

## 9. マイクロプロセッサを使用したエアガン 発音時刻収集システム

東海大学海洋学部 齊藤 誠\*  
東京大学地震研究所 笠原 順三

(昭和56年1月30日受理)

### 1. 緒言

海底地震計とエアガンを組合せた屈折法人工地震観測は、(1) 連続的で多量なデータを  
得られる事、(2) 洋上において任意の観測点を選べる事、(3) センサー位置が固定である  
事、(4) S/N 比の良い事、(5) スタッキングにより S/N を向上できる事、(6) 非爆薬の  
ため安全である事、など多くの利点をもっており比較的浅い地殻構造探査に有効である。

地震研究所では、海底地震計・エアガンによる人工地震の研究を行ってきた (NAGUMO  
et al., 1980a, b)。

また他の海底地震研究者、研究機関からもいくつかの報告が出ている (LANGFORD &  
WHITMARSH, 1977; SUTTON et al., 1977; AVEDICK et al., 1978; IBRAHIM & LATHAM,  
1978; HEFFIER & BARRETT, 1979)。

近年、エアガンの容量も巨大化しつつあり近い将来、海底地震計・エアガンによる人工  
地震観測は、従来数 kg のダイナマイトを使用した爆破観測に取って変わるであろう。

地震研究所は、小型・高性能・実用的な自己浮上式海底地震計 (笠原他, 1979) を開発  
し本格的な群列観測が行なえるようになった。それに伴い、海底地震計・エアガンによる  
人工地震データも膨大なものとなってきた。例えば、海底地震計一点に対し約 700 のショ  
ットが行なわれ、観測点は数十といった観測もまれではない。従来のデータ収集・整理方  
法では、労力・時間・経費全ての面において処理が追いつかない状態となり、低価格で効  
率的なデータ収集、整理方法を開発する事が望まれるようになった。

このような背景の下、海底地震計・エアガンによる人工地震観測における発音時 (ファ  
イヤリング・タイム) 集録の効率化を図るべく、マイクロコンピュータを使用したデジタル  
収録システム (ASR-80R) を開発した。本論文は、このシステムの概要を述べるもの  
である。

### 2. ASR-80R システムの機能

ASR-80R システムの機能は、Table 1 にまとめた。

大別して、船上データ収録部と陸上データ再録部に別れる。船上部は、データ収録のみ

\* 現在 日本電気 (Nippon Electric Company)

Table 1. Functions of ASR-80R system.

FUNCTIONS	COMMENTS
1) AIRGUN FIRING TIME MEASUREMENT	To measure airgun firing time within $\pm 2$ msec precision and produce data file on cassette tape.
2) OUTPUT OF FIRING TIMING PULSES	To produce firing pulses for solenoid-valve type airgun system within $\pm 1$ msec precision. Firing interval from 10 to 990 seconds, with 10 seconds step, at any start time.
3) CLOCK SET	To adjust automatically X-tal clock in system ( $10^{-6}$ precision) to master clock ( $10^{-9}$ precision) within $\pm 0.02$ msec. Using the same time-base as one for ocean bottom seismometer with correcting drift-value.
4) REFILE	At land-based laboratory, to transfer data from cassette tape to mini-floppy disk in the host computer (IDS-8000Z).

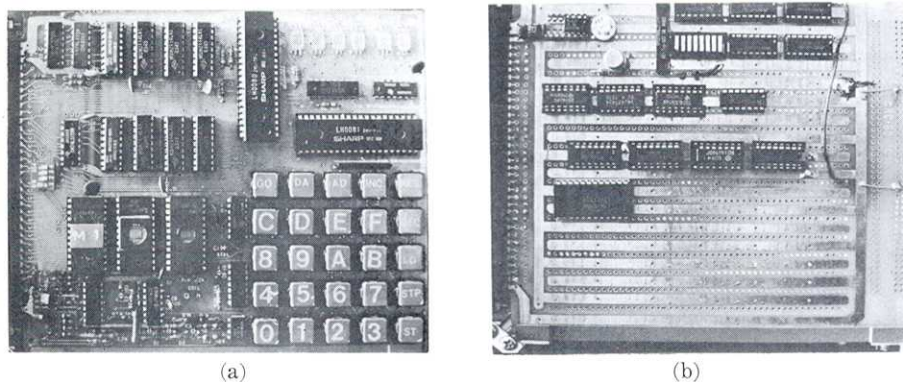


Fig. 1. Front view of CPU unit(a) and peripheral board(b).

ならず、エアガンを発音させるアクティブな働きもする。また、それ自身の計測精度をより正確なマスター・クロックで検定する機能も備えている。

Fig. 2 は ASR-80R システム (Fig. 1, Fig. 2 左側) から陸上でのホストシステム (IDS-8000Z マイクロコンピュータ, Fig. 2 右側) へのデータ転送を行っている写真である。

### 3. ハードウェア

#### 3-1 ブロック・ダイアグラム

システムは、マイクロコンピュータを中枢として、時計、入力ポート (4ビット)、出力ポート (3ビット)、エアガン・インターフェイス、記録保持用メモリ (16k ビット) オーディオ・テープレコーダ、から構成されている。更に外部に時計偏差計測計が用意されている。

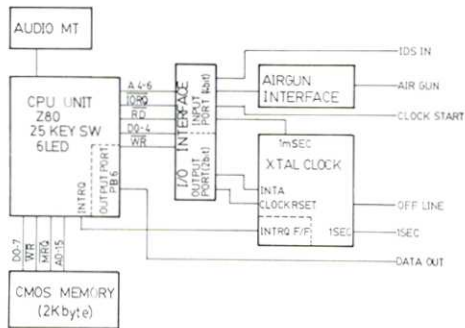


Fig. 2. ASR-80R system(front left) and IDS-8000Z system. Fig. 3. Block diagram of ASR-80R system.

以下、構成部の概要について述べる (Fig. 3 参照).

(1) CPU ユニット (Fig. 4)

8ビット CPU, Z80 を使用したワンボード・コンピュータ (コンピュータ・リサーチ社製 CRC-80, マニュアル参照) であり, 周辺部を制御する. システムは, マイクロ・コンピュータの採用により, ハード・ウェアの大幅な軽減を行い小型・高信頼性・高精度・多機能を実現した. 操作は, CPU ユニット上の発光ダイオード (LED) とキー・スイッ

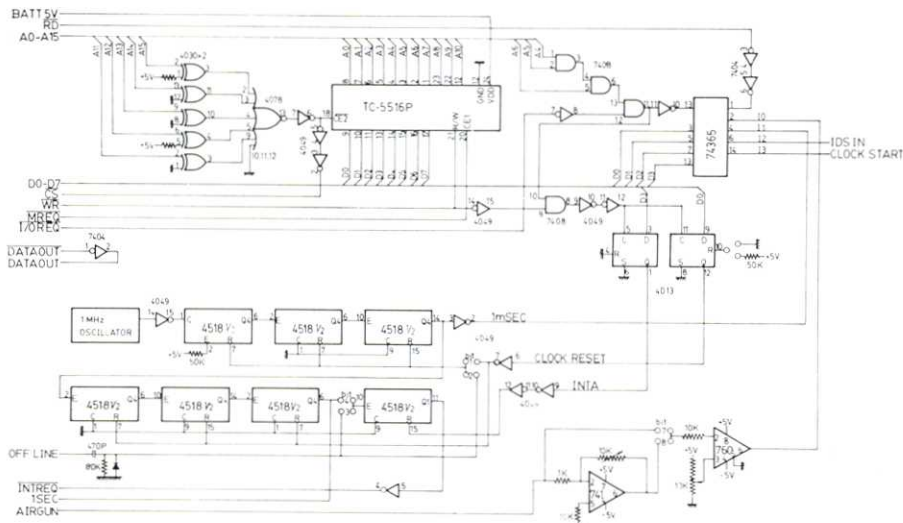


Fig. 4. Circuit diagram of peripheral board of ASR-80R system. This board includes 2KBytes memory, X-tal clock and airgun interface. CPU unit (not shown) uses modified CRC-80 board manufactured by Computer Research Co. Ltd.

チを使用して行う。ソフトウェアは、CPU ユニット<sup>1)</sup>上の ROM (Read Only Memory) の中に収められておりプログラムをその度にロードするというわずらわしさをさけた。

(2) 水晶時計

$10^{-6}$  精度の水晶時計を内蔵するタイミング・ジェネレータであり、CPU ユニットに対し、必要な時刻タイミングを供給する。

(3) 出力インターフェイス

CPU と周辺との入出力制御に使用する。

(4) エアガン・インターフェイス

エアガンのトリガー信号を CPU ユニットに入力可能な信号レベルに変換する。どのようなエアガン・システムに対しても適応できる設計とした。

(5) 記録保持用メモリー

システムによって計測したエアガン発音時刻データを、一旦バッファする。データ容量は約 340 個である。例えば、エアガンの発音時間間隔を 30 秒とすると約 3 時間の連続記録を行なえる。船上の電源の不安定性を考慮して、CMOS メモリーとバッテリー・バックアップの組み合わせによりデータの保護を行なっている。

(6) オーディオ・テープレコーダ

計測したエアガン・発音時刻データをオーディオ・テープレコーダのカセットテープ上にファイルする。これにより、何本の測線もカセット・テープとして記録保存することができる。CPU ユニットからのデータ転送速度は、1,200 ボーであり、約 340 個のデータを約 20 秒で収録できる。

以下、(2) 以降各の項について詳しく説明する。

### 3-2 水晶時計

本器の水晶時計は、CPU ユニット、入出力インターフェイスと組み合わせて始めて時計としての動作をするようになる。

この水晶時計は、1 MHz 発振器 ( $10^{-6}$  精度)、分周器、割り込み要求フリップ・フロップ (F/F) から構成される (Fig. 5)。更にオフライン処理が行えるよう特別の工夫をした。

発振器から出力される 1 MHz 信号は、6 段の BCD カウンタによって 1 Hz まで分周される。分周 3 段目で得られる 1 msec 信号は、エアガン発音時刻計測のソフト・カウンタに使用されるため、入出力インターフェイスを介して CPU に入力される。

分周器は、クロックリセット (Clock Reset) 信号によってカウントをクリアする。CPU ユニットは、入出力インターフェイスを介してクロックリセット信号を制御しており、時計の同期は、ソフトウェアによってコントロールされる (Fig. 8)。

分周器によって生成される 1 Hz 信号は、割り込み要求フリップ・フロップ (F/F) に入力され、割り込み要求 F/F は、一秒毎に CPU に対し割り込み要求信号を送る。

割り込み要求を CPU が受けつけると、処理中のプログラムを一時中断し割り込み処理を実行する。この割り込み処理プログラムは時刻加算のプログラムであり、時刻バッファ

1) CRC-80 CPU ユニットには、多少の改造を施した。

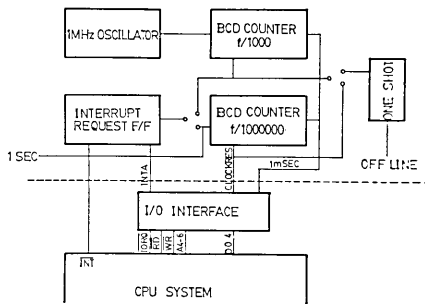


Fig. 5. Block diagram of X-tal clock.

