

ディスプレイもUSB機器も接続できる!

見本

# すぐに使える! ビデオ出力マイコン・モジュール

インターフェース編集部 編

VGA出力で  
ディスプレイとつながる



ビデオ出力マイコン・  
モジュール付き

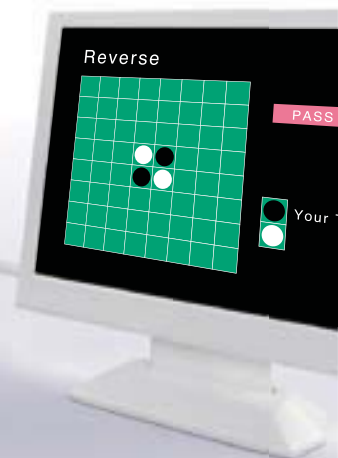
FRマイコン  
MB91FV310A搭載

パターン・エディタで  
画面を作成できる

専用ROMライター不要,  
USBでプログラムを書き込める

USBホスト/  
USBターゲット機能付き

統合開発環境で  
プログラムできる



# 第 1 章 付属マイコン基板の使い方

## 付属マイコン基板の回路構成と基板の組み立て

ここでは付属マイコン基板に実装されている FR マイコン MB91FV310A の特徴から、付属基板の回路構成や使い方について解説します。本書に付属するマイコン基板は USB コネクタが多数実装できるので、どのコネクタがどの機能のコネクタであるかに注意が必要です。特に電源の供給方法については全体の消費電流を考え、USB バス・パワーの最大値 500mA を超える場合は外部電源に切り替えることも必要になります。

### 1-1 付属マイコン基板の概要

#### ● 大容量フラッシュ ROM 内蔵の FR60 を搭載

本書には、富士通製 32 ビット RISC マイコン FR60 搭載マイコン基板が付属しています。CPU の型名は MB91FV310A で、CPU コアに FR60 を内蔵し、動作クロック周波数は 40MHz となります。

MB91FV310A は 1 チップでも動作するように、大容量のフラッシュ ROM と、16K バイトの RAM を内蔵しています。フラッシュ ROM の容量はプログラム ROM 領域として 512K バイト、後述するオン・スクリーン・ディスプレイ(OSD)コントローラ機能用フォント ROM 領域として 512K バイト、合計 1M バイトもの大容量となっています。

#### ● 特徴的機能その 1 ～ USB ホスト&ターゲット～

CPU に内蔵されている周辺コントローラとして、タイマやカウンタ、調歩同期式やクロック同期式に対応したシリアル通信コントローラ、汎用 I/O(GPIO)、A-D コンバータ、割り込みコントローラなど、組み込み用途として一般的なものはもちろんですが、さらに特徴的な機能が幾つか内蔵されています。

まず挙げられるのが、USB ホスト・コントローラおよび USB ターゲット・コントローラが内蔵されている点です。しかもそれぞれが独立しているので、ホスト機能とターゲット機能を同時に使うことも可能です。ホスト側は通信速度が 12Mbps のフル・スピードと 1.5Mbps のロー・スピードの両方に対応しています。ターゲット側は 12Mbps のフル・スピード専用となります。

#### ● 特徴的機能その 2 ～ OSD 機能内蔵～

そしてもう一つ特徴的なコントローラとして、オンスクリーン・ディスプレイ(OSD)コントローラがあります。OSD とは、外部から入力された映像の上に文字を重ねて合成して表示する機能です。例えば、現在受信中のチャンネルや音量などを番組映像の上に重ねて表示できるテレビがありますが、それを実現するのがこの OSD 機能です。

ただし付属マイコン基板では外部からの映像を入力するための回路がないので、いわゆる真っ黒な映像

を背景として、その上に文字を表示しています。こう説明すると何か味気ないイメージに思えますが、本マイコンに内蔵されている OSD コントローラは高機能で、表示する文字に対してイタリックや太字、または影を付けるといった修飾や、文字の後ろに背景のように特定のパターンを敷き詰めるなど、凝った画面作りが可能です。

さらに、既に説明したように OSD コントローラ用フォント領域もフラッシュ ROM となっているので、フォントそのものも読者自身の手で書き換えることが可能です。

## 1-2 付属マイコン基板の回路構成

### ● マイコン基板の各部

表 1-1 に付属マイコン基板の仕様を、図 1-1 にブロック図を、写真 1-1 に外観と各部の名称を示します。CPU を中心に、各機能のコネクタを用意しています。USB コネクタが多い(特に USB ターゲット・

