

X線発生装置真空度監視システムの試作 (8ビットパソコンの有効利用)

System for monitoring the vacuum of X-ray generators (Available use of 8 bit personal computer)

山川 純次 (Junji Yamakawa)*

河原 昭 (Akira Kawahara)*

An used 8 bit personal computer is utilized for an instrument for continuous monitoring of the vacuum values of X-ray generators. The interface board, programmable peripheral interfacial LSI, 8255A and some IC's for address decoding are assembled into a completed unit. The concept of the construction of this interface unit is profitable for the inexpensive layout of experimental laboratories.

Keywords: X-ray generator, vacuum, monitoring, personal computer

1 はじめに

最近になってパソコンを利用した科学計測が一般に行われるようになってきている。測定されるデータは電圧計等より AD 変換装置を経てデジタル化され、それをあつ場合には直列インターフェース RS-232C 経由で、また時には並列インターフェース GP-IB 経由でパソコンに取り入れデータ化される。これらのインターフェースは汎用性が高く、一般の測定機器には標準またはオプションとして装着されている場合が多い。またパソコンには標準またはオプションでこれらの取り出し端子が装着されている。従つてこれらの装置一式を購入してシステムを組めば、上記の目的を達成させることは容易である。

しかし現実問題として、実験室等で単に電圧値の測定を行い同時にそれを記録する程度の場合には、上記のような大がかりな装置を購入することは得策ではない。このような場合には簡単なインターフェースを各自で組み立てて、現在は利用されなくなった古い 8 ビットないし 16 ビットパソコンを利用の方が経済的である。また入出力回路に使用されるインターフェース用の LSI ないし TTL-IC も、現在では非常に安価に購入できるので、このインターフェース回路の作成の手法を利用することは

有利な方法であると思う。

このような状況の下で、筆者等は最近利用されなくなった 8 ビットパーソナルコンピュータ PC-8801 を利用して並列 3 回路同時電圧測定装置を組み立て、3 台の X 線発生装置の真空度を同時に監視する装置を作成したので報告する。この X 線発生装置は 4 軸自動回折計、RINT 粉末 X 線回折計および EXAFS 用の 3 台より構成されている。大学全体の共同利用に供されているが、鉱物学、結晶学およびその他の地球科学の研究者の利用も多い。

この方法は、現在利用されなくなったパソコンを実験室の機器制御に有効に利用する基礎的手法を提供するものである。製作費用が非常に安価であることが特徴で、大学および高校その他の予算の少ない研究室での実験には非常に役に立つ方法であると思われる。また同時に、電子計算機による自動制御の方法の基礎的課程を習得するためにも役に立つものである。

2 測定機器

今回の目的はリガク RU-300 回転対陰極型 X 線発生装置の真空度の連続的監視であった。この X 線発生装置では、真空度はイオンゲージを使用してそれに接続さ

*岡山大学理学部地球科学科, 〒700 岡山市津島中 3-1-1

れた電子回路を経て、電圧で出力できるようになっている。電圧と真空度との関係は Fig. 1 に示されている。

またこれらの X 線発生装置の真空度測定回路の概念図は Fig. 2 に示されている。

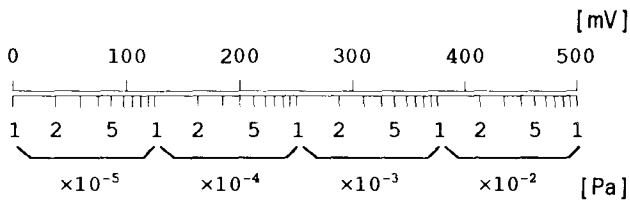


Fig. 1. Relation between the values of millivolts and those of vacuum (Pa) in X-ray generators.

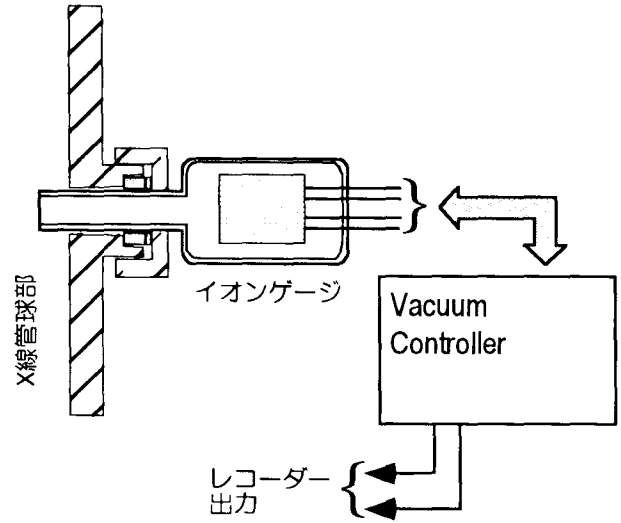


Fig. 2 Representation of the X-ray tube, the ion gauge, the vacuum controller and the voltage outputs of the X-ray generator.