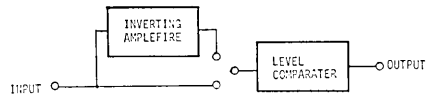


Fig. 6. Block diagram of airgun interface.

(Appendix 2 参照) 内の時刻データを一秒くり上げる。

CPU が割り込み要求を受けつけるとソフト・ウェアによって割り込み応答信号 INTA を入出力インターフェイスを介して割り込み要求 F/F に送る<sup>2)</sup>。この事により一回の割り込みにおいて多重の割り込みがかかるのを防いでいる。

割り込みソフトウェアは、機械語で書かれ極めて高速・高能率であり、その実行速度は最悪のケースでも 0.5 msec を越えない。割り込み処理の採用により、時刻加算と他の処理を並列実時間 (リアルタイム) で行なう事が可能となった。

### 3-3 入出力インターフェイス

入出力インターフェイス (Fig. 3) は、CPU とその周辺の入出力情報を CPU の動作に同期する働きをしている。回路を単純化するため、入力 4 ビット、出力 2 ビットの必要最小限の構成とした。入力ポートは、トライステート・ゲートを使用した実時間データ処理型であり、出力ポートは、D・F/F によるデータ保持型である。

入出力インターフェイスは、I/O マップド方式によって選択される。アドレスのフルデコードは行なっておらずアドレス・ラインの A 4~6 が High- レベルであればアドレスの指定が行なわれる。従って、Z80 の持つ IN, OUT 命令によって動作する。

### 3-4 エアガン・インターフェイス

エアガン・インターフェイス (Fig. 6) は、エアガン・システムのトリガー信号を、TTL レベルの正論理信号として入出力インターフェイス (Fig. 3) に送る。

信号レベルの変換は、コンパレータによって電圧レベル判定して行なう。従って入出力信号が、アナログであってもかまわない<sup>3)</sup>。コンパレータの判定電圧は、0~5 V まで可変である。

前段の反転増幅器によって波形の反転を行なう事により、入力信号が負でも記録できる。

- 2) 通常、Z80 CPU の割り込み応答信号は、M1 と IORQ の and によって作り出されるが、ASR-80R では、回路素子を減らす目的から、出力ポートとソフトウェアによって割り込み応答信号を生成している。同様の目的で、水晶時計内の割り込み要求は、BCD カウンタで代用されている。
- 3) ASR-80R システムはハイドロホンによってとらえられたエアガン発音波形に対しても、有効なパルスが得られる。

### 3-5 記録保持用メモリー

オーディオ・テープレコーダへのデータ転送は、比較的低速(1200ボウ)であるので ASR-80R システムは、計測したエアガン発音時刻データを一時 IC メモリー上にバッファする事により実時間処理を実現している。

船上の電源は、安定性を欠いている場合が多い。電源事故によるシステム・ダウンに際してもデータを失なわないために CMOS RAM をバッテリー・バックアップする事によりデータの保護を行なっている。

記録保持用メモリー (Fig. 3 参照) は、アドレス空間を 9000H~97FFH に固定している。CMOS RAM としては現時点における最高集積度の 16k ビット RAM TC-5516 を使用しており、この素子の採用により回路は、極めて単純なものとなった。

### 3-6 時計偏差計測計

時計偏差計測計 (Fig. 7a) は、マスタークロックに対する ASR-80R の時計の偏差を  $10^{-6}$  秒精度で計測する。

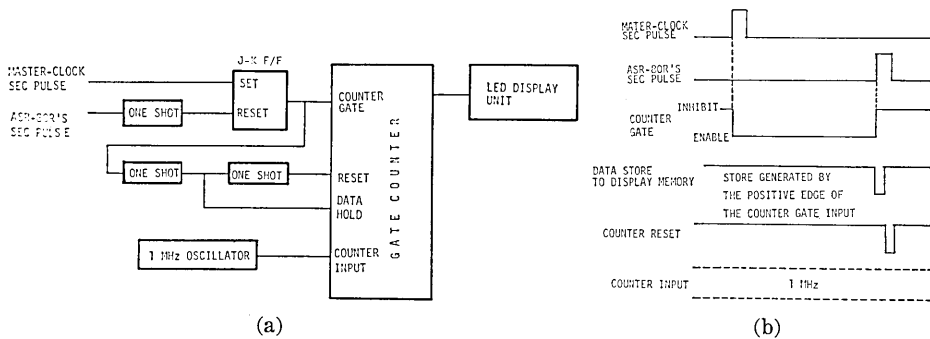


Fig. 7. (a) Block diagram of clock drift counter for calibration of ASR-80 internal clock system, and (b) timing chart of clock drift counter.

時計偏差計測計は、1 MHz 水晶発振器を内蔵しその出力をカウントするゲート・カウンタである。マスター・クロックと ASR-80R の時計の秒信号を入力、両者の時間間隔を  $1 \mu\text{sec}$  まで計測する。常にマスター・クロックの秒信号パルスにより計数を開始し ASR-80R の秒パルスで計数が終了する (Fig. 7b)。従ってマスター・クロックと ASR-80R の時計の分信号をモニタし進み、遅れがわかれば、ASR-80R の時計のマスター・クロックに対する偏差を求めることができる。

ASR-80R システムは、この偏差計測計が利用できるよう、秒・分信号を外部に出力している (Fig. 8)。

## 4. ソフトウェア

### 4.1 ソフトウェアとその機能

ASR-80R システムは、マイクロコンピュータの採用によりハードウェアの軽減を実現している。従って、その分だけソフトウェアは機能を補なわなければならない。ASR-80R

システムのハードウェアとソフトウェアは、密接に結びついており両者を切り離して考える事はできない。ソフトウェアによる機能分担の利点は、複雑な動作を生み出せる事、自らハードウェアの改造なしにシステムの改良・改造ができる事であり、ほぼ単品に近いこのシステムのような場合非常に有効である。

ASR-80R のソフトウェアは限られたメモリ空間と実時間処理の必要性から、全て機械語によって組んである。ソフトウェアは全体として2キロバイトであり、全てROMに収めた。これにより、ハードウェア的感覚で使用できる。

ソフトウェアの機能は、Table 2にまとめた。これらのソフトウェアは、非常に複雑な構造をもち限られた紙面では説明しきれない。以下、ソフトウェアの構造について触れるが、概念的なものに止めた。

ソフトウェアのリスト出力は Appendix 3 に示した。

Table 2. Functions of Software.

NAME	FUNCTIONS
MONITOR	Whole software control
TIME INCREMENT	Interrupt program for increment of the time data in TIME DATA BUFFER
SYNCHRONIZE OF CLOCK	Setting ASR-80R's clock to MASTER CLOCK
CLOCK DRIFT	Output information for clock drift measurement
SHOT-MARK RECORDING	Measuring of firing times for airgun system within $\pm 2$ msec precision
DATA LOAD TO TAPE	Loading of the firing time data on audio cassette tape recorder
CLOCK	Display of time on the LED
FIRING TIMING	To make firing timings by any interval and any beginning time
DATA LOAD TO FLOPPY DISK	To load the cassette data file on floppy disk using IDS-8000Z computer system

#### 4.2 時計同期

ASR-80R システムの内部時計の同期は、マスター・クロック ( $10^{-9}$  精度) に対して行なう。

マスター・クロックは、分信号パルスを独立した信号としても出力しているのでこの分信号 (Clock Start) を利用する。キーボードより同期時刻 (年, 月, 日, 時, 分, 秒) のセットと同期1分前を人間の手によって入力すると、入出力インターフェイス (Fig. 3) より Clock Start 信号が H-レベルになるのをサーチする。Clock Start 信号の H-レベルを確認すると、ただちに入出力インターフェイスを介して、Clock Reset 信号を出力し時計の同期が行なわれる。その後、同期時刻データを時刻データ・バッファ (Appendix 2) に転送し時計の同期は終了する。同期精度は、Clock Start 信号のサーチにおけるル

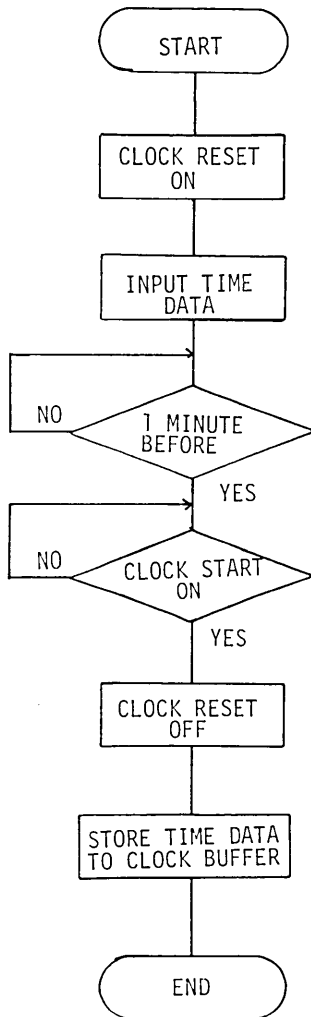


Fig. 8. Summary-flowchart of synchronization of clock (see Appendix 3-14).

