

2024 年度

情報科学実験 02

レポート課題

実験テーマ

KUE-CHIP を用いた公開鍵暗号通信の実装(1)

実験実施日: 2024 年 10 月 10 日

レポート提出日: 2024 年 10 月 15 日

提出期限: 2024 年 10 月 17 日

報告者: J2200071 齊藤 隆斗

実験グループ: A 班

目次

第 1 章	実験内課題	1
1.1	予習問題(前期の復習)	1
1.2	課題 01	1
1.3	課題 02	2
1.4	課題 03	4
第 2 章	考察	6
参考文献	7

第 1 章 実験内課題

1.1 予習問題(前期の復習)

下の手順を参考に 2 つの整数 x, n に対し $\text{Modular(剰余)}\text{Mod}[x, n]$ を求めるアセンブリ語プログラムを作成し、命令毎の動作を説明せよ。

このプログラムでは以下のような入出力を想定する。

入力

180: (X)**H (自然数: 1 バイト)

182: (N)**H (自然数: 1 バイト)

出力

ACC: $\text{Mod}[X, N]$

与えられた問題を解くプログラムは以下のようになった。

```
00: 65    LD ACC, (80)
01: 80
02: 6D    LD IX, (82)
03: 82
04: A1    SUB ACC, IX
05: 32    BZP 02
06: 02
07: B1    ADD ACC, IX
08: 0F
```

プログラムの説明

プログラムの手順としては、 X から n を引いていき、それが負数になったら、 n を足すことによって剰余を求めるというものである。 X から n を引く際に、繰り返す回数は自然数であるから、 X は $(n \times (\text{自然数}) + \text{整数})$ という形で表せる。最後に n を足す理由は、剰余は n より小さく、かつ非負である必要があるからである。

1.2 課題 01

$\text{Mod}[ax]$ を求めるプログラムを作成し、KUECHIP で実行せよ。

このプログラムでは以下のような入出力を想定する。

入力

180: (X)**H (乗数)
182: (N)**H
1B0: (A)**H *(被乗数)

出力

ACC: Mod[AX,N]

与えられた問題を解くプログラムは以下のようになった.

```
00: C0    EOR ACC, ACC
01: C9    EOR IX,  IX
02: B5    ADD ACC, (80)
03: 80
04: A5    SUB ACC, (82)
05: 82
06: 32    BZP 04
07: 04
08: B5    ADD ACC, (82)
09: 82
0A: BA    ADD IX,  1
0B: 01
0C: FD    CMP IX,  (B0)
0D: B0
0E: 3A    BN 02
0F: 02
10: 0F    HLT
```

プログラムの説明

このプログラムでは、Mod 演算が足し算に対して不変であることを利用する.すなわち、

$$s_0 = 0, s_{i+1} = \text{Mod}[s_i + x, n]$$

としたとき

$$\text{Mod}[ax, n] = s_a$$

を利用する.

よって、期待する出力である Mod[AX,N]を得るためには、 s_i の*i*がAとなるまで

$$s_{i+1} = \text{Mod}[s_i + x, n]$$

を計算していけば良い. このプログラムでは IX で s_i の *i* をカウントし、ACC に s_i を格納して計算を行っている. ここで、予習問題にて作成した Mod[x,n]を求めるプログラムを利用し、Mod[$s_i + x, n$]を求めている.

1.3 課題 02

3つの整数 x, k, n に対し、Mod[x^k, n]を計算するプログラムを実装せよ.

このプログラムでは以下のような入出力と作業領域を想定する.

入力

180: (X)
181: (K)
182: (N)

作業領域

1B0: (W1)**H (作業領域 1: 途中経過 $A = \text{Mod}[X^p, N]$, 被乗数)

1C0: (W2)**H (作業領域 2: X の乗算を実行した回数 p)

出力

ACC: $\text{Mod}[X^K, N]$

与えられた問題を解くプログラムは以下のようになった.

```
00: 65    LD ACC, (80)
01: 80
02: 6A    LD IX, 1
03: 01
04: 7D    ST IX, (C0)
05: C0
06: 75    ST ACC, (B0)
07: B0
08: C0    EOR ACC, ACC
09: C9    EOR IX, IX
0A: B5    ADD ACC, (80)
0B: 80
0C: A5    SUB ACC, (82)
0D: 82
0E: 32    BZP 0C
0F: 0C
10: B5    ADD ACC, (82)
11: 82
12: BA    ADD IX, 1
13: 01
14: FD    CMP IX, (B0)
15: B0
16: 3A    BN 0A
17: 0A
18: 6D    LD IX, (C0)
19: C0
1A: BA    ADD IX, 1
1B: 01
1C: FD    CMP IX, (81)
1D: 81
1E: 3A    BN 04
1F: 04
20: 0F    HLT
```

