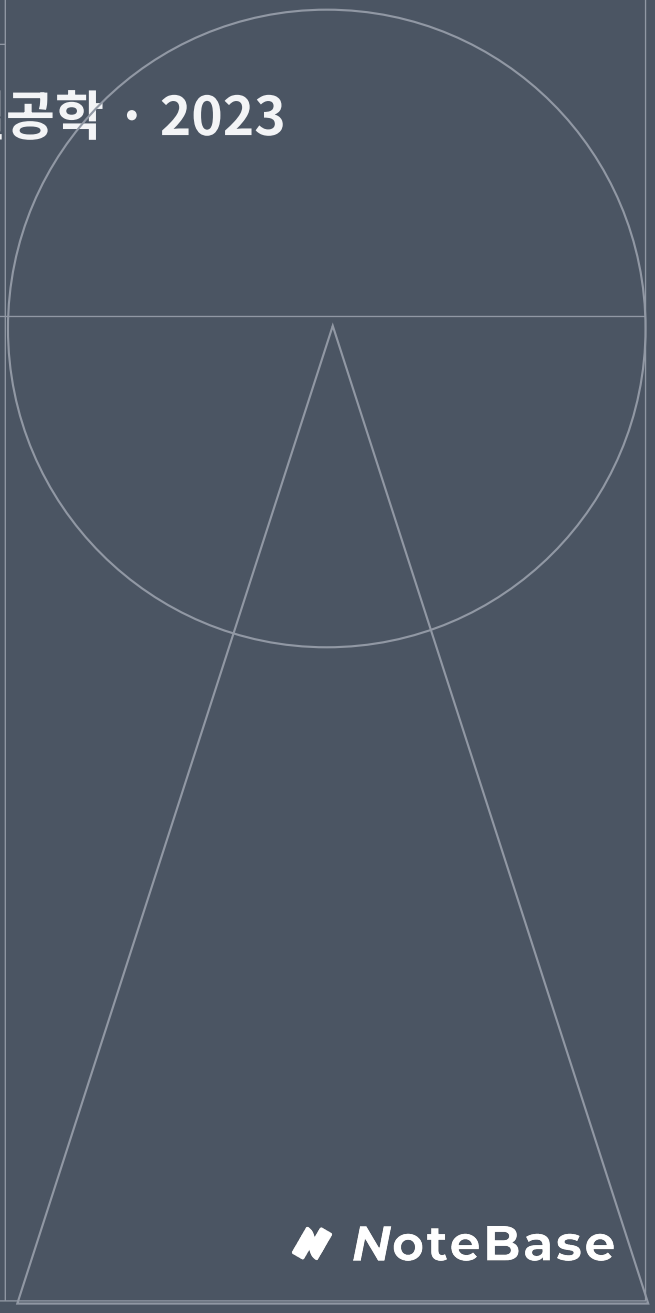
기출OX 해설집

공무원/서울시/7급 · 디지털공학 · 2023



NoteBase

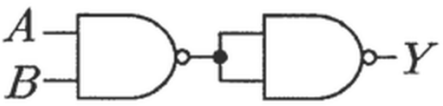
기출OX 해설집

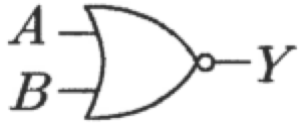
공무원/서울시/7급 · 디지털공학 · 2023

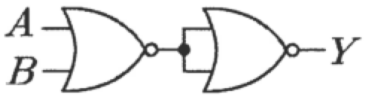
공무원/서울시/7급 · 디지털공학 · 2023

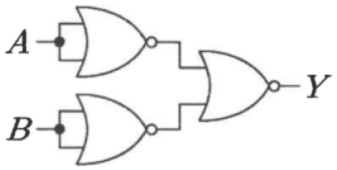
문 1. <보기>는 NAND 게이트만으로 구성된 논리회로이다. 이와 동일한 기능을 수행하는 논리회로를 NOR 게이트만으로 구현한 것으로 가장 옳은 것은?

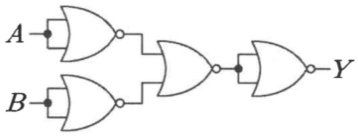
〈보기〉



① 

② 

③ 

④ 

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 NAND 조합 회로를 식으로 단순화한 뒤 드모르간 정리로 NOR 게이트만 사용한 등가 회로를 찾는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 단일 NOR 게이트이므로 출력은 $Y = \overline{A + B}$이다. AND 기능과 같지 않다. 틀린 표현은 '보기와 동일한 기능'이며, 올바르게는 'NOR 기능'이다.
② X: 첫 NOR 게이트의 출력 $\overline{A + B}$를 두 입력이 묶인 두 번째 NOR 게이트가 다시 반전하므로 $Y = A + B$가 된다. 틀린 표현은 '보기와 동일한 기능'이며, 올바르게는 'OR 기능'이다.
③ O: A와 B를 각각 자기입력 NOR로 반전하면 $\overline{A}, \overline{B}$가 되고, 마지막 NOR에서 $Y = \overline{\overline{A} + \overline{B}} = A \cdot B$가 된다. 보기 회로와 동일한 AND 기능이다.
④ X: ③의 회로 출력 $A \cdot B$를 두 입력이 묶인 NOR 게이트에 한 번 더 넣어 반전하므로 $Y = \overline{A \cdot B}$가 된다. 틀린 표현은 '보기와 동일한 기능'이며, 올바르게는 'NAND 기능'이다.

오답 포인트

①과 ②는 입력 A, B를 그대로 받아서 NOR 또는 그 반전 결과만 만든다는 점을 놓치기 쉽다. ④는 ③과 거의 같은 모양이지만 마지막 자기입력 NOR 하나가 더 붙어 최종 출력이 AND가 아니라 NAND로 바뀐다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합 논리회로는 각 단의 출력을 식으로 적고, 두 입력이 묶인 NAND나 NOR는 인버터로 바꾼 뒤 최종식을 비교하면 된다.

암기 포인트

NOR만으로 AND를 만들 때는 $A \downarrow A = \overline{A}, B \downarrow B = \overline{B}, (A \downarrow A) \downarrow (B \downarrow B) = A \cdot B$이다.

NoteBase

문 2. 10진수 $12.375_{(10)}$를 2진수로 변환한 값은?

① $1010.011_{(2)}$

② $1010.101_{(2)}$

③ $1100.011_{(2)}$

④ $1100.101_{(2)}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 10진수의 정수부와 소수부를 각각 2진수로 바꾼 뒤 하나로 합치는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 10진수 12.375(10)이다.
구해야 할 값: 이를 2진수로 변환한 값이다.
주의할 조건: 정수부와 소수부를 분리해서 변환한 뒤 다시 합쳐야 한다.

사용할 공식

정수부는 2로 계속 나눈 나머지를 역순으로 읽고, 소수부는 2를 계속 곱한 뒤 매 단계의 정수 부분을 순서대로 읽는다.
이 원리를 쓰는 이유: 2진수는 각 자리가 2의 거듭제곱 값을 가지므로 정수부와 소수부를 각각 2의 거듭제곱 합으로 바꿔 표현할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 정수부 12는 2로 나누면 $12 \div 2 = 6$ 나머지 0, $6 \div 2 = 3$ 나머지 0, $3 \div 2 = 1$ 나머지 1, $1 \div 2 = 0$ 나머지 1이므로 역순으로 읽어 1100이다.
2. 소수부 0.375는 2를 곱하면 $0.375 \times 2 = 0.75$이므로 정수부 0, 다시 $0.75 \times 2 = 1.5$이므로 정수부 1, 다시 $0.5 \times 2 = 1.0$이므로 정수부 1이다.
3. 따라서 소수부는 순서대로 011이고, 전체 값은 1100.011(2)이다.

NoteBase

선지별 해설

① X. 1010은 10을 뜻하므로 정수부가 12와 다르다. 틀린 표현은 '1010'이며, 올바르게는 '1100'이다. 소수부 0.011은 맞지만 전체 값은 10.375에 해당한다.
② X. 정수부 1010이 10이므로 틀리고, 소수부 0.101도 0.5 + 0.125 = 0.625이어서 0.375와 다르다. 틀린 표현은 '1010.101'이며, 올바르게는 '1100.011'이다.
③ O. 정수부 1100은 12이고, 소수부 0.011은 0.25 + 0.125 = 0.375이므로 12.375와 정확히 일치한다.
④ X. 정수부 1100은 맞지만 소수부 0.101은 0.5 + 0.125 = 0.625이므로 틀리다. 틀린 표현은 '.101'이며, 올바르게는 '.011'이다.

오답 포인트

정수부와 소수부를 한 번에 보다가 12를 1010으로 잘못 바꾸거나, 소수부 0.375를 0.101로 뒤집어 적는 실수가 자주 나온다. 특히 소수부는 곱셈 결과의 정수부를 나온 순서대로 읽는다는 점이 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

10진 소수를 2진수로 바꾸는 문제는 정수부와 소수부를 먼저 분리하고, 정수부는 나눗셈 나머지의 역순,
소수부는 곱셈 정수부의 순서대로 적은 뒤 마지막에 합치면 된다.

암기 포인트

정수부는 나머지 역순이고, 소수부는 곱셈 결과의 정수부를 순서대로 읽는다.

NoteBase

문 3. $Y = \overline{A\overline{B} + C\overline{D} + EF}$와 같은 논리식은?

① $Y = A\overline{B}C\overline{D}EF$

② $Y = (\overline{A} + B)(\overline{C} + D)(\overline{E} + \overline{F})$

③ $Y = AC + \overline{BD} + EF$

④ $Y = \overline{A}B + \overline{C}D + \overline{E}\overline{F}$

정답 2번

출제 포인트

드모르간 법칙을 이용해 합의 부정을 곱의 형태로 바꾸고, 각 곱항의 부정을 다시 합의 형태로 전개하는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $Y = \overline{A\bar{B} + C\bar{D} + EF}$이다.
구해야 할 것은 이 식과 동치인 형태이다.
주의할 점은 바깥쪽 전체 부정을 각 항에 분배할 때 +는 곱으로 바뀌고, 각 곱항 내부는 다시 드모르간 법칙으로 풀린다는 점이다.

사용할 공식

드모르간 법칙은 $\overline{X + Y + Z} = \bar{X}\bar{Y}\bar{Z}$, $\overline{XY} = \bar{X} + \bar{Y}$이다.
이 문제는 전체가 합의 부정 형태이고 각 항 $A\bar{B}$, $C\bar{D}$, EF도 곱 형태이므로 이 공식을 두 번 적용한다.

