丸印に合わせ、足を挿入してください。
 - ⑦S8100Bを取り付けます。完全調整する場合は、後述の調整の項の防水加工を施してから取付けます。センサを基板に乗せる場合はセンサ印字面を外側に向け、基板のIN、COM、V+端子に3本の足を挿入し取付けます。
- | | |
|-----|--------|
| 基板側 | センサ側 |
| IN | ⇔ Vout |
| COM | ⇔ Vss |
| V+ | ⇔ Vdd |
- ⑧バッテリースナップを取付けます。スナップの赤線を基板「V+」に、黒線を「V-」に取付けます。
 - ⑨十二分にミスがないことを確認したのち、7136、LCDの順にソケットに挿入します。7136の向きはIC、シルク印刷及びICソケットの切り欠きマークにあわせませす。LCDの向きはLCDのデッパリを同じくシルク印刷のデッパリにあわせませす。
 - ⑩以上で製作は終了です。

★調整

▷簡易的調整法。VR1により7136の35pin-36pin間を800mVに調整。(REF HI⇄REF LO電圧)
VR2により35pin-31pin間を1748mVに調整します(IN HI⇄COMMON(REF LO))。部品面からではLCDによりICピンに触れられないので、半田面より調整端子をとります。かなり見にくいのですが、レジスト(半田がのらないにすぎぬ)により1、2、3の印字がしてあります。1-2間が36pin-35pin間、2-3間が35pin-31pin間になります。この簡易調整法でも十分実用になります。ちなみにレジスト4印字はIN LO端子です。

▷完全調整法。氷点と沸点を利用し校正します。そのためセンサは防水加工を施します。

①0℃を作る：氷を細かく砕き(かき氷が最適)、ポットに入れる。この時は氷だけをポット8分目位迄入れる。ポットの蓋を閉めて、内部の温度が安定するまで30分以放置する。この間、温度計は、センサーをつないだまま、電源をONにし、動作を安定させる。

②ポットの中にセンサーを入れ、ポットの蓋にタオルか綿で栓をし、再び30分。

③VR2で、0℃になるよう調整する。

④100℃を作る：水を沸騰させセンサーを入れ5~6分。

⑤VR1で、表示が99℃になるよう調整する。ふつう、水を沸騰させても、正確な100℃にはなりません。(水質、気圧の関係で)から。

⑥これを2~3度繰り返す。

▷VR1 スケールアジャストVR

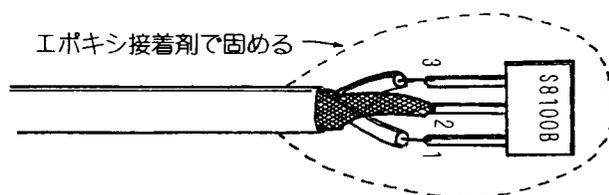
センサーは、一個一個多少特性が異なる

▷VR2 ゼロ アジャストVR

ので、センサーを変えた時はその都度調整してください。

▷センサの防水加工法

センサの引き回しにはかならずシールド線を使用してください。7136の入カインピーダンスが高いので、ノイズの影響を受けやすくなります。



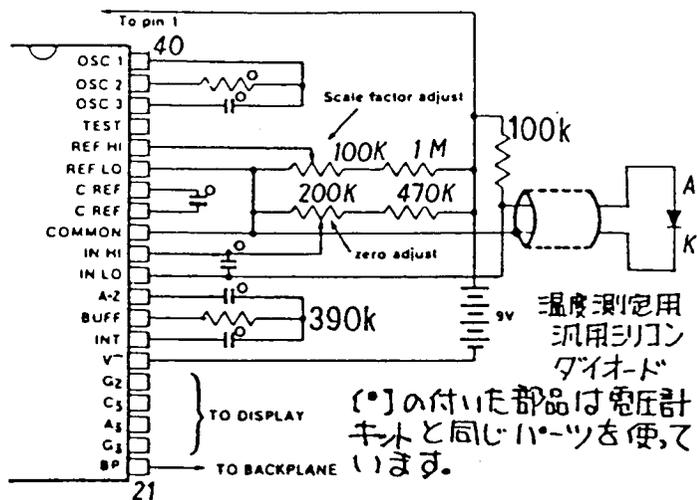
2芯シールド線が手に入らない場合でも、信号線(3番pin)はシールドしてください。

★アプリケーション

▷LSIの入カバイアス電流が低いので、完成後はなるべく金属ケースに入れ、COM端子をケースに接地(接続)してください。金属ケースに入れられない場合でも、最低限基板下側はシールド板(生基板など)をおき、COM端子と接続してください。これを行わない場合最下位桁が不安定となります。

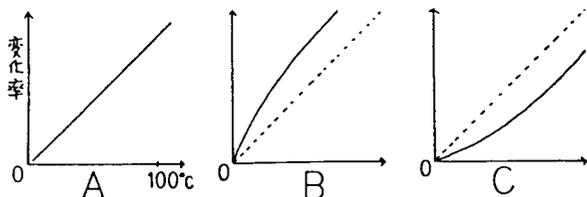
▷小数点点灯は簡易的には7136 TEST端子にDP1~DP3のいずれかを接続することにより点灯可能です。

▷100℃以上測定の場合はモデルチェンジ前のキット回路で、シリコンダイオードをセンサとしていた物の記載がありますので、こちらを参考にしてください。この場合、120~150℃までの測定が可能です。こちらの回路も組めるよう部品は含まれています。



作動原理について、

P-N 接合の半導体（シリコン製のもの）は、順方向電圧降下の温度特性として $-2\text{mV}/\text{K}$ の変化率をもっています。通常 20°C で約 0.6V の順方向電圧降下があり、例えば、 120°C になった場合、 100°C の温度差は、 $2\text{mV} \times 100 = 200\text{mV}$ の変化として順方向電圧降下を変化させ、 600mV 引く 200mV で 400mV となります。この「順方向電圧降下の温度変化率を利用して、温度を測定することができます。



温度計用としての理想的な半導体は A で示すようなリニアリティー（直線性）を持ったものが望まれますが、実際は B や C で示す特性になってしまいます。この為、A に極力近い特性を持った半導体が温度計用としては優れています。

また、温度計の測定範囲は、上記の特性とは別に、半導体作動温度範囲を越えると、リニアリティーが極端に悪くなり、下限ではほぼ $-20 \sim -30^\circ\text{C}$ 、上限では $120 \sim 150^\circ\text{C}$ と作動温度範囲が制限されるということから決まります。

更に上限温度を越えると、半導体の永久破壊につながるおそれがあります。

参考

応用例として.

