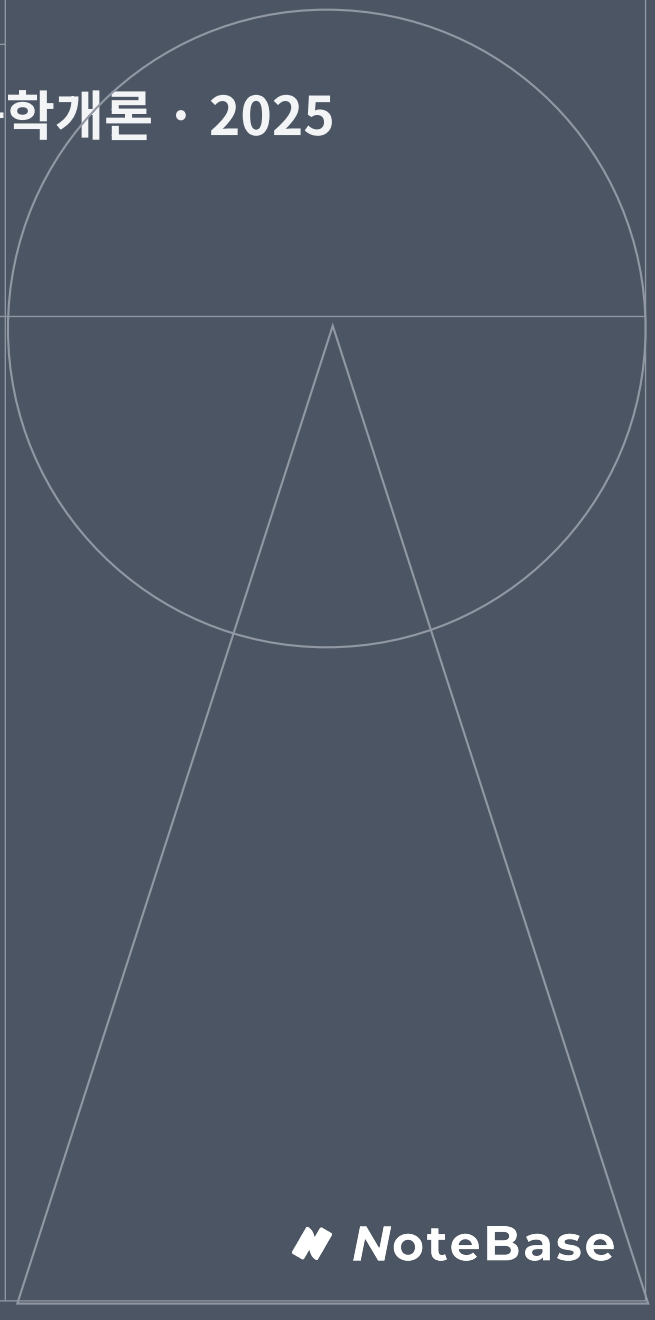
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2025



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2025

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2025

1. 연산증폭기의 특성으로 옳지 않은 것은?
   ① 높은 입력 임피던스
   ② 높은 전압이득
   ③ 낮은 출력 임피던스
   ④ 넓은 주파수 대역
   ⑤ 작은 CMRR

정답 5번

출제 포인트

연산증폭기가 입력 신호의 차이를 정확히 증폭하면서 앞단과 부하에 미치는 영향을 줄이기 위해 가져야 할 기본 특성을 묻는 문제이다.

핵심 개념

연산증폭기는 두 입력 전압의 차이를 매우 크게 증폭하는 차동 증폭기이다. 이상적인 연산증폭기는 입력 임피던스와 전압이득 및 CMRR이 매우 크고, 출력 임피던스는 매우 작으며, 주파수 대역은 매우 넓다. 실제 연산증폭기도 이러한 이상적 특성에 가까울수록 성능이 좋다. CMRR은 두 입력에 공통으로 들어온 신호를 억제하고 차동 신호만 증폭하는 능력을 나타내므로 클수록 좋다.

선지별 해설

① O — 높은 입력 임피던스는 입력단에서 신호원으로부터 전류를 거의 끌어오지 않아 앞단 회로의 신호를 덜 변화시키는 바람직한 특성이다.
② O — 높은 전압이득은 매우 작은 차동 입력 전압도 충분히 큰 출력 전압으로 증폭하게 하는 연산증폭기의 핵심 특성이다.
③ O — 낮은 출력 임피던스는 부하가 연결되어도 출력 전압의 변화가 작고 부하를 안정적으로 구동하게 하는 바람직한 특성이다.
④ O — 넓은 주파수 대역은 더 넓은 주파수 범위의 신호를 증폭할 수 있게 하는 바람직한 특성이다.
⑤ X — 틀린 표현은 '작은 CMRR'이다. 작은 CMRR은 공통 모드 신호나 잡음을 충분히 억제하지 못한다. 올바르게는 '큰 CMRR'이다.

NoteBase

오답 포인트

입력·출력 임피던스는 방향이 서로 반대이지만 CMRR은 이득과 마찬가지로 클수록 바람직하다. ⑤의 '작은'을 출력 임피던스의 '낮은'과 같은 방향으로 착각하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

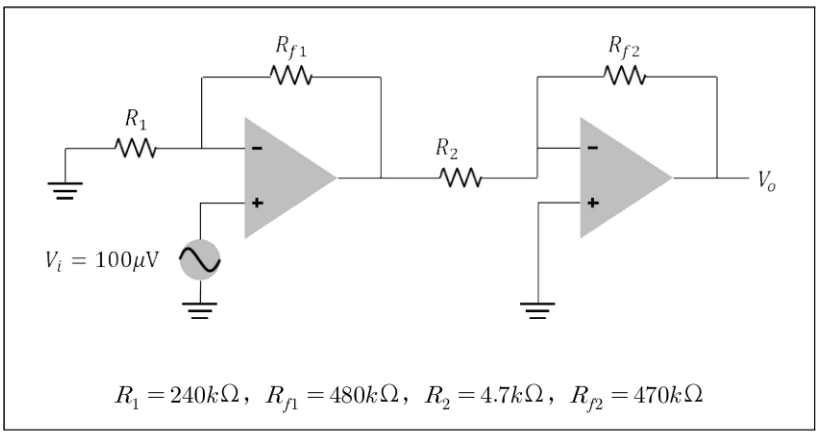
연산증폭기의 특성은 '입력에서는 회로를 방해하지 않고, 출력에서는 부하의 영향을 덜 받으며, 원하는 차동 신호는 크게 증폭하고 공통 신호는 잘 제거하는가'로 판단한다. 이에 따라 입력 임피던스·전압이득·CMRR·주파수 대역은 클수록 좋고, 출력 임피던스는 작을수록 좋다.

암기 포인트

입력 임피던스·전압이득·대역폭·CMRR은 크게, 출력 임피던스는 작게 기억한다.

NoteBase

2. 다음 회로에서 출력전압 V_o은?



① $10\mu\mathrm{V}$
② $3m\mathrm{V}$
③ $-30m\mathrm{V}$
④ $-47m\mathrm{V}$
⑤ $-3\mathrm{V}$

정답 3번

출제 포인트

첫 번째 비반전 증폭기와 두 번째 반전 증폭기의 전압 이득을 차례로 곱해 최종 출력전압과 부호를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_i = 100\mu V$, $R_1 = 240k\Omega$, $R_{f1} = 480k\Omega$, $R_2 = 4.7k\Omega$, $R_{f2} = 470k\Omega$이다.
구해야 할 값: 두 증폭단을 모두 거친 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 첫째 단은 비반전 증폭기이므로 출력의 부호가 유지되고, 둘째 단은 반전 증폭기이므로 최종 출력의 부호가 반전된다.

사용할 공식

첫째 단의 전압 이득은 $A_1 = 1 + \frac{R_{f1}}{R_1}$이고, 둘째 단의 전압 이득은 $A_2 = -\frac{R_{f2}}{R_2}$이다. 따라서 전체 이득은 $A_v = A_1A_2$, 최종 출력은 $V_o = A_vV_i$이다. 첫째 단은 입력이 연산증폭기의 비반전 단자에 연결된 구조이고, 둘째 단은 비반전 단자가 접지된 반전 증폭기 구조이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫째 단의 이득은 $A_1 = 1 + \frac{480k\Omega}{240k\Omega} = 3$이다. 따라서 첫째 단 출력은 $V_1 = 3 \times 100\mu V = 300\mu V$이다.
2. 둘째 단의 이득은 $A_2 = -\frac{470k\Omega}{4.7k\Omega} = -100$이다.
3. 전체 이득은 $A_v = 3 \times (-100) = -300$이다. 따라서 $V_o = (-300)(100\mu V) = -30{,}000\mu V = -30mV$이다.

선지 판단

① X — $10\mu V$는 전체 이득 -300을 적용한 값이 아니다. 올바르게는 $V_o = -30mV$이다.
② X — $3mV$는 계산된 출력 크기 $30mV$와 다르고, 둘째 단의 반전 부호도 빠져 있다. 올바르게는 $V_o = -30mV$이다.
③ O — 전체 이득이 -300이므로 $100\mu V$를 입력하면 $V_o = -30mV$가 된다.
④ X — $-47mV$는 두 단의 이득 3과 -100을 곱해 얻는 값이 아니다. 올바르게는 $V_o = -30mV$이다.
⑤ X — $-3V$는 $100\mu V$의 단위 환산을 잘못하면 생길 수 있는 과도한 값이다. 올바르게는 $V_o = -30mV$이다.

오답 포인트

첫째 단을 반전 증폭기로 오인하거나, 둘째 단의 음의 부호를 누락하거나, $100\mu V = 0.1mV$라는 단위 변환을 놓치기 쉽다. 특히 첫째 단 이득은 R_{f1}/R_1만이 아니라 $1 + R_{f1}/R_1$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 연산증폭기에서 입력이 연결된 단자를 먼저 확인한 뒤, 비반전 이득 $1 + R_f/R$ 또는 반전 이득 $-R_f/R$을 정한다. 각 단의 이득을 곱하고, 마지막에 입력전압의 단위를 맞춰 출력전압을 계산한다.

암기 포인트

비반전 증폭기는 $1 + R_f/R$, 반전 증폭기는 $-R_f/R$이며, 다단 증폭기의 전체 이득은 각 단 이득의 곱이다.

