

실험 1 기본 논리 회로

실험 목표

기본 논리 회로인 AND, OR, NOT, NAND, NOR 게이트 등의 동작 특성을 이해하고 이들 논리 회로의 개념을 진리치표 또는 Boole 대수로 나타낼 수 있는 능력을 배양한다.

실험 부품

- 74LS08 (AND Gate)
- 74LS32 (OR Gate)
- 74LS04 (Hex Inverter)
- 74LS00 (NAND Gate)
- 74LS02 (NOR Gate)
- 74HC04 (Hex Inverter)
- Breadboard
- Digital Multimeter

관련 이론

기본 논리 게이트

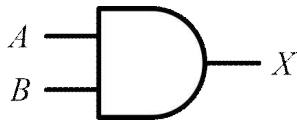
1. AND 게이트

두 개 이상의 입력을 가지는 논리 회로로서, 모든 입력이 1일 때만 1이 출력되는 논리 기능을 갖는 회로이다.

◆ 논리식

$$X = AB \text{ 또는 } X = A \cdot B$$

◆ 논리 기호



A	B	X
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

표 1-1. 진리치표

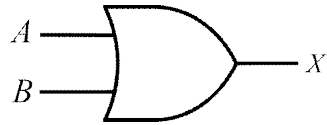
2. OR 게이트

두 개 이상의 입력을 가지는 논리 회로로서, 하나 이상의 입력이 1로 되면 출력이 1이 되고, 모든 입력이 0일 때에는 0이 출력되는 논리 기능을 갖는 회로이다.

◆ 논리식

$$X = A + B$$

◆ 논리 기호



A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

표 1-2. 진리치표

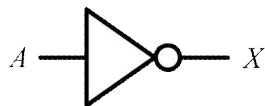
3. NOT 게이트 (inverter)

단일 입력을 가지는 논리 회로로서, 입력이 1이면 0이 출력되고, 입력이 0이면 1이 출력되는 부정의 기능을 갖는 회로이다.

◆ 논리식

$$X = A'$$

◆ 논리 기호



A	X
0	1
1	0

표 1-3. 진리치표

4. NAND 게이트

두 개 이상의 입력을 가지는 논리 회로로서, 모든 입력이 1일 때만 0이 출력되는 논리 기능을 갖는 회로이다. 따라서, 논리적으로는 AND 게이트의 출력에 inverter를 연결한 것과 동일한 결과를 얻게 된다.

◆ 논리식

$$X = (AB)' \text{ 또는 } X = (A \cdot B)'$$

◆ 논리 기호



A	B	X
0	0	1
1	0	1
0	1	1
1	1	0

표 1-4. 진리치표

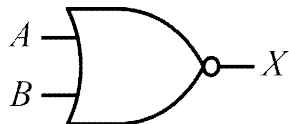
5. NOR 게이트

두 개 이상의 입력을 가지는 논리 회로로서, 하나 이상의 입력이 1로 되면 출력이 0이 되고, 모든 입력이 0일 때에는 1이 출력되는 논리 기능을 갖는 회로이다.

◆ 논리식

$$X = (A + B)'$$

◆ 논리 기호



A	B	X
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

표 1-5. 진리치표

실험 순서

1. 다음 회로에서 각 게이트의 출력값을 디지털 멀티미터(digital multimeter)로 측정하여 TTL IC가 실제 어떤 전압 레벨에서 동작하는지를 확인한다. 즉, 논리 0이 출력될 때 실제로 출력되는 전압과 논리 1일 때 실제로 출력되는 전압을 확인한다.

