

電子回路テキストの理解と情報抽出

6D-8

高松 忍 石谷 高志 有馬 薫子 西田 富士夫

(大阪府立大学 工学部)

1. まえがき

本稿では、電子回路テキストを例にとり、格構造解析により得られたテキストの内部表現を形式的表現に変換し、基本素子の動作ルールなどの知識を用いた推論によりテキストにおける回路動作の理由付けの説明を理解する手法について述べる。

2. 基本素子と回路の動作表現

テキストは自然言語表現を中心に回路図、数式やグラフなどを補助として記述されているが、これらの多様な表現を理解するには一つの標準的な形式的表現を設定する必要がある。ここでは、基本素子や回路のデバイスの動作を表わす形式表現を、入力条件を前提部、出力条件を帰結部とする次式のような I F - T H E N 型で表わす。

```
CONNECT(OBJ=device:d,
        PARTIC-terminal:(t1, t2, ...))
& GIVEN(OBJ-voltage(current):x,
        LOC-terminal:(t1, t2))
& p(x)
→ GIVEN(OBJ-voltage(current):z,
        LOC-terminal:(t1', t2')
& q(x, z) (1)
```

式(1)は、“デバイスdの端子t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>に性質p(x)をもつ入力xが与えられると、関係q(x, z)を満たす出力zがdの端子t<sub>1</sub>', t<sub>2</sub>'に得られる”ことを表わす。

以下にトランジスタの動作ルール(一部)の例を示す。

```
CONNECT(OBJ-transistor:tr,
        PARTIC-terminal:(ベース:b,
        エミッタ:e, コレクタ:c))
& GIVEN(OBJ-voltage:vbe,
        LOC-terminal:(b, e))
& DECREASE(INCREASE)(OBJ:vbe)
→ GIVEN(OBJ-current:ic, LOC-terminal:c)
& DECREASE(INCREASE)(OBJ:ic) (2)
```

このルールは定量的関係:  $i_c = g_m \cdot v_{be}$

( $i_c$ : コレクタ電流,  $g_m$ : 相互コンダクタンス,  $v_{be}$ : ベース・エミッタ電圧)

から得られたものである。

格構造解析によって得られた多様なテキスト文の内部表現は、推論によるテキスト理解を行なうため、回路図の接続情報などを援用して式(1)のような形式表現に標準化する。

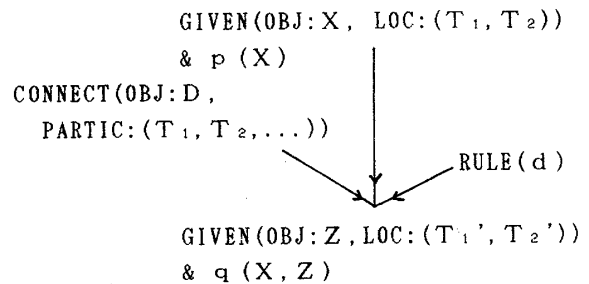
3. テキスト理解

回路動作の説明は各プロセスに分解して因果関係のチェーンとして記述される。これらの文は、前提文、原因結果文、結果文に分けられる。前提文は回路構成、接続関係や入力条件について記述する。原因結果文は原因部をF<sub>i</sub>, 結果部をF<sub>i+1</sub>で表わすと、

$$F_i \vdash F_{i+1} \quad (3)$$

の形をとる(‘ $\vdash$ ’は‘導く’を表わすものとする)。ここで、原因部F<sub>i</sub>は、前提文、先行する文の結果部あるいはこれより導かれる結果である。結果文は、その原因部が先行する文により導かれるため、原因結果文の原因部を切り離したものである。

テキスト理解とは、式(3)の各プロセスの説明を基本デバイスの動作ルールを用いた推論によりチェックし、因果関係のチェーンを検証することである。ここでは、式(1)のようなデバイスdの動作ルールを用いた各プロセスの推論結果を次のような図式で表わす。



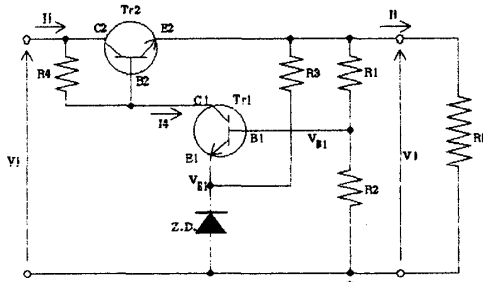
4. 情報抽出

以上述べたテキスト理解により、テキストに陽に記述されていない内容の質問にも同様な推論により解答できるものと思われる。例えば、テキストとは異なる前提の場合どういう動作をするかなどの質問である。ここでは、いろいろな角度からの質問に解答できるようにテキスト理解の結果の情報に関係表の形に抽出する。すなわち、形式表

