

Cortex-M3 搭載 LPC1343 基板で作る

簡易 FPGA 書き込み器

第 1 部 簡易 FPGA 書き込み器概要

2014年12月 1日

初版

よし ひろし

第 1 部 簡易 FPGA 書き込み器概要

FPGA(Field Programmable Gate Array)は、内蔵されている SRAM に回路情報(コンフィグレーション・データ)を書き込むことで、回路をユーザー要求に合うように構成することができます。

SRAM にコンフィグレーション・データを設定するには、FPGA の外部にフラッシュ ROM を用意し、回路情報を書き込んでおき、電源投入時に FPGA から読み出す方法と、外部から SRAM に直接書き込み方法があります。

ここでは、ARM Cortex-M3 仕様の LPC1343 を用いた簡易書き込み器を紹介します。

本書き込み器では、ザイリンクス社の FPGA やアルテラ社の FPGA や、ラティス社の FPGA のコンフィグレーション・データを、外付けフラッシュ ROM や内臓 SRAM に書き込んで動作させることが可能になります。

第 1 部では、書き込み器のハードウェアと書き込み器の準備について説明します。

下図に、書き込み器の接続例を示します。

書き込み機本体には LPC1343 基板を用いて、書き込み器用ファームウェアをフラッシュ ROM に書き込んでおきます。パソコン上の書き込み用アプリケーション(FPGAwr.exe)から、仮想通信ポートを使って LPC1343 を用いた書き込み器経由でターゲットの FPGA に回路情報を書き込みます。

第 1 部では、LPC1343 を書き込み器として使えるようにする方法と、ドライバのインストール、ケーブルについて説明します。

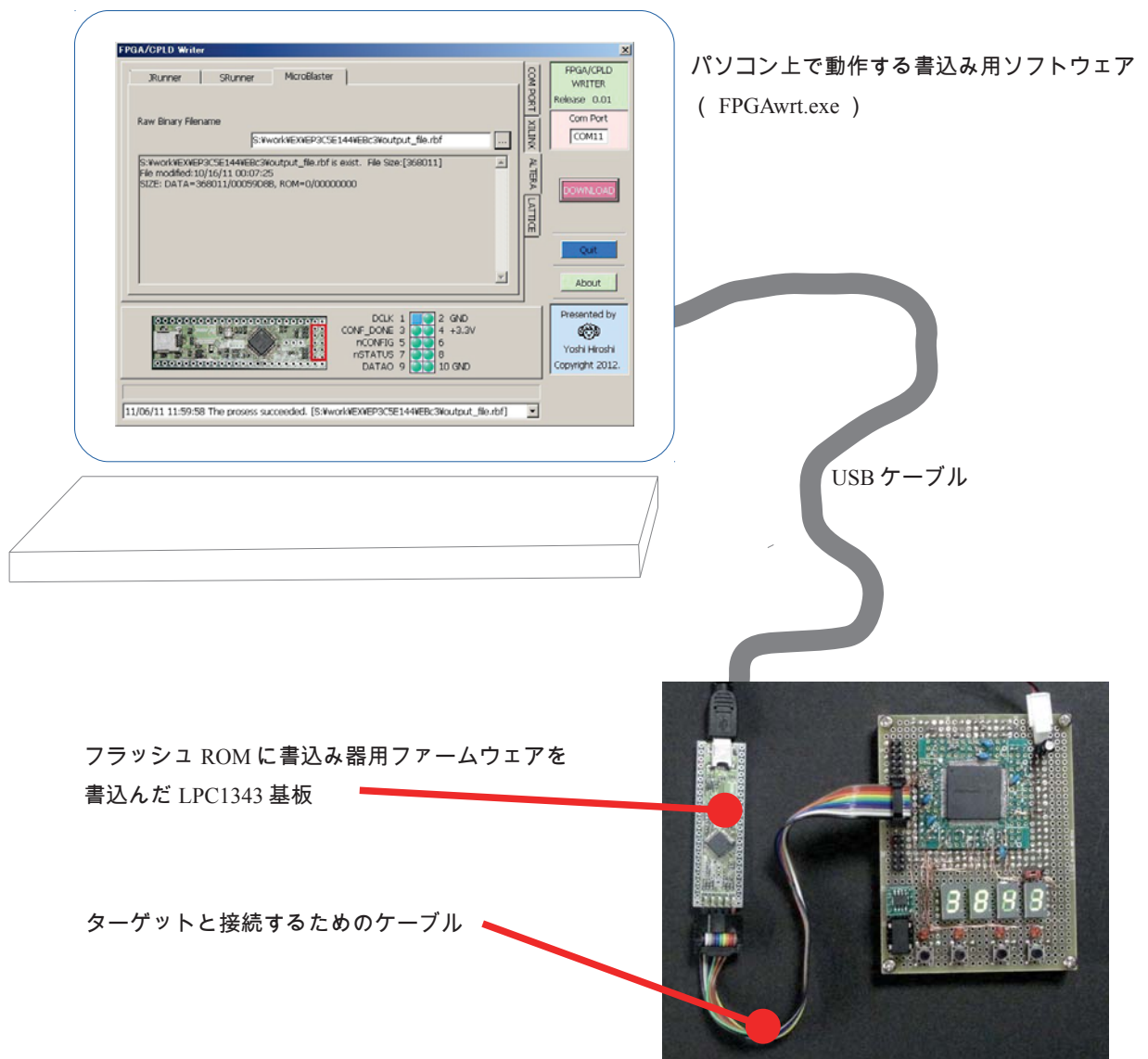


図 1 書き込み器の接続例

1 ■簡易 FPGA 書き込み器の概要

1.1 ●ハードウェア概要

ARM Cortex-M3 アーキテクチャの 32 ビットマイコン LPC1343 を使用して、簡易 FPGA 書き込み器を作成します。

LPC1343 には、USB インターフェースが搭載されているので、パソコンと容易に接続できるのが特徴です。

LPC1343 にはブートローダが搭載されています。ブートローダが動作しているときは、USB メモリとしてパソコンから認識されるので、ファイルを入れ替えるだけでファームウェアの書き換えができるようになっています。

