情報実験第三課題1.A

情報工学科15_03602 柿沼 建太郎
情報工学科 15_10588 中田 光

平成29 年5 月4 日

各課題担当者

各課題と担当者を表として以下に示す。

課題番号/名前	柿沼	中田
1	○	○
2	○	○
3	○	○
4	○	○
5(test_io1)		○
5(test_io2)		○
5(test_calc1)	○	

課題プログラムレポート(1,2,3,4)

倍精度乗算

柿沼

流れについての説明

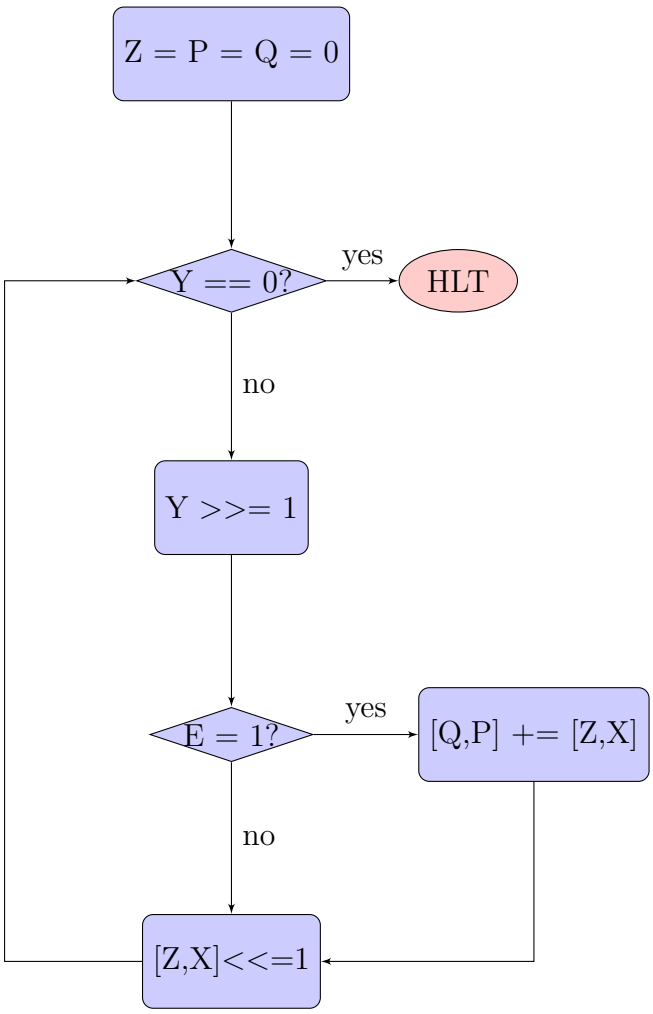
使用した変数について, 以下に示す。

変数名	説明
X	乗算の対象
Y	乗算の対象
Z	乗算の対象 (X の拡張用)
P	乗算の結果 (下位 16bit)
Q	乗算の結果 (上位 16bit)

乗算は筆算式に実現した。Y を右シフトしながら X を左シフトしていき、Y の末尾が 1 だった場合にはその時の X の値を結果に加算していく。このとき、X は 16 回左にシフトするが、結果は倍精度とするためそのままでは上位 16bit の情報が失われてしまう。

そこで、新しく Z という変数を使い [Z,X] を 32bit の変数として扱うことで倍精度計算を実現した。

以下にフローチャートを示す。



工夫点

[Q,P] += [Z,X] を実現する際、P と X の加算によってあふれた bit が E レジスタに入ることを利用し、加算の後 E レジスタの値が 1 だった場合には 1 回 INC することで実現した。

ソースコードと総命令数

Listing 1: report1_1.asm

```
1 ORG 10
2 / Y == 0 ? HLT : goto LY
```

```
3  L0,
4     CLE
5     LDA Y
6     SZA
7     BUN LY
8     HLT
9  / Y >>= 1, E == 0 ? goto LX : goto LP
10 LY,
11    CIR
12    STA Y
13    SZE
14    BUN LP
15 / [Z,X] <<= 1, goto L0
16 LX,
17    LDA X
18    CIL
19    STA X
20    LDA Z
21    CIL
22    STA Z
23    BUN L0
24 / [Q,P] += [Z,X]
25 LP,
26    LDA X
27    ADD P
28    STA P
29    LDA Z
30    SZE
31    INC
32    ADD Q
33    STA Q
34    CLE
35    BUN LX
36 / data
37 X, DEC 65535
38 Y, DEC 65535
39 Z, DEC 0
40 P, DEC 0
41 Q, DEC 0
42 END
```

総命令数:26

入力 $(X \times Y)$	ステップ数
11×13	90
0×30	114
30×0	4
65535×65535	403

異なる入力に対する実行命令ステップ数

EX3 命令セットで改良すべき点

桁あふれしたときに E レジスタの中身を変えてくれるような INC 命令が欲しいと感じた。それを別の形で実現しようと考え、1 を ADD する方法も考えたが、即値が扱えないためそれをするのにも手間がかかる。E レジスタの中身を変える INC がなくても、即値を扱える機構さえあれば良いと思う。