特定の温度との誤差を測定する。(写真現像用の薬品液温測定など).

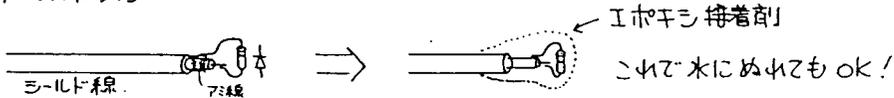
[前ページの調整を完全に行ってから]

例えば, 設定温度を 20°C とします.

20°C の水の中にセンサーを入れ, VR.2 で表示 20 から 0 に調整する.

25° の水温は 5°C , 17° の水温は -3°C と表示されます.
(気温) (気温)

センサーの作り方

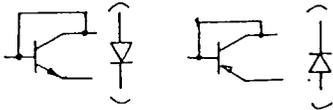


☆センサーを延ばす場合, 必ずシールド線を使って, 長さは最長 1m まで.

センサーについて.

センサーは, キットに入っているダイオードだけではなく, P-N 接合の半導体(シリコン製)のものなら向でも使えます.

ダイオードの他にトランジスタも使えます。(トランジスタの中には 150°C まで使えるものがあるため, 高温測定(油の温度測定など)には適しています.)



センサー用の Tr としては, 小型のメタルパッケージのものが, 熱伝導性の面で適しています.

作動原理のところでも示した A の特性に近いセンサーを シェルフ箱の中から さか出し
て使えば, 高精度の温度計になります。ただし, Tr の 金属ケース, E, C, B のうちの
いすれかがか つながっているタイプは不可。

■電圧計・温度計共通トラブルシューティング■

◎表示はするが1666を表示した後薄く消えていく。

1666は7136内部オシレータが発振していない警告表示です。C3、R2の値を調べ直す、半田不良を探ってください。

◎1セグメントだけどうしても点灯しない。

基板パターンがかなり細くなっていますので、思わぬところでパターンが剥離してしまいがちです。7136、LCDのピンで導通チェックを行なってください。

◎1表示又は-1表示のまま何も変動しない。

7136のリファレンス電圧と入力電圧の比が1:2を越えると表示するオーバフロー表示です。ほとんどの場合リファレンス電圧がなんらかの理由で、0mVである場合に発生します。半田面レジスト抜き印刷で、1-2、3-4間電圧の比が1:2(7136pinNo. 35-36、30-31)を越えていないことをテストで確認してみてください。もし1-2間が0mVならVR1、R3周辺を調べます。

◎最下位桁が安定しない。

ほとんどの場合が外遊ノイズの影響です。前述してあるシールド対策を完全に行なってください。また内部オシレータの大幅なずれもこの現象が起こります。内部発振周波数は、商用電源ノイズの影響を最小にする周波数を選択しなければなりません。日本では50/60Hz地域で使えるよう40kHzを選択していますがこれが大幅にずれると安定度が悪くなります。周波数の調べ方は、ICの発振端子にプローブをあてると周波数がずれてしまうので、液晶コモン周波数が50Hzになっているか調べてください。

◎同じ値の正負電圧を入力しても同じ値にならない。

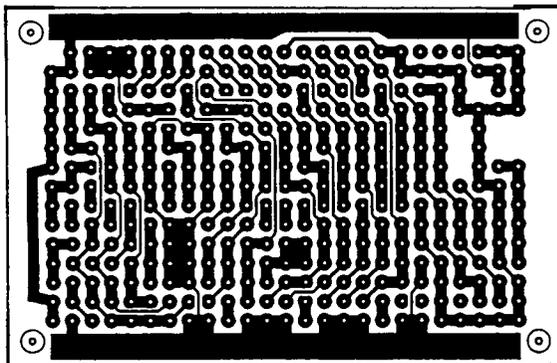
積分コンデンサには使用に耐えうるものを選択し同梱していますが、もしリーク電流が多いとこの現象が発生します。積分コンデンサであるC1を良質のものと交換してください。

◎他の回路を外付けしたら動作が異常になった。

外付け回路との電源が共通になっていませんか。7136のV+、V-、COMはそれぞれ独立した電圧をもっています。とくにV+~COM間はリファレンス電圧として2.9Vの固定電位がありますので、外付け回路との電源共通化にはできません。

◎とにかく動かない。

基板パターンを示します。もう一度半田ショート、不良を探ってみてください。パターンが細いので、うっかりしたところで隣とくっついていませんか。



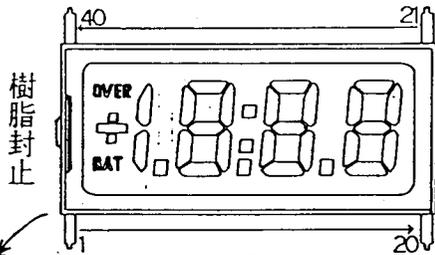
LCD SP521PR

ICL7136 用 液晶表示器

▷ 文字高, 12.7mm 高コントラスト 3 1/2 桁

▷ 最大定格 印加電圧 10V
 動作温度 -10~55℃ ⇒ リードを直接ハンダ付する場合は、
 保存 : -20~60℃ ⇒ 高温に要注意!

