

SDI88 取扱説明書

Simple Disk controller for Intelligent drive - 'SDI88'

for PC-8801 Series

Copyright (C) 2020-2022 P I .

Ver.2.2 (2022/12/23)

目次

- [概要](#)
- [変更履歴](#)
 - [Ver.2.1→Ver.2.2\(2022/12/23\)](#)
 - [Ver.2.0→Ver.2.1\(2021/12/23\)](#)
 - [Ver.2.0\(2021/05/23\)](#)
- [対応機種](#)
- [起動ディスクの作成](#)
- [操作方法\(キーボード\)](#)
- [操作方法\(RS-232C\)](#)
 - [通信パラメータ](#)
 - [キー入力](#)
- [ブートローダー](#)
 - [システム情報の表示](#)
 - [機種情報](#)
 - [ディスプレイ水平同期周波数](#)
 - [モード](#)
 - [クロック](#)
 - [RS-232Cボーレート](#)
 - [RTC\(カレンダー時計\)の妥当性チェック](#)
 - [情報読み出し](#)
 - [再設定](#)
 - [音楽演奏\(PC-8801mkIIISR以降の機種\)](#)
 - [自動起動](#)
- [ブート可能プログラム](#)
- [ブートローダー\(コマンド\)](#)
 - [\[S\] : SDI88の起動](#)
 - [\[P\] : p8suiteの起動\(またはインストール\)](#)
 - [\[X\] : xdisk2の起動\(またはインストール\)](#)
 - [\[M\] : BGMの演奏開始/演奏停止](#)
 - [\[T\] : 自動起動のタイムアウト時間を設定](#)
 - [\[R\] : セーブ情報をデフォルトに復元](#)
 - [\[A\] : RTC\(カレンダー時計\)を設定](#)
 - [\[B\] : 2Dディスクからブート](#)
 - [\[D\] : ユーザプログラムのダウンロード](#)
 - [\[H\] : ヘルプ\(ブートローダー\)](#)
- [SDI88](#)
- [2HDドライブのサポート](#)

- SDI88(コマンド)
 - [1] : アクセス対象ドライブをドライブ1に設定
 - [2] : アクセス対象ドライブをドライブ2に設定
 - [O(オー)] : マージンポートへの出力値を切り替え
 - [M] : 2D/2DD/2HDモードのトグル切り替え
 - [F] : FM(単密)/MFM(倍密)モードのトグル切り替え
 - [V] : Sense Device Statusコマンドの実行
 - [0(ゼロ)] : リキャリブレート
 - [S] : シーク
 - [I] : IDリストの取得
 - [L] : IDリストの表示
 - [R] : セクタ読み出し
 - [G] : 診断読み出し
 - [T] : ディスクの読み込みテスト
 - [N] : ディスクのフォーマットテスト
 - [D] : 読み出しバッファのダンプ
 - [X] : 読み出しバッファの送信
 - [B] : BGMの演奏開始/演奏停止
 - [H] : ヘルプ(SDI88)
- ディスクの読み込みテスト
- ディスクのフォーマットテスト
- 論理フォーマットとIPL
- 音楽演奏
- ユーザプログラムのダウンロード
- 開発環境
- ソースファイル
- 技術解説
 - IPL
 - テキストVRAM
 - キーボード
 - RS-232C
 - RTC
 - ディスク
 - サウンド
 - デバッグ
- 最後に

概要

PC-8801シリーズ向けディスク・アナライザ&ディスク・ユーティリティです。2021/01/06の初版(Ver.1.0)ではプリミティブなFDC操作機能にとどまっていたましたが、Ver.2.xは「2020年代にPC-8801実機を使用するユーザに向けた総合ツール」を目指し、大幅な機能強化を図りました。

変更履歴

Ver.2.1→Ver.2.2(2022/12/23)

- 2HDモード時、FDCへのSPECIFYデータの第2パラメータが誤っていた不具合を修正しました

- サウンドボードIIの装着判定の際、不要なIN命令を実行していた不具合を修正しました
- 2Dブート機能をディスクバッファリング付きに改良しました
- カレンダ時計のデフォルト時刻を22/01/01 00:00:00に変更しました
- 将来のバージョンアップに備え、p8suiteのプログラムサイズを3600hから3C00hへ拡大しました
- サンプルプログラムを青色8階調のベタパターン描画に変更しました(PC-8801mkIIISR以降専用)

Ver.2.0→Ver.2.1(2021/12/23)

- バックスクロール時[ROLL UP][ROLLDOWN]が逆になっていたのを修正しました
- カレンダ時計編集時、左右カーソルキーの操作を追加しました(キーボードのみ)
- 2HDモード時、FDCへのSPECIFYデータが誤っていた不具合を修正しました
- 2Dディスクからのブート機能を追加しました
- RS-232Cを用いたユーザプログラムのダウンロード機能を追加しました

Ver.2.0(2021/05/23)

- Ver2.x系の初版公開
- 変更多数のため、詳細は省略します

対応機種

- PC-8801シリーズ全機種で動作します。
- V1S/V1H/V2いずれのモードでも動作可能です。
- 作者はPC-8801MA(V2モード)で動作確認を行っています。

起動ディスクの作成

- PC-8801エミュレータ向けのd88ファイル形式で提供していますが、プログラムの性質上、実機で使用するのを念頭に置いています。
- 2Dフロッピーメディアへの書き戻しは、cisc氏のTransDisk(xdisk2)を使うのが便利です。

操作方法(キーボード)

キーボードでの操作方法是以下の通りです。

キー	動作
[RETURN]	コマンド実行(有効なコマンドが押されている場合のみ)
[DEL]	1文字消去
[BS]	1文字消去
[ESC]	入力/実行キャンセル

以下はキーボードのみ可能な操作です(RS-232C経由は不可)

キー	動作
[ROLL DOWN]	バックスクロール(6行単位)
[↑]	バックスクロール(1行単位)