NoteBase

3. 디지털 IC 구성을 TTL과 CMOS로 구분할 때, 옳지 않은 것은?

① TTL은 BJT로 구성된다.

② CMOS는 처리속도가 빠르기 때문에 잡음 여유도가 작다.

③ CMOS는 TTL에 비하여 사용 전압 범위가 넓다.

④ TTL은 전력소비가 크고 팬아웃이 상대적으로 낮다.

⑤ 소규모 IC는 TTL을 주로 사용하며 고집적 IC는 CMOS를 사용한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 TTL과 CMOS의 구성 소자, 처리 속도, 잡음 여유도, 사용 전압 범위, 소비 전력, 팬아웃 및 집적도 특성을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

TTL은 BJT를 기본 소자로 사용하는 논리 회로 계열로, 전통적인 비교에서는 CMOS보다 동작 속도가 빠르지만 소비 전력이 크고 잡음 여유도와 팬아웃이 작다.
CMOS는 상보형 MOSFET을 사용하는 논리 회로 계열로, 소비 전력이 작고 잡음 여유도와 팬아웃이 크며 사용 전압 범위가 넓고 고집적화에 유리하다.

선지별 해설

① O — TTL은 BJT를 기본 소자로 구성하는 논리 회로 계열이다.
② X — '처리속도가 빠르기 때문에 잡음 여유도가 작다'는 표현이 틀렸다. 전통적인 TTL과의 비교에서 CMOS는 처리 속도가 상대적으로 느리지만 잡음 여유도는 더 크다고 고쳐야 한다. 처리 속도와 잡음 여유도를 직접적인 인과관계로 연결해서도 안 된다.
③ O — CMOS는 TTL보다 허용되는 전원전압의 범위가 넓다.
④ O — TTL은 CMOS보다 소비 전력이 크고, 입력 임피던스가 낮아 구동할 수 있는 입력 수인 팬아웃도 상대적으로 작다.
⑤ O — 전통적인 논리 IC 비교에서 소규모 집적 회로에는 TTL이 주로 사용되고, 저전력·고집적화가 필요한 고집적 IC에는 CMOS가 적합하다.

오답 포인트

②는 CMOS의 처리 속도와 잡음 여유도를 모두 반대로 제시하고 두 특성을 인과관계로 묶은 선지이다. 시험의 전통적 비교에서는 'TTL은 빠르지만 전력 소모가 크고 잡음 여유도가 작다', 'CMOS는 저전력이고 잡음 여유도가 크며 고집적화에 유리하다'로 구분한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

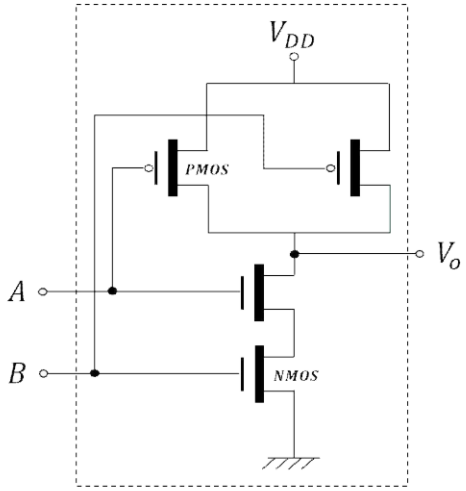
먼저 구성 소자를 확인한 뒤 전력·잡음·전압·팬아웃·집적도를 묶어 비교한다. TTL은 BJT·빠른 속도·큰 소비 전력, CMOS는 MOSFET·작은 소비 전력·큰 잡음 여유도·넓은 전압 범위·큰 팬아웃·고집적이라는 기준으로 판단한다.

암기 포인트

TTL은 BJT와 속도, CMOS는 저전력·큰 잡음 여유도·넓은 전압 범위·고집적이다.

NoteBase

4. 다음 그림이 나타내는 회로는?



① XOR 게이트
② XNOR 게이트
③ NAND 게이트
④ NOR 게이트
⑤ NOT 게이트

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 CMOS 회로의 풀업망과 풀다운망의 직렬·병렬 연결을 보고 논리 게이트를 판별하는 문제이다.
그림에서 PMOS 2개는 병렬로 풀업망을 이루고 NMOS 2개는 직렬로 풀다운망을 이루므로, 두 입력이 모두 1일 때만 출력이 0이 되는 NAND 게이트이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — XOR 게이트는 두 입력이 서로 다를 때만 출력이 1이 된다. 이 회로는 입력이 하나라도 0이면 병렬 PMOS 경로가 켜져 출력이 1이 되므로 XOR가 아니다. 틀린 표현 'XOR 게이트'는 'NAND 게이트'로 고쳐야 한다.
② X — XNOR 게이트는 두 입력이 같을 때 출력이 1이 된다. 이 회로는 두 입력이 모두 1이면 직렬 NMOS가 모두 켜져 출력이 0이 되므로 XNOR가 아니다. 틀린 표현 'XNOR 게이트'는 'NAND 게이트'로 고쳐야 한다.
③ O — 위쪽의 PMOS 2개가 병렬이고 아래쪽의 NMOS 2개가 직렬이다. 따라서 두 입력이 모두 1일 때만 접지로 이어지는 경로가 완성되어 출력이 0이 되고, 나머지 입력 조합에서는 출력이 1이 되므로 NAND 게이트이다.
④ X — NOR 게이트의 CMOS 구조는 PMOS가 직렬이고 NMOS가 병렬이어야 하며, 두 입력이 모두 0일 때만 출력이 1이 된다. 그림은 그 반대 연결이므로 NOR가 아니다. 틀린 표현 'NOR 게이트'는 'NAND 게이트'로 고쳐야 한다.
⑤ X — NOT 게이트는 입력 1개가 PMOS와 NMOS의 공통 게이트에 연결되는 구조이다. 그림은 입력 A와 B가 각각 서로 다른 트랜지스터를 제어하는 2입력 회로이므로 NOT가 아니다. 틀린 표현 'NOT 게이트'는 '2입력 NAND 게이트'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

핵심 함정은 트랜지스터의 개수만 보고 게이트를 추측하는 것이다. ③을 고르려면 아래쪽 NMOS가 직렬이라 두 입력이 모두 1일 때만 풀다운된다는 점과, 위쪽 PMOS가 병렬이라 입력 중 하나만 0이어도 풀업된다는 점을 함께 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 NMOS 풀다운망을 본다. NMOS가 직렬이면 모든 입력이 1일 때만 출력이 0이 되므로 NAND이고, NMOS가 병렬이면 입력 중 하나만 1이어도 출력이 0이 되므로 NOR이다. 이어서 PMOS망이 각각 병렬 또는 직렬의 상보 구조인지 확인한다.

암기 포인트

CMOS에서 NAND는 PMOS 병렬·NMOS 직렬, NOR는 PMOS 직렬·NMOS 병렬이다.

NoteBase

5. 디지털 시스템에서 사용되는 코드에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 'BCD 코드'는 10진수 0부터 9까지를 2진수 4비트로 표현한 코드이다.

② 'Excess-3 코드'는 광학 인코더에 사용하여 정확한 회전각도 측정이 가능하다.

③ '그레이 코드'는 인접한 코드 간에 비트 변화가 하나만 존재하는 코드이다.

④ '해밍 코드'는 선형 블록 코드의 일종이며 순환 코드에 해당한다.

⑤ '유니 코드'는 한글 및 외국어 표기를 위한 표준화된 코드이다.

정답 2번

출제 포인트

디지털 시스템에서 사용하는 BCD, Excess-3, 그레이, 해밍, 유니 코드의 정의와 대표 용도를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

BCD 코드는 10진수 한 자리를 4비트 이진수로 나타내는 코드이다.
Excess-3 코드는 각 10진 숫자에 3을 더한 값을 4비트 이진수로 나타내는 자기 보수 코드이다.
그레이 코드는 연속된 두 코드 사이에서 한 비트만 변하도록 구성한 코드로, 광학식 회전축 인코더에서 판독 오류를 줄이는 데 적합하다.
해밍 코드는 오류 검출과 정정을 위한 선형 블록 코드이며, 대표적인 이진 해밍 코드는 순환 코드로 구성할 수 있다.
유니코드는 한글을 포함한 세계 여러 문자에 고유한 값을 부여하는 국제 문자 부호 표준이다.

선지별 해설

① O — BCD 코드는 10진수 0부터 9까지의 각 숫자를 각각 4비트 이진 코드로 표현한다.
② X — 틀린 표현은 'Excess-3 코드를 광학 인코더에 사용하여 정확한 회전각을 측정한다'이다. 광학식 회전축 인코더에는 인접 위치에서 한 비트만 변해 전이 오차를 줄이는 그레이 코드가 적합하다. Excess-3 코드는 10진 숫자에 3을 더해 부호화하는 자기 보수 십진 코드이다.
③ O — 그레이 코드는 서로 인접한 코드 사이의 비트 변화가 하나뿐인 단위 거리 코드이다.
④ O — 해밍 코드는 선형 블록 코드의 일종이며, 대표적인 이진 해밍 코드는 순환 코드로 구성할 수 있다.
⑤ O — 유니코드는 한글과 여러 외국어 문자를 일관되게 표현하기 위한 국제 표준 문자 코드이다.

NoteBase

오답 포인트

②는 '코드'라는 공통점 때문에 Excess-3 코드와 그레이 코드의 용도를 바꾸어 놓은 선지이다. 회전축의 인접 위치에서 여러 비트가 동시에 바뀌면 순간적인 판독 오차가 생길 수 있으므로, 한 비트만 변하는 그레이 코드를 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

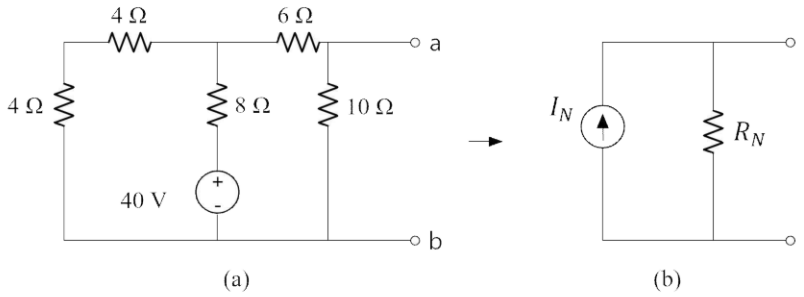
십진 숫자에 3을 더해 부호화하면 Excess-3, 인접 코드 간 한 비트만 변하거나 회전축 위치를 읽으면 그레이 코드로 판단한다. 오류 정정은 해밍 코드, 여러 언어의 문자 표현은 유니코드에 연결한다.