直流点燈不可 (テストでのチェック不可)



LCDの#1, #40 コモンは
LCD内部でつながっています

光を表示面にあて反射させると、透明電極
がうすく見える。

| (ピンの意味) | #No | | # |
|--------------|------|-------------|------|
| 1 (COMMON) | # 21 | 24 (3b) | # 11 |
| ※ (NC) | 無接続 | 25 (3a) | # 12 |
| 2 (マイナス・マーク) | # 20 | 26 (3f) | # 13 |
| 3 (1bc) | # 19 | 27 (3g) | # 25 |
| 8 (DP3) | 小数点 | ※ (NC) | 無接続 |
| 9 (2e) | # 18 | ※ (NC) | 無接続 |
| ※ (NC) | 無接続 | 29 (2b) | # 16 |
| 10 (2d) | # 15 | 30 (2a) | # 23 |
| 11 (2c) | # 24 | 31 (2f) | # 17 |
| 12 (DP2) | 小数点 | ※ (NC) | 無接続 |
| 13 (3e) | # 14 | 32 (2g) | # 22 |
| ※ (NC) | 無接続 | ※ (NC) | 無接続 |
| ※ (NC) | 無接続 | ※ (NC) | 無接続 |
| 14 (3d) | # 9 | ※ (NC) | 無接続 |
| 15 (3c) | # 10 | 40 (COMMON) | # 21 |
| ※ (NC) | 無接続 | | |
| 16 (DP1) | 小数点 | | |
| 17 (4e) | # 8 | | |
| 18 (4d) | # 2 | | |
| 19 (4c) | # 3 | | |
| 20 (4b) | # 4 | | |
| 21 (4a) | # 5 | | |
| 22 (4f) | # 6 | | |
| 23 (4g) | # 7 | | |
| ※ (NC) | 無接続 | | |

漏れ電流で未使用セグメントが
表示されてしまう場合には
21番(1/40番)に接続してください。
(LCDのバック・プレートと同電位に
することで、不要セグメントの表示を
防止することができます)

7136電圧計, 温度計追加データ

- ※ パーツリスト中の 0.47μF フィルムコンデンサは 1μF (105) フィルムコンデンサの場合があります。大きめの容量を使用する事により、安定度を向上できます。
- ※ パーツリスト中 C1, C2 0.047μF (473) フィルムコンデンサは 0.033μF ~ 0.068μF の範囲のフィルムコンデンサが入っています。

LCD表面の紫色のシールは、
ガラス表面の保護用です。使用時には
剥がしてください。(セロテープで
簡単に引きはがせます。)

↑ ICL7136のピン
(LSI → LCDピン対応表)

ICL7136

3 1/2-Digit LCD Low Power A/D Converter

GENERAL DESCRIPTION

The Intersil ICL7136 is a high performance, very low power 3 1/2-digit A/D converter. All the necessary active devices are contained on a single CMOS IC, including seven-segment decoders, display drivers, reference, and clock. The 7136 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a backplane drive. The supply current is under 100µA, ideally suited for 9V battery operation.

The 7136 brings together an unprecedented combination of high accuracy, versatility, and true economy. High accuracy, like auto-zero to less than 10µV, zero drift of less than 1µV/°C, input bias current of 10pA max., and rollover error of less than one count. The versatility of true differential input and reference is useful in all systems, but gives the designer an uncommon advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge-type transducers. And finally the true economy of single power supply operation allows a high performance panel meter to be built with the addition of only 7 passive components and a display.

The ICL7136 is an improved version of the ICL7126, eliminating the overrange hangover and hysteresis effects, and should be used in its place in all applications. It can also be used as a plug-in replacement for the ICL7106 in a wide variety of applications, changing only the passive components.

FEATURES

- First-Reading Recovery From Overrange Gives Immediate "OHMS" Measurement
- Guaranteed Zero Reading for 0V Input
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference
- Direct LCD Display Drive — No External Components Required
- Pin Compatible With The ICL7106, ICL7126
- Low Noise — 15µVp-p Without Hysteresis or Overrange Hangover
- On-Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation, Guaranteed Less Than 1mW — Gives 8,000 Hours Typical 9V Battery Life
- No Additional Active Circuits Required
- Evaluation Kit Available (ICL7136EV/KIT)

ORDERING INFORMATION

| Part Number | Temperature Range | Package |
|---------------|-------------------|----------------------|
| ICL7136CM44 | 0°C to +70°C | 44-Pin Surface Mount |
| ICL7136CPL | 0°C to +70°C | 40-Pin Plastic DIP |
| ICL7136RCPL | 0°C to +70°C | 40-Pin Plastic DIP |
| ICL7136EV/KIT | | EVALUATION KIT |