表 1-1 付属マイコン基板の仕様

搭載 CPU	MB91FV310A (富士通製)
DC-DC コンバータ	MB39C015 (富士通製)
電源用コイル	VLF4012AT (TDK 製)
USB-シリアル変換 IC	CP2102 (Silicon Laboratories 社製)
リセット IC	MAX708TCUA (On Semiconductor 社製)
基板素材	CEM-3
基板層数	2 層基板
配線ルール	ピン間 2 本
基板形状	横 80mm, 縦 55mm, 実装高さ 5.5mm (出荷時)
供給電源	5.0V 入力, 約 400mA (VGA 表示有効時)

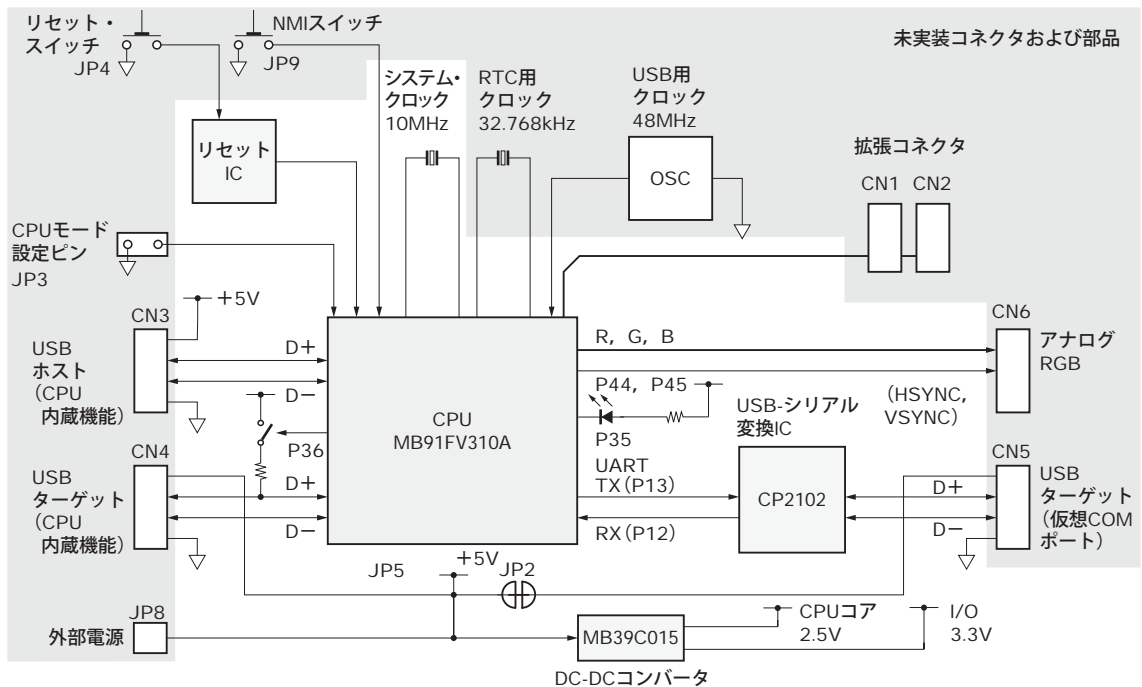


図 1-1 付属マイコン基板のブロック図

コネクタが二つもある)ので混乱しそうですが、CN3 および CN4 の USB ホスト/ターゲット・コネクタは CPU 内蔵の USB コントローラにつながり、CN5 の USB ターゲット・コネクタは、USB-シリアル変換 IC を経由して CPU の UART (チャンネル 0) につながることに注意してください。

図 1-2(pp.10-12)に付属マイコン基板の回路図を、表 1-2 に部品表を、表 1-3 に拡張コネクタのピン配置を示します。付属マイコン基板の標準状態では、背の高い部品であるコネクタなどは未実装になっているので、部品を入手して読者自身の手ではんだ付けする必要があります。

## ● 電源供給方法

各部について、もう少し詳しく解説します。

付属マイコン基板は +5V 単一の電源を供給することで動作します。電源の供給方法には次の 4 種類を想定しています。

- CN5 からの USB バス・パワー(標準状態で選択)
- CN4 からの USB バス・パワー
- JP8 からの外部電源
- CN1 や CN2 の拡張コネクタからの電源

