

# Conservative 論理回路의 縱續實現 (Cascade Realization of Conservative Logic Circuits)

高 瓊 植\*, 全 慶 一\*\*  
( Koh, Kyung Shik and Jun, Kyong Il )

### 要 約

本 論文에서는 conservative 論理回路의 縱續接續에 관한 原理를 밝히고 任意의 3-3 論理回路를 最小限의 素子를 縱續하여 실현시키는 문제를 취급하였다.

다만 第 5, 15, 21, 24 및 第 29의 5종의 基本類型을 선택하여 이들 중 2개만을 종속함으로써 31종의 全基本類型을 실현시켰다. 本 論文의 合成方法에 있어서는 入出力線의 交叉를 허용하였는데 그 上限은 3으로 족하였으며, 合成結果를 表로 要約整理하였다.

### Abstract

In this paper, the principles of cascade realization of conservative logic circuits are explored and the problem of realizing arbitrary 3-3 logic circuit with minimal number of logic elements is handled.

The five primitive classes 5, 15, 21, 24 and 29 are selected to realize all of the 31 equivalent classes by cascading only two of them. The crossovers of lines are permitted in this realization and the upper bound of crossovers is three. The results are summarized and listed in a table.

### 1. 序 論

1960年代後半에 Bell 電話研究所에서 磁性材料의 薄膜내를 이동하는 磁氣바블의 형태로 데이터·비트를 저장할 수 있다는 새로운 技術이 발표된 후<sup>[1]</sup> 이 方面의 연구가 활발히 진행되어 많은 論文이 발표되었으며<sup>[2]~[8]</sup> 또한 技術面에서도 많은 進전을 보여 1970年代初에 벌써 0.36 cm<sup>2</sup> garnet 바블·칩내에 5 × 10<sup>4</sup> 비트의 貯藏能力을 보유하고 1 MHz의 비율로 직경 6μm의 바블이 이동하는 技術의 報告가 나왔

다.<sup>[15]</sup> 그 결과 바블·메모리는 코어·메모리보다 저렴하며 磁氣디스크·메모리보다 10 배나 빨리 동작하는 사실이 입증되었다. 현재 개발되고 있는 바블·메모리는 많은 면에서 디스크·메모리와 유사한 점이 있으며 情報가 磁性薄膜내에서 磁化狀態로 저장되는 점에서는 동일하지만 이들 사이에는 근본적인 相異點이 있다. 디스크·메모리에 있어서는 薄膜이 기계적으로, 一次元的으로 리드와이어·헤드(read wirehead)를 高速으로 이동하며 情報가 固定的인데 반하여, 바블·메모리에 있어서는 薄膜내를 바블이 高速으로 이동하며 情報가 二次元的으로 어떤 장소에도 이동할 수 있다. 일반적으로 磁氣바블장치에 있어서는 저장된 데이터를 읽어내거나 다시 써 넣지 않고서 여러 論理作用이 가능하며 可動部分이 없기 때문에 長期間 信賴性 있는 動作이 가능하다는게 그 특색이라고 할 수 있다.

\*\* 正會員, 仁荷大學校 電子工學科  
( Dept. of Electronics Eng., Inha Univ. )

\*\* 準會員, 仁荷工業專門大學  
( Inha Technical Junior College )

接受日字: 1980年 8月 7日

일반 기억素子 뿐만 아니라 論理素子로서의 磁氣바블·게이트에 관한 연구도 아울러 진행되었으며, 지금까지 개발된 형식에는 磁氣바블傳達에 의한 論理게이트<sup>[9][10]</sup>, conjugate 게이트<sup>[11]~[13]</sup> RCL(resident bubble cellular logic) 게이트<sup>[14]</sup> conservative 論理게이트<sup>[15]</sup> 등이 있다. 이중에서 磁氣바블傳達에 의한 論理게이트는 電流驅動型이고 기타는 磁界驅動型이다. 磁界驅動型중에서 conservative 論理게이트는 入力數와 出力數가 같고 게이트내에서 바블을 生成시키거나 소멸시키는 과정이 없는 利點이 있으며, 또 게이트의 종류도 다양하기 때문에 현재로서는 가장 바람직한 것이라고 할 수 있다.