剰余算

柿沼

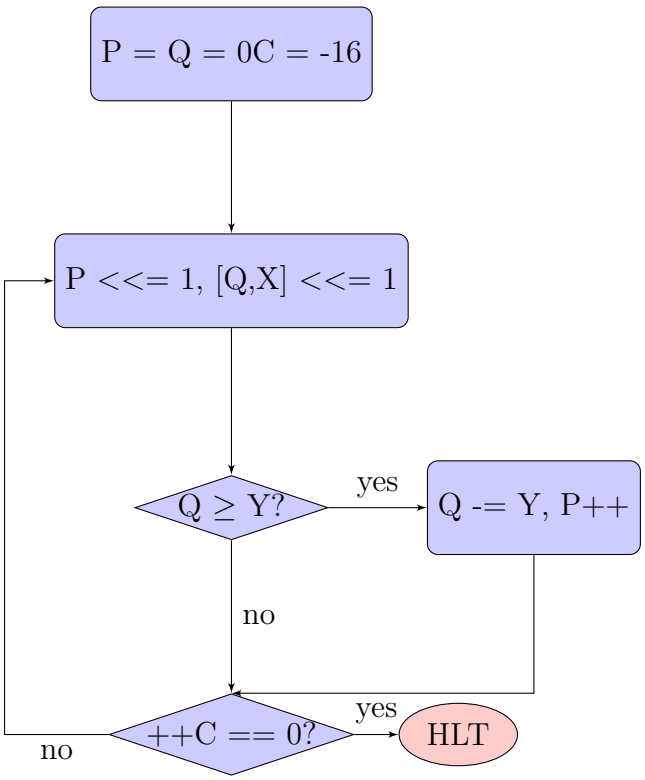
流れについての説明

使用した変数について, 以下に示す。

変数名	説明
X	徐算の対象
Y	徐算の対象
P	徐算の商
Q	徐算の余り
C	徐算の余り

徐算は筆算式に実現した。[Q,X] を左シフトしながら商も左シフトしていき、Q に溜まった数が Y 以上となったときに Q から Y を引き、商の末尾ビットを立てる。これを 16bit ぶん繰り返した。

以下にフローチャートを示す。



工夫点

Q ≥ Y の部分で Q-Y を計算するため、それをそのまま Q -= Y に転用した。
Q ≥ Y の計算は**符号なし 16bit 整数として計算しなければならないため、E レジスタを含めた符号あり 17bit と考えて、適切な計算の後 SZE で判定するという手法をとった。**

Y を E レジスタを含めた 17bit 符号あり整数と考えた場合、符号反転後はほとんどの場合最上位ビット (E レジスタ) が立っていることになるが、唯一 Y が 0 のときのみ符号を反転しても E レジスタは 0 のままなため、反転前の Y に対して SZA で E レジスタの値を定めた。

ソースコードと総命令数

Listing 2: report1_2.asm

```
1 ORG 10
```

```
2  / P<<= 1, [Q,X] <<= 1
3  LD0,
4     CLE
5     LDA P
6     CIL
7     STA P
8     LDA X
9     CIL
10    STA X
11    LDA Q
12    CIL
13    STA Q
14 / Q >= Y ? goto LD1 : goto LD2
15    LDA Y
16    CLE
17    SZA
18    CME
19    CMA
20    INC
21    ADD Q
22    SZE
23    BUN LD1
24    BUN LD2
25 / Q -= Y, P++
26 LD1,
27    STA Q
28    LDA P
29    INC
30    STA P
31 / ++C == 0 ? HLT : goto LD0
32 LD2,
33    ISZ C
34    BUN LD0
35    HLT
36 / data
37 X, DEC 65535
38 Y, DEC 65535
39 P, DEC 0
40 Q,   DEC 0
41 C, DEC -16
42 END
```

総命令数:28

入力 $(X \div Y)$	ステップ数
$30 \div 7$	340
$0 \div 15$	336
$65535 \div 1$	400
$65535 \div 65535$	340

