12주차 예비보고서

전공: 경영학과 학년: 3학년 학번: 20190963 이름: 한다현

**1.**

카운터는 데이터를 저장하고 입력된 clock pulse의 수를 세는 역할을 한다. 카운터를 설계할 때는 플립플롭을 사용하는데, 플립플롭이 메모리 기능을 가지고 있어 입력된 clock pulse의 수를 기억할 수 있기 때문에 카운터 기능이 가능하다. 카운터는 말그대로 수를 세는 역할을 하는데, 이 때 T 플립플롭의 원리를 사용한다. T 플립플롭 하나를 사용하면 출력은 0, 1 2가지 경우가 있으므로 2개를 셀 수 있고, 플립플롭을 두 개 사용하면 출력은 00, 01, 10, 11로 4가지 경우가 있으므로 4까지 셀 수 있다. 이러한 방식으로 플립플롭이 n개라면 총 2n개까지 카운트할 수 있고, 이를 MOD-N 카운터라고 표현한다. 예를 들어 4개의 플립플롭을 사용하여 카운터를 설계한다면 총 16가지의 출력 조합이 발생하기 때문에 MOD-16카운터라고 한다. 카운터를 설계할 때는 주로 JK 플립플롭을 T 플립플롭처럼 동작하도록 사용한다. JK 플립플롭에서 J와 K에 동시에 1이 입력되면 이전의 Q의 보수가 출력되기 때문에 T 플립플롭과 같은 역할을 할 수 있다. MOD-2 카운터를 예로 들면, 이 카운터의 출력은 0과 1이다. Clock pulse가 입력되기 전 출력 값이 low라고 하면, clock pulse가 처음 입력되었을 때, 카운터는 1을 출력하고 두 번째 입력되었을 때 다시 0을 출력한다. 즉, 두 번째 입력되었을 때 출력이 처음 상태에서의 출력으로 되돌아 간다. 따라서 MOD-N 카운터에서 입력된 clock pulse의 수가 N개일 때 출력은 처음의 상태로 되돌아 가는 것이 MOD-N 카운터의 동작이다. 이러한 카운터의 종류에는 비동기식 카운터, 동기식 카운터, 업카운터와 다운 카운터, 시프트 레지스터 카운터 등이 있다.

**2.**

**Decade counter는 10진 카운터이며 10개의 상태를 갖는 카운터를 의미한다. 이 카운터는 디지털 시계, 주파수 카운터나 각종 디지털 디스플레이를 구성하는 필요한 중요한 역할을 한다. Decade counter는 10개의 상태를 갖기 때문에 4개의 플립플롭이 필요하다. 4개의 플립플롭으로 카운터를 구성하면 0000부터 1111까지 총 16개의 상태를 갖지만 decade counter를 설계하는 경우에는 16개의 상태 중 10개의 상태만을 사용한다. Decade counter의 출력 상태는 10진수 0을 나타내는 0000부터 10진수 9를 나타내는 1001까지 10가지 상태이고, 1001에서 하나가 더 카운트 될 때 상태를 0000으로 초기화한다. 따라서 10진 카운터는 0에서 9까지의 수를 셀 수 있고, 10번째 클록이 입력되면 0으로 초기화되어 0부터 9까지 다시 카운트한다. Decade counter를 여러 개 사용하면 9 이상의 수를 세는 게 가능하다. Decade counter를 두 개 사용하면 첫 번째 decade counter는 1의 자리 수를 나타내고 두 번째 decade counter는 10의 자리 수를 나타내서 0~99까지 100개의 수를 셀 수 있다. Decade counter를 세 개 사용하면, 첫 번째 decade counter는 1의 자리 수를, 두 번째 decade counter는 10의 자리 수를, 세 번째 decade counter는 100의 자리 수를 나타내 0~999까지 총 1000개의 수를 셀 수 있다.**

**3.**

비동기식 카운터는 하나의 플립플롭의 출력이 다른 플립플롭의 입력으로 사용되는 카운터이며 리플 카운터라고도 한다. 첫 번째 플립플롭이 clock pulse에 의해 출력이 변하게 되면, 이 출력이 두 번째 플립플롭에 입력되어 다음단의 플립플롭들의 상태를 변화시키는 동작을 한다. 동시에 상태가 변화하지 않고 순차적으로 상태가 변화하기 때문에 한 플립플롭의 지연시간이 10ns라면, 카운터 전체의 지연시간은 플립플롭의 수 \* 10ns가 된다. 4비트 2진 비동기식 카운터를 살펴보면, 이 카운터는 4개의 플립플롭을 사용하기 때문에 출력상태가 A4,A3,A2,A1인 MOD-16 카운터이고, 출력은 0000부터 1111까지 16가지가 있다. Clock pulse가 입력되기 전 카운터의 상태는 0000이다. 이후 clock pulse가 처음 입력되면 A1이 1로 반전되어 출력 상태가 0001이 된다. 다시 clock pulse가 입력되면 A1은 1에서 0으로 반전되고 A2가 0에서 1로 반전되어 출력상태가 0010이 된다. 동일한 원리로 출력 상태가 0111인 경우에 clock pulse가 입력되면 A1은 1에서 0으로 반전되고, A2도 1에서 0으로 반전되며 이후에 A3가 1에서 0으로 반전되고, A4가 0에서 1로 반전되어 1000인 상태를 출력한다. 이렇듯 비동기식 카운터는 각 플립플롭이 순차적으로 수행되는 카운터이다.

