

# 情報工学実験1

「コンピュータアーキテクチャと命令セット」

実施日：2010年11月1日

学籍番号： 095707B  
氏名： 大城佳明  
締切日： 2010年11月8日  
共同実験者： 095701B 青木史林

## 1 実験目的

教育用のワンボードコンピュータ KUE-CHIP2 を用いて例題プログラミングを実行することにより、KUE-CHIP2 の操作方法を習得する。また、簡単な機械語 (マシン語) プログラムの作成を通して、KUE-CHIP2 の命令セットおよび機械語プログラムの構造を理解することを目的とする

## 2 実験概要

まず、「KUE-CHIP2 教育用ボード・リファレンスマニュアル (抜粋)」第 1 章、第 2 章をよく読み、KUE-CHIP2 の各表示部の意味、スイッチ罫の操作方法を調べ、理解する。次に第 3 章の 3.2 および 3.3 の内容にしたがって、例題プログラムを入力し、実行させる。そうすることにより、KUE-CHIP2 の操作方法を習得する。さらにそこから学んだことを生かし、基本的な操作方法を 1 つ 1 つ確認する。そうすることで例題プログラムだけでは見えなかった基本操作を理解することが出来る。最後には学籍番号を足し算するプログラムを作成する。そうすることで機械語プログラムの構造を理解することが出来る。最後に実行し、動作が出来たか確認する。

## 3 実験結果

### 3.1 実験 (1)

「KUE-CHIP2 教育用ボード・リファレンスマニュアル (抜粋)」第 1 章、第 2 章をよく読み、KUE-CHIP2 の各表示部の意味、スイッチ罫の操作方法を調べよ  
(報告の必要なし)

### 3.2 実験 (2)

「KUE-CHIP2 教育用ボード・リファレンスマニュアル (抜粋)」第 3 章の 3.2(P.18) および 3.3(P.24) の内容にしたがって、例題プログラムを入力し、実行せよ  
(報告の必要なし)

### 3.3 実験 (3)

以下の各項目につて、その操作方法 (操作手順) を調べ、実際に KUE-CHIP2 を操作し、動作確認せよ。

#### 3.3.1 (e)IX に 10H を格納する方法 (手順)

1. SELsw3 ~ 0 を 0101 にする
2. DATAsw7 ~ 0 を 10H(00010000) にする。
3. SETsw を押す

結果 : IX のレジスタを見ると、DATA LED に「10」が表示されてる状態になる

### 3.3.2 (j)100H 番地 (データ領域の 00H 番地) に 34H を格納する方法 (手順)

1. ADDRESS<sub>sw8~0</sub> を 100H(100000000) にする
2. SEL<sub>sw3~0</sub> を 001 にし、IMC<sub>sw</sub> を CHECK にする
3. DATA<sub>sw7~0</sub> を 34H(00110100) にする。
4. SET<sub>sw</sub> を押す

結果 : ADDRESS LED には「100」DATA LED には「34」が表示されている状態になる

### 3.3.3 (n)90H 番地から 9FH 番地までの全ての内容に 11H を格納する方法 (手順)

1. SEL<sub>sw3~0</sub> を 001 にし、IMC<sub>sw</sub> を CHECK にする
2. ADDRESS<sub>sw8~0</sub> を 90H(001110000) にする
3. DATA<sub>sw7~0</sub> を 11H(00010001) にする。
4. SET<sub>sw</sub> を押す
5. 2~4 を同様に 15 回繰り返す。(ADDRESS<sub>sw8~0</sub> は 91H(001110001) ~ 9FH(001111111) にする)

結果 : ADDRESS LED に「90」、DATA LED には「11」が表示されていて、同様に格納した各アドレスにも DATA LED「11」が表示されている状態になる

### 3.3.4 (p) プログラムを 20H 番地から実行する方法 (手順)

1. まず、プログラムの変更から行う (変更したプログラムは表 1 に記した)

表 1: 20H 番地から実行するプログラム

| ADRS | DATA | OPECODE       |
|------|------|---------------|
| 20   | 75   | ST ACC,(03H)  |
| 21   | 03   |               |
| 22   | CO   | EOR ACC,ACC   |
| 23   | B5   | ADD ACC,(03H) |
| 24   | 03   |               |
| 25   | AA   | SUB IX,1      |
| 26   | 01   |               |
| 27   | 31   | BNZ 23H       |
| 28   | 23   |               |
| 29   | 0F   | HLT           |

2. 次に SEL<sub>sw3~0</sub> を 0010 にする
3. DATA<sub>sw7~0</sub> を 20H(00100000) にする。
4. SET<sub>sw</sub> を押す
5. SS<sub>sw</sub> を押す