실험 A. AND 게이트 실험

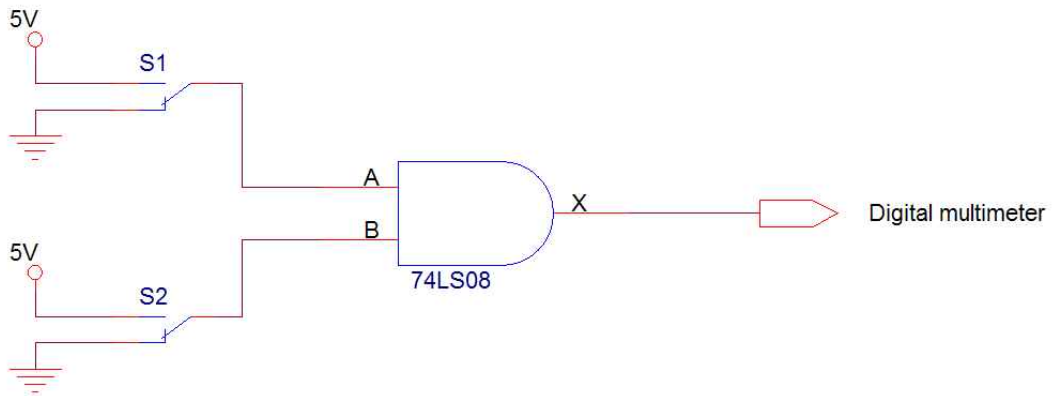


그림 1-6. AND 게이트 실험 회로

실험 B. OR 게이트 실험

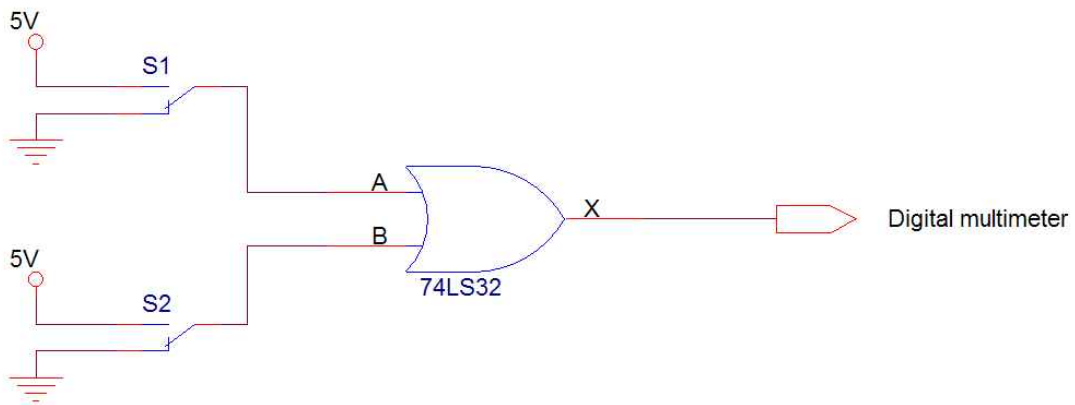


그림 1-7. OR 게이트 실험 회로

실험 C. NOT 게이트 실험

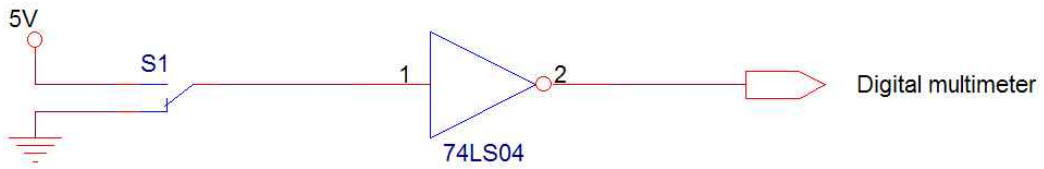


그림 1-8. NOT 게이트 실험 회로

실험 D. NAND 게이트 실험

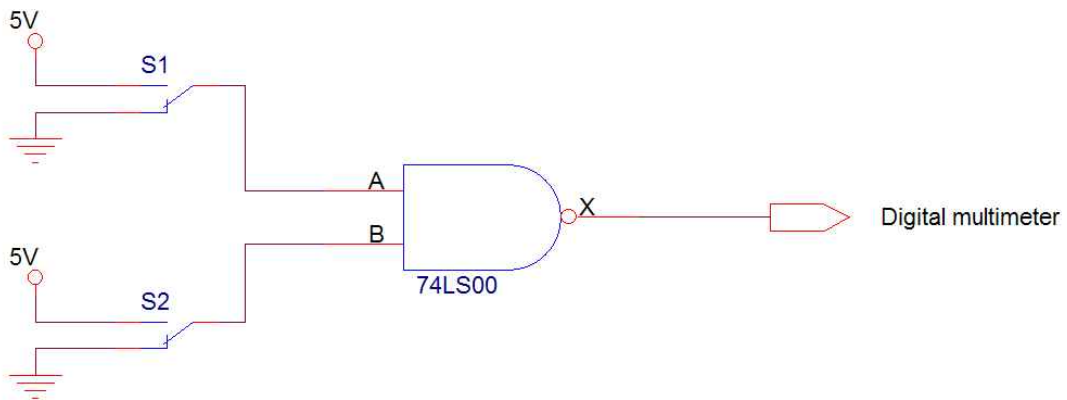


그림 1-9. NAND 게이트 실험 회로

실험 E. NOR 게이트 실험

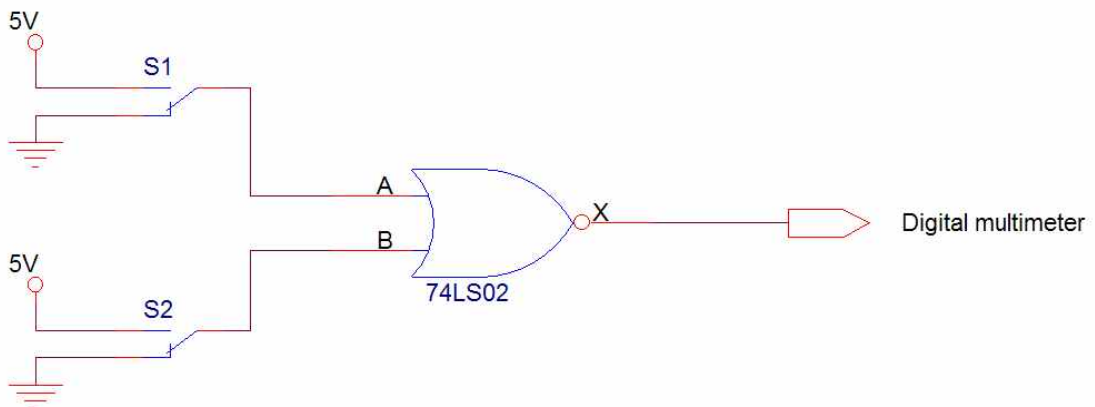


그림 1-10. NOR 게이트 실험 회로

2. 74LS04는 TTL 타입의 Hex inverter이며, 74HC04는 CMOS 타입의 Hex inverter이다. 이 두 IC의 차이점을 확인하기 위하여 출력단에 부하저항 R_L 을 사용하여 출력전압의 변화를 확인한다.

실험 F. 출력전압 측정 실험

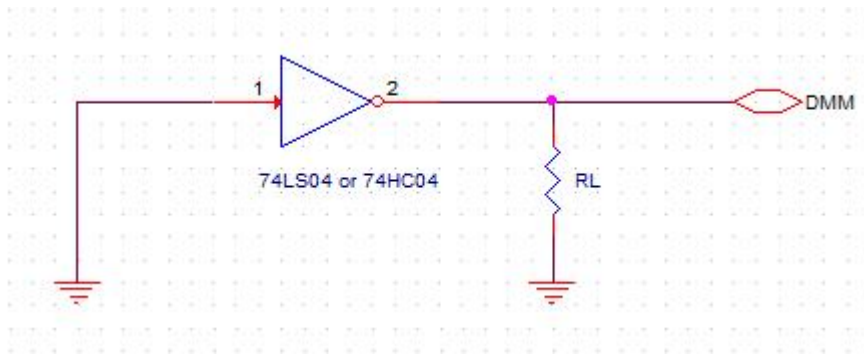


그림 1-11. R_L 에 따른 전압측정 실험 회로

IC	R_L
74LS04	NC (open)
	12 k Ω
74HC04	NC (open)
	5.1 k Ω
	1 k Ω
	510 Ω
	330 Ω

실험 보고서

데이터 및 관찰 내용

실험 A. AND 게이트 실험 결과

입력		출력	측정한 출력 전압 (V)
A	B	X	
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

실험 B. OR 게이트 실험 결과

입력		출력	측정한 출력 전압 (V)
A	B	X	
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

실험 C. NOT 게이트 실험 결과

입력	출력	측정한 출력 전압 (V)
A	X	
0		
1		

실험 D. NAND 게이트 실험 결과

입력		출력	측정한 출력 전압 (V)
A	B	X	
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

실험 E. NOR 게이트 실험 결과

입력		출력	측정한 출력 전압 (V)
A	B	X	
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

실험 F. TTL IC와 CMOS IC의 출력전압 측정실험

IC	R_L	전압 측정(V)	전류 계산(mA)
74LS04	NC (open)		
	12k Ω		
74HC04	NC (open)		
	5.1k Ω		
	1k Ω		
	510 Ω		
	330 Ω		

결과 및 결론

집적회로(IC) 제품으로 상용화되어 있는 논리 게이트(logic gate)에는 기본적으로 TTL IC와 CMOS IC가 있다. 74LS04와 74HC04를 예로 들어 이 두 종류의 IC에 대해 다음 항목들을 비교하여 설명하시오.