동기식 카운터는 clock pulse가 모든 플립플롭에 동시에 입력되어 모든 플립플롭이 동시에 동작하는 카운터이다. 비동기식 카운터의 플립플롭들이 직렬로 접속되어 있었다면 동기식 카운터는 플립플롭이 병렬 접속으로 구성되어 병렬 카운터라고도 한다. 비동기식 카운터에서 모든 JK 플립플롭의 J와 K 값이 1이었던 것과 달리 동기식 카운터에서는 처음 플립플롭의 J와 K만 1의 값을 갖는다. 나머지 플립플롭은 이전 플립플롭들이 모두 1을 취할 때 보수를 취한다. 예를 들어 4비트 동기식 카운터의 경우에, 현재 상태 A4,A3,A2,A1이 0011일 때, A1은 clock pulse가 입력되면 보수를 취한다. A2는 A1의 현재 상태가 1이기 때문에 보수를 취하고, A3는 A2,A1의 현재 상태가 11이기 때문에 보수를 취한다. A4는 A3,A2,A1의 현재 상태가 011이므로 모든 플립플롭이 1의 상태를 갖지 않기 때문에 보수를 취하지 않는다. 따라서 clock pulse가 입력된 뒤 다음 상태는 0100이 된다. 이러한 방식의 동기식 카운터는 비동기식 카운터보다 더 많은 논리 소자를 필요로 하지만 지연시간이 누적되지 않는다는 장점이 있어서 지연시간이 누적되는 비동기식 카운터의 한계를 해결할 수 있다.

**4.**

FSM은 finite state machine의 줄임말로, 유한 상태 기계를 의미한다. 유한 상태 기계는 말그대로 유한 개의 상태를 갖는 상태 기계라는 뜻이다. 상태 기계는 특정 상태가 됐을 때 아웃풋을 출력하기 때문에 입력이 바뀌더라도 상태를 기억하고 있어야 하기 때문에 기억 능력이 필요하다. 예를 들어, 011011100의 형태로 입력이 진행되고 있을 때, 1이 세 개 연속으로 입력될 때 1을 출력하는 시스템이 있다면 입력을 받는 동안 1이 몇 번 연속으로 입력되었는지를 기억해야 한다. 따라서 상태 기계는 일정 시간동안 상태를 기억하기 위해 주로 플립플롭을 사용한다. 상태 기계에는 크게 mealy machine과 moore machine이 있다. Moore machine은 상태만으로 출력이 결정되는 기계이다. 앞선 예에서 moore machine을 구성하기 위한 state는 a, b, c, d 4개가 필요하다. 처음 a는 처음 state를 나타내는데, 이 때 1이 입력되면 상태는 b로 이동하고 다시 1이 입력되면 상태는 c로 이동한다. 마지막으로 1이 세 번째로 입력되면 상태는 d가 되고 이 때 1이 출력된다. 하지만 a, b, c, d 상태 중 어디서나 입력이 0이 되면 처음 상태인 a로 되돌아간다. 이러한 방식으로 1이 세 번 연속해서 나오면 1이 출력되고 그렇지 않으면 0이 출력되는 moore machine을 설계할 수 있다. Mealy machine은 moore machine과 다르게 상태와 입력 값을 함께 고려하여 출력 값을 결정한다. 동일한 예시에서 mealy machine은 3개의 상태 a, b, c가 필요하다. 초기 상태를 a라고 할 때 1이 입력되면 상태가 b로 변화하고 0이 입력되면 a로 돌아간다. 상태가 b일 때 다시 1이 입력되면 c로 이동하고 0이 입력되면 a로 돌아간다. 상태가 c일 때 1이 입력되면 결과로 1이 출력되고, 상태는 c로 유지되며 0이 입력되면 a로 돌아간다. 이러한 mealy machine은 moore machine에 비해 필요한 상태가 하나 적다는 장점이 있다.

**5.**

앞서 조사한 비동기식 카운터와 동기식 카운터 외에도 여러 카운터가 존재한다. 먼저 업 카운터와 다운 카운터가 있다. 업 카운터는 clock pulse에 따라 출력이 10진수 값으로 1씩 증가하는 기능을 하고, 다운 카운터는 그 반대로 clock pulse에 따라 출력이 10진수 값으로 1씩 감소하는 기능을 한다. 다음으로는 시프트 레지스터 카운터가 있다. 시프트 레지스터 카운터는 다시 링 카운터와 존슨 카운터로 구분된다. 먼저 시프트 레지스터에 대해 알아보면, 레지스터는 기억 장치의 한 종류로, n비트의 시프트 레지스터는 플립플롭 n개를 정렬시켜 데이터를 일정한 방향으로 n비트씩 이동시키는 레지스터이고 이는 디지털 시스템에서 데이터의 저장이나 전송에 매우 중요한 역할을 한다. 링 카운터는 clock pulse가 입력되면 데이터가 이동하는 형태의 카운터이다. 4비트 링 카운터를 예로 들면, 초기 상태가 1000일 때 clock pulse가 입력되면 0100으로 상태가 변화하고, 다시 clock pulse가 입력되면 0010으로 상태가 변화하면서 수를 세는 카운터이다. 존슨 카운터는 마지막 플립플롭의 보수를 처음 플립플롭의 입력에 연결시킨 순환 시프트 레지스터이다. 존슨 카운터의 상태는 0000, 1000, 1100, 1110, 1111, 0111, 0011, 0001 순으로 변화하며 수를 카운트한다.

참조:

디지털 논리설계(황의철)

디지털 공학(조현철)

디지털 공학 입문(Berlin)