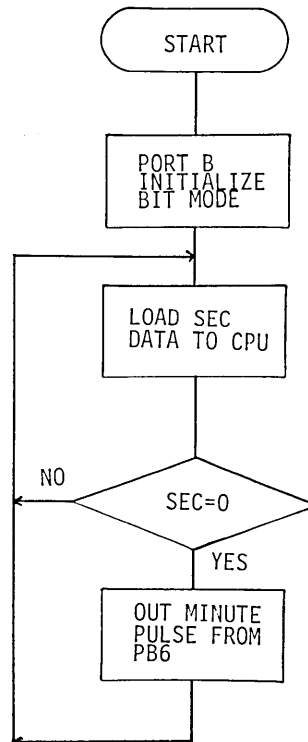


Fig. 9. Summary-flowchart of output minute mark.

ープの処理時間に支配され 0～0.02 msec の範囲内である。

以後、1秒毎にかかる割り込み処理によって時刻データは自動的にくり上げられてゆく。

#### 4-3 時計偏差及び分パルス生成

マスター・クロックと時計偏差計を用いた ASR-80R の時計偏差計測に使用する。

時計偏差計測に必要な ASR-80R のデータは、秒・分パルスである。秒パルス (1 sec) は、水晶時計のハードウェアより直接出力されているが分パルスはハードウェアによって生み出されないソフトウェアにより、60 秒加算して作り出す。分パルスの出力は、CPU ユニット内の Z80 PIO の PB6 (DATA OUT) より出力する (Fig. 3)。

分パルスの生成は、常に時刻データ・バッファ (Appendix 2) の秒データを監視し、正



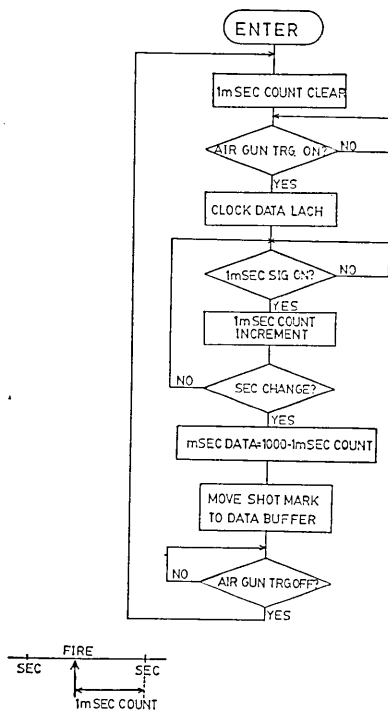
分 (00秒) を確認すると H-パルスを 10 msec 間ポート PB6 より出力する (Fig. 9).  
 このような事ができるのは、割り込み処理により時計データのくり上げがほぼ並列に行なわれているからである。

4-4 エアガン発音時刻計測

エアガン発音時刻の計測は、エアガン・トリガーがかかってから次の正秒までの時間を計測する事により発音時刻を得ている (Fig. 10).

CPU は、常にエアガンの発音をエアガンインターフェイス、入出力インターフェイスを介して監視する (Fig. 3). エアガン・トリガーの ON を確認すると、時刻データ・バッファ (Appendix 2) の日、時、分、秒データを保持し、入出力インターフェイスを介して水晶時計が出力する 1 msec パルスを次の正秒までカウントする。正秒の確認は、保持した秒データと時刻バッファの秒データと比較する事によって得ている。1 msec パルスのカウントは、発音時より次の正秒までの時間であるから発音時刻の 1 秒以下のデータは、1 秒とカウントとの差である。

このようにして得られた発音時刻を記録保持用メモリに転送した後、エアガン・トリガーの監視に戻る。



FLOW CHART OF SHOT MARK RECORDING

Fig. 10. Summary-flowchart of airgun shot mark measurement (see Appendix 3-9).

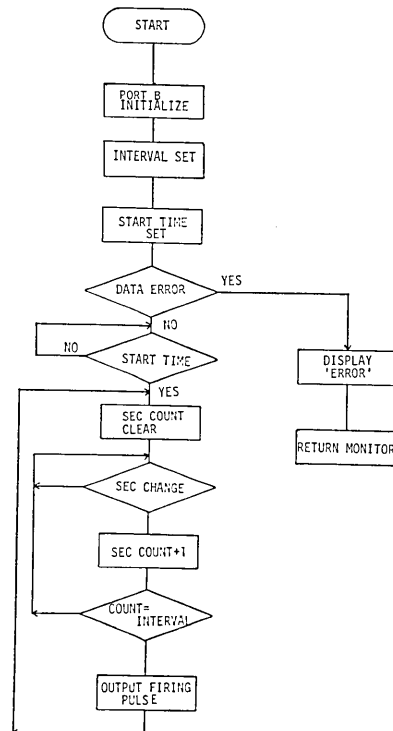


Fig. 11. Summary-flowchart of airgun firing timing (see Appendix 3-16).

#### 4-5 ファイアリング・タイミングの生成

ファイアリング・タイミングは、10～990 秒まで10秒ステップでインターバルを設定し任意の時刻より出力が開始できるようにした。出力は、DATA OUT (Fig. 3) より行なわれ、そのパルスは、10 msec の時間 H-レベルを保つ。

フローチャートを Fig. 11 に示した。プログラムは、キーボードよりインターバル出力開始時刻をセットし、そのエラーチェックをする。入力データに問題がなければ、時刻データ・バッファ (Appendix 2) 内の時刻と出力開始時刻とを比較し、一致するまでくりかえす。出力開始時刻が来ると、エアガン発音時刻の計測と同じく時刻データ・バッファ内の秒データをサーチして、秒カウントを行なう。秒カウントが設定したインターバルに達すると、CPU ユニット内の PB6 (Fig. 3) より、10 msec の H-レベルパルスを出力する。このパルスの時刻精度は、秒データのサーチに支配され、 $\pm 1$  msec である。

#### 4-6 ハンドシェーク

フロッピー・ディスク上へのデータ・ファイルを行なう為、ASR-80R システムとIDS-8000 Z は、2 線ハンドシェークにより収集したデータの受け渡しを行なっている。ASR-80R システムでは、データの直列出力用として DATA OUT (PB6) とアクリッジ入力用に入出力インターフェイス (IDS IN) を使用している。IDS-8000 Z の入出力は、入出力インターフェイスボード (ADB-011) の入力ポート A のビット 7 と出力ポート A のビット 0 を使用している (Fig. 12a)。

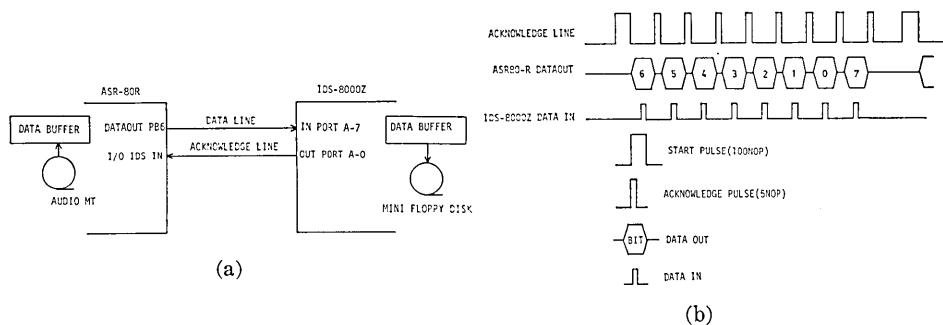


Fig. 12. (a) Block diagram of handshake and floppy disk file(left) and (b) timing chart of handshake(right).

ハンドシェークのタイミングは、Fig. 12b のようにして行なっている。IDS-8000Z は、ASR-80R システムにスタートパルス (100 NOP) とアクリッジ・パルスを送る。ASR-80R システムは、スタート・パルスとアクリッジ・パルスを、パルス幅から判別しデータを直列に出力する。

スタート・パルス、アクリッジ・パルスのタイミングは、IDS-8000Z のソフトウェアによって決定される<sup>4)</sup>。直列出力及び入力、Acc (アキュムレータ) のビット・シフト命令 (RLC, RRC 等) によって操作されバイト単位の処理を、ソフトウェアによって行なっ

4) IDS-8000Z は、ASR-80R システムと同じ Z80 を使用しており、更にクロック周波数も 2 MHz と同一であるので、タイミングは NOP 命令で作り出した。

