

省配線機器:BX5シリーズの開発

太田博之*¹⁾ 内橋雅彦*²⁾ 米島 聡*³⁾

1. はじめに

生産現場は生産加工機器の自動化が著しく、制御の中心となる高機能化したPCに接続される機器は多種多様となりその数も飛躍的に増加するとともに設備機器の追加変更等も加わり、生産現場での配線が急激に増加かつ煩雑化している。

それに伴って配線・保守の簡素化が切望されている。

このような配線システムの保守点検かつ変更における工数を低減させるため、当社では省 (SAVE ALL) をキーワードにFAの高度な自動化環境の下で、当社の持つ豊富な制御コンポーネントやコントローラを自在にネットワークできる省配線機器の開発に取り組んでいる。

省配線機器は、生産現場の自動化で制御の中心となるコントローラ群と、操作パネルに取り付けられた入力や表示を行う制御機器群、アクチュエータやモータ等の出力機器群との間の膨大な配線を省力化する機器と考える事ができコネクタ接続により配線作業を省工数化する機器と、通信伝送機能で結び省配線する機器に分類できる。前者は現状の設備の配線に比して作業、保守点検工数の低減が、また後者は上記に加え、通信伝送の信頼性や安全性の確保がポイントである。

BX5伝送ターミナルは通信伝送技術を適用した一種の通信インターフェースであるが使用時にはそれを意識せず通常の接続ターミナルと同等の容易さで使用できる製品としている。

本稿では前号IDEC REVIEW '93で紹介した '省配線機器' のBX5伝送ターミナル (1対1伝送方式) の改良と機種追加を行ったのでそれらの開発において工夫した点を取り上げながら機種の紹介をする。

2. BX5伝送ターミナルの特徴

BX5伝送ターミナルの伝送方式については前号で詳細な説明をしたように複数のデータを1対1の通信伝送線を

用い、順次1ビットずつ伝送する「シリアル伝送方式」を用いており、通信形態を1対1方式とし主として機器間のパラレル配線の置き換えを目的に開発している。

BX5伝送ターミナルには以下の特徴がある。

- 1) 通信伝送機器である事に特別注意を払う事なく、単純配線で省配線、省工数、省スペース、省コストを実現。
- 2) 生産ライン改造時にも優れたメンテナンス性を発揮。
- 3) 入手が容易で安価なVCTFケーブルを用い、伝送距離は最大500mで高速データ伝送を実現。
- 4) 電源は両電源、片電源いずれでも使用可能。
- 5) ノイズや外乱の多いFA現場での使用に耐える耐環境性。
- 6) 多様なニーズに対応するPC用コネクタタイプ、モジュールタイプ等もバリエーション化。
- 7) 受信出力ユニットはHOLD/LOAD OFF機能を搭載しエラー (異常) 発生時の処理を切り換え可能。
- 8) エラーバック機能により入出力ユニット各々がエラー出力を備え、伝送線の断線や伝送誤りを検出、通知する方式としたため、入力系、出力系とも高信頼の伝送。
- 9) 入出力信号処理は一括して行い、システムとして同時入力・同時出力が実現。

エラーバック機能とは

当社独自の機能であり、データが送信側から伝送される時、受信側では受信後のチェックの際、もし異常があれば警報出力を出し、同時に送信側にも通報して送信側でも警報出力を出すという機能である。これによって送信側でも伝送線の断線、短絡、ノイズ、片側の電源のオフ等伝送可否のチェックが可能となるため制御出力系でも通信伝送を利用できるだけの高信頼性を提供できると考える。

3. 伝送ターミナルの仕様と接続例

BX5シリーズに共通する基本仕様を表1に示す。また伝送ターミナルの基本的接続方法を図1に示す。

* 1) 商品開発部
* 2) 商品開発部
* 3) 商品開発部

接続は両電源使用による方法と片電源使用による方法があり、両電源使用ではDC12/24V対応、片電源使用ではDC24V対応である。

32点使用の代表的使用例を図2に示す。GNDラインは32点(16点×2)までは使用してもよい。

なお今回の機種追加に合わせ端子台タイプも伝送機能を向上させており、追加機種との組合せは新端子台タイプのみとします。

表1 BX5シリーズ基本仕様

システム形態	1:1(単方向)		
伝送方式	単方向時分割多重伝送		
同期方式	ビット同期		
通信手順	専用プロトコル		
伝送線	VCTF 0.75mm ²	VCTF 0.5mm ²	
伝送距離	伝送路電圧		
	両電源	DC24V MAX. 500m DC12V MAX. 500m	MAX. 500m MAX. 300m
	片電源	DC24V MAX. 100m *1.5A MAX. 100m *1.0A	
*: 電源ラインに流せる最大許容電流 (被供給側の本体の消費電流を含む。)			
伝送遅れ時間	TYP. 7.1ms、MAX. 9.4ms		
最小入力時間	4.9ms		