계산 과정

$Y = \overline{A\bar{B} + C\bar{D} + EF} = \overline{A\bar{B}}\,\overline{C\bar{D}}\,\overline{EF} = (\bar{A} + B)(\bar{C} + D)(\bar{E} + \bar{F})$
따라서 원식과 같은 논리식은 $(\bar{A} + B)(\bar{C} + D)(\bar{E} + \bar{F})$이다.

선지별 해설

① X. $\overline{A\bar{B} + C\bar{D} + EF}$를 단순히 $A\bar{B}C\bar{D}EF$로 바꾸면 전체 부정이 사라진다. 틀린 표현은 전체 식의 부정을 없앤 점이다. 올바르게는 각 항을 먼저 부정한 $\overline{A\bar{B}}\,\overline{C\bar{D}}\,\overline{EF}$가 되어야 한다.
② O. $\overline{A\bar{B}} = \bar{A} + B$, $\overline{C\bar{D}} = \bar{C} + D$, $\overline{EF} = \bar{E} + \bar{F}$이므로 $(\bar{A} + B)(\bar{C} + D)(\bar{E} + \bar{F})$가 맞다.
③ X. 원식의 각 항은 $A\bar{B}$, $C\bar{D}$, EF인데 ③은 이를 AC, $\bar{B}\bar{D}$, EF로 섞어 놓아 항의 대응이 맞지 않는다. 또한 전체 부정의 결과는 합의 합이 아니라 곱의 곱 형태여야 한다. 올바르게는 $(\bar{A} + B)(\bar{C} + D)(\bar{E} + \bar{F})$이다.
④ X. 각 곱항의 부정을 구하면 $\bar{A}B$, $\bar{C}D$, $\bar{E}\bar{F}$가 아니라 각각 $\bar{A} + B$, $\bar{C} + D$, $\bar{E} + \bar{F}$가 된다. 틀린 표현은 $\overline{XY}$를 $\bar{X}\bar{Y}$처럼 처리한 점이다. 올바르게는 각 항 내부의 연산도 곱에서 합으로 바뀌어야 한다.

NoteBase

오답 포인트

바깥쪽 긴 부정선을 보고도 +를 그대로 두거나, $\overline{XY}$를 $\bar{X}\bar{Y}$로 잘못 바꾸는 실수가 가장 흔하다. 이 문항은 ④처럼 각 문자에 bar만 붙이면 된다고 착각하는지를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전체 식에 긴 부정선이 있으면 먼저 +를 곱으로 바꾸고 각 항 전체에 bar를 씌운다. 그다음 각 항이 곱이면 $\overline{XY} = \bar{X} + \bar{Y}$를 다시 적용해 합의 형태로 바꾼다.

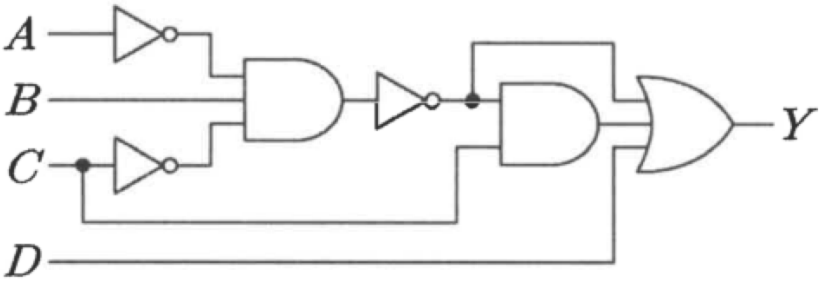
암기 포인트

드모르간 법칙의 핵심은 부정이 들어오면 연산이 뒤집힌다는 점이다. 합=곱, 곱=합이다.

NoteBase

문 4. <보기>의 회로를 나타내는 논리식으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① $Y = A + B + C + D$

② $Y = \overline{A} + B + \overline{C} + \overline{D}$

③ $Y = \overline{A} + B + \overline{C} + D$

④ $Y = A + \overline{B} + C + D$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 회로의 각 게이트를 불 대수식으로 바꾸고, 분기된 신호가 마지막 OR 게이트에 어떻게 합쳐지는지를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

$Y = A + B + C + D$라고 보면 첫 블록에서 생기는 $\overline{B}$ 항을 놓치게 된다. 실제로는 B가 그대로 통과하는 것이 아니라 첫 AND 뒤의 NOT 때문에 B는 $\overline{B}$로 바뀐다. 틀린 표현은 'B'이고, 올바르게는 $\overline{B}$이다.

② X

$Y = \overline{A} + B + \overline{C} + \overline{D}$는 첫 AND 게이트 앞의 입력 상태만 보고 최종 출력을 적은 식이다. 실제 회로에서는 첫 AND 출력이 한 번 더 반전되고, 마지막 OR 게이트에 D는 반전 없이 그대로 들어간다. 틀린 표현은 '$\overline{A} + B + \overline{C} + \overline{D}$'이고, 올바르게는 $A + \overline{B} + C + D$이다.

③ X

$Y = \overline{A} + B + \overline{C} + D$도 첫 AND 뒤의 NOT 게이트를 반영하지 못한 식이다. 첫 블록 출력 $\overline{A}B\overline{C}$를 반전하면 드모르간 법칙에 따라 $A + \overline{B} + C$가 된다. 틀린 표현은 '$\overline{A} + B + \overline{C}$'이고, 올바르게는 $A + \overline{B} + C$이다.

④ O

첫 3입력 AND의 출력은 $\overline{A}B\overline{C}$이고, 이를 NOT 하면 $A + \overline{B} + C$가 된다. 이 신호가 마지막 OR 게이트에 직접 들어가고, 동시에 C와 AND된 값 $(A + \overline{B} + C)C = C$ 및 D와 OR 되므로 최종식은 $Y = (A + \overline{B} + C) + C + D = A + \overline{B} + C + D$가 된다.

오답 포인트

첫 번째 함정은 입력단의 NOT만 보고 $\overline{A}B\overline{C}$를 그대로 최종식처럼 적는 것이다. 두 번째 함정은 첫 AND 뒤에 있는 NOT과 마지막 OR 게이트의 직접 분기선을 동시에 보지 못해 $\overline{B}$ 항과 D의 비반전 입력을 놓치는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

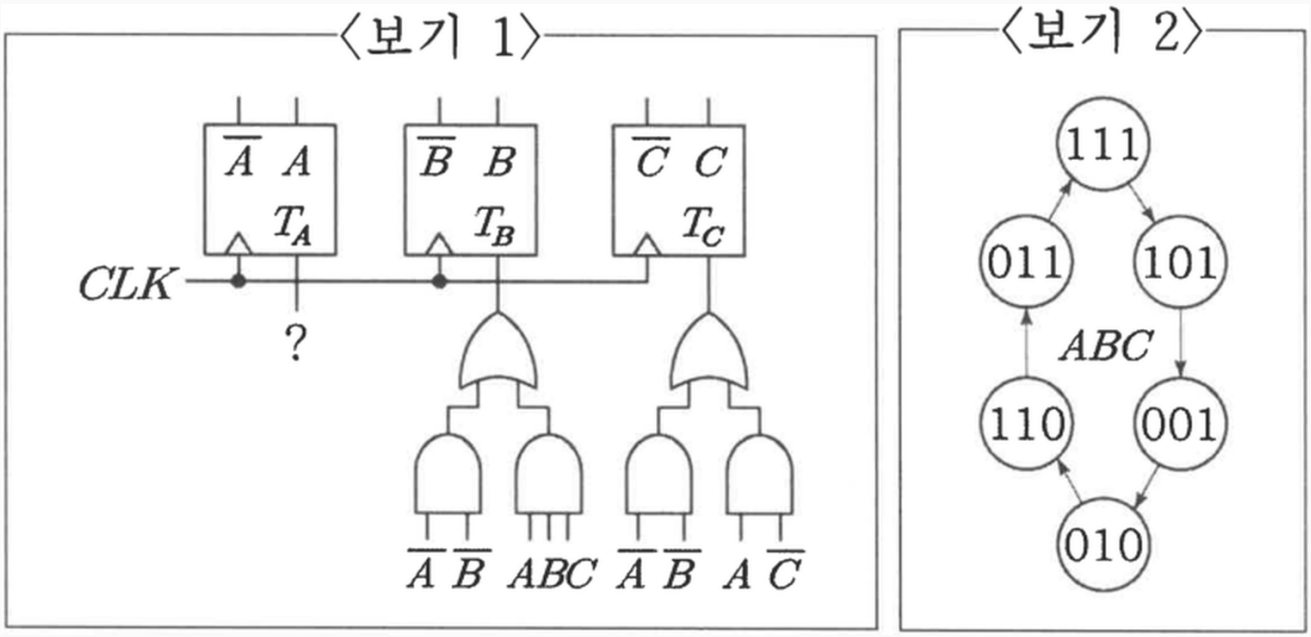
회로식 문제는 입력 반전, 게이트 출력, 출력 후 분기 순서로 끊어서 본다. 특히 어떤 신호가 마지막 OR에 직접 들어가면 그 항이 최종식의 큰 골격이 되므로, 중간 AND 항보다 직접 입력선을 먼저 확인하면 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

AND 뒤집기는 드모르간으로 OR가 되고, 마지막 OR에 직접 들어간 분기선은 최종식에 그대로 남는다.

NoteBase

문 5. <보기 1>과 같이 T 플립플롭 3개를 이용하여 ABC가 <보기 2>의 순서로 변화하는 카운터를 설계하고자 한다. T_A의 최소식은?



① $T_A = A + BC$

② $T_A = \overline{AB} + A\overline{C}$

③ $T_A = \overline{A}B + BC$

④ $T_A = \overline{A}B + A\overline{B} + \overline{C}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 상태전이도에서 현재 상태와 다음 상태를 비교하여 T 플립플롭의 여기식 T_A를 구하고, 사용하지 않는 상태를 don't care로 처리해 최소화할 수 있는지를 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

① X. 111 상태에서 다음 상태가 101이므로 A는 1에서 1로 유지되어 $T_A = 0$이어야 한다. 그런데 $A + BC$는 111에서 1이므로 틀리다. 틀린 표현은 '111에서 1이 되는 식'이고, 올바르게는 111에서 0이 되어야 한다.
② X. $\overline{AB} + A\overline{C}$는 011 상태를 포함하지 못한다. 011에서는 다음 상태가 111이므로 A가 0에서 1로 바뀌어 $T_A = 1$이어야 한다. 틀린 표현은 '011을 포함하지 못하는 식'이고, 올바르게는 011을 포함하도록 $\overline{A}B$ 항이 필요하다.
③ X. $\overline{A}B + BC$는 111에서 $BC = 1$이 되어 전체 식이 1이 된다. 그러나 111에서는 A가 유지되므로 $T_A = 0$이어야 한다. 틀린 표현은 'BC 항'이고, 올바르게는 111을 포함하지 않도록 BC 대신 $\overline{C}$를 기본 묶음으로 잡는다.
④ O. 상태전이에서 $T_A = 1$인 상태는 101, 010, 110, 011이다. 미사용 상태 000, 100을 don't care로 두고 카르노 맵으로 묶으면 $\overline{C}$, $\overline{A}B$, $A\overline{B}$의 세 항으로 최소화되어 $T_A = \overline{A}B + A\overline{B} + \overline{C}$가 된다.