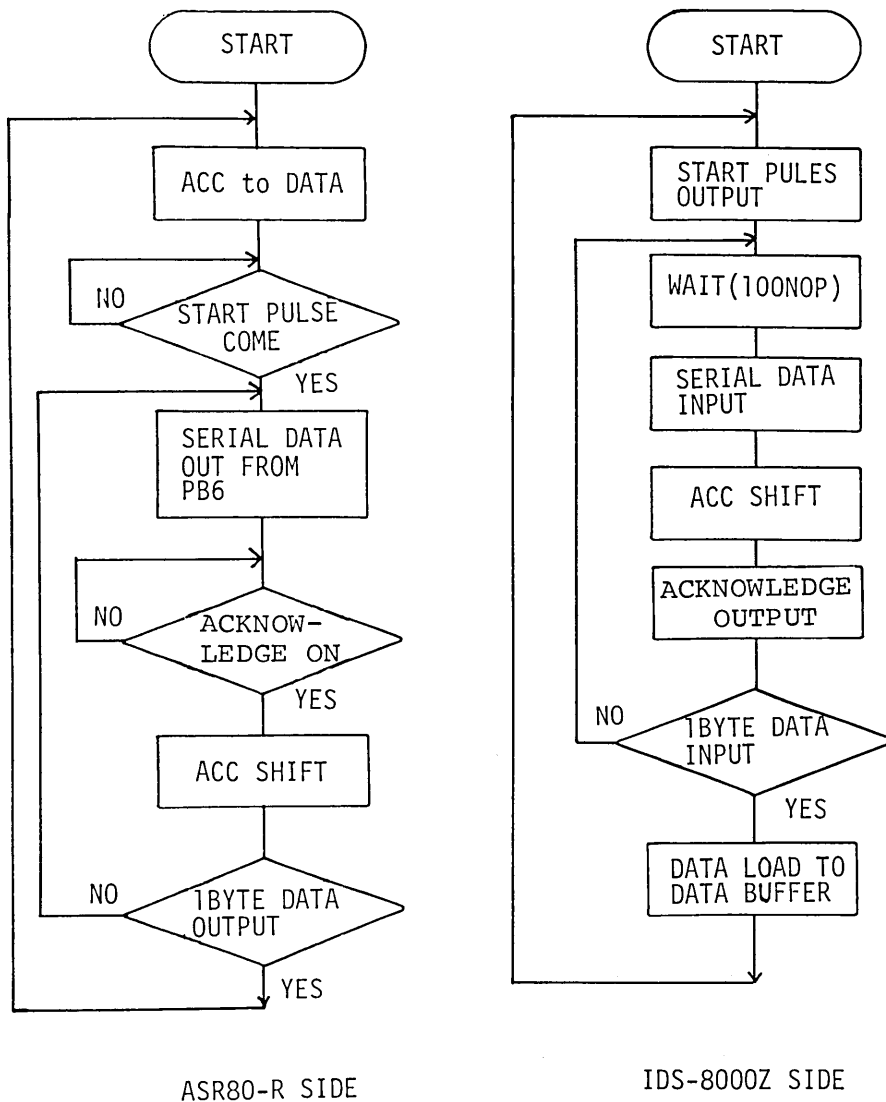


Fig. 13. Summary-flowchart of handshake(see Appendix 3-17).

ている (Fig. 13). 開発したソフトウェアの転送速度は、約 4,000 ボーである。

IDS-8000Z 側のハンド・シェイク・ソフトウェアは、スーパー-BASIC インタプリンタと BDOS (Basic Disk Operation System) とによって開発されたデータファイル作製ソフトウェアとリンクして使用する。この事により会話型式で、ASR-80R システムよりデータを読み込みフロッピー・ディスクファイルを行う。

## 5. 考 察

ASR-80R システムによるエアガン発音時刻計測精度は、最悪のケースで  $\pm 2$  msec である。この精度は、水晶時計から出力される 1 msec 信号のソフトカウントに支配されているため、精度を上げるためにはソフトカウント・パルスの周期を 1 msec 以下にすれば良い。しかし、現時点においては、データの解析に必要な精度は 1/100 sec 台が保障されれば良く、現在の計測精度で必要十分である。

船上において作成するデータ・ファイルは、テープ・ファイルのみである。この転送速度は、1,200 ボーと比較的遅い。しかし、収集したエアガン発音時刻データをテープへ転送するのに要する時間は、操作を含めて約30秒である。海底地震計エアガンによる人工地震観測における標準的なエアガンの発音間隔は30秒であるので、たとえ発音時が連続して欲しい場合でも失なうデータの量は非常に少ない。精密機器でない、オーディオ・テープレコーダは、耐久性を備えており、船のように不規則な動揺が伴う条件下ではかえって都合が良い。

また、ASR-80R システムは、ハイドロホンからの信号入力に対してもショット・マークを計測する能力をもつので、海底地震計による長距離爆破におけるショット・マーク計測へ、将来応用できるであろう。

ASR-80R システムの開発により、エアガン発音時刻の計測は、経済的にかつ容易に行なえるようになった。実際に従来の記録収集法と比較すると、記録テープと紙記録用紙が不用となったため経費において 1/20 以下、時間において 1/50 以下である。更に、記録の読み取りなどの単純労働から解放される。フロッピー・ディスク上のデータ・ファイルは、現在開発しつつある地震波形処理コンピュータ・システムとリンクし海底地震計・エアガンによる人工地震観測を飛躍的に進歩させるであろう。

## 6. 謝 辞

本システムの実用試験に際し援助下さった東海大学小林平八郎助教授、三沢良文講師、同大学望星丸船長林誠一郎氏及び乗組員の方々並びに本システムの開発において終始御指導下さった当研究所、南雲昭三郎教授並びに御助力いただいた是沢定之助手に深く感謝します。

## 文 献

- AVEDICK, R., V. RENARD, D. BUISINE and J. CORNIC, 1978, Ocean bottom refraction seismograph (OBRS), *Marine Geophys. Res.*, 3, 357-379.  
 コンピュータ・リサーチ KK, 1980, CRC-80 マイコンキット ユーザ・マニュアル。  
 HEFFLER, D. E. and BARRETT D. L., 1979, OBS development at Bedford Institute of Oceanography, *Marine Geophys. Res.*, 4, 227-245.  
 IBRAHIM, A. B. K. and G. V. LATHAM, 1978, A comparison between sonobuoy and ocean bottom seismograph data and crustal structure of the Texas Shelf Zone, *Geophysics*, 43, 514-527.  
 笠原順三, 是沢定之, 南雲昭三郎, 大工原保, 原 智美, 安藤誠一, 1979, 自己浮上式海底地震計

- (ERI 型 P-79), 地震研究所彙報, 54, 514-530.
- LANGFORD, J.J. and R.B. WHITMARSH, 1977, Pop-up bottom seismic recorder (PUBS) of the Institute of Oceanographic Science, U.K., *Marine Geophys. Res.*, 3, 43-63.
- NAGUMO, S., T. OUCHI and S. KORESAWA, 1980a, Seismic velocity structure near the extinct spreading center in the SHIKOKU basin, NORTH PHILIPPINE sea, *Marine Geology*, 35, 135-146.
- NAGUMO, S., J. KASAHARA and S. KORESAWA, 1980b, OBS airgun seismic refraction survey near the sites 441 (J-1A), 438 and 439 (J-12), and proposed site J-2B; Leg S-56 and 57, Deep Sea Drilling Project, Init. Rep. of the D.S.D.P., LVI, LVII, 459-462.
- SUTTON, G.H., J. KASAHARA, W.N. ICHINOSE and D.A. BYRNE, 1977, Ocean bottom Seismograph development at Hawaii Institute of Geophysics, *Marine Geophys. Res.*, 3, 153-177.

## Appendix 1. ASR-80R system, software memory map.

FILE NAME	LABLE	ADRESS (HEX.)
AG80-08J	CLOCK	0400
AG80-04J	LED	0443
AG80-01J	DISP	04A0
AG80-06J	KEY	04E0
AG80-07J	REMON	0520
AG80-05J	TCLOCK	054A
AG80-03S	TIME	0580
AG80-02J	TBCD	05F0
AG80-09J	TSHOT	0620
AG80-10J	RED	0760
AG80-13J	SCREEN	07F0
AG80-11S	MONITOR	0800
	MONITR	0928
	GONE	0947
AG80-12J	TISET	09A0
AG80-15J	TSET	0A20
	GOOD	0A78
	WAIT	0AB4
AG80-16J	DELAY	0AD0
AG80-17J	FIRE	0B00
AG80-18J	SHAND	0BA0

## Appendix 2. Flag and buffer memory map.

## \*LED DISPLAY BUFFER

8000H	LED0
8001H	LED1
8002H	LED2
8003H	LED3
8004H	LED4
8005H	LED5

## \*CLOCK BUFFER

8006H	SECOND
8007H	MINUTE
8008H	HOUR
8009H	DAY
800AH	MONTH
800BH	YEAR

## \*CLOCK DISPLAY FLAG-800EH

## \*YEAR, MONTH AND DAY DISPLAY FLAG-800FH

## \*SHOT MARK DATA BUFFER

8010H	1mSEC and 10mSEC
8011H	100mSEC
8012H	SEC
8013H	MINUTE
8014H	HOUR
8015H	DAY

## \*SHOT MARK RECORD ADDRESS BUFFER

8016H	LOW ADDRESS
8017H	HI ADDRESS

## \*LED NO. BUFFER-8018H

## \*KEY SCAN FLAG

801FH	KEY LINE
8020H	KEY CODE (FFH IS EROR.)

## \*RETURN MONITOR FLAG-8021H (FFH-RETURN, OTHER-NONMEAN)

## \*REDUCE KEY CODE TO NUMERIC BUFFER-8022H

## \*PROGRAM NO. BUFFER-8023H

## \*SET TIME BUFFER

8025H	SECOND
8026H	MINUTE
8027H	HOUR
8028H	DAY
8029H	MONTH
802AH	YEAR

## \*SHOT MARK RECORD BUFFER-9000H-97FFH

## Appendix 3. Software list.

- 1) Subroutine "LED DISPLAY (AG80-01)"
- 2) Subroutine "TIME BCD ADDITION (AG80-02)"
- 3) Program of "TIME INCREMENT (AG80-03)"
- 4) Subroutine "LED ENCODER (AG80-04)"
- 5) Subroutine for "CLOCK (AG80-05)"
- 6) Subroutine "KEY SCAN (AG80-06)"
- 7) Subroutine "RETURN MONITOR (AG80-07)"
- 8) Program of "CLOCK (AG80-08)"
- 9) Program of "AIRGUN SHOT MARK RECORDING (AG80-09R)"
- 10) Subroutine "REDUCE KEY CODE TO NUMERALS (AG80-10)"
- 11) Program of "MONITOR (AG80-11R)"
- 12) Subroutine of "SET TIME DATA (AG80-12)"
- 13) Subroutine of "CHARACTER DISPLAY (AG80-13)"
- 14) Program of "SYNCHRONIZE OF CLOCK (AG80-15)"
- 15) Program of "CLOCK DEFLECTION (AG80-16)"
- 16) Program of "FIRING TIMING (AG80-17)"
- 17) Handshake program for "ASR-80R (AG80-18)",  
handshake program for "IDS-8000Z (AG80-19)",  
subroutine "BCD REDUCE (AG80-20)", for printing and  
handshake and printing program for "ASR-80R (BASIC list)".