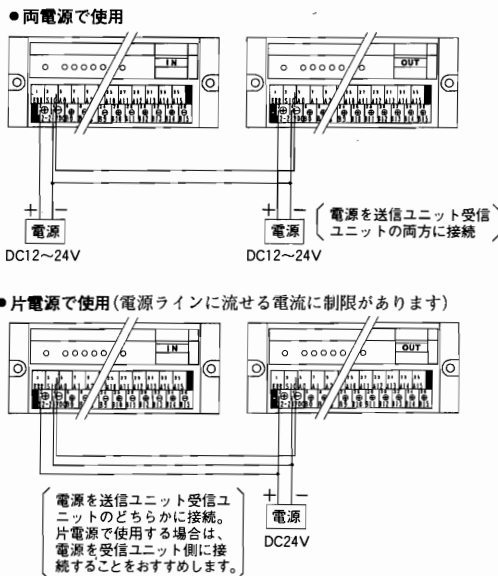


図1 基本的接続方法

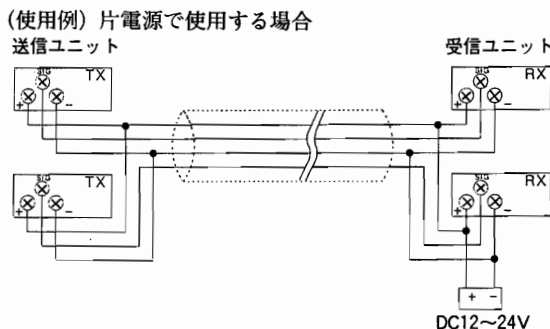


図2 32点使用

4. BX5シリーズの種類

今回の機種追加により従来の端子台タイプに加えて機種は表2の一覧表の様になり、選択肢が増えた。

伝送ユニットは送信ユニット、受信ユニットの2種類のユニットからなっており16点を1単位として伝送を行っている。

基本的にはどの送受信ユニット間でも組合せは可であるが、入力BOXと出力BOX間、及び伝送機能を向上させているため旧端子台タイプとの組合せは除く。

受信ユニットの出力はすべて無接点出力である。以下に各機種の特徴を述べる。

4.1 端子台

前号で詳細の紹介を行ったように16点端子台タイプには当社独自のTDTタッチダウン構造を採用しており、DINレールワンタッチ取付形状で16点用である。

図3に外観を示す。

電源供給端子を点数分用意しており、入・出力機器を直接接続するだけで良く中継端子台が不要である。

表2 BX5シリーズ機種一覧

◎送信ユニット

形状	型番	点数	表示		配線
			電源	異常	
端子台	BX5D-BN16A5T	16	○	○	M3ネジ端子
P C用コネクタ	BX5C-PNB6AM	32	○	○	PCにコネクタで接続(16×2)
I/Oコネクタ	BX5C-KN16A	16	○	○	コネクタで配線
H I C	BX5T-HN16C4	16	×	×	オンボード
モジュール	BX5T-MN16A	16	×	×	オンボード
入力BOX	BX5T-NS1X	16	◎	◎	コネクタ付きケーブル

◎受信ユニット

形状	型番	点数	出力電流	表示		配線
				HOLD	電源異常	
端子台	BX5D-HT16C5W	16	100mA	LOAD OFF	○	M3ネジ端子
	BX5D-HT16E5W	16	500mA	SW切換え	○	M3ネジ端子
P C用コネクタ	BX5C-PTB6E5W	32	50mA	SW切換え	○	PCにコネクタで接続(16×2)
I/Oコネクタ	BX5C-KT16AMW	16	50mA	SW切換え	○	コネクタで配線
H I C	BX5T-HT16C5	16	計30mA	選択端子	×	オンボード
モジュール	BX5T-MT16AW	16	50mA	選択端子	×	オンボード
出力BOX	BX5T-NS1Y	16	100mA	LOAD OFF	◎	コネクタ付きケーブルに固定

◎: 個別表示

◎オプション

種類	型番	説明
P C用アダプタ	BX5Z-PNM1	送信用 三菱32点P C用
	BX5Z-PTM1	受信用 和泉・FA-3S
	BX5Z-PNMO	送信用 三菱32点P C用
	BX5Z-PTMO	受信用 オムロン・P C
直付板	BX9Z-L1	I/Oコネクタタイプパネル直付け時に使用
接続ケーブル	多種類のものを用意。	