現の述語やイベント間の関係などのカテゴリごとに関係表を設け、そのカテゴリ名を関係表名とし格ラベルを関係表の属性名とする。回路の分野では、COMPOSITION, CONNECTION, FUNCTION, INPUT-OUTPUT-RELATION や CAUSAL-RELATION などの関係表が考えられる。質問の解答には関係検索の手法とテキスト理解と同様な推論の手法を用いる。

5. 例

以下に、定電圧回路のテキスト理解の例を示す。まず、(a)のテキストを格構造解析して(b)の内部表現を作る。次に、標準化ルールと回路図の接続情報などを用いて(b)の内部表現を(c)の形式表現に変換する。得られた形式表現を、式(2)のような基本素子の動作ルールと回路図の接続関係を用いた推論により検証し、(d)のような回路動作の因果関係のチェーンを得る。



(a) テキスト

- ① 出力電圧 V1 が小さくなると ② ベース B1 の電位が下がる。
- ③ エミッタ E1 の電位は一定であるから、
- ④ VBE1 が小となり ⑤ Tr1 のコレクタ電流 I4 が小さくなる。.....

(b) 内部表現

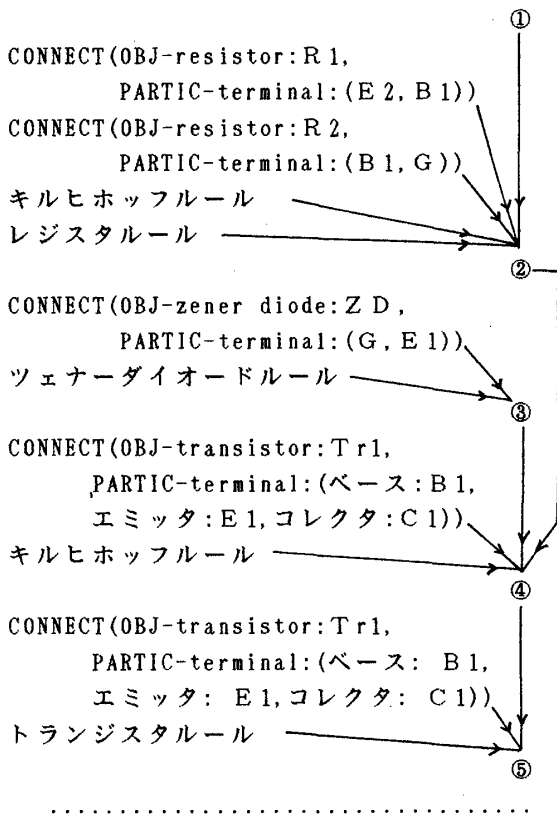
- ① (IF: (PRED: 小さくなる, OBJ: 出力電圧 V1),
- ② THEN: (PRED: 下がる, OBJ: 電位 (ATTR: \*, OBJ: ベース B1)))
- ③ (CAUSE: (PRED: 一定である, OBJ: 電位 (ATTR: \*, OBJ: エミッタ E1)))
- ④ RESULT: (PRED: 小となる, OBJ: VBE1)
- ⑤ AND (PRED: 小さくなる, OBJ: コレクタ電流 I4 (ATTR: \*, OBJ: Tr1)))
- .....

(c) 形式表現

- (IF:
- ① GIVEN(OBJ-voltage: V1, LOC: between(E2, G)) & DECREASE(OBJ: V1)
- THEN:
- ② GIVEN(OBJ-voltage: VBE1, LOC: between(B1, G)) & DECREASE(OBJ: VBE1)

- ③ GIVEN(OBJ-voltage: VE1, LOC: between(E1, G)) & STEADY(OBJ: VE1)
- ④ GIVEN(OBJ-voltage: VBE1, LOC: between(B1, E1)) & DECREASE(OBJ: VBE1)
- ⑤ GIVEN(OBJ-current: I4, LOC: C1) & DECREASE(OBJ: I4)
- .....

(d) 推論結果



6. あとがき

本稿では主に定性的説明のテキスト理解について述べた。数式を含む定量的説明に対しても、推論系と数式処理システムが強力なものになれば、これらの援用によりテキストを理解することができるものと思われる。また、テキストの記述には、抽象的でマクロなレベルからオブジェクトのミクロなレベルまでいろいろあるが、これらの間の関係を理解することも重要な問題である。

参考文献

1) Johan De Kleer: How Circuits Work, Artificial Intelligence, Vol. 24, pp. 205-280 (1984).  
 2) 石谷・高松・西田: 論理回路テキストの検証による理解, 情報処理学会 37 回大会, 7C-1 (1988).