

## 12 マシン語プログラムの実行

プログラムをメモリに書き込みましたので、それではこのプログラムを実行してみましょう。メモリのH' 20000番地から実行させますので、コマンドプロンプトからE 20000と入力します。

```
>E 20000
```

```
>E 20000  
Break at 20010  
>
```

一番右側のLEDだけが点灯した状態になることを確認してみてください。「Break at 20010」と表示されますが、これはプログラムがH' 20010番地で停止した事を意味します。

### 課題

左側2つのLEDだけが点灯するプログラムを作成し、実行させよ。

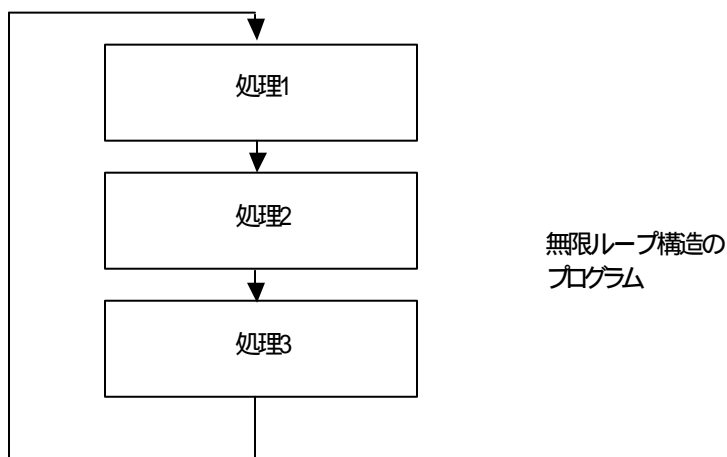
## 13 トグルスイッチとLEDを使ったプログラム

次のような仕様のプログラムを作成してみましょう。

仕様

スイッチが、上を向いた状態にあるところのLEDだけを光らせるプログラムを作る。スイッチの状態を変化させると、それに合わせてLEDの点灯も変化する。

要はスイッチが上を向いていれば点灯し、下を向いていれば消灯するというものです。このプログラムには終わりはありません。一度プログラムを走らせればリセットスイッチを押すか、電源を切るまで走り続けます。このようなプログラムの構造を無限ループ、あるいは永久ループと言います。ほとんどの組み込みマイコンのプログラムは無限ループ構造となっています。



それでは、プログラムの作成に入ります。まず無限ループ構造は後回しにして、単純にスイッチの状態を入力して、それをそのままLEDへ出力するプログラムを作成しましょう。

スイッチの状態をR3Lレジスタへ格納するニーモニックは以下の通りです。

```
MOV    @FFFC7,R3L
```

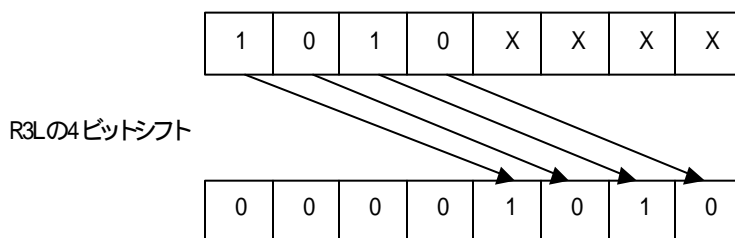
スイッチはポート4 (番地H'FFFC7)に接続されていたのでした。しかし、ここで注意が必要です。スイッチはポート4の上位4ビットに接続されています。したがって、レジスタR3Lの上位4ビットにスイッチの状態があります。

これをそのままLEDに出力してもだめです。上位4ビットのデータを下位4ビットにシフトして、LEDに出力しなければなりません。

そこで、右へシフトする命令を4つ記述します。

```
SHLR    R3L
SHLR    R3L
SHLR    R3L
SHLR    R3L
```

SHLRは、レジスタの数値を右へ1ビットシフトする命令です。これを4つ並べることにより4ビットシフトします。



上図は、R3Lレジスタを4ビット右へシフトしたときの様子です。×印は、このビットのデータはプログラムの関係ないので×印で表していますが、実際には1か0、どちらかのデータが入っています。

