

補章

補章では、3bit CPU TTM3 を創るときに必要な文書（コンセプト、仕様書、ブロック図、回路図、部品表、基板図）をあらためて示すとともに、この CPU で動作するサンプルプログラムも紹介します。最後に参考文献（データシート）の URL も示します。

1 文書一覧

1.1 コンセプト

○シンプル ○分かりやすい ○シック

1.2 仕様書

1.2.1 仕様一覧表

製品名	TTM3 (Tick Tock Machine 3bit)
電源	5V USB 経由
bit 幅	3bit
レジスタ数	4 つ：演算数 (A) レジスタ、被演算数 (B) レジスタ、出力 (C) レジスタ、プログラムカウンタ
命令種類	NOP、ADD、XOR、AND、OR、IN、OUT、JMP
CPI	2 クロック
アドレス幅	4bit 幅
1 プログラムあたりの命令数	8 つの命令
CPU への入力	即値アドレス指定
CPU からの出力	RGB-LED
クロック	手動クロック、自動クロック

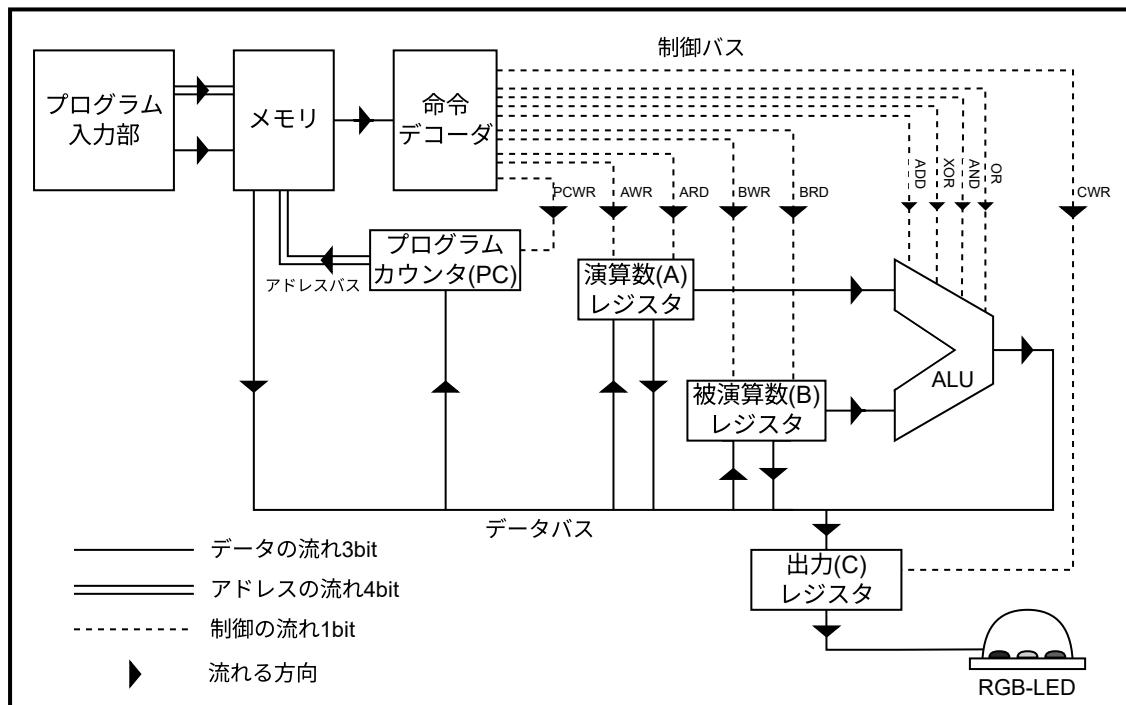
1.2.2 命令セット

すべての命令は「オペコード (3bit)、演算数 (3bit)」の構成となる。

表中の "←" はデータのコピーを示す。

命令	機械語	ニーモニック	動作説明
no operation	000	NOP	なにもしない
addition	001	ADD	被演算数 (B) レジスタ ← 被演算数 (B) レジスタ "＋" 演算数
exclusive or	010	XOR	被演算数 (B) レジスタ ← 被演算数 (B) レジスタ "xor" 演算数
and	011	AND	被演算数 (B) レジスタ ← 被演算数 (B) レジスタ "and" 演算数
or	100	OR	被演算数 (B) レジスタ ← 被演算数 (B) レジスタ "or" 演算数
input	101	IN	被演算数 (B) レジスタ ← 演算数
output	110	OUT	出力 (C) レジスタ ← 被演算数 (B) レジスタ
jump	111	JMP	プログラムカウンタ (PC) ← 演算数