異なる入力に対する実行命令ステップ数

EX3 命令セットで改良すべき点

EX3 の命令セットでは、スキップ命令が直感に反するものが多いと感じたため、スキップ条件が逆の命令セットがあると書きやすくなると思う。

16 進 $\rightarrow$ 10 進

柿沼

流れについての説明

使用した変数について, 以下に示す。使用した定数について, 以下に示す。

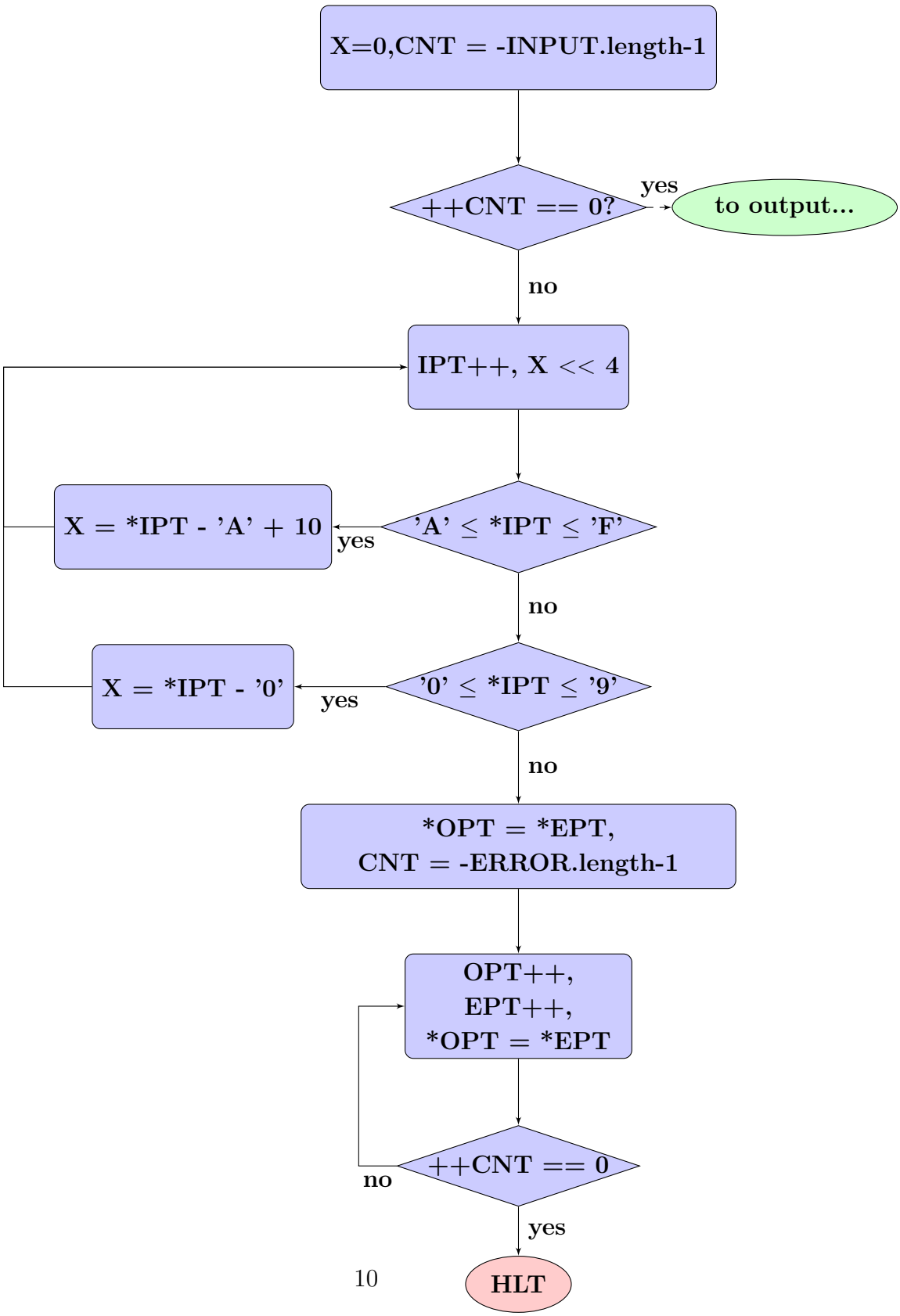
変数名	説明
OUTPUT	出力文字列
IPT	入力文字列の先頭へのポインタ
OPT	出力文字列の先頭へのポインタ
EPT	エラー文字列の先頭へのポインタ
CNT	文字列のカウント用変数
X	徐算の対象
Y	徐算の対象
P	徐算の商
Q	徐算の余り
C	徐算の余り

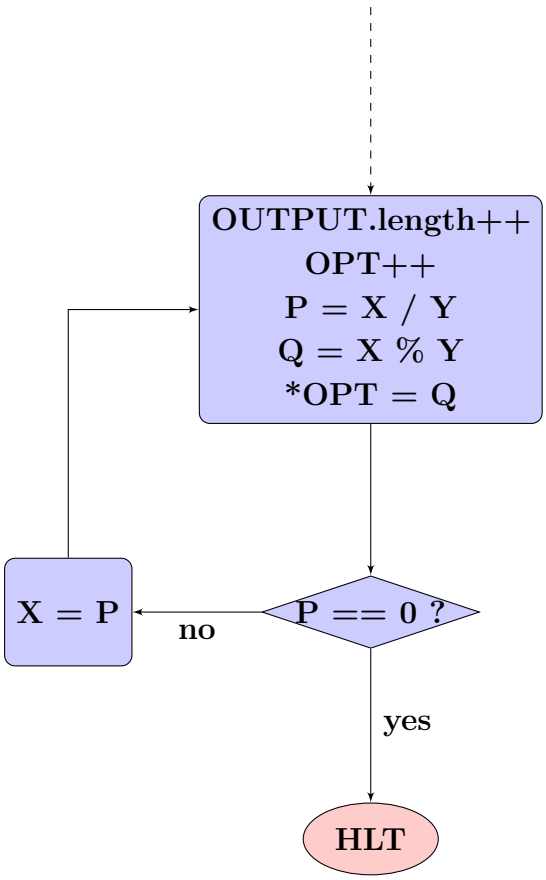
16 進数文字列として格納された INPUT を数値として X に格納し、1 桁ずつ OUTPUT に入れていく。X への格納に不備が発生した場合には

定数名	説明
TEN	即値「10」
A	即値「'A'」
F	即値「'F'」
ZERO	即値「'0'」
NINE	即値「'9'」
CINIT	即値「-16」
INPUT	入力文字列
ERROR	エラー文字列