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

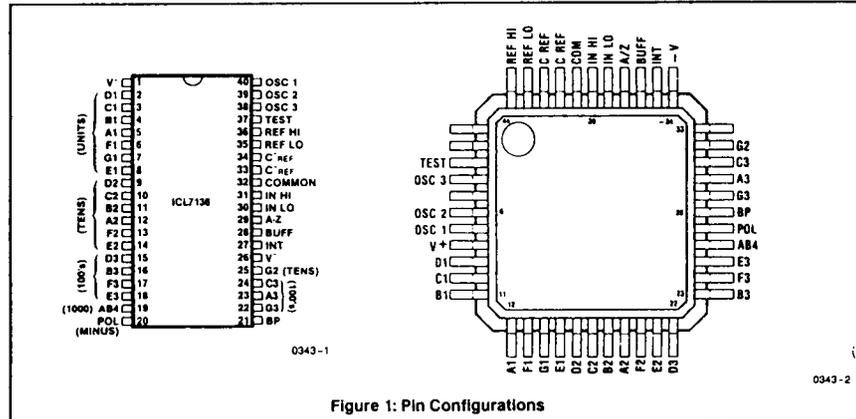
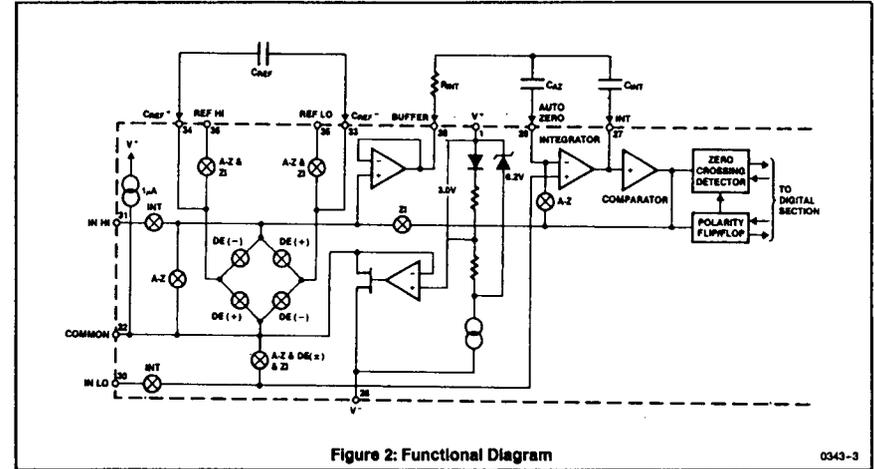
| | |
|---|------------|
| Supply Voltage (V+ to V-) | 15V |
| Analog Input Voltage (either input)(Note 1) | V+ to V- |
| Reference Input Voltage (either input) | V+ to V- |
| Clock Input | TEST to V+ |

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Power Dissipation (Note 2) | |
| Ceramic Package | 1000mW |
| Plastic Package | 800mW |
| Operating Temperature | 0°C to +70°C |
| Storage Temperature | -65°C to +150°C |
| Lead Temperature (Soldering, 10sec) | 300°C |

Note 1: Input voltages may exceed the supply voltages, provided the input current is limited to ±100µA.

Note 2: Dissipation rating assumes device is mounted with all leads soldered to printed circuit board.

NOTE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Notes 3, 7)

| Parameter | Test Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|---|---|--------|----------|--------|-----------------|
| Zero Input Reading | V _{IN} = 0.0V Full-Scale = 200.0mV | -000.0 | ±000.0 | +000.0 | Digital Reading |
| Ratiometric Reading | V _{IN} = V _{REF} , V _{REF} = 100mV | 999 | 999/1000 | 1000 | Digital Reading |
| Roll-Over Error (Difference in reading for equal positive and negative reading near full-scale) | -V _{IN} = +V _{IN} ≈ 200.0mV | -1 | ±0.2 | +1 | Counts |
| Linearity (Max. deviation from best straight line fit) | Full-scale = 200mV or Full-Scale = 2.000V | -1 | ±0.02 | +1 | Counts |
| Common-Mode Rejection Ratio (Note 4) | V _{CM} = ±1V, V _{IN} = 0V Full-Scale = 200.0mV | | 50 | | µV/V |
| Noise (Pk-Pk value not exceeded 95% of time) | V _{IN} = 0V, Full Scale = 200.0mV | | 15 | | µV |
| Leakage Current @ Input | V _{IN} = 0V | | 1 | 10 | pA |

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Notes 3, 7) (Continued)

| Parameter | Test Conditions | Min | Typ | Max | Unit |
|---|--|-----|-----|-----|------------------|
| Zero Reading Drift | $V_{IN} = 0V, 0^\circ C < T_A < +70^\circ C$ | | 0.2 | 1 | $\mu V/^\circ C$ |
| Scale Factor Temperature Coefficient | $V_{IN} = 199.0mV, 0^\circ C < T_A < +70^\circ C$ (Ext. Ref. Oppm/°C) | | 1 | 5 | ppm/°C |
| Supply Current (Does not include COMMON current) | $V_{IN} = 0V$ (Note 6) | | 70 | 100 | μA |
| Analog COMMON Voltage (With respect to positive supply) | 250k Ω between Common and Positive Supply | 2.4 | 2.8 | 3.2 | V |
| Temp. Coeff. of Analog COMMON (With respect to positive supply) | 250k Ω between Common and Positive Supply | | 150 | | ppm/°C |
| Pk-Pk Segment Drive Voltage (Note 5) | V^+ to $V^- = 9V$ | 4 | 5 | 6 | V |
| Pk-Pk Backplane Drive Voltage (Note 5) | V^+ to $V^- = 9V$ | 4 | 5 | 6 | V |
| Power Dissipation Capacitance | vs Clock Frequency | | 40 | | pF |

NOTES: 3. Unless otherwise noted, specifications apply at $T_A = 25^\circ C$, $f_{clock} = 16kHz$ and are tested in the circuit of Figure 4.

- Refer to "Differential Input" discussion.
- Backplane drive is in phase with segment drive for "off" segment, 180° out of phase for "on" segment. Frequency is 20 times conversion rate. Average DC component is less than 50mV.
- 48kHz oscillator, Figure 5, increases current by 20 μA (typ).
- Extra capacitance of CERDIP package changes oscillator resistor value to 470k Ω or 150k Ω (1 reading/sec or 3 readings/sec).