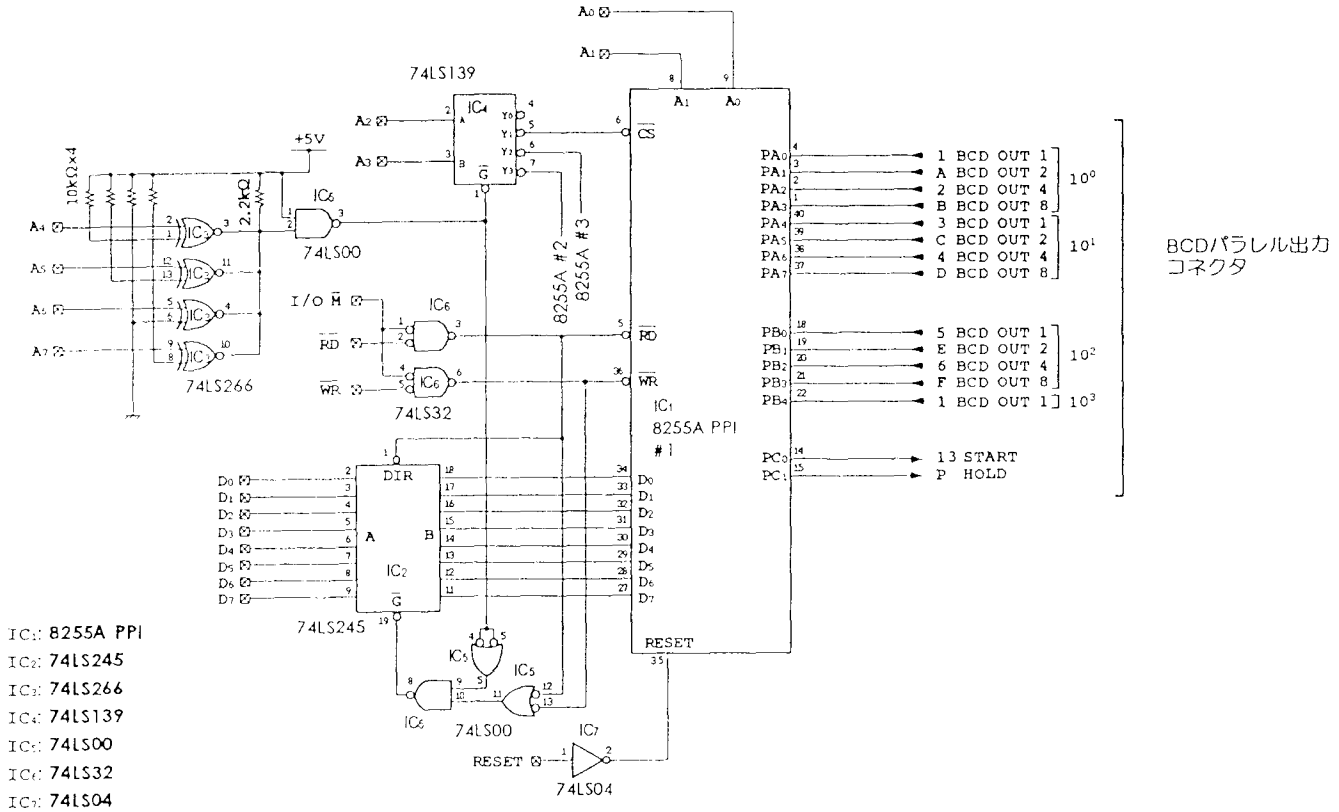


Fig. 3. Representation of the circuit of the interface board: AB-10.