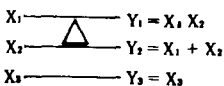
本 論文에서는 conservative 論理게이트의 縱續接續에 관한 原理를 論하고 3入力-3出力回路의 모든 基本類型을 5개의 基本類型의 2段接續으로 실현시킬 수 있음을 밝히고자 한다.

2. Conservative 論理回路

일반적으로 入力數와 出力數가 같고 素子내부에서는 磁氣바블이 소멸되거나 생성되지 않는 論理回路를 conservative 論理回路라고 한다. 入出力數가 다 같이 n일 때는 n-n 回路라고 하는데 현재로서는 3-3 回路가 보편적이다. 그림 1에는 그 한 類型을 표시하였는데 permalloy overlay가 갈매기꼴이기 때문에 conservative 3-3 回路를 일명 chevron 3-3 回路라고도 한다. 그림에서 보는바와 같이 磁氣바블의 세 경로는 相互作用區間에서 서로 접근하고 있는데 갈매기꼴의 크기 및 간격을 달리해 줌으로써 바블사이의 相互作用이 달라진다. 單-바블이 들어올 때는 그 경로는 permalloy overlay에 의하여 결정되는데 갈매기꼴의 密度가 큰쪽으로 끌리며 密度가 균등할 때는



(a) Permalloy 회로소자



(b) Symbolic circuit

그림 1. 3入力-3出力 conservative 回路  
Fig. 1. 3-input 3-output conservative circuit.

제 경로를 유지한다. 2개의 바블이 들어올 때는 바블의 이동은 경로의 모양과 反撥力에 의하여 결정되며, 균등한 채널에서는 두 바블은 反撥力에 의하여 上段과 下段의 경로를 통하여 빠져나간다. 세 入力端子を 통하여 3개의 바블이 동시에 들어 올 때는 각각 세 경로를 통하여 다 나가는 것은 물론이다. 그림 1의 類型에 있어서는 單-바블이 入力端子 1, 2, 3에 들어 올 때는 각각 出力端子 2, 2, 3을 통하여 빠져 나간다. 2개의 바블이 入力端子 2-3으로 들어 올 때는 出力端子 2-3으로 빠지고, 入力端子 1-3으로 들어 오면 역시 出力端子 2-3으로 빠지고, 入力端子 1-2로 들어 오면 出力端子 1-2로 빠진다.

지금 세 入力を  $X_1, X_2, X_3$ , 세 出力을  $Y_1, Y_2, Y_3$  이라고 하면 入出力사이에는 표 1의 관계가 성립한다. 세 入力端子を 통하여 바블이 전연 들어오지 않을 때는 出力端子を 통하여 나가는 바블이 없고, 또

표 1.

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	
0	0	0	0	0	0	} 한출에 대해서 세 종류들
1	0	0				
0	1	0				
0	0	1				
0	1	1				
1	0	1				
1	1	0				
1	1	1	1	1	1	

세 入力端子を 통하여 3개의 바블이 들어오면 세 出力端子에다 나갈 것이므로 표 1의 첫출 및 끝출의 應動은 당연하다. 그러나 바블이 1개 또는 2개만 들어 올 때의 應動은  $3^6 = 729$  종류가 있다. 따라서 729개의 3-3 回路가 성립하지만 入力 및 出力의 順列만이 바뀌어진 것을 同一類型으로 간주한다면 等價의으로 31종의 基本類型이 성립한다.<sup>[15][16]</sup> 그림 1의 3-3 回路는 이와 같은 基本類型중의 第8類型에 해당하는 것으로 이에 대한 眞理表는 표 2와 같다.