キー	動作
[←]	RTC(カレンダー時計)の編集時、カーソルを一つ前に戻します
[→]	RTC(カレンダー時計)の編集時、カーソルを一つ先に送ります

PC-8801はメインRAM64KBが標準仕様のため、バッファ行数に限りがあります。このバージョンでは最大135行のバックスクロールが可能です。バックスクロール中に任意のキー、たとえば[ESC]でバックスクロールモードを終了します。

操作方法(RS-232C)

通信パラメータ

RS-232C経由で接続する場合は、以下のパラメータとします。

パラメータ	設定値
ボーレート設定 方法	PC-8801/mkII/SR/TR/FR/MRはディップスイッチで設定、PC-8801FH/MH以降の機種は[PC]キー起動で設定
ボーレート設定 値	任意のボーレートを設定可能(9600bps推奨)
通信方式	全二重
データビット長	8ビット
ストップビット 長	8bit
パリティチェッ ク	無し
上記以外のパラ メータ	Don't care

キー入力

RS-232C端末からの操作方法是以下の通りです。

キー	動作
[ENTER]	コマンド実行(有効なコマンドが押されている場合のみ)
[DEL]	1文字消去
[BS]	1文字消去
[ESC]	入力/実行キャンセル

RS-232Cではバックスクロール操作は行えません。Tera Termなどのターミナルソフト側で提供されているスクロール機能で代用してください。その他の操作は全てRS-232C端末から受け付けできます。このため起動ディスクを作成した後は、モニタとキーボードを使用しない運用も可能です。

ブートローダー

起動ディスクをドライブ1にセットしてリセットすると、しばらくしてSDI88のブートローダーが起動し、以下の動作を行います。

システム情報の表示

機種情報

機種判別を行い、以下のいずれかを表示します。

- ・PC-8801/mkII
- ・PC-8801mkIISR/TR/FR
- ・PC-8801mkIIMR
- ・PC-8801FH/FE/FE2
- ・PC-8801MH/PC-98DO
- ・PC-8801FA
- ・PC-8801MA/MA2/MC/PC-98DO+

FH/MH以降の機種判別は「サウンドボードIIの有無」と「2HDドライブの有無」で4パターンに分けています。このためFH/FE/FE2にオプションのサウンドボードIIを装着した場合は、PC-8801FAと表示されます。

ディスプレイ水平同期周波数

ディスプレイ水平同期周波数を判別し、以下のいずれかを表示します。

- ・15kHz
- ・24kHz

モード

PC-8801mkIISR以降の機種は動作モードを判別し、以下のいずれかを表示します。

- ・V1S
- ・V1H
- ・V2

クロック

PC-8801FH/MH以降の機種はCPUクロックを判別し、以下のいずれかを表示します。

- ・4MHz
- ・8MHz

RS-232Cボーレート

PC-8801FH/MH以降の機種はRS-232Cボーレートを判別し、以下のいずれかを表示します。

- ・75bps
- ・150bps
- ・300bps
- ・600bps
- ・1200bps
- ・2400bps
- ・4800bps
- ・9600bps
- ・19200bps

RTC(カレンダー時計)の妥当性チェック

情報読み出し

機種に応じ、カレンダー時計から以下の情報を読み出します。

- ・PC-8801/mkII/SR/TR/FR/MR：月・日・時・分・秒
- ・PC-8801FH/MH以降：年(2ケタ)・月・日・時・分・秒

再設定

これらの妥当性をチェックし、異常な日付/時刻であれば以下の動作を行います。

- ・日付・時刻がセーブされている場合：セーブされた日付・時刻に戻します
- ・日付・時刻がセーブされていない場合：22/01/01 00:00:00に設定します

音楽演奏(PC-8801mkIISR以降の機種)

ブートローダー向けミュージックドライバを読み込み、演奏開始します。ただしセーブ機能でBGM Stop状態が保存されている場合は何もしません。

自動起動

キー入力またはRS-232C端末からの入力を一定時間待ち、入力が無ければ前回起動したプログラムを自動起動します。デフォルトの待ち時間は10秒です。

ブート可能プログラム

ブートローダーはSDI88の他、以下のプログラムを起動することができます。

1. p8suite

Bookworm's Libraryで公開されている、PC-8801のテストツールです。キーボード押下テスト、メモリチェック、RGBカラー調整などが行えます。以下にアクセスし、「PC-8801→修練場」からダウンロードしてください。

20190428・20211206・20220818いずれのバージョンも使用できます。

<http://mydocuments.g2.xrea.com/index.html>

2. xdisk2 (ブートディスク版)

UME-3氏による、cisc氏のTransDisk(xdisk2)をディスクから直接起動できるバージョンです。以下からダウンロードしてください。

<http://5inch.floppy.jp/hoot/tool/xdisk2ipl.zip>

上記はSDI88の配布イメージに含まれていません。ブートローダーのコマンドを使って、これらのダウンロードディスクからコピー(インストール)する形態を取っています。

ブートローダー(コマンド)

ブートローダーでは以下のコマンドを使用できます。

[S] : SDI88の起動

[P] : p8suiteの起動(またはインストール)

[X] : xdisk2の起動(またはインストール)

これらのコマンドは、最後に起動したプログラムを記憶(セーブ)します。

[P]または[X]は、初回選択時にインストールを行う必要があります。表示に従ってドライブ2にディスクをセットし、コピーのため[C]を押してください。ドライブ2→ドライブ1のコピーと、インストール情報のセーブが行われます。

[M] : BGMの演奏開始/演奏停止

BGMの演奏開始/演奏停止を切り替え、同時に演奏状態をセーブします(次回起動時に反映されます)

[T] : 自動起動のタイムアウト時間を設定

タイムアウト時間の設定可能範囲は0秒～99秒です。0に設定すると次回以降、自動起動を行いません(次回起動時に反映されます)