오답 포인트

T 플립플롭의 입력을 출력 자체의 함수로 바로 추정하면 틀리기 쉽다. 이 문항의 함정은 A의 현재값이 아니라 A가 다음 클록에서 토글되는지를 봐야 한다는 점과, 순환하지 않는 상태 000과 100을 don't care로 써야 최소식이 나온다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

상태전이도에서 먼저 현재 비트와 다음 비트를 비교해 각 플립플롭의 여기값을 적는다. 그다음 실제로 방문하는 상태만 0과 1로 채우고 미사용 상태는 don't care로 두어 카르노 맵 최소화를 하면 된다.

암기 포인트

T 플립플롭은 유지면 0, 반전이면 1이다. 먼저 $A \to A^+$를 보고 그다음 최소화한다.

NoteBase

문 6. <보기>의 진리표와 같은 형태로 표현되는 부울함수 F를 간략화하여 표현한 것으로 가장 옳은 것은?

〈보기〉

입력			출력
A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

① $F = AB$

② $F = B$

③ $F = \overline{A} + \overline{C}$

④ $F = A\overline{C}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 진리표에서 출력이 1이 되는 공통 조건을 찾아 부울함수를 가장 단순한 식으로 읽는 문제이다.

자료 읽는 순서

1. 각 행의 F값을 확인한다.
2. $F = 1$인 행과 $F = 0$인 행의 공통점을 찾는다.
3. A, B, C 중 어느 변수가 출력과 그대로 일치하는지 확인한다.

핵심 근거

표에서 $B = 0$인 네 행은 모두 $F = 0$이고, $B = 1$인 네 행은 모두 $F = 1$이다.
즉 A와 C가 어떻게 바뀌어도 출력은 B와 완전히 같으므로 간략식은 $F = B$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $F = AB$라면 $A = 0, B = 1, C = 0$인 셋째 행에서 출력이 0이어야 한다. 그러나 표의 출력은 1이다. 틀린 표현은 AB이고, 올바르게는 B이다.
② O: $B = 0$이면 항상 $F = 0$이고 $B = 1$이면 항상 $F = 1$이다. A와 C와 무관하게 출력이 B를 그대로 따르므로 $F = B$가 맞다.
③ X: $F = \overline{A} + \overline{C}$라면 $A = 0, B = 0, C = 0$인 첫째 행에서 출력이 1이어야 한다. 그러나 표의 출력은 0이다. 틀린 표현은 $\overline{A} + \overline{C}$이고, 올바르게는 B이다.
④ X: $F = A\overline{C}$라면 $A = 0, B = 1, C = 0$인 셋째 행에서 출력이 0이어야 한다. 그러나 표의 출력은 1이다. 틀린 표현은 $A\overline{C}$이고, 올바르게는 B이다.

오답 포인트

출력이 1인 일부 행만 보고 AB나 $A\overline{C}$ 같은 곱항을 고르기 쉽다. 이 문제는 특정 행 몇 개가 아니라 전체 8개 행에서 출력과 완전히 일치하는 변수를 찾는지가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

진리표 간략화는 먼저 $F = 1$인 행과 $F = 0$인 행을 나눈다. 그다음 어떤 변수가 바뀌어도 출력이 그대로 따라가는지 확인하면 단일 변수식인지, 곱항인지, 합항인지 빠르게 구분할 수 있다.

암기 포인트

진리표에서 한 변수의 0과 1이 출력과 완전히 일치하면 간략식은 그 변수 자체이다.

NoteBase

문 7. 디지털 시스템의 장점에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 자연계의 신호를 정확히 표현할 수 있다.

② 시스템 설계가 용이하다.

③ 잡음에 영향을 적게 받는다.

④ 집적회로 기술의 발전으로 가격과 크기가 점차 감소한다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 디지털 시스템의 장점과 아날로그 신호의 특성을 구별할 수 있는지를 묻는다.

핵심 개념

디지털 시스템은 0과 1 같은 이산값을 처리하므로 잡음에 강하고 설계·저장·복제가 용이하다.
자연계 신호는 대부분 연속값이므로 디지털 시스템에서는 표본화와 양자화를 거쳐 근사적으로 표현한다.

선지별 해설

① X: 자연계의 신호는 본래 연속적인 아날로그 신호인 경우가 많아서 디지털 시스템이 이를 정확히 그대로 표현하는 것은 어렵다. 틀린 부분은 "정확히 표현"이다. 실제로는 표본화와 양자화로 근사 표현할 수 있다.
② O: 디지털 시스템은 논리게이트와 불 대수에 기반해 모듈화와 표준화가 쉬우므로 시스템 설계가 비교적 용이하다.
③ O: 디지털 신호는 일정한 임계값을 기준으로 0과 1을 판별하므로 아날로그 시스템보다 잡음의 영향을 적게 받는다.
④ O: 집적회로 기술이 발전할수록 동일 기능을 더 작은 칩에 더 낮은 비용으로 구현할 수 있으므로 가격과 크기가 점차 감소한다.

오답 포인트

디지털 시스템이 우수하다는 이유만으로 연속 신호까지 오차 없이 그대로 표현한다고 받아들이면 ①에 속는다. 디지털의 강점은 잡음 내성, 저장과 처리의 편의성이지 연속 신호의 무손실 직접 표현이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

선지에 "정확히", "연속적으로", "그대로" 같은 표현이 나오면 먼저 아날로그 신호를 디지털로 바꾸는 과정에 표본화·양자화 오차가 있는지를 확인하면 된다. 디지털의 대표 장점은 설계 용이성, 잡음 내성, 집적화 용이성으로 판단하면 된다.

NoteBase

암기 포인트

디지털은 잡음에 강하고 설계가 쉽지만 연속 신호는 근사 표현한다.

NoteBase

문 8. <보기>의 2의 보수로 표현된 부호가 있는 2진수를 절댓값이 큰 수부터 순서대로 바르게 나열한 것은?

<보기>
ㄱ. 11101001(2) ㄴ. 10101010(2)
ㄷ. 00110110(2) ㄹ. 11111111(2)

① ㄱ - ㄷ - ㄴ - ㄹ

② ㄴ - ㄷ - ㄱ - ㄹ

③ ㄷ - ㄴ - ㄱ - ㄹ

④ ㄹ - ㄱ - ㄴ - ㄷ

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 8비트 2의 보수 부호수의 실제 값과 절댓값을 구한 뒤 큰 값부터 순서를 배열하는지를 묻는 문제이다.

올바른 순서

ㄴ = 10101010(2)는 2의 보수 음수이므로 01010101을 만든 뒤 1을 더하면 01010110이 되어 실제 값은 -86이고 절댓값은 86이다.
ㄷ = 00110110(2)는 최상위 비트가 0이므로 양수 54이고 절댓값은 54이다.
ㄱ = 11101001(2)는 00010110을 만든 뒤 1을 더하면 00010111이 되어 실제 값은 -23이고 절댓값은 23이다.
ㄹ = 11111111(2)는 00000000을 만든 뒤 1을 더하면 00000001이 되어 실제 값은 -1이고 절댓값은 1이다.
따라서 절댓값의 내림차순은 ㄴ - ㄷ - ㄱ - ㄹ이다.

선지별 해설

① X: ㄱ의 절댓값은 23, ㄷ의 절댓값은 54, ㄴ의 절댓값은 86이므로 큰 수부터 배열하면 안 된다. 틀린 표현은 "ㄱ - ㄷ - ㄴ - ㄹ"이고, 올바르게는 "ㄴ - ㄷ - ㄱ - ㄹ"이다.
② O: ㄴ(86) - ㄷ(54) - ㄱ(23) - ㄹ(1) 순서이므로 절댓값이 큰 수부터의 배열이 맞다.
③ X: ㄷ의 절댓값 54보다 ㄴ의 절댓값 86이 더 크므로 첫 두 항의 순서가 바뀌었다. 틀린 표현은 "ㄷ - ㄴ - ㄱ - ㄹ"이고, 올바르게는 "ㄴ - ㄷ - ㄱ - ㄹ"이다.
④ X: ㄹ의 절댓값은 1로 가장 작으므로 맨 앞에 올 수 없다. 틀린 표현은 "ㄹ - ㄱ - ㄴ - ㄷ"이고, 올바르게는 "ㄴ - ㄷ - ㄱ - ㄹ"이다.

오답 포인트

음수 2진수를 부호 비트만 보고 대소를 비교하면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 ㄴ과 ㄱ처럼 1로 시작하는 수를 먼저 실제 값으로 바꾸지 않고 순서를 정하는 데 있다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

부호 있는 2의 보수 수열 문제는 먼저 각 수를 실제 값으로 바꾼 뒤 절댓값을 따로 비교하면 된다. 최상위 비트가 1이면 비트 반전 후 1을 더해 크기를 구하고, 최상위 비트가 0이면 그대로 양수로 읽는다.

암기 포인트

2의 보수 음수의 크기는 반전 후 1을 더해 구하고, 절댓값 순서는 실제 값으로 복원한 뒤 비교한다.

NoteBase

문 9. <보기>의 카르노맵에 대해 최소 SOP(sum of product) 형태의 부울식으로 간소화한 것으로 가장 옳은 것은?

〈보기〉

AB \ CD	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	1	0	1	1
11	1	0	1	1
10	1	1	0	1

① $\overline{A}D + A\overline{D} + BCD$

② $\overline{AC}D + \overline{B}C + \overline{C}$

③ $\overline{AD} + AD + BCD$

④ $A\overline{BC} + BC + \overline{D}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 4변수 카르노맵에서 가장 큰 묶음을 먼저 찾고, 각 묶음의 공통 변수만 남겨 최소 SOP를 만드는지를 묻는다.