Appendix 3. (Continued)

PAGE 1

TTL 780 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2

TTL 780 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2

PAGE 1

```

0000' 3A 800F          ;SUBROUTINE FOR CLOCK
0003' 3C 0011'      ;FILE NAME A030-06
0004' C2 0011'      ;PROGRAMED BY H,SAITOH
0007' 21 8009'      ;1980 JUN

0004' 4F 800F          ;THIS PROGRAM NEEDS FOLLOWING SUB-PROGRAM.
000E' C3 0016'      ;SUBROUTINE LED ENCODER(A030-04)
0011' 21 8006'      ;PROGRAMED BY H,SAITOH
0014' 01 0000'      ;1980 JUN

0004' 4F 800F          ;VOICE REDUCEING DATA START ADDRESS
0007' 21 8009'      ;TOLCK: LDA 800FH
000E' C3 0016'      ;JNZ TOP
0011' 21 8006'      ;LXI H,8000H
0014' 01 0000'      ;YEAR,MONTH,DAY DISPLAY FLAG CLEAR

0017' 1E03          ;MVI E,03H ;COUNTER SET

0019' 7E           ;START
001A' 57 00F0'      ;MOV D,A
001B' 40 00F0'      ;ANI 0FH
001C' 40 00F0'      ;AND LED
001D' 40 00F0'      ;AND LED
001E' 40 00F0'      ;AND LED
001F' 40 00F0'      ;AND LED
0020' 02 0443'      ;JNZ B
0021' 0C           ;INR C
0022' 7A           ;MOV A,D
0023' 07           ;RLC
0024' 07           ;RLC
0025' 07           ;RLC
0026' 07           ;RLC
0027' E00F'        ;ANI 0FH
0028' 40 00F0'      ;CALL LED
0029' 40 00F0'      ;AND LED
002A' 40 00F0'      ;AND LED
002B' 40 00F0'      ;AND LED
002C' 02 0443'      ;JNZ C
002D' 2C           ;DCR E
002E' 10           ;JNZ START
002F' 10           ;JNZ START
0030' C3 0019'      ;LED=0443H
0033' C9           ;END

;SUBROUTINE KEY SCAN
;FILE NAME A030-06
;PROGRAMED BY H,SAITOH
;1980 JUN

KEY      PSW      PUSH PSW
        C         PUSH C
        D         PUSH D
        H         PUSH H

;PORT B INITIALIZE
MVI A,0FFH
OUT 03H ;INITIALIZE BIT MODE
XRA A
OUT 03H ;OUTPUT MODE

;PORT A INITIALIZE,
MVI A,0FFH
OUT 02H ;INITIALIZE BIT MODE
OUT 02H ;INPUT MODE

;
MVI B,02H ;KEY LINE FLAG
MVI C,01H ;PORT B ADDRESS
MVI D,03H ;LOOP COUNTER

KEY1     OUTP B
        INP B
        INR A
        JNZ FILE
        DCR B
        DCR D
        JNZ KEY1
        JMP OUT

FILE     LXI H,001FH ;KEY SCAN DATA BUFFER START
ADDRESS
        DCR A
        MOV M,B
        INR L
        MOV M,A

        POP H
        POP D
        POP B
        POP PSW
        RET

.END
    
```

Appendix 3. (Continued)

```

;SUBROUTINE RETURN MONITOR
;FILE NAME A030-V7
;
;THIS PROGRAM NEEDS FOLLOWING SUB-PROGRAMS.
;SUBROUTINE KEY SCAN (A030-06)
;PROGRAMMED BY HISAITO
11200 JUN
;
;REMON :PUSH F5
;
;RETURN FLAG CLEAR
XRA A
STA 8021H
;
;KEY SCAN BUFFER CLEAR
XRA A
STA 8020H
;
;KEY SCAN
CALL KEY
;
;STEP" KEY TURN ON?
LDA 801FH
INR A
INR A
JNZ OUT1
LDA 8030H
CPI 7FH
JNZ OUT1
;RETURN FLAG ON
MVI A,0FFH
STA 8021H
;
OUT1 :POP F5M
KEY=40EH
;END
0000' F5
0001' AF
0002' 32 8021
0003' 32 801F
0004' 32 8020
0005' CD 04E0
0006' 3A 801F
0007' 7C
0008' 01 01
0009' C2 0023'
0010' 3A 8030
0011' FE7F
0012' C2 0023'
0013' 3E7F
0014' 32 8021
0015' F1
0016' C3
04E0
;PROGRAM OF CLOCK
;FILE NAME A030-08
;
;THIS PROGRAM NEEDS FOLLOWING SUB-PROGRAMS.
;SUBROUTINE LED DISPLAY (A030-31)
;PROGRAM OF TIME BCD ADDITION (A030-02)
;PROGRAM OF TIME INCREMENT (A030-03)
;SUBROUTINE LED ENCODER (A030-04)
;SUBROUTINE KEY SCAN (A030-06)
;SUBROUTINE RETURN MONITOR (A030-V7)
;PROGRAMMED BY HISAITO
11200 JUN
;
;CLOCK :PUSH F5M
;PUSH B
;PUSH D
;PUSH H
;
; "YEAR,MONTH AND DAY" DISPLAY FLAG CLEAR
XRA A
STA 800FH
;
;CLOCK FLAG ON
MVI A,0FFH
STA 800EH
;
;CLIBTA :CALL DISP
;
;DISPLAY YEAR,MONTH AND DAY?
;FLAG KEY IS "A".
LXI H,801FH
XRA A
MOV M,A
INR L
MOV M,A
CALL KEY
LXI H,801FH
MOV M,A
CPI 03H
JNZ FLOW
INR L
MOV M,A
CPI 0F0H
JNZ FLOW
MVI A,0FFH
STA 800FH
;
;PROGRAM STOPS
FLOW :CALL REMON
LDA 8021H
INR A
JZ OUT3
0000' F5
0001' B
0002' D
0003' H
0004' AF
0005' 32 800F
0006' 3E7F
0007' 32 800E
0008' CD 04A0
0009' 21 801F
0010' AF
0011' 77
0012' 5C
0013' 77 04E0
0014' 32 801F
0015' 7E
0016' FE02
0017' C2 002F'
0018' 7E
0019' C2 002F'
0020' C2 002F'
0021' 3E7F
0022' 32 800F
0023' CD 0520
0024' 3A 8021
0025' 3C
0026' CA 003C'

```



Appendix 3. (Continued)