ERROR を OUTPUT にコピーする。なお、このプログラムでは出力文字列は逆順に格納される。

以下にフローチャートを示す。


X=0,CNT = -INPUT.length-1
++CNT == 0?
yes
to output...
no
IPT++, X << 4
'A' ≤ *IPT ≤ 'F'
yes
X = *IPT - 'A' + 10
no
'0' ≤ *IPT ≤ '9'
yes
X = *IPT - '0'
no
*OPT = *EPT,
CNT = -ERROR.length-1
OPT++,
EPT++,
*OPT = *EPT
++CNT == 0
no
yes
HLT



工夫点

特になし

ソースコードと総命令数

Listing 3: report1_3.asm

```
1 ORG 10
2 / CNT = -INPUT.length-1
3    CLA
4    ADD IPT I
5    CMA
6    STA CNT
7 / ++CNT == 0 ? LO : goto L1
8 L0,
9    ISZ CNT
```

```
10    BUN L1
11    BUN LO
12  / IPT++
13  L1,
14    ISZ IPT
15  / X <<= 4
16    LDA X
17    CIL
18    CIL
19    CIL
20    CIL
21    STA X
22  / AC = INPUT
23    CLA
24    ADD IPT I
25  / input > 'F' goto LE
26    CMA
27    INC
28    ADD F
29    SPA
30    BUN LE
31  / input >= 'A' goto LA
32    LDA A
33    CMA
34    INC
35    ADD IPT I
36    SNA
37    BUN LA
38  / input < '0' goto LE
39    LDA ZERO
40    CMA
41    INC
42    ADD IPT I
43    SPA
44    BUN LE
45  / input <= '9' goto LN
46    CLA
47    ADD IPT I
48    CMA
49    INC
50    ADD NINE
51    SNA
52    BUN LN
53  / output 'ERROR'
54  / *OPT = *EPT, CNT = -ERROR.length-1
55  LE,
56    CLA
57    ADD EPT I
58    STA OPT I
```

```
59    CMA
60    STA CNT
61  / EPT++, OPT++, *OPT = *EPT
62  LE2,
63    ISZ EPT
64    ISZ OPT
65    CLA
66    ADD EPT I
67    STA OPT I
68  / ++CNT == 0 ? HLT : goto LE2
69    ISZ CNT
70    BUN LE2
71    HLT
72  / AlphaBet to Dec
73  / X += input - 'A' + 10, goto L0
74  LA,
75    LDA A
76    CMA
77    ADD TEN
78    BUN LX
79  / X += input - '0', goto L0
80  LN,
81    LDA ZERO
82    CMA
83  LX,
84    INC
85    ADD IPT I
86    ADD X
87    STA X
88    BUN L0
89  /binary -> dec
90  /OUTPUT.length++, OPT++, P = X/Y, Q = X%Y, *OPT = Q
91  LO,
92    ISZ OUTPUT
93    ISZ OPT
94    BSA LD
95    LDA Q
96    STA OPT I
97  / P == 0 ? HLT
98    LDA P
99    SZA
100   BUN LD3
101   HLT
102 / X = P
103 LD3,
104   STA X
105   BUN LO
106 LD,
107   HEX 0
```

```
108     CLA
109     STA P
110     STA Q
111     LDA TEN
112     STA Y
113     LDA CINIT
114     STA C
115   / P<<= 1, [Q,X] <<= 1
116   LD0,
117     CLE
118     LDA P
119     CIL
120     STA P
121     LDA X
122     CIL
123     STA X
124     LDA Q
125     CIL
126     STA Q
127    / Q >= Y ? goto LD1 : goto LD2
128     LDA Y
129     CLE
130     SZA
131     CME
132     CMA
133     INC
134     ADD Q
135     SZE
136     BUN LD1
137     BUN LD2
138   / Q -= Y, P++
139   LD1,
140     STA Q
141     LDA P
142     INC
143     STA P
144   / ++C == 0 ? HLT : goto LD0
145   LD2,
146     ISZ C
147     BUN LD0
148     BUN LD I
149   / data
150   TEN, DEC 10
151   A, CHR A
152   F, CHR F
153   ZERO, CHR 0
154   NINE, CHR 9
155   CINIT, DEC -16
156   INPUT, DEC 4
```

```
157 CHR A
158 CHR B
159 CHR C
160 CHR X
161 OUTPUT, DEC 0
162     CHR _
163     CHR _
164     CHR _
165     CHR _
166     CHR _
167 ERROR, DEC 5
168     CHR R
169     CHR O
170     CHR R
171     CHR R
172     CHR E
173 IPT, SYM INPUT
174 OPT, SYM OUTPUT
175 EPT,SYM ERROR
176 X, DEC 0
177 Y, DEC 10
178 P, DEC 0
179 Q, DEC 0
180 C, DEC -16
181 CNT, DEC 0
182 END
```

