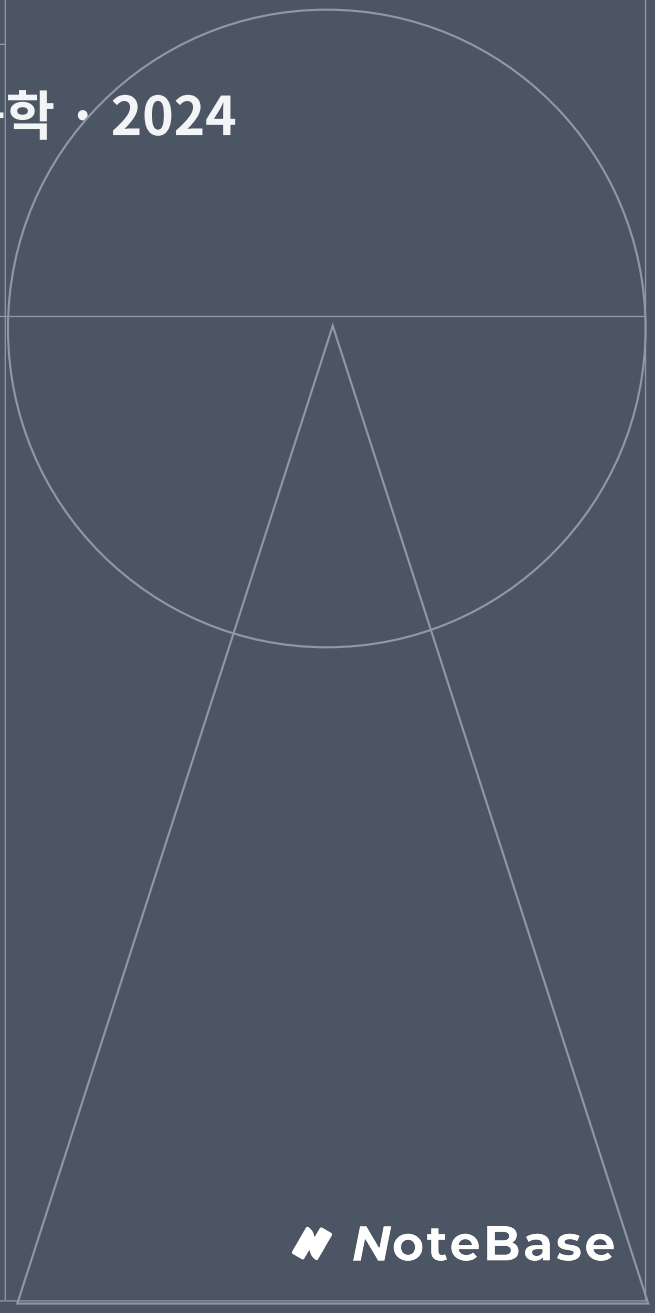
기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 전자공학 · 2024



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/군무원/9급 · 전자공학 · 2024

공무원/군무원/9급 · 전자공학 · 2024

1. P형 반도체에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
   ① 페르미 준위는 금지대 중앙보다 위쪽에 존재한다.
   ② 정공에 의해서 전기 전도가 이루어지는 불순물 반도체를 말한다.
   ③ 과잉전자를 발생시키는 불순물로 P, As, Sb, Bi 등을 사용한다.
   ④ 도너원자에서 과잉전자가 빠져나가면 도너원자는 전기적으로 (+)의 성질을 띄게 된다.

정답 2번

출제 포인트

P형 반도체의 다수 운반자, 페르미 준위의 위치, 억셉터 불순물의 종류를 N형 반도체와 구별하는 문제이다.

핵심 개념

P형 반도체는 순수 반도체에 3가 억셉터 불순물을 첨가하여 정공을 다수 운반자로 만든 불순물 반도체이다. P형의 페르미 준위는 금지대 중앙보다 아래쪽인 가전자대 가까이에 놓인다. 반대로 N형 반도체는 5가 도너 불순물을 첨가하며 전자가 다수 운반자이다.