また、ファームウェアで USB 経由でシリアル通信が行えるようになっているので、パソコンとマイコンを連携して動作させることが容易に実現できます。

この USB 内蔵マイコン LPC1343 を利用して、簡易 FPGA 書き込み器を実現しました。

基板の外観を写真 1 に示します。



写真1 LPC1343 基板の外観

この基板の回路図を次ページ図 2 に示します。32 ビット ARM マイコン LPC1343 を基板に実装して、電源や水晶振動子などを接続してマイコンとして動作するようにしただけの、とてもシンプルな回路です。

FPGA 書き込み器としての特徴は、CN4 にあります。コネクタ接続されている各信号線には、100 Ω の抵抗が接続されています。間違えて他の信号線や電源などと接触しても破損しにくくなっています。また、信号の反射の影響を減らすことができます。

このコネクタの信号線は、シリアル通信用の信号線と SPI 信号を出力しているのだけなので、ユーザーがファームウェアを組むなどして他の独自用途にも使いやすいようにしています。レベル変換などの回路を載せていないので、必要な場合はユーザーが独自に調達してください。

このコネクタは、基板の USB コネクタの反対側短辺にある 10 ピンのコネクタになります。書き込み器として使うときはこのコネクタにケーブルを接続して使用します。

LPC1343 のピンはすべて基板両サイドのコネクタに出力しています。48 ピンのコネクタを使用する場合は、LPC1343 の全 IO ピンに加えて USB 関係の信号線を取り出すことができます。

40 ピンのコネクタを接続した場合は、PIO3-2 と PIO3-3 以外の全 IO ピンをコネクタから取り出すことが可能です。もし FPGA の書き込みに飽きてしまっても、32 ビットマイコンとして自由にお使いいただけます。