선지별 해설

① X: $\overline{A}D$는 $D = 1$인 묶음이 필요하지만, 이 맵에서 크게 묶이는 부분은 $D = 0$인 두 열 전체이다. 틀린 표현은 $\overline{A}D + A\overline{D}$로 잡은 부분이고, 올바르게는 공통변수가 $\overline{D}$가 되어야 한다.
② X: $\overline{C}$가 포함되려면 $C = 0$인 칸들이 넓게 1로 이어져야 하는데, $CD = 01$열의 위 세 칸이 0이라서 그런 묶음이 성립하지 않는다. 틀린 표현은 $\overline{C}$이고, 올바르게는 $\overline{D}$를 기본으로 두고 남는 1은 BC, $A\overline{BC}$로 처리해야 한다.
③ X: AD는 $A = 1, D = 1$인 묶음을 뜻하지만 $AB = 10, CD = 11$ 칸이 0이라서 해당 묶음을 만들 수 없다. 또한 $\overline{AD}$만으로는 $AB = 01, 11$의 $CD = 11$에 있는 1들을 설명하지 못한다. 틀린 표현은 AD이고, 올바르게는 그 자리에 BC가 들어가야 한다.
④ O: $CD = 00$열과 $CD = 10$열 전체를 묶으면 $\overline{D}$, $AB = 01, 11$과 $CD = 11, 10$의 4칸을 묶으면 BC, $AB = 10$과 $CD = 00, 01$의 2칸을 묶으면 $A\overline{BC}$가 나온다. 따라서 최소 SOP는 $A\overline{BC} + BC + \overline{D}$이다.

NoteBase

오답 포인트

카르노맵의 열 순서가 00-01-11-10인 그레이 코드라는 점과 양 끝 열도 서로 인접한다는 점을 놓치면 $\overline{D}$의 8칸 묶음을 못 보고 잘못된 항을 만든다. 이 문항은 열 00과 10을 따로 읽어서 $\overline{A}D$나 AD 같은 항을 끼워 넣는 실수를 노린다.

다시 나오면 이렇게 판단

카르노맵은 그레이 코드 순서와 가장자리 연결을 먼저 확인한 뒤, 8칸-4칸-2칸 순서로 가장 큰 묶음을 잡고, 각 묶음 안에서 변하지 않는 변수만 남기면 된다.

암기 포인트

최소 SOP는 큰 묶음부터 잡고, 묶음 안에서 고정된 변수만 남긴다.

NoteBase

문 10. <보기>는 표준 POS(product of sum)로 표현된 부울 함수식이다. 이를 표준 SOP(sum of product)로 변환한 것으로 가장 옳은 것은?

<보기>

$F(A,B,C) = (A+B+C)(A+\overline{B}+C)(\overline{A}+B+\overline{C})(\overline{A}+\overline{B}+C)$

① $F(A,B,C) = ABC + A\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + \overline{A}\overline{B}C$

② $F(A,B,C) = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}C + AB\overline{C}$

③ $F(A,B,C) = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}BC + A\overline{B}\overline{C} + ABC$

④ $F(A,B,C) = AB\overline{C} + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}BC + \overline{A}\overline{B}\overline{C}$

정답 3번

출제 포인트

표준 POS의 각 괄호를 maxterm으로 읽고, 함수값이 0이 되는 조합의 여집합을 표준 SOP의 minterm으로 바꾸는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $F(A,B,C) = (A+B+C)(A+\bar{B}+C)(\bar{A}+B+\bar{C})(\bar{A}+\bar{B}+C)$이다.
구해야 할 값은 같은 함수를 나타내는 표준 SOP이다.
표준 POS의 각 괄호는 함수가 0이 되는 maxterm이고, 표준 SOP는 함수가 1이 되는 minterm의 합으로 적는다.

사용할 공식

표준 POS가 $F = \Pi M(i)$이면 같은 함수의 표준 SOP는 F=Σ m(전체 인덱스에서 i를 뺀 값)이다.
이 공식을 쓰는 이유는 maxterm 인덱스가 $F = 0$인 조합을 뜻하고, minterm 인덱스가 $F = 1$인 조합을 뜻하기 때문이다.

계산 과정

1. $(A+B+C)$는 M_0, $(A+\bar{B}+C)$는 M_2, $(\bar{A}+B+\bar{C})$는 M_5, $(\bar{A}+\bar{B}+C)$는 M_6이다.
2. 따라서 주어진 식은 $F = \Pi M(0, 2, 5, 6)$이다.
3. 3변수의 전체 조합은 0부터 7까지이므로 함수값이 1인 인덱스는 1, 3, 4, 7이다.
4. 따라서 $F = \Sigma m(1, 3, 4, 7) = \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: $ABC + A\bar{B}C + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C$는 $\Sigma m(1, 2, 5, 7)$에 해당한다. 세 번째 항이 $\bar{A}BC$가 아니라 $\bar{A}B\bar{C}$로 되어 있어 틀리다. 올바르게는 $\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$이다.
② X: $\bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + A\bar{B}C + AB\bar{C}$는 $\Sigma m(0, 2, 5, 6)$로서 원래 POS에서 0이 되는 조합을 그대로 SOP로 옮긴 형태이다. 표준 SOP는 1이 되는 조합을 적어야 하므로 틀리다. 올바르게는 $\Sigma m(1, 3, 4, 7)$이다.
③ O: $\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$는 $\Sigma m(1, 3, 4, 7)$이므로 $\Pi M(0, 2, 5, 6)$와 같은 함수를 나타낸다.
④ X: $AB\bar{C} + A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}BC + \bar{A}\bar{B}\bar{C}$는 $\Sigma m(0, 3, 4, 6)$에 해당한다. 첫째 항과 넷째 항이 잘못 들어가 있어 틀리다. 올바르게는 $\bar{A}\bar{B}C + \bar{A}BC + A\bar{B}\bar{C} + ABC$이다.

오답 포인트

표준 POS를 표준 SOP로 바꿀 때 같은 인덱스를 그대로 옮기면 ②처럼 된다. POS는 0의 위치 목록이고 SOP는 1의 위치 목록이라는 점을 뒤집어 읽는 함정을 노린 문항이다.

다시 나오면 이렇게 판단

표준형 변환 문제는 먼저 각 maxterm이 0이 되는 입력 조합을 인덱스로 적고, 전체 조합에서 그 인덱스를 제외한 나머지를 minterm으로 바꾸면 된다.

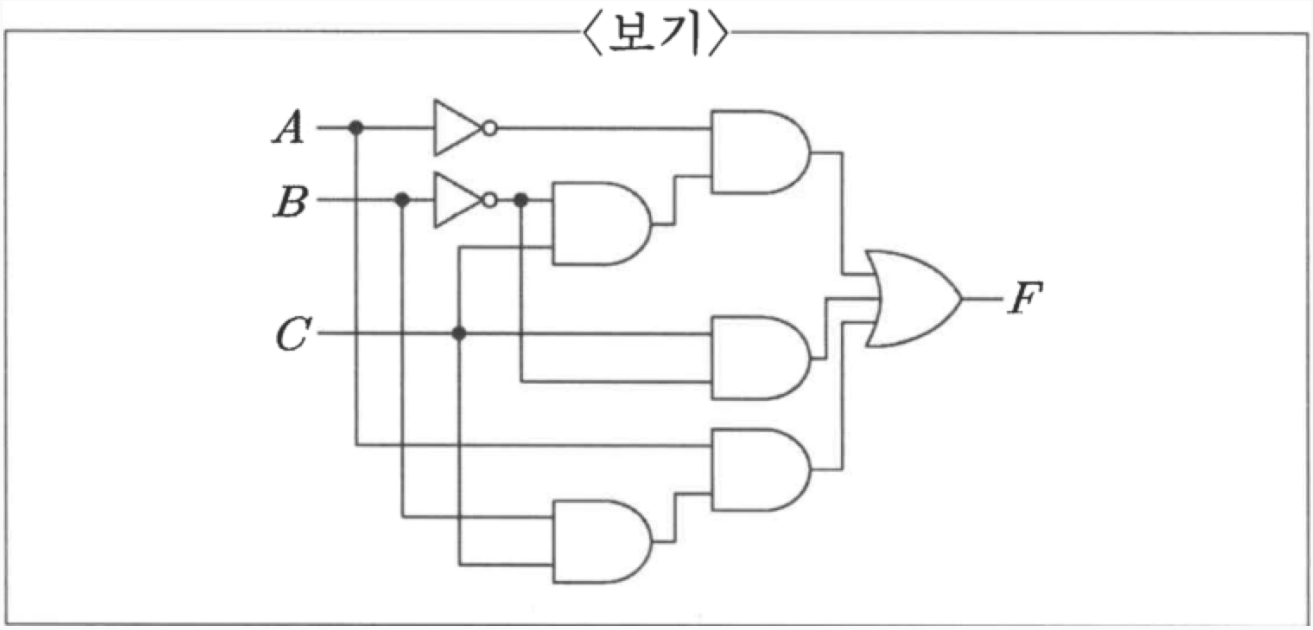
암기 포인트

ΠM은 0의 목록이고, Σm은 1의 목록이다.

NoteBase

문 11. <보기>에 제시한 논리회로의 부울함수식을 최소항식과 최대항식으로 나타낼 때 가장 옳게 짝지은 것은?

〈보기〉



① 최소항식: $F(A,B,C)=\Sigma m(1,5,7)$, 최대항식: $F(A,B,C)=\Pi M(0,2,3,4,6)$

② 최소항식: $F(A,B,C)=\Sigma m(0,1,5,7)$, 최대항식: $F(A,B,C)=\Pi M(2,3,4,6)$

③ 최소항식: $F(A,B,C)=\Sigma m(2,3,4,6)$, 최대항식: $F(A,B,C)=\Pi M(0,1,5,7)$

④ 최소항식: $F(A,B,C)=\Sigma m(0,2,3,4,6)$, 최대항식: $F(A,B,C)=\Pi M(1,5,7)$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 논리회로도를 부울식으로 바꾼 뒤 출력이 1인 조합은 최소항식 Σm, 출력이 0인 조합은 최대항식 ΠM으로 대응시키는지를 묻는다.

선지별 해설

① O : 회로식이 $F=\overline{B}C+ABC$이므로 출력이 1인 조합은 001, 101, 111이다. 따라서 최소항식은 $\Sigma m(1,5,7)$이고, 나머지 000, 010, 011, 100, 110은 출력이 0이므로 최대항식은 $\Pi M(0,2,3,4,6)$이다.

② X : m_0를 포함한 것이 틀린 표현이다. 000에서는 $\overline{B}C=0$, $ABC=0$이므로 출력이 0이다. 올바르게는 최소항식이 $\Sigma m(1,5,7)$이고 최대항식이 $\Pi M(0,2,3,4,6)$이다.

③ X : 출력이 1인 조합과 0인 조합을 잘못 분류한 것이 틀린 표현이다. 010, 011, 100, 110은 모두 출력이 0이므로 $\Sigma m(2,3,4,6)$가 될 수 없다. 올바르게는 $\Sigma m(1,5,7)$, $\Pi M(0,2,3,4,6)$이다.

④ X : 최소항식과 최대항식의 역할을 서로 뒤바꾼 것이 틀린 표현이다. 0,2,3,4,6은 출력이 0인 조합이므로 Σm이 아니라 ΠM에 들어가야 한다. 올바르게는 $\Sigma m(1,5,7)$, $\Pi M(0,2,3,4,6)$이다.