1.3 | ブロック図



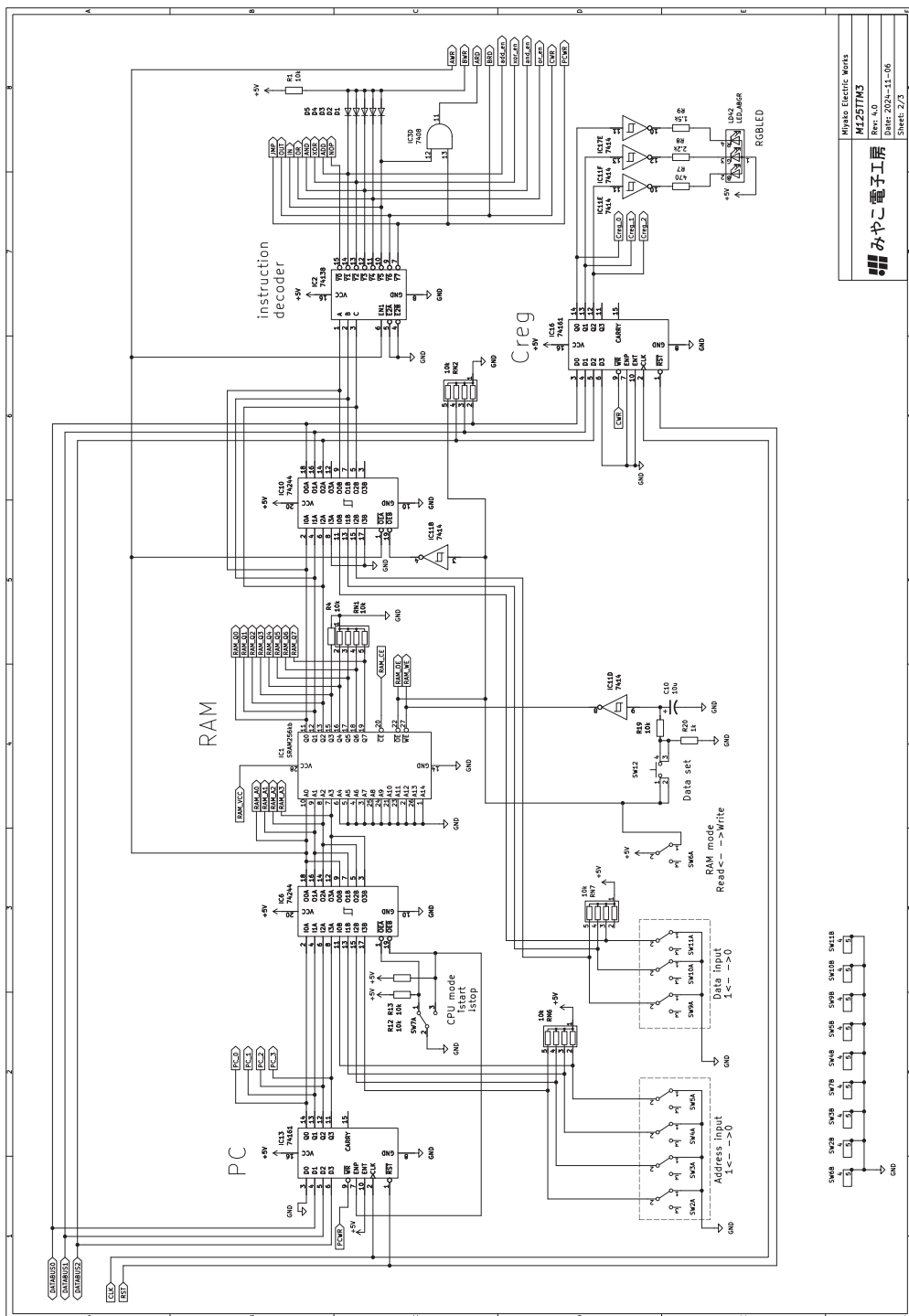
1.4 | 回路図

3bit CPU TTM3 の回路図は 3 枚に分かれています。

- 回路図 1/3：ALU、演算数（A）レジスタ、被演算数（B）レジスタ
- 回路図 2/3：メモリ、命令デコーダ、プログラムカウンタ、出力（C）レジスタ、プログラム入力部
- 回路図 3/3：電源、クロックジェネレータ、リセット回路、LED