注意: CN4 の 4 番ピンは、+3.3V のピンですが、+3.3V を基板から出力する場合は、基板裏側のほんだ・ジャンパーをショートしてください。

1.2

●回路図

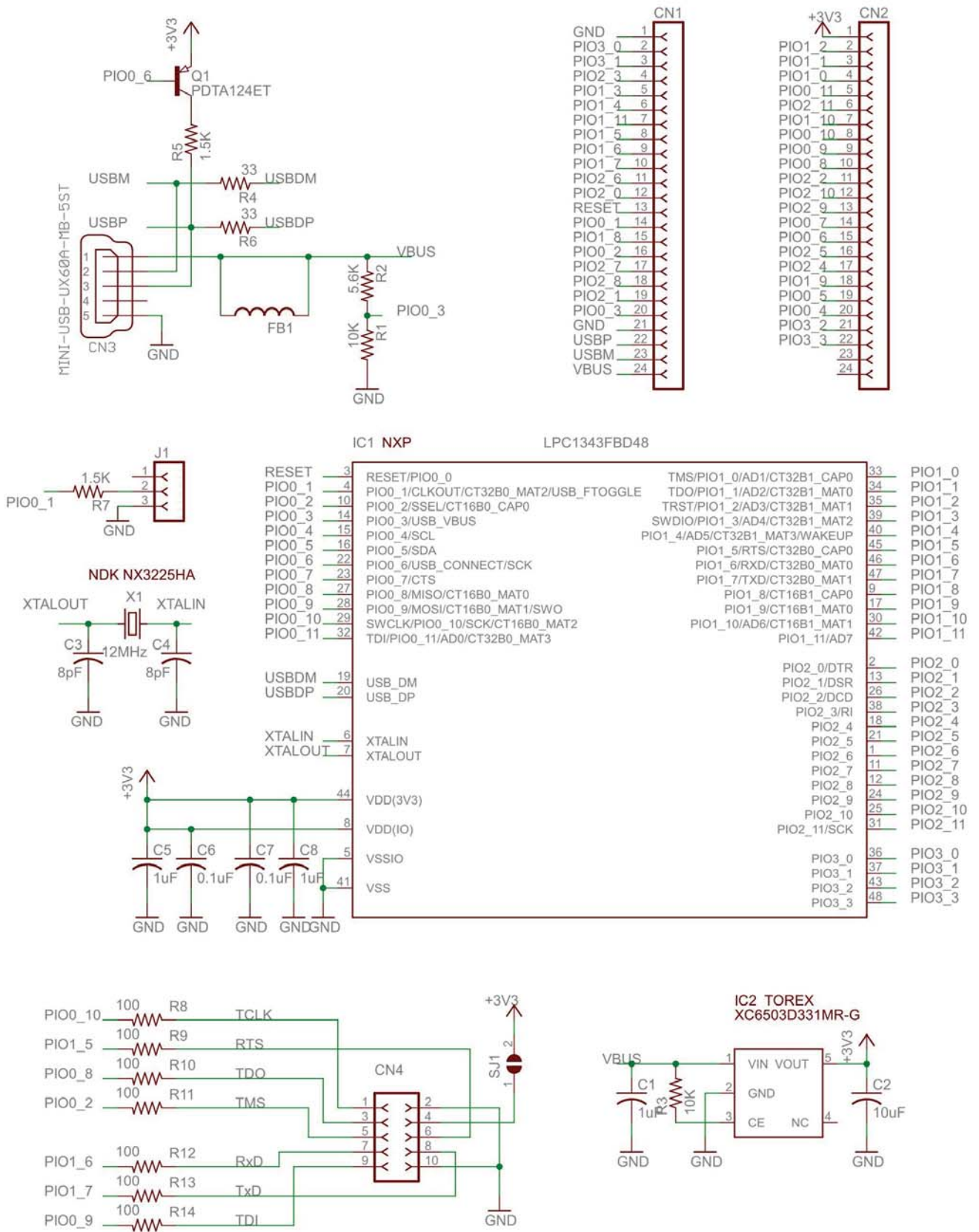


図2 LPC1343 マイコン回路図

1.3 ●添付ファイル一覧

表 1 に添付ファイルの一覧を示します。

表 1 添付ファイル一覧

ディレクトリ/ファイル			概要	
FPGAwr¥	bin¥	FPGAwr.exe	パソコン用の書き込み器ソフトウェア.	
		JTAGwriter.bin	LPC1343 基板の書き込み器用ファームウェア.	
		Lpc134x-vcom_64.inf	LPC1343 基板用通信ドライバ.	
		LPC1343UsbWriter.exe	LPC1343 基板にファームウェアを書込むツール.	
		*.gif	FPGAwr.exe で使っている画像ファイル.	
		*.dll	FPGAwr.exe で必要なライブラリ.	
	doc¥	第 1 部.pdf	第 1 部 簡易 FPGA 書き込み器概要	
		第 2 部.pdf	第 2 部 ザイリンクス社製 FPGA への書き込み	
		第 3 部.pdf	第 3 部 アルテラ社製 FPGA への書き込み	
		第 4 部.pdf	第 4 部 ラティス社 ispVME による書き込み	
	samples¥	altera¥	cyclone3¥	Cyclone3 実験ボード用サンプル
			cyclone3_eb¥	Cyclone3_eb 実験ボード用サンプル
			maxV¥	maxV 実験ボード用サンプル
		xilinx¥	XC3S200A	スパルタン 3A 実験ボード用サンプル
			XC2C	クールランナー 2 実験ボード用サンプル
		lattice¥	mach4000	mach4000 実験ボード用サンプル
machxo2	machxo2 実験ボード用サンプル			

2 ■書き込み器の準備

LPC1343 基板を書き込み器として使用するためには、次の準備が必要です。

- (1)ファームウェアの書き込み
- (2)ドライバのインストール
- (3)コネクタの半田付け
- (4)ダウンロード・ケーブルの製作

2.1 ■ファームウェアの書き込み

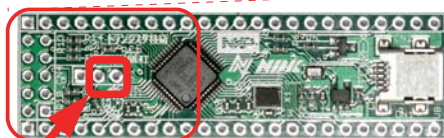
LPC1343 の内部には、プログラムを格納するためのフラッシュ ROM が内蔵されています。LPC1343 基板を書き込み器として使用するためには、内蔵フラッシュ ROM に書き込み器用のファームウェアを書き込む必要があります。

2.1.1 ●一般的な書き込み手順

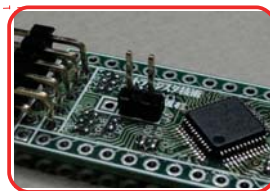
LPC1343 にはブートローダが内蔵されています。起動時にブートローダを起動すると、LPC1343 をパソコンの USB に接続したとき、マス・ストレージ (USB フラッシュ) のドライブとして認識されます。ファームウェアの書き込みはこのドライブにファイルをコピーするだけで可能です。

- ① LPC1343 基板のジャンパー J1 の 2-3 番ピンを接続します。
 - ② USB ケーブルで LPC1343 基板をパソコンに接続します。
 - ③ パソコンから USB ドライブとして認識されエクスプローラにドライブが表示されるので、ドライブを選択します。
 - ④ ドライブ内の「firmware.bin」ファイルを削除します。
 - ⑤ 新しいファームウェアのファイル「JTAGwriter.bin」をマウス操作のドラッグ & ドロップでドライブに落とします。
- 以上で、LPC1343 へのファームウェア書き込みが完了します。

このとき、新しく書き込むファームウェアのファイル名は「firmware.bin」で無くてもかまいません。



リセット時にこのジャンパをショート (接続) していると、ブートローダが起動します



ジャンパー部にピン・ヘッダーをつけておくと、ジャンパー設定が楽に行えます。

図3 ブートローダ起動用ジャンパー

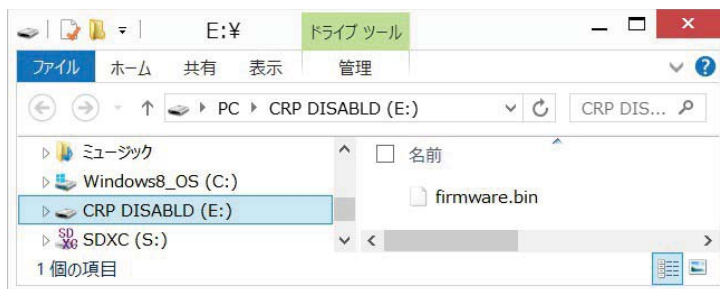


図4 USB ドライブの認識と「firmware.bin」

2.1.2 ● ツールを使って書き込み

実際にやってみると、このような操作ですら面倒なことがあります。そのような方のために書き込みツール (LPC1343UsbWriter.exe) を用意しています。