総命令数:121

異なる入力に対する実行命令ステップ数

入力 (X)	ステップ数
$0F$	783
$FFFF$	1957
XX	67
$ABCX$	157

EX3 命令セットで改良すべき点

INC の逆で、-1 を足す命令が欲しいと感じた。

素数計算

柿沼

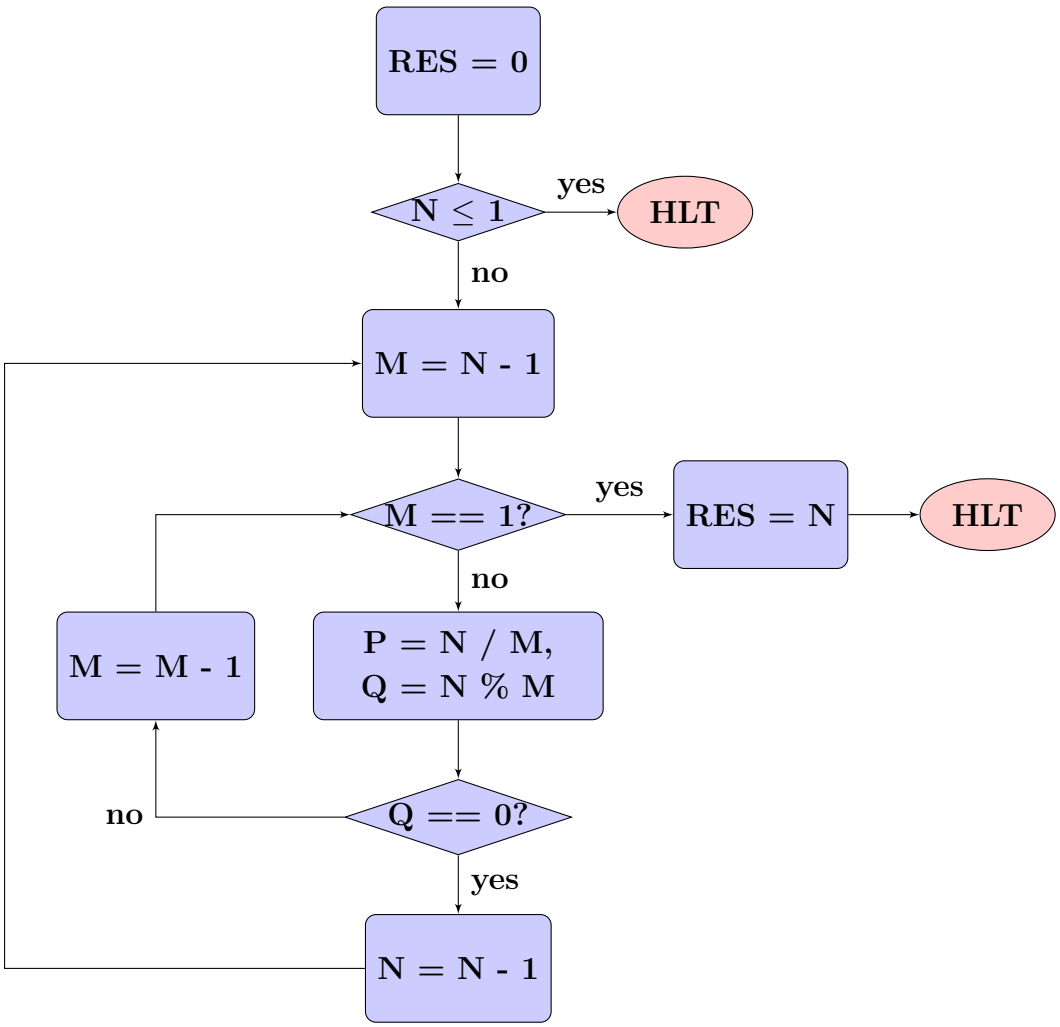
流れについての説明

使用した変数について,以下に示す。使用した定数について,以下に示す。

変数名	説明
N	現在の素数候補
M	N を割る数
RES	結果
X	徐算の対象
Y	徐算の対象
P	徐算の商
Q	徐算の余り
C	徐算の余り

定数名	説明
CINIT	即値「-16」

自然数 N が素数であるかの判定には N 未満の自然数すべてに対して徐算を実行することで実現した。
以下にフローチャートを示す。



工夫点

Q ≥ Y の部分で Q-Y を計算するため、それをそのまま Q -= Y に転用した。
Q ≥ Y の計算は符号なし 16bit 整数として計算しなければならないため、E レジスタを含めた符号あり 17bit と考えて、適切な計算の後 SZE で判定するという手法をとった。

Y を E レジスタを含めた 17bit 符号あり整数と考えた場合、符号反転後はほとんどの場合最上位ビット (E レジスタ) が立っていることになるが、唯一 Y が 0 のときのみ符号を反転しても E レジスタは 0 のままなため、反転前の Y に対して SZA で E レジスタの値を定めた。