선지별 해설

① X — '금지대 중앙보다 위쪽'이 틀린 표현이다. P형 반도체의 페르미 준위는 금지대 중앙보다 아래쪽, 즉 가전자대 쪽에 존재한다.
② O — P형 반도체에서는 정공이 다수 운반자이므로 주된 전기 전도가 정공에 의해 이루어진다.
③ X — 'P, As, Sb, Bi'는 5가 도너 불순물로서 과잉전자를 만들어 N형 반도체를 형성한다. P형 반도체에는 B, Al, Ga, In 등의 3가 억셉터 불순물을 사용하여 정공을 만든다.
④ X — 도너 원자가 과잉전자를 내놓은 뒤 양이온이 된다는 내용 자체는 맞지만, 이는 N형 반도체의 도너에 관한 설명이므로 P형 반도체의 설명으로는 적절하지 않다. P형에서는 억셉터 원자가 전자를 받아 음이온이 되고 정공이 생긴다.

NoteBase

오답 포인트

④는 도너의 이온화 과정을 정확히 서술하여 맞는 문장처럼 보이지만, 묻는 대상은 P형 반도체이다. 또한 ③의 원소 기호 P는 P형의 P가 아니라 5가 원소인 인을 뜻한다.

다시 나오면 이렇게 판단

P형은 3가 억셉터·정공 다수·페르미 준위가 가전자대 쪽이고, N형은 5가 도너·전자 다수·페르미 준위가 전도대 쪽이라는 대응 관계로 판단한다.

암기 포인트

P형은 정공과 억셉터, N형은 전자와 도너이다.

NoteBase

2. pn 접합 다이오드에 관한 설명으로 적절하지 않은 것은?
① p영역은 3족 원소로 n영역은 5족 원소로 도핑되어 있다.
② p영역과 n영역의 도핑 농도를 높이면 확산 전위(built-in potential)가 커진다.
③ p영역에 n영역보다 높은 전압이 가해지는 상태를 순방향 바이어스라고 한다.
④ 역방향 바이어스의 크기가 증가할수록 접합 커패시턴스가 증가한다.

정답 4번

출제 포인트

pn 접합의 도핑 원소, 확산 전위, 순방향 바이어스, 역방향 바이어스에 따른 접합 커패시턴스의 변화를 묻는 문제이다.

핵심 개념

p형 반도체는 3족 억셉터 불순물을 도핑하여 정공을 다수 캐리어로 만들고, n형 반도체는 5족 도너 불순물을 도핑하여 전자를 다수 캐리어로 만든다.
확산 전위는 평형 상태에서 다수 캐리어의 추가 확산을 막는 전위 장벽이며, 도핑 농도가 높을수록 커진다.
순방향 바이어스는 p영역의 전위를 n영역보다 높게 하여 전위 장벽과 공핍층 폭을 줄이는 상태이다. 반대로 역방향 바이어스가 커지면 공핍층 폭이 넓어지므로 접합 커패시턴스는 작아진다. 접합 커패시턴스는 $C_j = \varepsilon A/W$로 나타낼 수 있어 공핍층 폭 W와 반비례한다.

선지별 해설

① O — p형 반도체에는 3족 억셉터 불순물을, n형 반도체에는 5족 도너 불순물을 도핑한다.
② O — 확산 전위는 $V_{bi} = (kT/q)\ln(N_A N_D/n_i^2)$의 관계를 가지므로 p영역과 n영역의 도핑 농도가 높아지면 커진다.
③ O — p영역에 n영역보다 높은 전압을 가하면 전위 장벽이 낮아지고 전류가 잘 흐르는 순방향 바이어스가 된다.
④ X — 틀린 표현은 '역방향 바이어스의 크기가 증가할수록 접합 커패시턴스가 증가한다'이다. 역방향 바이어스가 커질수록 공핍층 폭이 넓어지므로 접합 커패시턴스는 감소한다.

NoteBase

오답 포인트

④에서 역방향 전압이 커지면 전하가 더 많이 저장되어 커패시턴스도 커진다고 착각하기 쉽다. 그러나 접합 커패시턴스는 공핍층을 유전체로 보는 커패시턴스이므로, 역방향 전압 증가로 공핍층 폭이 넓어지면 오히려 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

바이어스가 공핍층 폭을 어떻게 바꾸는지 먼저 판단한다. 순방향 바이어스는 장벽과 공핍층 폭을 줄이고, 역방향 바이어스는 장벽과 공핍층 폭을 늘린다. 접합 커패시턴스는 공핍층 폭과 반비례하므로 역방향 바이어스가 커질수록 감소한다.

암기 포인트

p형은 3족, n형은 5족이며, 역바이어스 증가 → 공핍층 증가 → 접합 커패시턴스 감소이다.