[R] : セーブ情報をデフォルトに復元

p8suiteまたはxdisk2のインストール有無も「インストール無し」に戻します。アンインストール情報が表示されるので、消去のため[E]を押してください。

[A] : RTC(カレンダー時計)を設定

PC-8801/mkII/SR/TR/FR/MRは月・日・時・分・秒を編集できます。PC-8801FH/MH以降の機種はそれに加え年(2ケタ)を編集できます。

[0]-[9]で数値を入力し、[DEL]または[BS]で1桁戻ります。キーボード操作に限り[←][→]でカーソル移動ができます。

年は21年から79年までを有効とみなします。2月30日など、カレンダー上ありえない日付は[RETURN]を押しても確定されません。

確定後に日付・時刻をセーブします。次回起動時、妥当性チェックでエラーと判定した際は、このセーブデータを使用してRTCを再設定します。

[T][R][A]の処理を中断したい場合は、[ESC]を押してください。

[B]：2Dディスクからブート

ドライブ1の2Dディスクからブートします。ブート可能セクタが存在するか(読み取り可能かどうか)どうかチェックを行います。

単なるリセットと異なり「ディスクバッファリングモード」を有効に設定します。これによりN88 DISK-BASICを使用している初期のソフトに限り、ディスクアクセスが高速化されます。1985年～1986年以降の、独自のディスクアクセス処理(DOS)を持つソフトには効果がありません。

もう一つの追加機能として、XZRⅡの隠しゲーム「mamiko」対応のため、ブート直前にアドレス0CF1hにRET(C9h)を書き込みます。

[D]：ユーザプログラムのダウンロード

詳しくは後述する「ユーザプログラムのダウンロード」を参照してください。

[H]：ヘルプ(ブートルoader)

コマンド一覧を表示します。

このコマンドにより、p8suite/xdisk2のインストール有無を判別できます。"Install"が未インストール状態、"Start"がインストール済み状態です。

SDI88

SDI88を起動すると、以下の動作を行います。

1. 音楽演奏(PC-8801mkIISR以降の機種)

SDI88向けミュージックドライバを使用して演奏開始します。ただしブートルoaderでBGM Stop状態が保存されている場合は何もしません。

2. フロッピーディスクドライブのリキャリブレート

ドライブ2→ドライブ1の順で、ヘッドをトラック0の位置まで戻します。

3. マージンポートへの初期データ出力

マージンポート(サブCPU側ポート0xF7)に対し、初期データ(0x08)を出力します。

4. モード初期設定

密度をMFМ(倍密度)、2HDドライブ搭載機の場合2Dモードに設定します。

2HDドライブのサポート

2HDドライブ搭載機では、[M]コマンドで2D/2DD/2HDをトグル切り替えします。

画面最上部のステータス行右端に、[Mode] 2Dのように現在のモードが表示されます。また、以下の色分けを行い、モードを分かりやすくしています。

モード	テキスト表示色
2D	赤色
2DD	紫色
2HD	緑色

SDI88(コマンド)

SDI88では以下のコマンドを使用できます。

[1]：アクセス対象ドライブをドライブ1に設定

[2]：アクセス対象ドライブをドライブ2に設定

起動時はドライブ1です。

[O(オー)]：マージンポートへの出力値を切り替え

マージンポートへの出力値は以下の通りです。

- 初期化時 0x08
- [O]実行1回目 0x06
- [O]実行2回目 0x0A
- [O]実行3回目 0x04
- [O]実行4回目 0x0C
- [O]実行5回目 0x07
- [O]実行6回目 0x09
- [O]実行7回目 0x05
- [O]実行8回目 0x0B

このポートは別名「書き込み補償ポート」と呼ばれており、VFOの細かな調整をするもののようですが、このポートがPC-8801後期の機種で、どこまでサポートされているのか不明です。

PC-8801MAのサブROMの実装では、読み込みエラー発生時に上記パターンに沿ってマージンポートへの出力値を変化させながら、最大9回までリトライしているようですが、これとて過去の遺物で、実際には意味がない動作の可能性もあります。(詳しい情報をお持ちの方、教えていただけると助かります)

[M]：2D/2DD/2HDモードのトグル切り替え

2HDドライブ搭載機のみ実行可能です。サブROM内ルーチンを用いて切り替えている関係で、切り替え時にリキャリブレートとシーク動作を伴います。

起動時は2Dモードです。

[F] : FM(単密)/MFM(倍密)モードのトグル切り替え

起動時はMFM(倍密)モードです。

[V] : Sense Device Statusコマンドの実行

デバイス(メディア)のステータスを読み取ります。ST3ステータスが表示されます。

Two Side(bit3)が'1'で、ディスクが挿入されていることを示します。

※PC-8801は常にReady(bit5)が'1'になります。

[0(ゼロ)] : リキャリブレート

ヘッドをトラック0(シリンダ0)の位置まで戻します。動作後にFDCから得られるステータス(ST0およびPCN)を表示します。

[S] : シーク

ヘッドを移動させます。シークさせたいトラック(2D:83まで、2DD/2HD:163まで)を10進数で入力します。動作後にFDCから得られるステータス(ST0およびPCN)を表示します。

[I] : IDリストの取得

Read IDコマンドを最大64回連続で発行し、IDのリストを得ます。その結果の重複状況からセクタ数を確定させ、その中でセクタ番号(R)とセクタサイズ(N)が共に最小のものを先頭セクタとみなします。

[L] : IDリストの表示

[I]コマンドで得られたRead IDの結果をリスト表示します。内容はID(C・H・R・N)と、Read IDごとにFDCから得られるステータス(ST0・ST1・ST2)です。