まず標準状態で選択されているのは、CN5 の USB ターゲット・コネクタをパソコンと接続することで、USB のバス・パワーをそのまま電源とする方法です。付属マイコン基板の消費電力は OSD コントローラ機能を使った場合に合計で約 400mA 程度になります。USB のバス・パワーは 500mA 程度の電流がとれるので、CN5 を USB ケーブルを使ってパソコンと接続するだけで基板は動作します。

CPU 内蔵フラッシュ ROM に、CPU 内蔵の USB ターゲット・コントローラを制御するプログラムを

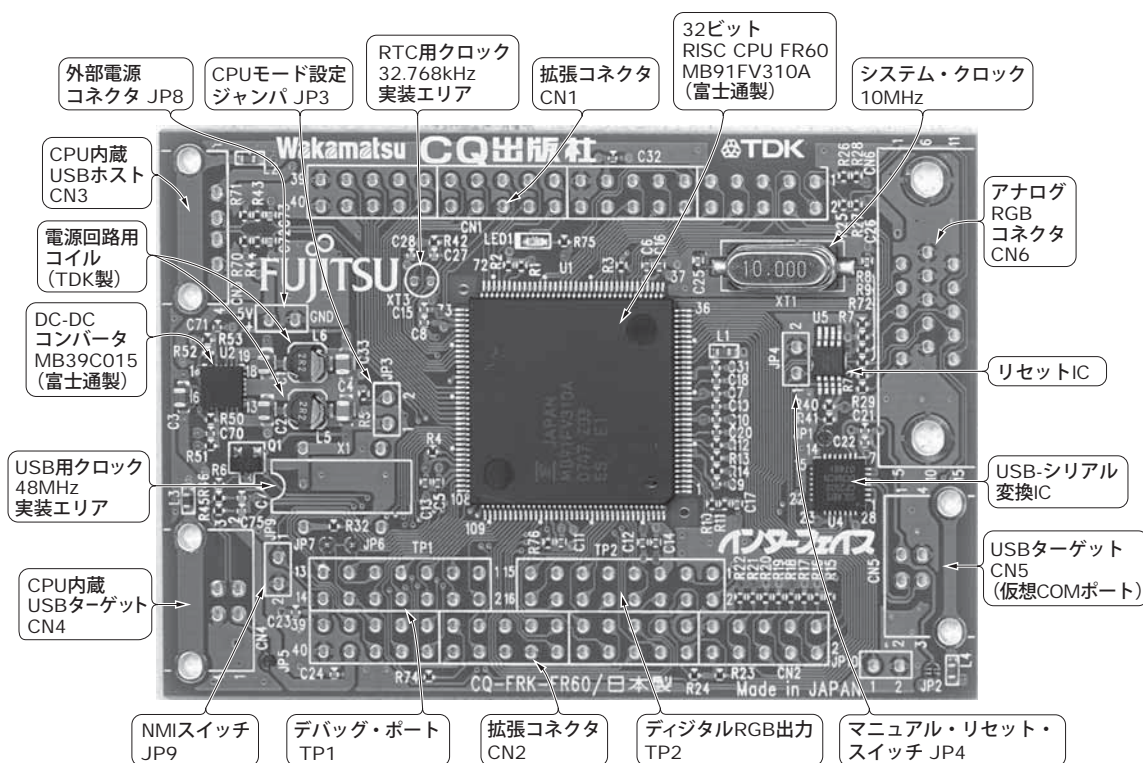


写真 1-1 付属マイコン基板の外観

表 1-2 付属マイコン基板の部品表

品名	型名	個数	部品番号
CPU	MB91FV310A	1	U1
DC-DC コンバータ	MB39C015-QFN24	1	U2
USB-シリアル変換 IC	CP2102-GM	1	U4
リセット IC	MAX708TCUA	1	U5
トランジスタ	2SA1162Y	1	Q1
フィルタ	BLM18AG221SN1D	4	L1, L2, L3, L4
電源コイル	VLF4012AT-2R2M	2	L5, L6
LED	LED-GREEN	1	D1
コンデンサ	15pF	4	C26, C25, C27, C28
	39pF	4	C75, C74, C73, C72
	0.1 $\mu$ F	19	C15, C22, C20, C31, C19, C70, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C13, C14, C18, C16, C71
	0.22 $\mu$ F	1	C17
	1.0 $\mu$ F	4	C23, C24, C21, C32
	4.7 $\mu$ F	3	C1, C3, C2
	10 $\mu$ F	2	C33, C4
抵抗	0 $\Omega$	3	R26, R25, R29
	5 $\Omega$	1	R11
	27 $\Omega$	4	R43, R45, R44, R46
	75 $\Omega$	3	R9, R8, R7
	100 $\Omega$	3	R72, R74, R73
	390 $\Omega$	1	R75
	910 $\Omega$	1	R10
	1.5 k $\Omega$	1	R6
	2.2 k $\Omega$	1	R40
	2.7 k $\Omega$	1	R12
	4.7 k $\Omega$	2	R27, R28
	10 k $\Omega$	18	R3, R4, R5, R2, R1, R41, R76, R15, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R32, R16, R24
	11 k $\Omega$	1	R14
	15 k $\Omega$	2	R70, R71
	18 k $\Omega$ (1%)	1	R50
	22 k $\Omega$	1	R13
	56 k $\Omega$ (1%)	1	R52
	100 k $\Omega$ (1%)	2	R51, R53
	1 M $\Omega$	1	R42
	水晶振動子	10.000MHz	1