問題はその電圧値を長時間、連続的に測定し、必要に応じて記録することであった。またX線発生装置は3台あり、それらの電圧値を同時に測定し、一台のパソコンに記録する必要があった。用意したハードウェアは、コンピュータ、インタフェースおよび3台のBCD出力付きの電圧計である。次にこれらを挙げる。

3 ハードウェアおよび部品

3.1 コンピュータ

監視システムのコンピュータには8ビットパソコン NEC PC-8801 を使用した。NEC より販売されている PC-8801 用の universal interface board を購入し、これにアドレス・バスおよびデータ・バスのために必要な配線を行い、裏面の拡張スロットに収めた。

3.2 インターフェース

この種のインターフェースユニットは簡単に作成が可能であり、著者等も通常は TTL-IC 等を購入して自作しているが、今回は安価な MITEC AB-10 MkII 汎用マイコン制御技術トレーニングボードを利用した。この配線図は Fig. 3 に挙げられている。

この汎用入出力インターフェースボードは汎用入出力用 LSI, 8255A にアドレス・デコード用として TTL 数個を組み合わせ配線したものである。8255A はパラレルデータの読み書きに良く用いられる汎用 LSI である。8255A のピン配列と内部のブロックダイアグラムを Fig. 5 に示す。このトレーニングボードではアドレスデコードに 74LS139 を使用しているので、8255A は4個まで接続可能である。今回は2個増設して合計3個で利用した。

なお回路全体は19インチラックマウント型金属ケースに収納し、BCD出力付きパネル型電圧計との間は D-SUB25 型 24 芯シールドケーブルで接続した。

3.3 電圧計

(株)朝日計器製 MODEL AP-102 シリーズを使用した。この電圧計は注文時に必要なスペックをコードナンバーで指定することで、希望の形式を選択することができる。今回必要なスペックは次の通りである。

- 直流電圧測定型. レンジコード 11 (~ 199.9 mV) およびレンジコード 12 (~ 1.000 V)

- 電源タイプ 1 (AC 90 ~ 132 V)

- BCD出力付き. サンプリングスピード 6 (15 回/秒)

従って形式番号は AP-102-11-16 および AP-102-12-16 となる。今回は試験的にこれらの2種類のレンジの計器を使用した。

3.4 接続

3.4.1 PC-8801 との接続

Fig. 3 の AB-10 の右端の BCD 平行出力コネクタと記してある端子より、リード線を各電圧計の BCD 端子に接続した。電圧計のバス・コネクタの端子番号と信号名の対応は Fig. 4 に示されている。

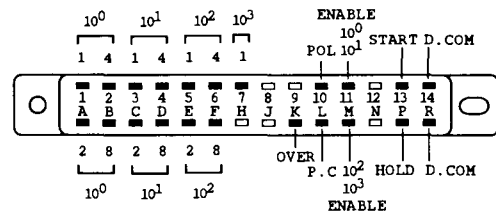
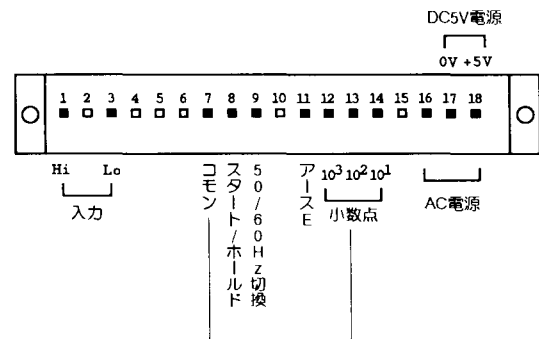


Fig.4. Output connectors of the millivoltmeter, MODEL AP-102.

また PC-8801 の拡張スロットから、アドレスおよびデータ信号線を引き出して、フラットケーブルにより PC-8801 と AB-10 (A₀ から A₇, および D₀ から D₇, V_{cc}, GND) とを接続した。

3.4.2 AB-10 入出力回路の設定

AB-10 のアドレス、PC-8801 の I/O \bar{M} および 8255A の reset 設定等はジャンパー線を接続して選択できる。このアドレスデコードの図はここでは省略したが、最後に挙げた参考文献マイテック社の AB-10 の文献に図示さ