Sasao 및 Kinoshita<sup>[18]</sup>는 이와 같이 眞理表를 간략하게 표시하기 위하여 다음과 같은 記號를 채택하고 있다.

$$\mu = \frac{(a_1 \ a_2 \ a_3)}{(b_1 \ b_2 \ b_3)}$$

표 2.

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1

여기서  $a_1, a_2, a_3$  은 入力벡터  $e_1 = (1, 0, 0)$ ,  $e_2 = (0, 1, 0)$ ,  $e_3 = (0, 0, 1)$  에 대한 出力벡터이며,  $b_1, b_2, b_3$  은 入力벡터  $\bar{e}_1 = (0, 1, 1)$ ,  $\bar{e}_2 = (1, 0, 1)$ ,  $\bar{e}_3 = (1, 1, 0)$  에 대한 出力벡터를 뜻한다. Conservative 回路이기 때문에  $a_1, a_2, a_3$  은  $e_1, e_2, e_3$  중의 任意的 것을 취하고,  $b_1, b_2, b_3$  은  $\bar{e}_1, \bar{e}_2, \bar{e}_3$  중의 任意的 것을 취하는 물론이다. 이와 같은 表記法에 의하면 앞의 第8類型的의  $\mu$  表記는  $\begin{pmatrix} 2 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix}$  와 같다. 그리고 이 類型的의 세 出力論式은 다음과 같다.

$$Y_1 = X_1 X_2, Y_2 = X_1 + X_2, Y_3 = X_3$$

Minnick 등은 [15][16] 3-3 回路의 31 種의 基本類型에 대한 갈매기꼴의 permalloy overlay 와 回路의 表記法 및 出力論式을 表로 만들고, 또 729 개의 3-3 回路를 等價인 것을 한데 묶어 31 種의 基本類型으로 分類表示하고 있다.

3. 3-3 Conservative 回路의 縱續接續

3-3 conservative 回路를 몇개 縱續으로 접속하면 다른 類型的의 3-3 回路를 얻을 수 있다. 가령 그림 2 와 같이 第8類型的을 2개 縱續으로 접속하면 第3類型的을 합성할 수 있다. 第3類型的의  $\mu$  表記는  $\begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}$  이고, 出力論式은

$$Y_1 = X_1 (X_2 + X_3), Y_2 = X_2 X_3, Y_3 = X_1 + X_2 + X_3$$

이다. 그림 2 에서 入力線 또는 出力線이 交叉되어 있는데, 入力線이 交叉되었을 때는  $\mu$  表記의 列의 順序가 바뀌어지고, 出力線이 交叉되었을 때는  $\mu$  表記의 列의 값이 바뀌어진다. 그림 2 에 있어서 첫째단의 回

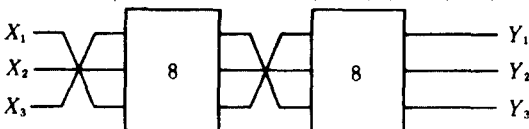


그림 2. 3-3 論理回路의 縱續接續例  
Fig. 2. Cascade realization of 3-3 logic circuit.

路의 入力線이 交叉되고 또 出力線도 交叉되었다고 생각하면 이 단의  $\mu$  表記는 결국

$$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 3 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

으로 바뀌어진다. 따라서 縱續回路의 等價  $\mu$  表記는

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 2 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

이 된다. 이것을 前段 및 後段의 入力線이 각각 交叉되었다고 생각하면  $\mu$  表記는 다 같이

$$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 3 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

으로 되며 전체적인  $\mu$  表記는

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 3 & 2 & 2 \\ 3 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}$$

으로 되어 결국 같은 결과를 얻는다.

반대로 任意的 한 3-3 論理回路를 다른 3-3 論理回路의 중속접속에 의하여 合成하는 문제를 다룰 때는  $\mu$  表記외에  $\delta$  表記를 도입하는 것이 편리한데, 다음 표 3 에 의하여  $\delta$  表記法을 설명한다.