암기 포인트

Excess-3은 십진수에 3을 더한 코드, 그레이는 한 비트 변화와 회전축 인코더이다.

NoteBase

6. 다음 (a)회로를 a-b 단자에서 바라본 노턴(Norton) 등가회로 (b)로 변환할 때, 등가회로의 노턴전류 I_N과 노턴저항 R_N으로 옳은 것은?



① 1.2 A, 7 Ω
② 2.0 A, 5 Ω
③ 2.4 A, 8 Ω
④ 2.5 A, 6 Ω
⑤ 3.0 A, 4 Ω

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 단자 a-b를 단락했을 때의 단락전류로 노턴전류 I_N를 구하고, 독립 전압원을 비활성화했을 때 단자에서 바라본 등가저항으로 노턴저항 R_N을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전압원은 $40V$이고, 저항은 4Ω, 4Ω, 8Ω, 6Ω, 10Ω이다.
구해야 할 값: a-b 단자의 노턴전류 I_N와 노턴저항 R_N이다.
주의할 조건: I_N을 구할 때는 a-b를 단락하고, R_N을 구할 때는 독립 전압원을 단락시켜 비활성화한다.

사용할 공식

노턴전류는 단자 단락전류이므로 $I_N = I_{sc}$이다. 노턴저항은 독립원을 비활성화한 뒤 단자에서 바라본 등가저항이므로 $R_N = R_{eq}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 노턴 등가회로는 원래의 2단자 회로와 같은 단락전류와 같은 단자 등가저항을 가져야 하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 노턴저항을 구하기 위해 $40V$ 전압원을 단락한다. 중앙 위 노드에서 b까지 왼쪽의 두 4Ω는 직렬이므로 8Ω이고, 이것이 중앙의 8Ω와 병렬이므로 $8 \parallel 8 = 4\Omega$이다.
2. 이 4Ω와 6Ω는 직렬이므로 10Ω이고, 단자에 직접 연결된 10Ω와 병렬이다. 따라서
$R_N = 10 \parallel 10 = 5\Omega$
이다.
3. 노턴전류를 구하기 위해 a-b를 단락한다. 이때 단자에 직접 연결된 10Ω 양단 전압은 0이므로 그 저항의 전류도 0이다. 중앙 위 노드 전압을 V라 하면, 왼쪽의 직렬 8Ω, 전압원 위쪽의 전위 $40V$에 연결된 8Ω, 단락된 a로 이어지는 6Ω에 대해
$\frac{V}{8} + \frac{V-40}{8} + \frac{V}{6} = 0$
이다. 이를 풀면 $V = 12V$이다.
4. 6Ω을 지나 a-b 단락으로 흐르는 전류는
$I_N = I_{sc} = \frac{V}{6} = \frac{12}{6} = 2.0A$
이다. 따라서 $I_N = 2.0A$, $R_N = 5\Omega$이다.

선지 판단

① X — $1.2A$, 7Ω는 계산값과 모두 다르다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $2.0A$, 5Ω이다.
② O — 단락전류가 $2.0A$이고 독립 전압원을 비활성화한 등가저항이 5Ω이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — $2.4A$, 8Ω는 계산값과 모두 다르다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $2.0A$, 5Ω이다.
④ X — $2.5A$, 6Ω는 계산값과 모두 다르다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $2.0A$, 5Ω이다.
⑤ X — $3.0A$, 4Ω는 계산값과 모두 다르다. 틀린 수치이며, 올바르게는 $2.0A$, 5Ω이다.

오답 포인트

노턴저항을 구할 때 전압원을 그대로 두거나 제거하여 개방하는 실수가 핵심 함정이다. 이상적인 독립 전압원은 내부저항이 0이므로 비활성화할 때 단락해야 한다. 또한 노턴전류를 구할 때 a-b를 단락하면 단자에 직접 연결된 10Ω에는 전압이 걸리지 않지만, 중앙 노드와 a 사이의 6Ω에는 전류가 흐른다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

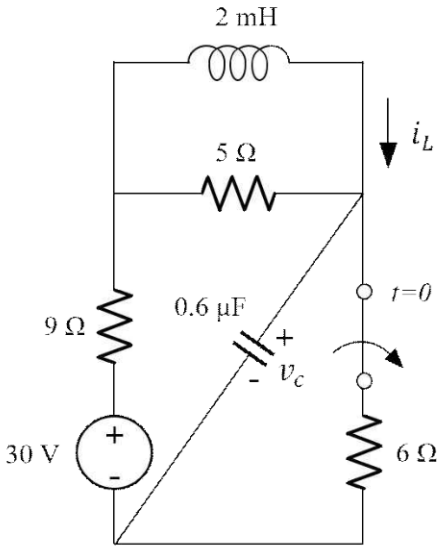
노턴 등가 문제에서는 먼저 단자를 단락해 $I_N = I_{sc}$를 구하고, 다음으로 독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방한 뒤 단자에서 본 R_N을 구한다. 마지막에 단락된 소자와 단락점으로 전류를 공급하는 소자를 구분하여 검산한다.

암기 포인트

노턴은 '단락전류 I_N, 독립원 제거 후 단자저항 R_N'이며, 전압원 0은 단락, 전류원 0은 개방이다.

NoteBase

7. 다음 회로에서 스위치가 오랫동안 닫혀있다가 $t=0$일 때 개방되었다면, 개방 직후 인덕터로 흐르는 초기 전류 $i_L(0)$와 커패시터에 걸리는 초기 전압 $v_C(0)$로 옳은 것은?



① 2 A, 12 V
② 1.5 A, 9 V
③ 3 A, 6 V
④ 4.5 A, 10 V
⑤ 6 A, 12 V

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 스위치가 오랫동안 닫힌 직류 정상상태에서 인덕터를 단락, 커패시터를 개방으로 바꾸어 정상상태 전류와 전압을 구한 뒤, 인덕터 전류와 커패시터 전압의 연속성을 적용하는 문제이다.

조건 정리

스위치는 $t=0$ 이전에 오랫동안 닫혀 있으므로 회로는 직류 정상상태이다. 이때 $2mH$ 인덕터는 단락으로, $0.6\mu F$ 커패시터는 개방으로 동작한다. 따라서 인덕터와 병렬인 5Ω 저항에는 전압이 걸리지 않아 전류가 흐르지 않고, $30V$ 전원에 9Ω와 6Ω가 직렬로 연결된 회로만 남는다. 구해야 할 값은 개방 직후의 $i_L(0^+)$와 $v_C(0^+)$이다.

NoteBase

사용할 공식

직류 정상상태에서의 옴의 법칙은
$I = \frac{V}{R} = \frac{30}{9+6}$
이다. 또한 인덕터 전류와 커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없으므로
$i_L(0^+) = i_L(0^-), \qquad v_C(0^+) = v_C(0^-)$
가 성립한다. 스위치를 열기 직전의 정상상태 값을 개방 직후에도 그대로 적용하기 위해 이 연속 조건을 사용한다.

계산 과정

1. 인덕터를 단락으로 바꾸면 5Ω 저항은 단락과 병렬이므로 양단 전압과 전류가 모두 0이다.
2. 정상상태 직렬 전류는
$I = \frac{30}{9+6} = 2A$
이다. 이 전류가 그림의 화살표 방향으로 인덕터에 흐르므로 $i_L(0^-) = 2A$이다.
3. 커패시터의 위쪽 단자는 6Ω 저항의 위쪽 노드와 같고 아래쪽 단자는 기준 노드와 같다. 표시된 극성에 따른 전압은
$v_C(0^-) = 6I = 6 \times 2 = 12V$
이다.
4. 연속성을 적용하면 $i_L(0^+) = 2A$, $v_C(0^+) = 12V$이다.

선지 판단

① O — $i_L(0) = 2A$, $v_C(0) = 12V$로 계산 결과와 모두 일치한다.
② X — 제시된 $1.5A$, $9V$는 모두 틀리며, 올바른 값은 $2A$, $12V$이다. 전체 직렬 저항은 $9 + 6 = 15\Omega$이므로 전류를 30/15로 계산해야 한다.
③ X — 제시된 $3A$, $6V$는 모두 틀리며, 올바른 값은 $2A$, $12V$이다. 정상상태에서 5Ω가 아니라 6Ω에 흐르는 $2A$로 커패시터 전압을 구한다.
④ X — 제시된 $4.5A$, $10V$는 모두 틀리며, 올바른 값은 $2A$, $12V$이다. 인덕터의 단락 때문에 5Ω에는 전류가 흐르지 않으며, 이를 직렬·병렬 합성에 포함해서는 안 된다.
⑤ X — 전압 $12V$는 맞지만 전류 $6A$가 틀리다. 올바른 조합은 $2A$, $12V$이다. $30V$를 5Ω로 나눈 값은 인덕터 전류가 아니다.

오답 포인트

핵심 함정은 스위치가 닫힌 정상상태 등가회로와 스위치가 열린 뒤의 회로를 혼동하는 것이다. 초기값은 개방 직후 회로에서 새로 계산하는 값이 아니라 개방 직전 정상상태에서 구한 값을 연속성으로 옮긴 값이다. 또한 인덕터의 단락과 병렬인 5Ω 저항은 정상상태 계산에서 제외된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

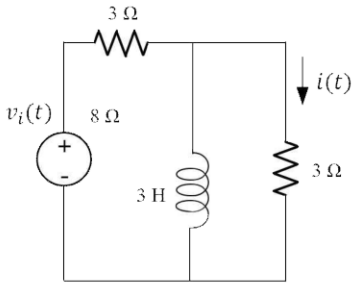
스위칭 회로의 초기값 문제는 먼저 $t = 0^{-}$의 직류 정상상태 회로를 만든다. 인덕터는 단락, 커패시터는 개방으로 바꾸어 $i_L(0^{-})$와 $v_C(0^{-})$를 구한 뒤, 연속 조건으로 0^{+}의 값에 그대로 넘긴다.