NoteBase

오답 포인트

회로를 식으로 줄인 뒤에도 최소항식과 최대항식의 기준을 반대로 적으면 틀린다. 이 문항은 함수 자체를 못 구하는 경우보다도 출력이 1인 번호 목록과 출력이 0인 번호 목록을 뒤집는 실수를 노린 문제이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 각 게이트 출력을 왼쪽에서 오른쪽으로 식으로 적고, 흡수법칙으로 가능한 만큼 줄인다. 그다음 000부터 111까지 출력값을 확인하여 1이 나오는 번호만 Σm, 0이 나오는 번호만 ΠM에 넣으면 된다.

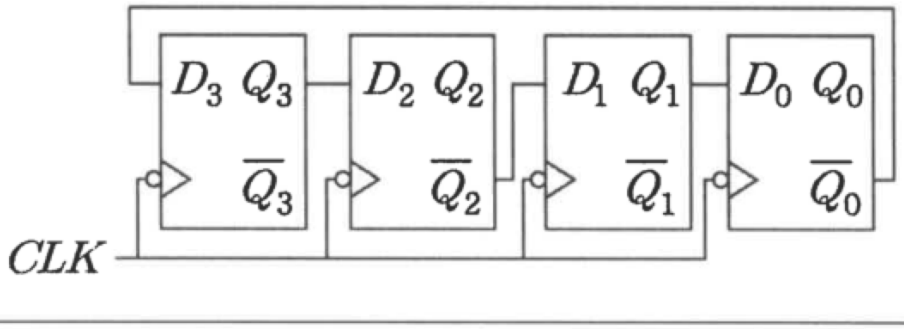
암기 포인트

최소항식은 출력 1의 번호 묶음이고 최대항식은 출력 0의 번호 묶음이다.

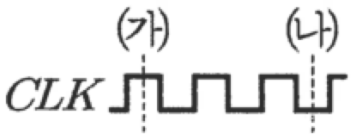
NoteBase

문 12. <보기 1>의 $Q_3\ Q_2\ Q_1\ Q_0$는 <보기 2>의 (가) 시점에 0001이다. (나) 시점의 $Q_3\ Q_2\ Q_1\ Q_0$는? (단, (가), (나) 시점에 $Q_3\ Q_2\ Q_1\ Q_0$는 정상상태(steady state)이다.)

〈보기 1〉



〈보기 2〉



① 0010

② 0101

③ 0111

④ 1000

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 공통 클록을 받는 4비트 D 플립플롭 회로가 존슨 카운터로 동작한다는 점과 표시된 시점의 상태열을 읽는 능력을 묻는다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- 0010은 1이 한 칸씩 이동하는 단순 시프트 레지스터나 링 카운터처럼 본 값이다.
- 틀린 표현은 "단순 이동"이라는 판단이다. 올바르게는 $\overline{Q_0}$를 되먹임하는 존슨 카운터의 상태열로 추적해야 한다.

② X
- 0101은 이 4비트 존슨 카운터의 정상상태열에 포함되지 않는 코드이다.
- 틀린 표현은 "0과 1이 교대로 섞인 상태도 정상상태가 된다"는 판단이다. 올바르게는 정상상태가 0000, 1000, 1100, 1110, 1111, 0111, 0011, 0001 순으로 순환한다.

③ O
- 0001에서 상태열을 따라가면 정상상태가 0000, 1000, 1100, 1110, 1111, 0111로 진행된다.
- 따라서 (나) 시점의 $Q_3Q_2Q_1Q_0$는 0111이므로 옳다.

④ X
- 1000은 상태열 중간에 잠시 나타나는 값일 뿐 (나) 시점의 최종 상태는 아니다.
- 틀린 표현은 "처음 한 번 뒤집힌 상태가 곧 답이다"라는 판단이다. 올바르게는 주어진 시점까지의 정상상태 순서를 끝까지 따라가야 한다.

오답 포인트

가장 흔한 오해는 이 회로를 단순 시프트 레지스터로 보는 것이다. 이 문항의 핵심은 우측 끝 $\overline{Q_0}$가 다시 D_3로 들어간다는 점이며, 이 한 가닥 때문에 상태열이 0001→0010 식으로 이동하지 않고 존슨 카운터 순서로 바뀐다.

다시 나오면 이렇게 판단

회로도에서 먼저 피드백이 원출력인지 보수출력인지 확인하고, 그다음 공통 클록인지 확인한다. 보수출력이 첫 단으로 되먹임되면 존슨 카운터로 보고 정상상태열을 순서대로 적어 시점을 대입하면 된다.

암기 포인트

존슨 카운터는 "마지막 비트의 보수를 앞단에 넣어 1이 차고 다시 0이 빠지는 상태열"로 기억한다.

NoteBase

문 13. 2진수 $10101011.00101_{(2)}$를 8진수로 변환한 값은?

① $153.11_{(8)}$

② $153.12_{(8)}$

③ $253.12_{(8)}$

④ $643.10_{(8)}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 2진수를 8진수로 바꿀 때 소수점을 기준으로 정수부는 오른쪽부터, 소수부는 왼쪽부터 3비트씩 묶는 원리를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 2진수 10101011.00101(2)
구해야 할 값: 8진수 값
주의할 조건: 8진수 변환은 3비트씩 묶고, 남는 자리는 정수부 왼쪽과 소수부 오른쪽에 0을 채운다.

사용할 공식

2진수에서 8진수로의 변환은 3비트 = 1자리 대응을 이용한다.
정수부는 오른쪽부터 3비트씩 묶고, 소수부는 왼쪽부터 3비트씩 묶는다.
이 공식을 쓰는 이유는 8이 2^3이므로 2진수 3자리가 8진수 1자리와 정확히 대응하기 때문이다.

계산 과정

1. 정수부 10101011은 왼쪽에 0을 채워 010 101 011으로 묶는다.
2. 각 묶음을 8진수 한 자리로 바꾸면 010=2, 101=5, 011=3이므로 정수부는 253이다.
3. 소수부 00101은 오른쪽에 0을 채워 001 010으로 묶는다.
4. 각 묶음을 8진수 한 자리로 바꾸면 001=1, 010=2이므로 소수부는 12이다.
5. 따라서 전체 값은 253.12(8)이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
정수부 10101011은 010 101 011으로 묶여 253이 되고, 소수부 00101은 001 010으로 묶여 12가 된다. 선지의 "153.11(8)"은 정수부와 소수부가 모두 잘못되었고, 올바르게는 "253.12(8)"이다.

② X
소수부 00101을 오른쪽에 0을 채워 001 010으로 읽으면 12가 되므로 소수부 12는 맞다. 그러나 정수부 10101011은 253이어야 하므로 선지의 "153.12(8)"에서 "153"이 틀렸고, 올바르게는 "253.12(8)"이다.

③ O
정수부는 010 101 011 -> 253, 소수부는 001 010 -> 12가 되므로 253.12(8)이 정확하다.

④ X
8진수 변환은 3비트 단위 대응으로 처리해야 한다. 정수부와 소수부를 3비트씩 올바르게 묶으면 253.12(8)가 나오므로 선지의 "643.10(8)"은 묶는 기준이 잘못된 값이고, 올바르게는 "253.12(8)"이다.

오답 포인트

정수부와 소수부를 같은 방향으로 묶거나, 남는 비트에 0을 채우는 위치를 반대로 기억하면 오답이 나온다. 특히 소수부 00101을 그대로 001 01로 끊어 읽거나 정수부의 왼쪽 0 채우기를 빼먹으면 ② 같은 오답을 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

진수 변환 문제가 나오면 먼저 목표 진수가 2^n 꼴인지 확인하고, 그다음 소수점을 기준으로 정수부는 오른쪽부터, 소수부는 왼쪽부터 n비트씩 묶어 판단한다.

암기 포인트

8진수 변환은 3비트씩, 정수부는 왼쪽 0 보충, 소수부는 오른쪽 0 보충이 핵심이다.

NoteBase

문 14. 부호가 있는 10진수로 표현된 $A = +15_{(10)}$와, 부호가 있는 2의 보수로 표현된 $B = 10000_{(2)}$일 때 'A-B'의 결과를 부호가 있는 2의 보수로 표현한 값은?

① $101101_{(2)}$

② $111101_{(2)}$

③ $11111_{(2)}$

④ $011111_{(2)}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 2의 보수 해석과 표현 범위를 이용해 $A - B$의 결과를 올바른 비트수로 나타낼 수 있는지를 묻는다.

조건 정리

주어진 값은 $A = +15_{10}$, $B = 10000_2$이다.
B는 5비트 부호 있는 2의 보수 표현이다.
구해야 할 값은 $A - B$를 부호 있는 2의 보수로 다시 쓴 결과이다.
주의할 조건은 10000_2를 unsigned 16으로 읽지 않는 것과, 결과가 5비트 범위를 넘는지 확인하는 것이다.

사용할 공식

부호 있는 n비트 2의 보수에서 최상위 비트가 1이면 음수이며, 그 값은 -2^{n-1}에 나머지 비트의 가중치를 더해 구한다.
따라서 5비트에서 $10000_2 = -2^4 = -16$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 B가 단순한 이진수 16이 아니라 5비트 부호 있는 2의 보수 수이기 때문이다.

계산 과정

1. $B = 10000_2$는 5비트 2의 보수이므로 -16이다.
2. 따라서 $A - B = 15 - (-16) = 31$이다.
3. 5비트 부호 있는 2의 보수의 표현 범위는 -16부터 $+15$까지이므로 $+31$은 5비트로 표현되지 않는다.
4. $+31$을 부호 있는 2의 보수로 나타내면 6비트에서 011111_2이다.

NoteBase

선지 판단

① X: 101101_2는 6비트 부호 있는 2의 보수로 해석하면 -19이다. 계산 결과 $+31$과 일치하지 않는다. 올바르게는 011111_2이다.
② X: 111101_2는 6비트 부호 있는 2의 보수로 해석하면 -3이다. 결과가 양수 31이어야 하므로 틀리다. 올바르게는 011111_2이다.
③ X: 11111_2는 5비트 부호 있는 2의 보수로 해석하면 -1이다. 이는 10000_2를 unsigned 16으로 읽어 $15-16=-1$처럼 계산할 때 나오는 오답이다. B는 실제로 -16이므로 올바르게는 011111_2이다.
④ O: 011111_2는 6비트 부호 있는 2의 보수로 $+31$이다. $A-B=31$을 정확히 나타낸다.