[R] : セクタ読み出し

セクタのデータを読み出します。事前に[I]でIDリストを得ていることが必要です。

[L]リスト表示での通し番号を10進数で入力すると、Read Dataを行います。

読み出し後、FDCから得られるステータス(ST0・ST1・ST2)、及び、ID(C・H・R・N)を表示します。

Read Dataの際のパラメータは以下を指定しています。

- EOT : 当該セクタのRと同じ
- GSL : 0x0E
- DTL : 0x80

読み出しバイト数はIDのNの値に従います。このためNの値と、実際のセクタのデータバイト数が異なる場合は正常に読み込みできません。

[G] : 診断読み出し

診断読み出し(Read Diagnostic)を行います。読み出しサイズは2D/2DD : 8192バイト、2HD : 12288バイト固定です。2D/2DDでは6250バイト前後、2HDでは10400バイト前後でトラックを1周します。

Read Diagnosticの際のパラメータは以下を指定しています。

- C : (現在のトラック / 2)
- H : (現在のトラック & 1)
- R : 0x01
- N : 0x06
- EOT : 0xFF
- GSL : 0x0E
- DTL : 0x80

エミュレータではセクタ1のデータを先頭に、1トラック分のデータがSYNCやGAP3など綺麗に見えますが、実機では書き継ぎ点でビットずれが起こるため、フォーマット直後を除き、何が何だか分からなくなるデータになってしまいます。

[T] : ディスクの読み込みテスト

[N] : ディスクのフォーマットテスト

この2つのコマンドはVer.2.0の目玉となる機能です。詳細は後述します。

[D] : 読み出しバッファのダンプ

セクタ読み出しコマンド[R]、または、診断読み出しコマンド[G]で得たデータを、16進ダンプ表示します。

バッファは[R]と[G]で共用です。また、以下のコマンドを実行するとバッファが自動消去されます。

- [I]コマンド (Read IDの作業用バッファとして使用するため)
- [T]コマンド (トラック情報の保存バッファとして使用するため)
- [N]コマンド (トラック情報の保存バッファとして使用するため)

[X] : 読み出しバッファの送信

読み出しバッファのデータをRS-232Cを使用し、XMODEM-SUMプロトコルで送信します。[X]実行後、対向側となるRS-232C端末でXMODEM受信を開始してください。

以下いずれかの操作でXMODEM転送をキャンセルできます。

- キーボードから : [ESC]押下
- RS-232C端末から : ^Xを2回続けて送信

[B] : BGMの演奏開始/演奏停止

BGMの演奏開始/演奏停止を切り替えます。ブートローダーと異なり設定のセーブは行いません。

[H] : ヘルプ(SDI88)

コマンド一覧を表示します。

ディスクの読み込みテスト

[T]コマンドで、ディスクの指定トラック範囲を読み取り、エラーレポートを表示します。

開始トラック・終了トラック・リトライ回数を入力します。通常はそのまま[RETURN]で良いでしょう。

入力後、指定トラック範囲に対し以下の動作を行います。

1. アナライズ

MFM→FMの優先度で、[I]コマンド相当のIDリスト取得を行います。この両方ともセクタが見つからない場合、アンフォーマットとみなします。

2. 読み込みテスト

IDリストで検出された全セクタに対し読み込みテストを行います。読み込みエラー発生時はリトライ回数までリトライします。

実行中は[ESC]でアナライズおよび読み込みテストを中断できます。

完了または中断後、トラックマップを表示します。以下は表示例です。

表示例	検出セクタ	読み込みエラー
16M	MFMで、セクタ数=16セクタを検出した	エラーなし
26F	FMで、セクタ数=26セクタを検出した	エラーなし
16MR	MFMで、セクタ数=16セクタを検出した	エラー発生したが、リトライにより回復できた
16ME	MFMで、セクタ数=16セクタを検出した	エラー発生し、かつ、リトライにより回復できなかった
Unf	アンフォーマット(MFMとFMの双方で、有効なセクタが見つからなかった)	N/A
-----	実行範囲外のトラック	N/A

このコマンドの具体的な用途として、保存しているメディアに対し定期的に[T]によるテストを行い、1回でもリトライエラーが発生した場合は[N]によるフォーマットテスト後に改めて書き戻しを行う、といった使い方を想定しています。

ディスクのフォーマットテスト

[N]コマンドで、ディスクの通常使用範囲(2D:79トラックまで、2DD:159トラックまで、2HD:153トラックまで)の全域に対しフォーマットテストを行います。

あわせて、論理フォーマットとIPLの書き込みを行います(詳しくは後述します)

[T]コマンドと同様にリトライ回数を入力します。その後、書き込みを行ってよいメディアをセットしてから、フォーマットのため[F]を押下することで動作を開始します。

入力後、通常使用トラック範囲に対し以下の動作を行います。

1. 物理フォーマット

以下の形式で物理フォーマットを行います。

モード	セクタサイズ(N)	トラックあたりのセクタ数	互換性
-----	-----------	--------------	-----

モード	セクタサイズ(N)	トラックあたりのセクタ数	互換性
2D	256バイト(N=1)	16	N88-BASIC
2DD	512バイト(N=2)	9	MS-DOS(720KB)
2HD	1024バイト(N=3)	8	MS-DOS(1.25M)

2. 書き込み(特定トラックのみ)

論理フォーマットデータとIPLを書き込みます。

3. 読み込みテスト

フォーマットした全セクタに対し読み込みテストを行います。読み込みエラー発生時はリトライ回数までリトライします。

実行中は[ESC]でフォーマットテストを中断できます。[T]と異なり、リトライエラーが発生した場合はその時点で強制的に中断します。

完了または中断後、[T]と同様のトラックマップを表示します。

このコマンドの具体的な用途として、ブランクとして保存しているメディアを使用する前に[N]によるテストを行い、問題ないことを確認してから実際の読み書きを行う、といった使い方を想定しています。

