機械語ワークショップ　in　2006年度伊藤研究室合宿

はじめに

今回の合宿では勉強会として、機械語ワークショップを行います。このワークショップを通じて、コンピュータの動作原理とプログラムの本質の理解を深めることが目的です。

ワークショップの概要

- コンピュータ(TD4)とは？
- TD4 の概要と専門用語
- TD4 の動作サイクル
- 簡単なプログラム
- プログラミング課題
- 機械語一覧

コンピュータ(TD4)とは？

ワークショップで使うコンピュータ(TD4)を紹介します。これは現在使われているコンピュータの本質だけ抜き出して作った「低機能な」コンピュータです。どのくらい低機能かというと、データを伝える信号が4本しかなく、2^4(つまり、0～15までの整数)しか扱うことができません。そのためプログラムも16命令しか格納することができません。主な仕様を以下に掲げます。

- 2つのレジスタ、出力ポート、入力ポート、全加算器、プログラムカウンタを持つ4ビット CPU
- ROM には16語の命令語からなるプログラムを格納でき、1語は8ビットで構成されている。
- クロックには、手動、低速(1Hz)、高速(10Hz)の3モードがある。
- リセットボタンを押すとプログラムカウンタが 0000 となる。

TD4 の概要と専門用語

- **機械語**は12種類あり、これらを適切に並べて機械語のプログラムを作ります。
- **ROM** には機械語を最大で16語まで格納できます。
- (ROM で)機械語を格納する場所には**アドレス**(番号)が振られています。
  (2進数で 0000～1111、10進数では 0～15)
- ROM に格納された機械語を、**クロック**(時計)に従って順に実行します。
- 実行すべき機械語の入ったアドレスは、**プログラムカウンタ**(PC)が記憶しており、クロックが進む度に1ずつ増えていきます。
- クロックは自動的に進みますが、手動で進めることもできます。
- データを記憶するための**レジスタ**が2つあり、数値を記憶したり**全加算器**によって加算(減算)できます。
- 外からデータを受け入れるための**入力ポート**と、外にデータを示すための**出力ポート**があります。

TD4 の(1クロックあたりの)動作サイクル

1. プログラムカウンタが示すアドレスの機械語が ROM から取り出されます。
2. 機械語の上位4ビットは命令として解釈され、下位4ビットは全加算器に送られます。
3. (2 の)命令に従って、レジスタ A,B・入力ポート・ゼロ値のいずれかが全加算器に送られます。
4. 全加算器の計算結果が、レジスタ A,B・出力ポート・プログラムカウンタのどれかに格納されます。
5. (4 で)プログラムカウンタにデータが格納されなかった場合は、PC の値を1増します。
6. 最初に戻ります。

簡単なプログラム

出力ポートの◎を左から右に動かす。
入力ポートのデータを出力ポートに送る。
入力ポートが□■■□の時だけ出力ポートを■■■■とし、それ以外では常に□□□□とする。
slow クロックで、1分たったら出力ポートを■□□□にする。

プログラミング課題

入力ポートが■□□■の時だけ出力ポートを■□□■とし、それ以外では常に□■■□としなさい。
slow クロックで、1分で□□□■、2 分で□□■■、3分で□■■■とするプログラムを作りなさい。

機械語一覧

ニーモニック　　概要

MOV A, Imm　　値を A レジスタに格納します。

命令フォーマット

bit 位置	7	6	5	4	3	2	1	0
データ	0	0	1	1	x	x	x	x

説明

xxxx で指定した 4 ビットの値が A レジスタに格納されます。A レジスタに元々入っていた値は失われます。

MOV B, Imm　　値を B レジスタに格納します。

データ	0	1	1	1	x	x	x	x

xxxx で指定した 4 ビットの値が B レジスタに格納されます。B レジスタに元々入っていた値は失われます。

MOV A, B　　B レジスタの内容を A レジスタに格納します。

データ	0	0	0	1	0	0	0	0

MOV B, A　　A レジスタの内容を B レジスタに格納します。

データ	0	1	0	0	0	0	0	0

ADD A, Imm　　A レジスタに値を加えます。

データ	0	0	0	0	x	x	x	x

xxxx で指定した 4 ビットの値が A レジスタに加算されます。
加算して桁があふれた場合、C フラグがセットされます(1 になります)。

ADD B, Imm　　B レジスタに値を加えます。

データ	0	1	0	1	x	x	x	x

xxxx で指定した 4 ビットの値が B レジスタに加算されます。
加算して桁があふれた場合、C フラグがセットされます(1 になります)。

IN A　　入力ポートの値が A レジスタに格納されます。

データ	0	0	1	0	0	0	0	0

IN B　　入力ポートの値が B レジスタに格納されます。

データ	0	1	1	0	0	0	0	0

OUT Imm　　指定した 4 ビットの値が出力ポートに送られます。

データ	1	0	1	1	0	0	0	0

OUT B　　B レジスタの内容が出力ポートに送られます。

データ	1	0	0	1	0	0	0	0

JMP Imm　　指定した番地にジャンプします。

データ	1	1	1	1	x	x	x	x

xxxx で指定した 4 ビットの値がプログラムカウンタ(PC)に格納され、次の命令が xxxx 番地から読み取られるようになります。

JNC Imm　　桁あふれのないときだけ指定した番地にジャンプします。

データ	1	1	1	0	x	x	x	x

C フラグが 0 のとき(つまり、直前の命令で桁があふれなかったとき)、xxxx で指定した 4 ビットの値がプログラムカウンタに格納され、次の命令が xxxx 番地から読み取られるようになります。