※上記回路図を含むこの補章の PDF ファイルは、以下の本書ウェブサイトからダウンロードいただけます。

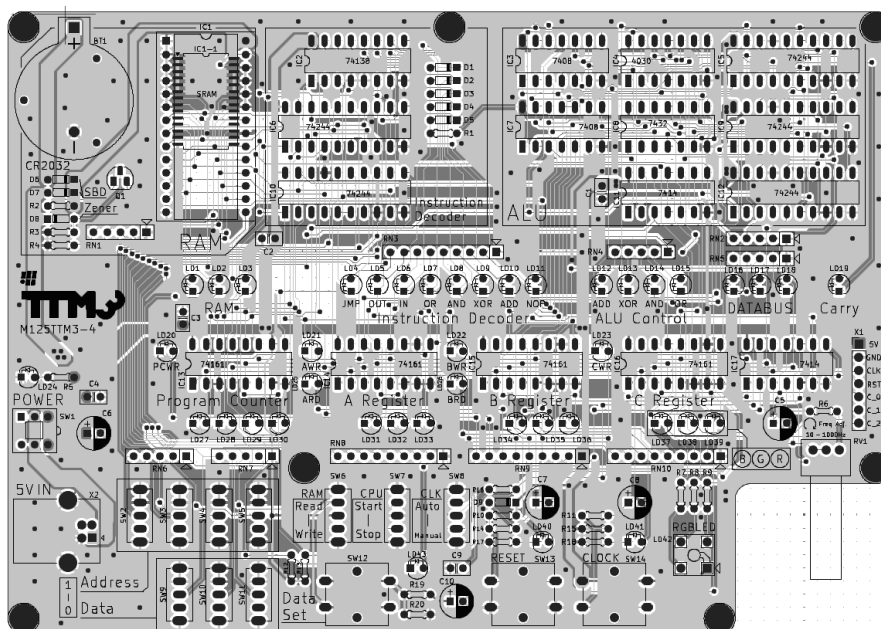
<https://bookplus.nikkei.com/atcl/catalog/26/02/04/02459/index.html>