표 3.

類 型	$\mu$ 表記	$\delta$ 表記
# 8	$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}_{12}^{12}$
# 3	$\begin{pmatrix} 2 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{23}^{123}$

여기서  $\delta$  表記의 괄호안의 數字는  $\mu$  表記의 같은 列의 上下段의 값이 같을 때는 1, 틀릴 때는 0 을 배당하고, 괄호밖의 數字는 上段의 數字는  $\mu$  表記의 上段의 값이 같은 자리를, 下段의 數字는  $\mu$  表記의 下段의 값이 같은 자리를 표시한다.

지금  $\delta$  表記를 비교하여 合成如否를 판단하는 基準을 요약하면 다음과 같다.

(1)  $\delta$  表記의 괄호밖 上段(또는 下段)의 數字가 空欄인 回路만을 중속하여 괄호밖 上段(또는 下段)의 數字가 空欄이 아닌 回路를 合成할 수는 없다.

(2)  $\delta$  表記의 괄호밖 上段(또는 下段)의 數字의 자리數가 많은 回路를 중속하여  $\delta$  表記의 괄호밖 上段(또는 下段)의 數字의 자리數가 작은 回路는 合成할

수 없다.

(3)  $\delta$  表記의 괄호밖 上段(또는 下段)의 數字가 3 자리인 回路를 괄호밖 上段(또는 下段)의 數字가 2 자리인 回路로 合成할 때는 2段이 필요하다.

(4) 合成해야 할 回路의  $\delta$  表記의 괄호밖 數字가 종속할 回路의 괄호밖 數字와 相異할 때는( $\delta$  表記의 괄호안 數字도 참작하여) 縱續段의 入出力線을 交叉한다.

앞의 例에서도 아는 바와 같이 第8類型을 종속하여 第3類型을 合成할 수는 있어도 반대의 경우는 위의 原則(2)에 위배되므로 불가능하다. 다음에 第6類型을 例로 들어 第15 및 第21類型을 종속하여 合成하는 문제를 高찰함으로써 conservative 論理回路의 合成節次를 설명하기로 한다. 물론 여기서 第6類型은 其他의 基本類型에 의해서도 合成할 수는 있다. 이들의  $\mu$  表記 및  $\delta$  表記는 表4와 같다.

우선 第6類型과 第15類型的  $\delta$  表記를 비교하면 括호밖 上段의 數字가 틀리므로 第15類型的 第1 및 第3 入力線을 서로 交叉한다. 그러면  $\mu$  및  $\delta$  表記는

表 4.

類 型	$\mu$ 表記	$\delta$ 表記
# 6	$\frac{(3\ 1\ 1)}{(2\ 1\ 2)}$	$(0\ 1\ 0)_{13}^{23}$
# 15	$\frac{(2\ 2\ 3)}{(1\ 2\ 3)}$	$(0\ 1\ 1)_{12}^{12}$
# 21	$\frac{(1\ 2\ 3)}{(2\ 2\ 3)}$	$(0\ 1\ 1)_{12}^{12}$

각각  $\frac{(3\ 2\ 2)}{(3\ 2\ 1)}, (1\ 1\ 0)_{13}^{23}$  과 같이 變한다. 다음에 第6類型的  $\delta$  表記의 括호밖 下段의 數字는 13 이므로 入力線을 交叉시킨 第15類型的  $\mu$  表記下段의 第1列 및 第3列의 數字를 본다. 그러면 각각 3과 1이므로 종속시킬 第21型的  $\mu$  表記의 下段의 第1, 2列의 같은 數字2가 第3列 및 第1列에 오도록 入力線을 交叉시킨다. 그 方法으로는 第2線과 第3線을 交叉시키는 方法과 第2線을 第1線으로, 第3線은 第2線으로 第1線은 第3線으로 되게 交叉하는 두 方法이 있다. 그러나 여기서는 後者의 경우가 尤호하다. 따라서 이 두단을 종속시킬 경우  $\mu$  表記는

$$\frac{(3\ 2\ 2)}{(3\ 2\ 1)} \cdot \frac{(2\ 3\ 1)}{(2\ 3\ 2)} = \frac{(1\ 3\ 3)}{(2\ 3\ 2)}$$