TEST CIRCUITS

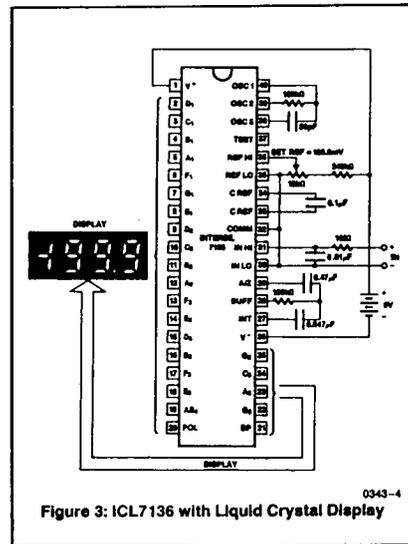


Figure 3: ICL7136 with Liquid Crystal Display

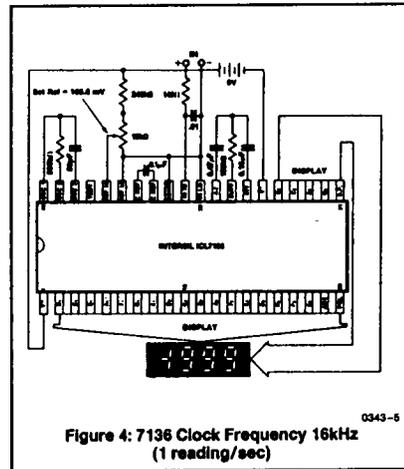


Figure 4: 7136 Clock Frequency 16kHz (1 reading/sec)

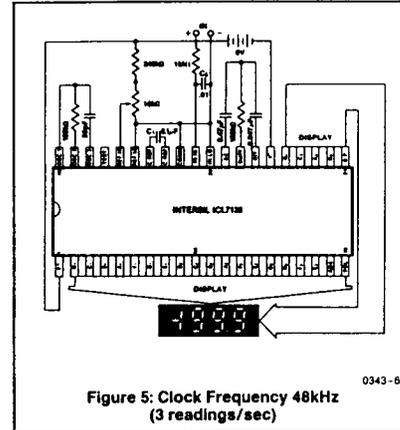


Figure 5: Clock Frequency 48kHz (3 readings/sec)

DETAILED DESCRIPTION (Analog Section)

Figure 2 shows the Functional Diagram of the Analog Section for the ICL7136. Each measurement cycle is divided into four phases. They are 1) auto-zero (A-Z), 2) signal integrate (INT), 3) de-integrate (DE) and 4) zero integrator (Z).

AUTO-ZERO PHASE

During auto-zero three things happen. First, input high and low are disconnected from the pins and internally shorted to analog COMMON. Second, the reference capacitor is charged to the reference voltage. Third, a feedback loop is closed around the system to charge the auto-zero capacitor, C_{AZ} , to compensate for offset voltages in the buffer amplifier, integrator, and comparator. Since the comparator is included in the loop, the A-Z accuracy is limited only by the noise of the system. In any case, the offset referred to the input is less than 10 μV .

SIGNAL INTEGRATE PHASE

During signal integrate, the auto-zero loop is opened, the internal short is removed, and the internal input high and low are connected to the external pins. The converter then integrates the differential voltage between IN HI and IN LO for a fixed time. This differential voltage can be within a wide common-mode range; within 1V of either supply. If, on the other hand, the input signal has no return with respect to the converter power supply, IN LO can be tied to analog COMMON to establish the correct common-mode voltage. At the end of this phase, the polarity of the integrated signal is determined.

DE-INTEGRATE PHASE

The next phase is de-integrate, or reference integrate. Input low is internally connected to analog COMMON and input high is connected across the previously charged reference capacitor. Circuitry within the chip ensures that the

capacitor will be connected with the correct polarity to cause the integrator output to return to zero. The time required for the output to return to zero is proportional to the input signal. Specifically, the digital reading displayed is 1000 (V_{IN}/V_{REF}).

ZERO INTEGRATOR PHASE

The final phase is zero integrator. First, input low is shorted to analog COMMON. Second, the reference capacitor is charged to the reference voltage. Finally, a feedback loop is closed around the system to input high to cause the integrator output to return to zero. Under normal conditions, this phase lasts for between 11 to 140 clock pulses, but after a "heavy" overrange conversion, it is extended to 740 clock pulses.

Differential Input

The input can accept differential voltages anywhere within the common-mode range of the input amplifier; or specifically from 0.5V below the positive supply to 1.0V above the negative supply. In this range the system has a CMRR of 86dB typical. However, since the integrator also swings with the common-mode voltage, care must be exercised to assure the integrator output does not saturate. A worst case condition would be a large positive common-mode voltage with a near full-scale negative differential input voltage. The negative input signal drives the integrator positive when most of its swing has been used up by the positive common-mode voltage. For these critical applications the integrator swing can be reduced to less than the recommended 2V full-scale swing with little loss of accuracy. The integrator output can swing within 0.3V of either supply without loss of linearity.

Differential Reference

The reference voltage can be generated anywhere within the power supply voltage of the converter. The main source of common-mode error is a roll-over voltage caused by the reference capacitance losing or gaining charge to stray capacity on its nodes. If there is a large common-mode voltage, the reference capacitor can gain charge (increase voltage) when called up to de-integrate a positive signal but lose charge (decrease voltage) when called up to de-integrate a negative input signal. This difference in reference for (+) or (-) input voltage will give a roll-over error. However, by selecting the reference capacitor large enough in comparison to the stray capacitance, this error can be held to less than 0.5 count for the worst case condition (see Component Values Selection).

Analog Common

This pin is included primarily to set the common-mode voltage for battery operation or for any system where the input signals are floating with respect to the power supply. The COMMON pin sets a voltage that is approximately 3.0V more negative than the positive supply. This is selected to give a minimum end-of-life battery voltage of about 6V. However, analog COMMON has some of the attributes of a reference voltage. When the total supply voltage is large enough to cause the zener to regulate (>7V), the COMMON voltage will have a low voltage coefficient (0.001%/%), low output impedance ($\approx 35\Omega$), and a temperature coefficient typically less than 150ppm/°C.