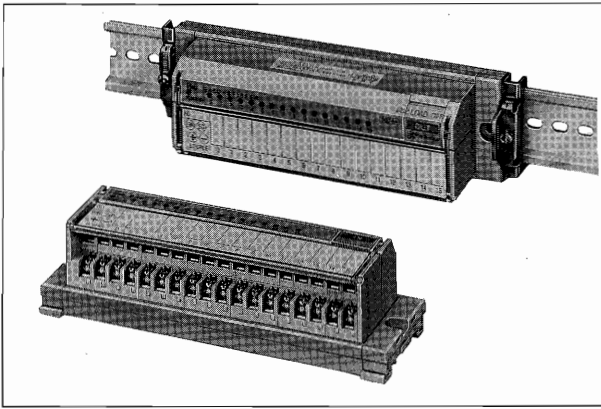


図3 端子台タイプ外観図

送信ユニットには直流3線式センサだけでなく最近増えつつある直流2線式センサも直接接続可能である。

受信ユニットはトランジスタ出力タイプの100mA、500mA/点の2種類を用意している。

受信ユニットの出力には短絡保護回路が入っていないので出力短絡させない様に充分注意する必要がある。

4.2 PC用コネクタ

今回開発したPC用コネクタは三菱電機(株)製PCのI/Oユニットに直接接続できる。図4に外観を示す。

32点タイプのコネクタスロットにビルトオンできる。またオプションのアダプタを使用することにより当社製PC (FA3S形) やオムロン製PCにも接続できるため既存のシステムにも容易に省配線を導入できる。なお他社PC対応品についても順次商品化する予定である。

BX5伝送ターミナルはI/O 16点分のデータを1単位としており、PC用コネクタタイプでは2単位をワンパッケージ化した32点としている。従って3芯ケーブル(両電源使用時、GND共通)で2単位分最大32点の信号を送ることができる。図5に結線例を示す。

インジケータは図6に示す様にネジ端子下側に2個ありSIG1,2の伝送状態を表すものである。どちらも電源表示と伝送異常表示とを兼用しており正常時は綠色に、伝送異常時には赤色に点灯する。光源としてプリント基板上に配した二色発光LEDを使用し、透明アクリル樹脂製導光板を通して端子台正面から見えるようにしている。

受信ユニットのエラー出力は端子台側(100mA)に加えてコネクタ側(50mA)にも出力できるようになっている。本体上面のスイッチによりコネクタへの出力を通常出力かエラー出力かに切り換えられる様になっている。これによって受信側だけであるがエラー状態の監視が配線することなくPC(入力モジュール)で可能となる。

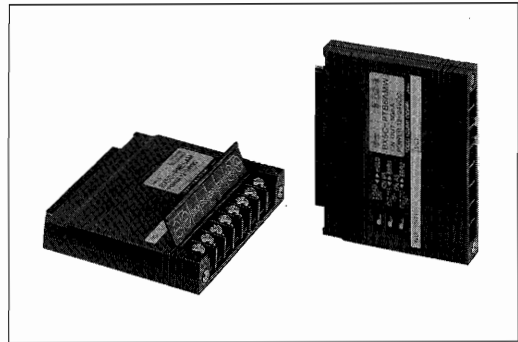


図4 PC用コネクタタイプ外観図

●両電源で使用

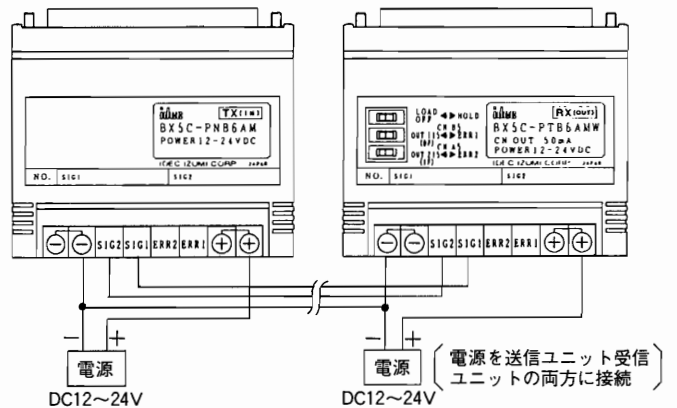


図5 接続例

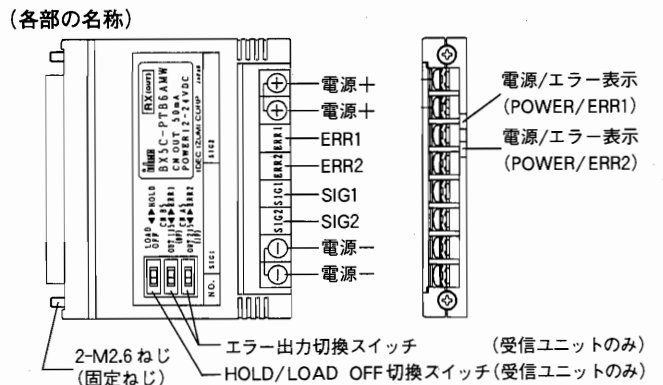


図6 機能説明図

4.3 I/Oコネクタ

I/Oコネクタの形状を図7に示す。DINレールワンタッチ取付形状で16点用ながら小型なので盤内に自由に配置できる。

パラレルI/O側の配線はコネクタによりワンタッチ接続、開放できる。ネジ締めが必要なのは電源・SIG・エラー出力の4点だけであり、省配線に加えて省工数となっている。