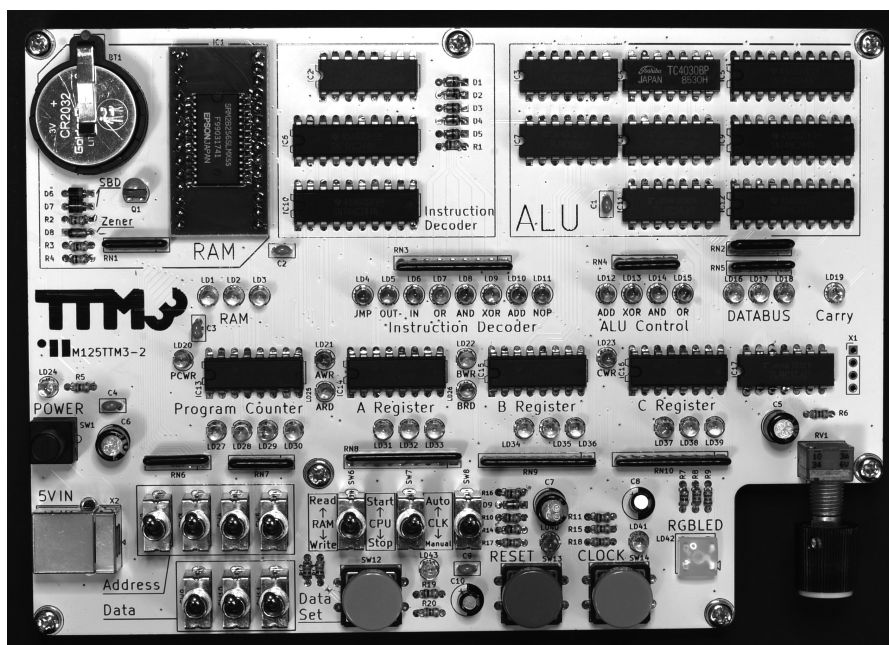
1.5 | 部品表

指定子	値	個数
BT1	CR2032 バッテリーホルダ	1
C1,C2,C3,C4,C9	0.1u	5
C5,C6,C7	33u	3
C8,C10	10u	2
D1,D2,D3,D4,D5,D9	ダイオード	6
D6,D7	ショットキーバリアダイオード	2
D8	ツェナーダイオード	1
IC1	SRAM256kb	1
IC2	74HC138	1
IC3,IC7	74HC08	2
IC4	4030	1
IC5,IC6,IC9,IC10,IC12	74HC244	5
IC8	74HC32	1
IC11,IC17	74HC14	2
IC13,IC14,IC15,IC16	74HC161	4
LD1,LD2,LD3,LD16,LD17,LD18,LD27,LD28,LD29,LD30,LD31,LD32,LD33,LD34,LD35,LD36,LD37,LD38,LD39,LD41	3mm 黄色 LED	20
LD4,LD5,LD6,LD7,LD8,LD9,LD10,LD11,LD12,LD13,LD14,LD15,LD20,LD21,LD22,LD23,LD25,LD26,LD40	3mm 赤色 LED	19
LD19,LD24,LD43	3mm 緑色 LED	3
LD42	RGBLED	1
Q1	n-FET BS170	1
R1,R2,R4,R10,R11,R12,R13,R14,R19	10k	9
RN1,RN2,RN6,RN7	10k 抵抗アレイ 4 連	4
RV1	10k 可変抵抗	1
R3,R5,R15,R17,R18,R20	1k	6
RN3,RN8,RN9,RN10	1k 抵抗アレイ 8 連	4
RN4,RN5	1k 抵抗アレイ 4 連	2
R6	100	1
R7	470	1
R8	2.2k	1
R9	1.5k	1
R16	2.7k	1
SW1	プッシュスイッチ	1
SW2,SW3,SW4,SW5,SW6,SW7,SW8,SW9,SW10,SW11	トグルスイッチ	10
SW12,SW14	タクトスイッチ灰色	2
SW13	タクトスイッチ赤色	1
X2	USB B コネクタ	1

1.6 基板図



1.7 実物の写真



2 サンプルプログラム

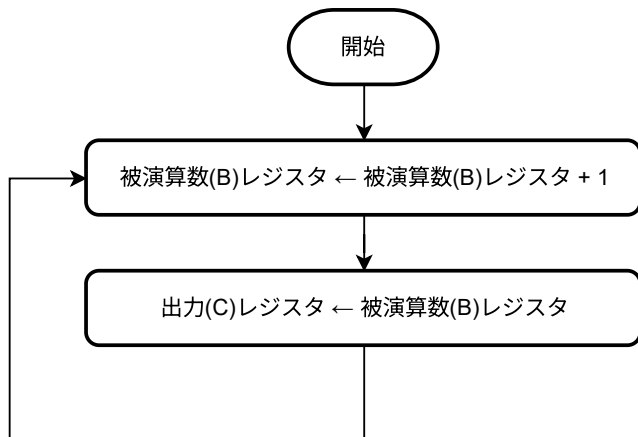
2.1 LED フラッシャー

・動作内容

『RGBLED』を、
赤→緑→黄→青→紫→水→白→無→赤→緑→・・・、
のパターンで点灯するサンプルです。

『RGBLED』は 0bit 目が R、1bit 目が G、2bit 目が B に割り当てられています。
2 進数で示すと 000 → 001 → 010 →・・・111 → 000 →・・・となります。

・フローチャート



・プログラム

命令番号 (アドレス 2 進数)	命令 (2 進数)	演算数 (2 進数)
命令 0 (0000 ~ 0001)	ADD (001)	1 (001)
命令 1 (0010 ~ 0011)	OUT (110)	--- (---) ※なんでもよい
命令 2 (0100 ~ 0101)	JMP (111)	0 (000)

2.2 論理演算の実験

・動作内容

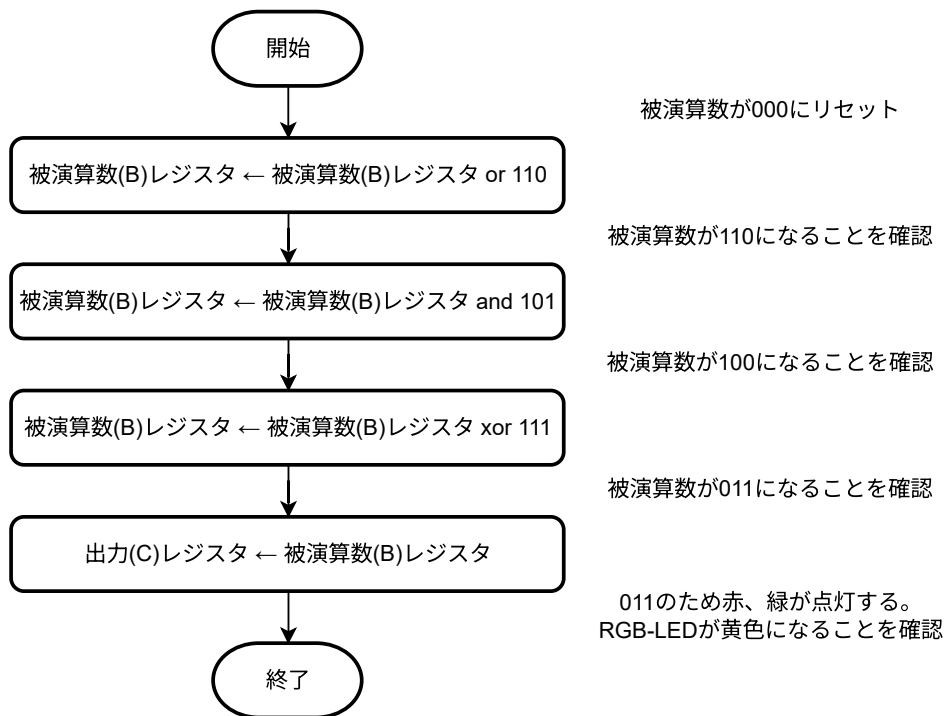
論理演算の AND、OR、XOR の動作を確認するサンプルです。それぞれ、以下の演算をします。