結果 : ADDRESS LED に「20」と表示され、SS<sub>sw</sub> で実行される

### 3.3.5 (r) プログラムを1フェーズずつ実行する方法(手順)

1. SP<sub>sw</sub> を1度押す

結果：P0,P1,P2,P3,P4の点灯が1つ移動する

## 3.4 実験(4)

学籍番号の6個の数を足してその合計を求めるプログラムを各自で作成し、実行しなさい。ただし、学籍番号の6個の数は、実験(3)-(j)で調べて方法に従って、データ領域の00H番地(100H番地)から05H番地(105H番地)に予め格納しておくこと。

1. まず0、9、5、7、0、7を書くアドレスに格納する
2. RESET<sub>sw</sub>を押す
3. SEL<sub>sw3~0</sub>を001にし、IMC<sub>sw</sub>をCHECKにする
4. ADDRESS<sub>sw8~0</sub>を100H(10000000)にする
5. DATA<sub>sw7~0</sub>を00H(00000000)にする。
6. SET<sub>sw</sub>を押す
7. 3~5と同様に101H番地には07H、102番地には05H、103番地には07H、104番地には00H、105番地には07Hを格納する
8. 次にプログラムを作成する(作成したプログラムは表2に記した)

表 2:

| ADRS | DATA | OPECODE       |
|------|------|---------------|
| 00   | C0   | EOR ACC,ACC   |
| 01   | B5   | ADD ACC,(00H) |
| 02   | 00   |               |
| 03   | B5   | ADD ACC,(01H) |
| 04   | 01   |               |
| 05   | B5   | ADD ACC,(02H) |
| 06   | 02   |               |
| 07   | B5   | ADD ACC,(03H) |
| 08   | 03   |               |
| 09   | B5   | ADD ACC,(04H) |
| 0A   | 04   |               |
| 0B   | B5   | ADD ACC,(05H) |
| 0C   | 05   |               |
| 0D   | 0F   | HIT           |

9. SEL<sub>sw3~0</sub>を0000にし、IMC<sub>sw</sub>をNORMALにする
10. DATA<sub>sw7~0</sub>をC0H(11000000)にする。

11. SETsw を押す
12. ADRING を押す
13. 10～12 と同様に表 2 を見ながら、DATA を入力していく
14. SSsw を押す
15. SELsw3～0 を 0100 にし、ACC には 1CH が格納されていることを確認する
16. 図 1 には表 2 のプログラムの流れ図 (フローチャート) を記した。

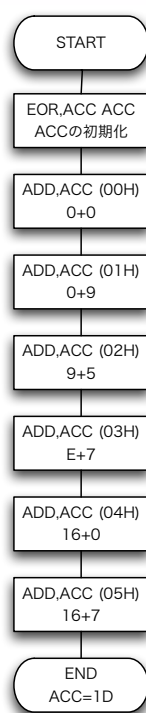


図 1: 学籍番号プログラム

## 4 考察

上記の実験結果に基づいて、以下の点について詳しく述べよ。

### 4.1 実験(3)の考察について

実験(3)の結果に示した各操作結果を同じ結果が得られるか別の捜査方法があるか検討せよ。

1. (e)IX に 10H を格納する方法
  - (a) プログラムを書いて実行させる方法がある
  - (b) 「LD IX,10H」などの命令を行う
2. (j)100H 番地(データ領域の 00H 番地)に 34H を格納する方法
  - (a) 上と同様プログラムに書いて実行させる方法がある
  - (b) ACC に 34H を入れる
  - (c) 「ST ACC,(00H)」などの命令を行う
3. (n)90H 番地から 9FH 番地までの全ての内容に 11H を格納する方法
  - (a) プログラムに書いて実行させる方法がある
  - (b) while 文のように繰り返しの作業を行うことで出来る
  - (c) このときアドレスを 16 回インクリメントすることが重要になる
  - (d) そうすることで 16 回の 11H を一つ一つの番地に格納することが可能となる
4. 「(p)プログラムを 20H 番地から実行する方法(手順)」と「(r)プログラムを 1 フェーズずつ実行する方法」は違う方法は思いつかなかった

### 4.2 実験(4)の考察について

1. 特徴
  - (a) アセンブラ言語
    - i. 機械語は 2 進数のビット列で構成されている
    - ii. マイクロプロセッサの機能を直接利用できる
    - iii. 加減算やジャンプ命令などのマイクロプロセッサが持つ極めて単純な命令を連ねてプログラミングを行なう
  - (b) プログラミング言語
    - i. 情報を組織し処理するタスクについての理解を容易である
    - ii. コンパイルし、機械がわかるように変換する
    - iii. プログラムが人間向けの柔軟性を兼ね備える
2. 利点・欠点
  - (a) アセンブラ言語
    - i. 処理時間やプログラムサイズを極限まで効率化することができる