勿論、普段使いのフォーマットツールとして使うことも可能です。

論理フォーマットとIPL

[N]コマンドによるフォーマットテストでは、以下の通り論理フォーマットとIPLの書き込みを行います。

1. 2D

1. 論理フォーマット

N88-BASIC準拠の論理フォーマットを行います。

2. IPL

このディスクから起動することは想定していません。代わりに、ディスクを差し替えて起動することができます。"Insert Bootable Disk"のメッセージが表示されますので、ドライブ1からディスクを取り出し、起動可能ディスクと差し替えてください。そのディスクからブートします。

※定期的にアクセスランプが一瞬点灯しますが、これはSense Device Statusコマンドでディスクの挿入有無をチェックしているためです。読み書きは一切行っていないので御安心ください。

2. 2DD

1. 論理フォーマット

MS-DOS 2DD(720KB)準拠の論理フォーマットを行います。

2. IPL

PC-9801およびそのファミリでIO.SYS / MSDOS.SYSをブート可能です。ただしハイレゾモードやPC-9801初代/E/F/M/U/LT/HAは対象外です。

3. 2HD

1. 論理フォーマット

MS-DOS 2HD(1.25MB)準拠の論理フォーマットを行います。

2. IPL

PC-9801およびそのファミリでIO.SYS / MSDOS.SYSをブート可能、それに加え、X680x0でHUMAN.SYSをブート可能なデュアルIPLです。

PC-9801の制限事項は2DDと同様です。X680x0の制限事項はありません。

以下のように工夫すれば両機種対応のプログラムを1枚のディスクに入れることも可能です。

- IO.SYS / MSDOS.SYS / HUMAN.SYSの順で、連続したセクタに書き込む
- COMMAND.COM / COMMAND.Xを普通にコピーする
- CONFIG.SYSは、FILES=20、BUFFERS=20くらいしか書かない
- AUTOEXEC.BATはシンプルに、(例えば)MAINと書く
- MAIN.EXE(PC-9801向け) / MAIN.X(X680x0向け)を普通にコピーする

X680x0でFLOAT2.Xや(H)IOCS.Xを組み込みたければ、MAINはこれら2機種に応じた異なる戻り値を返すだけのプログラムにしておき、その戻り値でバッチ処理を分岐させる、という手法が考えられます。

一方、PC-9801は常駐プログラム(TSR)でメモリドライバを組み込むことができないので、コンベンショナルメモリ640KBの範囲で動作するプログラムに限定されます。

音楽演奏

SDI88 Ver1.0→Ver.2.0へのバージョンアップでは、「いま、私がPC-8801で聴きたい曲」を妥協なしに選びました。「妥協なし」とは労力(手間)を惜しまず、という意味です。実際、Ver.2.0へのバージョンアップ作業のうち、半分以上は音楽演奏の実現に注ぎ込んでいます。

1. ブートローダー

PC-9801「ビ・ヨンド～黒大将に見られてる～」(シルキーズ)より「別れと再会」です。

PC-9801末期のソフトということもあり知名度は低いですが、SSG音源をメインに据え、ソフトウェアエンベロープを活かしたメロディーラインがとても美しい曲です。2022年の今だからこそ、もっと評価されても良い曲だと思います。

サウンドボードⅡ搭載機ではオリジナルを超えて、FM音源×6チャンネルを活用したステレオ演奏を行います。(PC-8801-23にも対応しています)

2. SDI88

PC-8801mkII SR「夢幻の心臓Ⅲ」(XTALSOFT)より「エンディング」です。

ただしオリジナルは演出の関係でイントロが無駄に長いなどの特徴があるためイントロやループ前部分を省略した「ショートバージョン」としています。

これぞXTALSOFT(藤岡千尋さん)といえる、音色・節回し・LFOが冴えわたる名曲です。上記のようにショートバージョンとしたことで、楽曲としての聴き応えが一層高まったものと自負しています。

オリジナルもサウンドボードⅡ対応ではあるものの、他のXTALSOFTのソフトと同様パンポット切り替えのみに留まっていました。SDI88では改良を加えFM音源×6チャンネルを使ったステレオ演奏を実現しています。

オリジナルの特性を可能な限り再現するため、上記それぞれ専用のミュージックドライバを作り込んでいる他、サウンドデータも軽量化・最適化を図った独自のフォーマットを設計実装、更に、それに合った楽曲データを作成しています。

ユーザプログラムのダウンロード

ブートローダで[D]コマンドを選択すると、ユーザプログラムをXMODEM-SUMで8000h以降に受信した後に、CALL 8000hを実行します。

[D]選択後、対向側のターミナルでXMODEM-SUM送信を開始してください。

以下いずれかの操作でXMODEM転送をキャンセルできます。

- キーボードから：[ESC]押下
- RS-232C端末から：^Xを送信

XMODEM-SUMのプロトコル仕様上、以下の制約事項があります。

- 送信側と同期を取るため、転送開始まで最大10秒の待ち時間が発生します。
- 送信サイズは128バイト単位に切り上げられ、余り領域は1Ahで埋められます。

ダウンロード可能なプログラムサイズは最大3600h(13824)バイトです。言い換えれば、ユーザが使用可能なアドレス範囲は8000h～B5FFhです。

8000hに制御が移ったとき、SPレジスタ=BFFxh、Iレジスタ=C0hです。割り込みはRxRDY・VRTC・CLOCK・OPNの各割り込みが許可されています。ユーザプログラムからRETすると、そのままブートローダの通常のコマンド待ちに戻ります。

その他のポート状態は以下を参照してください。

ポート	対応機種	取得方法	備考
30h	全機種	OUTした値のコピーが(E6C0h)に入ります	N88-BASICワークエリアと同じアドレス
31h	全機種	OUTした値のコピーが(E6C2h)に入ります	N88-BASICワークエリアと同じアドレス
32h	PC-8801mkIIISR以降	OUTした値をINにより読み出せます	Readback対応ポート
40h	全機種	OUTした値のコピーが(E6C1h)に入ります	N88-BASICワークエリアと同じアドレス