오답 포인트

10000_2를 단순히 16으로 읽거나, 결과도 처음의 5비트 안에 억지로 맞추면 틀린다. 이 문항의 핵심 함정은 2의 보수 값 해석과 표현 가능 범위를 동시에 보지 않는 데 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

부호 있는 2의 보수 문제는 먼저 비트 수를 확인해 원래 값을 10진수로 복원하고, 그다음 산술 결과가 현재 비트 수의 표현 범위를 넘는지 확인한다. 범위를 넘으면 필요한 비트 수로 부호 확장해 결과를 다시 표현한다.

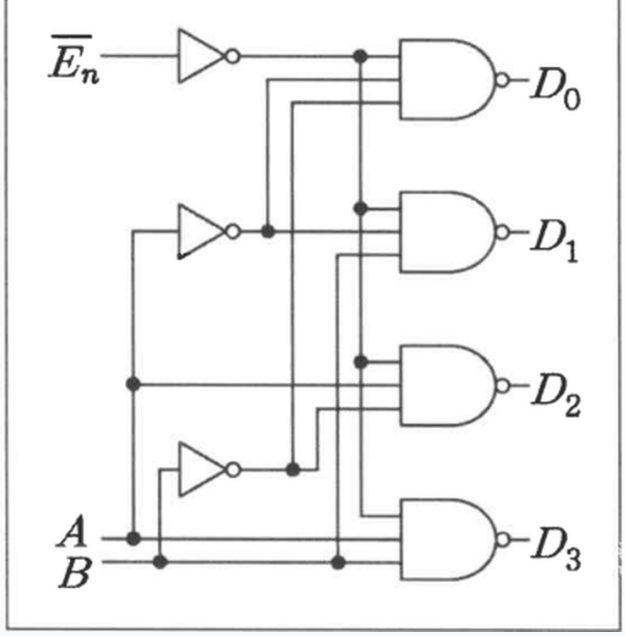
암기 포인트

5비트 2의 보수 10000_2는 -16이고, 5비트 signed 범위는 -16부터 $+15$까지이다. $+31$은 6비트 011111_2로 표현된다.

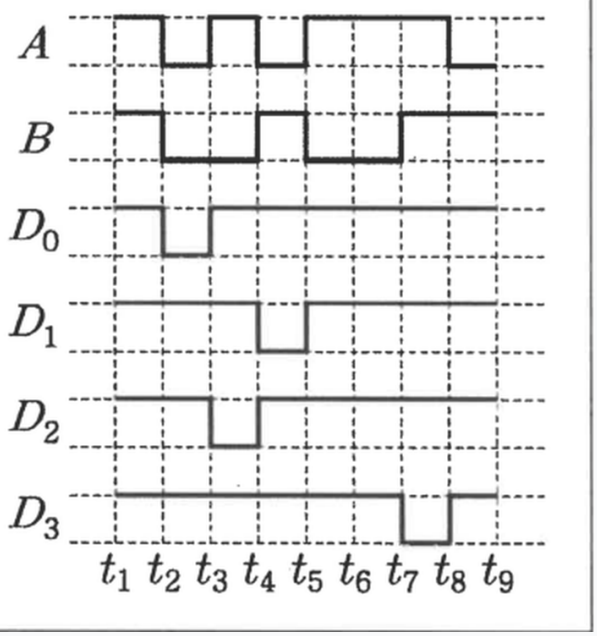
NoteBase

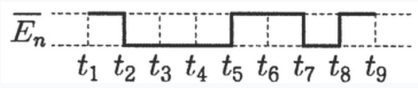
문 15. <보기 1>은 액티브-로우(active low) 인에이블(enable) $\overline{E_n}$이 포함된 2×4 디코더(decoder)이다. <보기 2>와 같이 입력 A, B에 대해서 $D_0 \sim D_3$가 출력된 경우, 액티브-로우 인에이블$\overline{E_n}$의 파형으로 가장 옳은 것은? (단, 게이트에서의 지연은 고려하지 않는다.)

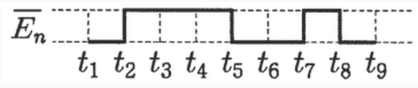
〈보기 1〉

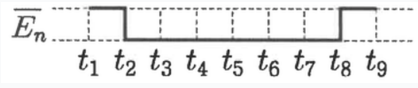


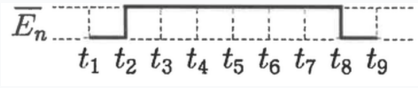
〈보기 2〉



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 액티브-로우 인에이블이 있는 2×4 디코더에서 출력이 low가 되는 구간을 보고 외부 인에이블 입력 $\overline{E_n}$의 활성 구간을 역으로 복원하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O
- 파형이 t2~t5와 t7~t8에서만 low이다. 이는 D0, D2, D1, D3가 각각 그 구간에서만 선택되어 low가 되는 모습과 정확히 맞는다.
- t5~t7에는 D0~D3가 모두 high이므로 디코더가 비활성 상태이고, 이때 $\overline{E_n}$가 high로 돌아가는 점도 맞다.

② X
- 이 파형은 t2~t5와 t7~t8에서 $\overline{E_n}$가 high가 된다. 그러면 내부 enable이 0이 되어 출력이 모두 high여야 하는데, 실제 그림에서는 그 구간에 D0, D2, D1, D3가 차례로 low가 된다.
- 틀린 표현은 활성 구간의 극성을 뒤집은 점이다. 올바르게는 $\overline{E_n}$가 t2~t5와 t7~t8에서 low가 되어야 한다.

③ X
- t2~t8 전체를 low로 두면 t5~t7에도 디코더가 계속 활성이라고 본 셈이다. 그러나 t5~t7에는 어떤 출력도 low가 되지 않으므로 enable이 비활성인 구간이다.
- 틀린 표현은 t5~t7을 low로 이어 붙인 점이다. 올바르게는 $\overline{E_n}$가 t5~t7에서는 high이고, low 구간은 t2~t5와 t7~t8로 끊어져야 한다.

④ X
- t2~t8 전체를 high로 두면 실제로 출력이 low가 나타나는 t2~t5와 t7~t8에서도 디코더가 꺼져 있어야 한다. 이는 제시된 D0~D3 파형과 정반대이다.
- 틀린 표현은 활성 구간을 모두 high로 둔 점이다. 올바르게는 $\overline{E_n}$가 출력 low 구간에서만 low가 되어야 한다.

오답 포인트

액티브-로우 enable이라는 말 때문에 내부 enable 신호와 외부 입력 $\overline{E_n}$를 같은 극성으로 보면 반대로 고르기 쉽다. 또한 출력이 low가 없는 t5~t7을 활성 구간으로 계속 이어서 보는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 어떤 출력이 실제로 선택되어 low가 되는지 본다. 그 구간을 내부 enable 활성 구간으로 잡고, 입력이 액티브-로우인지 액티브-하이인지만 마지막에 한 번 반전해서 외부 enable 파형을 정하면 된다.

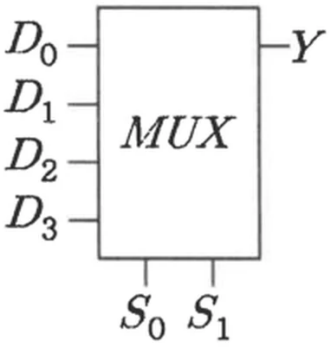
암기 포인트

액티브-로우 enable은 출력이 살아나는 구간에서 입력 파형이 low이다.

NoteBase

문 16. <보기 1>은 1-of-4 멀티플렉서(multiplexer)의 논리기호와 논리식을 나타낸다. 입력 $D_0 \sim D_3$, S_0, S_1이 <보기 2>와 같이 순차적으로 입력되었을 때 출력 Y는?

〈보기 1〉



$$Y = D_0\overline{S_1}\,\overline{S_0} + D_1\overline{S_1}S_0 + D_2S_1\overline{S_0} + D_3S_1S_0$$

〈보기 2〉

	$t_1 \sim t_2$	$t_2 \sim t_3$	$t_3 \sim t_4$	$t_4 \sim t_5$	$t_5 \sim t_6$	$t_6 \sim t_7$
D_0	1	1	0	0	1	1
D_1	1	0	0	1	1	0
D_2	1	0	1	0	1	0
D_3	0	1	1	0	0	1
S_0	1	1	0	0	1	1
S_1	0	1	0	1	0	1
Y	(가)	(나)	(다)	(라)	(마)	(바)

① (가): 0, (나): 0, (다): 1, (라): 0, (마): 0, (바): 0

② (가): 0, (나): 0, (다): 1, (라): 1, (마): 0, (바): 0

③ (가): 1, (나): 1, (다): 0, (라): 0, (마): 1, (바): 1

④ (가): 1, (나): 1, (다): 0, (라): 1, (마): 1, (바): 1

정답 3번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 1-of-4 멀티플렉서에서 선택선 조합 S_1S_0에 따라 어떤 입력 D_0~D_3이 출력 Y로 전달되는지를 시간 구간별로 추적하는 문제이다.

선지별 해설

공통 계산: $t_1 \sim t_2$에서는 $S_1S_0 = 01$이므로 $Y = D_1 = 1$, $t_2 \sim t_3$에서는 11이므로 $Y = D_3 = 1$, $t_3 \sim t_4$에서는 00이므로 $Y = D_0 = 0$, $t_4 \sim t_5$에서는 10이므로 $Y = D_2 = 0$, $t_5 \sim t_6$에서는 01이므로 $Y = D_1 = 1$, $t_6 \sim t_7$에서는 11이므로 $Y = D_3 = 1$이다. 따라서 출력 수열은 1 1 0 0 1 1이다.
1번 X: 1번은 출력 수열을 0 0 1 0 0 0으로 본 선택지이다. $t_1 \sim t_2$에서 이미 $D_1 = 1$이므로 (가)는 0이 아니라 1이고, $t_3 \sim t_4$에서는 $D_0 = 0$이므로 (다)는 1이 아니라 0이다. 틀린 표현은 '0 0 1 0 0 0'이며 올바르게는 '1 1 0 0 1 1'이다.
2번 X: 2번은 출력 수열을 0 0 1 1 0 0으로 본 선택지이다. 특히 $t_4 \sim t_5$에서 $S_1S_0 = 10$이므로 D_2가 선택되고 $D_2 = 0$이어서 (라)는 1이 아니라 0이다. 틀린 표현은 '0 0 1 1 0 0'이며 올바르게는 '1 1 0 0 1 1'이다.
3번 O: 3번의 수열 1 1 0 0 1 1은 각 시간 구간에서 선택되는 입력 $D_1, D_3, D_0, D_2, D_1, D_3$의 값과 정확히 일치한다.
4번 X: 4번은 1 1 0 1 1 1로서 (라)만 다르다. $t_4 \sim t_5$에서 $S_1 = 1, S_0 = 0$이므로 선택 조합은 10이고, 이때 선택되는 입력은 D_2이므로 (라)=0이다. 틀린 표현은 '(라)=1'이며 올바르게는 '(라)=0'이다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 선택선의 읽는 순서이다. 그림 아래에 S_0, S_1가 적혀 있어도 식은 S_1S_0 순서로 각 항을 구성하므로, 이를 S_0S_1로 잘못 읽으면 4번처럼 (라)를 1로 오판하게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

멀티플렉서 문제는 먼저 선택선과 입력의 대응표를 만든다. 이 문제에서는 $00 \rightarrow D_0$, $01 \rightarrow D_1$, $10 \rightarrow D_2$, $11 \rightarrow D_3$를 정리한 뒤 각 시간 구간의 S_1S_0를 읽어 해당 입력값만 순서대로 적으면 된다.

