

基礎コンピュータ工学

第5章 機械語プログラミング

(パート5)

<https://github.com/tctsigemura/TecTextBook>

本スライドの入手：



フラグ (1)

フラグ (C, S, Z) は**計算結果の特徴**を表す。
フラグ変化ありの命令を実行する度に値が変化する。
(教科書の本文, 命令表を再度確認する.)

● Z (Zero) フラグ

- Zero は「ゼロ」の意味。
- 計算の結果が**ゼロ**にならなかった。

$$\begin{array}{r} 0010_2 \\ + 0010_2 \\ \hline Z \boxed{0} 0100_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} _{10} \\ + _{10} \\ \hline 100_{10} \end{array}$$

- 計算の結果が**ゼロ**になった。

$$\begin{array}{r} 0010_2 \\ - 0010_2 \\ \hline Z \boxed{1} 0000_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} _{10} \\ - _{10} \\ \hline 0_{10} \end{array}$$

フラグ (2)

- S (*Sign*) フラグ

- Sign はプラス・マイナスの「符号」の意味
- 計算の結果を符号付き 2 進数と解釈すると**正の値**になった.

$$\begin{array}{r} 0011\ 0010_2 \\ + 0011\ 0011_2 \\ \hline S \boxed{0} 0110\ 0101_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 50_{10} \\ + 51_{10} \\ \hline 101_{10} \end{array}$$

- 計算の結果を符号付き 2 進数と解釈すると**負の値**になった.

$$\begin{array}{r} 0011\ 0010_2 \\ - 0011\ 0011_2 \\ \hline S \boxed{1} 1111\ 1111_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 50_{10} \\ - 51_{10} \\ \hline -1_{10} \end{array}$$

- S フラグは符号付き 2 進数と考えたときの「負」の意味
- 計算結果の最上位ビットと同じ値になる. →ゼロは「正」とみなす.

フラグ (3)

- **C (Carry) フラグ**

- Carry は「桁を繰り上げる」の意味
- 足し算 (ADD) で桁上げが起きる。

- 足し算で最上位桁からの桁上げがない場合

$$\begin{array}{r} 0111 1111_2 \\ + 0000 0001_2 \\ \hline \text{C} \mid 0 \mid 1000 0000_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 127_{10} \\ + 1_{10} \\ \hline 128_{10} \end{array}$$

- 足し算で最上位桁からの桁上げがあった場合（オーバーフロー）

$$\begin{array}{r} 1111 1111_2 \\ + 0000 0001_2 \\ \hline \text{C} 1 0000 0000_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 255_{10} \\ + 1_{10} \\ \hline 0_{10} \end{array} ?$$

フラグ (4)

- **C (Carry) フラグ** (Borrow の意味を代用)
 - Borrow は「桁を借りる」の意味
 - 引き算 (SUB) で桁借りが起こる
 - 引き算で最上位桁で桁借りがいない場合

$$\begin{array}{r} \begin{array}{r} \begin{array}{|c|c|} \hline C & 0 \\ \hline \end{array} \\ \hline \end{array} \begin{array}{r} 1111 \ 1111_2 \\ 0000 \ 0001_2 \\ \hline 1111 \ 1110_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} 255_{10} \\ - \quad 1_{10} \\ \hline 254_{10} \end{array} ? \end{array}$$

- 引き算で最上位桁で桁借りがあった場合（負にオーバーフロー）

$$\begin{array}{r} _2 \\ _2 \\ \hline \text{C} \mid 1 \mid 1111 _2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{r} _2 \\ _2 \\ \hline _2 \end{array} \quad ?$$

- Cフラグは、符号なし2進数と考えたときのオーバーフローの意味

ジャンプ命令（7種類）

無条件ジャンプ命令：プログラムの流れを指定のアドレスに飛ばす。

- *JMP (Jump)* 命令：いつもジャンプする。

条件ジャンプ命令：ある条件のときだけジャンプする。

- *JZ (Jump on Zero)* 命令： $Z = 1$ ならジャンプ
- *JC (Jump on Carry)* 命令： $C = 1$ ならジャンプ
- *JM (Jump on Minus)* 命令： $S = 1$ ならジャンプ
- *JNZ (Jump on Not Zero)* 命令： $Z = 0$ ならジャンプ
- *JNC (Jump on Not Carry)* 命令： $C = 0$ ならジャンプ
- *JNM (Jump on Not Minus)* 命令： $S = 0$ ならジャンプ

JZ (Jump on Zero) 命令

Z フラグが 1 なら (計算結果が 0 なら) ジャンプする.

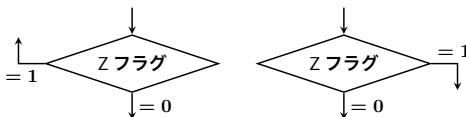
フラグ : 変化しない.

ニーモニック : JZ EA (if (Z=1) PC \leftarrow EA)

命令フォーマット : 2 バイトの長さを持つ.

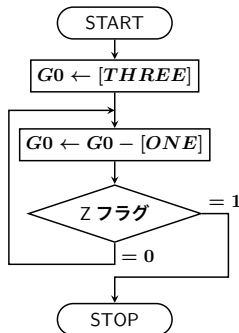
第 1 バイト		第 2 バイト
OP	GR XR	
1010 ₂	01 ₂ XR	aaaa aaaa

フローチャート : ある程度, 自由にアレンジしてよい.