가 된다. 따라서 出力段의 第1 및 第3 出力線을 서로 交叉시키면 合成  $\mu$  表記는  $\frac{(3\ 1\ 1)}{(2\ 1\ 2)}$  가 되어 결국 第6類型은 그림3과 같이 合成된다.

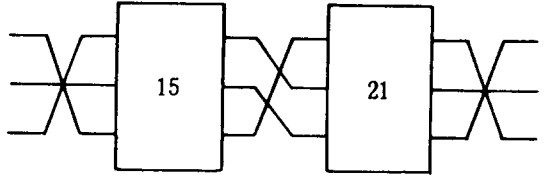


그림 3. 第6類型的 合成例  
Fig. 3. Cascade realization of class 6.

4. 2段縱續에 의한 3-3 論理回路의 合成

Minnick 등은 [16][17] 3-3 conservative 論理回路의 31종의 基本類型을 종속집속에 의하여 合成하는 문제를 電子計算機에 의하여 처리하고 그 결과를 검토하였다. 2종의 基本類型을 기초로하여 여타의 基本類型을 合成하는데 있어서는 第8-21型, 第8-15型, 第8-5型的 3組가 가장 유리하며 이들의 종속에 의하여 31종중 13종이 합성가능함을 지적하였는데, 이 경우 최고 4단의 종속에 의하여 실현시켰다. 또 3종의 基本類型을 가지고 여타의 基本類型을 종속합성하는데는 第21-15-23型的 組合이 가장 유리하며, 31종중 29종까지 합성가능하며 이때 최고 6段的 종속이 필요함을 밝혔다. Sasao 및 Kinoshita [14]는 第15, 21, 24의 3종의 基本類型을 기초로하여 全基本類型을 合成할 수 있음을 밝혔다는데 이때 최고 4단까지의 종속과 4회의 交叉에 의하여 실현시켰다.

本 論文에서는 이들과는 달리 第5, 15, 21, 24, 29 類型的 5종을 사용하여 全基本類型을 최고 2段縱續과 3회이내의 交叉만으로 合成할 수 있음을 나타내고 그 合成回路를 제시하였다. 表5는 그 결과를 정리한 것인데 여기서  $A^d$ 는 回路A의 變對類型을 뜻한다. 가령 第3類型은 第2類型과 變對를 이루는데 이 類型的  $\mu$  表記 및  $\delta$  表記는 각각  $\frac{(2\ 2\ 2)}{(1\ 3\ 3)}, (0\ 0\ 0)_{23}^{123}$  이며, 이것은 第2類型的  $\mu$  表記 및  $\delta$  表記의 上下段을 교체한 것이다. 그리고 그 出力表現式은

$$Y_1 = X_1(X_2 + X_3), Y_2 = X_2 X_3, Y_3 = X_1 + X_2 + X_3$$

이다. 여기서 出力表現도 서로 變對가 된은 물론이며 論理積은 論理和로, 論理和는 論理積으로 바꾸어 놓으면 된다. 그리고 第3類型을 合成하는데 있어서는 第2類型的 合成에 필요한 第5類型的 變對回路 즉 第5類型을 그대로 2段 종속하여 合成할 수 있음을 뜻한다. 其외의 類型에 대해서도  $A^d$ 에 해당하는 回路를 합성하는데는 A 回路의 각 構成段의  $A^d$ 에