ソースコードと総命令数

Listing 4: report1_4.asm

```
1  ORG 10
2  /N <= 1 ? HLT
3     LDA N
4     SZA
5     CME
6     CMA
7     ADD TWO
8     SZE
9     HLT
10 / M = N-1
11 L0,
12    LDA N
13    BSA DC
14    STA M
15 / M == 1 ? RES = N, HLT : goto L2
16 L1,
17    LDA M
18    BSA DC
19    SZA
20    BUN L2
21    LDA N
22    STA RES
23    HLT
24 / P = N / M, Q = N % M, Q == 0 ? N--, goto L0 : goto L3
25 L2,
26    LDA N
27    STA X
28    LDA M
29    STA Y
30    BSA LD
31    LDA Q
32    SZA
33    BUN L3
34    LDA N
35    BSA DC
36    STA N
37    BUN L0
38 / M--, goto L1
39 L3,
40    LDA M
41    BSA DC
42    STA M
43    BUN L1
44 /P = 0, Q = 0, C = -16
45 LD,
```

```
46      HEX 0
47      CLA
48      STA P
49      STA Q
50      LDA CINIT
51      STA C
52  / P<<= 1, [Q,X] <<= 1
53  LD0,
54      CLE
55      LDA P
56      CIL
57      STA P
58      LDA X
59      CIL
60      STA X
61      LDA Q
62      CIL
63      STA Q
64  / Q >= Y ? goto LD1 : goto LD2
65      LDA Y
66      CLE
67      SZA
68      CME
69      CMA
70      INC
71      ADD Q
72      SZE
73      BUN LD1
74      BUN LD2
75  / Q -= Y, P++
76  LD1,
77      STA Q
78      LDA P
79      INC
80      STA P
81  / ++C == 0 ? HLT : goto LD0
82  LD2,
83      ISZ C
84      BUN LD0
85      BUN LD I
86  /AC = AC-1
87  DC,
88      HEX 0
89      CMA
90      INC
91      INC
92      CMA
93      INC
94      BUN DC I
```

```
95  / data
96  CINIT, DEC -16
97  TWO, DEC 2
98  RES, DEC 0
99  N, DEC 65535
100 M, DEC 0
101 X, DEC 0
102 Y, DEC 0
103 P, DEC 0
104 Q, DEC 0
105 C, DEC 0
106 END
```

総命令数:72

異なる入力に対する実行命令ステップ数

入力 (N)	ステップ数
2	27
64	61307
255	337101
65535	245377052

EX3 命令セットで改良すべき点

可変長のデータを保持する機能がないので、何か方法が欲しいと思った。スタックなどがあればよいが、簡単さを重視した命令セットでは難しいのかもしれない。

サンプルプログラム解析レポート (5)