受信ユニットはPC用コネクタタイプと同様、上面の

スイッチによりコネクタの出力を通常出力とエラー出力に切り替えが可能である。

各種接続ケーブルをオプションとして用意しており、各種コントローラの平行I/O部に対応できる。

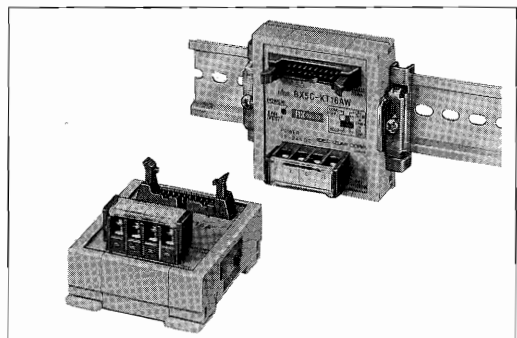


図7 I/Oコネクタタイプ外観図

4.4 モジュール

モジュールはプリント基板に直付けするタイプでPCや各種コンポーネント機器の入出力部に内蔵させて使用する。いずれも16点である。図8に外観を示す。

安定化電源、入出力インターフェース回路等を内蔵しており取扱いが簡単である。マッチ箱大のデュアルインラインタイプ(DIL)でプリント基板を樹脂ケースに入れエポキシ樹脂で固めてある。インジケータは他機種と異なり、本体に付いていないがRDY出力を利用し外付けする事ができる。

エラー発生時の出力処理の選択スイッチに代わる選択用端子を設け、H (High) or L (Low) レベルとする事で選択できるようにしている。

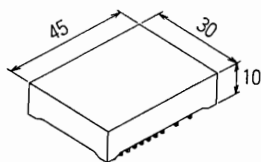


図8 モジュール外観図

4.5 HIC

シングルインライン(S.I.L)形状でプリント基板をベースにしエポキシ樹脂でコーティングしている。図9に外形図を示す。

電源は伝送用のDC24Vの他に制御用にDC5Vが必要である。入出力はロジックレベルとなっておりインターフェースを省略したローコストタイプとなっている。

エラー発生時の出力処理機能はモジュールタイプと同等である。

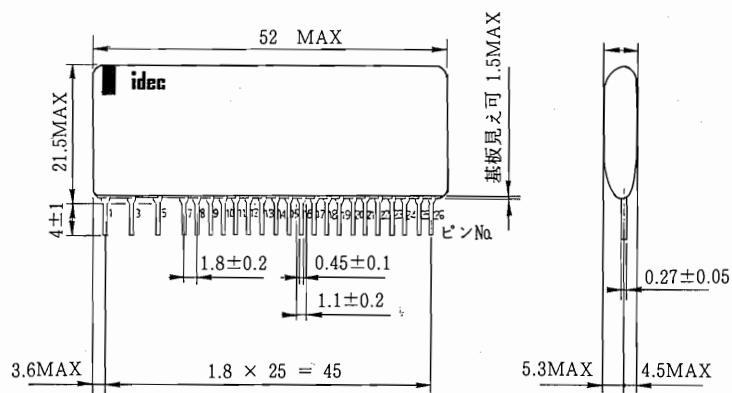


図9 HIC外形図

4.6 防水BOX

防水BOXには入力用(送信)BOXと出力用(受信)BOXがあり、図10に外観を示す。

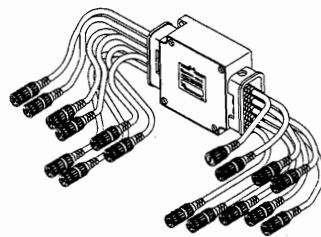
このBOXは耐荷重・圧力、防水等耐環境性を重視したつくりになっており本体はアルミ鋳物製とし、防水性を持たせるため内面にゴムを貼り各4本のネジで止められる鋼製の上下蓋で構成されている。

配線は本体よりゴム製ケーブルブッシュを通し防水コネクタ付き4芯ケーブル引出しとし接続は特殊な工具を必要としないねじ込み式になっている。

以上により本体は面荷重1,000Nに耐えるものとなっている。また防水性は本体・コネクタ部共にIP67をクリアする設計となっている。

本体が足踏台にされることを考慮し、ケーブルの切断対策の為、ケーブル引出し根元部を保護する様に本体と一体化した筒状のひさしを設けている。ひさし部も面荷重1,000Nに耐える。また信頼性を高めるためコアとなる伝送部にはHICを搭載したプリント配線基板を内蔵しており、内部は防水対策のためエポキシ樹脂でポッティングしている。またケーブルはそれぞれ長さを変えてあり現場でのメンテナンス性にも配慮しており、外被の材質は耐熱、耐油性であり導電部の断面積が0.5mm²のものを使用している。防水BOXの仕様を表3に示す。