PC-8801mkII SR以降で実行可能なサンプルとして、グラフィック画面に青色をアナログ8階調で描くプログラムを同梱しました。sample.zipにソースファイル・バイナリファイル・シンボルファイルが含まれています。sample.binがダウンロード可能なバイナリとなります。

シンボルファイルはソースファイルからブートローダーの提供するI/O機能を扱えるよう、絶対アドレスを示すものです。本来であれば特定のアドレスを先頭にジャンプテーブルを用意するところですが、そのような空きメモリは無いので、やむを得ずシンボルファイルを提供する方式としました。

ただしミュージック・ドライバは独立していますので、sample.z80で示す要領で演奏開始・演奏停止が行えます。ユーザプログラムで割り込みも含めた独自の制御を行う場合、演奏停止してから割り込み禁止すると良いでしょう。

開発環境

アセンブラとして紅茶羊羹氏開発のZ80AS v0.12を使用しました。ありがとうございます。以下からダウンロード可能です。

大 深 海 水 淵 亭

上記Webサイト内の「PC-8801覚え書き」では、現在では貴重なPC-8801シリーズの技術情報が掲載されています。SDI88のソースを読む際は必読でしょう。

Z80ASに-8オプションを付加することによって、出力形式をd88ファイル(IPL付き)とすることができます。

このIPLの動作を調べたところ、以下のようになっていました:

- 割り込み禁止
- スタックポインタをF2C0hに初期化
- IPL本体をF21Eh~F29Fhにコピーし、F21Ehへジャンプ
- ポート31hに39hを出力(N88-BASIC ROM選択)
- ポート32hにA8hを出力(アナログパレット、F000h~FFFFhはメインRAM選択)
- テキストウィンドウ(8000h~80FFh)を利用して必要なセクタ分だけ読み込む
- ジャンプ前にポート31hに3Bhを出力(64KB RAM選択)
- END疑似命令で指定したエントリへジャンプ

上記より、F200h以降を除き、任意のアドレスにプログラムを一括ロードできる仕組みになっています。テキストウィンドウを使うのはなかなか巧いやり方だと感心しました。

ただし今回はブートローダーをC100h以降に配置したことや、PC-8801/mkIIの2機種を考慮したことから、上記IPLは使用していません。

ソースファイル

ソースファイルは以下のように分かれています。

1. ブートローダー(IPLを含む)

ファイルネーム	説明1	説明2
ipl.z80	IPL	2D専用
boot.z80	ブートローダー	メインCPU側

ファイルネーム	説明1	説明2
boot_sub.z80	ブートローダー	サブCPU側
mus_boot.z80	ミュージックドライバ	ブートローダ向け
mus_boot.dat	ミュージックデータ	「別れと再会」

2. [N]コマンドで書き込むIPL

ファイルネーム	説明1	説明2
ipl_2d.z80	IPL(2D)	for PC-8801
ipl_2xd.asm	IPL(2DD/2HD)	for PC-9801
ipl_x68.s	IPL(2HD)	for X680x0

- ipl_2xd.asmはシンボル"TYPE_2HD"の定義有無で2DD/2HDを切り替えます。
- ipl_x68.sをアセンブルしたバイナリ(.R)形式を、ipl_2xd.asmへDB疑似命令で埋め込んでいます。

3. SDI88メインプログラム

ファイルネーム	説明1	説明2
main.z80	SDI88	メインCPU側
sub.z80	SDI88	サブCPU側
mus_main.z80	ミュージックドライバ	SDI88向け
mus_main.dat	ミュージックデータ	「エンディング」

4. サンプルプログラム

ファイルネーム	説明1	説明2
sample.z80	サンプルプログラム	PC-8801mkIIISR以降専用
boot.sym	ブートローダー	メインCPU側シンボル情報

5. その他

ファイルネーム	説明1	説明2
const.z80	定数定義	ブートローダー・SDI88双方で使用
n88id.bin	N88 DISK-BASIC準拠のFATデータ	使用済みトラックを予約とするため
makefile	makefile	Microsoft nmakeで動作確認

- 拡張子".z80"のファイルはZ80ASでアセンブルします。
- 拡張子".asm"のファイルはBorland Turbo Assemblerでアセンブルします。
- 拡張子".s"のファイルはHigh-speed Assembler(HAS)でアセンブルします。

アセンブル後の.binファイルはd88saverを使用してディスクへ書き込んでいます。これはBookworm's Libraryの「PC-8801→修練場」でダウンロードできます。

IPL

PC-8801シリーズ全機種で、5.25インチ2Dディスクからのブートが可能です。これは以下のセクタからIPLが読み込まれます。

1. IPLセクタ(2D)

パラメータ	説明
ディスク密度	MFM
C	00h
H	00h
R	01h
N	01h(256バイト/セクタ)

この256バイトのデータがメインCPU側のC000h～C0FFhに展開され、SP=E600hの状態でC000hへジャンプしてきます。0000h～7FFFhはN88 BASIC-ROMが配置された状態です。

後述するテキストVRAMの初期化などでROM内ルーチンを使用したい場合は、SPより若いアドレス(0000h～E57Fhあたり)は使用して構いませんが、E600h～F3C7hは破壊してはいけません。

Ver.2.0でブートローダーとSDI88本体に分離した理由の1つがこのメモリ制約で、ブートローダーでテキストVRAMの初期化を行った後、SDI88ではE600h以降もフルに使用するようにしました。

2. IPLセクタ(2HD)

PC-8801mkIIIMR以降の2HD搭載機では、IPLセクタ(2D)が見つからなかった場合に2HDからのブートを試みます。これは以下のセクタからIPLが読み込まれます。

パラメータ	説明
ディスク密度	FM
C	00h
H	00h
R	01h
N	00h(128バイト/セクタ)