プログラムの説明

このプログラムでは、Mod 演算が乗算に対して不変であることを利用する.すなわち、

$$r_0 = 0, r_{i+1} = \text{Mod}[r_i x, n]$$

としたとき

$$\text{Mod}[x^k, n] = r_k$$

を利用する.

よって、期待する出力である $\text{Mod}[X^K, N]$ を得るためには、 r_i の*i*が*K*となるまで

$$r_{i+1} = \text{Mod}[r_i x, n]$$

を計算していけば良い.

このプログラムにおいて、課題 01 において作成した $\text{Mod}[ax, n]$ を利用し、 $r_{i+1} = \text{Mod}[r_i x, n]$ を求めている. また、このプログラムでは IX, ACC を $\text{Mod}[AX, N]$ の計算を行う上で必要となるため、 r_i の i は作業領域 1C0 に格納しておき、 r_i は作業領域 1B0 に格納しておく. この作業領域 1C0 に格納している i の値が K になるまで処理を繰り返すことで r_k を求めることができる.

1.4 課題 03

課題 02 をプログラム領域のアドレス 080H 以下に実装し、分岐命令 BA を使い、ルーチンとして 2 つの数値を連続して暗号化し、メモリに保存するプログラムを作成せよ.

このプログラムでは以下のような入出力と作業領域を想定する.

入力

170: (D) 02H 0FH (データ)
181: (K) 05H (公開鍵)
182: (N) 5BH (共通鍵)

作業領域

150: (LN)**H (作業領域: 残り繰り返し回数)
180: (X)**H (作業領域: 暗号化するデータの一時保存)

出力

190: (EN) 20H 47H (暗号化データ)

与えられた問題を解くプログラムは以下のようになった.

```
00: 6A    LD IX, 1
01: 01
02: 7D    ST IX, (50)
03: 50
04: 67    LD ACC, (IX+70)
05: 70
06: 75    ST ACC, (80)
07: 80
08: 30    BA 80
09: 80
0A: 6D    LD IX, (50)
0B: 50
0C: 77    ST ACC, (IX+90)
0D: 90
0E: AA    SUB IX, 1
0F: 01
10: 32    BZP 02
11: 02
12: 0F    HLT
```

Subroutine

```
80: 65    LD ACC, (80)
81: 80
82: 6A    LD IX, 1
```

```

83: 01
84: 7D    ST IX, (C0)
85: C0
86: 75    ST ACC, (B0)
87: B0
88: C0    EOR ACC, ACC
89: C9    EOR IX, IX
8A: B5    ADD ACC, (80)
8B: 80
8C: A5    SUB ACC, (82)
8D: 82
8E: 32    BZP 8C
8F: 8C
90: B5    ADD ACC, (82)
91: 82
92: BA    ADD IX, 1
93: 01
94: FD    CMP IX, (B0)
95: B0
96: 3A    BN 8A
97: 8A
98: 6D    LD IX, (C0)
99: C0
9A: BA    ADD IX, 1
9B: 01
9C: FD    CMP IX, (81)
9D: 81
9E: 3A    BN 84
9F: 84
A0: 30    BA 0A
A1: 0A

```

プログラムの説明

課題 02 で作成した 000H からのプログラム領域に格納したプログラムを 080H 以下に格納し、サブルーチンとして実装しておく。これにより、適切なデータ領域(180H)に引数が与えられれば、その引数(180Hに格納されたデータ)を暗号化するような関数として動作する。この関数を 2 回呼び出すことによって、データ領域の連続した値(170H, 171H)を暗号化して、連続したデータ領域(190H, 191H)に出力することができる。

このプログラムにおいてまず、IX に 1 を格納し、171H(170H+IX)のデータから読みこみ、180H 領域に引数としてセットし、関数を呼び出し、1 つ目のデータを暗号化し 191H(190H+IX)に格納する。その後、IX の値をデクリメントし、170H(170H+IX)のデータに対しても同様の処理を行うことで、暗号化したデータを 190H(190H+IX)に格納する。

第 2 章 考察

参考文献