Esolang Codegolf #6 Transceternal Writeup

@_hiromi_mi

(Version 2020.5.12.1)

おしながき

- 問題の復習
- Transceternal の説明
  - グラフの各ノードの意味
  - 入出力と deserialize, serialize
  - コマンドの意味
  - 解答するための部材
- 解答の説明
- 今後 (Golf の方針)

問題の復習

- https://esolang.hakatashi.com/contests/6/rule より
  - 空白1文字で区切られた2つ組の3桁の数値が、32組、改行区切りで与えられる。
  - 7文字の入力のうち、空白で表された場所に、ワクチン1〜ワクチン9のいずれかを投与する。
  - ワクチン投与によって消滅させられるウイルスの数を最大化するようなワクチンの種類を、対応する1〜9の数字で答えよ。

例

- 123 456 -> (任意)
  - どのワクチン投与しても効果なし (3つ並ばない)
- 122 456 -> 2
  - 2 を投与すると 1222456 と3つ並び
- 125 567 -> 5
- 注: 222 457
  - 3つ既に連続するものはデータセットに含まれていない

ロジックの基本方針

- b[2] == b[3] なら b[2] それ以外は b[5]
  - b は1行を表す文字列
- l[4] = l[5] なら l[4] or l[5] それ以外は b[2]
- X=abc(数値) Y=def (数値)、X%100%11==0 なら X%10 そうでなければ Y/100

(以上, 赤チーム内共有文章ロジックリストより)

おしながき

- 問題の復習
- Transceternal の説明
  - グラフの各ノードの意味
  - 入出力と deserialize, serialize
  - コマンドの意味
  - 解答するための部材
- 解答の説明
- 今後 (Golf の方針)

Transceternal

- グラフ構造に全ての状態が埋められた esolang
- 作者による解説: https://esolangs.org/wiki/Transceternal
- 処理系: https://github.com/Hakerh400/esolangs/
  - $ node index transceternal program.txt input.txt output.txt
  - ソースコード: src/langs/transceternal/index.js

例: cat (入力をそのまま返す)

- いろいろな表現ができる
  - catacat (公式サイトの例)
  - ＢＣＤＤＤＥＥＥＤ (筆者作)
  - 123334443 (筆者作)

グラフ構造

- (実行時) root を頂点とした有向グラフ
- 全ての節点は2つの枝をもち, それぞれ 0-pointer, 1-pointer とよばれる
- 二分木に似ているが、木ではなく各pointer は自分自身に戻る, 他ノードへ結びつくなど自由に動く. 二分「木」ではない

グラフ構造: 特別なノード

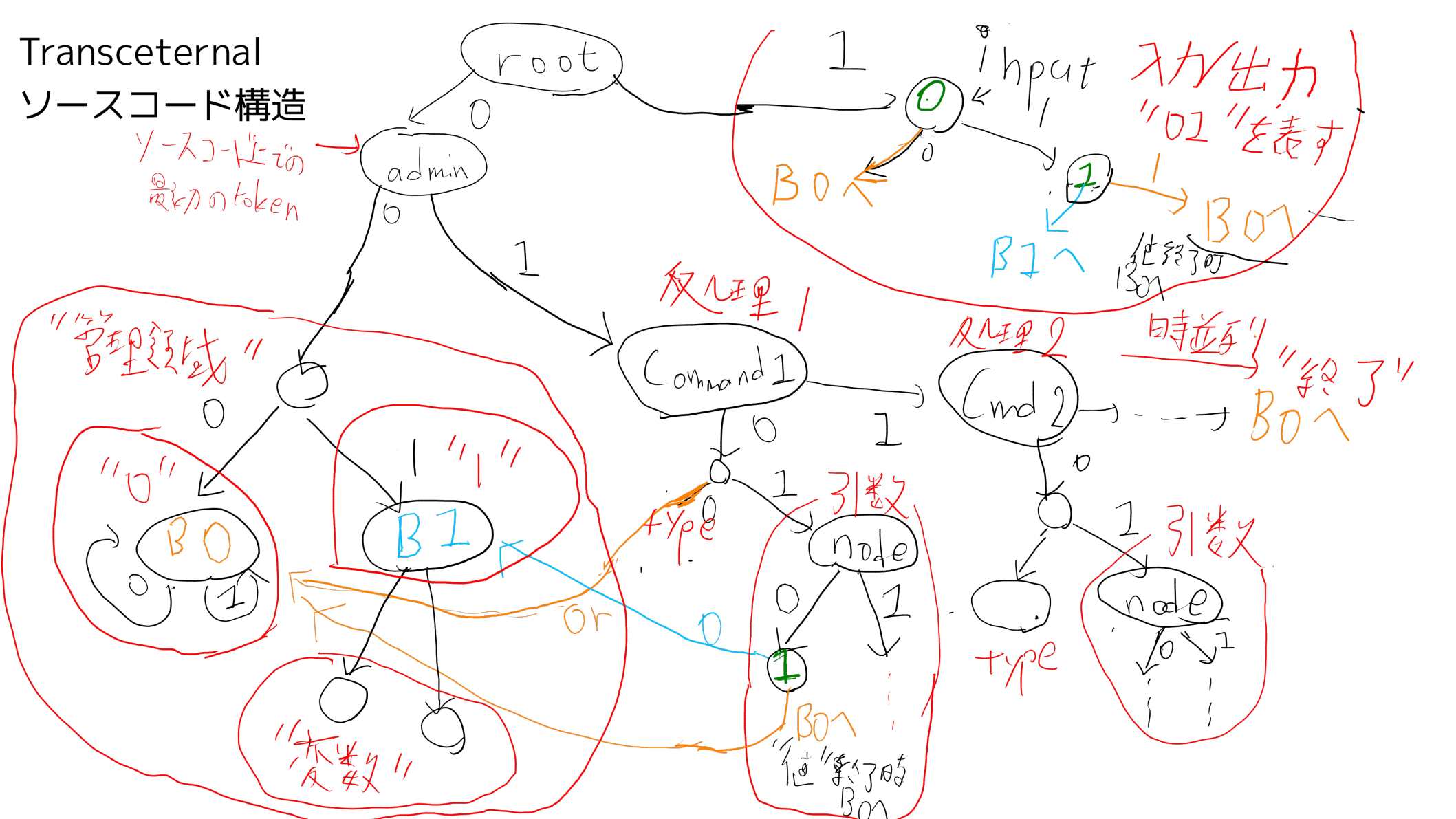
- input: 入力データをグラフ構造にしたものの最初の節点
- admin: ソースコード中での最初のノード.
  - (0-pointer, 1-pointer) = (管理領域の一番上, 次の状態)
- root: 一番上にあるノード. インタプリタが生成.
  - (0-pointer, 1-pointer) = (admin, input) となる

グラフ構造: 特別なノード

- B0 : 絶対アドレス 000 にあるノード
  - 以下のようなものでの判定基準となる
  - 入力をDeserialize したときに `0` に対応する節点
  - Serialize するときに 0-pointer がB0 だと `0` に対応する
  - 終了判定は絶対アドレス 01 が B0 と一致するかで判定
- B1: 絶対アドレス 001 にあるノード
  - 入力が Deserialize されたときに `1` に対応する節点

グラフ構造

- 次のスライドに全体の構造を示します
- 大体の構造を把握してもらえたらと思います
  - その先の細かな構造は後ほど説明します


Transceternal
ソースコード構造
root
admin
ソースコード上での最初のtoken
0
1
input
入力出力
"01"を表す
B0へ
B1へ
B0へ
終了時B0へ
"管理領域"
"0"
"1"
B0
B1
"変数"
or
処理1
Command1
type
引数
node
処理2
Cmd2
時並行
"終了"
B0へ
"値"終了時B0へ
type
引数
node

実行の流れ

- ソースコードを token に分割する
- 分割した token をグラフ構造になおす (Initial Memory Consumption)
- 入力を deserialize してグラフ構造になおす
- 新root ノードを作成し, `0` にソースコード, `1` に入力を接続する
- 実行 (main loop). グラフノード内を以下に述べる規則で移動する
- Command が B0 になれば main loop 脱出, それまでは繰りかえし実行する
- `1` 以下を serialize して結果を生成する
- 標準出力に生成した結果を出力して終了

“token”

- ソースコードをグラフの形に直す際に使う単位
  - グラフのノードの“名前” とでも考えるとよい
- 1文字ならスペース省略可能
  - catacat は “c” “a” “t” “a” “c” “a” “t”
- 2文字以上なら (本問は節点数が多いのでこちら)
  - hoge fuga は “hoge” “fuga”

Initial Memory Consumption

- ソースコードをグラフ構造に直す方法
- スタックを埋めていく
  - Token名: 0-pointer の節点 1-pointerの節点
- 初期状態は 最初のToken: _ _ ではじまる
- 各Token ごとに、スタックが埋まるまで以下の処理を繰りかえす

Initial Memory Consumption

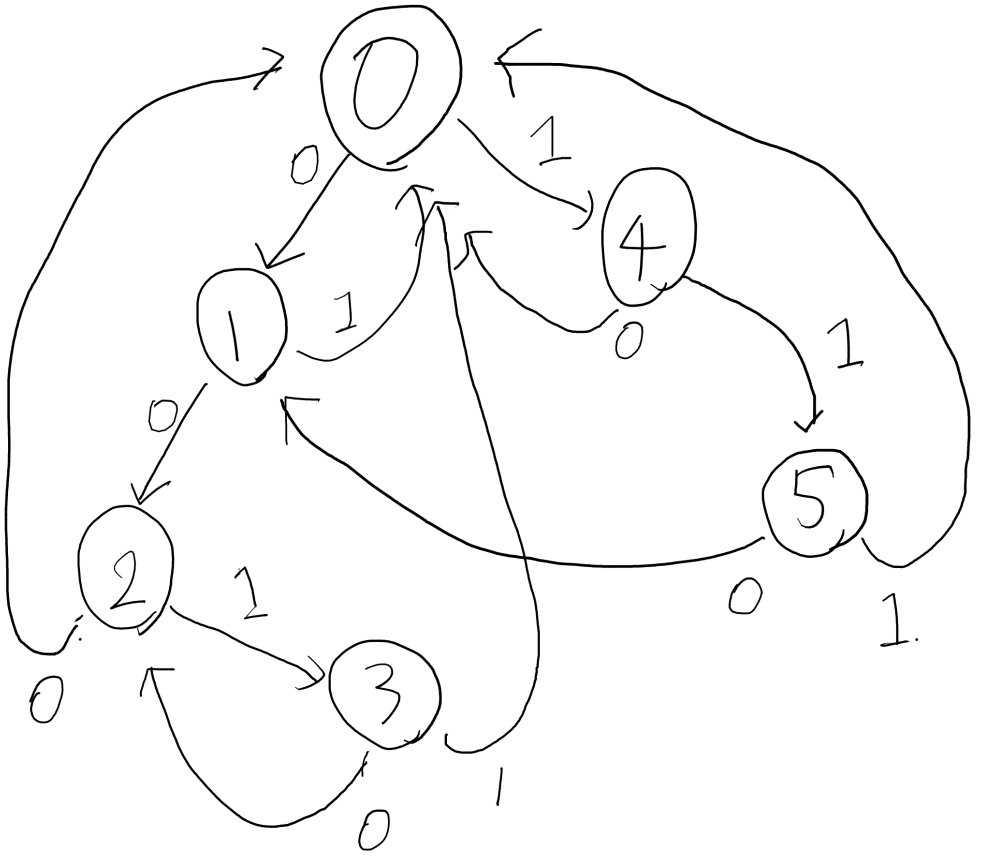
- スタック左側 (0-pointer) を優先し、深さ優先探索にて最初に見つけた場所に埋めていく
- 未知の節点は 0-pointer に加えると同時にスタックを一段下に伸ばす
- 0-pointer, 1-pointer が埋まれば“stackから削除する”
  - 実装上はそうなるが、(作者解説を含め) 以下の説明では残してある

Initial Memory Consumption 例

012032004051025

Step1 (0)
0: _ _

出典: 公式サイトの例



Initial Memory Consumption 例

012032004051025

Step1 (0)
0: _ _

01203...

Step2 (1)
0: 1 _
1: _ _

01203...

Step3 (2)
0: 1 _
1: 2 _
2: _ _

Initial Memory Consumption 例

- 012032004051025

Step1 (0)
0: _ _

Step2 (1)
0: 1 _
1: _ _

Step3 (2)
0: 1 _
1: 2 _
2: _ _

Step4 (0)
0: 1 _
1: 2 _
2: 0 _

Step5 (3)
0: 1 _
1: 2 _
2: 0 3
3: _ _

Step6 (2)
0: 1 _
1: 2 _
2: 0 3
3: 2 _

Step7 (0)
0: 1 _
1: 2 _
2: 0 3
3: 2 0

Step8 (0)
0: 1 _
1: 2 0
2: 0 3
3: 2 0

Step9 (4)
0: 1 4
1: 2 0
2: 0 3
3: 2 0
4: _ _

Initial Memory Consumption 例

- 012032004051025

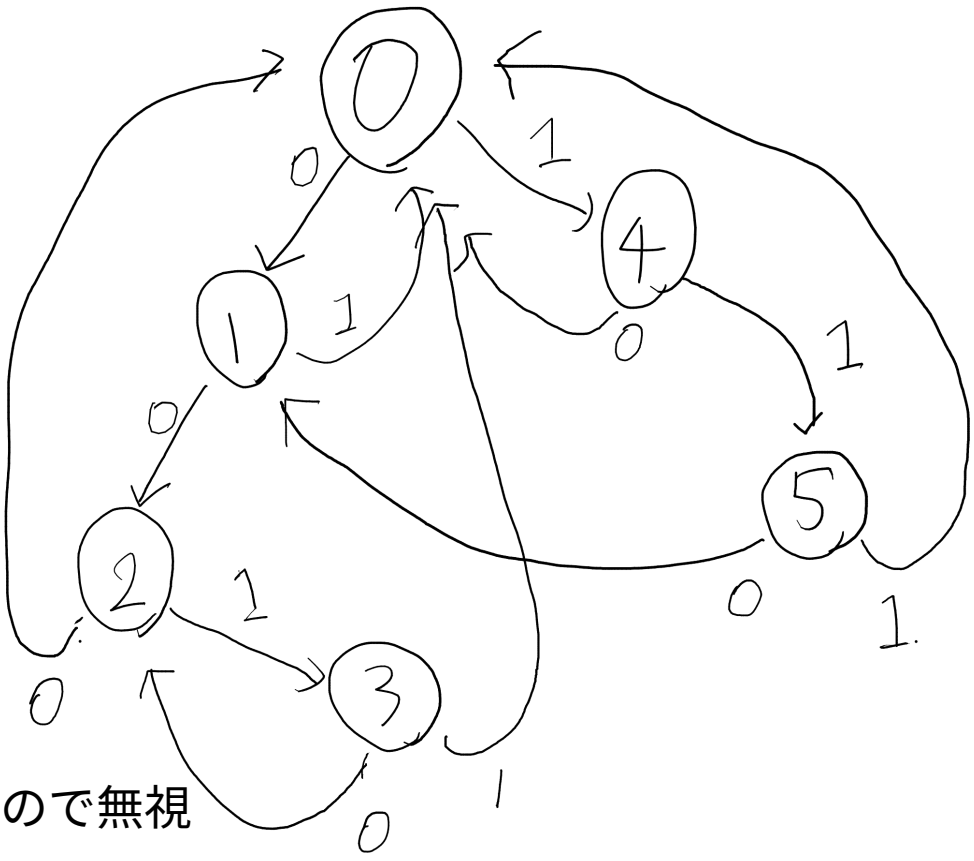
Step9 (4)	Step10 (0)	Step11 (5)	Step12 (1)	Step13 (0)
0: 1 4	0: 1 4	0: 1 4	0: 1 4	0: 1 4
1: 2 0	1: 2 0	1: 2 0	1: 2 0	1: 2 0
2: 0 3	2: 0 3	2: 0 3	2: 0 3	2: 0 3
3: 2 0	3: 2 0	3: 2 0	3: 2 0	3: 2 0
4: _ _	4: 0 _	4: 0 5	4: 0 5	4: 0 5
		5: _ _	5: 1 _	5: 1 0