●送信(入力)BOX



●受信(出力)BOX

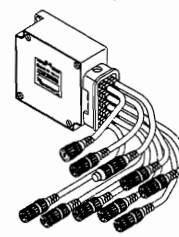


図10 防水BOX外観

表3 防水BOX仕様

共通仕様

伝送距離	100m
定格電源電圧	DC24V (対になる相手側より供給)
本体 材質/成形	アルミ鋳造
ケーブル引き出し方法	防水コネクタ付きケーブルによる
防水性 (本体・コネクタ部)	IP67 (IEC529)
耐荷重	<ul style="list-style-type: none"> ・本体取付状態において、1,000Nの面荷重にて取付部の破損なきこと ・ケーブル保護ガイド (ひさし) は面荷重1,000Nに耐え得ることとし、破損時に本体に影響なきこと
ケーブル引っ張り強度	100N
絶縁抵抗	100MΩ以上 (充電部と非充電部間、DC500Vメガにて)
耐電圧	AC1,000V 1分間 (充電部と非充電部間)
耐ノイズ	伝送ラインへの誘導 ±1.5kV パルス幅 100ns, 1μS (ノイズシミュレータによる)
耐振動 (耐久)	10~55Hz 片振幅0.75mm
耐衝撃 (耐久)	1,000m/s ² (約100G)
使用周囲温度	0~+55℃
使用周囲湿度	45~90%RH
保存温度	-20~+70℃

入力BOXの仕様

入力点数	16点	
入力論理	アクティブ L	
入力方式	無電圧入力 (有接点、無接点: NPN3線式センサ)	
エラー出力	なし	
消費電流	250mA (DC24V、入力全点ON時)	
入力カ	定格入力電圧	DC24V
	入力電流	10mA
	ON : しきい値電圧/電流	DC10V/4mA
	OFF : しきい値電圧/電流	DC4V以下/1.5mA

出力BOXの仕様

出力点数	16点	
出力形態	N-MOSオープンドレイン	
エラー時の出力処理	LOAD OFF 固定	
エラー出力	なし	
消費電流	50mA以下 (DC24V、出力全点ON時、出力負荷電流は除く)	
出力カ	定格出力電圧	DC24V
	最大出力電流	100mA/点
	短絡保護	250mA以上で出力開放 復帰は出力電源再投入

入力BOXは17本のケーブルが本体の両側面より出ており、1本当り1入力となっている。

出力BOXは10本のケーブルが片側面にだけ出ており、1本当り2出力の構成になっている。出力電流は1点当り100mAであり16点の出力は各々フォトカプラで伝送回路と絶縁している。1点毎に出力短絡保護回路を設けており、出力短絡に対して本体回路を保護できるようになっている。本機の短絡保護動作は出力素子に流れる電流が設定した短絡電流値を越えるとそれを検出し、出力回路の出力信号を遮断して出力回路をオフして出力素子を保護する。短絡保護動作は出力電源が切られるまでその出力回路を出力遮断状態に保持する。出力電源の遮断後の再投入で解除される。

防水BOXの取付はパネル直付けのみで取付方向は縦・横の2方向に対応する。

この防水BOXの追加で水・油等のかかる様な劣悪な環境にも安心して設置できるため省配線の用途が更に広がると考える。

5. システム構成

今回の機種追加により様々な応用が考えられるがPCを中心としたシステム構成例を図11に示す。

この例ではBX5シリーズ以外にI/Oターミナルも使用したものである。

6. 開発上の工夫点

今回の機種追加に当たって工夫した点について述べる。特に保護に対する要求が多く、配線・保守作業者の不注意及び不慮のトラブルに対し製品品質の確保及び伝送に対する信頼性向上のため伝送線の短絡・誤接続に対する保護機能を追加した。

6.1 伝送線の短絡・誤接続からの保護

BX5伝送ターミナルの伝送線は、片電源使用の場合電源+と-及びSIGの3本で、両電源使用の場合SIGと電源-の2本で構成されている。伝送ユニットを使用しない従来の通常配線の場合と比べて配線本数が非常に少なくなり特に引き回しの多い配線作業は大変楽になる。しかし伝送線の切断事故が起こった場合、伝送できなくなるだけでなく切断端面で電線同士が接触し伝送ユニットの伝送機能の破損が発生する可能性がある。特にSIGと電源+あるいは電源-とが接触した場合特に問題となる。(電源+と-が接触した場合の電源短絡による故障を防ぐためBX5に接続する電源は短絡保護機能付きのものを使用のこと。) 誤って短絡したり施工時の伝送線の誤接続でも伝送ユニット本体を破壊してしまう。表4に誤接続時の状態を示す。

伝送信号出力回路は安定した長距離伝送を確保するため、低インピーダンス化されており誤って伝送線の短絡・誤配線があった場合、伝送信号送信回路に過大な電流が流れ回路部品が破壊してしまう。この場合復旧には伝送線の正常接続だけではなく破壊した伝送ユニットの交換