NoteBase

3. MOSFET에 관한 설명으로 가장 적절한 것은?
① N형 MOSFET(NMOS)에서 전류는 전자의 확산현상에 의해 흐른다.
② P형 MOSFET(PMOS)에서 소스의 전위가 드레인의 전위보다 높다.
③ 소스의 전압이 변화할 때 문턱전압이 변화하는 현상을 채널길이변조라고 한다.
④ 채널의 길이가 길수록 채널길이변조의 효과가 커진다.

정답 2번

출제 포인트

MOSFET의 채널 전류가 흐르는 원리, NMOS와 PMOS의 정상적인 소스·드레인 전위 관계, 바디 효과와 채널길이변조를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

채널 전류: 강한 반전 상태의 MOSFET에서는 소스와 드레인 사이의 전계에 의해 채널의 다수 운반자가 이동하는 드리프트 전류가 주된 전류이다.
PMOS의 정상 바이어스: 정공이 소스에서 드레인으로 이동하도록 소스 전위를 드레인 전위보다 높게 둔다.
바디 효과: 소스와 바디 사이의 전압이 변하면 문턱전압이 변하는 현상이다.
채널길이변조: 포화 영역에서 드레인 전압이 증가할 때 유효 채널 길이가 짧아져 드레인 전류가 증가하는 현상이다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '전자의 확산현상에 의해 흐른다'이다. NMOS의 강한 반전 채널에서 전자는 소스와 드레인 사이의 전계에 의한 드리프트로 이동하며, 이것이 주된 채널 전류를 만든다.
② O — PMOS가 정상적으로 동작할 때 정공이 소스에서 드레인으로 이동하도록 소스의 전위를 드레인의 전위보다 높게 둔다.
③ X — 틀린 표현은 '채널길이변조'이다. 소스 전압의 변화로 소스-바디 전압이 달라져 문턱전압이 변하는 현상은 바디 효과이며, 채널길이변조는 드레인 전압에 따라 유효 채널 길이가 변하는 현상이다.
④ X — 틀린 표현은 '채널의 길이가 길수록 … 효과가 커진다'이다. 채널길이변조는 일반적으로 채널이 짧을수록 더 두드러지고, 채널이 길수록 그 효과가 작아진다.

NoteBase

오답 포인트

③에서 '문턱전압 변화'라는 결과만 보고 채널길이변조와 연결하기 쉽다. 소스-바디 전압 변화는 바디 효과이고, 드레인 전압에 따른 유효 채널 길이 변화가 채널길이변조이다. 또한 ①은 반도체 내부에 확산 전류가 존재할 수 있다는 사실과 MOSFET의 주된 채널 전류 메커니즘을 혼동하게 만든다.

다시 나오면 이렇게 판단

운반자가 채널의 수평 전계로 이동하면 드리프트, 소스-바디 전압이 문턱전압을 바꾸면 바디 효과, 드레인 전압이 유효 채널 길이를 바꾸면 채널길이변조로 판단한다. PMOS는 정상 동작에서 소스 전위가 드레인 전위보다 높다는 관계를 적용한다.

암기 포인트

채널 전류는 드리프트, 소스-바디 전압은 바디 효과, 드레인 전압과 유효 채널 길이는 채널길이변조이다.
PMOS는 소스가 더 높은 전위이다.

NoteBase

4. npn BJT에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?
① 순방향활성영역에서 베이스와 컬렉터 사이에는 역방향 바이어스가 걸려있다.
② 베이스의 폭은 일반적으로 충분히 길어서 이미터에서 베이스에 주입된 전자는 베이스 안에서 거의 모두 정공과 재결합한다.
③ 일반적으로 컬렉터의 도핑 농도가 이미터의 도핑 농도보다 훨씬 높다.
④ 순방향활성영역에서 베이스 전류는 컬렉터 전류보다 훨씬 크다.

정답 1번

출제 포인트

npn BJT가 순방향 활성영역에서 동작할 때의 접합 바이어스, 캐리어 이동, 도핑 농도, 전류 크기 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

순방향 활성영역은 베이스-이미터 접합이 순방향 바이어스되고 베이스-컬렉터 접합이 역방향 바이어스되는 동작 영역이다.
npn BJT에서는 이미터가 베이스로 전자를 주입하고, 얇고 약하게 도핑된 베이스를 통과한 전자의 대부분이 컬렉터로 수집된다. 따라서 일반적으로 이미터의 도핑 농도가 컬렉터보다 높고, 컬렉터 전류 I_C가 베이스 전류 I_B보다 훨씬 크다.