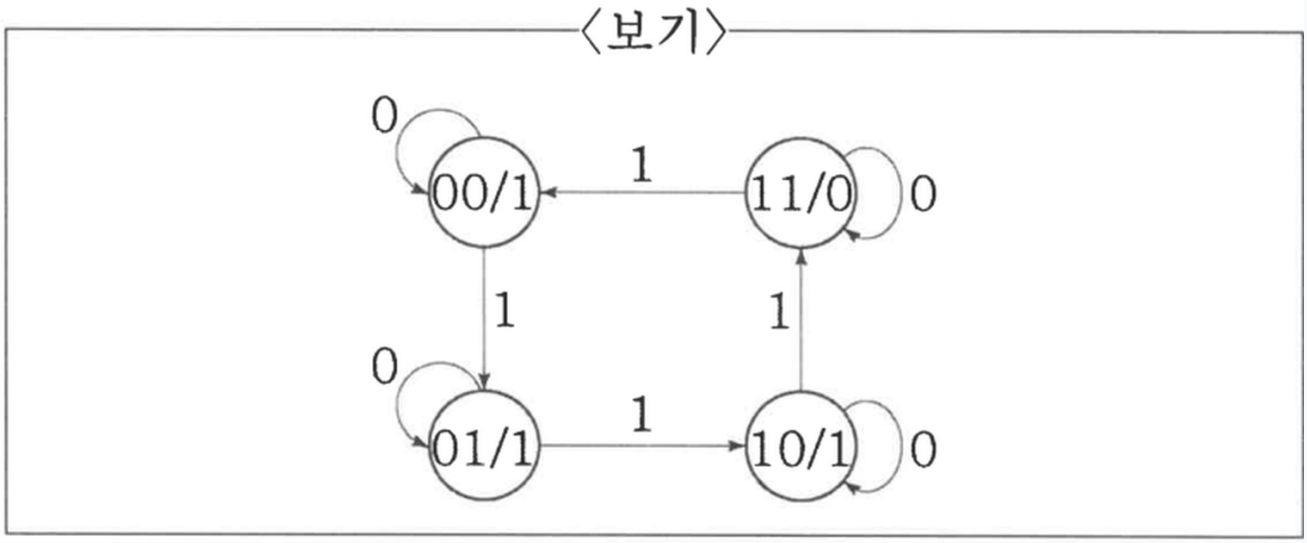
암기 포인트

4:1 MUX는 선택선 2비트가 주소 역할을 하며 00,01,10,11이 차례로 D_0, D_1, D_2, D_3를 고른다.

NoteBase

문 17. <보기>의 상태 다이어그램처럼 동작하는 무어 모델의 순차회로를 상태 테이블로 표현한 것으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 현재 상태: 00, 입력: 0, 다음 상태: 00, 출력: 1
현재 상태: 00, 입력: 1, 다음 상태: 01, 출력: 1

② 현재 상태: 01, 입력: 0, 다음 상태: 00, 출력: 1
현재 상태: 01, 입력: 1, 다음 상태: 11, 출력: 1

③ 현재 상태: 10, 입력: 0, 다음 상태: 10, 출력: 0
현재 상태: 10, 입력: 1, 다음 상태: 11, 출력: 0

④ 현재 상태: 11, 입력: 0, 다음 상태: 00, 출력: 1
현재 상태: 11, 입력: 1, 다음 상태: 00, 출력: 0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 무어 모델 상태도에서 현재 상태별 출력과 입력 0, 1에 대한 상태전이를 읽어 상태표와 정확히 대응시키는지를 묻는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 현재 상태 00에서 입력 0이면 자기루프이므로 다음 상태는 00이고 출력은 상태 00의 값인 1이다. 입력 1이면 01로 이동하고 출력은 여전히 현재 상태 00의 값인 1이다.
② X: 현재 상태 01에서 입력 0은 자기루프이므로 다음 상태가 00이 아니라 01이다. 입력 1은 10으로 이동하므로 다음 상태가 11이 아니라 10이다. 틀린 표현은 "01에서 0 입력 시 다음 상태 00", "01에서 1 입력 시 다음 상태 11"이고, 올바르게는 각각 "다음 상태 01", "다음 상태 10"이다. 출력 1은 맞다.
③ X: 현재 상태 10의 출력은 상태 표기 10/1에 따라 입력과 무관하게 1이다. 틀린 표현은 두 행의 "출력 0"이고, 올바르게는 둘 다 "출력 1"이다. 다음 상태는 입력 0이면 10, 입력 1이면 11로 맞다.
④ X: 현재 상태 11에서 입력 0은 자기루프이므로 다음 상태가 00이 아니라 11이고 출력은 0이다. 입력 1이면 00으로 이동하고 출력도 현재 상태 11의 값인 0이다. 틀린 표현은 첫 행의 "다음 상태 00, 출력 1"이고, 올바르게는 "다음 상태 11, 출력 0"이다. 둘째 행의 "입력 1 시 다음 상태 00, 출력 0"은 맞다.

오답 포인트

상태 안의 "/출력" 표기를 무시하고 출력을 다음 상태에서 읽으면 무어 모델을 밀리 모델처럼 잘못 해석하게 된다. 특히 10/1, 11/0을 보고도 입력값에 따라 출력이 바뀐다고 착각하면 ③, ④를 고르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

무어 모델은 먼저 각 상태 원 안의 출력값을 고정한 뒤, 그다음 입력별 화살표만 따라 다음 상태를 읽는다. 이 문제에서는 입력 0은 자기유지, 입력 1은 00→01→10→11→00 순환으로 정리하면 바로 판단된다.

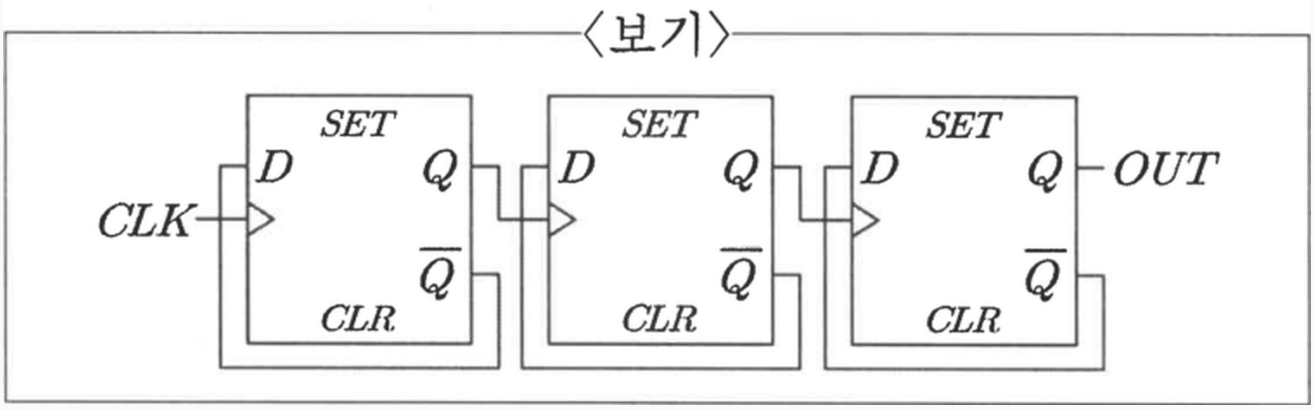
암기 포인트

무어 모델은 출력이 상태에 붙고, 입력은 다음 상태만 바꾼다.

NoteBase

문 18. <보기>와 같이 세 개의 D 플립플롭을 연결했을 때 클록신호(CLK)의 주파수(f_{CLK})와 출력신호(OUT)의 주파수(f_{OUT})의 관계식으로 가장 옳은 것은?

〈보기〉



① $f_{CLK} = f_{OUT} \times 8$

② $f_{CLK} = f_{OUT} \times 4$

③ $f_{CLK} = f_{OUT} \times \frac{1}{4}$

④ $f_{CLK} = f_{OUT} \times \frac{1}{8}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 세 개의 D 플립플롭이 $D = \overline{Q}$ 형태로 연결될 때 각 단이 2분주기로 동작한다는 점을 이용해 전체 분주비를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O: 3단 직렬 토글 동작이므로 전체 분주비는 $2^3 = 8$이다. 따라서 $f_{OUT} = f_{CLK}/8$이고, 같은 뜻으로 쓰면 $f_{CLK} = f_{OUT} \times 8$이다.

② X: $f_{CLK} = f_{OUT} \times 4$는 2단 분주 회로일 때의 관계이다. 이 회로는 플립플롭이 3개이므로 올바르게는 $f_{CLK} = f_{OUT} \times 8$이다.

③ X: $f_{CLK} = f_{OUT} \times 1/4$는 $f_{OUT} = 4f_{CLK}$와 같은 뜻이어서 출력이 입력보다 더 빠르다는 의미가 된다. 이 회로는 분주 회로이므로 올바르게는 $f_{OUT} = f_{CLK}/8$이다.

④ X: $f_{CLK} = f_{OUT} \times 1/8$는 $f_{OUT} = 8f_{CLK}$와 같은 뜻으로, 분주 관계를 거꾸로 쓴 식이다. 올바른 관계는 $f_{CLK} = f_{OUT} \times 8$ 또는 $f_{OUT} = f_{CLK}/8$이다.

오답 포인트

플립플롭 개수는 3개인데 2개로 세어 4분주로 착각하거나, $f_{OUT} = f_{CLK}/8$을 $f_{CLK} = f_{OUT}/8$처럼 역으로 바꾸어 쓰면 틀린다. 분주 문제에서는 각 단이 2분주인지 먼저 확인한 뒤 최종식을 같은 방향으로 정리해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

회로도에서 각 플립플롭이 토글 구조인지 확인한 뒤 단계 수만큼 2^n 분주를 적용하면 된다. 마지막 출력이 어느 단의 Q인지 확인하고 $f_{OUT} = f_{IN}/2^n$으로 바로 정리하면 된다.