2,5 は残るが埋まっており、かつ既存ノードなので無視

Initial Memory Consumption 例

- 012032004051025

Step13 (0)
0: 1 4
1: 2 0
2: 0 3
3: 2 0
4: 0 5
5: 1 0



2,5 は残るが埋まっており、かつ既存ノードなので無視

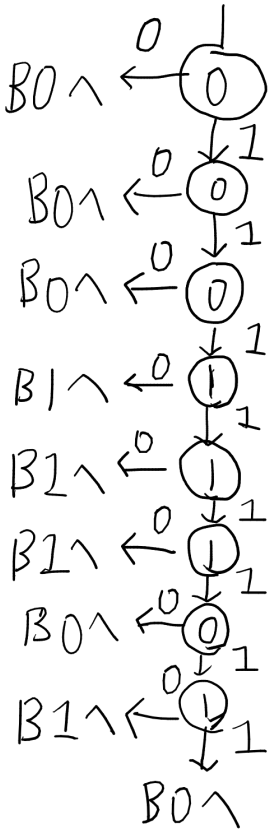
Deserialize

- 入力データをグラフ構造に書き換えたい
- 入力を 0,1 のビット列にしたものをグラフ構造に置き換える手法
  - 一方向リンクリスト構造の変形版のようなかたち
- “parsed memory” などの言葉でも表わされる

Deserialize

- 入力を1ビットごとに並べる
  - 下位ビットが先: 00000001 ではなく 10000000
- そして上から一つ一つを節点に変換
  - 0 なら 0-pointer を B0 に
  - 1 なら 0-pointer を B1 に
  - 1-pointer は次のビットを表わす節点
- 入力の終点は B0 に繋ぐ

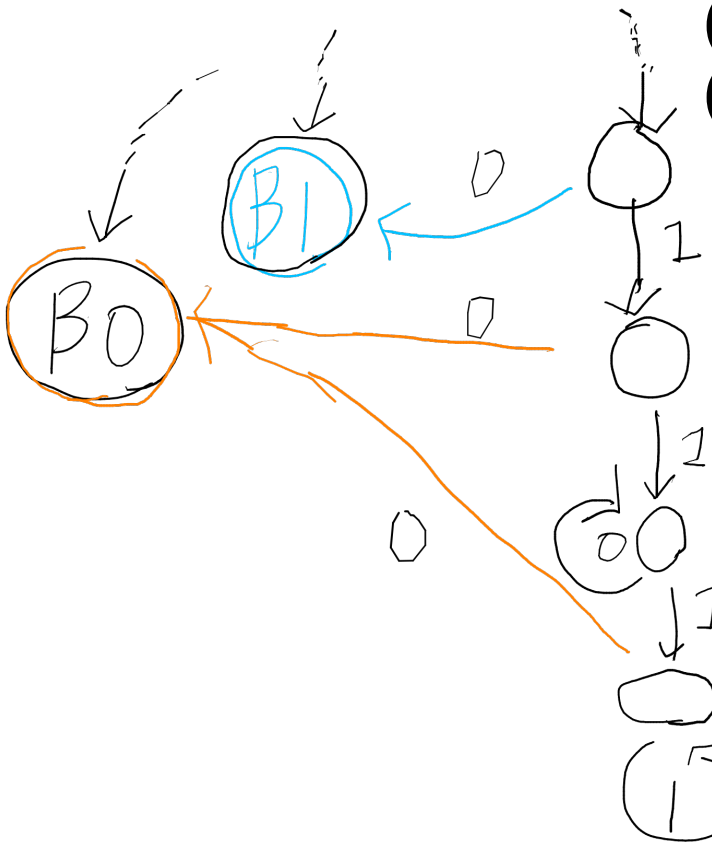
10111000 の Deserialize
下位bit から並べられるので
00011101 の順序になる



Serialize

- 出力生成時、および後述のCommand の引数処理時に行なわれる
- グラフ構造で表されたものを 0,1 のビット列に変換
  - 起点から1-pointer をたどっていきながら各ノードについて判定. B0 にたどりつく or 同じノードを2度たどると終了.
  - 各ノードについて 0-pointer がB0 -> “0”
  - 各ノードについて 0-pointer がB1 -> “1”

例: 出力時のserialize



(0000)0101 = 0x05 を出力する例
(ビット上位下位の逆転に留意)

絶対アドレスと相対アドレスと値

- (この言葉は作者は使っていません; 筆者の命名です)
- 絶対アドレス: root ノードから 0, 1とたどっていったときのそのノードの位置関係
  - 例: B0 ノードは `000`, B1 は `001`
- 相対アドレス: その位置からたどっていったときのそのノードの位置関係
- 値: そのノードからserialize したときにとるビット列
  - 例: 入力の値は 000101
- どれも `01010..` と表わされるので混乱しないよう注意

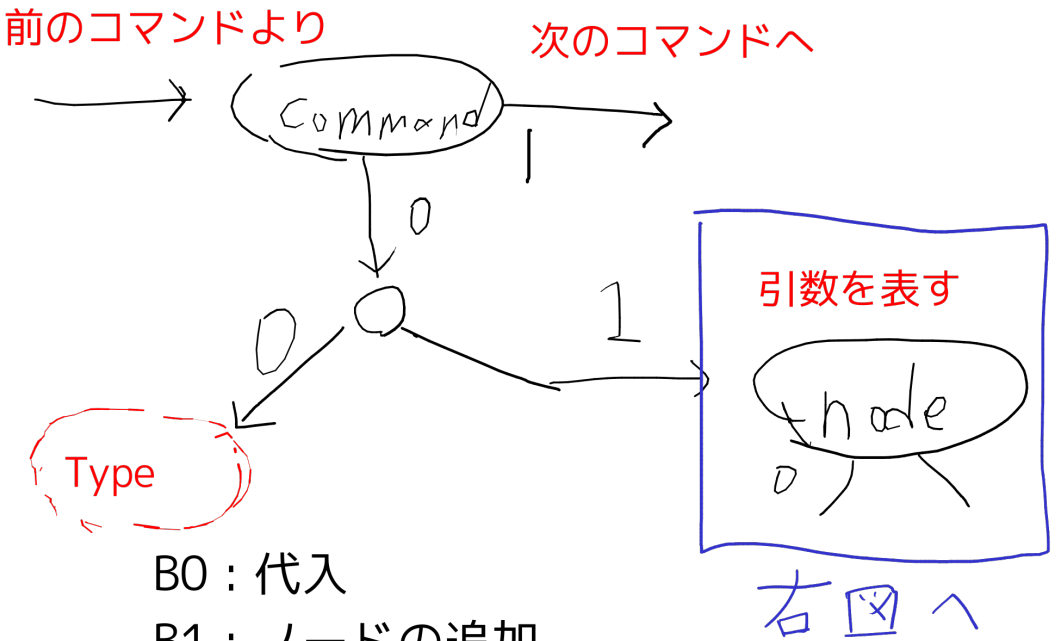
Command

- Commandは3つ
  - Case 1: ノードの代入
  - Case 2: ノードの追加
  - Case 3: 条件分岐
- (それぞれの Case は本家では命名されていない)

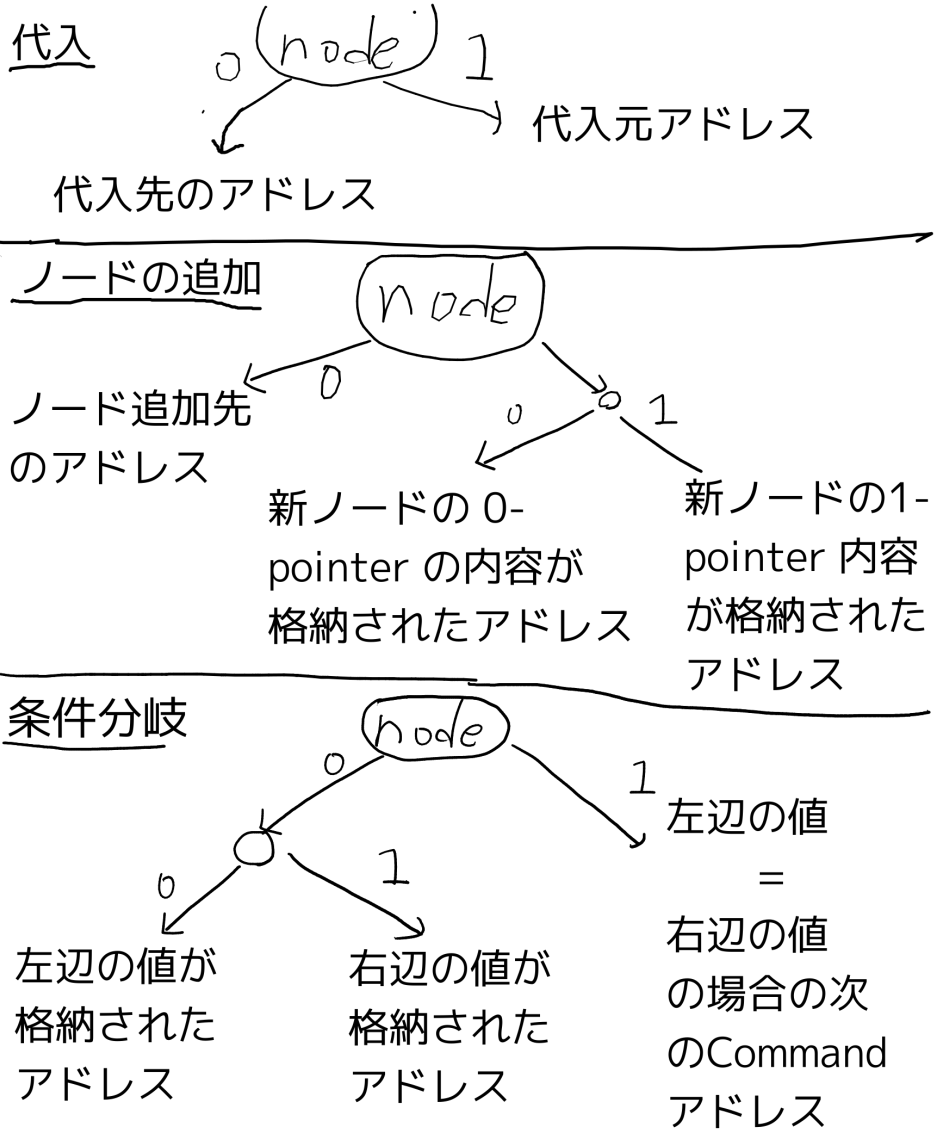
Command の構造

- Command の一番上のノードを”相対アドレス” の基準とする
  - 0-pointer に種別や引数などのノードが連なる
  - 1-pointer に次のCommand が繋がる
- 作者は相対アドレス00 を type, 01 を node と(実装内で) 命名
- 相対アドレス00: type (Command の種類)
- 相対アドレス 01: 引数は node の中に入れる
- 次の処理は相対アドレス1に (Condition のThen を除く)

Transceternal
コマンドのグラフ構造



B0：代入
B1：ノードの追加
それ以外：条件分岐



Case 1: Assign (Set) ノードの代入

- type: 相対アドレス00 を B0 に
- 引数
  - 相対アドレス010 で指定された値のアドレスに
  - 相対アドレス011 で指定された値をアドレスのノードを代入

Case 2: Allocate ノードの追加

- type: 相対アドレス00 を 001 (B1)
- 引数は3つ
  - 01010 の値をノード配置先のアドレスに
  - 010110 の値を 0-pointer に
  - 010111 の値を1-pointer に
  - それぞれを0-pointer, 1-pointerにもつノードを作成し01010 のアドレスに代入
- 今回の回答では未使用

Case 3: Condition 条件分岐

- type: 相対アドレス00 は B0 か B1 以外
- 引数は3つ
  - 相対アドレス0100 : 比較対象の左辺
  - 相対アドレス 0101: 比較対象の右辺
  - 相対アドレス 011 : 真な場合のジャンプ先
- 相対アドレス0100 と相対アドレス0101 の値をアドレスにしたときのノードが同一のノードかどうかを比較
  - then : 相対アドレス011 を 01 に代入
  - else : 絶対アドレス011 を 01 に代入 (他のCommandと同じ)

注意: 次のCommandの指定先

- “root” “admin” ではない
  - 最初忘れていた
- 次の状態となるのは「Command の一番上のノード」
  - 絶対アドレス01の内容がroot にもしあると無限ループに陥る.

実例で流れを追う

- cat を例にして説明します
- プログラム
  - catacat
- 入力
  - d (0x64 = 0b01100100)
- 出力
  - d (0x64 = 0b01100100)

実行の流れ :cat編

- ソースコードを token に分割
- ソースコードをグラフ構造に落とす (Initial Memory Consumption)
- 入力を deserialize してグラフ構造に
- 新root ノードを作成し, `0` にソースコード, `1` に入力接続
- 実行 (main loop). グラフノード内をグラフノードを操作しながら移動
  - cat ではここは0回で終了
- Command が B0 になれば main loop 脱出
  - cat ではいきなり B0 になる
- `1` 以下を serialize して出力内容を生成

ソースコードをtoken に分割: cat編

- catacat は1文字づつToken に
- “c” “a” “t” “a” “c” “a” “t”

Initial Memory Consumption: cat編

- “c” “a” “t” “a” “c” “a” “t” をもとに Initial Memory Consumption を行ないグラフ構造に

Step1: (c)
c: _ _

Step2: (a)
c: a _
a: _ _

Step3: (t)
c: a _
a: t _
t : _ _

Step4: (a)
c: a _
a: t _
t : a _

Step5: (c)
c: a _
a: t _
t : a c

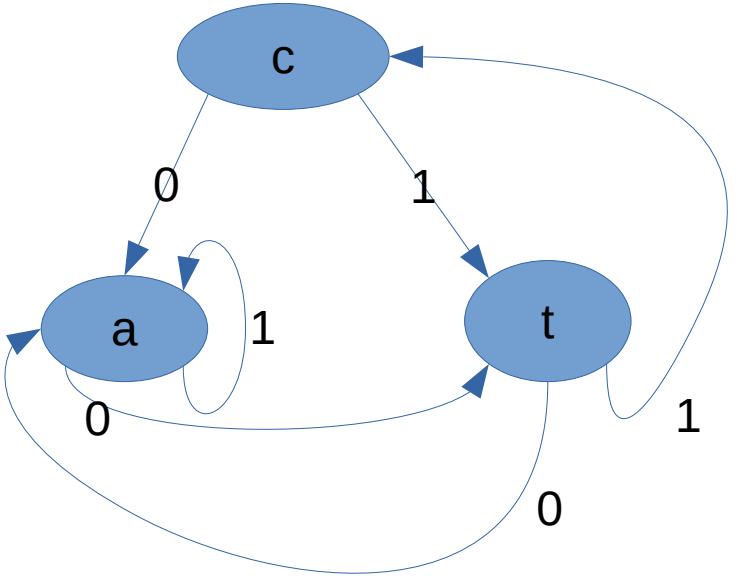
Step6: (a)
c: a _
a: t a
t : a c

Step7: (t)
c: a t
a: t a
t : a c

Initial Memory Consumption: cat編

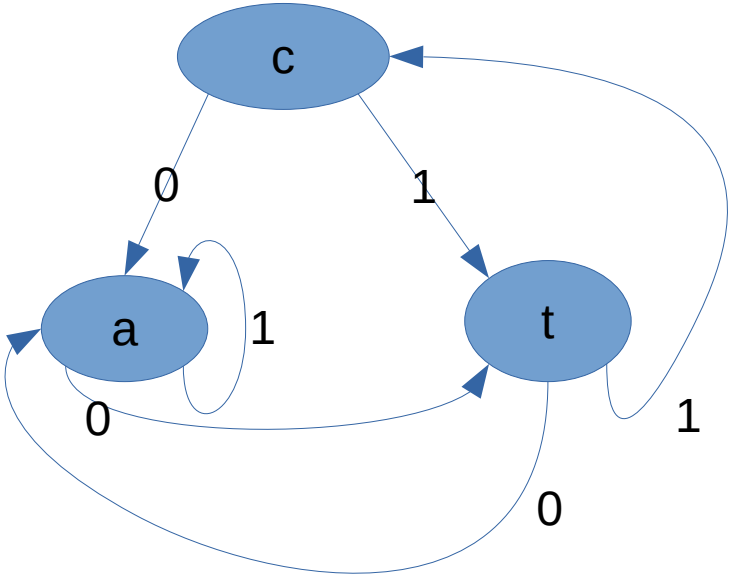
- “c” “a” “t” “a” “c” “a” “t” をもとに Initial Memory Consumption を行ないグラフ構造に