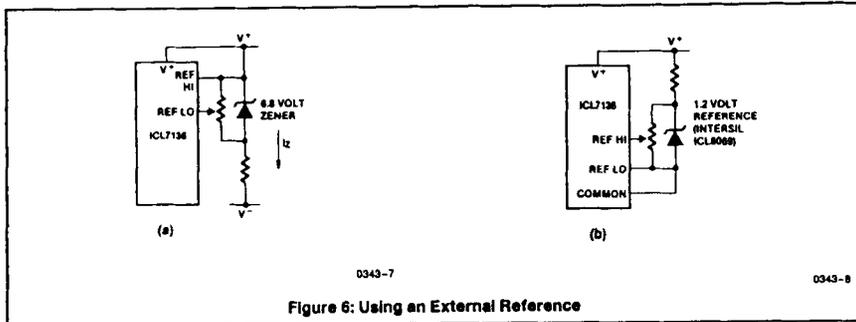


Figure 6: Using an External Reference

The limitations of the on-chip reference should also be recognized, however. The reference temperature coefficient (TC) can cause some degradation in performance. Temperature changes of 2°C to 8°C, typical for instruments, can give a scale factor error of a count or more. Also, the COMMON voltage will have a poor voltage coefficient when the total supply voltage is less than that which will cause the zener to regulate (<7V). These problems are eliminated if an external reference is used, as shown in Figure 6.

Analog COMMON is also used as the input low return during auto-zero and de-integrate. If IN LO is different from analog COMMON, a common-mode voltage exists in the system and is taken care of by the excellent CMRR of the converter. However, in some applications IN LO will be set at a fixed known voltage (power supply common for instance). In this application, analog COMMON should be tied to the same point, thus removing the common-mode voltage from the converter. The same holds true for the reference voltage. If the reference can be conveniently referred to analog COMMON, it should be since this removes the common-mode voltage from the reference system.

Within the IC, analog COMMON is tied to an N channel FET which can sink 3mA or more of current to hold the voltage 3.0V below the positive supply (when a load is trying to pull the common line positive). However, there is only 1µA of source current, so COMMON may easily be tied to a more negative voltage, thus overriding the internal reference.

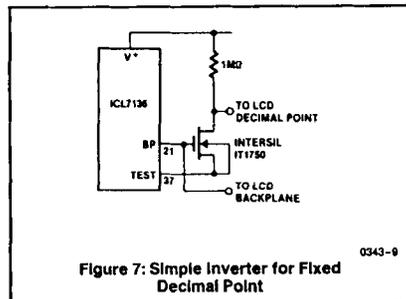


Figure 7: Simple Inverter for Fixed Decimal Point

TEST

The TEST pin serves two functions. It is coupled to the internally generated digital supply through a 500Ω resistor. Thus, it can be used as the negative supply for external segment drivers such as for decimal points or any other presentation the user may want to include on the LCD display. Figures 7 and 8 show such an application. No more than a 1mA load should be applied.

The second function is a "lamp test." When TEST is pulled high (to V+) all segments will be turned on and the display should read -1888. The TEST pin will sink about 10mA under these conditions.

Caution: In the lamp test mode, the segments have a constant DC voltage (no square-wave). This may burn the LCD display if maintained for extended periods.

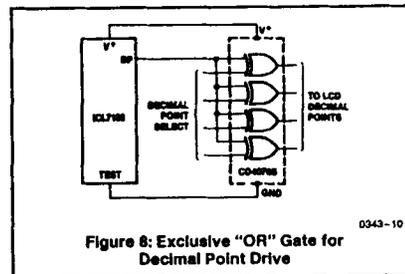


Figure 8: Exclusive "OR" Gate for Decimal Point Drive

DETAILED DESCRIPTION (Digital Section)

Figure 9 shows the digital section for the 7136. An internal digital ground is generated from a 6V Zener diode and a large P channel source follower. This supply is made stiff to absorb the relatively large capacitive currents when the backplane (BP) voltage is switched. The BP frequency is the clock frequency divided by 800. For three readings/second this is a 60Hz square-wave with a nominal amplitude of 5V. The segments are driven at the same frequency and