암기 포인트

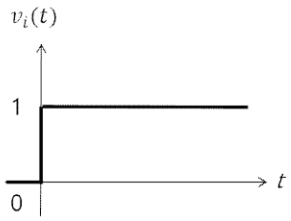
직류 정상상태에서는 L은 단락, C는 개방이며, 스위칭 순간에는 i_L과 v_C가 연속이다.

NoteBase

8. 다음 (a)회로에서 전원 전압 $v_i(t)$가 그림 (b)와 같이 단위계단함수일 때, 라플라스 영역(s 영역)에서 전류 $i(t)$에 대한 $I(s)$ 함수로 옳은 것은? (단, 인덕터의 초기 전류 값은 0으로 가정함)



(a)



(b)

① $\frac{1}{3(2s+1)}$

② $\frac{1}{2(s+1)}$

③ $\frac{3}{2(s+2)}$

④ $\frac{4}{(s+6)}$

⑤ $\frac{3}{(3s+1)}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 인덕터의 초기·최종 상태와 시정수를 이용해 저항에 흐르는 전류의 라플라스 변환 $I(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력은 단위계단전압 $v_i(t) = u(t)$, 직렬 저항은 3Ω, 병렬 저항은 3Ω, 인덕턴스는 $L = 3$H이다.
구해야 할 값: 오른쪽 3Ω 저항에 아래 방향으로 흐르는 전류 $i(t)$의 라플라스 변환 $I(s)$이다.
주의할 조건: 인덕터의 초기 전류가 0이므로 $t = 0^+$에서 인덕터는 개방회로처럼 동작하고, 직류 정상상태에서는 단락회로처럼 동작한다.

NoteBase

사용할 공식

1차 회로의 자연응답은 $i(t) = i(\infty) + [i(0^+) - i(\infty)]e^{-t/\tau}$이고, 인덕터 회로의 시정수는 $\tau = L/R_{\text{th}}$이다. 전원을 0으로 두고 인덕터 단자에서 본 저항은 $R_{\text{th}} = 3\Omega \parallel 3\Omega = 3/2\Omega$이다. 따라서 회로가 하나의 인덕터를 포함한 1차 회로이므로 이 공식을 적용한다.

계산 과정

1. $t = 0^+$에서 인덕터는 개방상태이므로 두 3Ω 저항이 직렬이 된다. 따라서 $i(0^+) = 1/(3+3) = 1/6\text{A}$이다.
2. $t \to \infty$에서 인덕터는 단락상태가 되어 오른쪽 저항의 양단 전압이 0이므로 $i(\infty) = 0$이다.
3. $R_{\text{th}} = 3/2\Omega$이므로 $\tau = L/R_{\text{th}} = 3/(3/2) = 2\text{s}$이다.
4. 따라서 $i(t) = (1/6)e^{-t/2}u(t)$이다.
5. 라플라스 변환하면
$I(s) = \frac{1/6}{s+1/2} = \frac{1}{3(2s+1)}$.

선지 판단

① O — 계산 결과 $I(s) = 1/[3(2s+1)]$과 정확히 일치한다.
② X — $1/[2(s+1)]$은 극점이 $s=-1$이고 초기 전류가 1/2A인 식이므로, 이 회로의 극점 $s=-1/2$ 및 초기 전류 1/6A와 맞지 않는다. 올바르게는 $I(s) = 1/[3(2s+1)]$이다.
③ X — $3/[2(s+2)]$은 극점이 $s=-2$이므로 시정수 2s에서 얻는 극점 $s=-1/2$와 다르다. 올바르게는 $I(s) = 1/[3(2s+1)]$이다.
④ X — $4/(s+6)$은 극점이 $s=-6$이고 초기 전류도 4A가 되어 회로의 계산값과 다르다. 올바르게는 $I(s) = 1/[3(2s+1)]$이다.
⑤ X — $3/(3s+1) = 1/(s+1/3)$은 시정수가 3s이고 초기 전류가 1A인 식이므로 맞지 않는다. 올바르게는 $I(s) = 1/[3(2s+1)]$이다.

오답 포인트

인덕터가 있는 가지의 전류와 오른쪽 저항 전류를 혼동하기 쉽다. 이 문제의 $i(t)$는 오른쪽 저항 전류이므로, 인덕터가 개방되는 순간에는 1/6A이고 인덕터가 단락되는 정상상태에서는 0이 된다. 또한 시정수를 구할 때는 독립 전압원을 단락한 뒤 인덕터 단자에서 본 등가저항 $3\Omega \parallel 3\Omega$을 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

인덕터가 하나인 스위칭 회로에서는 먼저 $i(0^+)$와 $i(\infty)$를 구하고, 전원을 제거한 상태의 R_{th}로 $\tau = L/R_{\text{th}}$를 계산한 뒤 시간함수를 라플라스 변환한다.

암기 포인트

인덕터는 무초기전류 순간에는 개방, 직류 정상상태에서는 단락이며, 인덕터 시정수는 $\tau = L/R_{\text{th}}$이다.

NoteBase

9. 다음 4변수 부울함수를 카노맵을 이용하여 간소화한 것으로 옳은 것은?

$$F(A, B, C, D) = \sum m(4, 5, 6, 7, 13, 15)$$

① $F = \overline{B} + \overline{C}D$

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

③ $F = A + B\overline{C}$

④ $F = \overline{A}C + BC$

⑤ $F = \overline{A}B + BD$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 주어진 최소항을 4변수 카노맵에 표시하고, 인접한 1을 가능한 한 큰 묶음으로 결합하여 최소 논리식을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 함수는 $F(A, B, C, D) = \sum m(4, 5, 6, 7, 13, 15)$이다. 변수 순서를 A, B, C, D로 두면 최소항 4, 5, 6, 7은 각각 0100, 0101, 0110, 0111이고, 최소항 13과 15는 각각 1101, 1111이다. 카노맵에서는 인접한 1을 1, 2, 4, 8개의 셀로 묶으며, 묶음 안에서 변하지 않는 변수만 곱항에 남긴다.

사용할 공식

4셀 묶음에서 일정하게 유지되는 변수만 남겨 곱항을 만들고, 각 묶음의 곱항을 논리합한다. 이 원리를 쓰는 이유는 카노맵의 인접 셀 사이에서 값이 바뀌는 변수가 소거되기 때문이다.

계산 과정

1. 최소항 $m(4, 5, 6, 7)$은 $A = 0, B = 1$이 일정하고 C, D가 모두 변하므로 AB가 된다.
2. 최소항 $m(5, 7, 13, 15)$은 $B = 1, D = 1$이 일정하고 A, C가 모두 변하므로 BD가 된다.
3. 두 묶음을 논리합하면 $F = \bar{A}B + BD = B(\bar{A} + D)$ 이다. 이 식이 만드는 최소항은 정확히 4,5,6,7,13,15이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $B + CD$에서 B는 최소항 0, 1, 2, 3, 8, 9, 10, 11까지 포함하므로 주어진 함수와 다르다. 틀린 식 $B + CD$는 $AB + BD$로 고쳐야 한다.
② X — $BC + BD + ACD$는 예를 들어 주어진 함수에 없는 최소항 2를 포함하고, 필요한 최소항 5를 포함하지 않는다. 틀린 식은 $AB + BD$로 고쳐야 한다.
③ X — $A + BC$의 항 A는 최소항 8부터 15까지를 불필요하게 포함하고, 이 식은 필요한 최소항 6과 7을 포함하지 않는다. 틀린 식은 $AB + BD$로 고쳐야 한다.
④ X — $AC + BC$는 최소항 2와 3을 불필요하게 포함하는 반면, 필요한 최소항 4, 5, 13을 포함하지 않는다. 틀린 식은 $AB + BD$로 고쳐야 한다.
⑤ O — AB가 최소항 4, 5, 6, 7을 만들고 BD가 최소항 5, 7, 13, 15를 만든다. 중복을 제외한 전체 최소항이 정확히 4,5,6,7,13,15이므로 옳다.

오답 포인트

최소항 13과 15만 2셀로 묶어 ABD를 만들면 더 큰 묶음을 놓치게 된다. 카노맵에서는 최소항 5와 7을 중복 사용하여 5, 7, 13, 15를 하나의 4셀 묶음으로 만들 수 있으므로 A와 C가 함께 소거되어 BD가 된다. 셀의 중복 묶음은 허용된다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

최소항을 카노맵에 표시한 뒤 가장 큰 2의 거듭제곱 단위로 묶고, 각 묶음에서 값이 변하지 않는 변수만 남긴다. 모든 1이 적어도 한 번 포함되었는지 확인한 다음, 얻은 식이 불필요한 최소항을 만들지 않는지 역검산한다.

암기 포인트

카노맵은 크게 묶을수록 변수가 많이 소거된다. 이 문제의 두 4셀 묶음은 AB와 BD이고, 따라서 $F = AB + BD$이다.

NoteBase

10. 이진수 $1110.101_{(2)}$을 십진수로 표현한 것은?

① $14.101_{(10)}$
② $14.104_{(10)}$
③ $14.208_{(10)}$
④ $14.625_{(10)}$
⑤ $14.875_{(10)}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이진수의 각 자리값에 해당하는 2의 거듭제곱을 곱해 십진수로 변환하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $(1110.101)_2$
구해야 할 값: 이진수를 십진수로 변환한 값
주의할 조건: 소수점 왼쪽은 $2^0, 2^1, 2^2, \ldots$, 오른쪽은 $2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, \ldots$의 자리값을 갖는다.