0.1 test_calc1.asm

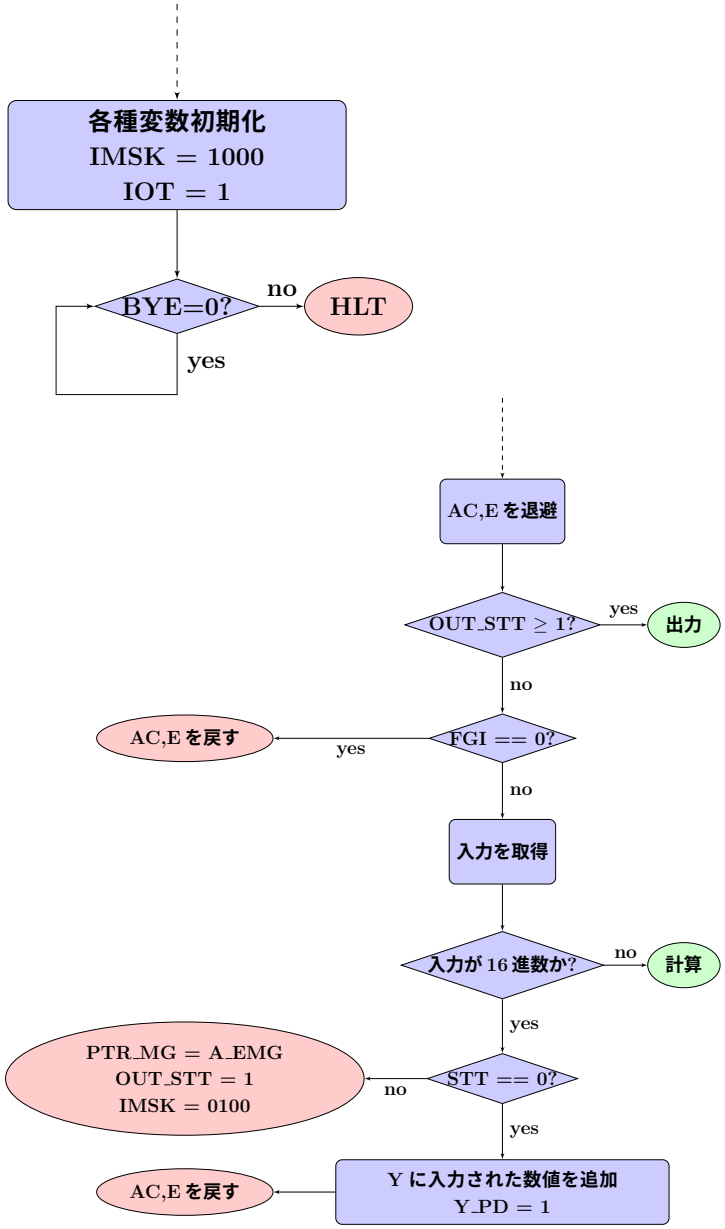
0.1.1 プログラムの概要

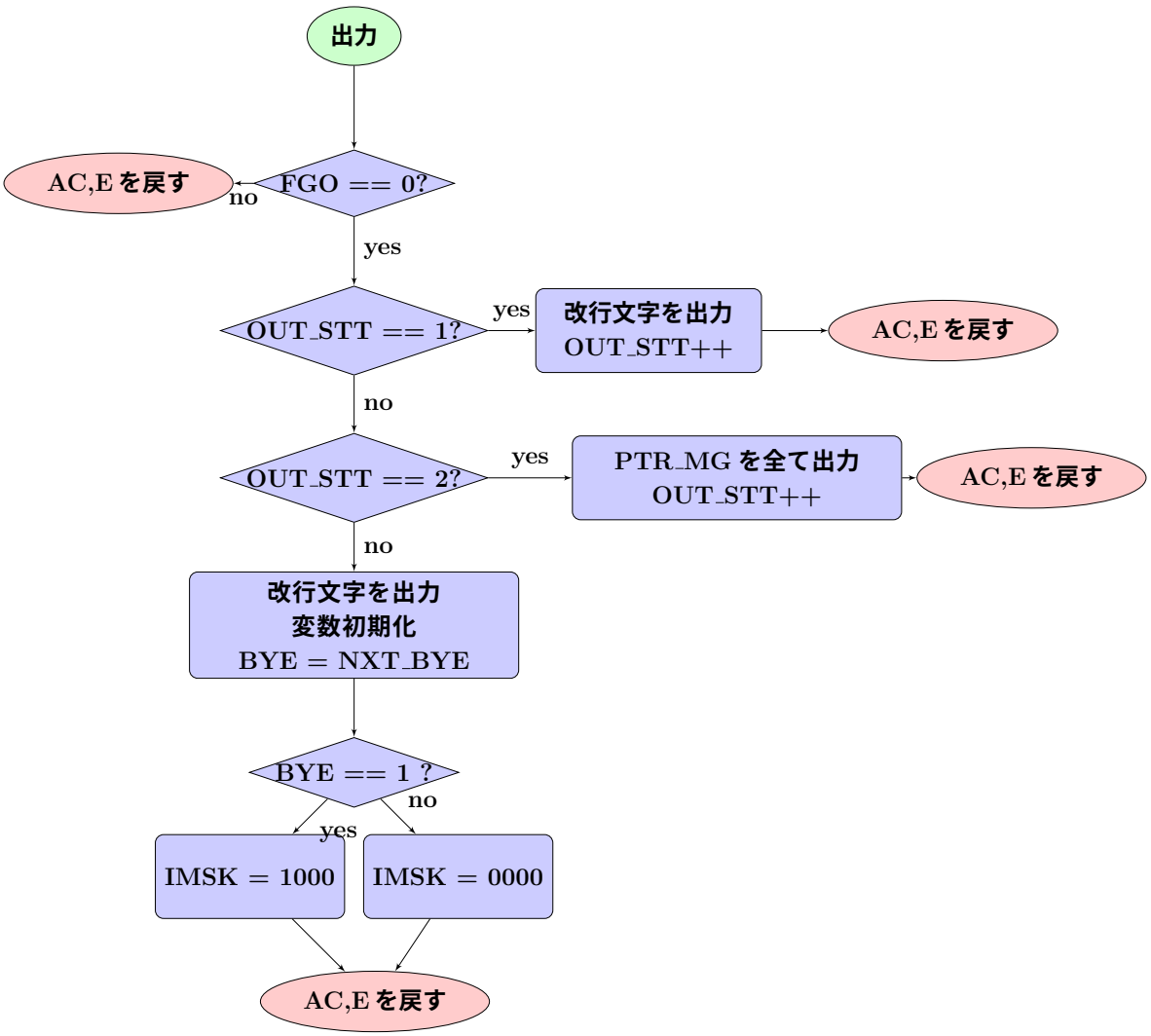
入力された数値の計算をさせるプログラムである。ユーザーは最大 4 桁の 16 進数表記の数値の足し算と引き算ができる。オーバーフローやアンダーフローは無視し、下位 16bit を答えとして出力する。入力する数値が 4 桁を超えたりするとエラー文を出力して終了する。