DISPLAY FONT

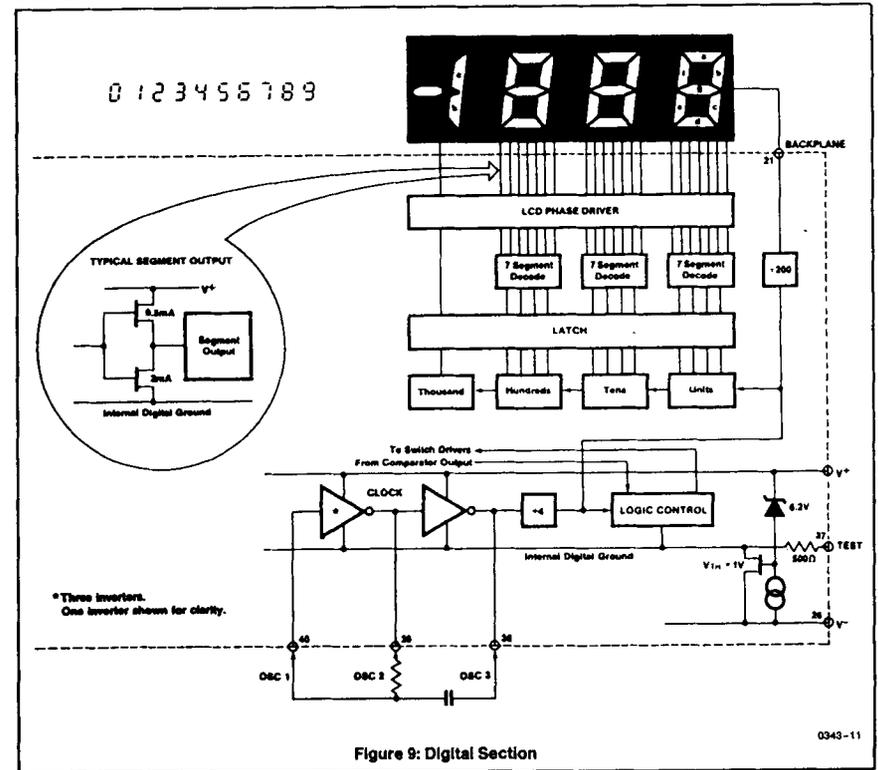


Figure 9: Digital Section

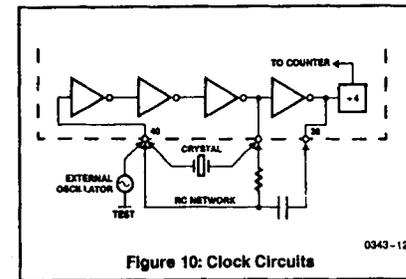


Figure 10: Clock Circuits

amplitude and are in phase with BP when OFF, but out of phase when ON. In all cases negligible DC voltage exists across the segments. The polarity indication is "ON" for negative analog inputs. If IN LO and IN HI are reversed, this indication can be reversed also, if desired.

System Timing

Figure 10 shows the clock oscillator provided in the 7136. Three basic clocking arrangements can be used:

1. An external oscillator connected to pin 40.
2. A crystal between pins 39 and 40.
3. An RC oscillator using all three pins.

The oscillator frequency is divided by four before it clocks the decade counters. It is then further divided to form the

four convert-cycle phases. These are signal integrate (1000 counts), reference de-integrate (0 counts to 2000 counts), zero integrator (11 counts to 140 counts*) and auto-zero (910 counts to 2900 counts). For signals less than full-scale, auto-zero gets the unused portion of reference de-integrate and zero integrator. This makes a complete measure cycle of 4000 (16,000 clock pulses) independent of input voltage. For three readings/second, an oscillator frequency of 48kHz would be used.

To achieve maximum rejection of 60Hz pickup, the signal integrate cycle should be a multiple of the 60Hz period. Oscillator frequencies of 60kHz, 48kHz, 40kHz, 33½kHz, etc. should be selected. For 50Hz rejection, oscillator frequencies of 66½kHz, 50kHz, 40kHz, etc. would be suitable. Note that 40kHz (2.5 readings/second) will reject both 50Hz and 60Hz (also 400Hz and 440Hz). See also A052.

COMPONENT VALUE SELECTION

(See also A052)

Integrating Resistor

Both the buffer amplifier and the integrator have a class A output stage with 6µA of quiescent current. They can supply ~ 1µA of drive current with negligible non-linearity. The integrating resistor should be large enough to remain in this very linear region over the input voltage range, but small enough that undue leakage requirements are not placed on the PC board. For 2V full-scale, 1.8MΩ is near optimum, and similarly 180kΩ for a 200.0mV scale.

Integrating Capacitor

The integrating capacitor should be selected to give the maximum voltage swing that ensures tolerance build-up will not saturate the integrator swing (approx. 0.3V from either supply). When the analog COMMON is used as a reference, a nominal ±2V full-scale integrator swing is fine. For three readings/second (48kHz clock) nominal values for C_{INT} are 0.047µF, for 1 reading/second (16kHz) 0.15µF. Of course, if different oscillator frequencies are used, these values should be changed in inverse proportion to maintain the same output swing.

The integrating capacitor should have low dielectric absorption to prevent roll-over errors. While other types may be adequate for this application, polypropylene capacitors give undetectable errors at reasonable cost.

Auto-Zero Capacitor

The size of the auto-zero capacitor has some influence on the noise of the system. For 200mV full-scale where noise is very important, a 0.47µF capacitor is recommended. The Z1 phase allows a large auto-zero capacitor to be used without causing the hysteresis or overrange hangover problems that can occur with the ICL7126 or ICL7106 (see A032).

Reference Capacitor

A 0.1µF capacitor gives good results in most applications. However, where a large common-mode voltage exists (i.e., the REF LO pin is not at analog COMMON) and a 200mV scale is used, a larger value is required to prevent roll-over error. Generally, 1.0µF will hold the roll-over error to 0.5 count in this instance.

*After an overranged conversion of more than 2060 counts, the zero integrator phase will last 740 counts, and auto-zero will last 260 counts.

Oscillator Components

For all ranges of frequency a 50pF capacitor is recommended and the resistor is selected from the approximate equation $f = 0.45/RC$. For 48kHz clock (3 readings/second), $R = 180kΩ$, for 16kHz, $R = 560kΩ$.

Reference Voltage

The analog input required to generate full-scale output (2000 counts) is $V_{IN} = 2V_{REF}$. Thus, for the 200.0mV and 2.000V scale, V_{REF} should equal 100.0mV and 1.000V, respectively. However, in many applications where the A/D is connected to a transducer, there will exist a scale factor other than unity between the input voltage and the digital reading. For instance, in a weighing system, the designer might like to have a full-scale reading when the voltage from the transducer is 0.682V. Instead of dividing the input down to 200.0mV, the designer should use the input voltage directly and select $V_{REF} = 0.341V$. A suitable value for the integrating resistor would be 330kΩ. This makes the system slightly quieter and also avoids the necessity of a divider network on the input. Another advantage of this system occurs when a digital reading of zero is desired for $V_{IN} \neq 0$. Temperature and weighing systems with a variable tare are examples. This offset reading can be conveniently generated by connecting the voltage transducer between the COMMON and the variable (or fixed) offset voltage between COMMON and IN LO.