Step7: (t)
c: a t
a: t a
t : a c



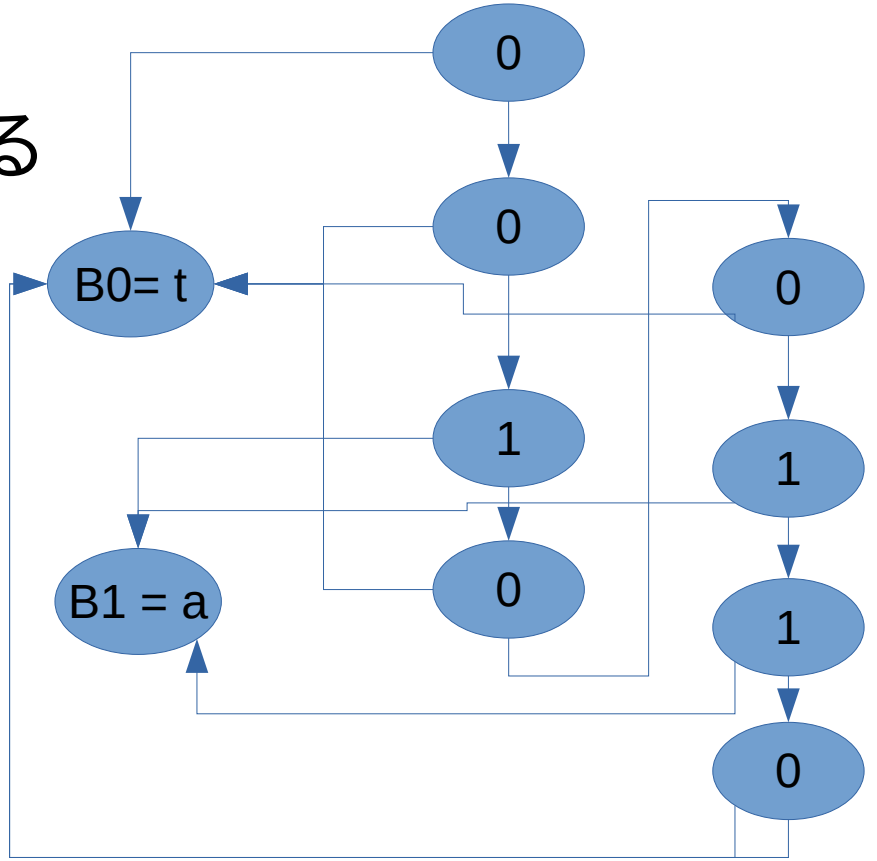
特別なノード: cat編

- root
  - c
- admin
  - c -> a とたどれるので a
- B0
  - c -> a -> t とたどれるので t
- B1
  - c -> a -> a とたどれるので a



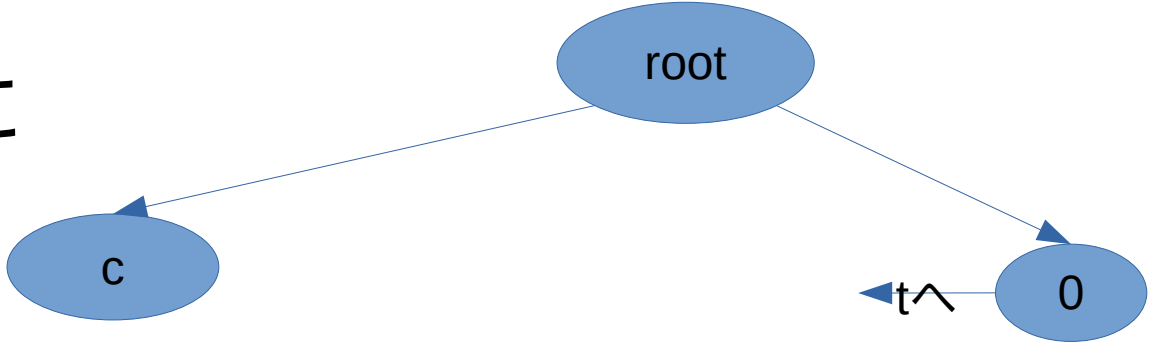
引数の Deserialize: cat編

- 入力: ‘a’ = 0b01100100 は 00100110 として読み込まれる
  - ‘0’ は 0-pointer をB0 に
  - ‘1’ は 0-pointer をB1 に
  - 1-pointer は次の文字に

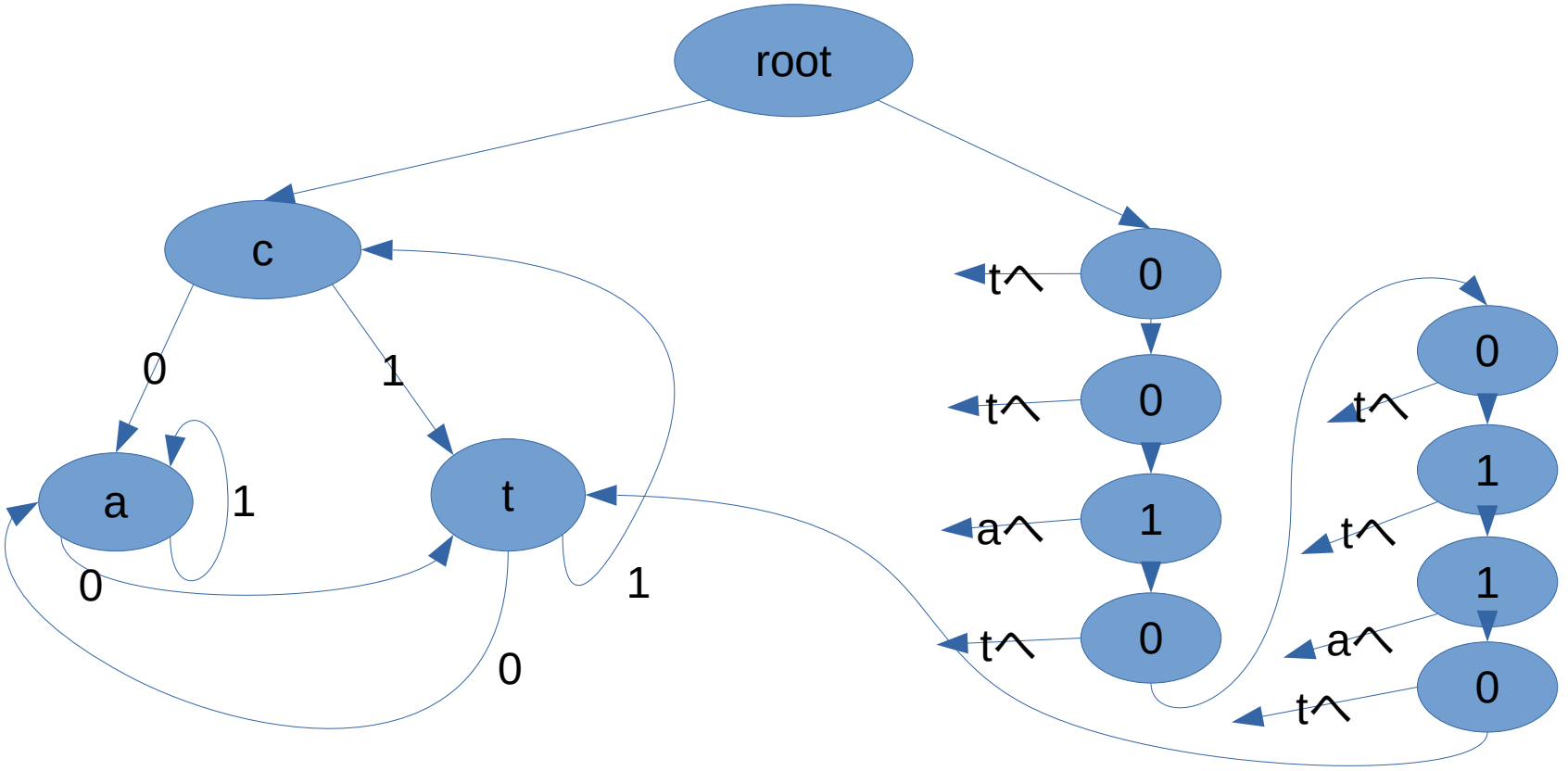


新しいrootノードを構築

- 新しいrootノードが構築され
- Initial Memory Consumption で作られたものを 0-pointer に
- 入力を 1-pointerに

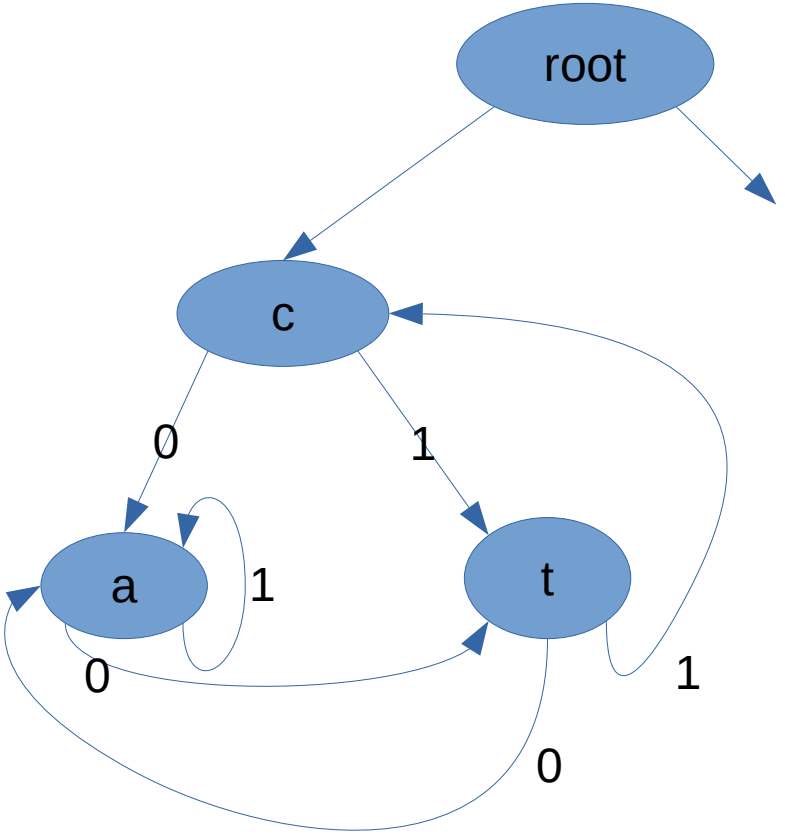


新しいrootノードを構築



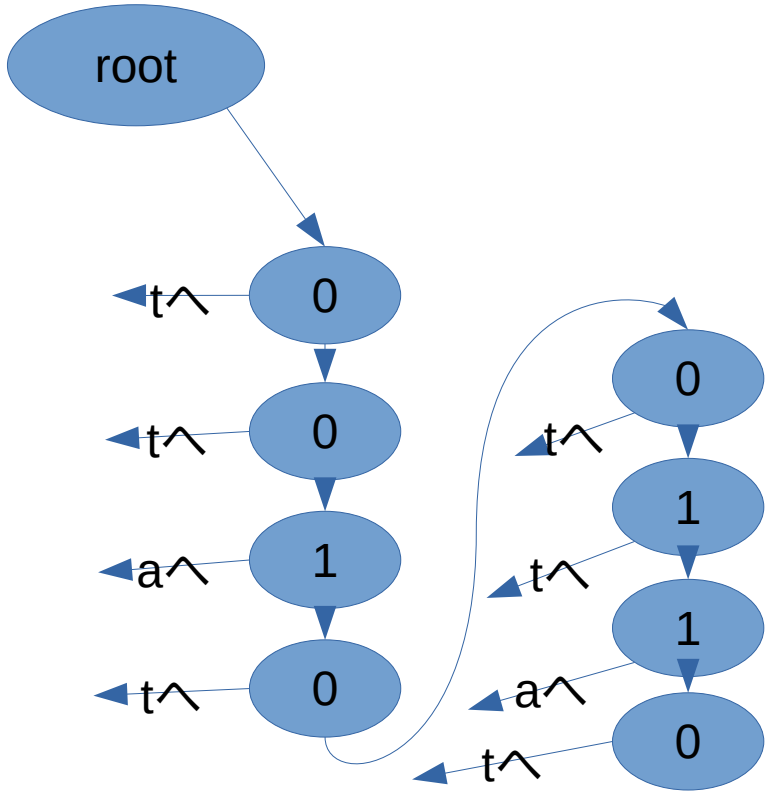
実行

- 終了条件の判定
  - 000 の節点 が 01の節点と一致するか
  - 000 は root -> c -> a -> t
  - 01 は root -> c -> t
  - 一致
- 一致しなければ 01 のCommand 実行



出力内容のSerialize

- 絶対アドレス1 を起点にSerialize していく
- 0-pointer が B0 = t -> 0
- 1-pointer が B0 以外->1
- “01000110” を上位ビットから並びかえ “0x64 = d” が出力されて終了
- 以上により “cat” が実現できた



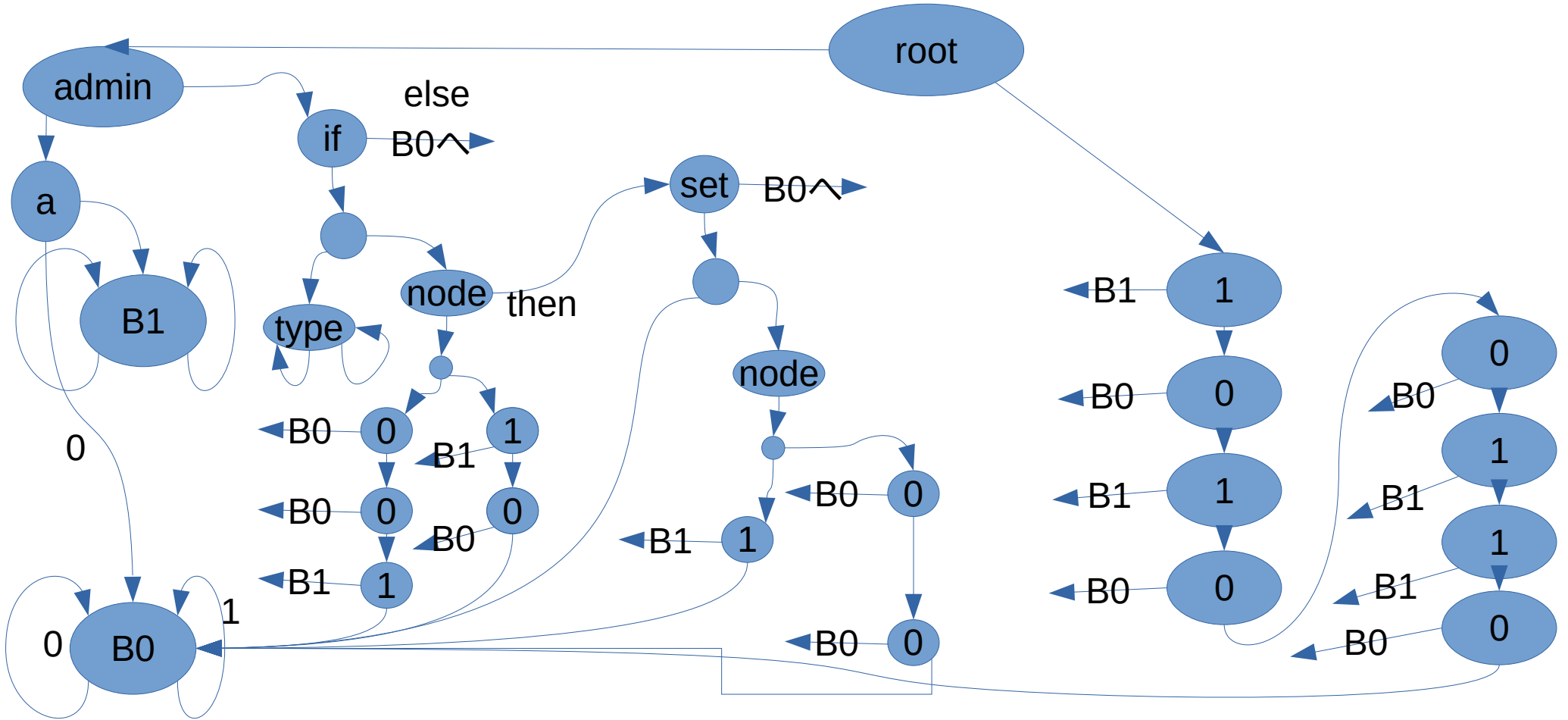
Q&A

- B0 (000) と B1 (001) の節点はどこ？
  - B0, B1 は他と共通で独立していなくてもよい
  - a は 絶対アドレス00 と B1 の節点を兼ねている
  - t は B0 でもあり最初に実行されるCommand (終了条件) を示す
  - Transceternal の構造を示した図などでは別々にしている
  - cat の例にならうとソースコードをより小さくできるかも？