表4 誤接続時の状態

	端子 No.			状態	
	+	SIG	-	従来	新
接続ケーブル	+	SIG	-	正常	正常
	-		+	動作せず	動作せず
	+	-		動作せず	動作せず
		+	-	破壊	動作せず
		-	+	破壊	動作せず

動作せず：正しい配線で正常動作する。

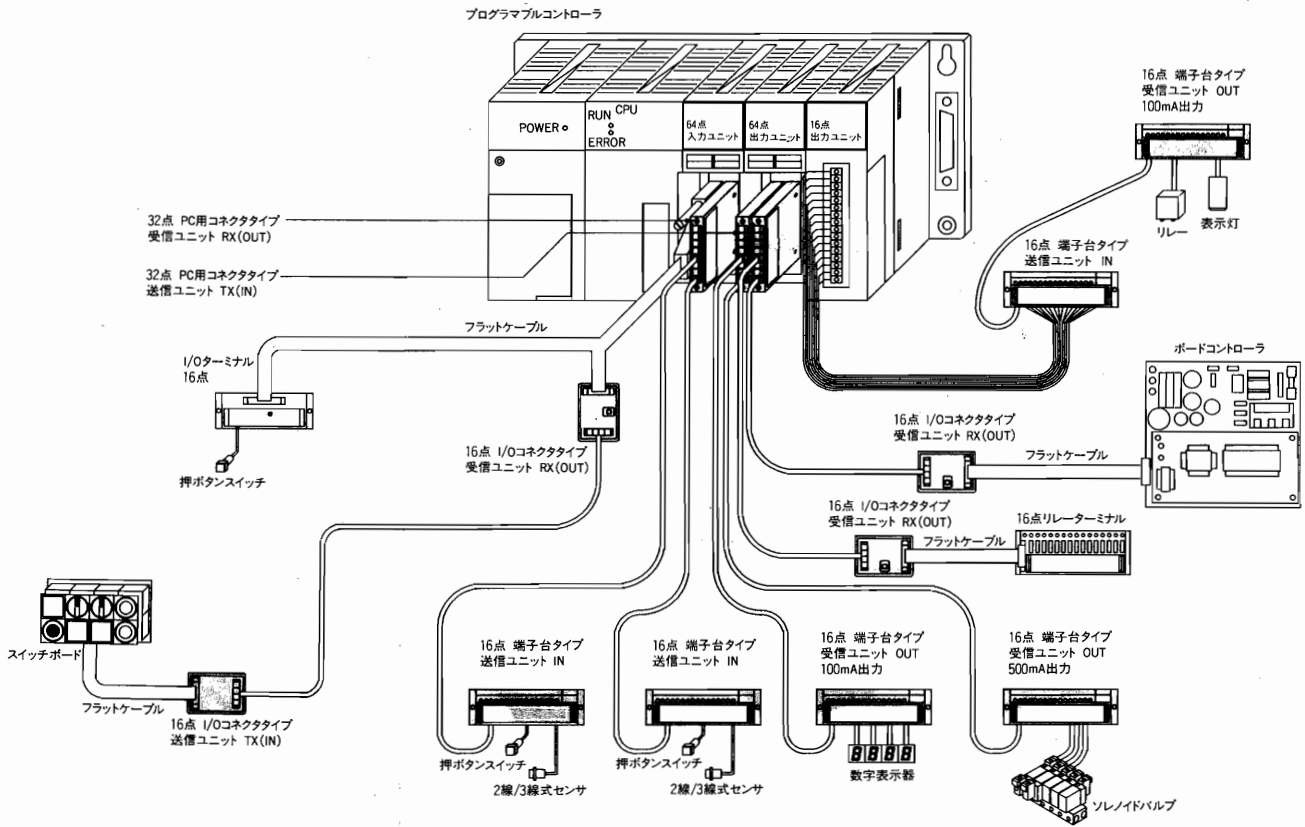


図11 システム構成例

も必要となり、かなりの交換工数・費用が必要となる。これでは省配線機器導入による配線作業等の工数削減の意義がなくなることになる。

そのため応々にして起こりうる伝送線の短絡・誤接続時の対策としてBX5伝送ターミナル（新端子台を含む追加機種）では、伝送信号回路に流れる過大な電流を検出し瞬時に伝送信号送信回路の動作を強制的に停止し回路部品を保護する回路を組み込み、伝送ユニットを短絡破壊から保護できるようにし製品品質を向上した。

6.2 入力回路

伝送ユニットにおける外部からの信号の入力回路において安定した入力特性を実現しようすれば一般的に部品点数が多くなりがちであるが、少ない部品点数で安定した入力特性を得られる入力回路を採用した。