TYPICAL APPLICATIONS

The 7136 may be used in a wide variety of configurations. The circuits which follow show some of the possibilities, and serve to illustrate the exceptional versatility of these A/D converters.

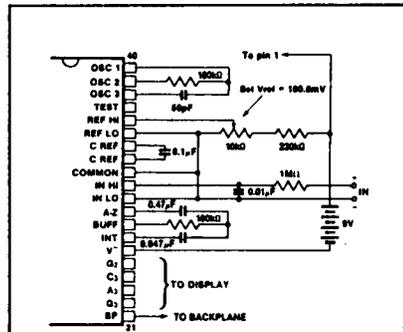


Figure 11: 7136 Using the Internal Reference

Values shown are for 200.0mV full-scale, 3 readings/sec, floating supply voltage (9V battery).

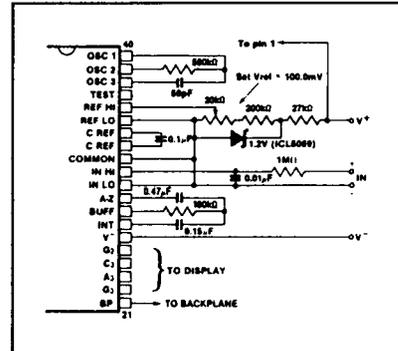


Figure 12: 7136 with an External Band-Gap Reference (1.2V Type)

IN LO is tied to COMMON, thus establishing the correct common-mode voltage. COMMON acts as a pre-regulator for the reference. Values shown are for 1 reading/sec.

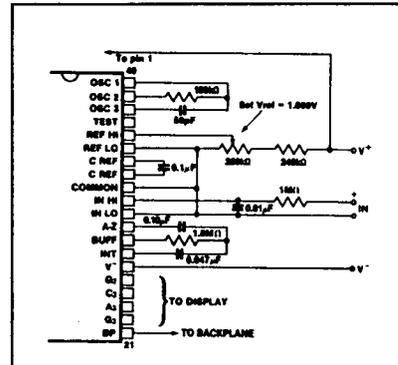


Figure 13: Recommended Component Values for 2.000V Full-Scale, 3 Readings/Sec

For 1 reading/sec, change C_{INT}, R_{OSC} to values of Figure 12.

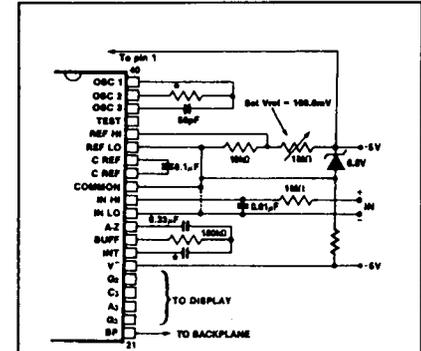


Figure 14: 7136 with Zener Diode Reference

Since low TC zeners have breakdown voltages ~ 6.8V, diode must be placed across the total supply (10V). As in the case of Figure 13, IN LO may be tied to COMMON.

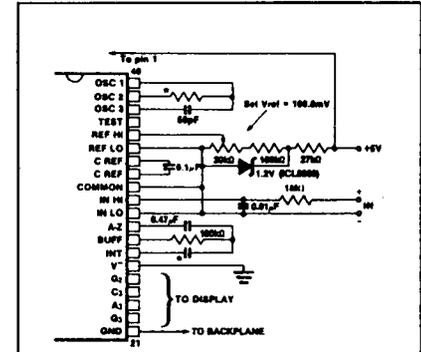


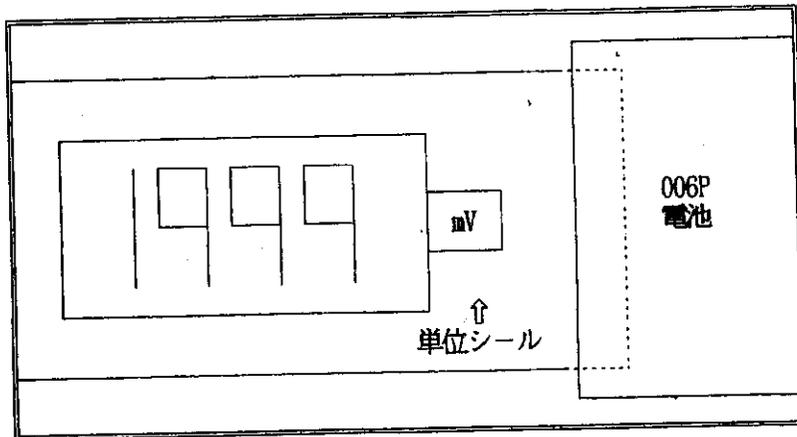
Figure 15: 7136 Operated from Single +5V Supply

An external reference must be used in this application, since the voltage between V+ and V- is insufficient for correct operation of the internal reference.

導電シールの使い方

ICL7136はシールド板がないと安定度が著しく低下します。プラケースで使用する場合、導電シールを基板裏側のケース部分にはりつけCOM端子を接地します。導電シールは半田付はできないので、卵ラグをネジ止めするか、ビニール線を5cmぐらい（出来るだけ長く）皮をむき、テープでしっかりと接地止めしてください。また導電シールが基板とショートしないよう十分注意してください。あまり間隔がない場合、紙などの絶縁材を挿んでください。

ケースの使い方



少し重なるように入れ、電池で基板を固定します。↑
導電シールはケースの外側にはるか、シール台紙ごと基板とケースの間に挟み込んでください。（基板とショートしないようにするため）