

【 기술 노트 3 】

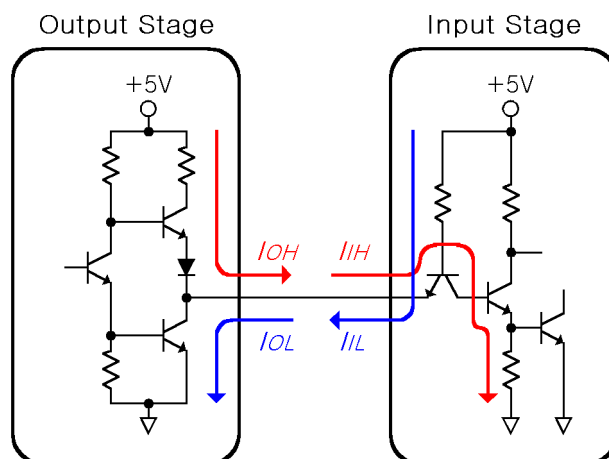
팬아웃이란 무엇인가?

일반적으로 디지털 회로에서 널리 사용되는 TTL이나 CMOS와 같은 표준논리소자들은 1개의 출력신호에 접속할 수 있는 입력신호의 수에 제한이 있는데 이를 팬아웃(fan-out)이라고 한다. 이러한 팬아웃이 지정되는 것은 각 소자의 출력단에 최대로 흐를 수 있는 전류에 제한이 있기 때문이다.

만약, 팬아웃을 초과하여 부하를 접속하게 되면 출력전류가 과대하여 출력단의 회로가 소손될 수도 있고, 그 정도가 좀 덜하다면 출력단의 전압강하 때문에 출력전압 레벨이 규정치로 유지되지 못하여 그 다음의 입력단에 입력되는 신호의 논리상태를 보장할 수 없게 되기도 한다. 따라서, 팬아웃을 초과하여 부하를 접속하게 될 경우에는 중간에 출력전류의 용량이 큰 버퍼를 사용하거나, 여러개의 버퍼를 사용하여 부하를 몇 개씩 나누어 분담시키는 것이 바람직하다.

1. TTL의 경우

TTL의 경우에는 여러가지 종류의 TTL 소자에 따라 그 구조가 약간씩 다른데, 대표적인 표준형 TTL 소자의 출력단을 다른 표준형 TTL 소자의 입력단에 접속한 경우의 회로를 <그림 1>에 보였다. 그림에서 보듯이 TTL은 출력이 H 상태일 때에는 출력단에서 전류가 흘러나가 다음의 입력단 회로로 흘러들어 가고(이를 “source current”라고 부른다.), 출력이 L 상태일 때에는 다음의 입력단에서 전류가 흘러나와 출력단 회로로 흘러들어 온다(이를 “sink current”라고 부른다.).



<그림 1> TTL 소자의 팬아웃을 설명하기 위한 입출력 전류

일반적으로 표준 TTL 소자의 출력 특성은 $I_{OH} = 0.4[mA]$, $I_{OL} = 16[mA]$ 정도이고, 입력 특성은 $I_{IH} = 0.04[mA]$, $I_{IL} = 1.6[mA]$ 정도이다. 따라서,

$$\text{팬아웃} = I_{OH} / I_{IH} = 0.4 / 0.04 = 10 \quad (= I_{OL} / I_{IL} = 16 / 1.6)$$

이며, 이것은 표준 TTL 소자에는 표준 TTL 소자를 10개까지 부하로 접속할 수 있음을 의미한다.

한편, 이에 비하여 LS TTL 소자에서는 일반적으로 출력 특성이 특성은 $I_{OH} = 0.4[mA]$, $I_{OL} = 8[mA]$ 정도이고, 입력 특성은 $I_{IH} = 0.02[mA]$, $I_{IL} = 0.4[mA]$ 정도이다. 따라서,

$$\text{팬아웃} = I_{OH} / I_{IH} = 0.4 / 0.02 = 20 \quad (= I_{OL} / I_{IL} = 8 / 0.4)$$

이며, 이것은 LS TTL 소자에는 LS TTL 소자를 20개까지 부하로 접속할 수 있음을 의미한다.

즉, LS TTL의 절대 팬아웃은 당연히 표준 TTL 소자에 비하여 작지만, 같은 종류의 TTL 소자끼리 접속하는 경우에는 LS TTL의 팬아웃이 표준 TTL에 비하여 2배나 크다는 것이다.

2. CMOS의 경우

CMOS의 경우에는 내부에서 기본 스위칭 소자로서 MOSFET를 사용하므로 바이폴라 트랜지스터를 사용하는 TTL과는 동작 원리가 근본적으로 다르다. 즉, TTL에서 사용하는 바이폴라 트랜지스터는 베이스 전류에 의하여 동작하는 전류구동형 소자이므로 이것의 입력전류가 그 앞단 회로의 출력전류와 밀접하게 관련이 되고 따라서 팬아웃이 문제가 되지만, CMOS에서 사용하는 MOSFET는 게이트 전압에 의하여 동작하는 전압구동형 소자이므로 거의 입력전류가 0에 가까우며 따라서 그 앞단 회로의 출력전류와 관계되는 팬아웃 문제를 생각하기 어렵다. 이 때문에 일반적으로 CMOS에서는 팬아웃이 무제한이며 하나의 출력 신호로 매우 많은 CMOS 입력신호를 구동할 수 있다. 다만, CMOS의 경우에도 부하가 많아지면 각 입력회로들의 게이트 커패시턴스가 병렬로 합성되어 증가되므로 앞단의 출력신호가 상태를 반전하는 경우에 이 커패시턴스의 영향으로 신호 파형의 왜곡이 증가하며 이것은 CMOS 소자의 동작을 지연시키는 결과로 나타난다.

<추가> 위에서 보듯이 표준 TTL의 경우 출력전류는 소스일 때 매우 작으며, 싱크일 때 따라 겨우 16[mA] 정도에 불과하다. 그리고, LS TTL의 경우에는 이 싱크전류가 더욱 작다. 오늘날은 표준 TTL이 거의 사용되지 않으며, 특별히 고속회로가 아니면 LS TTL이 널

리 사용되고 있다.

이러한 사실을 잘 고려하지 않으면 TTL 회로를 이용하여 초보자들이 LED를 구동할 때 무리한 회로를 설계하는 경우가 많다. LED는 대체로 10[mA] 이상으로 구동해야만 충분한 밝기를 낼 수가 있는데, 위에서 보듯이 소스전류로는 어렵도 없으며 싱크전류를 사용하더라도 대부분의 LS TTL에서는 무리가 된다. 따라서, 안정적인 LED 점등회로를 설계하려면 특별히 출력전류용량이 충분히 큰 TTL 소자를 선정하여 사용하든지 또는 트랜지스터나 ULN2803과 같은 트랜지스터 어레이 소자를 사용하는 것이 좋다. 그렇지 않고 일반 LS TTL 소자를 사용하여 LED를 직접 구동하면 LED가 너무 흐리게 동작하든가 아니면 장시간 사용시 TTL 소자가 소손되는 결과를 초래할 것이다.