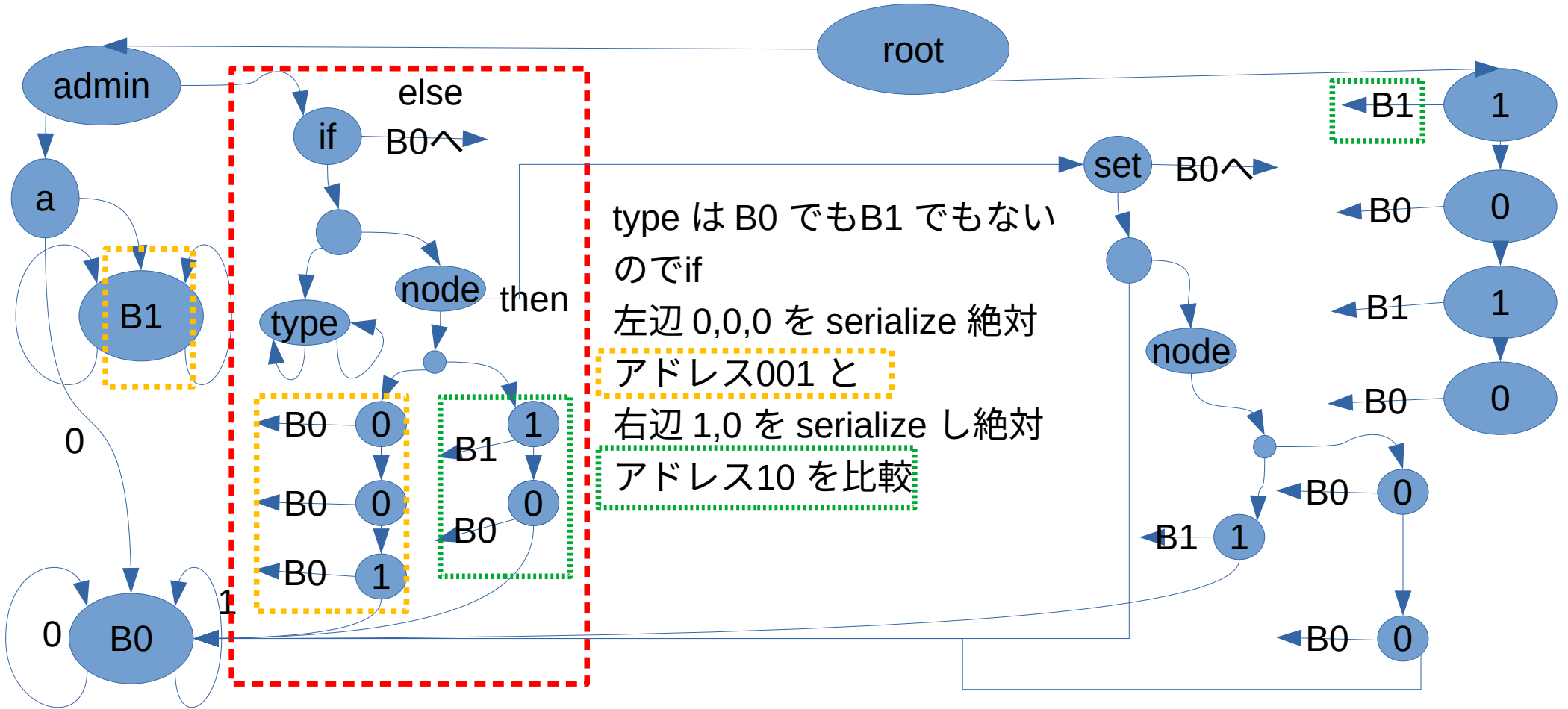
実例2

- 入力の8ビット目が1なら00000010 を, それ以外なら入力そのままの内容を出力します
- 全過程を説明すると長すぎるため構築過程を飛ばしてグラフを示します
  - Commandの使い方
  - 遷移の方法
- 入力
  - 01100101 (8ビット目は1)

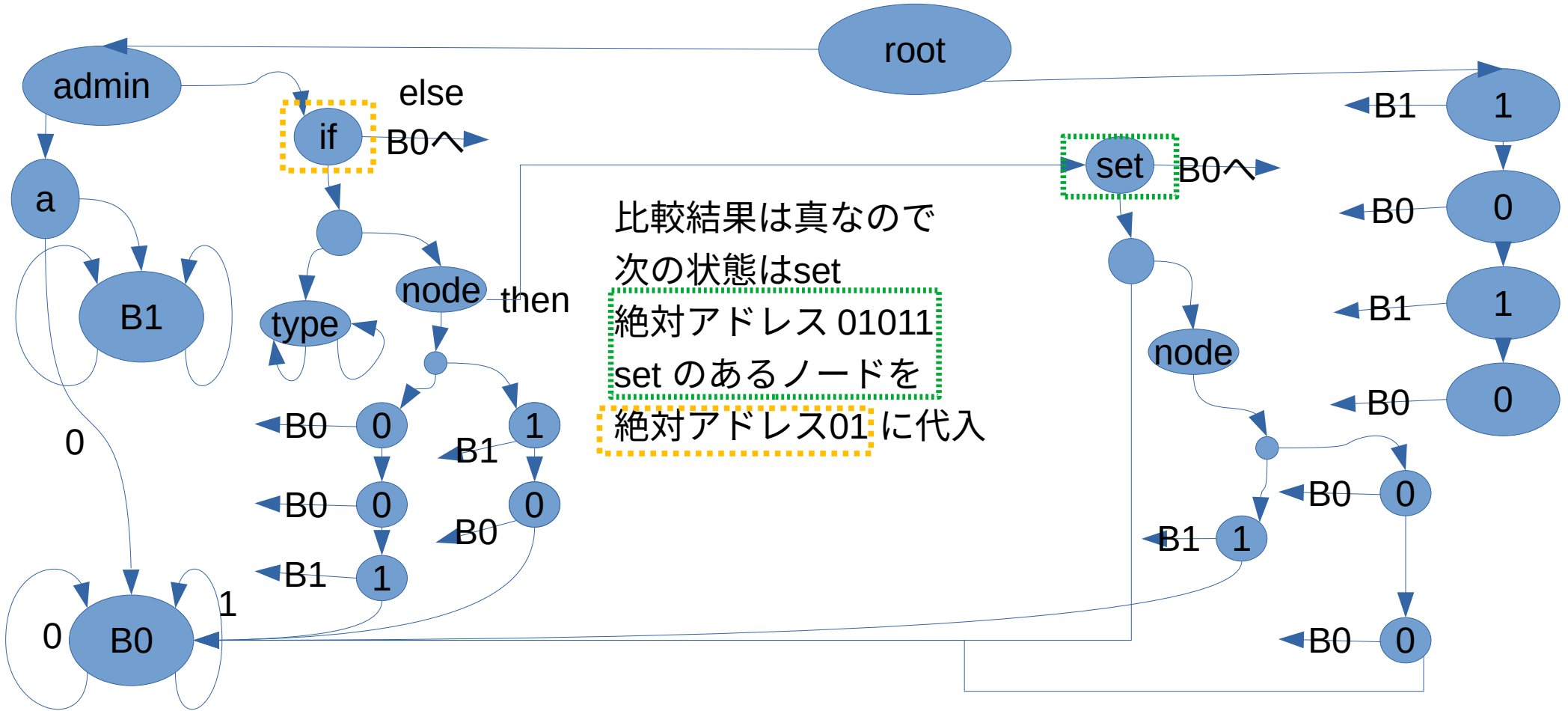
実例2


root
admin
else
if
B0へ
a
B1
0
type
node
then
set
B0へ
node
B0
0
1
B1
B0
0
0
B1
1
B0
0
B1
1
B0
0
B0
0
B1
1
B0
0
B0
0
1
B1
1
B0
0
B0
0
1
B1
1
B0
0
B0
0
1