手順は次のように行います。

- ① LPC1343UsbWriter.exe を起動します。
- ② LPC1343 基板のジャンパー J1 の 2-3 番ピンを接続します。
- ③ USB ケーブルで LPC1343 基板をパソコンに接続します。
- ④ ツールの【LPC1343 ドライブ名】に、USB ドライブのドライブ名が表示されます。
- ⑤ 【参照】ボタンをクリックして、【ダウンロード・ファイル名】に書き込みたいファームウェアのファイル名を設定します。

ここでは、「JTAGwriter.bin」を選択します。

- ⑥ 【書込】ボタンをクリックしてください。

ドライブとして認識すると自動的に表示されます。



【書込】ボタンをクリックすると、書き込み動作を開始します。

参照ボタンをクリックして、書込むファイルを選択します。

図5 LPC1343UsbWritr の実行画面

2.2 ●ドライバのインストール

本書込器は USB でパソコンと接続して使用します。ファームウェアの書き込み時には、本書き込み器は USB ドライブとして認識されましたが、書き込み器として使用するときは、シリアル通信としての接続になります。

パソコンと書込器の通信は、仮想 COM ポートの機能で実現しているため、ドライバをインストールする必要があります。なお、ドライバは Windows 添付のものを使うので、.inf ファイルだけ提供しています。

Windows が新しくなって、ドライバへの要求が変わりました。ドライバ署名していないとインストールできません。

Windows8.1 でドライバをインストールするには、次のステップを行ってからインストールしてください。

- ①マウスを画面右上に移動してから、【設定チャーム】を表示します。
- ②【PC 設定の変更】を選択します。
- ③【保守と管理】【回復】を選択して【今すぐ再起動する】をクリックします。
- ④【オプションの選択】→【トラブルシューティング】→【詳細オプション】→【スタートアップ設定】→【再起動】の順に選択してください。選択するたびに画面が変わっていきます。

⑤ Windows が起動するときに、スタートアップ設定画面が表示されます。ここで、

- 7) ドライバ署名の強制を無効にする
- を選択して起動してください。

後の操作は普通のインストールと同じです。

「lpc134x-vcom_64.inf」ファイルをマウスの右ボタンでメニューを表示して、【インストール】を選択してください。

2.3 ●コネクタの半田付け

書き込み器の信号線部分には、2列×5すなわち10ピンのコネクタ・スペースが用意されています。ピンの割り当ては、たまたまアルテラ社の10ピンコネクタと同じ配列になっています。



写真2 LPC1343 基板の外観

コネクタの形状は、使う方の好みの合わせていただいで全くかまいません。

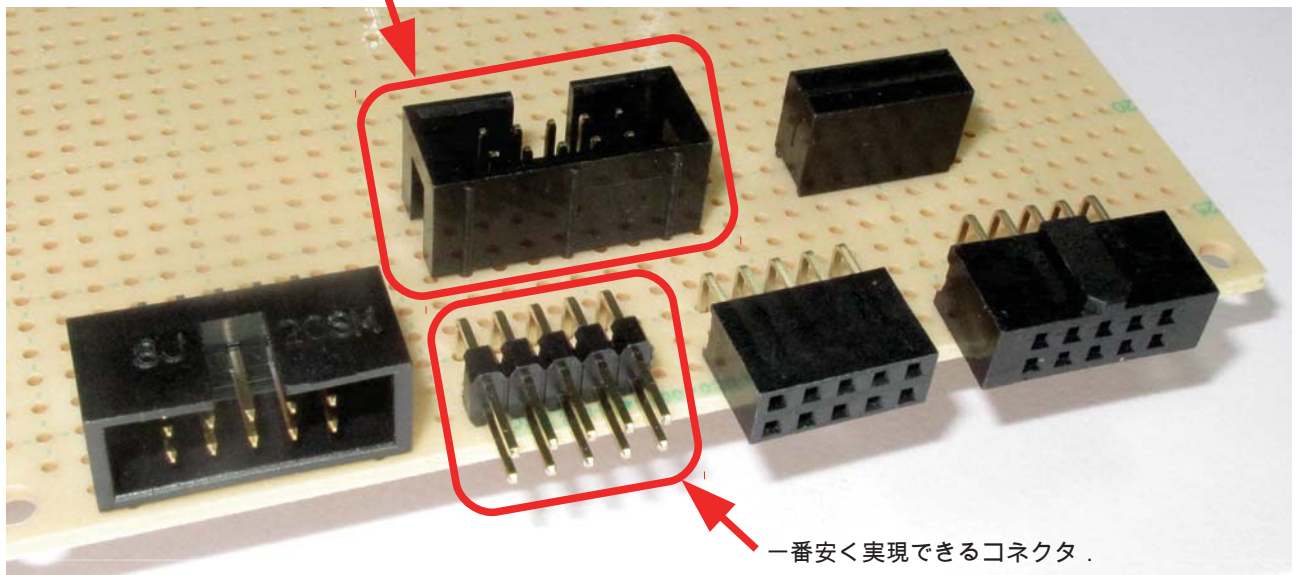
私がよく使うのは、オスのL型のピンヘッダーです。2×40ピンの長いピンヘッダーをカットして使います。