표 5. 最小素子構成에 의한 3-3 CLC

A	A <sup>d</sup>	$\mu$ 表記	$\delta$ 表記	出力論理表現	最小縱續合成回路
1	1	(333) (222)	[000] <sub>123</sub> <sup>29</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 X_2 X_3$ $X_1 + X_2 + X_3$	
2	3	(133) (222)	[000] <sub>123</sub> <sup>29</sup>	$X_1 + X_2 X_3$ $X_1 X_2 X_3$ $X_2 + X_3$	
4	18	(222) (112)	[001] <sub>12</sub> <sup>25</sup>	$X_1 X_2$ $X_3 + (X_1 \oplus X_2)$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 X_3$	
5	5	(233) (112)	[000] <sub>12</sub> <sup>21</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_2 + X_3$ $X_2 \cdot X_3 X_1$	
6	14	(311) (212)	[010] <sub>13</sub> <sup>21</sup>	$X \cdot X_1$ $X + X_2 X_3$	
7	11	(223) (112)	[000] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 X_2$ $X_1 X_3 + (X_1 \oplus X_2)$ $X_3 + X_1 X_2$ $X \cdot X_3$	
8	8	(233) (113)	[001] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 + X_2$ $X_3$	
9	19	(222) (123)	[010] <sub>12</sub> <sup>27</sup>	$X_1 (X_2 + X_3)$ $X_2 + (X_1 \oplus X_3)$ $X_3 (X_1 + X_2)$	
10	28	(222) (122)	[011] <sub>23</sub> <sup>27</sup>	$X_1 (X_2 + X_3)$ $X_2 (X_1 + X_3) + X_3 (X_2 \oplus X_1)$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_2 + X_1 X_3$	
12	20	(112) (213)	[010] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_3 (X_1 + X_2)$	
13	13	(113) (112)	[110] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 (X_1 + X_2)$ $X_1 \cdot X_2 X_3$	
15	21	(223) (123)	[011] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 (X_2 + X_3)$ $X_2 + X_1 X_3$ $X_3$	
16	30	(122) (231)	[000] <sub>12</sub> <sup>29</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_1 X_3 + (X_2 \oplus X_3)$ $X_2 (X_1 + X_3)$	
17	17	(223) (122)	[010] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 (X_2 + X_3)$ $X_2 X_3 + X_3 (X_2 \oplus X_3)$ $X_2 + X_1 X_3$ $X_2 (X_1 \cdot X_3)$	
22	22	(212) (112)	[011] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_3 + X_1 X_2$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$	

23	23	(123) (123)	[111]	$X_1$ $X_2$ $X_3$	
24	24	(231) (132)	[010]	$X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_1 X_3 + X_2 X_3$ $X_3$	
25	25	(222) (222)	[111] <sub>123</sub> <sup>25</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 \oplus X_2 \oplus X_3$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$	
26	26	(112) (221)	[000] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 X_3 + (X_1 \oplus X_2)$ $X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$	
27	27	(322) (223)	[010] <sub>12</sub> <sup>27</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_1 X_2 + X_2 X_3$	
29	29	(223) (223)	[111] <sub>12</sub> <sup>12</sup>	$X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_1 X_2 + X_2 X_3 + X_3 X_1$ $X_3$	
31	31	(231) (312)	[000]	$X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_1 X_2 + X_2 X_3$ $X_1 X_3 + X_2 X_3$	

해당하는 回路를 縱속하여 合成할 수 있음은 물론이다.

5. 結 論

磁氣不블理論을 論理素子構成에 도입한 것은 비교적 최근의 일이며, 현재 磁氣不블素子が 市販되기까지 이르렀으며 앞으로도 이 방면의 연구가 활발히 진행될 것이다.

本 論文에서는 縱續接續에 의한 conservative 論理回路의 合成原理를 論하고 이에 입각하여 31 種의 基本類型을 合成하는데 그 중 5 種을 選하여 이들의 2 段接續만으로 可能性을 밝혔는데, 이 사실은 Minnick 및 Sasao 등의 論文에서도 언급된 바 없다. 本 論文에서는 入出力線을 交叉한다는 前提下에서의 合成節次를 論하였는데 交叉를 허용하지 않는다면 이들 5 種외에 第 23 類型이 필요하게 된다.