사용할 공식

$(b_n \cdots b_0 . b_{-1} b_{-2} \cdots)_2 = \sum_i b_i 2^i$
각 이진 숫자의 위치에 따라 2의 거듭제곱 자리값이 정해지므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 정수부는 $1110_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 = 8 + 4 + 2 = 14$이다.
2. 소수부는 $0.101_2 = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} = 0.5 + 0 + 0.125 = 0.625$이다.
3. 두 값을 더하면 $14 + 0.625 = 14.625$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 14.101은 이진수의 소수 자릿값을 십진 소수의 자릿값처럼 그대로 읽은 값이다. 올바르게는 $0.101_2 = 0.625_{10}$이므로 전체 값은 14.625이다.
② X — 14.104는 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}의 자리값을 적용한 결과가 아니다. 올바르게 계산한 소수부는 0.625이므로 전체 값은 14.625이다.
③ X — 14.208은 소수부 0.101_2의 값과 일치하지 않는다. 올바르게는 $0.101_2 = 0.5 + 0 + 0.125 = 0.625$이므로 전체 값은 14.625이다.
④ O — 정수부 14와 소수부 0.625를 더한 14.625와 정확히 일치한다.
⑤ X — 14.875는 소수부를 0.875로 잘못 계산한 값이다. 올바르게는 가운데 비트가 0이므로 $2^{-2} = 0.25$를 더하지 않아 소수부가 0.625이고, 전체 값은 14.625이다.

오답 포인트

이진 소수 .101을 십진 소수 .101로 그대로 읽거나, 0인 가운데 비트의 자리값 2^{-2}까지 더하면 오답이 된다. 소수점 오른쪽 첫째 자리부터 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}을 차례로 대응해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

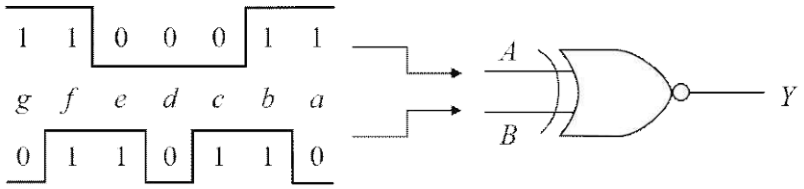
이진수를 십진수로 바꿀 때는 소수점을 기준으로 정수부와 소수부를 나누고, 각 비트에 해당하는 2의 거듭제곱을 곱한 뒤 모두 더한다.

암기 포인트

이진 소수점 오른쪽의 자리값은 차례로 1/2, 1/4, 1/8, …이다.

NoteBase

11. 다음 논리회로 입력단에 신호가 입력될 때 출력신호 Y는?



	a	b	c	d	e	f	g
①	0	1	0	0	0	1	0
②	1	0	1	0	1	1	1
③	1	0	1	0	1	0	1
④	0	1	0	1	0	1	0
⑤	1	0	1	1	1	0	1

정답 4번

출제 포인트

출력에 반전 버블이 붙은 XOR 게이트가 XNOR 게이트임을 알고, 각 시간 구간에서 두 입력이 같은지를 판단하여 출력 파형을 구하는 문제이다.

조건 정리

게이트 기호는 XOR 게이트의 출력에 반전 버블이 붙은 XNOR 게이트이다.
입력값은 a부터 g까지 각각 $A = (1, 1, 0, 0, 0, 1, 1)$, $B = (0, 1, 1, 0, 1, 1, 0)$이다.
XNOR 게이트는 두 입력이 같으면 1, 다르면 0을 출력한다.

사용할 공식

$Y = \overline{A \oplus B} = AB + \overline{A}\overline{B}$
출력의 작은 원은 XOR 연산 결과를 반전한다는 뜻이므로 이 식을 사용한다.

계산 과정

각 구간의 입력쌍과 출력은 다음과 같다.
$a : (1, 0) \to 0$, $b : (1, 1) \to 1$, $c : (0, 1) \to 0$, $d : (0, 0) \to 1$, $e : (0, 1) \to 0$, $f : (1, 1) \to 1$, $g : (1, 0) \to 0$이다.
따라서 a부터 g까지의 출력은 $(0, 1, 0, 1, 0, 1, 0)$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 제시한 출력 (0, 1, 0, 0, 0, 1, 0)은 d 구간을 0으로 표시한 것이 틀렸다. d에서는 $A = B = 0$이므로 XNOR 출력은 1이며, 올바른 출력은 (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0)이다.
② X — 제시한 출력 (1, 0, 1, 0, 1, 1, 1)은 입력이 다른 a, c, e, g에서 1을 내고 입력이 같은 b, d에서 0을 내므로 XNOR 동작과 맞지 않는다. 올바른 출력은 (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0)이다.
③ X — 제시한 출력 (1, 0, 1, 0, 1, 0, 1)은 $A \oplus B$, 즉 반전하지 않은 XOR 출력이다. 출력 버블을 반영하면 각 비트를 반전한 (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0)이 된다.
④ O — 제시한 출력 (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0)은 두 입력이 같은 b, d, f에서만 1이므로 XNOR 동작과 정확히 일치한다.
⑤ X — 제시한 출력 (1, 0, 1, 1, 1, 0, 1)은 d를 제외한 구간에서 XOR 출력을 사용한 결과이다. 모든 구간에 XNOR 규칙을 일관되게 적용한 올바른 출력은 (0, 1, 0, 1, 0, 1, 0)이다.

오답 포인트

게이트 앞쪽의 추가 곡선은 XOR을 나타내고, 출력 단자의 작은 원은 반전을 나타낸다. ③은 이 반전 버블을 빠뜨려 XOR 파형을 그대로 고른 경우이며, ①은 두 입력이 모두 0인 d에서도 XNOR 출력이 1이라는 점을 놓친 경우이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 게이트의 출력 버블 유무를 확인한 뒤, 시간 구간별로 두 입력이 같은지만 비교한다. XNOR이면 입력이 같은 구간에 1, 다른 구간에 0을 배치한다.

암기 포인트

XOR은 다르면 1, XNOR은 같으면 1이다. 출력의 작은 원은 결과 반전이다.

NoteBase

12. 5개의 가전자를 갖는 물질은?

① 갈륨(Ga)
② 붕소(B)
③ 비소(As)
④ 실리콘(Si)
⑤ 탄소(C)

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 주족 원소의 족과 가전자 수의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

가전자는 원자의 가장 바깥 전자껍질에 있어 화학 결합에 주로 관여하는 전자이다. 주족 원소에서는 13족의 가전자가 3개, 14족이 4개, 15족이 5개이다. 따라서 15족 원소인 비소(As)는 가전자를 5개 갖는다.

선지별 해설

① X — 갈륨(Ga)은 13족 원소이므로 가전자가 3개이다. '가전자가 5개인 물질'이라는 판단이 틀렸으며, 올바르게는 '가전자가 3개인 물질'이다.
② X — 붕소(B)는 13족 원소이므로 가전자가 3개이다. '가전자가 5개인 물질'이라는 판단이 틀렸으며, 올바르게는 '가전자가 3개인 물질'이다.
③ O — 비소(As)는 15족 원소이므로 가장 바깥 전자껍질의 전자가 5개이다.
④ X — 실리콘(Si)은 14족 원소이므로 가전자가 4개이다. '가전자가 5개인 물질'이라는 판단이 틀렸으며, 올바르게는 '가전자가 4개인 물질'이다.
⑤ X — 탄소(C)는 14족 원소이므로 가전자가 4개이다. '가전자가 5개인 물질'이라는 판단이 틀렸으며, 올바르게는 '가전자가 4개인 물질'이다.

오답 포인트

원자번호나 전체 전자 수를 가전자 수와 혼동하기 쉽다. 이 문제에서는 각 원소가 속한 족을 기준으로 판단해야 하며, 13족인 갈륨·붕소, 14족인 실리콘·탄소, 15족인 비소를 구분하는 것이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

주족 원소의 족을 먼저 확인한다. 13족은 3개, 14족은 4개, 15족은 5개의 가전자를 가지므로 가전자 5개를 찾는 문제에서는 15족 원소를 고른다.

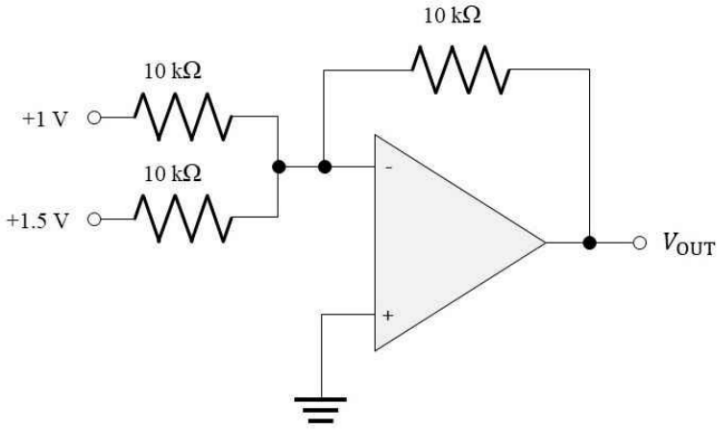
NoteBase

암기 포인트

13족·14족·15족의 가전자 수는 각각 3개·4개·5개이며, As는 15족이라 5개이다.

NoteBase

13. 다음 회로의 출력 전압 V_{OUT}은?



① −2.5 V
② 2.5 V
③ −5 V
④ 5 V
⑤ 10 V

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상 접지와 반전 가산 증폭기 공식을 이용해 출력 전압 V_{OUT}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 두 입력 전압은 $+1V$, $+1.5V$이고, 두 입력 저항과 피드백 저항은 모두 $10k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력 전압 V_{OUT}이다.
주의할 조건: 비반전 입력 단자가 접지되어 있으므로 음의 피드백이 걸린 이상적인 연산증폭기의 반전 입력 단자는 가상 접지되어 전위가 $0V$이다.

사용할 공식

반전 가산 증폭기의 출력은
$V_{OUT} = -R_f\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}\right)$
이다. 두 입력 전류가 연산증폭기 내부로 들어가지 않고 피드백 저항으로 합쳐져 흐르며, 출력은 반전 단자의 전위를 $0V$로 유지하도록 입력 합의 반대 부호로 형성되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 각 입력 저항과 피드백 저항이 모두 $10k\Omega$이므로 각 입력의 전압 이득은 $-R_f/R_i = -1$이다.
2. 두 입력 전압을 더하고 반전 부호를 적용한다.
$V_{OUT} = -(1V + 1.5V) = -2.5V$
3. 따라서 출력 전압은 $-2.5V$이다.