선지별 해설

① O — 순방향 활성영역에서는 베이스-이미터 접합이 순방향 바이어스되고 베이스-컬렉터 접합이 역방향 바이어스된다.
② X — 틀린 표현은 '베이스 안에서 거의 모두 정공과 재결합한다'이다. 베이스 폭은 충분히 얇으므로 이미터에서 주입된 전자의 일부만 베이스에서 재결합하고, 대부분은 베이스를 지나 컬렉터로 수집된다.
③ X — 틀린 표현은 '컬렉터의 도핑 농도가 이미터의 도핑 농도보다 훨씬 높다'이다. 전자 주입 효율을 높이기 위해 이미터를 매우 강하게 도핑하며, 일반적으로 이미터의 도핑 농도가 컬렉터보다 높다.
④ X — 틀린 표현은 '베이스 전류는 컬렉터 전류보다 훨씬 크다'이다. 베이스 전류는 베이스 내 재결합으로 소실된 정공을 보충하는 성분과 베이스에서 이미터로 주입되는 정공 성분으로 이루어진 작은 전류이므로, 순방향 활성영역에서는 컬렉터 전류가 베이스 전류보다 훨씬 크다.

NoteBase

오답 포인트

②는 '베이스가 얇다'는 올바른 조건 뒤에 재결합 결과를 반대로 붙인 선지이다. ③과 ④도 이미터·컬렉터의 도핑 관계와 베이스·컬렉터의 전류 관계를 각각 뒤집어 놓았다.

다시 나오면 이렇게 판단

순방향 활성영역에서는 'BE 접합은 순방향, BC 접합은 역방향'을 먼저 확인한다. 이어서 '이미터는 강한 도핑, 베이스는 얇음, 전자의 대부분은 컬렉터로 이동, $I_C \gg I_B$'의 관계로 각 선지를 판단한다.

암기 포인트

활성영역의 npn BJT는 BE 순방향·BC 역방향이며, 얇은 베이스를 통과한 전자가 컬렉터 전류를 이루므로 $I_C \gg I_B$이다.

NoteBase

5. 반도체 소자들에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① LED는 순방향 바이어스에서 전류가 흐를 때 전자와 정공이 재결합하면서 빛이 발생하는 현상을 이용한다.
② LED가 만드는 빛의 파장은 대체로 반도체의 밴드갭에 의해서 결정된다.
③ 포토다이오드(PD)는 역방향 바이어스가 걸린 상태에서 광자의 에너지에 의해서 전자–정공 쌍이 생성되는 것을 이용한다.
④ 포토다이오드(PD)는 밴드갭보다 작은 에너지를 가지는 광자에 민감하게 반응한다.

정답 4번

출제 포인트

LED의 발광 원리와 포토다이오드의 광검출 원리를 밴드갭 에너지와 연결하여 판단하는 문제이다.

핵심 개념

LED: 순방향 바이어스에서 주입된 전자와 정공이 재결합할 때 에너지가 빛으로 방출되는 발광 소자이다. 방출 광자의 에너지는 대체로 밴드갭 에너지에 대응하므로 빛의 파장은 밴드갭에 의해 결정된다.
포토다이오드(PD): 일반적으로 역방향 바이어스에서 입사광이 전자-정공 쌍을 만들고, 전기장이 이를 분리하여 광전류를 발생시키는 수광 소자이다. 전자-정공 쌍을 생성하려면 광자 에너지가 밴드갭 에너지 이상이어야 한다.

선지별 해설

① O — LED는 순방향 바이어스에서 전자와 정공이 주입되어 재결합할 때 방출되는 에너지를 빛으로 이용한다.
② O — LED의 방출 광자 에너지는 대체로 밴드갭 에너지에 대응하고, 광자 에너지와 파장은 반비례하므로 반도체의 밴드갭이 발광 파장을 결정한다.
③ O — 포토다이오드는 보통 역방향 바이어스에서 광자가 전자-정공 쌍을 생성하고, 공핍층의 전기장이 이들을 분리하여 광전류를 만드는 원리를 이용한다.
④ X — 틀린 표현은 '밴드갭보다 작은 에너지를 가지는 광자'이다. 밴드 간 전이를 일으켜 전자-정공 쌍을 생성하려면 광자 에너지가 밴드갭 에너지 이상이어야 하므로, 올바르게는 '포토다이오드는 밴드갭 이상의 에너지를 가지는 광자에 민감하게 반응한다'이다.