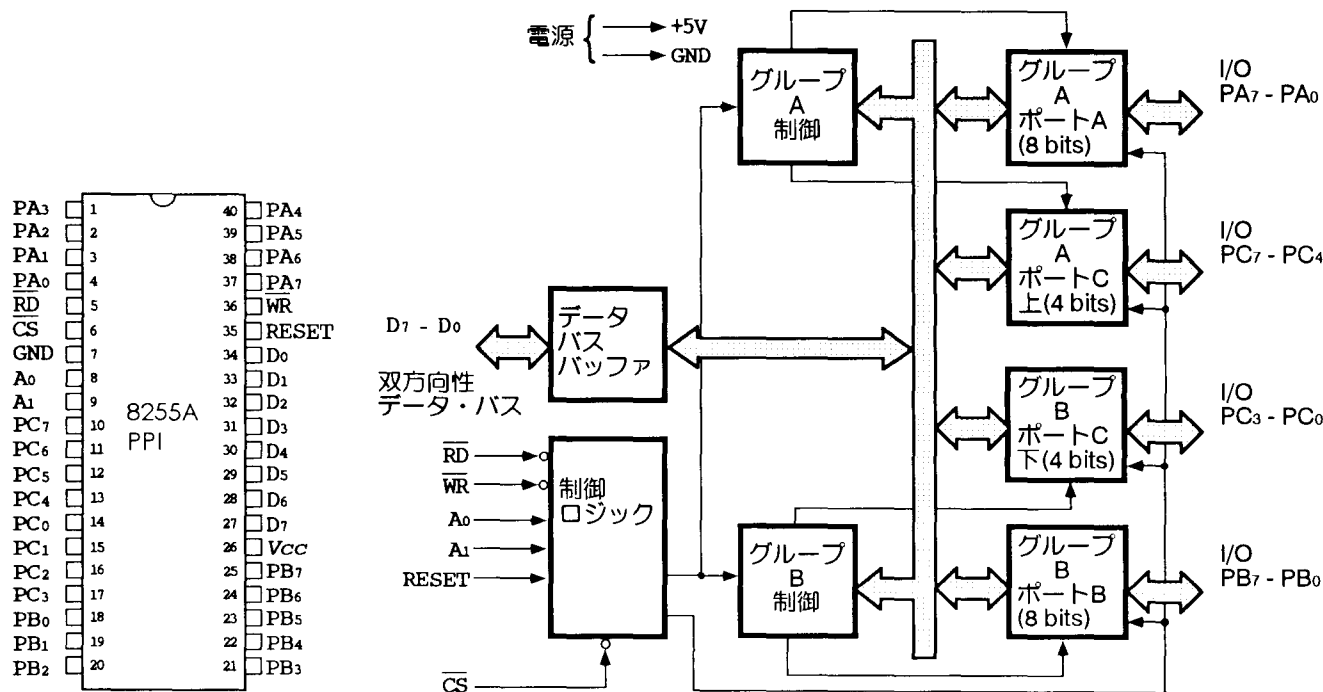


Fig. 5: Pin description and block diagram of the 8255A LSI

れている。しかしこれらは digital IC の論理回路の知識があれば簡単に設計ができる。ここでは説明だけを行うので、詳細は同文献の図を参照されたい。

接続する PC-8801 に合わせた入出力回路の設定を行う。上記の Fig. 5 の 8255A PPI において、この LSI の RESET は active high であるので、例えば PC-8801 のリセット信号が active low として出力される場合にはインバータを間にに入れて、8255A の RESET に入力するように設定した。これらの設定もジャンパー線で行うことができるようになっている。

AB-10 の $I/\overline{O}M$ の信号線は PC-8801 の $\overline{I/ORQ}$ と同じである。Low の信号が入力される時、8255A が読み書きできる状態になる。さらに、 $\overline{I/OR}$ 、 $\overline{I/OW}$ との組み合わせで、読み取りか、書き込みかを決定する。PC-8801 は active low でこの出力を待っているため、この場合はインバータ回路が 2 個入るようになっている。8255A の RESET 回路も PC-8801 の出力が active low なので、接続は inverter 74LS04 を経由している。

割り込み出力 今回のシステムでは使用しないが、AB-10 には、同ボードからの割り込み出力を PC-8801 に送るときの信号を active high か low にする回路が付属している。