- ii. プロセッサの機能や性能などの能力をフルに生かし切ることができる
  - iii. プログラム作業は過酷困難である
- (b) プログラミング言語
- i. プログラム作業が効率が良い
  - ii. 人が読みやすい

### 4.3 その他の考察について

本実験を通して得られた新たな知見について詳しく説明せよ。

#### 4.3.1 KUE-CHIP2

1. きわめて単純なアーキテクチャを持ち基本的な命令セットを備えている
2. 1クロックずつ、あるいは1命令ずつプログラムを実行しながら、実行中のレジスタやメモリの状態を観察したり、変更することが可能

#### 4.3.2 アセンブラ言語

1. この実験ではアキュムレータ (ACC) とインデックスレジスタ (IX) というレジスタを使用した
2. ACC,IX の違いについては後ほど述べる

#### 4.3.3 学んだこと

1. レジスタとメモリについてより深く学ぶことが出来た
2. 命令の一つ一つの動きについて理解した。
3. KUE-CHIP2 の操作方法に慣れ、理解した。

## 5 調査課題

下記の各項目について調査し、その結果を説明せよ。

### 5.1 コンピュータの主要構成要素に関して、以下の設問に答えよ

#### 5.1.1 入力装置の具体例を3つ以上挙げよ

1. キーボード
2. マウス
3. マイク
4. スキャナー

#### 5.1.2 コンピュータは、主記憶装置 (メインメモリ) 以外に大容量の補助記憶装置を装備しているのが普通である。補助記憶装置の例を5つ以上挙げよ

1. HDD
2. SSD
3. CD
4. DVD
5. USB フラッシュメモリ
6. SD

#### 5.1.3 出力装置の具体例を3つ以上挙げよ

1. ディスプレイ
2. プリンター
3. マイク
4. プロジェクター

#### 5.1.4 メーカーの異なるプロセッサ (CPU) の具体例を3つ以上挙げ、メーカー名、型番などの情報を列挙せよ (ただし、3つのうち1つは、自分のノート PC あるいは普段よく使用する PC に搭載されているプロセッサを洗濯すること)。またそれぞれの機能や特徴などを簡単に説明せよ

1. プロセッサ名 : Intel Core 2 Duo
  - (a) メーカー名 : Intel Corporation
  - (b) 型番 : Processor P7370
  - (c) プロセッサ速度 : 2.00 GHz
  - (d) 二次キャッシュ : 3MB



- (e) FSB 速度：1066MHz
  - (f) 特徴：信頼の性能と低発熱により、静音性に優れている
2. プロセッサ名：Venus
- (a) メーカー名：Fujitsu
  - (b) クロック周波数：2GHz
  - (c) ソケット：8 コア
  - (d) 特徴：世界最速の CPU
3. プロセッサ名：PowerPC Gekko
- (a) メーカー名：IBM
  - (b) クロック周波数：485MHz
  - (c) 特徴：ゲームの記述や人工知能、衝突検知、ライティング効果やスムーズな変身などの幾何学のグラフィック、システムを通してのグラフィックの移動などを、容易。

## 5.2 レジスタとメインメモリ (主記憶装置) に関して、両者の実装箇所、転送速度、記憶領域の違いを述べよ

1. 実装箇所
- (a) レジスタ：CPU の内部
  - (b) メインメモリ：CPU の外部
2. 転送速度
- (a) レジスタ：非常に高速。
  - (b) メインメモリ：レジスタに比べるとかなり遅い
3. 記憶領域
- (a) レジスタ：数バイト程度の小さなメモリ
  - (b) メインメモリ：レジスタに比べると大容量

### 4. まとめ

レジスタは CPU が内部で用いるメモリであり、最も高速なメモリである。レジスタは決して大きな容量を持っているわけではなく、その数にも限りがある。一般にレジスタを効率よく使ったプログラムはそうでないものに対して、非常に高速に動作する。それに比べてメインメモリはレジスタに比べると遅いが、保存出来る容量が多いという利点がある。

