

情報 個別問題 (田中哲朗) 2022 年度 S セメスター試験

[科目名: 情報, 教員名: 田中哲朗, クラス名: 理科一類 10, 11, 12 組, 7 月 28 日 3 限 (13:25-14:55)]

[試験時間 (共通問題と合わせて): 90 分, 解答用紙: A4 版両面 2 枚 (冊子), 計算用紙 1 枚 (共通問題と合わせて)]

個別問題 1

Little Man Computer シミュレータ (LMC) の機械語の命令集合の一部を以下に示す.

LDA n : n 番地の内容をアキュムレータにコピーする

ADD n : n 番地の値をアキュムレータの値に加える

STA n : アキュムレータの値を n 番地に格納する

HLT : プログラムを終了する

SUB n : アキュムレータの値から n 番地の値を引く

BRA n : 無条件で n 番地にジャンプ

BRP n : アキュムレータの値が非負 (0 または正) のときに n 番地にジャンプ

BRZ n : アキュムレータの値がゼロのときに n 番地にジャンプ

OUT : アキュムレータの値をシミュレータの OUTPUT に出力する.

たとえば, 以下のプログラム (n は $(1 \leq n \leq 20)$ の数字に置き換える) を考える.

| | ラベル付き | アドレス付き |
|--------|-----------------|-----------|
| | LOOP LDA RESULT | 00 LDA 11 |
| | ADD i | 01 ADD 12 |
| | STA RESULT | 02 STA 11 |
| | LDA i | 03 LDA 12 |
| | SUB ONE | 04 SUB 13 |
| | STA i | 05 STA 12 |
| | BRZ POS | 06 BRZ 08 |
| | BRA LOOP | 07 BRA 00 |
| | POS LDA RESULT | 08 LDA 11 |
| | OUT | 09 OUT |
| | HLT | 10 HLT |
| RESULT | DAT 0 | 11 DAT 00 |
| i | DAT n | 12 DAT n |
| ONE | DAT 1 | 13 DAT 01 |

これは「1 から n までの和をシミュレータの OUTPUT に出力する」プログラムであり, その実行ステップ数は $8n + 2$ となる (最後の HLT 命令も実行ステップに数える).

同様に後ろにつけるプログラム (1) (x, y, z は $(1 \leq x \leq 50, 1 \leq y \leq 50, 1 \leq z \leq 50)$ の数字に置き換える) について以下の問いに答えなさい.

(a) 何をやるプログラムか?

(b) 実行ステップ数はいくつか?

また, プログラム (1) と同じ計算をおこなうプログラム (2) について, 以下の問いに答えなさい.

(c) プログラム (1) と同じ計算をおこなっていることの説明

(d) 実行ステップ数はいくつか?

さらに, 以下の問いにも答えなさい.

(e) プログラム (1),(2) と同じ計算をおこない, 実行ステップ数がプログラム (2) よりも小さいプログラムを作成しなさい (ラベル付き, アドレス付きのどちらかの形式を用いること).

プログラム (1)

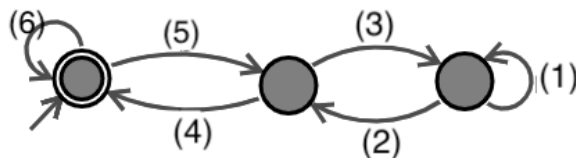
プログラム (2)