소비전력

동작 전압 범위

전파 지연 시간

V_{IH}

V_{IL}

V_{OH}

V_{OL}

I_{OH}

I_{OL}

실험 1 참고 자료

관련 이론

1. IC 계열별 종류 및 특징

IC는 재료에 따라 특성이나 기능이 정해진다. 쌍극형(biopolar)이나 전통적인 트랜지스터를 사용한 소자로는 TTL과 ECL이 있으며, 전계 효과 트랜지스터나 다극형 트랜지스터인 PMOS, NMOS, CMOS를 사용한 소자들이 있다. 이들은 특정한 용도(전력소모, 온도 등의 사용환경)에 따라 그룹으로 묶는다.

TTL은 BJT와 diode로 구성된 논리회로이며, CMOS는 NMOS와 PMOS FET로 구성된 논리회로이다. CMOS는 TTL보다 소비전력이 적고 사용전압 범위가 넓다는 장점이 있으나, 속도가 TTL보다 떨어진다는 단점이 있다. 그러나 최근에는 고속 CMOS IC가 개발되어 TTL과 비슷한 보급 성향을 보이고 있으며, TTL 중에서는 74계열 외에 군용과 같이 열악한 환경에서 동작할 수 있게 개발된 54계열이 있다.

TTL과 CMOS 각각 여러 종류가 있으며, TTL은 LS(low power-schotty)와 F(fast) 타입, CMOS는 4000B 계열과 HC(high speed CMOS) 타입을 주로 사용한다.

2. TTL IC

(1) TTL(transistor-transistor logic) 계열

디지털 IC(integrated circuit) 논리군들 중의 하나로서, 디지털 시스템 설계에서 가장 널리 쓰이며, 기본적인 회로는 NAND게이트이다. 일반적으로 입력전압이 0~0.8V 범위의 전압을 Low(0), 2.0~5.0V 범위의 전압을 High(1)로 인식한다.

TTL series name	Prefix	전력소모(mW)	전파지연(ns)	Speed-power product(pJ)
Standard	74	10	9	90
Low-power	74L	1	33	33
High-speed	74H	22	6	132
Schottky	74S	19	3	57
Low-power schottky	74LS	2	9.5	19
Advanced schottky	74AS	10	1.5	15
Advanced low-power schottky	74ALS	1	4	4

표 2-13. TTL IC 유형과 특성

(2) 전파지연(propagation delay)

게이트로 들어가는 신호가 입력에서 출력으로 전파되기까지는 일정한 시간이 소요되는데 이 시간 지연을 게이트 전파지연 시간이라고 정의한다.

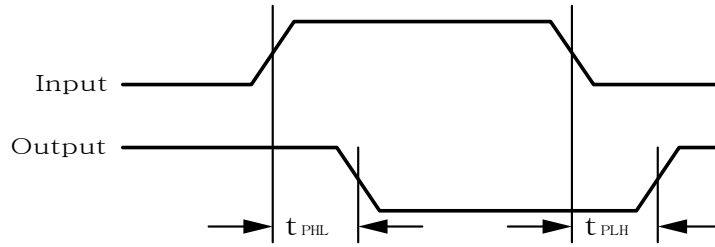


그림 2-12. Propagation delay

그림 2-1에서 출력이 High→Low로 변할 때의 전파 지연 시간을 t_{PHL} (propagation dealy time from high to low)이라고 하고, Low→High로 변할 때의 전파 지연 시간을 t_{PLH} (propagation dealy time from low to high) 라고 표시한다. t_{PHL} 와 t_{PLH} 은 입력이 50%가 될 때부터 출력이 50%가 될 때까지를 측정한다.