## 5.3 KUE-CHIP2 に搭載されているレジスタのうち、アキュムレータ (ACC) とインデックスレジスタ (IX) の役割の違いを述べよ

アキュムレータ (ACC) は演算に使用する 8 ビットのレジスタ。演算のオペランドや演算結果を保持する。インデックスレジスタ (IX) は演算に使用する 8 ビットのレジスタ。演算のオペランドや演算結果を保持する。また、修飾アドレス指定のときのアドレス修飾にも利用される。つまり、インデックスレジスタ (IX) は指定されたアドレスの値にレジスタの値を加算し、実効アドレスを指定することができる。

5.4 「フォンノイマンボトルネック (von Neumann bottleneck)」について、以下の設問に答えよ

5.4.1 「フォンノイマンボトルネック」について説明せよ

1. ノイマン型コンピュータにおいて性能向上を妨げる要因
2. 主記憶装置に格納した命令や処理対象を CPU の演算ユニットに転送する過程を指す
3. CPU の処理性能が向上しても、命令を転送する速度が追いつかなければ全体としての性能が向上しない

5.4.2 「フォンノイマンボトルネック」を解消する技術や手法を 3 つ以上挙げ、それぞれについて、図表などを用いて詳しく説明せよ

1. 使われやすい処理のサブルーチン化

- (a) 図 2 はサブルーチンを使ったプログラムの図である
- (b) 実行されるプログラムを設計する際にも、使われやすい処理のサブルーチン化など局在化が工夫される
- (c) よく使われるサブルーチンがキャッシュに格納されることで高速な動作を期待できる

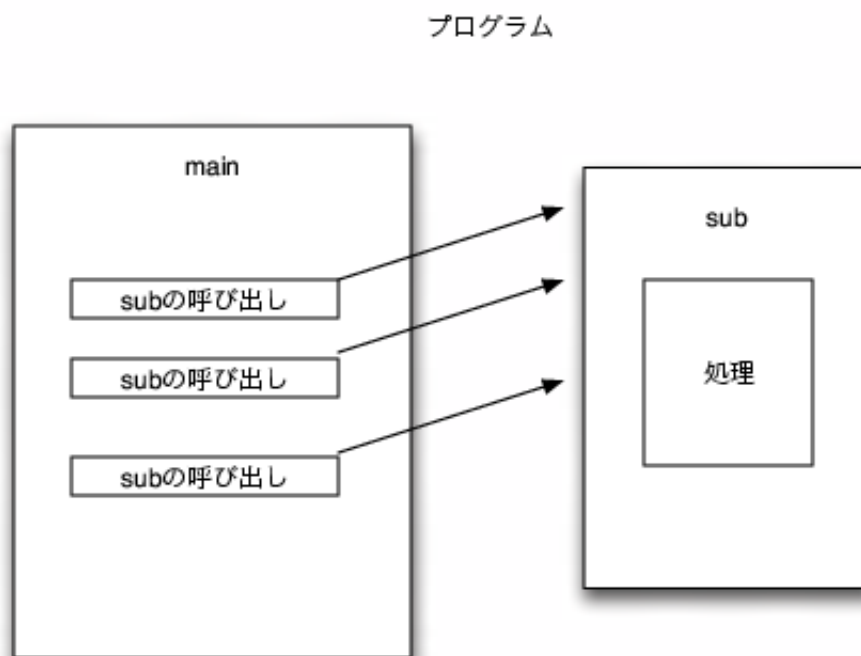


図 2: サブルーチン

2. キャッシュメモリを導入

- (a) 両者の速度差を緩和して、パフォーマンスの改善を図る
- (b) 図 3 はキャッシュメモリの速度と容量を表した図である

- (c) CPU の内部または外部にキャッシュメモリを導入し、キャッシュメモリに使用頻度の高いデータを蓄積しておくことにより、低速なメインメモリへのアクセスを減らすことができ、処理を高速化することができる。
- (d) CPU が最初にデータを読みに行くのが、より高速でより容量の小さい1次キャッシュである。
- (e) 1次キャッシュにデータがなかった場合は、より低速でより容量の大きな2次キャッシュに読みに行く。