書き込み、CN4 を使ってパソコンと接続して使う方法も考えられます。同じように USB バス・パワーだけで基板を動作させる場合は、JP5 のはんだジャンパにはんだ付けてショートさせます。ここで、CPU 内蔵フラッシュ ROM を書き換えるために、CN4 をつないだまま CN5 を別のパソコンに接続すると、USB 電源がショートして付属マイコン基板や接続したパソコンを壊してしまう可能性があります。CN4 と CN5 に同時に USB ケーブルをつながないでください。または常時 CN4 からの電源供給で動作させる場合は、CN5 からの電源をつなぐ JP2 をパターン・カットしてください。

基板に外付けした回路の消費電流の合計が 500mA を超える場合は、JP2 および JP5 もパターン・カットした状態にして、JP8 から +5V の外部電源を供給します。

拡張コネクタ CN1 と CN2 の +5V 端子を使って外部から電源を供給することも可能です。付属マイコン基板をいわゆるマザーボードの上にスタック接続し、マザーボード側から +5V 電源を供給する場合があります。この場合も、JP2 および JP5 をパターン・カットします。



表 1-3 付属マイコン基板拡張コネクタ CN1 と CN2 のピン配置

信号名	ピン番号	ピン番号	信号名	信号名	ピン番号	ピン番号	信号名
P00	1	2	P01	AIN0	1	2	AIN1
P02	3	4	P03	AIN2	3	4	AIN3
P04	5	6	P05	AIN4	5	6	AIN5
P06	7	8	P07	AIN6	7	8	AIN7
P10	9	10	P11	GND	9	10	GND
P22	11	12	P23	P20	11	12	AIN8
P14	13	14	P15	AIN9	13	14	P21
P16	15	16	P17	P70	15	16	P71
+5V	17	18	GND	P72	17	18	P73
GND	19	20	GND	P74	19	20	RSTOUT
P35	21	22	P36	P30	21	22	P31
P40	23	24	P41	P32	23	24	MRSTIN
P42	25	26	P43	GND	25	26	GND
P44	27	28	P45	P33	27	28	P34
P46	29	30	P47	P62	29	30	P63
P50	31	32	P51	P64	31	32	P65
P52	33	34	P53	P61	33	34	P60
P54	35	36	P55	P24	35	36	P25
P56	37	38	P57	NMI	37	38	+5V
GND	39	40	GND	+3.3V	39	40	GND

(a) CN1

(b) CN2

## ● 電源回路部

付属基板には電源回路に DC-DC コンバータを搭載しています。富士通の DC-DC コンバータは携帯電話やデジタル・カメラ、携帯型音楽プレーヤなどで広く使われており実績も豊富です。一つのパッケージに複数の電源生成回路を組み込んだ多電源 DC-DC コントローラなどの豊富なラインナップが特徴です。

付属マイコン基板では、USB などからの +5V 入力をもとに、I/O 電源用の 3.3V と、CPU コア電源用の 2.5V の 2 電源を DC-DC コンバータで生成しています。この DC-DC コンバータへの入力電圧は規定では 2.5 ~ 5.5V となっているので、JP8 など外部から電源を供給する場合でも +5V のアダプタなどを使うことを推奨します。

## ● USB-シリアル変換 IC

先ほど説明した内蔵フラッシュ ROM を書き換えるには、CPU 内蔵の UART のチャンネル 0 とシリアル通信する必要があります。UART のチャンネルは固定されていて、これ以外のポートでは通信できません。

付属 FR マイコン基板では、CPU 内蔵 UART のチャンネル 0 を USB-シリアル変換 IC に接続し、ホスト環境からは仮想 COM ポートとして接続できるようにしています。