さて、4ビットシフトしたR3Lレジスタの内容をLEDへ出力する命令は、以下の通りです。これは、今まで何度か出てきました。

```
MOV     R3L,@H'FFFC7
```

プログラムの部分部分が完成したので一つにまとめます。最初に、LEDのポートを出力方向に設定する命令を記述します (前の章を参照)。それから、スイッチの状態をR3Lに取り込む命令、R3Lレジスタを4ビット右へシフトする命令、R3LをLEDへ出力する命令の順で並べます。

MOV	#H'0F,R3L	ポート4の下位4ビットを出力方向にする
MOV	R3L,@FFFC5	
MOV	@FFFC7,R3L	スイッチの状態をR3Lレジスタに取り込む
SHLR	R3L	R3Lレジスタを4ビット右へシフトする
SHLR	R3L	
SHLR	R3L	
SHLR	R3L	
MOV	R3L,@FFFC7	R3LレジスタをLEDに出力する

最後に無限ループ構造にします。そのためにはジャンプ命令（分岐命令とも言う）を使います。ジャンプ命令は、プログラムの任意の場所に制御を移すことができる命令です。ニーモニックは以下の通りです。

JMP @ジャンプ先の番地

このジャンプ命令を使って、プログラムの最後からプログラムの先頭にジャンプさせるようにします。そうすると、同じことを何度も繰り返す無限ループ構造のプログラムになります。

MOV	#H'0F,R3L	ポート4の下位4ビットを出力方向にする
MOV	R3L,@FFFC5	
MOV	@FFFC7,R3L	スイッチの状態をR3Lレジスタに取り込む
SHLR	R3L	R3Lレジスタを4ビット右へシフトする
SHLR	R3L	
SHLR	R3L	
SHLR	R3L	
MOV	R3L,@FFFC7	R3LレジスタをLEDに出力する
JMP	@H'20000	先頭へジャンプ

これでプログラムが完成です。ハンドアセンブルしてみましょ。ハンドアセンブルに必要な命令表で新しく出てきたものを掲載します。

ニーモニツク	第1バイト		第2バイト		第3バイト		第4バイト		第5バイト		第6バイト	
SHLR Rd	1	1	0	rd								

ニーモニツク	第1バイト		第2バイト		第3バイト		第4バイト		第5バイト		第6バイト	
JMP @aaaaaa	5	A	aa		aa		aa					

MOV	#H'0F,R3L											FB0F
MOV	R3L,@FFFC5											6AAB000FFFC5
MOV	@FFFC7,R3L											6A2B000FFFC7
SHLR	R3L											110B
SHLR	R3L											110B
SHLR	R3L											110B
SHLR	R3L											110B
MOV	R3L,@FFFC7											6AAB000FFFC7
JMP	@H'20000											5A020000

できたマシン語プログラムを一行に並べます。最後に終了コード5700を付加する必要はありません。このプログラムは終了することはないのですから。

(入力しやすいように4バイトごとに区切っています。)

```
FB0F6AAB 000FFFC5 6A2B000F FFC7110B 110B110B 110B6AAB
000FFFC7 5A020000
```

このマシン語プログラムをマシン語モニタでメモリに書き込み、実行してみてください。このプログラムは終了しませんので、マシン語モニタに戻るにはリセットボタンを押して下さい。

## 課題

この章では、スイッチが上を向いた状態でLEDが点灯するプログラムを組みました。今度は逆に、LEDが下を向いた状態のとき点灯するように変更せよ。そのためには、レジスタの内容を反転する命令が必要である。例を以下に示す。

```
NOT    R3L
```

この命令はR3Lレジスタで、'1'となっているビットを'0'とし、'0'となっているビットを'1'にする。