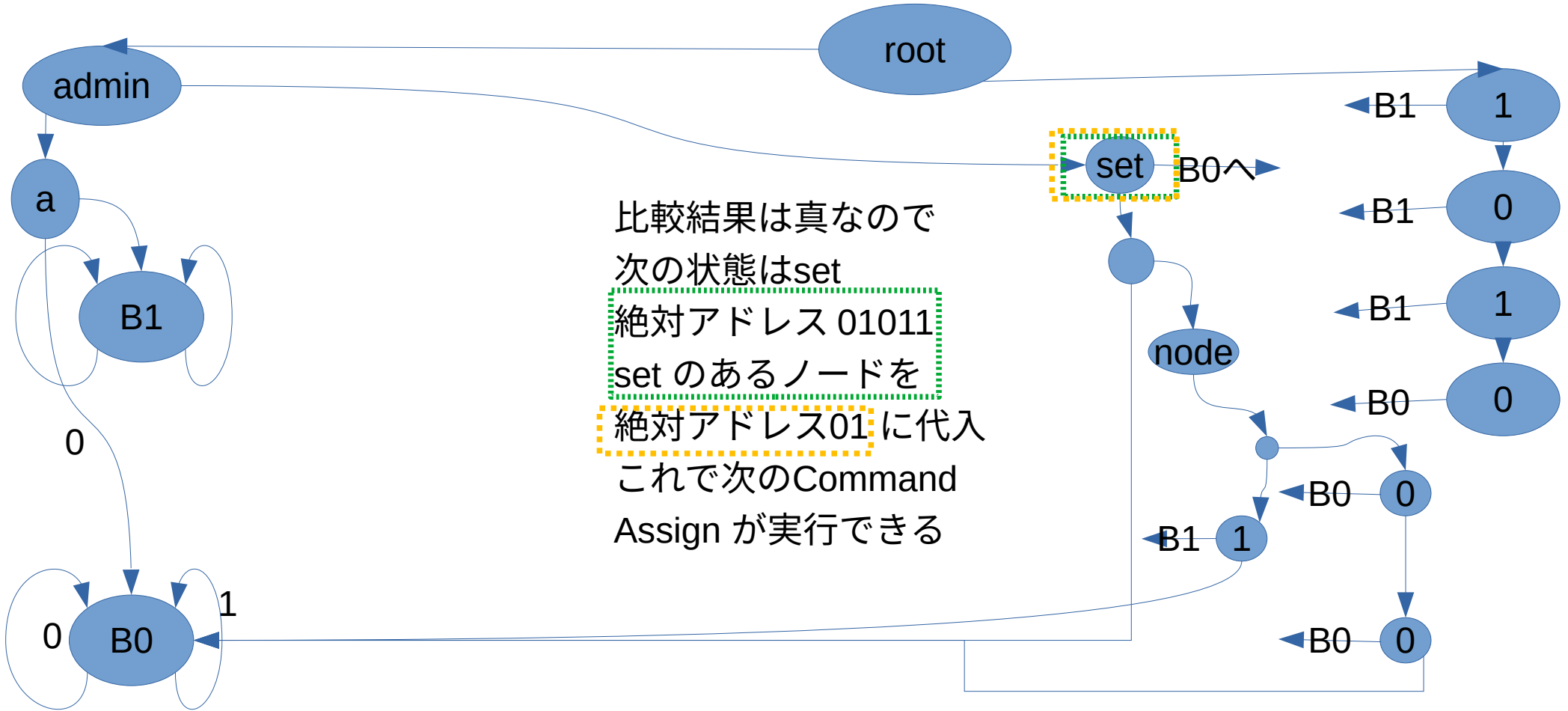
実例2の動きを見る: if



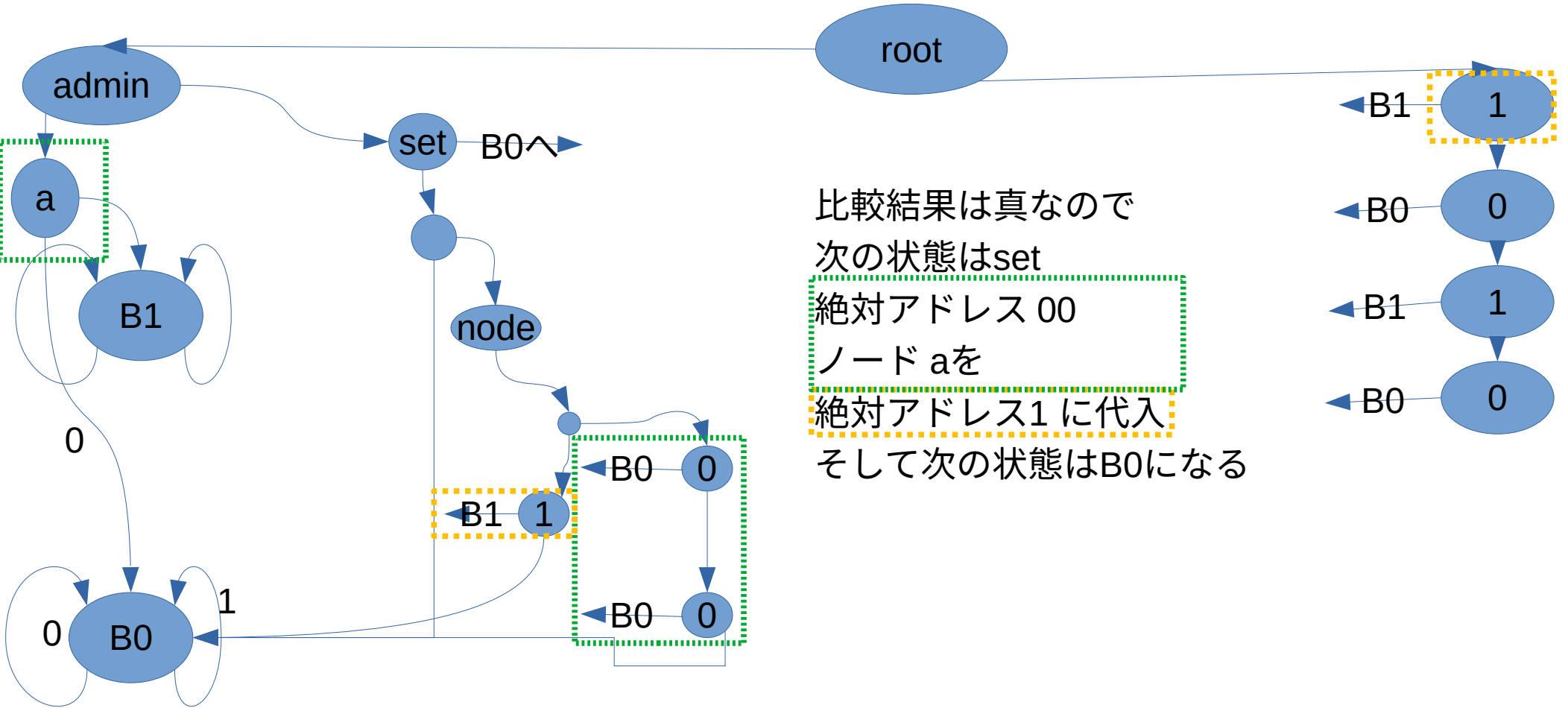
実例2の動きを見る: if後の状態遷移



実例2の動きを見る: if後の状態遷移

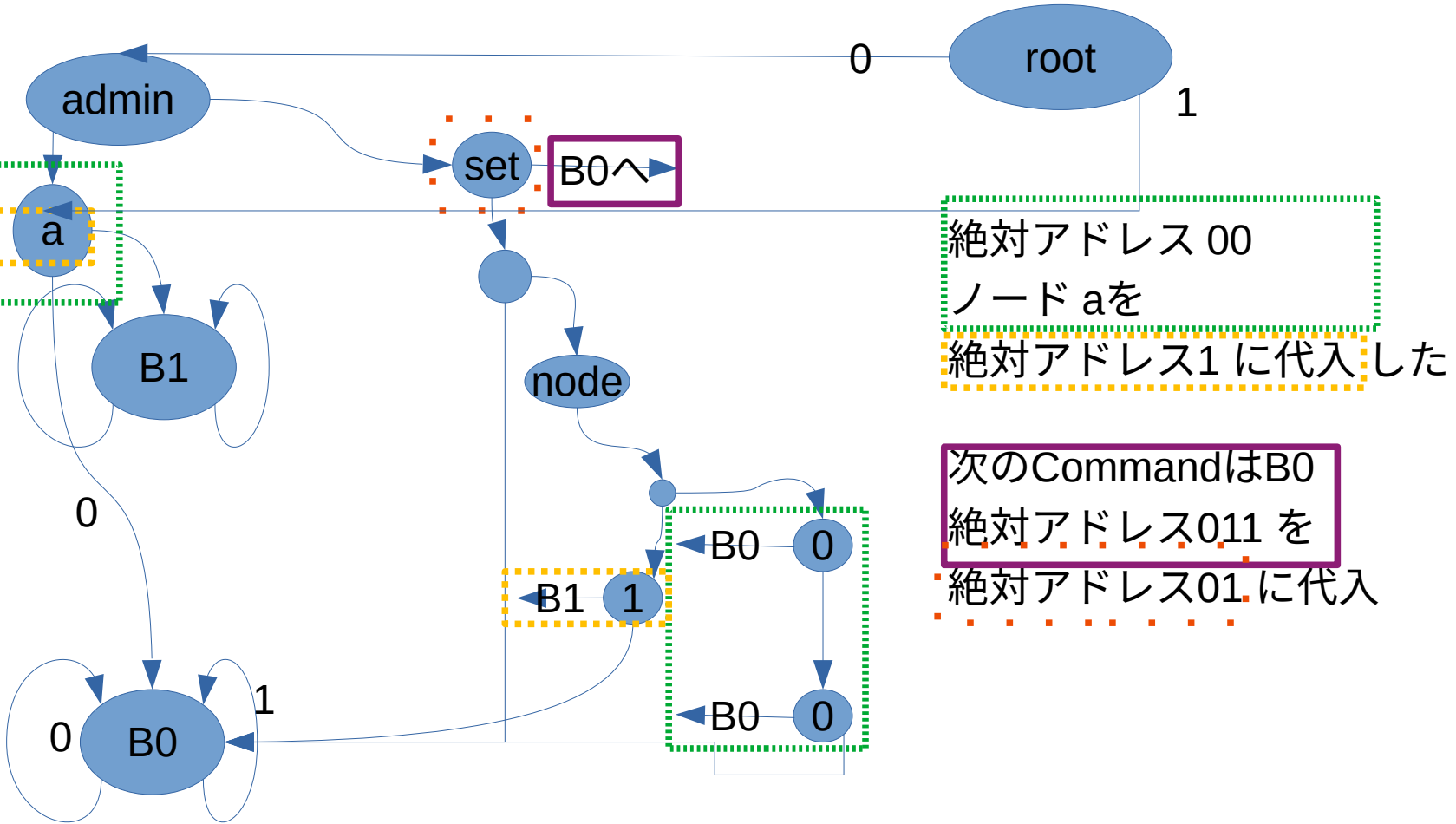


実例2の動きを見る: Assign

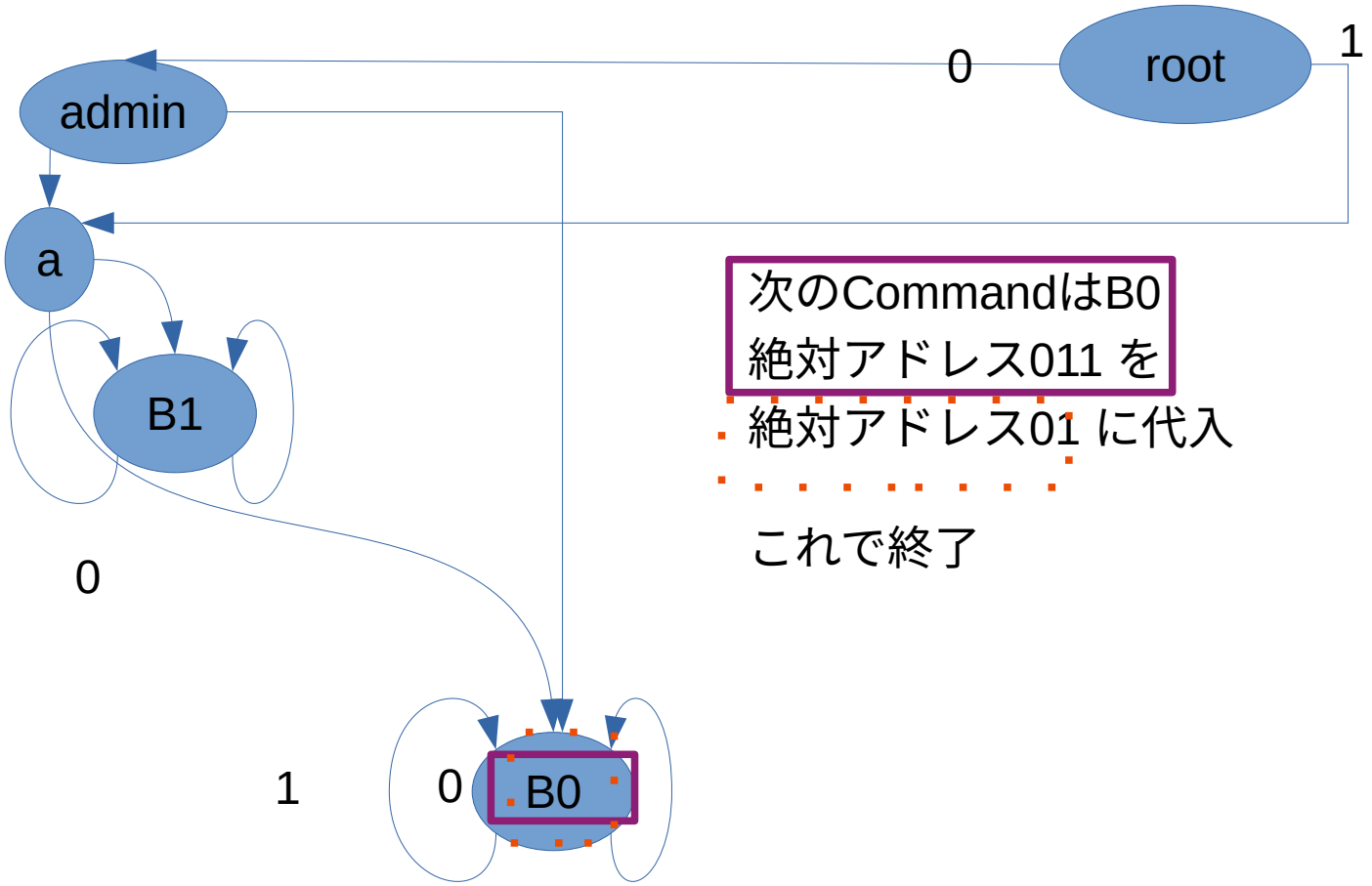


比較結果は真なので
次の状態はset
絶対アドレス 00
ノード aを
絶対アドレス1 に代入
そして次の状態はB0になる

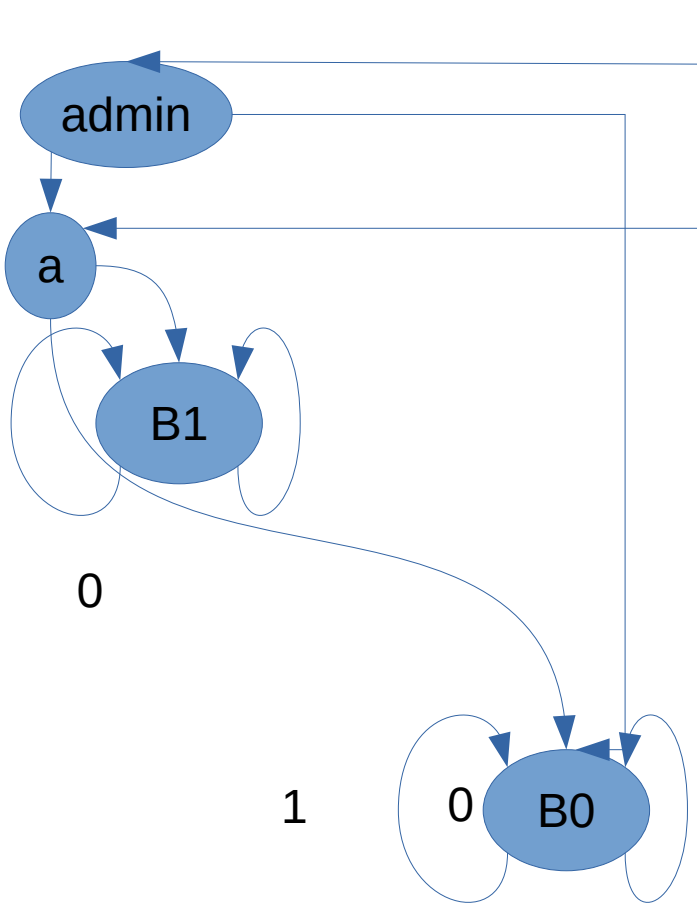
実例2の動きを見る: Assign



実例2の動きを見る: Assign



実例2の動きを見る: Serialize



1 から Serialize していくと
a の0-pointer は B0 なので 0
B1の0-pointer は B1なので1
B1 を2度通るのでserialize終了
上位ビットと下位bit を入れ替え出力

Q&A

- 代入したノードの参照関係は？
  - 複製はなされない.
  - 複製が必要なときはノード追加必要あり
- プログラム実行中の入出力は可能か？
  - 不可能.

Q&A

- 入出力を参照するのが不可能では？
  - できる. Assign Command の「絶対アドレス00100」が指すノード、ではなく「絶対アドレス00100」以下が指すノードをDeserialize した結果をアドレスとして取る
- 各Command の引数としては任意の絶対アドレスへのポインタを構成できる
- 引数に 文字 “x” などの定数を使いたい
  - 素直にはできない. 後ほどの定数の使い方の項を参照

やりたいこと

- 言語仕様は把握できた
- ものの、実際に問題を解くためにはまだまだ足りない
  - 定数/変数
  - 配列 (一方向リンクリスト)
  - 入出力 (の書き換え)
  - If-then-else
  - While
- 以上を実現したい

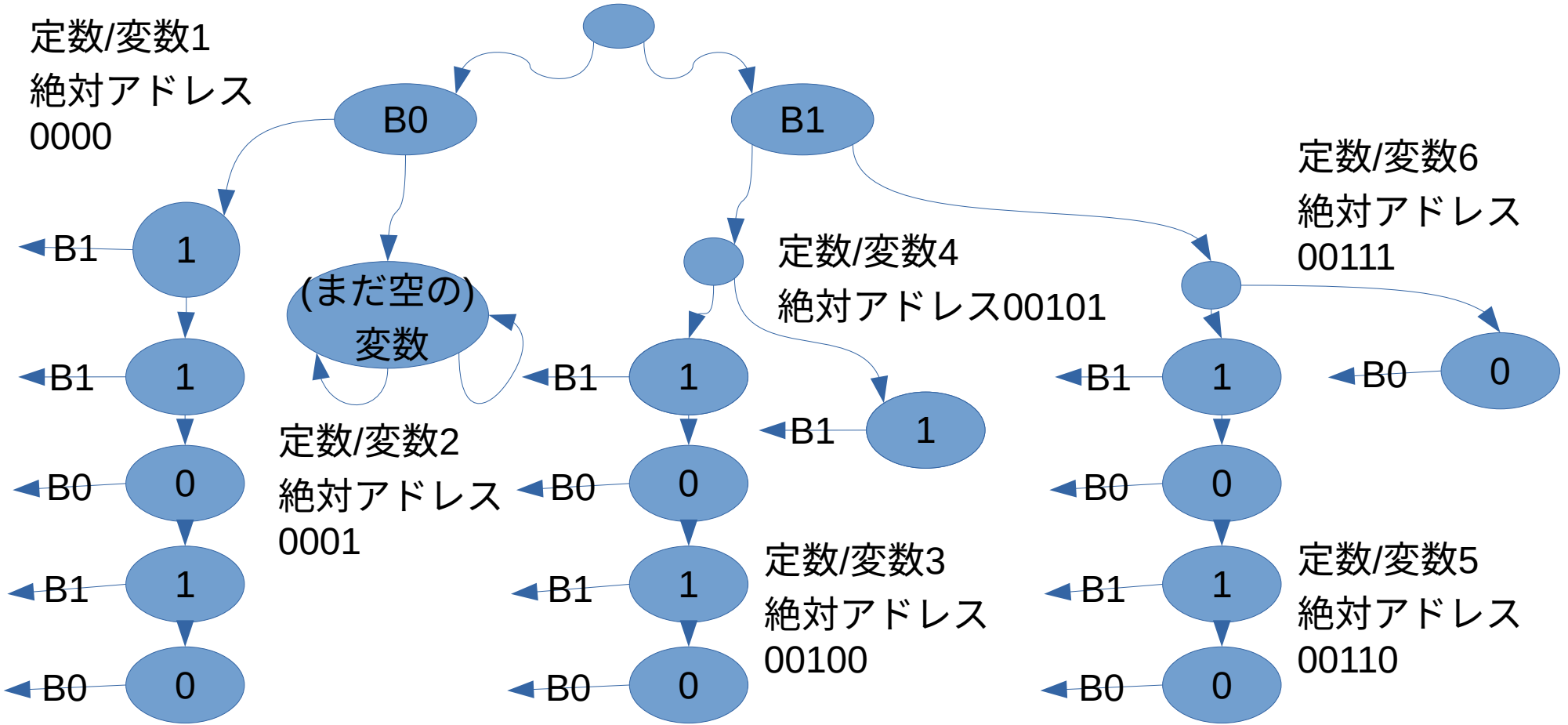
定数と変数を実現する

- 定数が必要な理由
  - if 文のアドレスとして定数cを使いたい
  - 特定のデータを格納したい
  - 0や1以外の数値を表したい
  - などなど...
- Command の引数はserialize したときのアドレスとして解釈される.
- 特定のアドレスに「serializeしたときに定数c になるノード」を置く
  - どこに置くのか？ -> 次のスライド

定数と変数を実現する

- 大抵の領域は自由には使えない
  - 絶対アドレス `1` 以下は入出力のためのデータ領域
  - 絶対アドレス `01` 以下はそれぞれのCommand を表す
- 一方絶対アドレス `000` or `001` 以下は 0-pointer, 1-pointer ともに自由に使える
- 各変数を `001` 以下の特定の領域に格納
- 複数の変数の実現
  - 二分木のどこかの要素に割り付ける
    - 二分木なので O(log(#変数)) の深さで指定できる
    - なお、長くなると変数の絶対アドレス指定にノードを浪費するのでなるべく減らしたい