PAGE 2

TOL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2

PAGE 3

TOL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2

0040'	0098'	INX H	0001'	21 8000	DATA DISPLAY CODING
0041'	0099'	INX C	0002'	01 8010	LXI H,8000H
0042'	009A'	INR D	0003'	0A 8020	LDAX B
0043'	009B'	JNZ BLOCK	0004'	0B 00DA'	CALL CORDE
0044'	009C'	SHLD 8010H	0005'	0C	LDAX B
0045'	009D'	LDAX B	0006'	0F	RRC
0046'	009E'	CALL CORDE	0007'	0F	RRC
0047'	009F'	LDAX B	0008'	0F	RRC
0048'	00A0'	LDAX B	0009'	0C 00DA'	CALL CORDE
0049'	00A1'	LDAX B	000A'	0A	LDAX B
004A'	00A2'	LDAX B	000B'	0C	INR C
004B'	00A3'	LDAX B	000C'	0A	LDAX B
004C'	00A4'	LDAX B	000D'	0C	CALL CORDE
004D'	00A5'	LDAX B	000E'	0C	LDAX B
004E'	00A6'	LDAX B	000F'	0A	INR C
004F'	00A7'	LDAX B	0010'	0F	ANI 0FH
0050'	00A8'	LDAX B	0011'	0A	ANI 7FH
0051'	00A9'	LDAX B	0012'	0F	ANI 7FH
0052'	00AA'	LDAX B	0013'	0A	ANI 7FH
0053'	00AB'	LDAX B	0014'	0F	ANI 7FH
0054'	00AC'	LDAX B	0015'	0A	LDAX B
0055'	00AD'	LDAX B	0016'	0F	RRC
0056'	00AE'	LDAX B	0017'	0F	RRC
0057'	00AF'	LDAX B	0018'	0F	RRC
0058'	00B0'	LDAX B	0019'	0F	RRC
0059'	00B1'	LDAX B	001A'	0F	RRC
005A'	00B2'	LDAX B	001B'	0F	RRC
005B'	00B3'	LDAX B	001C'	0F	RRC
005C'	00B4'	LDAX B	001D'	0F	RRC
005D'	00B5'	LDAX B	001E'	0F	RRC
005E'	00B6'	LDAX B	001F'	0F	RRC
005F'	00B7'	LDAX B	0020'	2C	CALL CORDE
0072'	0073'	LDAX B	0021'	0F	RRC
0074'	0075'	LDAX B	0022'	0F	RRC
0076'	0076'	LDAX B	0023'	0A	LDAX B
0077'	0077'	LDAX B	0024'	0F	RRC
0078'	0078'	LDAX B	0025'	0F	RRC
0079'	0079'	LDAX B	0026'	0F	RRC
007A'	007A'	LDAX B	0027'	0F	RRC
007B'	007B'	LDAX B	0028'	0F	RRC
007C'	007C'	LDAX B	0029'	0F	RRC
007D'	007D'	LDAX B	002A'	0F	RRC
007E'	007E'	LDAX B	002B'	0F	RRC
007F'	007F'	LDAX B	002C'	0F	RRC
0082'	0082'	LDAX B	002D'	0F	RRC
0083'	0083'	LDAX B	002E'	0F	RRC
0084'	0084'	LDAX B	002F'	0F	RRC
0085'	0085'	LDAX B	0030'	0F	RRC
0086'	0086'	LDAX B	0031'	0F	RRC
0087'	0087'	LDAX B	0032'	0F	RRC
0088'	0088'	LDAX B	0033'	0F	RRC
0089'	0089'	LDAX B	0034'	0F	RRC
008A'	008A'	LDAX B	0035'	0F	RRC
008B'	008B'	LDAX B	0036'	0F	RRC
008C'	008C'	LDAX B	0037'	0F	RRC
008D'	008D'	LDAX B	0038'	0F	RRC
008E'	008E'	LDAX B	0039'	0F	RRC
008F'	008F'	LDAX B	003A'	0F	RRC
0090'	0090'	LDAX B	003B'	0F	RRC
0091'	0091'	LDAX B	003C'	0F	RRC
0092'	0092'	LDAX B	003D'	0F	RRC
0093'	0093'	LDAX B	003E'	0F	RRC
0094'	0094'	LDAX B	003F'	0F	RRC
0095'	0095'	LDAX B	0040'	0F	RRC
0096'	0096'	LDAX B	0041'	0F	RRC
0097'	0097'	LDAX B	0042'	0F	RRC
0098'	0098'	LDAX B	0043'	0F	RRC
0099'	0099'	LDAX B	0044'	0F	RRC
009A'	009A'	LDAX B	0045'	0F	RRC
009B'	009B'	LDAX B	0046'	0F	RRC
009C'	009C'	LDAX B	0047'	0F	RRC
009D'	009D'	LDAX B	0048'	0F	RRC
009E'	009E'	LDAX B	0049'	0F	RRC
009F'	009F'	LDAX B	004A'	0F	RRC
00A0'	00A0'	LDAX B	004B'	0F	RRC
00A1'	00A1'	LDAX B	004C'	0F	RRC
00A2'	00A2'	LDAX B	004D'	0F	RRC
00A3'	00A3'	LDAX B	004E'	0F	RRC
00A4'	00A4'	LDAX B	004F'	0F	RRC
00A5'	00A5'	LDAX B	0050'	0F	RRC
00A6'	00A6'	LDAX B	0051'	0F	RRC
00A7'	00A7'	LDAX B	0052'	0F	RRC
00A8'	00A8'	LDAX B	0053'	0F	RRC
00A9'	00A9'	LDAX B	0054'	0F	RRC
00AA'	00AA'	LDAX B	0055'	0F	RRC
00AB'	00AB'	LDAX B	0056'	0F	RRC
00AC'	00AC'	LDAX B	0057'	0F	RRC
00AD'	00AD'	LDAX B	0058'	0F	RRC
00AE'	00AE'	LDAX B	0059'	0F	RRC
00AF'	00AF'	LDAX B	005A'	0F	RRC
00B0'	00B0'	LDAX B	005B'	0F	RRC
00B1'	00B1'	LDAX B	005C'	0F	RRC
00B2'	00B2'	LDAX B	005D'	0F	RRC
00B3'	00B3'	LDAX B	005E'	0F	RRC
00B4'	00B4'	LDAX B	005F'	0F	RRC
00B5'	00B5'	LDAX B	0060'	0F	RRC
00B6'	00B6'	LDAX B	0061'	0F	RRC
00B7'	00B7'	LDAX B	0062'	0F	RRC
00B8'	00B8'	LDAX B	0063'	0F	RRC
00B9'	00B9'	LDAX B	0064'	0F	RRC
00BA'	00BA'	LDAX B	0065'	0F	RRC
00BB'	00BB'	LDAX B	0066'	0F	RRC
00BC'	00BC'	LDAX B	0067'	0F	RRC
00BD'	00BD'	LDAX B	0068'	0F	RRC
00BE'	00BE'	LDAX B	0069'	0F	RRC
00BF'	00BF'	LDAX B	006A'	0F	RRC
00C0'	00C0'	LDAX B	006B'	0F	RRC
00C1'	00C1'	LDAX B	006C'	0F	RRC
00C2'	00C2'	LDAX B	006D'	0F	RRC
00C3'	00C3'	LDAX B	006E'	0F	RRC
00C4'	00C4'	LDAX B	006F'	0F	RRC
00C5'	00C5'	LDAX B	0070'	0F	RRC
00C6'	00C6'	LDAX B	0071'	0F	RRC
00C7'	00C7'	LDAX B	0072'	0F	RRC
00C8'	00C8'	LDAX B	0073'	0F	RRC
00C9'	00C9'	LDAX B	0074'	0F	RRC
00CA'	00CA'	LDAX B	0075'	0F	RRC
00CB'	00CB'	LDAX B	0076'	0F	RRC
00CC'	00CC'	LDAX B	0077'	0F	RRC
00CD'	00CD'	LDAX B	0078'	0F	RRC
00CE'	00CE'	LDAX B	0079'	0F	RRC
00CF'	00CF'	LDAX B	007A'	0F	RRC
00D0'	00D0'	LDAX B	007B'	0F	RRC
00D1'	00D1'	LDAX B	007C'	0F	RRC
00D2'	00D2'	LDAX B	007D'	0F	RRC
00D3'	00D3'	LDAX B	007E'	0F	RRC
00D4'	00D4'	LDAX B	007F'	0F	RRC
00D5'	00D5'	LDAX B	0080'	0F	RRC
00D6'	00D6'	LDAX B	0081'	0F	RRC
00D7'	00D7'	LDAX B	0082'	0F	RRC
00D8'	00D8'	LDAX B	0083'	0F	RRC
00D9'	00D9'	LDAX B	0084'	0F	RRC
00DA'	00DA'	LDAX B	0085'	0F	RRC
00DB'	00DB'	LDAX B	0086'	0F	RRC
00DC'	00DC'	LDAX B	0087'	0F	RRC
00DD'	00DD'	LDAX B	0088'	0F	RRC
00DE'	00DE'	LDAX B	0089'	0F	RRC
00DF'	00DF'	LDAX B	008A'	0F	RRC
00E0'	00E0'	LDAX B	008B'	0F	RRC
00E1'	00E1'	LDAX B	008C'	0F	RRC
00E2'	00E2'	LDAX B	008D'	0F	RRC
00E3'	00E3'	LDAX B	008E'	0F	RRC
00E4'	00E4'	LDAX B	008F'	0F	RRC
00E5'	00E5'	LDAX B	0090'	0F	RRC
00E6'	00E6'	LDAX B	0091'	0F	RRC
00E7'	00E7'	LDAX B	0092'	0F	RRC
00E8'	00E8'	LDAX B	0093'	0F	RRC
00E9'	00E9'	LDAX B	0094'	0F	RRC
00EA'	00EA'	LDAX B	0095'	0F	RRC
00EB'	00EB'	LDAX B	0096'	0F	RRC
00EC'	00EC'	LDAX B	0097'	0F	RRC
00ED'	00ED'	LDAX B	0098'	0F	RRC
00EE'	00EE'	LDAX B	0099'	0F	RRC
00EF'	00EF'	LDAX B	009A'	0F	RRC
00F0'	00F0'	LDAX B	009B'	0F	RRC
00F1'	00F1'	LDAX B	009C'	0F	RRC
00F2'	00F2'	LDAX B	009D'	0F	RRC
00F3'	00F3'	LDAX B	009E'	0F	RRC
00F4'	00F4'	LDAX B	009F'	0F	RRC
00F5'	00F5'	LDAX B	00A0'	0F	RRC
00F6'	00F6'	LDAX B	00A1'	0F	RRC
00F7'	00F7'	LDAX B	00A2'	0F	RRC
00F8'	00F8'	LDAX B	00A3'	0F	RRC
00F9'	00F9'	LDAX B	00A4'	0F	RRC
00FA'	00FA'	LDAX B	00A5'	0F	RRC
00FB'	00FB'	LDAX B	00A6'	0F	RRC
00FC'	00FC'	LDAX B	00A7'	0F	RRC
00FD'	00FD'	LDAX B	00A8'	0F	RRC
00FE'	00FE'	LDAX B	00A9'	0F	RRC
00FF'	00FF'	LDAX B	00AA'	0F	RRC

DCR D  
 JNZ LOAD  
 :1MSEC  
 COUNTER  
 XRA A  
 STA 8010H  
 :IN 73H  
 LOW  
 BIT 1H,A  
 JNZ LOW  
 HIGH :IN 73H  
 BIT 1H,A  
 JZ HIGH  
 :2BYTE BCD ADDITION  
 LXI H,8010H  
 ARA A  
 MOV A,H  
 INR A  
 DAA  
 MOV M,A  
 INX H  
 MOV A,H  
 MOV M,A  
 ACI 0H  
 DAA  
 MOV M,A  
 :CHECK COUNT STOP?  
 LDA 8000H  
 MOV D,A  
 LDR 8012H  
 CMP D  
 JZ LOW  
 :1000-COUNT  
 LXI H,8010H  
 XRA A  
 SBB M  
 DAA  
 MOV M,A  
 INX H  
 MOV A,H  
 SBB M  
 DAA  
 MOV M,A  
 :LOAD DATA TO DATA BUFFER  
 LHL 8016H :LOAD ADDRESS  
 LXI B,8010H :DATA ADDRESS  
 MVI D,06H :LOOP COUNTER  
 MVI A,07H :IF RAM IS OVER THEN JUMP LABEL  
 L:"RAM"  
 CMP H  
 JNZ BLOCK  
 MOV A,0FEH  
 CMP A,0FEH  
 JNZ BLOCK  
 JMP RAM  
 :LDAX B  
 LDAX B  
 MOV M,A