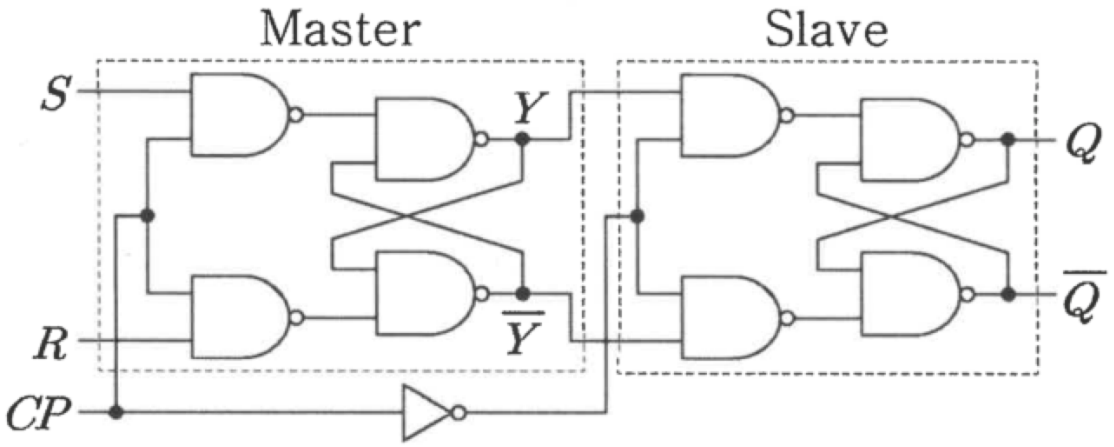
암기 포인트

$D = \overline{Q}$인 D 플립플롭 n단 직렬은 토글 리플 카운터가 되어 출력 주파수는 입력의 $1/2^n$이다.

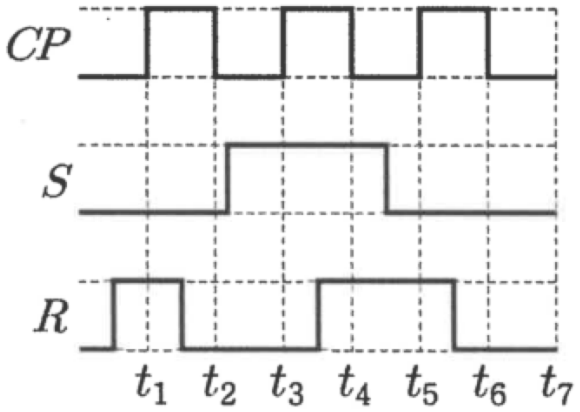
NoteBase

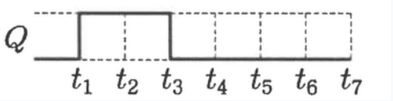
문 19. <보기 1>의 주종형(master-slave) SR 플립플롭에 <보기 2>와 같이 입력을 인가하였을 때, 출력 Q의 파형으로 가장 옳은 것은? (단, Y, Q는 0으로 초기화되어 있으며, 게이트에서의 지연은 고려하지 않는다.)

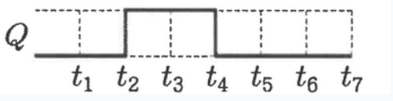
〈보기 1〉

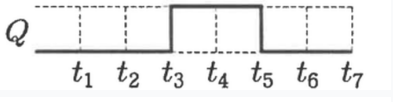


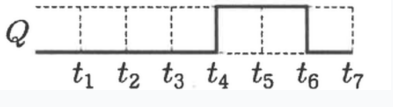
〈보기 2〉



① 

② 

③ 

④ 

NoteBase

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 주종형 SR 플립플롭에서 마스터와 슬레이브가 서로 반대 위상의 클록으로 동작하므로 출력 Q가 클록의 하강 시점에만 바뀐다는 점을 묻는 문제이다.

선지별 해설

① X. ①은 Q가 t_1에서 바로 1이 된 것으로 그렸지만, 첫 번째 고레벨 구간에서는 S=0, R=1이므로 마스터 출력 Y가 0으로 유지된다. 따라서 첫 번째 하강 시점 뒤에도 Q는 0이어야 하며, 올바르게는 Q가 $t_1 \sim t_3$ 동안 0인 파형이다.
② X. ②는 Q가 t_2에서 1이 된 것으로 그렸는데, t_2 직전까지 마스터는 리셋 상태라 슬레이브가 받아도 0만 전달된다. 올바르게는 t_2 뒤에도 Q는 0이고, 1이 되는 시점은 t_4이다.
③ X. ③은 Q가 t_3에서 1이 되고 t_5에서 0이 되는 것으로 그렸는데, 이는 마스터의 변화 시점을 그대로 출력 변화 시점으로 착각한 경우이다. 올바르게는 $t_3 \sim t_4$에서는 마스터 내부 Y만 1이고, Q는 하강엣지 후인 t_4부터 1이 되며 t_6에서 0이 된다.
④ O. $t_3 \sim t_4$의 고레벨 구간에서 S=1, R=0이므로 마스터가 세트되어 Y=1이 된다. 이 값이 t_4에서 슬레이브로 전달되어 Q=1이 되고, $t_5 \sim t_6$ 구간에서 마스터가 다시 리셋된 뒤 t_6에서 Q=0이 되므로 ④의 파형이 맞다.

오답 포인트

주종형 플립플롭에서 마스터의 상태 변화 시점 Y와 최종 출력 Q의 변화 시점을 같은 것으로 보면 ②, ③처럼 한 박자 이른 파형을 고르게 된다. 이 문제는 상승 구간에서 내부 상태를 만들고 하강 시점에서 출력이 바뀐다는 시차를 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

주종형 SR 플립플롭은 먼저 CP=1인 각 구간에서 S, R로 마스터 상태 Y를 정한 뒤, 각 하강엣지에서 그 Y가 Q로 복사된다고 판단한다. 따라서 각 고레벨 구간의 마지막 Y만 순서대로 적으면 출력 파형을 바로 정할 수 있다.

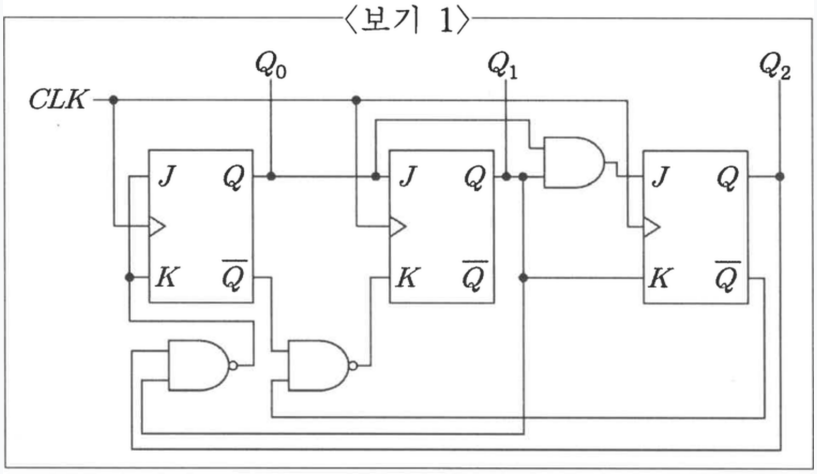
암기 포인트

주종형은 마스터가 먼저 저장하고 슬레이브가 다음 하강엣지에서 출력하므로 Q는 한 박자 늦게 변한다.

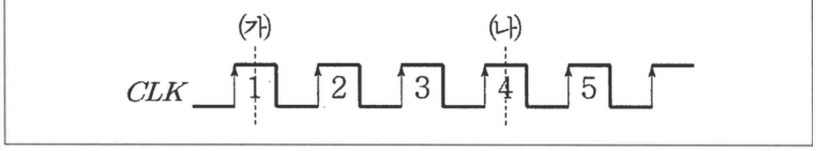
NoteBase

문 20. <보기 1>의 $Q_2Q_1Q_0$는 <보기 2>의 (가) 시점에서 101이다. (나) 시점에서 $Q_2Q_1Q_0$로 가장 옳은 것은? (단, (가)와 (나) 시점에서 $Q_2Q_1Q_0$는 정상상태(steady state)이다.)

〈보기 1〉



〈보기 2〉



① 000

② 001

③ 110

④ 111

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 JK 플립플롭의 입력식을 회로도에서 읽어 상태 전이열을 추적하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① X: 000은 세 번째 상승에지 직후 상태이다. 101에서 한 번 더 진행한 (나) 시점은 네 번째 상승에지이므로 000에서 한 번 더 천이한 결과를 봐야 한다. 틀린 표현은 (나) 시점을 000으로 본 점이고, 올바르게는 $101 \to 110 \to 000 \to 001$이므로 001이다.
② O: 101에서 $J_0 = K_0 = 1$이므로 $Q_0 : 1 \to 0$, $J_1 = K_1 = 1$이므로 $Q_1 : 0 \to 1$, $J_2 = 0, K_2 = 0$이므로 Q_2는 1 유지라서 먼저 110이 된다. 다음 클록에서 110은 Q_0 유지, Q_1 리셋, Q_2 리셋으로 000이 되고, 다시 한 클록 뒤 000에서 Q_0만 토글되어 001이 된다. 따라서 ②가 옳다.
③ X: 110은 101 다음 한 번의 상승에지에서만 나타나는 상태이다. 틀린 표현은 (나) 시점을 첫 번째 천이 결과인 110으로 본 점이고, 올바르게는 세 번의 천이를 모두 반영한 001이다.
④ X: 111은 이 회로의 정상 상태열에 포함되지 않는다. Q_2는 $Q_1 = 1$일 때 $K_2 = 1$이 되어 리셋 방향으로 작동하므로 110 다음이 111이 아니라 000이 된다. 틀린 표현은 111이 카운트열에 나온다고 본 점이고, 올바르게는 111을 건너뛰고 000으로 넘어간다.

오답 포인트

(가)에서 (나)까지 상승에지가 세 번 더 진행된다는 점을 놓치면 ③의 110이나 ①의 000에서 멈추기 쉽다. 또 일반 3비트 이진 업카운터로 오해하면 $101 \to 110 \to 111 \to 000$으로 착각해 ①이나 ④ 쪽으로 흐르기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 회로에서 각 플립플롭의 J, K 입력식을 읽는다. 그다음 시작 상태를 넣어 상승에지마다 Q_0, Q_1, Q_2를 동시에 갱신해 상태표를 순서대로 적으면 된다. 중간에 111이 실제로 허용되는지도 J_2, K_2 조건으로 함께 확인된다.

암기 포인트

이 회로는 111을 거치지 않는 mod-7 카운터이므로 101 다음 상태열은 $110 \to 000 \to 001$이다.

NoteBase