| | ラベル付き | アドレス付き | | ラベル付き | アドレス付き |
|------|----------|------------|-----|---------|------------|
| LOOP | LDA Y | 00 LDA 19 | | LDA Y | 00 LDA 16 |
| | SUB Z | 01 SUB 20 | | SUB Z | 01 SUB 17 |
| | BRP POS | 02 BRP 07 | | ADD X | 02 ADD 15 |
| | LDA Y | 03 LDA 19 | | STA T1 | 03 STA 18 |
| | ADD ONE | 04 ADD 21 | | LDA Z | 04 LDA 17 |
| | STA Y | 05 STA 19 | | SUB Y | 05 SUB 16 |
| | BRA UP | 06 BRA 11 | | ADD X | 06 ADD 15 |
| POS | BRZ END | 07 BRZ 15 | | STA T2 | 07 STA 19 |
| | LDA Y | 08 LDA 19 | | SUB T1 | 08 SUB 18 |
| | SUB ONE | 09 SUB 21 | | BRP POS | 09 BRP 12 |
| | STA Y | 10 STA 19 | | LDA T1 | 10 LDA 18 |
| UP | LDA X | 11 LDA 18 | | BRA END | 11 BRA 13 |
| | ADD ONE | 12 ADD 21 | POS | LDA T2 | 12 LDA 19 |
| | STA X | 13 STA 18 | END | OUT | 13 OUT |
| | BRA LOOP | 14 BRA 00 | | HLT | 14 HLT |
| END | LDA X | 15 LDA 18 | X | DAT x | 15 DAT x |
| | OUT | 16 OUT | Y | DAT y | 16 DAT y |
| | HLT | 17 HLT | Z | DAT z | 17 DAT z |
| X | DAT x | 18 DAT x | T1 | DAT 0 | 18 DAT 00 |
| Y | DAT y | 19 DAT y | T2 | DAT 0 | 19 DAT 00 |
| Z | DAT z | 20 DAT z | | | |
| ONE | DAT 1 | 21 DAT 01 | | | |

個別問題 2

(A) 2進数 (0 を a, 1 を b で表現) で上位の桁から与えていき (最上位に 0 が来る入力も扱う), 3 の倍数だと受理し (終了状態になり), 3 の倍数でない時は拒否する (非終了状態になる) オートマトンを作成した. 下図左のチェック表の (a)-(e) に「受理」または「拒否」のどちらが入るかを回答しなさい. また, 下図右の (1) - (6) の状態遷移の規則の文字の部分に a か b を入れると「3 の倍数だと受理するオートマトン」が完成するが, (1)-(6) のそれぞれに a, b のどちらが入るかを答えなさい.

| 入力 | 停止時の状態 |
|-------|--------|
| ab | 拒否 |
| ba | 拒否 |
| bb | 受理 |
| bba | 受理 |
| bbb | 拒否 |
| baaa | (a) |
| baab | (b) |
| bbaa | (c) |
| bbbab | (d) |
| baabb | (e) |



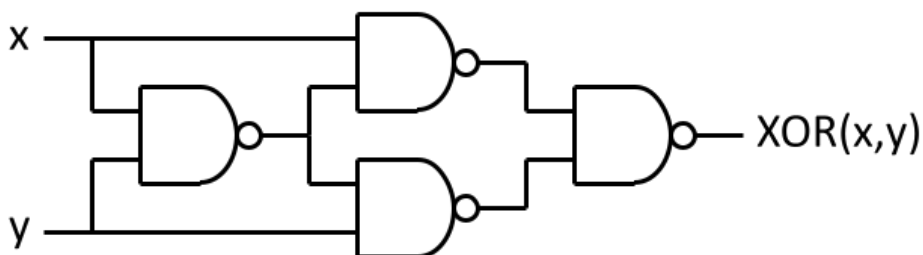
(B) 3進法 (0 を a, 1 を b で表現, 2 を c で表現) で上位の桁から与えていき, 4 の倍数だと受理するオートマトンを作るべく少ない状態数で実現し, 上図右と同じような図を書きなさい.

個別問題 3

x, y の排他的論理和 $XOR(x, y)$ (exclusive or, EOR, EXOR 等とも書かれる) の真理値表は以下のように書かれる.

| x | y | $XOR(x, y)$ |
|---|---|-------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

この関数のブール代数表現を主加法標準形 (積和標準形) で書くと, $\bar{x} \cdot y + x \cdot \bar{y}$ となる. また, $XOR(x, y)$ は 4 個の NAND を使って実現できるが, MIL 記法で書くと以下のようなになる.



これを踏まえて, 下の真理値表を持つ論理関数 $f(x, y, z)$ について以下の問いに答えなさい.

| x | y | z | $f(x, y, z)$ |
|---|---|---|--------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

(A) この論理関数 $f(x, y, z)$ のブール代数表現を主加法標準形 (積和標準形) で書きなさい.

(B) この論理関数 $f(x, y, z)$ を 4 個以下の NAND のみを使って MIL 記法で書きなさい.