USB-シリアル変換 IC として、CP2102 (Silicon Laboratories 社製) を実装しています。図 1-3 に CP2102 のドライバをダウンロードできる Web ページを示します。また、ドライバのインストール方法は、CQ 出版社の Web サイト (<http://www.cqpub.co.jp/interface/contents/special/CP2102install/index.htm>) の「USB-シリアル変換 IC CP2102 ドライバ・インストール方法解説」に掲載しています。

## ● クロック系統

MB91FV310A に内蔵されている機能をフルに生かすには、三つのクロックが必要です。

必ず必要なものとして CPU コアそのものを動作させるシステム・クロック、USB ホストやターゲット

# 第11章

# FR マイコン基板を使って 「ブロック崩し」と「オセロ」 を作ろう

USB ホストと OSD コントローラの活用事例

ここでは付属マイコン基板を利用して、2種類のゲームを作成した事例を紹介します。付属マイコン基板にパソコン用モニタと USB マウスを接続して動作させます。動的なゲームを作成するには、表示系の垂直同期に配慮する必要があります。

## 11-1 ゲームを動かすための準備

付属マイコン基板を利用して、2種類のゲームを作成しました。本マイコンには USB (Universal Serial Bus)ホストと OSD (On-screen Display)コントローラが搭載されているので、複雑なはんだ付けなし、外付け部品なしでも、ここで紹介する程度のアプリケーションなら容易に作成できます(ただし、USB 通信のためのコネクタ類や 48MHz 発振器は必要)。ここでは、大半の人が持っているであろうパソコン用モニタと USB マウスを接続して、動的なゲームと静的なゲームを実現しました。

一つ目のゲームは、定番のブロック崩しです。USB ホスト機能で USB マウスを読み出してパドルを動かします。画面出力は XGA(1024 ピクセル× 768 ピクセル)になるように内蔵 PPG (Programmable Pulse

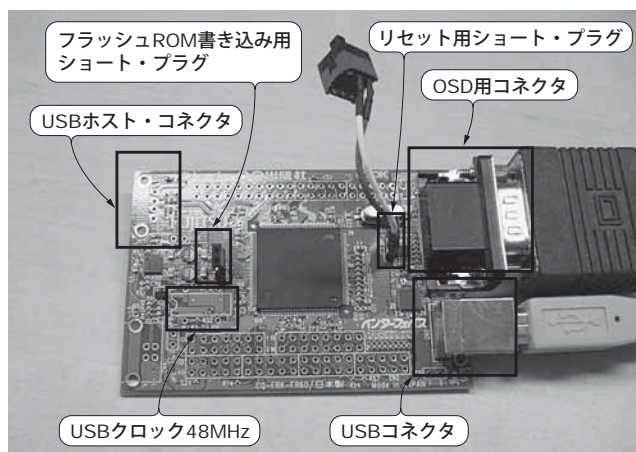


写真 11-1 書き込みに使用する部品を搭載した基板

本プログラムを動作させるには、USB コネクタと OSD 用コネクタ、リセット用のショート・プラグ、フラッシュ ROM 書き込み用のショート・プラグ、USB 用の 48MHz 発振器が必要である。

表 11-1 ゲームの動作に必要な部品

部 品	個数
アナログ RGB 高密度 D-Sub15 ピン・メス	1
USB Type B レセクタブル (USB ターゲット)	1
USB Type A レセクタブル (USB ホスト)	1
クロック周波数 48MHz, 3.3V 動作の水晶発振器	1
2.54mm ジャンパ用の 2 ピンのピン・ヘッダ	2
ショート・ピン	1
リセット用プッシュ・スイッチ	1

Generator) タイマで同期信号を生成しているので、XGA が表示できるモニタを接続してください。

二つ目はオセロ・ゲームです。こちらは VGA (640 ピクセル× 480 ピクセル) で表示しています。USB マウスでカーソル(スプライト)を動かしてコマを置きます。簡単なアルゴリズムですが、意外と負けることがあり、気が抜けません。

### ● コネクタ, ピン・ヘッダ, 発振器を取り付ける

ゲームを動かすには、マイコン基板に以下の部品を取り付ける必要があります。

- マイコン内のフラッシュ ROM 書き込みと電源供給のための USB ファンクション・コネクタ
- フラッシュ ROM 書き込みモードを切り替えるピン・ヘッダ
- マイコンのリセット制御用ピン・ヘッダ
- パソコン・モニタをつなぐための RGB コネクタ
- USB マウスをつなぐための USB ホスト・コネクタ
- USB を動作させるための 48MHz 発振器