定数と変数を実現する: 変数6個の例

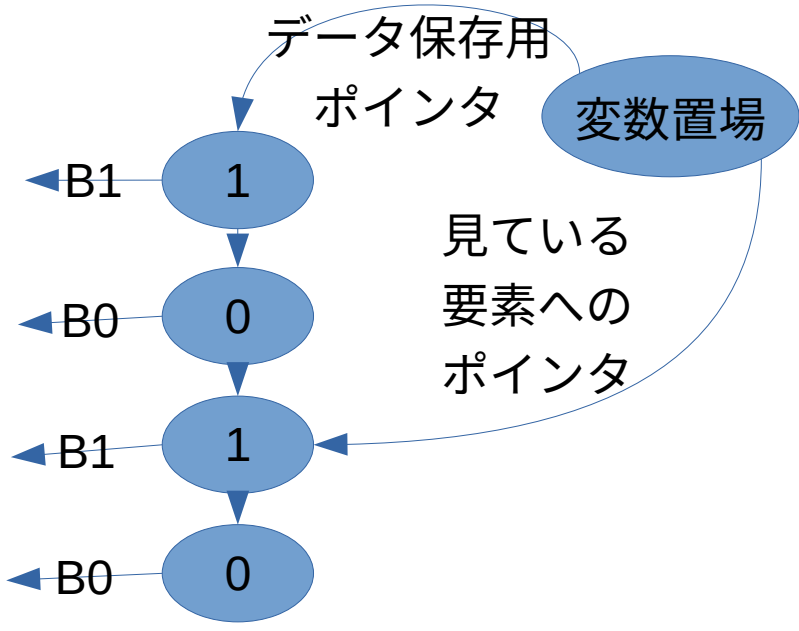


単方向リンクリスト

- リスト構造そのものの実現は
  - 0, 1, 0,... とならべ、1-pointer をたどっていけば実現できる
- “たどる” 処理の実現に工夫が必要
  - Command のノードで指定できる値はあくまで固定されたアドレス
  - それに対して具体的な処理を行うのに “特定のアドレスを指したときの場所がどんどん変わっていく” 変数を導入する必要あり

単方向リンクリスト

- 複数の要素があるので任意の位置を指定したい
  - データ保存用ノードと、それを指すポインタノードを作成
  - ポインタノードを介してやりとり
- ポインタそのものをつけかえると意味がない
  - 接続が壊れないようポインタノードの「次」を指定する



入出力の扱い

- 入力をそのままにしておけば勝手に出力になる
  - なので `cat` はシンプルに書ける
- 出力の特定部分の取り出しは特定bit を複製すればよい
  - “続くbit全体の取り出しは絶対アドレス 1111...1
  - そのbit単体の取り出しは絶対アドレス 111...10 として0 をどこかに代入, それが0 か1 かで判定
- 入力を書き換えるには 1 に向かってset すればよい

(カウンタ変数のための)引き算

- (今回は定数の引き算のみ扱う)
- 簡単な扱いかた: 1進法 (`1111....1`) をひたすら並べる、その桁数が値となる.
- 定数の引き算
  - 定数のアドレスを 111 とすると
  - ‘111’ + ‘差し引きたい数分の1’ を ‘111’ に代入すればよい
- 2進法表記での扱い方は将来的な課題

if文

- 基本的に Command を使えばよいが...
- 例: 入力の最初が0 か1 かを調べる
  - `1` と `000` (B0) を調べるのでは不適切
  - ノードそのものの一致を調べるため、入力が存在しない (入力の終端はB0 になるから) かを調べることになる
- 末尾に `0` をつけることでそのビット単体が 0か 1かを比較できる
  - `10` と `000` を引数にとればよい

(do-)while / for

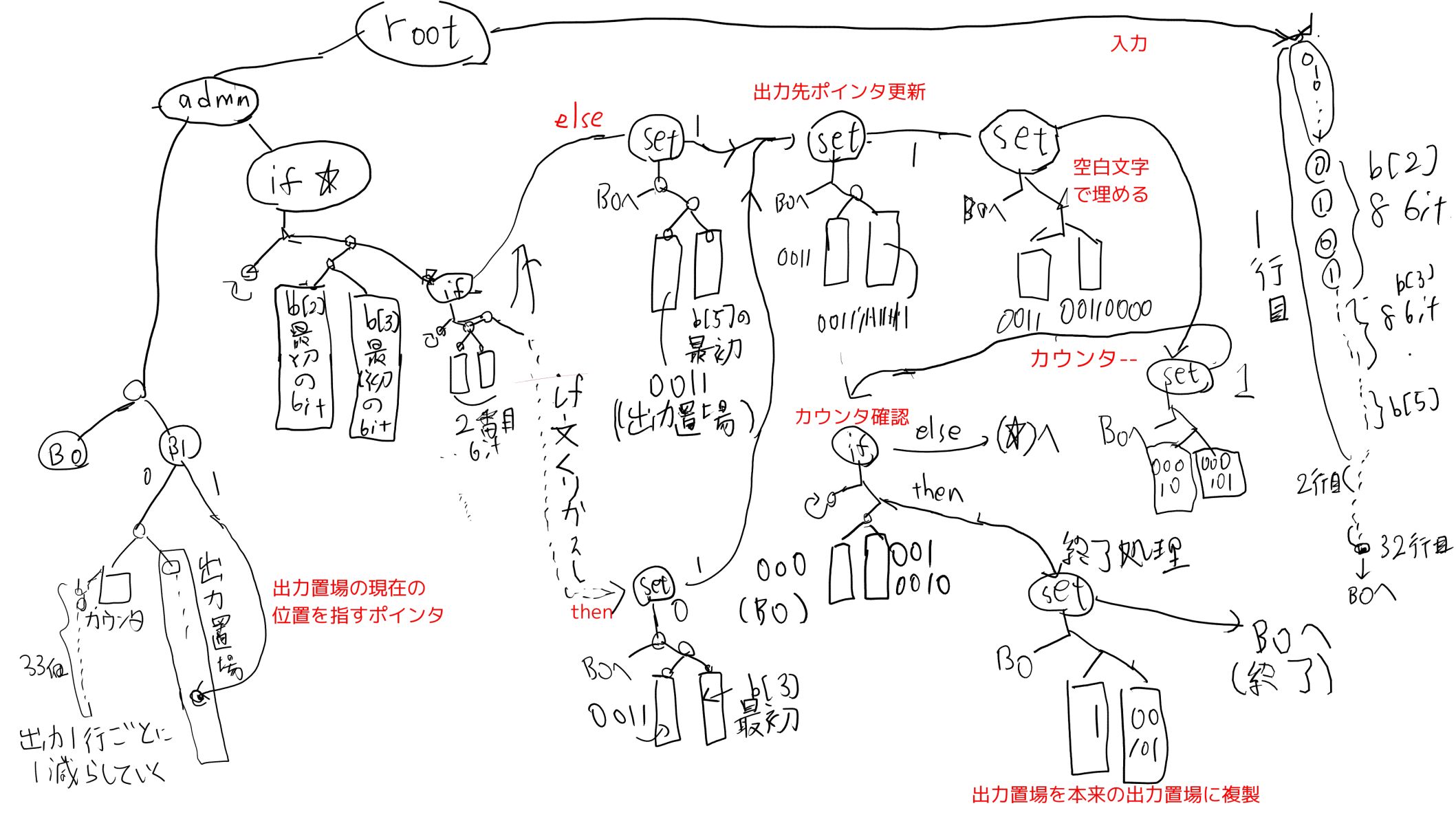
- if 文とカウンタ変数を用意
- 終了条件が満たされなければ else 以下に飛ぶという仕様にする

おしながき

- 問題の復習
- Transceternal の説明
  - グラフの各ノードの意味
  - 入出力と deserialize, serialize
  - コマンドの意味
  - 解答するための部材
- 解答の説明
- 今後 (Golf の方針)

ソースコード (1560バイト)

0 1 2 2 2 3 4 5 3 6 3 7 3 8 3 9 3 A 3 B 3 C 3 D 3 E 3 F 3 G 3 H 3 I 3 J 3 K 3 L 3 M 3 N 3 O 3 P 3 Q 3 R 3 S 3 T 3 U 3 V 3 W 3 X 3 Y 3 Z 3 a 3 b 3 c 2 c d 3 2 d 2d 2e 2f 2f 2f 2g 2h 1p 3 1q 3 1r 3 1s 3 1t 3 1u 3 1v 3 1w 3 1x 3 1y 2 1y 1h 3 1i 3 1j 3 1k 3 1l 3 1m 3 1n 3 1o 3 1p 2Y 2Z 2a 2a 2a 2b 2c 1o 1g 3 1h 2T 2U 2V 2V 2V 2W 2X 1n 1f 3 1g 2O 2P 2Q 2Q 2Q 2R 2S 1m 1e 3 1f 2J 2K 2L 2L 2L 2M 2N 1l 1d 3 1e 2E 2F 2G 2G 2G 2H 2I 1k 1c 3 1d 29 2A 2B 2B 2B 2C 2D 1j 1b 3 1c 24 25 26 26 26 27 28 1c 1k 1z 20 21 21 21 22 23 1a 3 1b 1i e u 2 t f 2 g 2 h 3 i 3 j 3 j k 3 l 3 m 3 n 3 o 3 p 3 q 3 r 3 s 3 s 2i 3o 2 3n 2j 3 2j 2k 3 2l 3 2m 3 2n 3 2o 3 2p 3 2q 3 2r 3 2s 3 2t 3 2u 3 2v 3 2w 3 2x 3 2y 3 2z 3 30 3 31 3 32 3 33 3 34 3 35 3 36 3 37 3 38 3 39 3 3A 3 3B 3 3C 3 3D 3 3E 3 3F 3 3G 3 3H 3 3I 3 3J 3 3K 3 3L 3 3M 3 3N 3 3O 3 3P 3 3Q 3 3R 3 3S 3 3T 3 3U 3 3V 3 3W 3 3X 3 3Y 3 3Z 3 3a 3 3b 3 3c 3 3d 3 3e 3 3f 3 3g 3 3h 3 3i 3 3j 3 3k 3 3l 3 3m 3 3m 3p 47 2 46 3q 2 3r 2 3s 3 3t 3 3t 3u 2 3v 2 3w 3 3x 3 3y 3 3z 3 40 3 41 3 42 3 43 3 44 3 45 3 45 48 4N 2 4M 49 2 4A 2 4B 3 4C 3 4D 3 4D 4E 2 4F 2 4G 2 4H 3 4I 2 4J 2 4K 2 4L 2 4L 4O 4d 2 4c 4P 2 4Q 2 4R 3 4S 2 4T 2 4U 3 4U 4V 2 4W 2 4X 3 4Y 2 4Z 2 4a 3 4b 3 4b 4y 4z 50 50 50 51 52 4o 2 4p 2 4q 2 4q 4r 2 4s 2 4t 3 4u 2 4v 2 4w 3 4x 2 4x 4e 4n 2 4m 4f 3 4f 4g 2 4h 2 4i 3 4j 2 4k 3 4l 3 4l 2 2d v 1Z 2 1Y w 2 x 2 y 3 z 3 10 3 10 11 3 12 3 13 3 14 3 15 3 16 3 17 3 18 3 19 3 1A 3 1B 3 1C 3 1D 3 1E 3 1F 3 1G 3 1H 3 1I 3 1J 3 1K 3 1L 3 1M 3 1N 3 1O 3 1P 3 1Q 3 1R 3 1S 3 1T 3 1U 3 1V 3 1W 3 1X 3 1X 2i v v v v v v v v v


root
admn
if ☆
B0
B1
0
1
カウンタ
33個
出力1行ごとに
1減らしていく
出力置場
出力置場の現在の
位置を指すポインタ
b[2]
最初の
6bit
b[3]
最初の
6bit
if
2番目
6bit
else
set
1
B0へ
b[5]の
最初
0011
(出力置場)
if文くりかえし
then
set
0
B0へ
0011
b[3]
最初
出力先ポインタ更新
set
1
B0へ
0011
0011111111
set
1
B0へ
空白文字
で埋める
0011
00110000
カウンタ--
set
1
B0へ
000
10
000
101
カウンタ確認
if
else
(☆)へ
then
000
(B0)
001
0010
終了処理
set
B0へ
(終了)
B0
1
00
101
出力置場を本来の出力置場に複製
入力
0
0
1
0
1
1行目
b[2]
& 6bit
b[3]
& 6bit
b[5]
2行目
32行目
B0へ

方針

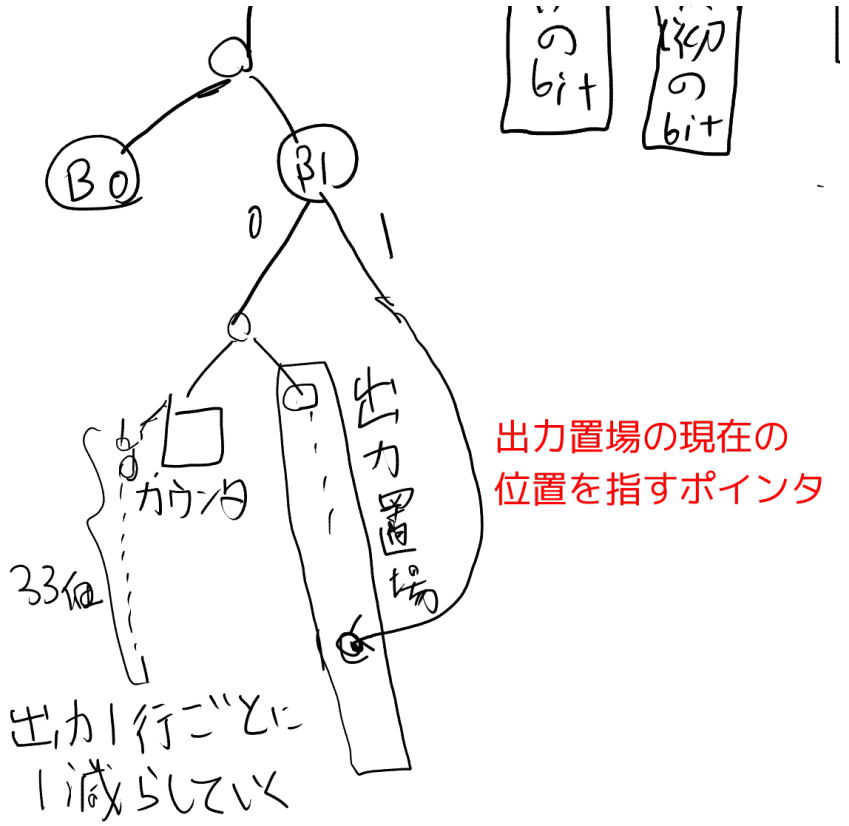
- Python でジェネレータを記述
  - グラフ構造をまとめる関数を作成
  - スタックの構成をシュミレーションしながらソースコード文字列を出力 (idea by @drafear)
- ジェネレータのソースコード
  - https://hiromi-mi.github.io/trans.py
  - ライセンスは CC0 とします

今回の場合

- token 列は0-9 + A-Z + a-z 62進法で生成
  - なるべく1バイトtoken で記述される節点を増やすとソースコードのバイト数が削減できる