6.2.1 特徴

BX5シリーズの送信ユニットは外部からの信号入力点数が16点、32点（PC用コネクタタイプ）と多い。

入力点数が16点の端子台タイプBX5Dの新旧の入力回路の比較を図12、及び表5に示す。新しい回路は抵抗、コンデンサだけで構成しており、部品点数も従来の約2/3に減らせ、コストダウンをすることができた。また新しい外部の入力回路は温度変化に対して安定したしきい値を得られ、入力しきい値電圧が一本の抵抗値で約

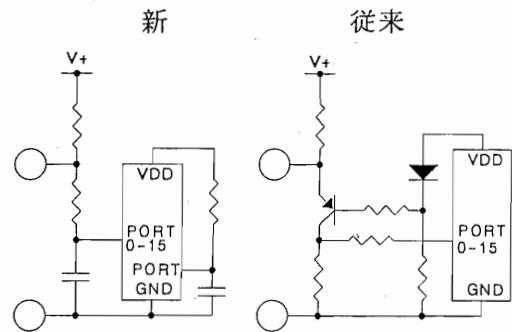


図12 新旧入力回路の比較

表5 新旧入力回路部品数比較

	新	旧
抵抗	33本	65本
コンデンサ	17個	0個
トランジスタ	0個	16個
ダイオード	0個	1本
合計	50個	82個

3V～数10Vの範囲で自由に変えられるなどの特長を持っている。

6.2.2 動作原理

新端子台を含む追加機種では通常の電子回路における入力電圧を基準電圧と比較する一般的な入力回路と異なり、入力電圧を時間に変換してその時間が基準時間より速いか遅いかで入力H、Lのレベル判定をする手法を用いた。

入力電圧の時間への変換は、コンデンサの充電時間を利用しており、次式で表される。

$$t = -CR \log(1 - v/E) \tag{1}$$

- t : 充電時間
- v : 基準電圧 (ICの入力しきい値電圧)
- E : 入力電圧
- C : 入力コンデンサの容量値
- R : 入力抵抗の抵抗値

基準時間Tは入力電圧Eを5v (入力しきい値電圧の中心値) として設定し次式で与えられる。

$$T = -CR \log(1 - v/5) \tag{2}$$

実際にはtとTと比較しているのではなく、次式(3)で求められる基準時間Tを経過したときの電圧をICの入力しきい値電圧v'とし同様にT経過後のICの入力電圧vとを比較しており、図13に示すようにv ≥ v'であれば入力H、v < v'であればLと判定する。

$$v' = E(1 - e^{-\frac{T}{CR}}) \tag{3}$$

6.2.3 設計上の注意点

この方式ではコンデンサの充放電を利用している。入力を繰り返し読み込むため入力電圧によって充電されたコンデンサの電荷をタイミングに応じて速やかに放電しておく必要があり、入力回路の他に入力点数分の放電回路を用意しなければならない。BX5シリーズでは入出力兼用ポートを持つ通信用ICを採用し適宜ポートを入力、出力に切り替えることで放電回路が不要になり少ない部品点数で本方式を実現できた。入力ポートの電圧波形の一例を図14に示す。

次にBX5シリーズでは1ユニットで多数の入力を扱うので各入力のしきい値電圧のばらつきが多かったり、温度変化に対して不安定なものであっては困る。

入力しきい値のばらつきを抑える条件は、

- 1) ICの入力しきい値電圧が同一チップ上で同じであること。
- 2) 充放電回路で使用する抵抗、コンデンサの抵抗値、容量値が同じであること。

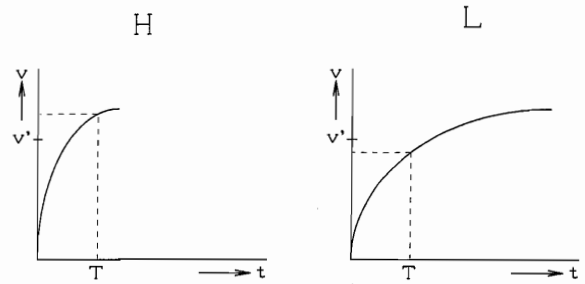


図13 入力レベル判定図

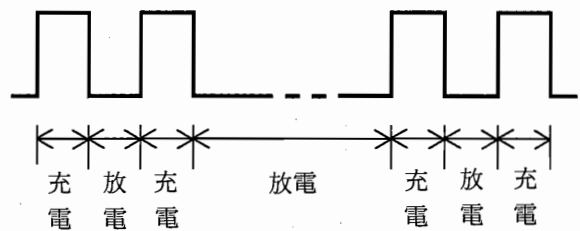


図14 入力ポートの電圧波形例

また入力しきい値が温度変化に対して安定である条件は、

- 1) ICの入力しきい値の温度特性が同一チップ上で同じであること。
- 2) 充放電回路で使用する抵抗、コンデンサの温度特性が同じであること。

参考までに図15に端子台タイプBX5D-BN16A5Tの特性データ (周囲温度-25°C、25°C、70°Cでの度数分布) を示す。

これはBX5D20台、入力320点分のデータである。このデータで明らかのようにBX5Dの仕様 (-10~55°Cの使用温度範囲で4~6Vの範囲) を充分満足しており、回路の安定性と部品点数の削減を両立できた。更に特性を良くする場合、使用部品の温度特性をより許容差の小さいものにすればいいことがわかる。