3.4.3 AB-10 Mk II のアドレス設定

AB-10 上の各 8255A の I/O ポートアドレスを設定する。アドレスデコード回路は Fig. 3 の左側の 74LS266 の入力線の配線図に示されている。この場合アドレスの設定は PC-8801 に接続している他の I/O 機器のアドレスと重複しないように設定しなくてはならない。PC-8801 のマニュアルにより調査し、他の I/O 機器との重複しないアドレス (B)_H を選び設定した。この設定は Fig. 3 の AB-10 の左側に示されている 4 個の 74LS266 の 6 番をアースし、1,13,8 を high に接続することで行っている。この場合、Fig. 3 の A₄, A₅, A₆, A₇ にそれぞれ 1011, 即ち (B)_H に対応する信号が入力するときのみ、3,11,4,10 はいずれも high になり、そのとき 1,2 が同時に high であるので、3 即ち \overline{G} は low になる。結局アドレスビット (B)_H の信号が入力したときのみ 74LS139 が動作状態になる。同時にこの信号線は、 $\overline{I/OR}$ 、 $\overline{I/OW}$ および $I/\overline{O}M$ の信号線との間で論理回路を構成し、動作時のみ IC₂ の \overline{G} を active low にしている。

3.4.4 8255A 増設

AB-10 ボード上には自由に使用できる 8255A が一つしか実装されていないので、3 個の BCD 入力を読み取るために、さらに 2 個増設することにした。増設した

8255A用の \overline{CS} はすでにAB-10上の74LS139によってデコードされているので、その他の信号線と一緒に追加ボードまでフラットケーブルで接続した。必要な信号線は電源 V_{cc} 、GND、 $D_0 \sim D_7$ 、 \overline{RD} 、 \overline{WR} 、 A_0 、 A_1 、RESET、 \overline{CS} が2本の合計17本である。 \overline{CS} が2本必要なのは、各8255Aに一本ずつ必要であるため、その他の信号線、電源およびアースは全て共用である。

増設も含めた各8255A内のポートのアドレスはFig. 6に示されている。8255A #1, #2 および#3にはそれぞれポートA、ポートBおよびポートCがある。また図中のCWRはコントロール・レジスターのことである。

8255Aの使用についての詳細は参考文献4を参照するとよい。

	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
8255A #1	1	0	1	1	0	1	x	x	B4H - B7H
8255A #2	1	0	1	1	1	0	x	x	B8H - BBH
8255A #3	1	0	1	1	1	1	x	x	BCH - BFH

1:Hi, 0:Low, x:1 or 0

CSセレクト (固定)
CSセレクト (可変)
ポートセレクト (可変)
8255A内部各ポートおよびCWRの乗アドレス

Fig. 6 Port addresses of three 8255A.

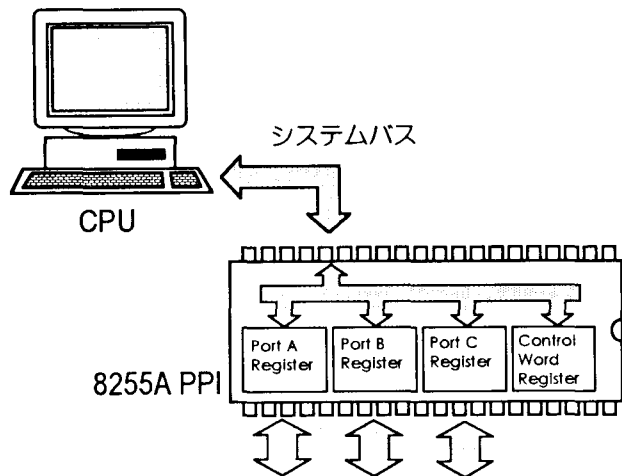


Fig. 7. Address decoded 8255A LSI.

下位4ビットのうち、さらに上位2ビットはPC-8801からのアドレス信号線をアドレスデコード回路からの出力とともに74LS139により \overline{CS} 信号に変換したものが実装実際に8255Aに入力される。下位2ビットはPC-8801

のアドレス信号線と直結である。

アドレスデコードの配線が終了すると、CPUからは各8255AがFig. 7が示すように見えるようになる。

以上の接続操作で、コンピュータ、インターフェースおよび電圧計がすべて接続されて測定可能な状態になる。

3.4.5 8255A モード設定

デジタルパネルメータのBCD出力は1桁の出力に4ビット使用するので、2桁で1ポートを使用することになる。従ってポートAとポートBで3½桁を読み込むことにした。さらに8255Aによる取り込みを確実にするために、取り込み前に直流電圧計の測定をlock(固定)の状態にし、取り込んだ後に再びスタートさせる。この制御に2ビット使用する。これにポートCを使用することにした。