선지 판단

① O — $-2.5V$는 계산 결과와 일치한다.
② X — $2.5V$는 입력 전압의 합만 구하고 반전 증폭기의 음의 부호를 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $-2.5V$이다.
③ X — $-5V$는 저항비가 1인 각 입력을 두 배로 증폭한 것처럼 계산한 값이다. 올바른 전압 이득은 각 입력에 대해 -1이므로 $-2.5V$이다.
④ X — $5V$는 각 입력을 두 배로 계산한 데다 반전 부호까지 빠뜨린 값이다. 올바르게는 $-2.5V$이다.
⑤ X — $10V$는 입력 전압의 합과 저항비를 적용한 결과가 아니다. 세 저항이 모두 같으면 출력은 두 입력 전압의 합에 음의 부호를 붙인 $-2.5V$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 두 양의 입력을 더한 뒤 반전 가산 증폭기의 음의 부호를 누락하여 ②를 고르는 것이다. 또한 저항이 세 개라고 해서 이득이 3이 되는 것이 아니라, 각 입력의 이득은 피드백 저항과 해당 입력 저항의 비인 $-R_f/R_i$로 각각 계산한다.

다시 나오면 이렇게 판단

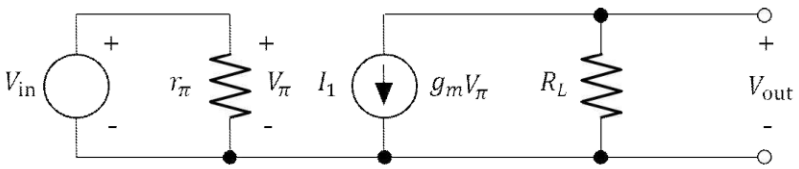
비반전 단자가 접지되고 여러 입력이 반전 단자로 저항을 통해 들어오면 반전 가산 증폭기로 판단한다. 각 입력에 $-R_f/R_i$를 곱해 모두 더한 뒤, 부호와 V 단위를 검산한다.

암기 포인트

저항이 모두 같은 반전 가산기는 '입력의 합에 마이너스'를 붙인다: $V_{OUT} = -(V_1 + V_2 + \cdots)$.

NoteBase

14. 다음 회로의 V_{out} / V_{in}은?



① g_m

② $-g_m r_\pi$

③ $g_m r_\pi$

④ $g_m R_L$

⑤ $-g_m R_L$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 소신호 등가회로에서 $v_\pi = V_{in}$임을 확인하고, 출력 노드에 KCL을 적용하여 전압 이득 V_{out}/V_{in}의 크기와 부호를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 관계: 입력 전압원이 r_π와 병렬로 직접 연결되어 있으므로 $v_\pi = V_{in}$이다.
출력 회로: 아래쪽으로 흐르는 종속전류원 $g_m v_\pi$와 부하저항 R_L이 병렬로 연결되어 있다.
구해야 할 값: V_{out}/V_{in}이다.
주의할 조건: 출력 전압의 위쪽 단자가 양(+)이므로 종속전류원의 아래쪽 방향은 출력 전압에 음의 부호를 만든다.

사용할 공식

출력 노드에서 아래쪽으로 흐르는 전류를 양(+)으로 두면 KCL은
$\frac{V_{out}}{R_L} + g_m v_\pi = 0$
이다. 따라서
$V_{out} = -g_m v_\pi R_L$
이다. 종속전류원과 R_L이 같은 출력 노드에 병렬로 연결되어 있으므로 이 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 입력 회로에서 $v_\pi = V_{\text{in}}$이다.
2. 출력 노드 KCL로 $V_{\text{out}} = -g_m v_\pi R_L$을 얻는다.
3. $v_\pi = V_{\text{in}}$을 대입하면
$\frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = -g_m R_L$
이다.

선지 판단

① X — g_m은 부호가 양(+)이고 R_L도 빠져 있다. 틀린 표현 g_m은 $-g_m R_L$로 고쳐야 한다.
② X — $-g_m r_\pi$는 출력 부하를 입력저항 r_π로 잘못 사용한 값이다. 이 회로의 출력 부하는 R_L이므로 $-g_m R_L$로 고쳐야 한다.
③ X — $g_m r_\pi$는 출력 부하를 r_π로 잘못 사용했고 반전 부호도 빠뜨렸다. 올바른 식은 $-g_m R_L$이다.
④ X — $g_m R_L$은 이득의 크기는 맞지만 종속전류원의 방향에 따른 음의 부호가 빠져 있다. $-g_m R_L$로 고쳐야 한다.
⑤ O — 출력 노드 KCL과 $v_\pi = V_{\text{in}}$을 적용하면 전압 이득은 정확히 $-g_m R_L$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 입력저항 r_π와 출력 부하 R_L을 혼동하거나, 공통 이미터 소신호 회로의 반전 부호를 빠뜨리는 것이다. 특히 ④는 이득의 크기만 계산하고 종속전류원 방향을 반영하지 않을 때 선택하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

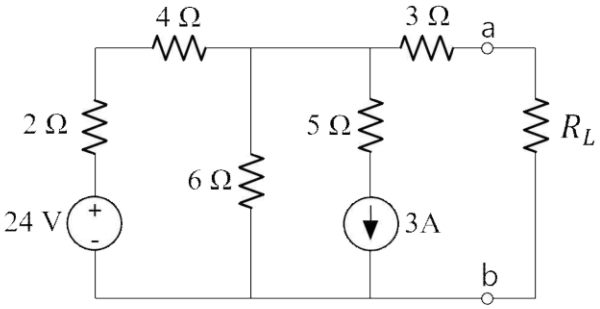
먼저 v_π와 입력 전압의 관계를 확인한 뒤, 출력 노드에서 KCL을 세워 V_{out}을 구하고 마지막에 입력 전압으로 나눈다. 출력 전압의 기준 극성과 종속전류원의 화살표 방향을 함께 보면 이득의 부호를 결정할 수 있다.

암기 포인트

이미터가 교류 접지되고 컬렉터 부하가 R_L인 공통 이미터 소신호 회로의 전압 이득은 $-g_m R_L$이며, 음의 부호는 입력과 출력이 반전됨을 뜻한다.

NoteBase

15. 다음 회로의 출력단 a-b 단자에 최대전력이 전달되도록 저항 R_L을 접속하였을 때, 저항 R_L에서 소비되는 최대전력 P_L은?



① $\frac{1}{3}$ W

② $\frac{2}{5}$ W

③ $\frac{3}{8}$ W

④ 1.2 W

⑤ 1.6 W

정답 3번

출제 포인트

부하 단자에서 본 회로를 테브난 등가회로로 바꾸고, 최대전력 전달 조건 $R_L = R_{th}$와 최대전력 공식 $P_{L,\max} = V_{th}^2/(4R_{th})$을 적용하는 문제이다.

조건 정리

구해야 할 값은 a-b 단자에 연결된 R_L에서 소비되는 최대전력이다. 먼저 R_L을 개방하여 테브난 전압 V_{th}을 구하고, 독립 전압원은 단락하며 독립 전류원은 개방하여 테브난 저항 R_{th}을 구한다. 최대전력 전달 시 부하저항은 $R_L = R_{th}$이다.

사용할 공식

테브난 등가회로에서 최대전력은

$P_{L,\max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$

이다. 최대전력 전달 조건에서 $R_L = R_{th}$가 되어 전체 직렬저항이 $2R_{th}$가 되므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. R_L을 개방하면 3Ω에는 전류가 흐르지 않으므로 a점 전압은 중앙 위쪽 노드 전압 V와 같다. 오른쪽의 $3A$ 전류원 가지에서는 중앙 노드에서 아래쪽으로 $3A$가 흐른다.
2. 중앙 노드에서 KCL을 적용하면
$\frac{V-24}{4+2} + \frac{V}{6} + 3 = 0$
이고, 이를 풀면 $V = 3V$이므로 $V_{th} = 3V$이다.
3. 전원을 비활성화하면 왼쪽의 $(4 + 2)\Omega$와 가운데의 6Ω가 병렬이므로 중앙 노드에서 b점까지의 저항은 $6\Omega \parallel 6\Omega = 3\Omega$이다. 전류원과 직렬인 5Ω 가지는 개방되어 제외된다. a점의 3Ω가 직렬로 더해져 $R_{th} = 3 + 3 = 6\Omega$이다.
4. 따라서 최대전력 전달 부하와 최대전력은
$R_L = 6\Omega, \qquad P_{L,\max} = \frac{3^2}{4\times 6} = \frac{3}{8}W$
이다.

선지 판단

① X — $1/3W$는 계산값 $3/8W$와 다르다. 틀린 값 $1/3W$ → 올바른 최대전력은 $3/8W$이다.
② X — $2/5W$는 계산값 $3/8W$와 다르다. 틀린 값 $2/5W$ → 올바른 최대전력은 $3/8W$이다.
③ O — $V_{th} = 3V$, $R_{th} = 6\Omega$를 최대전력 공식에 대입하면 정확히 $3/8W$가 된다.
④ X — $1.2W$는 계산값 $3/8W$와 다르다. 틀린 값 $1.2W$ → 올바른 최대전력은 $3/8W$이다.
⑤ X — $1.6W$는 계산값 $3/8W$와 다르다. 틀린 값 $1.6W$ → 올바른 최대전력은 $3/8W$이다.

오답 포인트

개방전압을 구할 때 3Ω에 전류가 흐른다고 보거나, 전류원과 직렬인 5Ω에서 임의의 전압강하를 정해 버리면 V_{th}가 틀어진다. 또한 R_{th}를 구할 때 전압원은 단락하고 전류원은 개방해야 하므로 5Ω 가지는 등가저항 계산에서 제외된다.

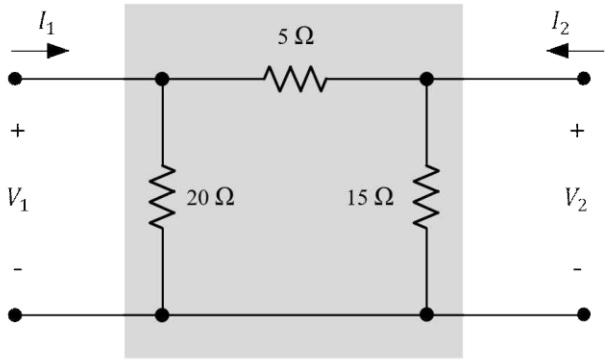
다시 나오면 이렇게 판단

최대전력 전달 문제는 부하 개방으로 V_{th} 계산 → 독립원 비활성화로 R_{th} 계산 → $R_L = R_{th}$ 확인 → $P_{L,\max} = V_{th}^2/(4R_{th})$ 대입 순서로 판단한다.