および

パラメータ	説明
ディスク密度	FM
C	00h
H	00h

パラメータ	説明
R	02h
N	00h(128バイト/セクタ)

2HDの場合、ブート可能なディスクのトラック0はFM(単密)、N=00hでなければなりません。2HDの容量を考えると、かなり無駄の多い特殊なフォーマットと言えます。(PC-8801初代向けの8インチI/Fボードとの互換を取ったもの、という解釈が幾つか見受けられます)

メインCPU側の配置アドレスとSP初期値、制約事項は2D/2HDともに共通です。

3. デュアルIPL

[N]コマンドで書き込まれるデュアルIPLの技法について以下に記します。

X680x0でブート可能なIPLは制約があり、最初のバイトが\$60(bra.s)でなければなりません。これは80x86の命令コードでPUSHAに相当します。PUSHA命令は8086にはありませんが、80186およびV30以降で使用できます。

X680x0のIPLとして典型的なパターンである\$60 \$3C \$90のデータ列はPUSHA + CMP AL,90hとなり、この後ろにJMP命令を挿入することで、PC-9801とX680x0の双方で動作するIPLを実現しています。

テキストVRAM

PC-8001/8801で意外と難しいのがテキストVRAMの初期化と操作です。

特にディップスイッチまたは[PC]キーでの初期設定と、実際にプログラムで設定したい桁数・行数が異なる場合は厄介で、単純なI/Oポートの操作だけでは解決しません。CRTCやDMACの設定も併せて変更することが必要です。市販ソフトでもこの初期化が上手くいっていないものがあります。

ここはブートローダーのTEXT_INITで行っているとおり、ROM内ルーチンに任せてしまうのが賢明でしょう。たとえ初期設定が40×20であっても、正しく80×25に設定できます。

PC-8801のテキストVRAMはF3C8hから始まります。1ラインにつき80文字のキャラクタエリアと、2バイト×20組のアトリビュートエリア、計120バイトで構成されています。

アトリビュートエリアの動作は近年になって研究が進んでいます。C#で著名な川俣晶氏による「PC-8001におけるμPD3301のビックリドッキリな振る舞い」を読むと、位置情報のバイトが自動的にソートされる、アトリビュート設定が一つ下の行に漏れ出すなど、これまで殆ど知られていなかった内容が解説されています。テキストVRAMで複雑な表示をさせたい場合は必読です。

キーボード

PC-8801はI/Oポートでリアルタイムにキーボードが読める構造なので、ゲームには都合が良いのですが、SDI88のような対話型システムでは操作性を高めるために先行入力バッファが欲しいところです。

SDI88ではVRTC_HANDLER(いわゆるV-SYNC割り込み)内でI/Oポートを読み取り、キーリピート処理と先行入力バッファへの挿入を行っています。先行入力バッファは64バイトのリングバッファとして実装しています。

RS-232C

PC-8801では8251相当品が搭載され、CMTとRS-232Cを担っています。

8251を初期化する際は、初期化前にダミーコマンドを出力した方が安全とされています。「8251 ダミーコマンド」で検索すると詳しい解説が読めますので、それに従ってRS_INITでは80hを2回書き込みしてから、40hを書き込んでいます。

PC-8801の割り込みベクタ割り付けの制約上、受信データあり(RxRDY)は割り込みが掛かりますが、送信データエンプティ(TxEMPTY)は割り込みが掛かりません。このため、受信は割り込みで、送信はキー待ちループ(CMN_GETKEY)、および、1/600secリアルタイム・クロック割り込み(CLOCK_HANDLER)でポーリングにて処理を行っています。

SDI88の場合、RS-232C受信が高頻度で起こることはあまり考えなくてよいのですが、サウンド割り込みの命令数がある程度多くなることを考慮して、今回は本格的な多重割り込み処理を実装してみました。これによりサウンド割り込み処理中もVRTC割り込みの処理が可能で、その処理中にRxRDYが上がった場合でも素早くRS-232C受信データを引き取れます。

逆にRS-232C送信は、上記の通りあまり速くありません。(無駄な時間ができる)

[D]コマンドによるダンプ出力は、大量の送信要求を発生させます。このため送信バッファをなるべく大きく取り(15KByte)、送信バッファ溢れによるデータ欠損が発生しにくいようにしています。

RTC

PC-8801に搭載されているRTCは2種類あります。

機種	搭載RTC	年サポート
PC-8801/mkII	μPD1990A相当品	なし
PC-8801mkIIISR/TR/FR/MR	μPD1990A相当品	なし
PC-8801FH/MH以降	μPD4990A相当品	あり

2022年12月時点でも、ルネサスエレクトロニクスのWebサイトより、μPD4990Aのマニュアルをダウンロードすることができます。

[μPD4990A シリアルI/O リアルタイム・クロック ユーザーズマニュアル](#)

上記マニュアルで注意が必要なのはAC特性で、このICはスタンバイ消費電力を低減するため、応答性が低くなっていることが特徴です。具体的にはCLKやSTBで1μsのディレイが必要であることや、Time Readモードから切り替える際に20μsのディレイが必要であることが読み取れます。日高徹さんの「マシン語マスターバイブル」で、この点に言及されていないのが、ちょっと残念です。

μPD1990Aのデータシートでは上記ディレイの時間がちょうど2倍となっており、CLK/STBは2μs、Time Readモード切り替えは40μsのディレイを必要とします。

PC-8801では上記の通りメインCPUクロック4MHz機/8MHz機で搭載ICが異なるため、どちらかに適合するプログラムを作っておけば、双方で辻褄が合います。

ディスク

PC-8801の5.25インチフロッピーディスクの構成として特徴的なところは、PC-8001向け外付けドライブPC-80S31をそのまま内蔵した構成になっており、PC-80S31に相当する部分にZ80 CPUと2KB(2HD搭載機は8KB)