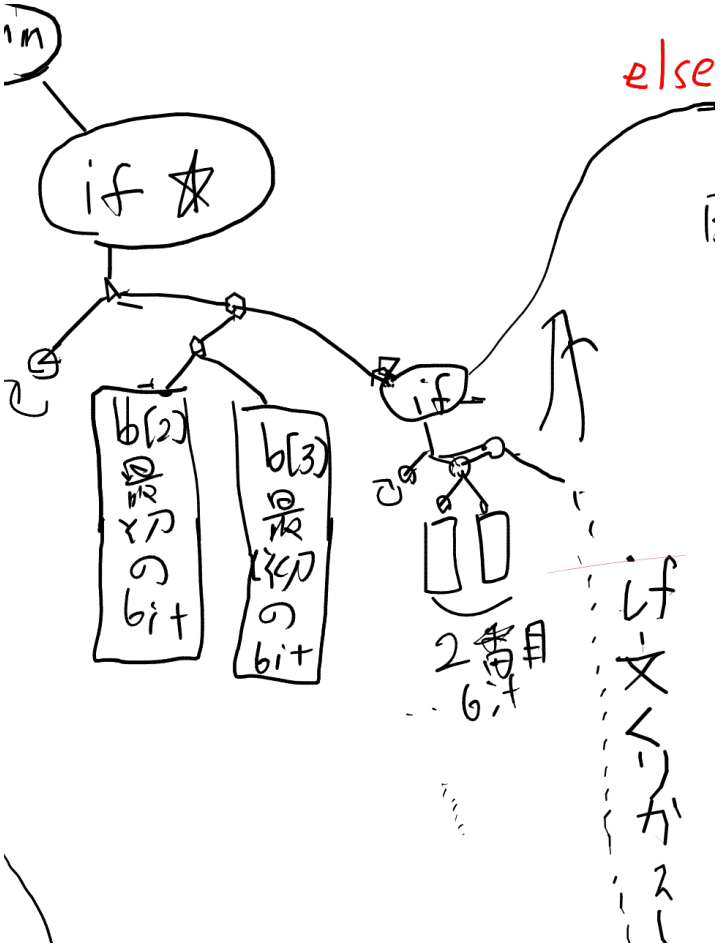
ソースコードの概要

- 定数置場
  - 001 以下に変数を置く
    - 000 も使えるものの使用していない
  - 1. 単方向リンクリストの一番端を表すポインタ (00101)
  - 2. 単方向リンクリストの現在の位置を表すポインタ (00111)
  - 3. ループ回数の残り回数を表す変数 (00100)
    - 最初は32 を表すノードにて初期化

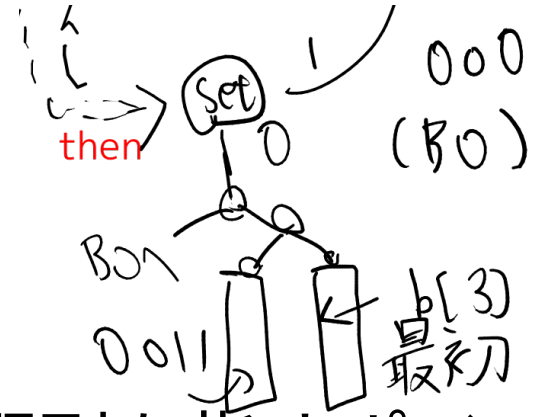


ソースコードの概要

- if 文
  - 文字列1行分に対し b[2] == b[3] かどうかの判定
  - それぞれのバイトに対して繰りかえす
- 各バイトに対して似たような引数をとると無駄が多い
  - 節点数削減のために “1...1” の文字列を定数として表すノードを先に構築
  - Python ジェネレータ内 traverse() 関数を用い適切な場所を指定して使い回し



ソースコードの概要



- 全て同一と分かったとき
- b[3] を書込む.
  - `1` は別の用途にて使われるので配列を指すポインタとして `00111` を使う
  - `00111` に `b[3]` の内容へのポインタを書込む

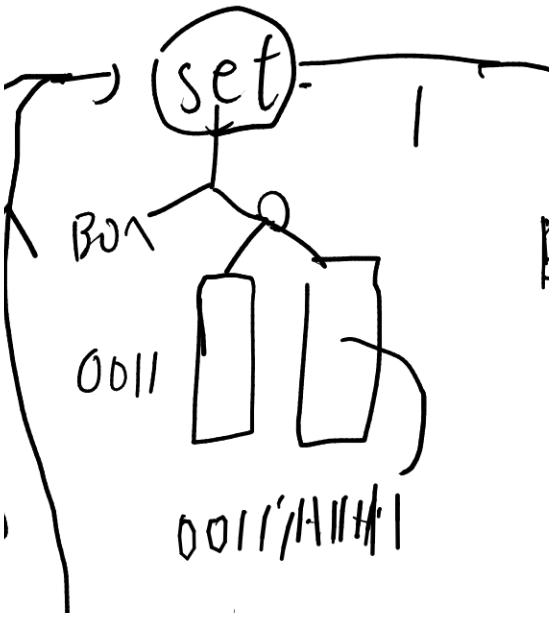
ソースコードの概要

- 全て同一とは限らない場合
- b[5] を書込む.
  - `1` は別の用途にて使われる配列を指すポインタとして `00111` を使う
  - `00111` に `b[5]` の内容へのポインタを書込む

ソースコードの概要

- 単方向リンクリストのポインタのつけかえ
  - ループ後に次の処理を行うために、次回ループ時に書込むべき節点の位置をset で変更
  - 1文字分ずらすので8bit 分の “1” を加える
  - “0011” を “00111” に書き換えてしてしまうとそのポインタを指すアドレスそのものが変わる
    - “00111” に “0011111111111” を指定

出力先ポインタ更新

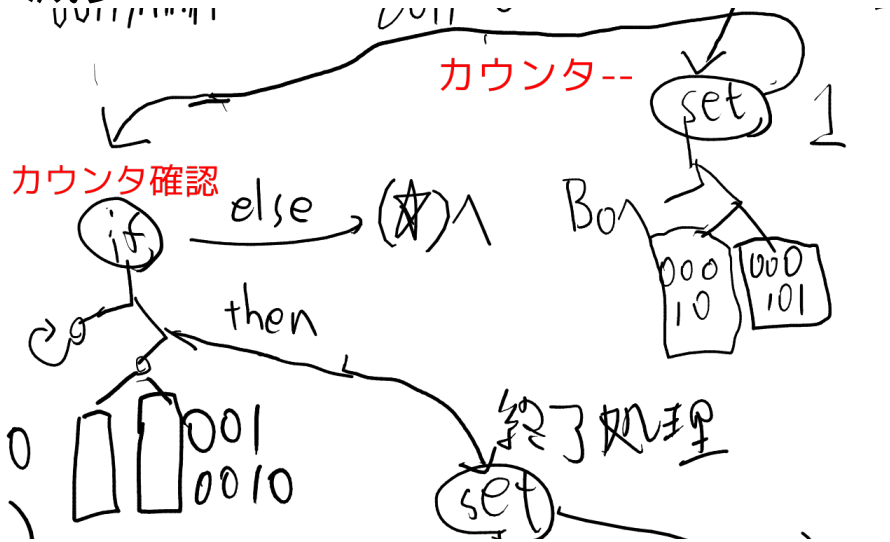


ソースコードの概要

- 出力対象文字の後に空白文字を挿入
  - 上では b[3], b[5] 以降のデータを複製している
  - 6文字目以降のデータもコピー
  - 出力には含まれないので空白文字で置き換え
  - 00111 に 00010000 を埋めている

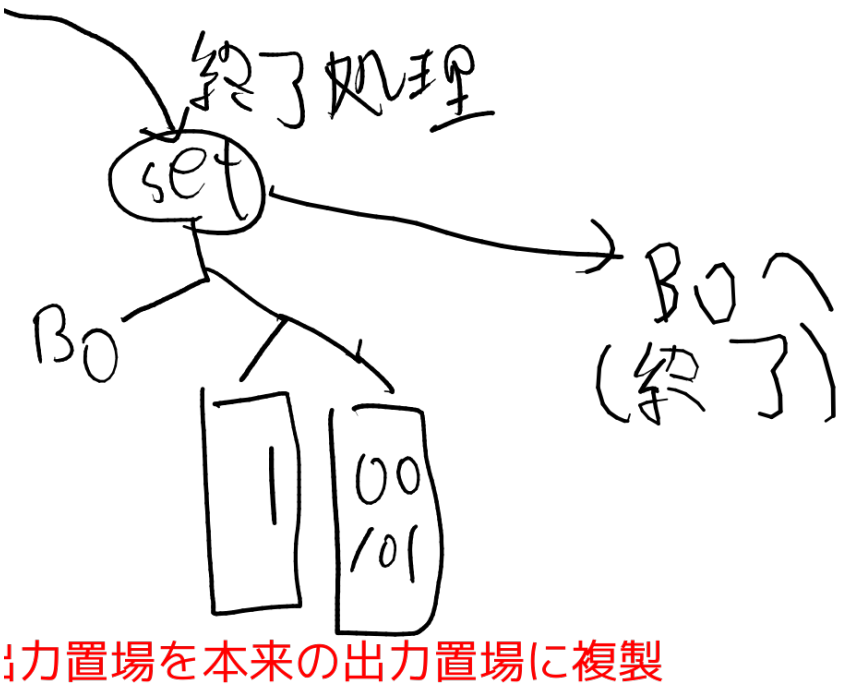
ソースコードの概要

- 行数カウンタの処理 (for文のi--;)
  - 32回分処理を行うのでループごとに1減少
  - 0010011 を 001001 にAssign
- 終了判定
  - 0010010 がB0 をとれば終了.
    - 終了条件を満たす場合
      - 終了処理へ.
    - 終了条件を満たさない場合
      - 最初の (b[2] == b[3] かを判定する) if文へ



ソースコードの概要

- 終了処理 (`1` の意味を変更したため)
  - 出力時には `00101` (単方向リンクリストの最初を指すポインタ) のノードを1 に Assign
  - 先頭行の結果, 第2行の結果,.., という順番に結果は格納されている
- この処理後には次の状態をB0 とする.
  - これにより Main Loop から抜ける.
- インタプリタ側で 1 以下の serialize 処理が行なわれて終了.



Q&A

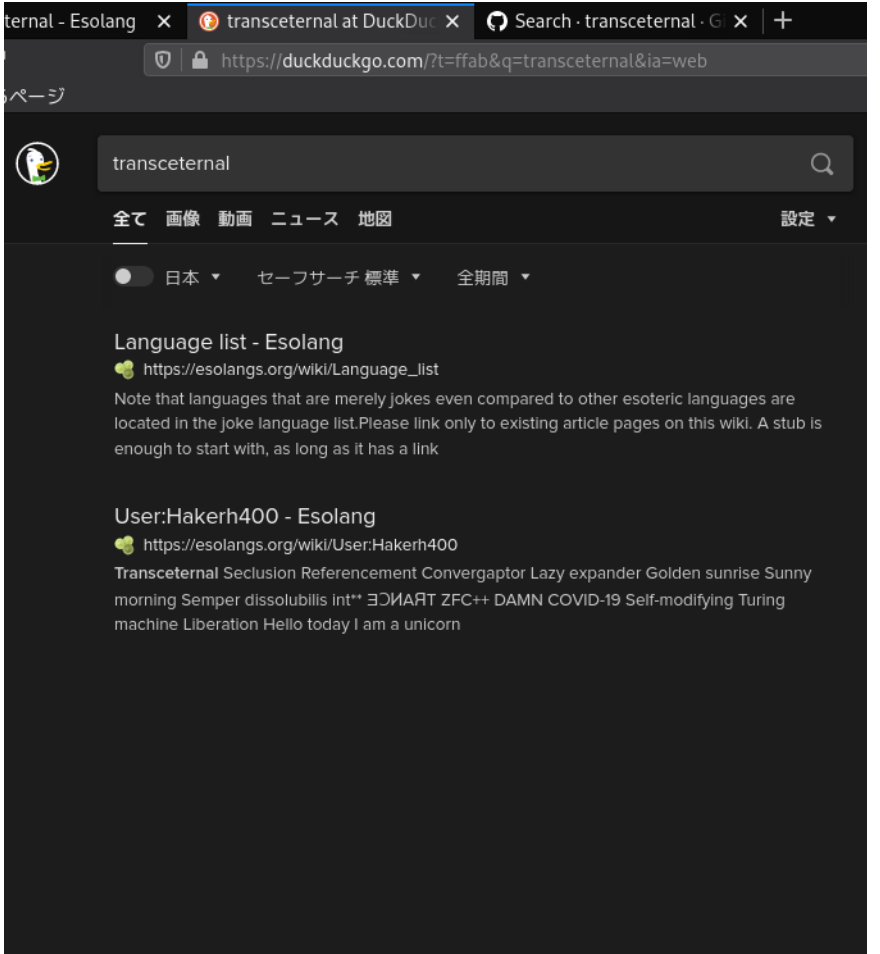
- なぜ `1` ではなく `00111` と別の変数を使っているのか？
  - ループするたびに `1` の指す対象が変更されると以前のループにいて (行にて) 使っていた Assign, If コマンド群の引数が使えなくなる
  - その分それぞれのノードで `11111111` をつけたすことも考えたが手間となるため断念
  - `1` を現在処理している対象(とそれ以降)の行として処理

苦労した点

- デバッグが困難
  - 最後まで終了しないと一切文字が表示されないので 途中過程を調べられない
  - 無限ループに入る地点でどの段階まで処理が進んだか分からない
    - ちなみに今回は loop で戻る際に admin ではなく root を指定していたのが原因

苦労した点

- 資料不足
  - 検索しても Esolang Wiki と実装しか見あたらない
  - 作者以外による解説が見あたらない
    - おそらくこの資料が最初



ソースコードの再確認

- 以上を踏まえるとソースコードを前から順に読めばある程度構造が読み解けるかもしれない
  - 最初のほうはジェネレーターのソースコードも適宜参照しました...
- 有用そうな知識:
  - 最初の文字はrootノード
  - 「2」がB0 に対応
  - 「3」がB1 に対応
  - 終端は
- 直接読みとけるとソースコードの分量を減らす方法を考えるのに役立つかも

ソースコード (1560バイト)

0 1 2 2 2 3 4 5 3 6 3 7 3 8 3 9 3 A 3 B 3 C 3 D 3 E 3 F 3 G 3 H 3 I 3 J 3 K 3 L 3 M 3 N 3 O 3 P 3 Q 3 R 3 S 3 T 3 U 3 V 3 W 3 X 3 Y 3 Z 3 a 3 b 3 c 2 c d 3 2 d 2d 2e 2f 2f 2f 2g 2h 1p 3 1q 3 1r 3 1s 3 1t 3 1u 3 1v 3 1w 3 1x 3 1y 2 1y 1h 3 1i 3 1j 3 1k 3 1l 3 1m 3 1n 3 1o 3 1p 2Y 2Z 2a 2a 2a 2b 2c 1o 1g 3 1h 2T 2U 2V 2V 2V 2W 2X 1n 1f 3 1g 2O 2P 2Q 2Q 2Q 2R 2S 1m 1e 3 1f 2J 2K 2L 2L 2L 2M 2N 1l 1d 3 1e 2E 2F 2G 2G 2G 2H 2I 1k 1c 3 1d 29 2A 2B 2B 2B 2C 2D 1j 1b 3 1c 24 25 26 26 26 27 28 1c 1k 1z 20 21 21 21 22 23 1a 3 1b 1i e u 2 t f 2 g 2 h 3 i 3 j 3 j k 3 l 3 m 3 n 3 o 3 p 3 q 3 r 3 s 3 s 2i 3o 2 3n 2j 3 2j 2k 3 2l 3 2m 3 2n 3 2o 3 2p 3 2q 3 2r 3 2s 3 2t 3 2u 3 2v 3 2w 3 2x 3 2y 3 2z 3 30 3 31 3 32 3 33 3 34 3 35 3 36 3 37 3 38 3 39 3 3A 3 3B 3 3C 3 3D 3 3E 3 3F 3 3G 3 3H 3 3I 3 3J 3 3K 3 3L 3 3M 3 3N 3 3O 3 3P 3 3Q 3 3R 3 3S 3 3T 3 3U 3 3V 3 3W 3 3X 3 3Y 3 3Z 3 3a 3 3b 3 3c 3 3d 3 3e 3 3f 3 3g 3 3h 3 3i 3 3j 3 3k 3 3l 3 3m 3 3m 3p 47 2 46 3q 2 3r 2 3s 3 3t 3 3t 3u 2 3v 2 3w 3 3x 3 3y 3 3z 3 40 3 41 3 42 3 43 3 44 3 45 3 45 48 4N 2 4M 49 2 4A 2 4B 3 4C 3 4D 3 4D 4E 2 4F 2 4G 2 4H 3 4I 2 4J 2 4K 2 4L 2 4L 4O 4d 2 4c 4P 2 4Q 2 4R 3 4S 2 4T 2 4U 3 4U 4V 2 4W 2 4X 3 4Y 2 4Z 2 4a 3 4b 3 4b 4y 4z 50 50 50 51 52 4o 2 4p 2 4q 2 4q 4r 2 4s 2 4t 3 4u 2 4v 2 4w 3 4x 2 4x 4e 4n 2 4m 4f 3 4f 4g 2 4h 2 4i 3 4j 2 4k 3 4l 3 4l 2 2d v 1Z 2 1Y w 2 x 2 y 3 z 3 10 3 10 11 3 12 3 13 3 14 3 15 3 16 3 17 3 18 3 19 3 1A 3 1B 3 1C 3 1D 3 1E 3 1F 3 1G 3 1H 3 1I 3 1J 3 1K 3 1L 3 1M 3 1N 3 1O 3 1P 3 1Q 3 1R 3 1S 3 1T 3 1U 3 1V 3 1W 3 1X 3 1X 2i v v v v v v v v v