암기 포인트

저항성 회로의 최대전력 전달 조건은 $R_L = R_{th}$이고, 그때 $P_{L,\max} = V_{th}^2/(4R_{th})$이다.

16. 다음 회로에서 Z_{11} 파라미터는?



① 1 Ω
② 2 Ω
③ 5 Ω
④ 10 Ω
⑤ 20 Ω

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 출력 포트를 개방한 조건에서 입력 포트에서 바라본 임피던스로 Z_{11}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력 노드의 병렬 저항은 20Ω, 두 포트 사이의 저항은 5Ω, 출력 노드의 병렬 저항은 15Ω이다.
구해야 할 값: Z_{11}이다.
주의할 조건: Z_{11}은 출력 포트 전류가 0인 개방 조건, 즉 $I_2 = 0$에서 구한다. 출력 포트를 개방해도 회로 내부의 5Ω과 15Ω에는 전류가 흐를 수 있다.

사용할 공식

$Z_{11} = \frac{V_1}{I_1}\Big|_{I_2=0}$
출력 포트를 개방하면 입력에서 접지까지의 경로는 20Ω 한 갈래와 5Ω + 15Ω의 직렬 경로 한 갈래이다. 따라서 두 경로의 병렬 합성저항을 사용한다.

계산 과정

1. 오른쪽 경로의 직렬 합성저항은 5Ω + 15Ω = 20Ω이다.
2. 입력에서 본 두 경로는 20Ω과 20Ω의 병렬 연결이다.
3. 따라서 $Z_{11} = 20\Omega \parallel 20\Omega = \frac{20 \times 20}{20 + 20}\Omega = 10\Omega$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 1Ω은 두 입력 경로의 병렬 합성값이 아니다. 틀린 값 1Ω → 올바르게는 10Ω이다.
② X — 2Ω은 20Ω ∥ (5Ω + 15Ω)의 계산 결과와 다르다. 틀린 값 2Ω → 올바르게는 10Ω이다.
③ X — 5Ω은 두 포트 사이의 저항 하나만 본 값이며 입력에서 접지까지의 전체 합성저항이 아니다. 틀린 값 5Ω → 올바르게는 10Ω이다.
④ O — 20Ω ∥ (5Ω + 15Ω) = 20Ω ∥ 20Ω = 10Ω이므로 맞다.
⑤ X — 20Ω은 한 갈래의 저항값일 뿐 두 갈래를 병렬 합성한 값이 아니다. 틀린 값 20Ω → 올바르게는 10Ω이다.
계산 결과 10Ω이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

$I_2 = 0$을 출력 쪽 내부 회로에 전류가 전혀 흐르지 않는다는 뜻으로 해석하면 안 된다. 이는 출력 단자에서 외부로 드나드는 전류가 0이라는 뜻이다. 따라서 5Ω과 15Ω의 직렬 경로를 제거하지 않고 입력의 20Ω 경로와 병렬 합성해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

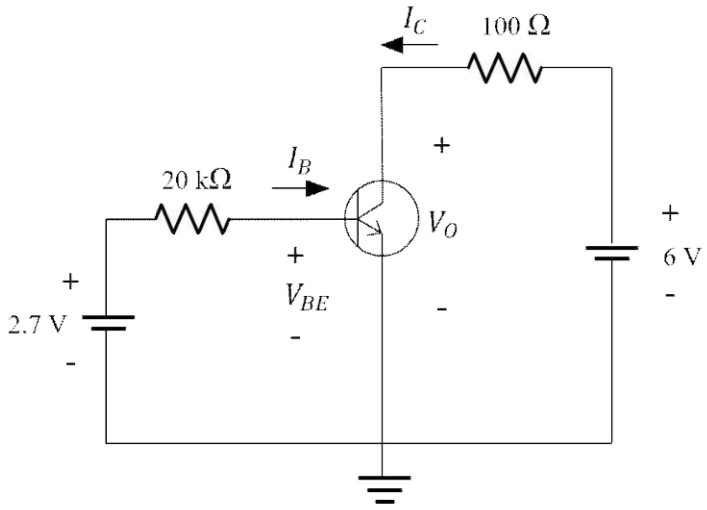
Z_{11}은 먼저 포트 2를 개방하여 $I_2 = 0$으로 둔 뒤, 포트 1에서 접지까지 보이는 모든 내부 전류 경로를 직렬·병렬로 합성해 판단한다.

암기 포인트

Z_{11}: 2번 포트 개방, 1번 포트에서 본 입력 임피던스이다.

NoteBase

17. 다음 회로에서 V_O는? (단, $V_{BE}=0.7\text{V}$, $\beta_{DC}=50$이며, 트랜지스터는 활성영역에서 동작함)



① 1 V
② 2.75 V
③ 4 V
④ 5.5 V
⑤ 9 V

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 베이스 전류를 구한 뒤 활성영역의 전류 이득 관계 $I_C = \beta_{DC} I_B$와 컬렉터 회로의 전압 강하를 이용하여 출력전압 V_O를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 베이스 전원 $2.7V$, $V_{BE} = 0.7V$, 베이스 저항 $20k\Omega$, $\beta_{DC} = 50$, 컬렉터 전원 $6V$, 컬렉터 저항 100Ω이다.
구해야 할 값: 컬렉터와 접지된 이미터 사이의 출력전압 $V_O = V_{CE}$이다.
주의할 조건: 트랜지스터가 활성영역에서 동작하므로 $I_C = \beta_{DC} I_B$를 적용한다.

NoteBase

사용할 공식

베이스 전류는
$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$
이고, 활성영역의 컬렉터 전류와 출력전압은
$I_C = \beta_{DC} I_B, \qquad V_O = V_{CC} - I_C R_C$
이다. 이미터가 접지되어 있고 컬렉터 전류가 100Ω 저항을 통과하므로, 전원전압에서 저항의 전압 강하를 빼면 V_O가 된다.

계산 과정

1. 베이스 저항에 걸리는 전압은 $2.7V - 0.7V = 2.0V$이다.
2. 베이스 전류는
$I_B = \frac{2.0V}{20k\Omega} = 0.1mA$
이다.
3. 컬렉터 전류는
$I_C = 50 \times 0.1mA = 5mA$
이다.
4. 컬렉터 저항의 전압 강하는
$I_C R_C = (5mA)(100\Omega) = 0.5V$
이다.
5. 따라서 출력전압은
$V_O = 6V - 0.5V = 5.5V$
이다.

선지 판단

① X — $1V$가 아니라, 계산된 컬렉터 저항의 전압 강하 $0.5V$를 $6V$에서 뺀 $5.5V$이다.
② X — $2.75V$가 아니라 $5.5V$이다. 전원전압을 임의로 절반으로 나눌 근거가 없다.
③ X — $4V$가 아니라 $5.5V$이다. 컬렉터 저항의 실제 전압 강하는 $2V$가 아니라 $0.5V$이다.
④ O — 계산 결과 $V_O = 5.5V$이므로 옳다.
⑤ X — $9V$가 아니라 $5.5V$이다. 이 회로의 컬렉터 전원은 $6V$이고 저항에서 전압이 강하하므로 출력전압이 $6V$를 초과할 수 없다.

오답 포인트

핵심 함정은 V_O를 컬렉터 저항의 전압 강하 $I_C R_C$ 자체로 보는 것이다. 그림의 V_O는 컬렉터의 접지 기준 전압이므로 $I_C R_C$를 구한 뒤 반드시 $6V$에서 빼야 한다. 또한 $\beta_{DC} = 50$을 정확히 읽어야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

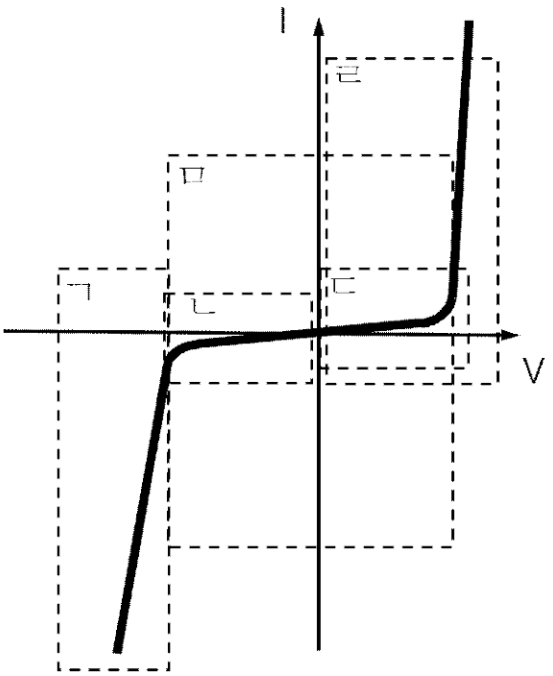
이미터 접지형 바이어스 회로에서는 $I_B = (V_{BB} - V_{BE})/R_B$, $I_C = \beta I_B$, $V_C = V_{CC} - I_C R_C$의 순서로 계산하고, 이미터가 접지되어 있으면 $V_O = V_{CE} = V_C$로 판단한다.

암기 포인트

활성영역 이미터 접지 회로의 계산 순서는 '베이스 전류 → 컬렉터 전류 → 컬렉터 저항 전압 강하 → 전원에서 빼기'이다.

NoteBase

18. 다음 그림과 같은 제너 다이오드의 I-V 특성곡선에서 전압안정기로 사용될 때의 동작영역으로 옳은 것은?