部品表を表 11-1 に、搭載後の基板の様子を写真 11-1 に示します。ピン・ヘッダは押さえながらんだ付けをする必要がありますが、挿した状態で裏返して雑誌などで基板を支えると良いと思います。

## 11-2 ゲームのプログラム作成の要素技術

### ● まずはゲームを動かそう

基板の準備ができたら、取りあえずアプリケーションを動かしてみましょう。ゲームを動かすためには、二つのデータをマイコンに書き込む必要があります。一つは OSD コントローラ用のフォント・データです。今回の二つのゲームには、共通のフォント・データを使用しています。まず、これを書き込みます。

基板上の JP3 をショート(短絡)にして書き込みモードに設定します。MCU Programmer を起動し、Target Microcontroller の選択の所で「MB91FV310 : FONT」を選び、Hex File の所でフォント・データのファイルを指定します(図 11-1)。続いてマイコン基板の電源を入れ、[Full Operation] ボタンを押すと、リセットするようにメッセージが出ます。リセット・ボタンを押して、[OK] ボタンを押すと、書き込みを開始します。

次に、プログラムを書き込みます。フォント・データの書き込みに続いて、Target Microcontroller を

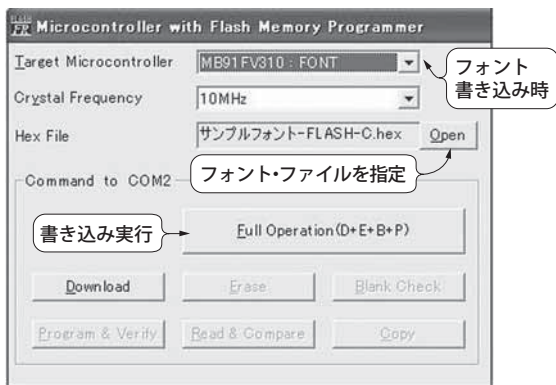


図 11-1 フォントの書き込み

フォントを書くときは「MB91FV310 : FONT」を指定する。MCU Programmer 起動直後、[Full Operation] ボタンで消去からベリファイまでを一気に実行する。

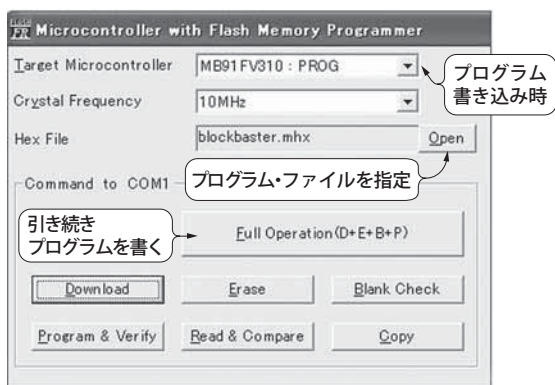


図 11-2 プログラムの書き込み

フォントに引き続きプログラムを書くときは、再度、[Full Operation] ボタンを押す。



「MB91FV310 : PROG」に変更します。Hex File にサンプル 1 のデータを指定し、[Full Operation] ボタンを押します(図 11-2)。

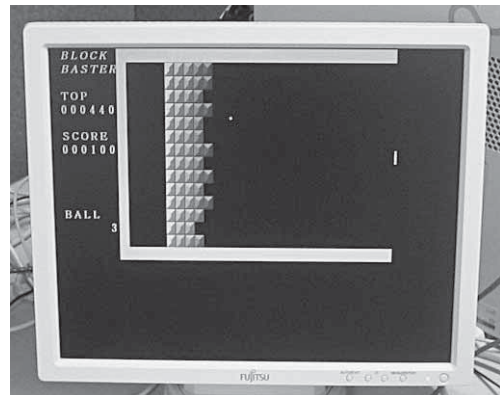
これで書き込みは完了です。いったん、基板の電源を落とし、JP3 をオープン(開放)にして電源を入れれば、プログラムが動き始めます。

USB マウスがつながっていればそのまま起動しますが、つながっていないときは接続待ち状態になります。ロゴを表示した後、ブロック崩しのタイトル画面になります[写真 11-2(a)]。マウスの右ボタンを押すとゲーム・スタートです。マウスの上下移動でパドルが動き、好きな場所で左ボタンを押すとボールが打ち出されます[写真 11-2(b)]。3 回ミスすると終了で、ハイスコア・チェックが行われます。