ソースコードを読み解く

0 1 2 2 2 3 4

- 0,1,2 と admin や B0 を生成 している.
- 0 は 1 に繋がり, 1 の0-pointer は2.
- 2 の0-pointer を見ると (Stack の処理方法を復習すると、未知ノードAを発見して、そのとき0-pointer が既知ノードならその次の文字はAの 1-pointer)
- なので 1 2 2 3 4 は 1 の0-ptr が2, 2 の0-ptr が2, 1-ptr が2, 1 の1-ptr が3 と読める. 3は新出ノード.
- 3 の0-ptr は新出ノードの4. なのでここから先は新出ノードの4に処理が移る.
- 5 3 6 3 7 3 8 3 9 3 A 3 B 3 C 3 D 3 E 3 F 3 G 3 H 3 I 3 J 3 K 3 L 3 M 3 N 3 O 3 P 3 Q 3 R 3 S 3 T 3 U 3 V 3 W 3 X 3 Y 3 Z 3 a 3 b 3 c 2 c d 3 2 d 2d 2e 2f 2f 2f

ソースコードを読み解く

0 1 2 2 2 3 4

5 3 6 3 7 3 8 3 9 3 A 3 B 3 C 3 D 3 E 3 F 3 G 3 H 3 I 3 J 3 K 3 L 3 M 3 N 3 O 3 P 3 Q 3 R 3 S 3 T 3 U 3 V 3 W 3 X 3 Y 3 Z 3 a 3 b 3 c 2 c

- ノード4 (変数置場)から探索する. すると0-pointer が5 で新出ノード.
- 次の「3」(B1)は5 の0-pointer. 「6」は5 の1-pointer. 6 は新出ノード.
- 次の「3」(B1)は6 の0-pointer. 「7」は6 の1-pinter. 7 は新出ノード.
- これをくりかえし、「111111.....1」という列が33個続いていることが分かる. (インタプリタ内では count_graph としている.) カウント回数を表す.
- 最後はc 2 c となっており、新出ノードc は 0-pointer が2 (B0), 1-pointer が自分自身とわかる.
- d 3 2 d 2d 2e 2f 2f 2f 2g 2h 1p 3 1q 3 1r 3 1s 3 1t 3 1u 3 1v 3 1w 3 1x 3 1y 2 1y 1h 3 1i 2 1j 2 1k 2 1l 2 1m 2 1n 2 1o 2 1p 2Y 2Z 2a 2a 2a 2b 2c 1c 1q 2 1h 2T 2U 2V 2V 2V

5 3 6 3 7 3 8 3 9 3 A 3 B 3 C 3 D 3 E 3 F 3 G 3 H 3 I 3 J 3 K 3 L 3 M 3 N 3 O 3 P 3 Q 3 R 3 S 3 T 3 U 3 V 3 W 3 X 3 Y 3 Z 3 a 3 b 3 c 2 c

- d 3 2 d
- このd は
  - ノード4 (変数置場)から探索する. すると0-pointer が5 で新出ノード.
- ここで取り残したノード4の1-pointer なので変数置場の1-pointer がd と分かる.
- 新出ノードなので何に繋がっているか見るとそれぞれ B1, B0 となる.
- その後のd は
  - 3 の0-ptr は新出ノードの4. なのでここから先は新出ノードの4に処理が移る.
- ここで取り残したので 3 (B1) の1-pointer は d. (これは単方向リンクリストの本体およびポインタです)
- 2d 2e 2f 2f 2f 2g 2h 1p 3 1q 3 1r 3 1s 3 1t 3 1u 3 1v 3 1w 3 1x 3 1y 2 1y 1h 3 1i

- d 3 2 d
- 2d 本体処理が現れる
  - 2E
    - 2f 2f 2f : 巡回ノードなので Condition と分かる
    - 2g : その引数は？という視点で見ると
      - 2h (左辺と右辺の親)
        - 1p 3 1q 3 1r 3 1s 3 1t 3 1u 3 1v 3 1w 3 1x 3 1y 2 1y
          - 9文字の1 + 0 = 2文字目の最初
        - 1h 3 1i 3 1j 3 1k 3 1l 3 1m 3 1n 3 1o 3 1p
          - 8文字つくって上の 1p に連結 = 8文字の1 + 9文字の1 = 3文字目の最初
        - こうやってメモリ節約していると分かる
      - 2Y (then)
      - then 以下次のif 文が続く) (インデント戻します)
        - 2Z 2a 2a 2a 2b 2c 1o 1q 3 1h 2T 2U 2V 2V 2V 2W 2X 1n 1f 3 1g

- 1h 3 1o 3 1p
- 2Y
  - 2Z
    - 2a 2a 2a : Condition
    - 2b
      - 2c
        - 1o
          - 8文字つくって上の 1p に連結の1つ手前に繋いでいる -> 2文字目の2bit
        - 1g 3 1h
          - 1g は新出, 1つ3を継ぎ足して 1h に繋ぐ
            - 1h は8文字つくって上の1p に連結 (先のif文の右辺) に更に1 を1つ増やしている -> 3文字目の2bit目
      - then: 次の文字 (2T)
- (インデント戻します: if文3つ目)
  - 2T 2U 2V 2V 2V 2W 2X 1n 1f 3 1g
- 2O 2P 2O 2O 2O 2P 2S 1m 1o 3 1f 2J 2K 2L 2L 2L 2M 2N 1J 1d 3 1o 2E 2E 2C 2C

- 2T 2U 2V 2V 2V 2W 2X 1n 1f 3 1g
  - then は次の2O
- (インデント戻します: if文4つ目)
- 2O 2P 2Q 2Q 2Q 2R 2S 1m 1e 3 1f
  - then は次の2J
- 2J 2K 2L 2L 2L 2M 2N 1l 1d 3 1e
- if文6
- 2E 2F 2G 2G 2G 2H 2I 1k 1c 3 1d
- if文7
- 29 2A 2B 2B 2B 2C 2D 1j 1b 3 1c

- 29 2A 2B 2B 2B 2C 2D 1j 1b 3 1c
- if文8
  - 書いてて気づきましたが一つ同一内容 (2バイト目)のDebug用if文を消すのを忘れていたようです....
- 24 25 26 26 26 27 28 1c 1k
- 1z (if文9)
  - 20 21 21 21
  - 22 23 1a 3 1b 1l
- e おまたせしました、ようやく then (2文字目と3文字目が一致するときの処理です) に入ります
  - u
    - 2 (B0 へ向かうので Assign と分かる)
  - t f 2 g 2 h 3 i 3 j 3 j k 3 l 3 m 3 n 3 o 3 p 3 q 3 r 3 s 3 s 2i 3o 2 3n 2j 3 2j 2k 3 2l 3 2m 3 2n 3 2o 3 2p 3 2q 3 2r 3 2s 3 2t 3 2u 3 2v 3 2w 3 2x 3 2y 3 2z 3 30

- 1l (おまたせしました、ようやく then (2文字目と3文字目が一致するときの処理です) に入ります
- e
  - u
    - 2 (B0 へ向かうので Assign と分かる)
  - t (assign の左辺と右辺は何か？)
    - f 2 g 2 h 3 i 3 j 3 j
      - 00111
      - 終端は自己ループで締めている
    - k 3 l 3 m 3 n 3 o 3 p 3 q 3 r 3 s 3 s
      - 11111111
- 2i 3o 2 3n 2i 3 2i 2k 3 2l 3 2m 3 2n 3 2o 3 2p 3 2q 3 2r 3 2s 3 2t 3

    - k 3 l 3 m 3 n 3 o 3 p 3 q 3 r 3 s 3 s
        - 11111111
- 次は 2文字目を処理したあとの `1` を64ビット分ずらす処理です
    - Stack は深さ優先探索なのでずらすほうが優先されます
- 2i 3o 2 (Assign)
    - 3n
        - 2j 3 2j
            - 絶対アドレス `1` を表す
        - 2k 3 2l 3 2m 3 2n 3 2o 3 2p 3 2q 3 2r 3 2s 3 2t 3 2u 3 2v 3 2w 3 2x 3 2y 3 2z 3 30 3 31 3 32 3 33 3 34 3 35 3 36 3 37 3 38 3 39 3 3A 3 3B 3 3C 3 3D 3 3E 3 3F 3 3G 3 3H 3 3I 3 3J 3 3K 3 3L 3 3M 3 3N 3 3O 3 3P 3 3Q 3 3R 3 3S 3 3T 3 3U 3 3V 3 3W 3 3X 3 3Y 3 3Z 3 3a 3 3b 3 3c 3 3d 3 3e 3 3f 3 3g 3 3h 3 3i 3 3j 3 3k 3 3l 3 3m 3 3m
        - 絶対アドレス `11.....1` (1が65個並ぶ) を表す
- 3p 47 2 46 3q 2 3r 2 3s 3 3t 3 3t 3u 2 3v 2 3w 3 3x 3 3y 3 3z 3 40 3 41 3 42 3 43 3 44 3 45 3 45 48 4N 2 4M 49 2 4A 2 4B 3 4C 3 4D 3 4D 4E 2 4F 2 4G 2 4H 3 4I 2 4J 2 4K 2 4L 2 4L 4O 4d 2 4c 4P 2 4Q 2 4R 3 4S 2 4T 2 4U 3 4U 4V 2 4W 2 4X 3 4Y 2 4Z 2 4a 3 4b 3 4b 4y 4z 50 50 50 51 52 4o 2 4p 2 4q 2 4q 4r 2 4s 2 4t 3 4u 2 4v 2 4w 3 4x 2 4x 4e

3 3d 3 3e 3 3f 3 3g 3 3h 3 3i 3 3j 3 3k 3 3l 3 3m 3 3m

- 絶対アドレス `11.....1` (1が65個並ぶ) を表す

- 続いては出力ポインタをずらす処理です
- 3p
  - 47
    - 2 (Assign)
  - 46
    - 3q
      - 2 3r 2 3s 3 3t 3 3t
        - 3 3t 3 3t などの文字は終端だと明快に分かるかと思います (0011)
      - 3u 2 3v 2 3w 3 3x 3 3y 3 3z 3 40 3 41 3 42 3 43 3 44 3 45 3 45
        - 0011 + 1が8個

- 48 4N 2 4M 49 2 4A 2 4B 3 4C 3 4D 3 4D 4E 2 4F 2 4G 2 4H 3 4I 2 4J 2

3u 2 3v 2 3w 3 3x 3 3y 3 3z 3 40 3 41 3 42 3 43 3 44 3 45 3 45

- 続いては出力末尾を空白文字で埋める処理です
  - 出力先へのポインタがずれたので 00111 を指定すればOK
- 48
  - 4N
    - 2 (Assign)
  - 4M
    - 49 2 4A 2 4B 3 4C 3 4D 3 4D
      - 00111
    - 4E 2 4F 2 4G 2 4H 3 4I 2 4J 2 4K 2 4L 2 4L
      - 00010000 (B0 の所は自己ループしていたから)
- 4O4d 2 4c 4P 2 4O 2 4R 3 4S 2 4T 2 4U 3 4U 4V 2 4W 2 4X 3

4E 2 4F 2 4G 2 4H 3 4I 2 4J 2 4K 2 4L 2 4L

- 続いてはカウンタを1減らす処理です
- 4O 4d 2 (Assign)
  - 4c
    - 4P 2 4Q 2 4R 3 4S 2 4T 2 4U 3 4U (001001)
    - 4V 2 4W 2 4X 3 4Y 2 4Z 2 4a 3 4b 3 4b (0010011)
  - 共通化できないかなと思いつつも今のところ良い方法が思いつかずじまい
- 4y 4z 50 50 50 51 52 4o 2 4p 2 4q 2 4q 4r 2 4s 2 4t 3 4u 2 4v 2 4w 3 4x 2 4x 4e 4n 2 4m 4f 3 4f 4g 2 4h 2 4i 3 4j 2 4k 3 4l 3 4l 2 2d v 1Z 2 1Y w 2 x 2 y 3 z 3 10 3 10 1

4V 2 4W 2 4X 3 4Y 2 4Z 2 4a 3 4b 3 4b (0010011)

- 終了判定です
- 4y
  - 4Z
    - 50 50 50 (自己ループ)
  - 51
    - 52 4o 2 4p 2 4q 2 4q
      - 000 かどうか.
    - 4r 2 4s 2 4t 3 4u 2 4v 2 4w 3 4x 2 4x 4e 4n 2 4m 4f 3 4f
      - 001001 が 0 かどうか (残り1でないかどうか)
  - 4g 2 4h 2 4i 3 4j 2 4k 3 4l 3 4l 2 2d v 1Z 2 1Y w 2 x 2 y 3 z 3 10 3 10 11 3 12 3 13 3 14 3 15 3 16 3 17 3 18 3 19 3 1A 3

4r 2 4s 2 4t 3 4u 2 4v 2 4w 3 4x 2 4x

- 4e (終了処理に入ります. 1 に出力を貼り付けます)
  - 4n 2 (Assign)
  - 4m
    - 4f 3 4f (`1`)
  - 4g 2 4h 2 4i 3 4j 2 4k 3 4l 3 4l
  - 00100 を残す
- 2 終了したときの次の処理は `2 = B0` == 終了!
- あとは残した 5文字目の場合の処理です
- 2d v 1Z 2 1Y w 2 x 2 y 3 z 3 10 3 10 11 3 12 3 13 3 14 3 15 3 16 3 17 3 18 3 19 3 1A 3 1B 3 1C 3 1D 3 1E 3 1F 3 1G 3 1H 3

4g 2 4h 2 4i 3 4j 2 4k 3 4l 3 4l

- 2d (8つ目のif文で、2文字目のときに駄目だったときに入る場所)
- v 1Z 2 (Assign)
  - 1Y w 2 x 2 y 3 z 3 10 3 10
    - 00111
  - 11 3 12 3 13 3 14 3 15 3 16 3 17 3 18 3 19 3 1A 3 1B 3 1C 3 1D 3 1E 3 1F 3 1G 3 1H 3 1I 3 1J 3 1K 3 1L 3 1M 3 1N 3 1O 3 1P 3 1Q 3 1R 3 1S 3 1T 3 1U 3 1V 3 1W 3 1X 3 1X
    - ‘1’ が33個並んでいます
  - 2I 1` をずらす処理へ
- v v v v v v v v v

1N 3 1O 3 1P 3 1Q 3 1R 3 1S 3 1T 3 1U 3 1V 3 1W 3 1X 3 1X

- v v v v v v v v v
  - 残りのif文でelse だったときの戻る箇所 (つまり5文字目に入る場所)
- 以上、ソースコード読み解けました、おつかれさまでした!

おしながき

- 問題の復習
- Transceternal の説明
  - 入出力と deserialize, serialize
  - グラフの各ノードの意味
  - コマンドの意味
  - 解答するための部材
- 解答の説明
- 今後 (Golf の方針)

今後

- Esolang Code Golf の観点から
  - 容量の大半を浪費しているのは定数値指定部分
    - 複数の節点で同じ節点を指定する
    - set コマンドをくりかえし用いると減らせると期待
- 言語仕様を使いこなす観点から
  - かけ算割り算などの算術演算方法の構築
  - ランダムアクセスの構築

謝辞

- 大会主催の @hakatashi さんと
- 助言をいただけた @drafear さん, @satos___jp さんに感謝します