① ㄱ
② ㄴ
③ ㄷ
④ ㄹ
⑤ ㅁ

정답 1번

출제 포인트

제너 다이오드는 역방향 항복 영역에서 전류가 크게 변해도 양단 전압이 제너 전압 V_Z 부근으로 거의 일정하게 유지되는 성질을 이용하여 전압을 안정화한다. 그림에서 이 특성을 나타내는 곳은 역전압 쪽의 급격한 항복 구간인 ㄱ 영역이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — ㄱ은 역방향 항복이 일어난 뒤 역전류가 크게 변해도 전압 변화가 작은 구간이다. 제너 다이오드를 전압안정기로 사용할 때의 정상 동작영역이다.
② X — ㄴ은 항복 전의 역바이어스 영역으로, 역전류가 매우 작고 제너 항복에 의한 정전압 특성이 나타나지 않는다. 올바르게는 역방향 항복 구간인 ㄱ 영역이다.
③ X — ㄷ은 원점 부근 또는 순방향 전류가 본격적으로 증가하기 전의 낮은 전류 영역이므로 제너 전압을 유지하는 영역이 아니다. 올바르게는 역방향 항복 구간인 ㄱ 영역이다.
④ X — ㄹ은 역방향 항복 곡선의 급경사 부분에 해당하지 않는 영역이므로 전압안정 동작영역이 아니다. 올바르게는 역전압 쪽에서 곡선이 급격히 꺾여 큰 역전류가 흐르는 ㄱ 영역이다.
⑤ X — ㅁ은 순방향 도통 쪽의 큰 전류 영역이다. 일반 다이오드의 순방향 도통 특성이 나타날 뿐 제너 전압을 이용한 안정화 영역이 아니며, 올바르게는 역방향 항복 구간인 ㄱ 영역이다.

오답 포인트

곡선이 가파르다는 모양만 보고 순방향 도통 영역인 ㅁ을 고르기 쉽다. 전압안정기에서는 반드시 역바이어스를 걸고, 역전압의 크기가 제너 전압에 이른 뒤 나타나는 항복 구간을 사용한다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

전압축에서 역방향 쪽을 먼저 찾고, 항복점 이후 전류는 크게 변하지만 전압은 거의 변하지 않는 급경사 구간을 고른다. 그 구간이 제너 다이오드의 전압안정 동작영역이다.

암기 포인트

제너 전압안정기는 역바이어스 항복영역에서 동작한다: 전류 변화는 크고 전압 변화는 작다.

NoteBase

19. 다음 맥스웰방정식에서 유전체의 변위전류와 가장 관련이 깊은 것은? (단, $\vec{E}$: 전기장, $\vec{B}$: 자속밀도, $\vec{H}$: 자기장, $\vec{J}$: 전류밀도, $\vec{D}$: 전속밀도, ρ_v: 체적전하밀도임)

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_v$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

① $\vec{E}$

② $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

③ $\vec{H}$

④ $\vec{J}$

⑤ $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

정답 5번

출제 포인트

맥스웰 방정식에서 전도전류와 변위전류가 각각 어떤 항으로 나타나는지를 구분하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식 가운데 변위전류가 포함된 식은 암페어-맥스웰 법칙이다.
구해야 할 것은 변위전류밀도에 해당하는 항이다.
전도전류밀도 $\vec{J}$와 변위전류밀도 $\partial\vec{D}/\partial t$를 구분해야 한다.

사용할 공식

$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$
이 식에서 $\vec{J}$는 전도전류밀도이고, $\partial\vec{D}/\partial t$는 시간에 따라 변하는 전속밀도가 만드는 변위전류밀도이다. 따라서 변위전류와 직접 대응하는 항은 $\partial\vec{D}/\partial t$이다.

NoteBase

식 대조 과정

1. 암페어-맥스웰 법칙의 우변을 $\vec{J}$와 $\partial\vec{D}/\partial t$로 나눈다.
2. $\vec{J}$는 실제 전하의 이동에 의한 전도전류밀도이다.
3. $\partial\vec{D}/\partial t$는 전속밀도의 시간 변화율이므로 변위전류밀도이다.

따라서 해당 선지는 ⑤이다.

선지 판단

① X — $\vec{E}$는 전기장이다. 변위전류밀도로 고치면 $\partial\vec{D}/\partial t$이다.
② X — $\partial\vec{B}/\partial t$는 자기장의 시간 변화와 관련된 항이며 패러데이 법칙 $\nabla\times\vec{E}=-\partial\vec{B}/\partial t$에 나타난다.
변위전류밀도로 고치면 $\partial\vec{D}/\partial t$이다.
③ X — $\vec{H}$는 자기장이다. 변위전류밀도로 고치면 $\partial\vec{D}/\partial t$이다.
④ X — $\vec{J}$는 전도전류밀도이다. 변위전류밀도로 고치면 $\partial\vec{D}/\partial t$이다.
⑤ O — $\partial\vec{D}/\partial t$는 전속밀도의 시간 변화율로서 변위전류밀도에 해당한다.

오답 포인트

④의 $\vec{J}$와 ⑤의 $\partial\vec{D}/\partial t$를 모두 전류 성분이라는 이유로 혼동하기 쉽다. 암페어-맥스웰 법칙에서 $\vec{J}$는 전도전류, $\partial\vec{D}/\partial t$는 변위전류이다. 또한 ②의 $\partial\vec{B}/\partial t$는 시간 미분형이지만 패러데이 법칙의 항이지 변위전류 항이 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

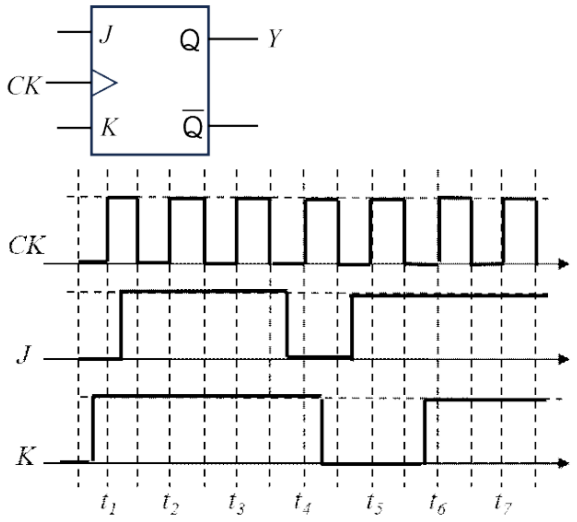
변위전류를 묻는 경우 암페어-맥스웰 법칙의 우변을 확인하고, 전속밀도 $\vec{D}$의 시간 미분항 $\partial\vec{D}/\partial t$을 선택한다.

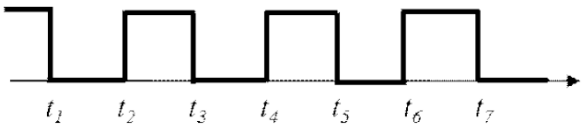
암기 포인트

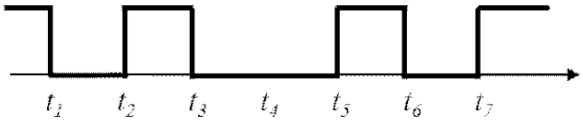
전도전류는 $\vec{J}$, 변위전류는 $\partial\vec{D}/\partial t$이다.

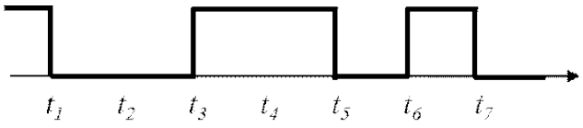
NoteBase

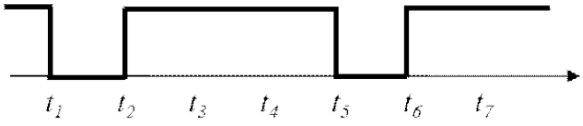
20. 다음 JK 플립플롭 회로에서 입력신호 CK, J, K에 대한 출력 Y의 결과로 옳은 것은? (단, 상승에지 플립플롭의 출력 Y는 1로 초기화되어 있고, 게이트에서 전파지연은 없다고 가정함)

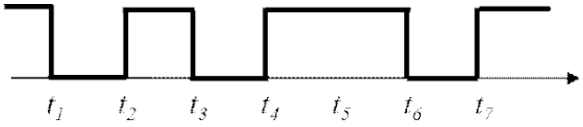


① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 2번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 상승 에지 트리거 JK 플립플롭에서 클록의 상승 에지마다 입력 J, K를 읽어 다음 출력 Y를 결정하는 문제이다. 게이트 전파지연이 없으므로 출력은 각 상승 에지에서 즉시 바뀐다.

선지별 해설

① X

- t_1에서 리셋되어 0, t_2에서 토글되어 1, t_3에서 다시 토글되어 0이 되는 부분까지는 맞지만, t_4에서는 $(J, K) = (0, 1)$이므로 출력이 0을 유지해야 한다. ①처럼 t_4에서 1로 상승하지 않는다. 올바르게는 t_3부터 t_5까지 0이다.

② O

- 상승 에지에서의 입력은 $t_1 \sim t_7$ 순서로 01, 11, 11, 01, 10, 11, 11이다. 초기값 1에 각각 리셋, 토글, 토글, 리셋, 세트, 토글, 토글을 적용하면 에지 직후 출력은 0, 1, 0, 0, 1, 0, 1이 된다. 따라서 ②의 파형과 일치한다.

③ X

- t_2에서 $(J, K) = (1, 1)$이므로 직전 출력 0이 1로 토글되어야 한다. ③처럼 t_2 이후에도 0을 유지하지 않는다. 올바르게는 t_2에서 1로 상승하고 t_3에서 0으로 하강한다.

④ X

- t_3에서 $(J, K) = (1, 1)$이므로 직전 출력 1이 0으로 토글되어야 한다. ④처럼 t_2부터 t_5까지 계속 1을 유지하지 않는다. 올바르게는 t_3에서 0으로 하강한 뒤 t_5에서 1로 상승한다.

⑤ X

- t_4에서 $(J, K) = (0, 1)$이므로 출력은 0으로 리셋된 상태를 유지해야 한다. ⑤처럼 t_4에서 1로 상승하지 않는다. 올바르게는 t_5의 $(J, K) = (1, 0)$에서 비로소 1로 세트된다.

오답 포인트

입력 파형이 변하는 모든 지점에서 출력을 바꾸는 것이 아니라, 클록의 상승 에지에서만 그 순간의 J, K를 판독해야 한다. 특히 t_2, t_3, t_6, t_7의 11은 출력을 무조건 1로 만드는 입력이 아니라 직전 출력을 반전시키는 토글 입력이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 상승 에지만 표시한 뒤 각 에지에서 (J, K)를 읽는다. 00은 유지, 01은 리셋, 10은 세트, 11은 토글을 적용하여 초기 출력부터 한 칸씩 상태를 갱신한다.

NoteBase

암기 포인트

JK 플립플롭은 00 유지, 01 리셋, 10 세트, 11 토글이다.

NoteBase