

電子回路の知識データベースと推論技術

小 池 明・古 川 昇・大 賀 誠

Application of Knowledge Database System and Reasoning Technology for Circuit Design

Akira KOIKE, Noboru FURUKAWA and Makoto OOGA

CADによる電子回路設計はかなり早くから実用化された。回路図を描くにはいくつかの登録部品を直線で結ぶだけでよく、しかも2次元で済むことから、機械設計よりもはるかに容易であり、ワークステーションやパソコンで手軽に行える。しかしこれは回路設計のほんの一部をカバーしているにすぎない。要求される機能を持たせるにはどの様に回路を組み上げよいかということ、いわゆる機能設計はコンピュータには無理であり、人間、それもエキスパートに任せるしかないと考えられてきた。本研究ではこのような分野に知識工学を応用することを試みた。

キーワード：CAD/CAM，知識工学，回路設計，機能設計，論理設計

1. 緒 言

一口に電子回路設計といってもいろいろなステップがある。まず、ある要求をみたすにはどの部品を用いて、それをどの様につなげばよいかを決定すること、いわゆる機能設計を行う。次にその結果を基に回路図を作成し、動作を検証する。検証の方法としては、実際にユニバーサル基板上に回路を試作して実験するか、机上で論理シミュレーションを行うことになる。ここまでのステップは論理設計と呼ばれる。論理設計が終了したら、実際のプリント基板上で電子部品をどの様に配置するか、また基板の配線パターンをどうするかを決める。これがレイアウト設計である。

上記のステップのうち、現在のCADで十分対応できるのは回路図作成と論理シミュレーションの一部だけである。その他の分野はいずれもかなりの知識と経験を要する。

本研究では機能設計に関する意志決定支援に取り組むことにした。そのためにはまず、個々の部品の特性を熟知しておく必要がある。今年度は、TTL-ICをその特性について分類してデータベース化し、部品選択のための意志決定を支援するエキスパートシステムを構築した。

2. デジタル ICの特性

TTL-ICのゲート回路だけにとっても、その分類方法は次の通りさまざまである。

(1) 基本機能による分類

- ① NAND回路
- ② NOR回路
- ③ インバータ回路
- ④ AND回路
- ⑤ OR回路
- ⑥ XOR回路

(2) 入力数による分類

- ① 2入力 ② 3入力
- ③ 4入力 ④ 8入力
- ⑤ 13入力

(3) 入力信号による分類

- ① シュミットトリガ入力ではない。
- ② シュミットトリガ入力である。

(4) 出力方式による分類

- ① トーテムポール出力
- ② オープンコレクタ出力（5V耐圧）
- ③ オープンコレクタ出力（15V耐圧）

3. 電子部品選択エキスパートシステム

(3) ルールの編集

知識を整理して IF-THEN 形式のルールを記述する。図 2 に部品選択ルールの例を示す。

§	ルール番号	2
もし		
1) 入力	はシュミットトリガである。	(+0.20 ≤ 確信度 ≤ +1.00)
かつ	2) NOR回路である。	(+0.20 ≤ 確信度 ≤ +1.00) または
	3) AND回路である。	(+0.20 ≤ 確信度 ≤ +1.00) または
	4) OR回路である。	(+0.20 ≤ 確信度 ≤ +1.00) または
	5) バッファ回路である。	(+0.20 ≤ 確信度 ≤ +1.00) または
	6) XOR回路である。	(+0.20 ≤ 確信度 ≤ +1.00)
ならば		
1) 入力数	はその他である。	(確信度 = +1.00)
2) 該当する IC	は存在しないので、複数の IC を組み合わせることになります。	(確信度 = +1.00)
解説		
シュミットトリガ入力の素子は、NAND とインバータしかない。		

図2 部品選択ルール (例)

4. 回路シミュレータ

設計された電子回路が要求どおりの機能を果たすかどうか検証するには 2通りの方法がある。1つはその回路をユニバーサルボードまたはプリント基板に実装して電源につなぎ実験する方法である。もう 1つは、机上で電気信号の変化を追っていく方法である。簡単な回路であれば人間が目で追っていくことができるが、複雑な回路になると非常に面倒であり設計ミスを犯しやすくなる。本研究では、パソコン上で論理シミュレーションを行うことを試みた。

Prolog 言語によって論理素子の動作を記述した例を図 3 に示す。数字の 0 および 1 はそれぞれ信号の L および H を表している。NAND ゲートは AND ゲートとインバータの組合せで表現できる。

この定義により、図 4 の回路を Prolog で表現すると以下のようになる。

```
circuit 1 (A, B, C, D, E, F, X) :-
    nand (B, C, G),
    nor 3 (G, D, E, H),
    or (A, H, I),
    and (H, F, J),
    diff (I, J, O, X).
```

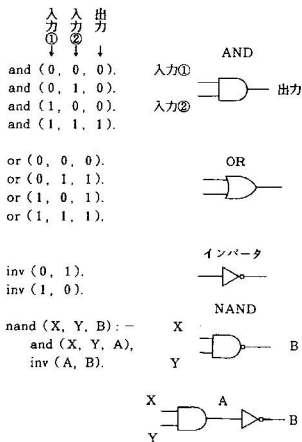
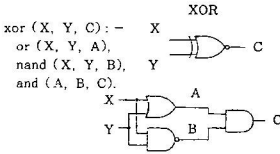
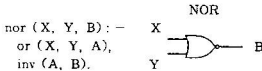
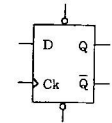


図3(1) 論理素子の Prolog 表現



D	Ck	Q(前)	Q(後)
dff (0, 1, -, 0).			
dff (1, 1, -, 1).			
dff (-, 0, 0, 0).			
dff (-, 0, 1, 1).			

Dフリップフロップ



Ck	J	K	Q(前)	Q(後)
jkff (0, 0, 0, 0, 0).				
jkff (0, 0, 0, 1, 1).				
jkff (0, 1, 1, -, 1).				
jkff (0, 1, 0, -, 0).				
jkff (0, 1, 1, 0, 1).				
jkff (0, 1, 1, 1, 0).				
jkff (1, -, -, -, -).				

JKフリップフロップ

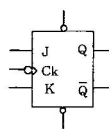


図3(2) 論理素子の Prolog 表現

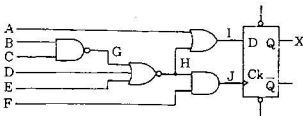


図4 論理回路の例

この回路で入力信号を, $A = 1, B = 0, C = 1, D = 0, E = 1, F = 0$ とした場合, 出力 X はつぎのような質問によって求められる。

?circuit1 (1, 0, 1, 0, 1, 0, X). <CR>

$X = 0$ <CR>

yes

逆に出力 $X = 1$ となるような入力信号は, 次の質問で求められる。

?circuit1 (A, B, C, D, E, F, 1). <CR>

$A = 0$

$B = 1$

$C = 1$

$D = 0$

$E = 0$

$F = 1$ <CR>

yes

5. 結 言

本研究では, 電子回路の機能設計の第一歩として, 電子部品選択を支援するエキスパートシステムを構築した。部品選択に必要な条件のすべてが揃わなくても, いくつかの候補を挙げることができ, 該当する部品がない場合には, ICを組み合わせて代替させるようにした。

今後は, システムをさらに発展させて機能設計そのものができるエキスパートシステムを開発することが課題となろう。

文 献

- 1) 小池 明・古川 昇・山崎隆志: CADによる機械部品の知識処理技術に関する研究, 広島県立東部工業技術センター報告 No 2 (1989)
- 2) 溝口文雄: AIテクノロジー, オーム社 (1986)