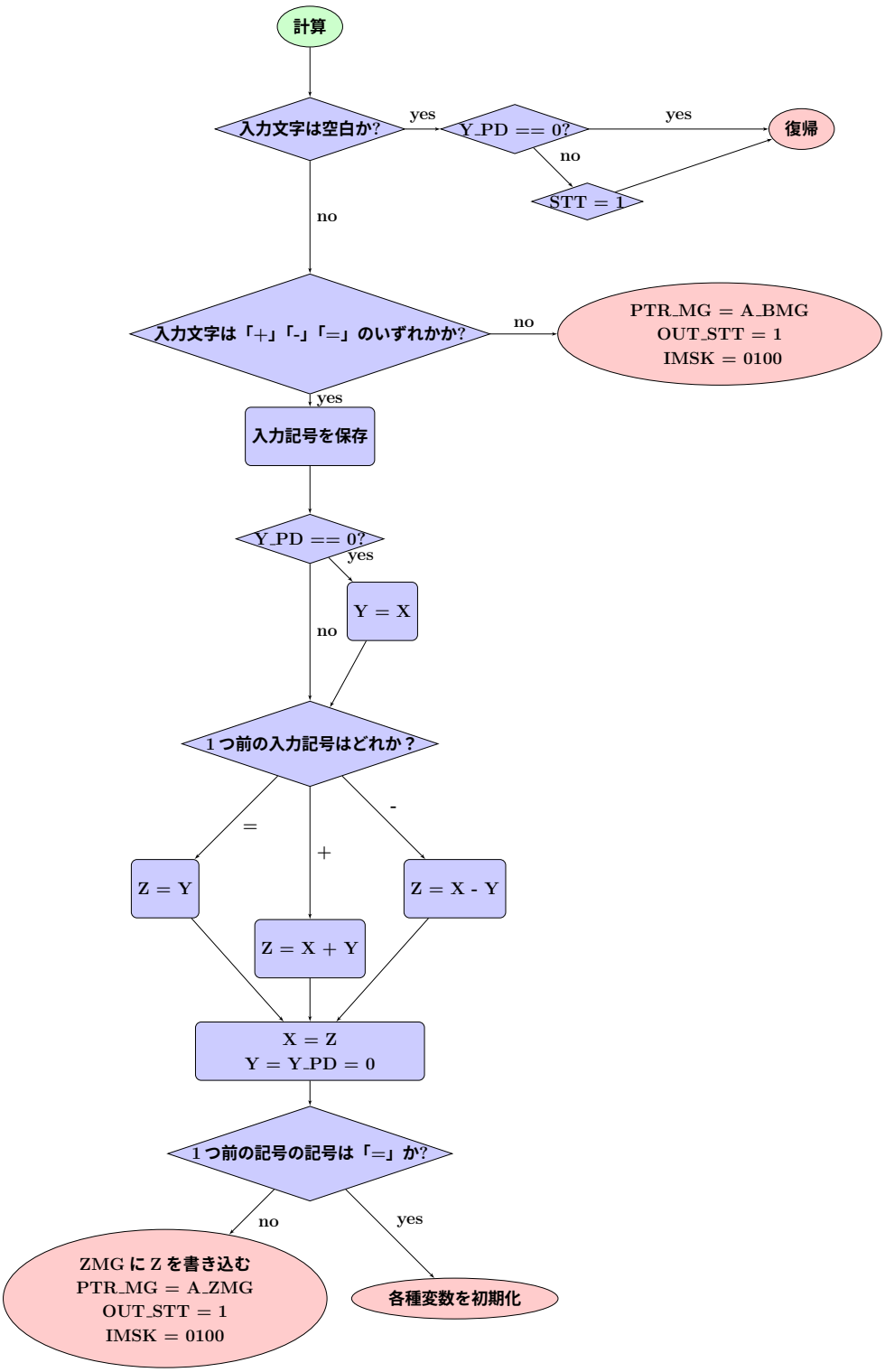
各サブルーチンの機能

サブルーチン名	機能の説明
INI	プログラム本体のエントリーポイント。各種変数の初期化をした後、入力可能状態で待機し、BYE が 1 になると停止する。
INI_ST	各種変数の初期化
ST0	割り込みハンドラのエントリーポイント
CHK_CH	AC と TMI が等しいかどうかを返す。
SET_MSG	PTR_MG に AC の指すアドレスを入れ、その指す文字列長を CNT に入れる。
READ_HX	TMI に入った文字が 16 進数として有効な文字なら HXI にその値を入れ、AC ≥ にする。無効なら AC<0 にする。このとき、文字が改行文字ならば=に置き換える。
CHK_DGT	引数として AC とその他に 2 つの定数をとり、AC がそれらの間に入っているかどうかを返す。
WRITE_Z	Z に入った数値を文字列として ZMG に入れる。

処理の流れ


各種変数初期化
IMSK = 1000
IOT = 1
BYE=0?
no
HLT
yes
AC,E を退避
OUT_STT ≥ 1?
yes
出力
no
AC,E を戻す
yes
FGI == 0?
no
入力を取得
入力が 16 進数か?
no
計算
yes
PTR_MG = A_EMG
OUT_STT = 1
IMSK = 0100
no
STT == 0?
yes
AC,E を戻す
Y に入力された数値を追加
Y_PD = 1


出力
FGO == 0?
no
AC,E を戻す
yes
OUT_STT == 1?
yes
改行文字を出力
OUT_STT++
AC,E を戻す
no
OUT_STT == 2?
yes
PTR_MG を全て出力
OUT_STT++
AC,E を戻す
no
改行文字を出力
変数初期化
BYE = NXT_BYE
BYE == 1 ?
yes
no
IMSK = 1000
IMSK = 0000
AC,E を戻す


計算
入力文字は空白か?
yes
Y_PD == 0?
yes
復帰
no
STT = 1
no
入力文字は「+」「-」「=」のいずれかか?
no
PTR_MG = A_BMG
OUT_STT = 1
IMSK = 0100
yes
入力記号を保存
Y_PD == 0?
yes
Y = X
no
1 つ前の入力記号はどれか？
=
+
-
Z = Y
Z = X + Y
Z = X - Y
X = Z
Y = Y_PD = 0
1 つ前の記号の記号は「=」か?
no
yes
ZMG に Z を書き込む
PTR_MG = A_ZMG
OUT_STT = 1
IMSK = 0100
各種変数を初期化