2×5の10ピンのコネクタは、ボックスになったものや逆指し防止の溝があるものなど、バリエーションがあります。いわゆるMIL系のコネクタを利用すると、しっかりしたものが手に入ります。

ピン・ヘッダーでストレートのもは一番低価格で使いやすいのですが、はんだ付け時に過熱しすぎると樹脂部分が柔らかくなってピンの並行を保てない場合があります。このようになると、コネクタを挿すときにちょっとしたこつが必要になったり、場合によっては刺さらなくなります。

はんだ付けに自信がない方は、ピン・ソケットを挿した状態ではんだ付けするなど、ピンの並びを保つようにしてはんだ付けして下さい。L型のもは、そのようなことは起きにくくなっていますが、気を付けてください。

アルテラ社の標準品で使用されているものと類似のタイプ



一番安く実現できるコネクタ。

2×40ピンのピン・ヘッダーを切断して使用する。

図6 書き込み器コネクタの候補例

2.4 ●書き込みコネクタのピン割当て

書き込み器として使用する信号線のピン割当てを表2に示します。動作モードに応じてピンの割当てが変わるのでご注意ください。コネクタが10ピンなので、アルテラ社のピン配列と同じにしてあります。ザイリンクス社やラティス社のコネクタとは全く異なっています。使用するときは、各社のコネクタに合わせたケーブルで結線します。

書き込み器として使用するときには、単なるPIOポートとしてソフトウェアでON/OFFの制御を行っています。パソコン側で書き込み動作を開始するまでは、ハイ・インピーダンス状態となっています。

ハイまたはロー状態に確定したい場合は、ターゲット回路側にプルアップ抵抗やプルダウン抵抗を入れて対応してください。

表2 書き込み器コネクタのピン割当て

項番	動作モード		ピン割当て
1	JTAG		<pre> TCK 1 TDO 3 TMS 5 7 TDI 9 2 GND 4 +3.3V 6 8 10 GND </pre>
2	ザイリンクス社	SPI Direct	<pre> SCK 1 MISO 3 CSO_B 5 7 MOSI 9 2 GND 4 +3.3V 6 PROG_B 8 10 GND </pre>
3		Slave Serial	<pre> CCLK 1 DONE 3 PROG_B 5 INIT_B 7 DI 9 2 GND 4 +3.3V 6 8 10 GND </pre>
4	アルテラ社	SRunner	<pre> DCLK 1 CONF_DONE 3 nCONFIG 5 DATA0 7 ASDI 9 2 GND 4 +3.3V 6 nCE 8 nCS 10 GND </pre>
5		MicroBlaster	<pre> DCLK 1 CONF_DONE 3 nCONFIG 5 nSTATUS 7 DATA0 9 2 GND 4 +3.3V 6 8 10 GND </pre>

3 ■ケーブルを作成する

3.1 ●ケーブル作成の予備知識

下図にケーブルを作成するのに必要な部材と工具を示します。

ケーブルは、10 芯の配線を考えると、フラット・ケーブルのように一括して配線できるタイプが便利です。写真のものはリボンケーブルとも呼ばれていますが、リボン・ケーブルのケーブル間のピッチはケーブルの太さによって変わってしまいます。はんだ付けだけを考えれば線間のピッチはいくつでも良いのですが、圧接用のコネクタを使うときは必ず 1.27mm のものを調達して下さい。

秋葉原で購入するときは、「リボン・ケーブル」と呼ばずに、「フラット・ケーブルで色つき、すだれがいいです」といえば、「これはフラット・ケーブルではない」と文句を言われながらも購入することができます。うっかり「リボン・ケーブル」というと、リボン上に線が並んでいれば何でもかんでもリボン・ケーブルなので、時として変なケーブルを紹介されたりするので、要注意です。

ちなみに、「すだれ」というのは 10cm 間隔でおよそ 4~5cm だけ全部の線がくっついていて、残りの部分がばらけています。圧接コネクタを 10cm 間隔でしか付けることができませんが、柔軟にねじれるので取り回しが楽です。また、はんだ付けタイプのコネクタに使うときはすだれ部分でカットすると各線がばらけているので、はんだ付けも楽にできます。

コネクタの種類もいろいろありますが、本章でははんだ付けタイプと圧接タイプ、それに 1ピンずつバラになっているタイプの 3 種類について実際の製作例を示します。図で示した部材や工具類は製作例で紹介いたします。



図7 ケーブル作成に必要な工具と部材



図8 フラットケーブルの切断

フラット・ケーブル (リボン・ケーブル) をはさみで切る。
圧接するときは、線が整列しているところで切断する。
はんだ付けするときは、すだれている部分で切断する。
今どきのはさみは、タフなので、金属を切ってもびくともしません。

3.2 ●はんだ付けタイプのコネクタを使う

はんだ付けタイプにもいろいろありますが, ここではおそらく一番低価格であろう, ピン・ソケットを使います. 下図にピンヘッダーにはんだ付けした例を示します. はんだ付け部分がむき出しなので電氣的に保護する目的と, 強度的に保護する目的で, 熱収縮チューブではんだ付け部分をカバーします.