(3) Speed-power product

속도와 전력의 곱(speed-power product)은 TTL 시리즈를 비교하는데 중요한 파라미터가 된다. 이때 사용되는 단위인 [p](pico joule)은 전파지연과 전력소모와의 곱으로 주어진다. 이 파라미터의 값이 낮은 것이 바람직한데, 그 이유는 그것이 주어진 전파지연을 과도한 전력소모 없이 이룰 수 있고 또 그 반대로도 이룰 수 있다는 것을 나타내기 때문이다.

(4) TTL IC 출력 전류

1) I_{OH} (current, output high) : 출력이 High 일 때 소자 내부에서 외부로 흘러나가는 전류를 나타내며, 소자가 허용하는 값 이상의 전류가 흐르면 소자가 파괴된다. 그림 2-2에서와 같이 부하저항 R_L 값을 계산할 때 꼭 고려해야 한다. 전류의 방향을 고려하여 '-'로 표기한다. (표 2-2 참조)

2) I_{OL} (current, output low) : 출력이 Low 일 때 소자 외부에서 내부로 흘러 들어갈 수 있는 최대 전류를 말한다. 전류의 방향을 고려하여 '+'로 표기한다.(표 2-2 참조)

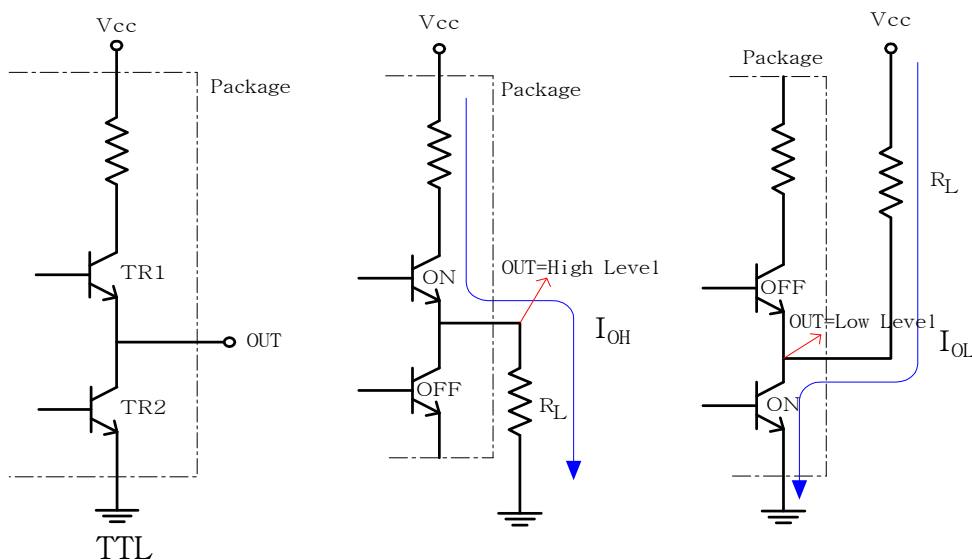


그림 2-13. I_{OH} 와 I_{OL}

Symbol	Parameter	Min	Type	Max	Unit
V_{CC}	Supply voltage	4.75	5.0	5.25	V
T_A	Operating ambient temperature range	0	25	70	°C
I_{OH}	Output current-high			-0.4	mA
I_{OL}	Output current-low			8.0	mA

표 2-14. 74LS00 IC의 동작 범위 예

(5) DIP(dual in-line package) type TTL IC의 예

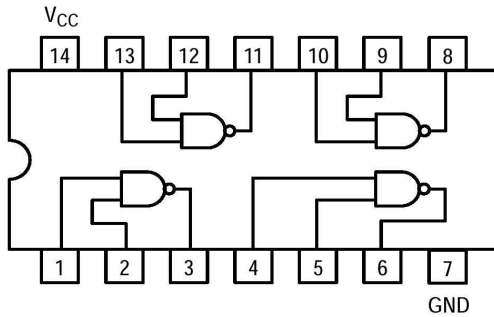


그림 2-14.

74LS00 IC 내부를 기호로 나타낸 그림

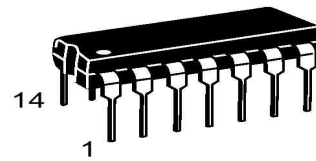


그림 2-15.

74LS00 DIP Type 외형