7. 応用例

図16に示す様な制御盤面の操作・表示系と制御盤内のコントローラ間の省配線、制御盤内のユニット間の省配線、制御盤とセンサ間・機械系の省配線等に適用できる。具体的には

- ホール等で制御室からカーテンの開閉、照明のオンオフ等の制御の省配線に

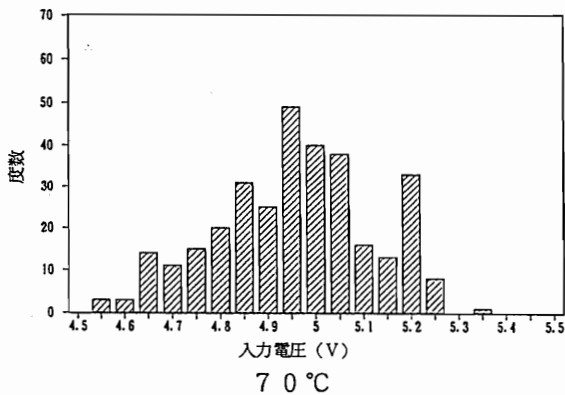
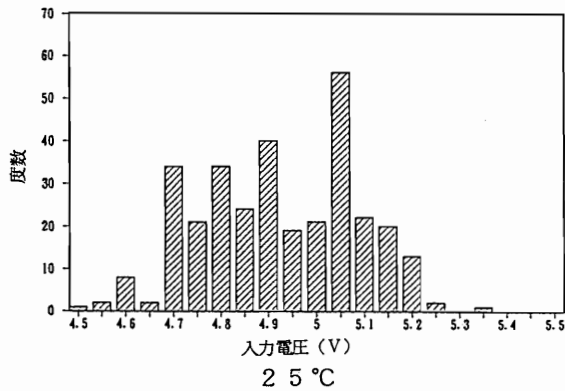
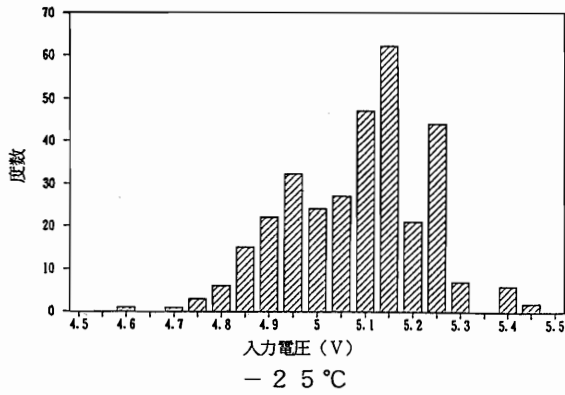


図15 入力温度特性

- ・コントローラと集合表示灯間の省配線に
 - ・エレベータの制御に
 - ・トローリングダクト上を移動する機器の省配線に
 - ・工事現場で現場と制御室の省配線に
- などが考えられる。

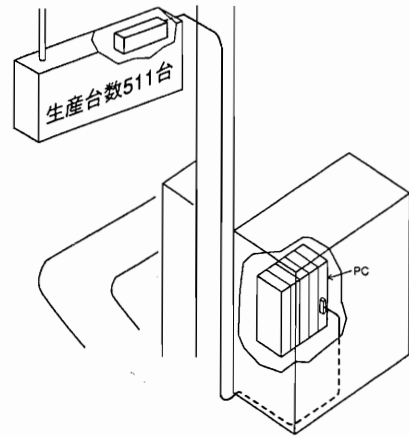


図16 応用例

業種では自動車、物流、食品、機械産業、ビルオートメーションなどFA分野に限らず様々な分野への広がりが期待される。

8. おわりに

今回の機種追加で基本機能を持ったユニットの機種を揃え、1ステップを終えた。

今後の課題として各種の機械的・電気的インタフェースへの適合としてリレー出力、PNPトランジスタ出力等への対応、また基本機能の向上として伝送速度の高速化、長距離化、小型化とローコスト化、さらに高信頼性の追求として異常箇所の検知と表示機能、自己診断、自己回復機能等を持たせてシステムとしての安全性、信頼性、メンテナンス性の向上を目指して誤接続、ノイズに対する信頼性をさらに向上させていきたい。

また省配線システムの普及には制御機器や各種コンポーネントの標準化が不可欠であり、今回追加したモジュール・HICを社内の制御機器や各種コンポーネントに搭載しBX5の簡易ネットワーク化を進めると共に要望があれば社外関連商品においても省配線化への応援ができればと考えている。

最後に、BX5シリーズの開発に当たっての関係各位の御指導御協力に感謝の意を表します。

参考文献

IDEC REVIEW '93