熱収縮チューブははんだごてのヒーター部分の上側に(約 1mm 程度まで)近づけて数十秒ほど加熱すると縮んで, 部材にぴったりと巻き付きます. ヘアー・ドライヤの吸気口を手で細めて空気流量を減らすとドライヤの出口温度がかなり高くなるので, それを利用することもできます. 失敗すると温度ヒューズが飛びますし, やけどの危険もあるので, 各人の自覚と責任でチャレンジしてみてください. はんだごてよりもきれいにできます.

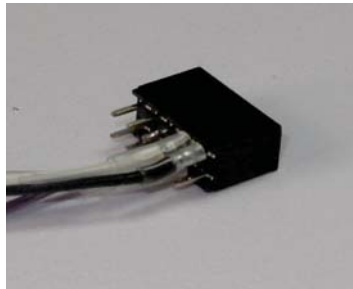


図9 はんだ付けの例

最後に, はんだ付け部分をまとめてボンドで固めます. ピンヘッダーは樹脂部分と端子部分の接合があまいので, 力が加わると端子が簡単に抜けてしまいます. これを防ぐには, ボンドで固めるのが一番簡単です. ボンド G17 などでも OK ですが 2 液の速乾性エポキシを使うと固定するまでの時間が短くて, できあがりも綺麗なので多用しています.

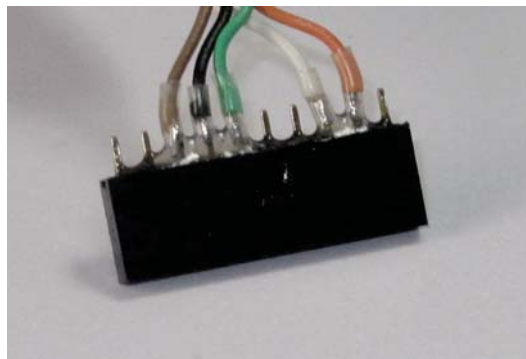


図10 コネクタをボンドで固める

3.3 ■圧接タイプコネクタを使う

圧接タイプのコネクタは、10本の線をまとめて配線できるのでとても便利ですが、慣れないと使うのが大変そうに見えます。そもそも「自分で圧接できない」と思い込んでいると、必要になるたびに誰かに作ってもらうことになるので、とても手間に考えてしまいます。

今回使用するコネクタは10ピンとピン数が少ないので、自分で圧接してしまいましょう。圧接用の工具として、水道管用のプライヤを使用します。水道の蛇口を交換したり、DIY人はおそらく自宅に一つは持ち合わせていると思います。持ち合わせていない場合は、普通のプライヤでも注意して力を加えれば何とかできます。

圧接タイプのソケット写真を図11示します。3つのパーツから構成されています。左側のコの字型の部材はストreinリリースといって圧接したあとに結合部に不要な力が加わらないようにする部材なので、あとで使います。



図11 圧接ソケットの例

3.3.1 ●ケーブルの切断

まずはケーブルを適当な長さに切断して準備します。すだれケーブルでは右図のように所々がつながっています。圧接コネクタを接続できるのは、このくっついている部分だけなので、この部分をはさみで切断します。切断するのはくっついている部分の中央です。中央でなくてもかまわないですが、切断されたところがすだれ部分の場合、その部分に圧接コネクタを接続することができなくなります。

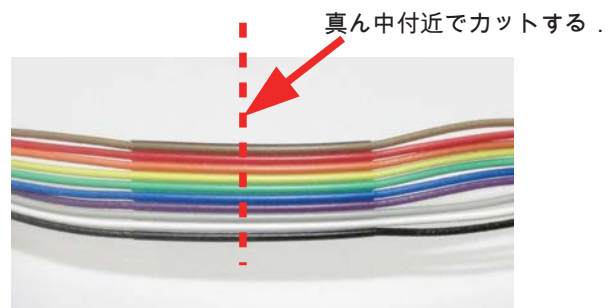


図12 フラットケーブル / リボンケーブルの切断場所

3.3.2 ●圧接コネクタにケーブルを挟む

次にコネクタの2つの部材だけを使用します。下図のように2つの部材をつなげて間にケーブルを挟みます。

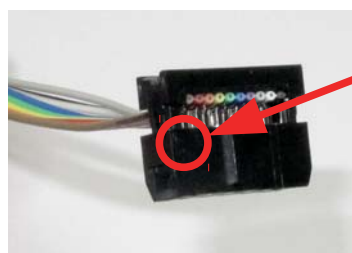


図13 圧接ソケットにケーブルを挟む

普通はこの部材は購入した状態ではつながっているので、無理にはずさない方が賢明です。はずすにしても、無理な力が加わるとすぐに壊れるので、丁寧に扱って下さい。斜めの力にはとても弱いです。

部材をよく見ると、端子は楕円形になっています。それを押さえる部材には1.27mm間隔で丸い波状の模様が付いています。圧接するときにケーブルを押さえつけて、楕円の端子がケーブルの被服を破って内部の導線と確実に接続するように工夫されています。

挟むとき、コネクタの1ピン側にケーブルの茶色を合わせます。ケーブルの色は抵抗のカラーコードと一緒に色になっているので、1ピンを合わせておくことで楽になります。

初めて作業をするときはわかりにくいですが、楕円の端子部分と波状の押さえの影響で、手で触っていてもぴったりと収まる位置があります。そこを見つけたら、手で強く押さえつけてずれないようにします。