オセロを実行するときは、フォント・データは先ほど書き込み済みなので、プログラムのみ書き換えます。こちらは USB マウスの接続を確認したあと、すぐにゲーム・モードになります。黒(人間)が先行で、白の駒が取れる所を左クリックすると、駒が置かれます[写真 11-3(a)]。置く所がないときは、画面右の「Pass」を押します。盤面が全部埋まるか、駒を置ける所がなくなるとゲーム終了で、勝敗判定が行われます[写真 11-3(b)]。



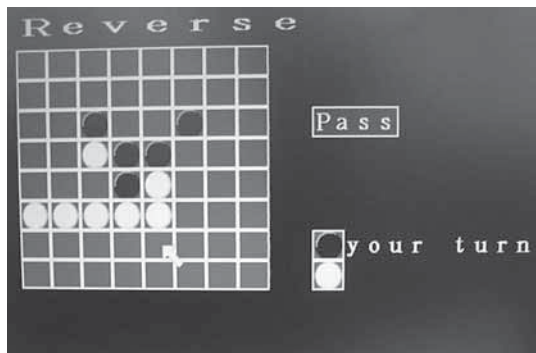
(a) タイトル画面



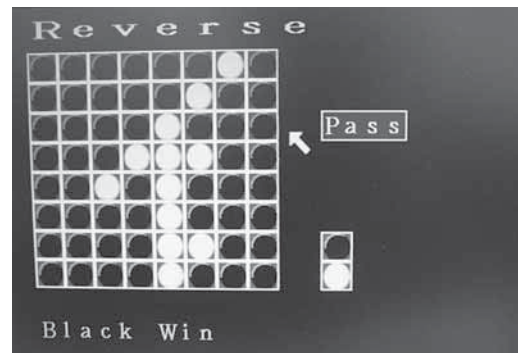
(b) 動作中

写真 11-2 ブロック崩し

(a)のタイトル・ロゴは正弦(sin)波カーブでラスタ・スクロールさせている。(b)のハイスコアはマイコンの内蔵フラッシュ ROM に記録されるので、電源を切っても残る。



(a) 動作中



(b) 勝敗判定

写真 11-3 オセロ

先手は黒(人間)。打つ所がないときは、画面上の「Pass」をクリックする。終了判定では、取れる所がなくなるともゲーム終了となる。

本章のゲーム・プログラムの作成では、USB ホストやリアルタイム動作の確認において、フラッシュ ROM の書き換えとデバッグの繰り返しが必要になります。こうした作業にかなりの時間がかかりそうだったので、モニタ・デバッガではなく ICE (In-circuit Emulator) をつないでデバッグしました(写真 11-A)。本基板と ICE コネクタはピン配置が異なるので、間に変換基板を挟んでいます。フラッシュ ROM の使用領域も 0xF0000 ~ 0xFFFFF の最低限のセクタだけを使用し、消去・書き込み時間を短縮しました。

実は、本マイコンは、筆者が仕様設計の段階からかかわった最初のマイコンでかなりの思い入れがあり(筆者の本職は CPU コアやマイコンの開発)、今回のプログラム作成にも気合が入りました。パレットのリアルタイム書き換えやラスタ・スクロール処理のデバッグは ICE のトレース機能などをフル活用しています。

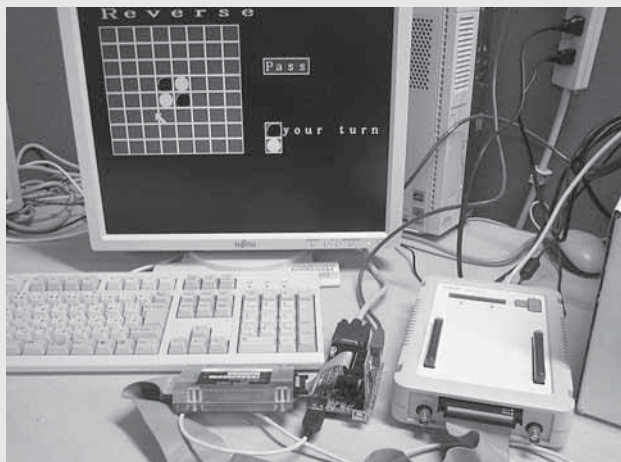


写真 11-A ICE を接続してプログラム・デバッグを行っている様子  
ICE 接続用のコネクタ変換基板が付けてある。

### ● 開発環境を設定する

本プログラムのソース・ファイルも富士通マイクロエレクトロニクスの Web サイトからダウンロードできます。ソース・プログラムを修正したりコンパイルするには、次の環境が必要です(コラム 11-1 を参照)。