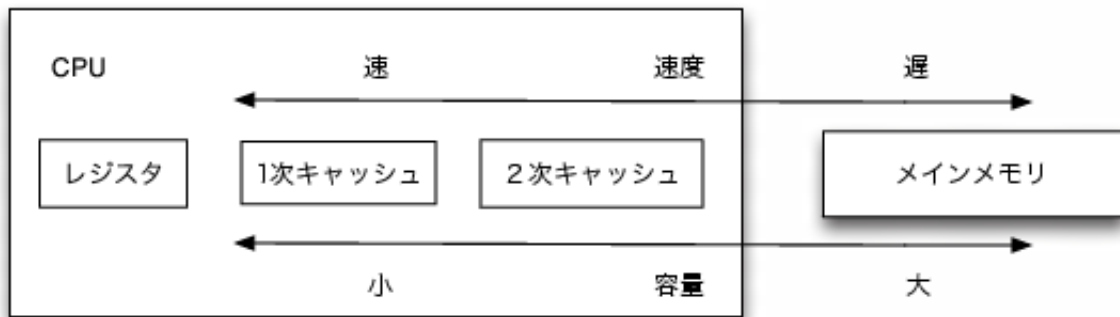


図 3: キャッシュメモリ

### 3. 並列コンピュータ

- (a) 複数のコンピューターまたはプロセッサを同時に使用して1つのプログラムを実行する
- (b) 並列コンピューティングではより多く CPU を使ってプログラムを実行することになるため、理想的な条件下ではプログラムの実行速度が向上する
- (c) 図 4 は並列コンピュータ (SIMD) の仕組み図である (<http://ja.wikipedia.org/wiki/SIMD> より引用)

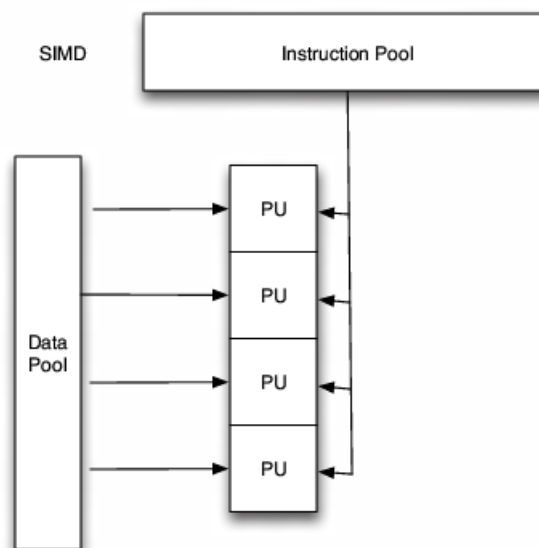


図 4: 並列コンピュータ (SIMD)

## 6 感想

### 1. 実験について

KUE-CHIP2 を使った実験はとても楽しかったです。始めは使い方が全くわからず、悪戦苦闘でした。例文を実行することで徐々に理解することが出来たのはとても良かったです。例題を実行する前にプログラムの説明をしたのはとても良かったと思います。さらに一つ一つの動作を理解しているかを確認したのはとてもいい効果があったと思います。曖昧だった理解がこの確認により、完璧に理解することが出来ました。とても楽しい実験でした。吉田先生の実験の時間は実験の授業の中で最も楽しい授業かつ、充実している授業だと思います。次の実験も楽しみです。

### 2. 報告書について

報告事項の実験結果、考察は楽しく書くことが出来ました。頭で理解していたことを文字にすることにより、さらに理解出来たと思います。しかし、調査課題はとても全く楽しくありませんでした。メーカーの異なるプロセッサを調べたのはどういう意図があるのかわかりませんでした。自分の PC を調べるのは必要ですが、他に2つを調べるのが苦痛でしかりませんでした。しかし、悪いことだけではありません。レジスタとメインメモリの違いについては調べたのは役に立つと思いました。ACC と IX についても調べる意味はあったと思います。調査課題は全体的にいい内容とは言えないと思いました。なにより苦痛でしかない課題はやる気が起きません。なぜ調べる必要があるのかを明記してくれると、私は嬉しいです。報告書自体の全体的な課題については悪くないので、残念です。

## 参考文献

wikipedia

<http://ja.wikipedia.org/wiki/>

アセンブリ言語・通信用語の基礎知識

<http://www.wdic.org/w/TECH/アセンブリ言語>

CPU「Venus」

[http://gigazine.net/index.php?/news/comments/20090513\\_fujitsu\\_venus/](http://gigazine.net/index.php?/news/comments/20090513_fujitsu_venus/)

intel

[http://www.intel.com/p/ja\\_JP/support/](http://www.intel.com/p/ja_JP/support/)

内部レジスタ構造とメモリ空間

[http://www-lab09.kuee.kyoto-u.ac.jp/parthenon/contest/kue\\_bo96.htm](http://www-lab09.kuee.kyoto-u.ac.jp/parthenon/contest/kue_bo96.htm)

CPU とメインメモリ

[http://www.yt3.info/cpu/cpu\\_and\\_main\\_memory.html](http://www.yt3.info/cpu/cpu_and_main_memory.html)

キャッシュメモリの仕組み

<http://www.way-on.com.tw/PCbasal/kiso/cpu3.htm>

フォンノイマンボトルネック

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/word/page/10001485/>