3.3.3 ●圧接する

いよいよ圧接です。圧接には注意が一つだけあります。斜めに力を加えないことです。ペンチのように支点を中心に回転する力で締め付けると、圧接コネクタには斜めの力が加わります。このような状態になると、樹脂製のコネクタ部品はいとも簡単に壊れます。

プライヤは適切に開いた状態で圧接すると、圧接コネクタにはほぼ垂直な力が加わります。この状態で力を加えると、スッと何もなかったように圧接は終了します。水道管用のプライヤには水道管を保護するための樹脂が付いていましたが、圧接時には横滑りが発生しないように力を加えるので、特別な保護用の樹脂はなくてもかまいません。むしろ樹脂が付いていると、完全に垂直に力が加わっているわけではないので、コネクタが逃げる場合があります。私の場合は手で押さえる程度で済みました。

部品がばらばらの時はとても華奢に見えた部材ですが、圧接が終了した状態では、がっちりと組み合わされ簡単には壊せません。

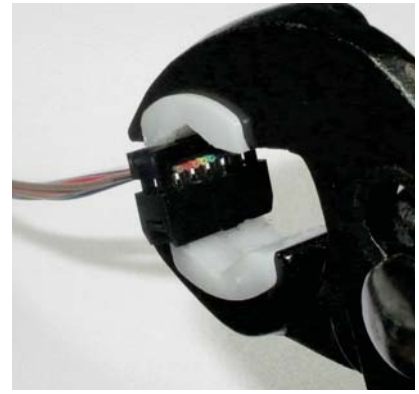


図14 ケーブルを圧接する

3.3.4 ●ストレイン・リリーフの取付

最後にストレイン・リリーフを取り付けます。ケーブルをコネクタに巻き付けるようにして折り返して、ストレイン・リリーフを装着します。手の力だけでも無理せずに付けることができます。うまくセットできれば成り行きで収まるように作られているので、無理に押し込まないで、最後のところをグイッと押さえるだけで装着完了です。



図15 ストレイン・リリーフの取り付け

3.4 ■1ピンコネクタを使う

書込器側のコネクタは10ピンですが、ターゲットはその時々で変わる可能性があります。任意の接続に使えるように、1ピンのコネクタを装着します。相手のコネクタがピン・ヘッダー・タイプの際に役に立ちます。相手コネクタがピン・ソケットの場合、ケーブル先端にすずメッキ線 0.6mm~0.8mm をはんだ付けしておくとも便利です。ブレッドボードの際にも使えます。はんだ付けだけの話なので、ここでは説明しません。

ここでは、相手先がピンヘッダーの際のために、1ピンコネクタを利用したケーブルを製作します。

1ピンコネクタの部材を右図に示します。千石電商では2550シリーズ信号伝達コネクタ、共立エレショップではQIコネクタとして入手可能です。

ここでは圧着工具を使います。さすがに一般家庭では他に応用がないので持っている方は少ないと思います。しかもそれなりの金額(3千円~5千円程度)しますから、圧着済みワイヤを購入するのも一つの考え方です。



図16 1ピン・コネクタ

3.4.1 ●ケーブルの準備

すだれケーブルを使用する場合、すだれ部分を使えると加工の手間が省けます。線が接着されている部分を使う場合は、その部分をばらばらにします。

手でスルメイカのように引き裂いても良いのですが、変に伸びた感じになるので、カッターで筋に沿って切れ目を入れます。

油断したり、無理な力を入れると、カッターがずれて線を切ることもあるので注意して切り分けます。

一度にカットするよりも、軽い力で浅く切れ目を入れ、数回に分けて深く切り込む方が綺麗かつ確実に切り分けられます。

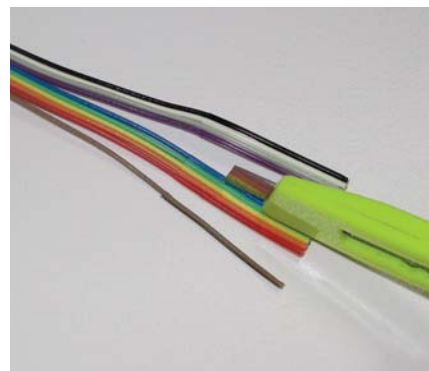


図17 ケーブルをバラバラにする

3.4.2 ●コンタクトピンへのケーブル圧着

このタイプのコネクタはコンタクトピンが別売になっています。1本ずつ切り分けて使います。このコンタクトピンに芯線を圧着していきます。

線の先の被覆を3mm程度剥いて下さい。コンタクトピンにセットして、芯線部分を圧着工具で圧着します。

次に被覆部分も圧着工具でつぶします。これらの作業は、慣れないと難しいので、完成したケーブルを購入するのもいいアイデアです。



図18 コンタクトに線材を圧着する

3.4.3 ●樹脂コネクタの装着

最後にコンタクトピンを樹脂コネクタに装着します。コンタクトピンの向きに合わせて、切欠き部分が図の位置に来るようにして装着します。



図19 カバーをかぶせる

3.5 ●ケーブルの製作事例

ケーブルは、各人の都合で用意してください。下図に、私が実験用に用意したケーブルを紹介します。IC クリップ付きのケーブルは、筆者が作成したロジック・スコープのプローブとしても活躍しているものです。