參 考 文 獻

1. A. H. Bobeck, "Properties and device application of magnetic domains in orthoferrites," B. S. T. J., Vol. 46, No. 8 (October 1967) pp. 1901 ~ 1925.
2. A. A. Thiele, "The theory of cylindrical magnetic domains," B. S. T. J., 48, No. 10

- (December 1969), pp. 3287~3336.
3. R.P. Kurshan, "All terminal bubbles programs yield the elementary symmetric polynomials," B.S.T.J. Vol. 49, pp. 1991~1994, 1970.
  4. A.H. Bobeck, R.F. Fisher and A.J. Perneski, "A new approach to memory and logic cylindrical domains devices," in 1969 Fall Joint comput. Conf., AFIPS Conf. Proc., Vol. 35, Montvale, N.J.: AFIPS Press, 1969, pp. 489~498.
  5. A.J. Perneski, "Propagation of cylindrical magnetic domains in orthoferrites," IEEE Trans. Magnet., Vol. MAG-5, pp. 554~557. Sept. 1969.
  6. A.H. Bobeck and H.E.D. Scovil, "Magnetic bubbles", Sci. Amer. Vol. 224, pp. 78~90, June 1971.
  7. A.H. Bobeck, R.F. Fisher and J.L. Smith "An Overview of magnetic bubble domains - Material Device Interface," American Institute of physics conference proceeding, No. 5, pp. 45~55, 1971.
  8. S.Y. Lee and H. Chang, "Magnetic bubble logic," IEEE Trans. Magnet., Vol. MAG-10, pp. 1059~1066, Dec. 1974.
  9. R.L. Graham, "A mathematical study of a model of magnetic domain interactions," B.S.T.J., Vol. 49, pp. 1627~1644, 1970.
  10. A.D. Friedman and P.K. Menon, "Mathematical models of computation using magnetic bubble interactions," B.S.T.J., Vol. 50, pp. 1701~1719, July-August 1971.
  11. A.H. Bobeck, R.F. Fisher, A.J. Perneski, J.P. Remeika and L.G. Van Uitert, "Application of orthoferrites to Domain-wall devices," IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-5, Sept. 1969, pp. 544~553.
  12. P.I. Bonyhard, I. Danylchuck, D.E. Kish and J.L. Smith, "Application of bubble devices," IEEE Trans. Magn., Vol. MAG-6, pp. 447~451, Sept. 1970.
  13. R.M. Sandfort and E.R. Burke, "Logic function for magnetic bubble device," IEEE Trans. Magnet (1971 Special INTERMAG Issue), Vol. MAG-7, pp. 358~361, Sept. 1971.
  14. M.R. Garey, "Resident-bubble cellular logic using magnetic domains," IEEE Trans. Comput., pp. 392~396, Apr. 1972.
  15. R.C. Minnick, P.T. Bailey, R.M. Sandfort, and W.L. Semon, "Magnetic Bubble logic" WESCON Proc., 8/4, pp. 1~13, 1972.
  16. R.C. Minnick, P.T. Bailey, R.M. Sandfort and W.L. Semon, "Magnetic bubble computer systems," in proc. AFIPS, Conf., Vol. 41, Dec. 1974.
  17. R.C. Minnick, P.T. Bailey, R.M. Sandfort and W.L. Semon, "Cascade realizations of magnetic bubble logic using a small set of primitives," IEEE Trans. Comput., Vol., C-24, pp. 101~109, Feb. 1975.
  18. T. Sasao and K. Kinoshita, "Cascade realization of 3-input 3-output conservative logic circuits," IEEE Trans. on Comp., Vol., C-27, pp. 214~221, Mar. 1978.