- SOFTUNE 評価版
- フォント・エディタ PED/WIN

SOFTUNE から「ワークスペースを開く」を選択し、blockbaster.wsp を指定すると、設定済みのワークスペースを開くことができます。プログラムは、左の「プロジェクトウィンドウ」の Source Files に登録されており、処理内容ごとに細かくファイルを分割して作成してあります(表 11-2)。「プロジェクトメニュー」の「プロジェクトの設定」でメモリ配置やコンパイル条件、ロード・モジュール・コンバータの起動などを設定し、メイクまたはビルドを実行することでコンパイルされます。エラーがなければ、Debug¥Abs ディレクトリ内に blockbaster.mhx という Hex ファイルができるので、これを MCU Programmer でマイコンのフラッシュ ROM に書き込みます。

フォント・エディタについても、「ファイル」メニューの「プロジェクトを開く」からサンプル.prc を指

表 11-2 プログラム・ファイル一覧

関 数	機 能
startup.asm	スタートアップ
extern.h	関数プロトタイプ宣言
extint.c	外部割り込み初期化 (OSD コントローラ, USB ホストで使用)
int.c	割り込み初期化
Interrupt_routine.c	割り込みベクタ・テーブル
ipbus.c	バス・インターフェース初期化 (OSD コントローラ, USB ホストで使用)
main.c	メイン・ルーチン
osdc.c	OSD コントローラ初期化と OSD コントローラ制御関数
pll.c	PLL 初期化
port.c	ポート初期化
ppg.c	PPG 初期化と PPG 割り込み処理
rtimer.c	リロード・タイマ初期化
sample1.c	ブロック崩しのゲーム処理
sampleLOGO.c	ロゴ表示
score_chk.c	スコア・チェックとフラッシュ ROM 書き込み
raster.h	ラスタ・スクロール定義
sin_wave.c	正弦(sin)波テーブル初期化
sin_wave.h	正弦波データ
title.c	タイトル画面処理
usbho.c	USB ホスト初期化と割り込み処理
usbho.h	USB 定義
usbho_get_descriptor.c	USB デバイス初期化処理
usbho_interrupt.c	インタラプト転送処理
vram.c	仮想 VRAM 処理
vram.h	仮想 VRAM 定義
flash_write.h	フラッシュ ROM 書き込み関数定義
mb91310_osdc.h	OSD コントローラ関数定義

定すると開くことができます。フラッシュ ROM 書き込み用のデータは、「ファイル」メニューの「パターンファイルを書く」を選択して、FLASH [CPU] (hex)形式を指定すると、MCU Programmer で書き込めるファイルが生成されます。

### ● OSD の画面同期には検討が必要

本ゲームの OSD コントローラの制御について説明します。OSD コントローラは本来、テレビ画面の映像に文字を重ねるために使用されるので、映像の同期信号は外部から供給されます。そのため、回路が複雑になりがちです。

今回のマイコン基板では、割り切って映像の重ね合わせを行わず、OSD コントローラのアナログ RGB 出力を直接モニタへ出すようにしています。しかし同期信号は何かしら入力する必要があるので、マイコン内蔵の PPG タイマを 2 チャンネル使用しています(1 チャンネルは垂直同期、もう 1 チャンネルは水平同期の生成用)。PPG タイマを PWM (Pulse Width Modulation) に設定し、周期とデューティ比を設定します。PPG タイマは 16 ビット・カウンタなので、周辺クロックの 20MHz から垂直同期の 60Hz を実現するには、カウント・クロックを 16 分周モードにする必要があります。ただし、そのまま理想値に合わせ込もうとすると水平同期との関係が整数倍にならず、だんだん同期がずれてしまいます。

垂直同期： $(20\text{MHz} \div 16) \div 60\text{Hz} \doteq 20833 (16666.4 \mu\text{s})$

見本

インターネット **増刊** **すぐに使える!ビデオ出力マイコン・モジュール**

**CQ出版社**

〒170-8461 東京都豊島区東郷1-14-2  
TEL.(03) 5395-2141 (販売部)

定価2,940円 **本体2,800円**

このPDFは、CQ出版社発売の「すぐに使える!ビデオ出力マイコン・モジュール」の一部見本です。

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai//books/MIF/MIFZ201111.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/hanbai/order/order.htm>

雑誌 01620-11

Ⓒ-2011.12/7



4910016201116

02800