以上の使用を満たす8255Aの初期化はFig. 8に示されたコントロールワードによる。

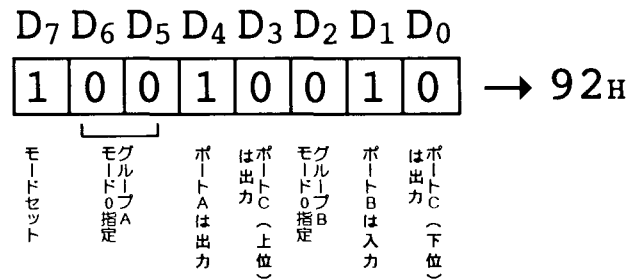


Fig. 8 Control words of the initialization of 8255A.

コントロールワードは(92)_Hとなる。これを各8255AのCWRアドレスに書き込めば先のモードに設定することができる。例えば#1の8255Aをこのモードにセットする場合はBASICならばOUT &HB7, &H92を実行する。

3.4.6 BCD リード

各8255Aの各ポートのアドレスからデータを読むことで、BCDで数値を読むことができる。ポートは上位3ビットが未使用なので、(1F)_HとANDを取ってからデータとしなければ数値が不安定になる。

4 プログラム

以上の回路を使って真空度を読み取るプログラムをBASICで表現すると次のようになる。

```

1:   OUT  &HB7,&H92
2:   *LOOP
3:   OUT  &HB6,&H2
4:   X=INP(&HB4): Y=INP(&HB5)
5:   Y = Y AND &H1F
6:   OUT  &HB6,&H3
7:   V=VAL(HEX$(Y)): 10 + (VAL(HEX$(X))/10
8:   PRINT USING "###.##": PRINT " mV"
9:   GOTO *LOOP

```

1行目は8255Aの初期化の命令である。2行目は9行目の命令のジャンプ先を示す。3行目で測定を一時止め、測定値を固定する。そして4行目で8255Aの各ポートから数値を読み取る。このうちの上2桁分とさらに上位3ビットをマスクするのが5行目である。この処理の後に6行目の命令で、測定を再スタートさせる。7行目ではBCDデータを数値データに変換している。そして8行目でその数値を出力する。9行目のGOTOでこれらの手順を繰り返している。

このプログラムは1個の8255Aからの1回のデータの読み込みと記録を示しているが、実際のプログラムではさらに残りの8255Aからもデータを読み込み、それぞれの測定値の数回分の平均値を計算し、バーグラフとともに表示する構成になっている。

5 実行結果

プログラムを実行すると、PC-8800のディスプレイ上に各秒ごとの真空度がバーグラフと平行して現れる。真空度は電圧にしてほぼ常に100 mV以下で、これは真空度 5×10^{-5} Pa以下に対応している。

6 結語

以上、今回組み立てた装置についてまとめてみた。これらについての有用性を列挙すると以下ようになる。

1. 今回の装置により電圧、即ち真空度の定量的かつ連続的な監視が可能になり、X線発生装置の真空漏れ等の状態を長期間にわたり定量的に把握でき、実験進行上メリットが大きい。
2. パソコンを利用した制御機器は一般に高価であるが、このように部品購入を行うと非常に安価に製作することができ、容易に研究室の機器制御に利用できるものと思う。特に予算が限られた実験室ではメリットが大きいと思われる。

3. この回路に応用されている技術は他の自動制御にも直ちに应用することができ、安価に種々の自動制御装置の製作を行うことができる。高等学校等の理科の教材等にも非常に有効であると思われる。

4. パソコンの進歩は非常に急速なので不要なパソコンは廃棄される場合が多い。これは非常にもったいないことである。この記事の方法を利用することによってこれらの型の古いパソコンが役に立ち、いわゆる資源の有効利用に貢献することになる。

7 参考文献

1. 大川善邦 (1982) Z-80 マイコンの作り方, インターフェースとローカルネットワーク入門, 東京都台東区東上野 4-25-18 産報出版株式会社.
2. 日本電気 (1985) PC8801, ユーザーズ・マニュアル
3. マイテック (株) (1982) I/O ボード 解説書 (改訂版), 東京都中央区茅場町 2-13-13, マイテック (株).
4. 西野 聰 (1982) マイコン制御入門 日刊工業新聞社, P133 ~ P144