AND は被演算数の特定の bit を 0 にする bit 演算

OR は被演算数の特定の bit を 1 にする bit 演算

XOR は被演算数の特定の bit を反転する bit 演算

・フローチャート



・プログラム

命令番号 (アドレス 2 進数)	命令 (2 進数)	演算数 (2 進数)
命令 0 (0001、0000)	OR (100)	(110)
命令 1 (0011、0010)	AND (011)	(101)
命令 2 (0101、0100)	XOR (010)	(111)
命令 3 (0111、0110)	OUT (110)	--- (---) ※なんでもよい
命令 4 (1001、1000)	JMP (111)	(100)

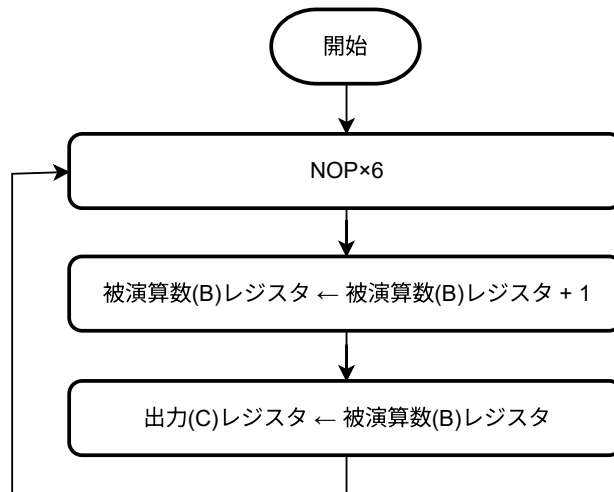
2.3 | なんちゃってタイマー

・動作内容

LED の点灯パターンにより、おおよその経過時間が分かります。自動クロックを最低周波数に設定すると 1 命令を約 0.64 秒で処理します。ここから 8 命令は約 5 秒の長さとなります。

命令 7 で RGB-LED を点灯させることで、発光色により経過時間が分かります。赤：5 秒、緑：10 秒、黄：15 秒、青：20 秒、紫：25 秒、水：30 秒、白：35 秒をおおよそ計測することができます。

・フローチャート



・プログラム

命令番号 (アドレス 2 進数)	命令 (2 進数)	演算数 (2 進数)
命令 0 (0001、0000)	NOP (000)	--- (---) ※なんでもよい
命令 1 (0011、0010)	NOP (000)	--- (---) ※なんでもよい
命令 2 (0101、0100)	NOP (000)	--- (---) ※なんでもよい
命令 3 (0111、0110)	NOP (000)	--- (---) ※なんでもよい
命令 4 (1001、1000)	NOP (000)	--- (---) ※なんでもよい
命令 5 (1011、1010)	NOP (000)	--- (---) ※なんでもよい
命令 6 (1101、1100)	ADD (001)	1 (001)
命令 7 (1111、1110)	OUT (110)	--- (---) ※なんでもよい

※ 自動クロックを最低周波数で発振させてください。

3 参考文献

7408 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC74HC08AP.html>

7432 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC74HC32AP.html>

4030 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC4030BP.html>

7414 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC74HC14AP.html>

74161 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC74AC161P.html>

74244 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC74HC244AP.html>

74138 データシート

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/semiconductor/product/general-purpose-logic-ics/detail.TC74HC138AP.html>

SRAM データシート

https://download.siliconexpert.com/pdfs/2012/5/16/17/12/4/31/iss_/auto/62-65c256al.pdf

RGB-LED データシート

<https://akizukidenshi.com/goodsaffix/OSTBKAZ4E2D.pdf>

FET データシート

<https://www.onsemi.jp/download/data-sheet/pdf/mmbf170-d.pdf>