JZ 命令の使用例

ループを 3 回、繰り返すプログラム



番地	機械語	ラベル	ニーモニック	
00	10 09	LOOP	LD	G0, THREE
02	40 0A		SUB	G0, ONE
04	A4 08		JZ	STOP
06	A0 02		JMP	LOOP
08	FF	STOP	HALT	
09	03	THREE	DC	3
0A	01	ONE	DC	1

- 演習 (1) : ステップモードで実行をトレースしてみる.

JC (Jump on Carry) 命令

C フラグが1 なら（オーバーフローなら）ジャンプする.

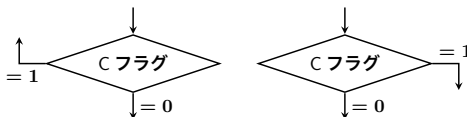
フラグ： 変化しない.

ニーモニック： JC EA (if (C=1) PC \leftarrow EA)

命令フォーマット： 2 バイトの長さを持つ.

第1 バイト		第2 バイト
OP	GR XR	
1010 ₂	10 ₂ XR	aaaa aaaa

フローチャート： ある程度，自由にアレンジしてよい.



JM (Jump on Minus) 命令

S フラグが1なら (負なら) ジャンプする.

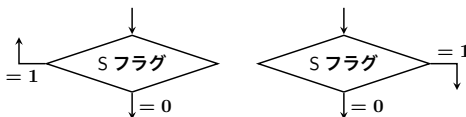
フラグ: 変化しない.

ニーモニック: JM EA (if (S=1) PC \leftarrow EA)

命令フォーマット: 2 バイトの長さを持つ.

第1バイト		第2バイト
OP	GR XR	
1010 ₂	11 ₂ XR	aaaa aaaa

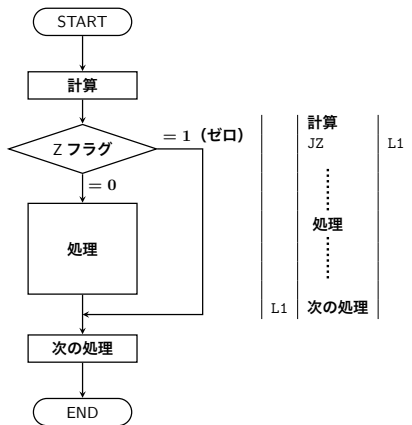
フローチャート: ある程度, 自由にアレンジしてよい.



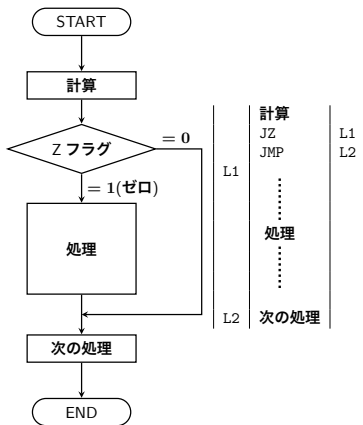
条件判断 1

計算結果により処理をするかしないか変化する例

計算結果がゼロなら「処理」しない



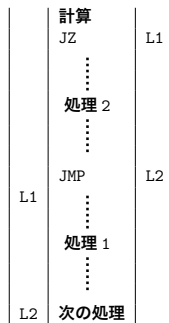
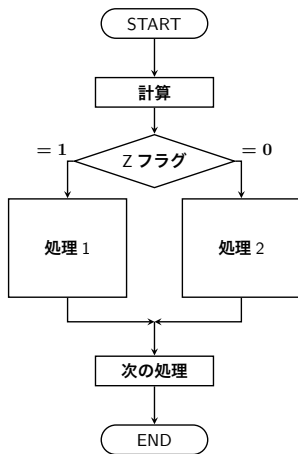
計算結果がゼロなら「処理」する



条件判断 2

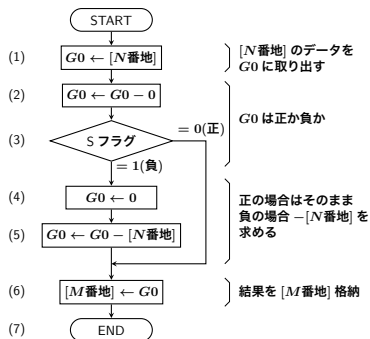
計算結果により**どちらか**の処理をする例

計算結果がゼロなら「処理 1」, そうでなければ「処理 2」をする



条件判断の例

絶対値を求めるプログラム（例題 5-1）



注意: $[N\text{番地}]$ は、 N 番地に格納されているデータのこと

番地	機械語	ラベル	ニーモニック	
00	10 10	START	LD	$G0, N$
02	40 0F		SUB	$G0, \text{ZERO}$
04	AC 08		JM	L1
06	A0 0C		JMP	L2
08	10 0F	L1	LD	$G0, \text{ZERO}$
0A	40 10		SUB	$G0, N$
0C	20 11	L2	ST	$G0, M$
0E	FF		HALT	
0F	00	ZERO	DC	0
10	FF	N	DC	-1
11	00	M	DS	1

- 演習 (2): ステップモードで実行をトレースしてみる。

学んだこと

- フラグ (Carry, Zero, Sign)
- 条件ジャンプ命令 (JZ, JC, JM)
- 条件判断

演習 (宿題)

- **飽和演算**: 計算結果が最大値または最小値を超えそうになった時, 計算結果を最大値または最小値に留める演算方式
- TeC の符号なし 2 進数を用いて表現できる最大値は 255 である.
- 足し算結果が 255 を超える (オーバーフローする) かもしれない.
- オーバーフローが発生したら計算結果を 255 に訂正するようにする.
- 以上のような足し算プログラムを作る.