のROM、16KBのRAMが搭載されたインテリジェント構成になっているところです。これはディスクサブシステムやディスク側サブCPUなどと言われます。サブCPU側のZ80はクロック4MHz固定です。

PC-8801・X1・FM-7が8bit御三家と言われた頃は、「筐体内部でCPU間通信をするなんて無駄な設計だ」という批判もありましたが、PC-8801mkII SR以降になって FM音源を鳴らすことが一般的になると、CPU間通信は割り込みを止めずに行えるため、テンポがヨレずに済み、メインCPUが直接PIO転送しない事が逆にメリットとなるという皮肉な結果になってしまいました。

メインCPUとサブCPUの通信は、それぞれに搭載された8255相当品を使用し、制御信号線(出力4本、入力3本)を介して行います。この制御をN88-BASIC ROMに実装されたリファレンス通りにやっていれば問題ないのですが、手抜きやバグ実装(実機ではたまたまタイミングが合って動く)がされていると、エミュレータで問題が起きることになります。(例)「夜の天使たち -私鉄沿線殺人事件-」

SDI88ではFDCへのプリミティブなアクセスを実現するため、独自のプログラムをサブ側7000h以降に送り込み、ROMに実装されたコマンド0Dh(EXECコマンド)で実行させています。例えば「ソーサリアン」のように、EXECコマンド実行後はコマンドハンドラを完全に乗っ取る方法もあるのですが、今回は一回のコマンド毎に00C1hへジャンプすることでサブROM側に制御を戻す実装としました。

サブ側のプログラムではFDC(μ PD765A相当品)をドライブしますが、これがまた特殊なソフトの作り方を必要とします。以下のようなコードです。

```
LOOP:
    EI
    HALT
    DI
    IN A, (0FAh)
    AND 20h
    JR Z, EXIT
    IN A, (0FBh)
    (読み出しデータ格納処理)
    JR LOOP
EXIT:
```

μ PD765Aから1バイト毎にDRQ割り込み信号が出ますので、HALT命令で割り込みまで待つ感じです。またPC-80S31は当時の設計上の制約か、Ready信号が常時ONになる設計なので、メディアが未挿入の時は、メディアを入れるまでの間上記HALT命令のところで無限ループになります。市販ゲームソフトなどでドライブ2にメディアを入れていないときにアクセスランプがつきっぱなしになるのは、こういう事情があります。

2Dの場合は上記のプログラムで上手く動くのですが、2HDはデータ転送レートが500Kbit/secに上がっているため、Z80-4MHz+上記コードでは到底間に合いません。このためINI命令やOUTI命令を使用して速度を稼ぐ必要があります。Ver.2.0では実績のあるxdisk2のソースコードを流用させて頂き、安定した2HDアクセスを実現しました。

サウンド

OPNの基本的なドライブの仕方は、そんなに難しくありません。

1. 音色データを設定する
2. キーオフする(休符の場合はこれで終了)
3. OCT/F-Numberを設定する

4. キーオンする(音符の場合はこれで終了)

以下、2.~4.を繰り返す

ただし音楽演奏という性質上、2.と4.の間隔(音長)を正確に刻む必要があります。したがって音長カウンタを持ち、タイマ割り込みで音長をデクリメントし、0になったら次のデータを解釈する、という構造になります。

タイマ割り込みとして最もメジャーなのは、OPNが内蔵する2系統タイマのうちTIMER-Bを使う方法です。レジスタ26hでTIMER-Bの分周比(テンポ)を、レジスタ 27hでタイマの開始・停止を制御します。このうち注意が必要なのはレジスタ27hで、YAMAHAアプリケーションマニュアル等を読んでも、いまひとつ正確な動作が掴みにくくなっています。SDI88で実装しているように、サウンド割り込み内でデータ3Ahを一度だけ出力するのが正解で、このようにすると最も正確にテンポを刻むことができます。

サウンドドライバの作成で厄介なのは、上記の通り、すべて割り込み処理内で行うためデバッグが難しくなる点です。これは以下のようにポーリング処理を行うデバッグ専用ルーチンを一時的に作り、割り込みを使わないことで解決できます。

(これより前にポート32hで、サウンド割り込みをマスクしておきます)

```
LOOP:
    IN  A,(44h)
    RRCA
    RRCA
    CALL C,MUSIC_INT_HANDLER
    JR  LOOP
```

デバッグ

OSを搭載した16bit機であれば、例えばPC-9801ではSYMDEB.EXE、X68000ではdb.xといったデバッガを使用できますが、PC-88などの8bit機では全て自分で作り込む必要があります。

このため最初に作るべきはCPUレジスタの表示機能です。今回もそのセオリーに従い、テキストVRAMの最上段にレジスタ表示する機能を最初に実装しました。

CALL DEBUG_REGにより、CPUレジスタを表示できます。この初回呼び出し以降ステータス表示を行いませんので、CPUレジスタの表示が上書きされることはありません。

DEBUG_REG_WORDではCALLとfall throughを併用した巧妙な省メモリプログラミングを見ることができます。たいにゃん師匠がこの技法を活用され、そのソースを読んで感動した記憶があります。もう25年も前のことになりますが、未だにその時の感動はよく覚えています。

最後に

SDI88の最初のコードを書き始めてから、この12月でちょうど2年になります。「年の経つのも早いもので」というより、年齢を重ねるごとに1年の長さがますます短く感じられる、というのが実感です。

今回のVer.2.2のバージョンアップでは、ドキュメントをUTF-8テキストファイルから、Markdown記法を利用したPDF形式に変更しました。実際のZ80コードの変更よりも、このドキュメント移行の方がはるかに手間が

かかっています。今後のドキュメントはPDF形式に統一したいと思いますが、他プロジェクトの既存テキストファイルからの移行には相当の時間が掛かりそうです。

2022年12月 PC-8801MAで「ミスティー・ブルー」より「In the morning」を聴きながら

(End Of File)