0098' INX H  
 0099' INX C  
 009A' INR D  
 009B' JNZ BLOCK  
 009C' SHLD 8010H  
 009D' LXI H,8000H  
 009E' LDAX B  
 009F' CALL CORDE  
 00A0' LDAX B  
 00A1' LDAX B  
 00A2' LDAX B  
 00A3' LDAX B  
 00A4' LDAX B  
 00A5' LDAX B  
 00A6' LDAX B  
 00A7' LDAX B  
 00A8' LDAX B  
 00A9' LDAX B  
 00AA' LDAX B  
 00AB' LDAX B  
 00AC' LDAX B  
 00AD' LDAX B  
 00AE' LDAX B  
 00AF' LDAX B  
 00B0' LDAX B  
 00B1' LDAX B  
 00B2' LDAX B  
 00B3' LDAX B  
 00B4' LDAX B  
 00B5' LDAX B  
 00B6' LDAX B  
 00B7' LDAX B  
 00B8' LDAX B  
 00B9' LDAX B  
 00BA' LDAX B  
 00BB' LDAX B  
 00BC' LDAX B  
 00BD' LDAX B  
 00BE' LDAX B  
 00BF' LDAX B  
 00C0' LDAX B  
 00C1' LDAX B  
 00C2' LDAX B  
 00C3' LDAX B  
 00C4' LDAX B  
 00C5' LDAX B  
 00C6' LDAX B  
 00C7' LDAX B  
 00C8' LDAX B  
 00C9' LDAX B  
 00CA' LDAX B  
 00CB' LDAX B  
 00CC' LDAX B  
 00CD' LDAX B  
 00CE' LDAX B  
 00CF' LDAX B  
 00D0' LDAX B  
 00D1' LDAX B  
 00D2' LDAX B  
 00D3' LDAX B  
 00D4' LDAX B  
 00D5' LDAX B  
 00D6' LDAX B  
 00D7' LDAX B  
 00D8' LDAX B  
 00D9' LDAX B  
 00DA' LDAX B  
 00DB' LDAX B  
 00DC' LDAX B  
 00DD' LDAX B  
 00DE' LDAX B  
 00DF' LDAX B  
 00E0' LDAX B  
 00E1' LDAX B  
 00E2' LDAX B  
 00E3' LDAX B  
 00E4' LDAX B  
 00E5' LDAX B  
 00E6' LDAX B  
 00E7' LDAX B  
 00E8' LDAX B  
 00E9' LDAX B  
 00EA' LDAX B  
 00EB' LDAX B  
 00EC' LDAX B  
 00ED' LDAX B  
 00EE'



Appendix 3. (Continued)

TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2

PAGE 2

TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2

PAGE 1

```

0077' MVI M,6H
0078' JMP GROUND
0079' MVI M,7H
007E' MVI M,7H
0081' JMP GROUND
0080' MVI M,8H
0083' MVI M,8H
0082' JMP GROUND
0084' MVI M,9H
0085' JMP H
0086' POP D
0087' POP B
0088' POP H
0089' POP PSW
008A' RET
008C' C)
    .END
    
```

```

;PROGRAM OF MONITOR
;FILE NAME A680-11R
;
;THIS PROGRAM NEEDS FOLLOWING PROGRAMS.
;SUBROUTINE LED DISPLAY(A680-01.DISP)
;SUBROUTINE LED ENCODER(A680-04.LED)
;SUBROUTINE KEY SCAN(A680-06.KEY)
;SUBROUTINE KEY CODE TO NUMERALS(A680-10.NED)
;SUBROUTINE CHARACTER DISPLAY(A680-13.SCREEN)
;PROGRAMMED BY M,SAITOH
;1980 JULY

;SET PRIMARY DATA
LXI H,8000H
XRA A
MVI D,31H
MNOV M,A
INR L
DCR D
JNZ KAGRI
;RESET I/O PORT 73H
ORG 73H
;SET INTERRUPT JUMP ADDRESS
LXI H,8038H
INR L
MVI M,80H
INR L
MVI M,85H
;INTERRUPT CONTROLL
EI

;DISPLAY READY "
KATHY:CALL BYTE 0A5H,86H,88H,8A1H,99H,0FFH
;SELECT PROGRAM NO.
AYUMI:CALL DISP.
XRA A
STA 801FH
STA 8020H
STA 8022H
CALL KEY
CALL LED
LDA 8023H:KEY SCAN NO. BUFFER
JZ AYUMI
JGR A
CPI 06H
JZ REIKO
JMP AYUMI
REIKO:STA 8023H:PROGRAM NO. FLAG
CALL LED
STA 8000H
    
```

```

0000' 21 8000
0003' AF
0004' 1631
0006' 77
0007' 2C
0008' 15
0009' C2 0006'
000C' D373
000E' 21 80E5
0011' 34C3
0013' 2C
0014' 3480
0016' 2C
0017' 3495
0019' FB
001A' ED56
001C' CD 07E0
001F' AF888A199FF
0025' CD 04A0
0028' AF
0029' 32 801F
002D' 32 8020
002F' 32 8022
0031' CD 04E0
0032' CD 07E0
0033' 3A 8022
0038' CA 0025'
003C' 3D
003F' 3D
0040' CA 004B'
0042' DA 004B'
0045' C3 0025'
0048' 32 8023
004E' CD 04A3
0051' 32 8000
    
```



Appendix 3. (Continued)

TLZ 780 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.1.2	TLZ 780 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.1.2	TLZ 780 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.1.2	TLZ 780 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.1.2
GO	GO	GO	GO
0054' CD 04A0	!CALL DISP	0054' CD 04A0	!CLEAR DATA BUFFER
0057' AF 1A08	XRA A	0057' AF 1A08	LXI H,527FH
0058' 32 301F	STA 301FH	0058' 32 301F	MVI D,08H ;LOOP COUNTER
0059' 32 3020	STA 3020H	0059' 32 3020	XRA A
005E' CD 04E0	CALL KEY	005E' CD 04E0	SLIDE
0061' 3A 301F	LDA 301FH ;LINE FLAG	0061' 3A 301F	MVI M,0H
0064' 3C	INR A	0064' 3C	DCX H
0065' 3D 0054'	DCR A	0065' 3D 0054'	DCR A
0066' 32 0054'	JNZ 0054H ;KEY NO. FLAG	0066' 32 0054'	JNZ SLIDE
0068' 32 0054'	CPA 0054H ;"STRIKE" ON?	0068' 32 0054'	DCR D
006C' CA 0081'	JZ EXECUTE	006C' CA 0081'	JNZ SLIDE
0071' FEFD	JZ KEIHO	0071' FEFD	!SET RECORD START ADDRESS
0073' CA 0079'	JZ KEIHO	0073' CA 0079'	INX H
0076' C3 0054'	JMP 00	0076' C3 0054'	SHLD 8016H
0079' 3EFF	MVI A,0FFH	0079' 3EFF	!START RECORDING AIRGUN SHOT MARK
007B' 32 8000	STA 8000H	007B' 32 8000	CALL 00NE
007E' C3 0055'	JMP AYUHI	007E' C3 0055'	JMP TSHOT
0081' 3A 3023	!BANK#H PROGRAM	0081' 3A 3023	!DISPLAY "TAPE "
0084' FE 00A7'	EXCUTE ;LDA 3023H ;PROGRAM NO.FLAG	0084' FE 00A7'	TAPE
0086' FE01	JZ EXECUTE	0086' FE01	!CALL SCREEN
0089' FE01	CP1 SH	0089' FE01	.BYTE 02EH,03H,03H,03H,03H,0FFH,0FFH,0FFH
008D' CA 0086'	JZ DELAY	008D' CA 0086'	!WRITE LOAD ADDRESS
008E' FE03	CP1 SH	008E' FE03	LXI H,0000
0090' CA 00C5'	JZ SHOT	0090' CA 00C5'	MVI M,00H
0093' FE03	CP1 SH	0093' FE03	MVI M,70H
0095' CA 00E9'	JZ TAPE	0095' CA 00E9'	INR L
0098' FE04	CP1 SH	0098' FE04	MVI M,00H
009A' CA 0106'	JZ MARK	009A' CA 0106'	INR L
009E' FE05	CP1 SH	009E' FE05	MVI M,03H
00A2' FE0A	JZ SPTR	00A2' FE0A	!START LOAD DATA
00A4' CA 0129'	JZ HAND	00A4' CA 0129'	CALL 00NE
00A7' CD 07F0	!DISPLAY "SET "	00A7' CD 07F0	CALL 00NE
00AA' 2284CEFFFFFF	SET	00AA' 2284CEFFFFFF	JMP LOAD
00B0' CD 0147'	!START SET TIME	00B0' CD 0147'	!DISPLAY "DISP "
00B3' C3 0A20	CALL 00NE	00B3' C3 0A20	MARK
00B6' CD 07F0	!DISPLAY "SELECT"	00B6' CD 07F0	.BYTE 0A1H,0F3H,02H,02H,02H,02H,02H,02H
00B9' A18E786C6CE	DELAY	00B9' A18E786C6CE	!CALL SCREEN
00BF' CD 0147'	!START DELAY TIME	00BF' CD 0147'	.BYTE 0A1H,0F3H,02H,02H,02H,02H,02H,02H
00C2' C3 0AD0	CALL 00NE	00C2' C3 0AD0	JMP JRELAY
00C5' CD 07F0	!DISPLAY "SHOT "	00C5' CD 07F0	!START CLOCK
00C8' 9289A0CEFFFF	SHOT	00C8' 9289A0CEFFFF	CALL 00NE
			MVI A,0FFH ;SET CLOCK FLAG
			STA 800EH
			JMP CLOCK
			!DISPLAY "FIRE "
			SPTR
			CALL 00NE
			CALL 00NE
			JMP FIRE
			!DISPLAY "FLOPPY "
			HAND
			!CALL SCREEN

Appendix 3. (Continued)

TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2		PAGE 1	
0126/	SECT0=08C99	LD	0000'
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			
0126/	LD	0000'	00000000
0127/	CD 0147'		
0128/	C3 0BA0		
0138/	3A 8023		
0139/	FE04		
013D/	C2 001C'		
0140/	AF		
0141/	C2 800E		
0144/	C3 001C'		
0147/	CD 04A0		
014A/	AF		
014B/	32 801F		
014E/	32 8020		
0151/	CD 04E0		
0154/	3A 801F		
0157/	3D		
0158/	3C		
0159/	C2 0147'		
015F/	CD 02E0		
0171/	FD02E0		
0174/	C1 0147'		
0174/	C7		
07F0			
0800			
0760			
0800			
0A20			
0AD0			
08E0			
04E3			
04A0			
0806			
08A0			