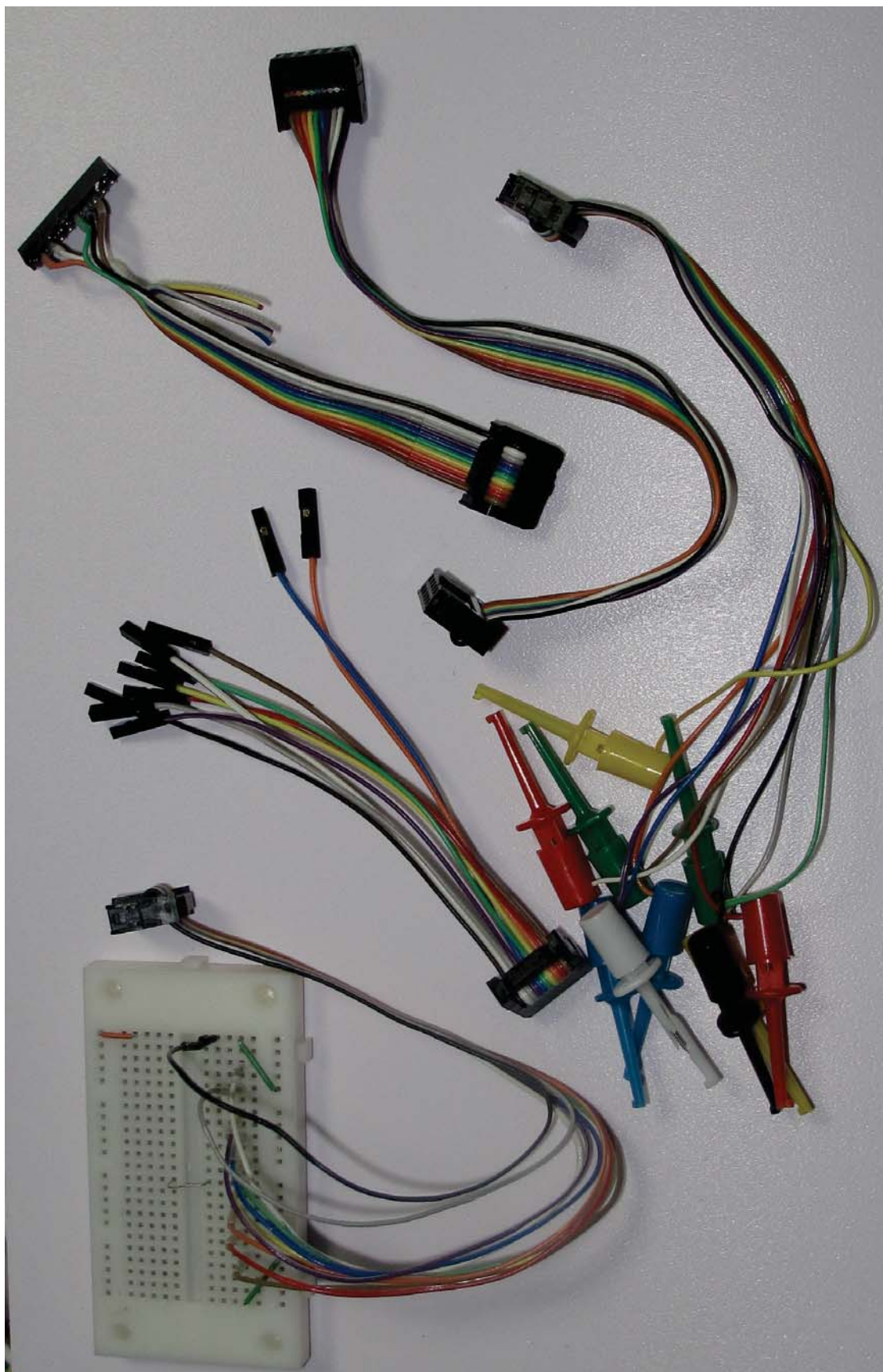


図20 ケーブルの製作事例

第1部 簡易FPGA書き込み器概要

1.目次

1 ■簡易FPGA書き込み器の概要.....	3
1.1 ●ハードウェア概要.....	3
1.2 ●回路図.....	4
1.3 ●添付ファイル一覧.....	5
2 ■書き込み器の準備.....	6
2.1 ■ファームウェアの書き込み.....	6
2.1.1 ●一般的な書き込み手順.....	6
2.1.2 ●ツールを使って書き込み.....	7
2.2 ●ドライバのインストール.....	8
2.3 ●コネクタの半田付け.....	9
2.4 ●書込器コネクタのピン割当て.....	10
3 ■ケーブルを作成する.....	11
3.1 ●ケーブル作成の予備知識.....	11
3.2 ●はんだ付けタイプのコネクタを使う.....	12
3.3 ■圧接タイプコネクタを使う.....	13
3.3.1 ●ケーブルの切断.....	13
3.3.2 ●圧接コネクタにケーブルを挟む.....	13
3.3.3 ●圧接する.....	14
3.3.4 ●ストレイン・リリーフの取付.....	14
3.4 ■1ピンコネクタを使う.....	15
3.4.1 ●ケーブルの準備.....	15
3.4.2 ●コンタクトピンへのケーブル圧着.....	15
3.4.3 ●樹脂コネクタの装着.....	15
3.5 ●ケーブルの製作事例.....	16