Appendix 3. (Continued)

TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2  
PAGE 2

```

0055' C2 002A' JNZ AMP
0058' C9 RET
0059' C0 00A0' ;SUB SP0C
005D' AF 001F' SP0C ;CALL DISP
0060' C2 001F' XRA A
0061' C2 001F' STA 001FH
0062' C2 001F' STA 001FH
0063' C2 001F' STA 001FH
0064' C0 00E0' CALL KEY
0065' C0 A760' CALL REB
0066' C0 A760' LDA 0022H
0067' 3C 0022' INR A
006F' 3C 0050' JZ SP0C
0070' C4 0050' RET
0073' C9
00A0' DISP=0A0H
0443' LED=443H
0750' KEY=0750H
0760' REB=0760H
0767' CALL=0767H
076E' GONE=076EH
0770' SCREEN=0770H
.END
    
```

TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2  
PAGE 1

```

0000' E3 0005' ;SUBROUTINE CHARACTER DISPLAY
0001' 0000' ;FILE NAME ASS0-13
0002' 0000' ;PROGRAMMED BY M.SAITOH
0003' 0000' ;1980 JULY
0004' 0000' SCREEN ;XTHL B,005H
0005' 0000' MVI D,06H
0006' 0000' MVI A,M
0007' 0000' MOV A,M
0008' 0000' STAX B
0009' 0000' DCX B
000A' 0000' INX H
000B' 0000' DCR D
000C' 0000' JNZ LOOK
000D' 0000' XTHL
000E' 0000' RET
000F' C9 .END
    
```







Appendix 3. (Continued)

```

TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2
PAGE 2
TDL Z80 RELOCATING ASSEMBLER VERSION 2.2
PAGE 1

0039' C2 002C' ; JNZ DOUT
003A' 20 ; INX H
003B' 2E98 ; RVI A,98H
003C' 8C ; CMP H
003D' CA 0446' ; JZ FOUT
003E' C3 040C' ; JMP DSET
003F' ;
0040' ;
0041' ;
0042' ;
0043' ;
0044' ;
0045' ;
0046' ;
0047' ;
0048' ;
0049' ;
004A' ;
004B' ;
004C' ;
004D' ;
004E' ;
004F' ;
0050' ;
0051' ;
0052' ;
0053' ;
0054' ;
0055' ;
0056' ;
0057' ;
0058' ;
0059' ;
005A' ;
005B' ;
005C' ;
005D' ;
005E' ;
005F' ;
0060' ;
0061' ;
0062' ;
0063' ;
0064' ;
0065' ;
0066' ;
0067' ;
0068' ;
0069' ;
006A' ;
006B' ;
006C' ;
006D' ;
006E' ;
006F' ;
0070' ;
0071' ;
0072' ;
0073' ;
0074' ;
0075' ;
0076' ;
0077' ;
0078' ;
0079' ;
007A' ;
007B' ;
007C' ;
007D' ;
007E' ;
007F' ;

;HANDSHAKE PROGRAM FOR IDS000Z
;FILE NAME A000-19
;PROGRAMED BY M.SAITOH
;1980 NOV.
;THIS PROGRAM USE MEMORY MAPED I/O CARD(A00-011,
;FA00H)
;USING INPUT PORT IS A PORT BIT 7(FA00H)
;USING OUTPUT PORT IS A PORT BIT 0(FA00H)
;
;
;
;
;INITIALIZE INPUT PORT
RVI A,06H
STA 0FA00H
;
;INITIALIZE OUTPUT PORT
RVI A,00H
STA 0FA07H
;
;SET BUFFER ADDRESS
LXI H,0000H
;
;OUTPUT START PULS
SPULS :CALL STILL
RVI A,04H
STA 0FA04H
CALL STILL
CALL YRA A
STA 0FA04H
;
;DATA INPUT
RVI D,00H ;DATA REG.
RVI C,00H ;LOOP COUNTER
;INPUT DATA BY HANDSHAKE
DIN :CALL STILL
LDA 0FA00H
RVI A,00H
MOV D,A
MOV D,A
RUCR D
;OUTPUT ACKNOWLEDGE
RVI A,01H
STA 0FA04H
NOP
NOP
NOP
RVI A,A
STA 0FA04H
;INCH 1 BYTE INPUT COMPLETE?
DCR C

```





Appendix 3. (Continued)

```

1 REM-----HANDSHAKE AND PRINTING PROGRAM FOR ASR80R-----
2 REM      PROGRAMED BY M. SAITOH
3 REM      THIS PROGRAM NEEDS PROGRAMS OF B003/A680-19/A680-20
4 REM
16 REM
20 PRINT "A,"-----HANDSHAKE AND PRINTING PROGRAM FOR ASR80R-----
30 PRINT "A"
40 PRINT "A,"NOW I'M WAITING START CALL!"
50 PRINT "A"
60 INPUT "ARE YOU READY?"B$
70 IF B$="Y" THEN GOTO 100 ELSE GOTO 60
100 REM-----HANDSHAKE LOADING-----
110 INPUT "FILE NAME"IF$
120 PRINT "A,"HANDSHAKE PROGRAM RUN!"
140 CALL 68300
148 PRINT "A,"
150 PRINT "A,"DATA LOAD COMPLETE"
170 REM-----SAVE DATA TO DISK-----
180 PRINT "A,"SAVE DATA TO FDISK START!"
200 REM-----FILE OPEN-----
210 DN=0
220 MODE=0
230 GOSUB 45000
240 REM-----WRITE 1 BYTE EACH-----
250 FOR L=0 TO 2847
260 CALL 68300
270 DAT=PEEK(L)
280 GOSUB 45000
300 NEXT L
310 REM-----FILE CLOSE-----
320 MODE=2
330 GOSUB 45000
340 PRINT "A"
350 PRINT "A,"DISK SAVE COMPLETE!"
360 REM-----PRINT PAPER IMAGE-----
370 INPUT "ARE YOU NEED COPY?"B$
380 IF B$="Y" THEN GOTO 390 ELSE END
390 DN Z(12)
400 A=2
410 PRINT "A,"*****TABLE OF AIRGUN SHOT MARK*****"
420 PRINT "A"
430 PRINT "A,"EXPERIMENT NAME-----"
440 PRINT "A"
450 PRINT "A,"DATE-----"
460 PRINT "A"
470 PRINT "A,"MEMO-----"
480 PRINT "A"
490 PRINT "A,"NO. OF SHOTS TO 6
500 GOSUB 1000
520 L=1*2
530 M=L-1
540 Z(M)=D1
550 Z(L)=D2
560 C=C+1
570 NEXT J
580 PRINT "A,Z(11);Z(12);"DAY",
590 PRINT "A,Z(9);Z(10);"HOUR",

```

```

600 PRINT "A,Z(7);Z(8);"MINUTE",
610 PRINT "A,Z(5);Z(6);" ",Z(4);Z(1);Z(2);"SEC"
620 IF C=28000+2046 THEN END ELSE GOTO 500
1000 REM-----SUBROUTINE BCD REDUCE-----
1010 D0=PEEK(C)
1020 POKE (82999);D0
1030 CALL 89000
1040 D1=PEEK(893A0)
1050 D2=PEEK(893A1)
1060 RETURN
6300 M=MODE AND 1
6400 M=MODE AND 6
6500 DN=DN AND 3
65000 COME=( M0 + 1 ) * 256 + M1 / 2
65040 IF M1 <> 0 THEN 65030
65050 F=VARADR(F$)
65060 CALL 2A86C;COM;DN;F
65070 GOTO 65500
65080 IF M1 <> 2 THEN 65110
65090 CALL 2A86C;COM;DN;0
65100 GOTO 65500 THEN 65520
65110 IF M1 < 4A86C;COM;DN;DAY
65130 IF MODE <> 7 THEN 65500
65140 DAT=PEEK(49FFC)
65500 IF PEEK(49FFD)=0 THEN RETURN
65520 ?"
6005 ERROR" :END

```

## Appendix 4. Specifications of ASR-80R system.

## \*CPU UNIT

Microprocessor: Z-80 CPU.  
 I/O port : Z-80 PIO.  
 Memory : ROM 2708 3Kbyte Max.  
           RAM 2114 4Kbyte Max.  
                   TC-5516P 2Kbyte (341 shot mark data).  
 Handling instrument: 25 Key swich.  
                           6 LED.  
 Audio MT interface: 1200 Baud-rate.

## \*CLOCK

X-tal: : 1 MHz  $10^{-6}$  precision.  
 Output : 1 msec. and 1 sec.

## \*I/O INTERFACE

INPUT PORT : 4 bit.  
 OUTPUT PORT: 2 bit.

## \*AIRGUN INTERFACE

Level comparater : A-760.  
 Inverting amplifire: A-741.

## \*AUDIO MT

Toshiba KT-1000B.

9. *Acquisition System of Airgun Firing Data using  
 Microprocessors.*

By Makoto SAITOH,

Department of Marine Science and Technology,  
 University of Tokai,

and

Junzo KASAHARA,

Eathquake Reasearch Institute, University of Tokyo.

A very efficient, very precise, economical and compact Airgun Shotmark Recording System (ASR-80R) was developed. The purpose of ASR-80R system is to gain origin times of airgun or explosion for seismic reflection/refraction study using an ocean bottom seismometer.

The system using a microprocessor can save approximately 340 of airgun firing time within  $\pm 2$  milliseconds precision. The maximum recording time is 3 hours for 30 seconds airgun firing interval time by digital form.

On shipboard, the firing times are stored in IC memory, and then these are loaded on an audio cassette tape by 1,200 Baud-rate. The loading time is very short: approximately 30 seconds. The data obtained on shipboard using the above system are transferred from IC memory of the ASR-80R to mini-floppy disk in the IDS-8000Z microcomputer system at a land-based laboratory.