NoteBase

오답 포인트

LED의 발광과 포토다이오드의 수광은 모두 밴드갭과 관련되지만 에너지의 흐름이 반대이다. LED는 재결합 에너지를 광자로 방출하고, 포토다이오드는 충분한 광자 에너지를 흡수하여 전자-정공 쌍을 만든다. ④의 '작은'과 '이상'을 뒤바꾸는 함정이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

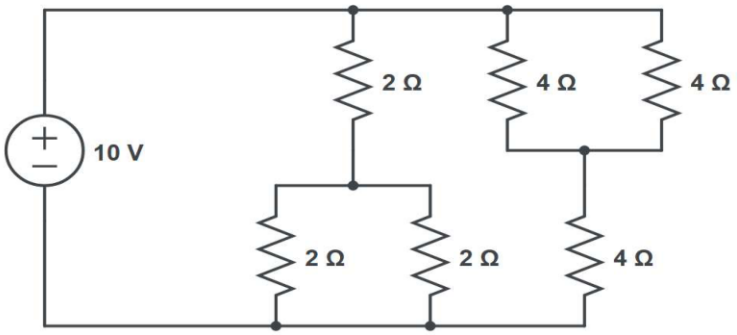
LED는 '순방향 바이어스 → 전자·정공 재결합 → 발광', 포토다이오드는 '역방향 바이어스 → 광자 흡수 → 전자-정공 쌍 생성 → 광전류'의 순서로 판단한다. 광검출 조건은 광자 에너지가 밴드갭 에너지 이상인지 확인한다.

암기 포인트

LED는 재결합으로 빛을 내고, PD는 밴드갭 이상의 빛으로 전하쌍을 만든다.

NoteBase

6. 다음 그림과 같이 2[Ω], 4[Ω] 저항들과 10[V] 전압원이 연결된 회로가 있다. 이 경우 전압원이 공급하는 전력[W]으로 적절한 것은?



① 30 ② 50 ③ 70 ④ 90

정답 2번

출제 포인트

직렬·병렬로 연결된 저항의 등가저항을 구한 뒤, 전압원이 공급하는 전체 전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 전압은 $10V$이고, 저항은 2Ω와 4Ω로 구성된다.
구해야 할 값: 전압원이 회로 전체에 공급하는 전력 P이다.
주의할 조건: 왼쪽 가지와 오른쪽 가지는 전원 양단에 병렬로 연결되어 있으며, 각 가지 내부의 병렬 부분을 먼저 합성해야 한다.

사용할 공식

병렬 저항의 합성식은 $R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$이고, 직렬 저항은 그대로 더한다. 전압과 등가저항을 알 때 전체 전력은 $P = \frac{V^2}{R_{eq}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 전체 회로를 하나의 등가저항으로 바꾸면 전압원 양단의 전압과 등가저항만으로 공급 전력을 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 왼쪽 가지의 아래쪽 2Ω 두 개는 병렬이므로 $2 \parallel 2 = 1\Omega$이다. 따라서 왼쪽 가지는 $R_L = 2 + 1 = 3\Omega$이다.
2. 오른쪽 가지의 위쪽 4Ω 두 개는 병렬이므로 $4 \parallel 4 = 2\Omega$이다. 따라서 오른쪽 가지는 $R_R = 2 + 4 = 6\Omega$이다.
3. 3Ω과 6Ω의 두 가지가 병렬이므로 전체 등가저항은 $R_{eq} = 3 \parallel 6 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2\Omega$이다.
4. 전압원이 공급하는 전력은 $P = \frac{V^2}{R_{eq}} = \frac{10^2}{2} = 50W$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 전체 등가저항이 2Ω이므로 공급 전력은 30W가 아니라 50W이다.
② O — $P = 10^2/2 = 50W$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 계산 결과가 50W이므로 70W는 틀리며, 올바른 값은 50W이다.
④ X — 계산 결과가 50W이므로 90W는 틀리며, 올바른 값은 50W이다.
계산 결과가 50W이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

회로에 보이는 같은 크기의 저항을 모두 한꺼번에 병렬로 처리하면 안 된다. 먼저 같은 두 노드에 연결된 저항만 병렬로 합성하고, 각 가지 내부의 직렬 합성을 마친 뒤 마지막으로 두 가지를 병렬 합성해야 한다. 또한 전력식에서 전압은 제곱되어 $P = V^2/R_{eq}$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

복합 회로에서는 같은 두 노드를 공유하는 저항을 찾아 병렬 합성하고, 이어지는 저항을 직렬 합성한다. 전체 등가저항을 구한 뒤 전원 전압이 주어지면 $P = V^2/R_{eq}$로 공급 전력을 계산한다.

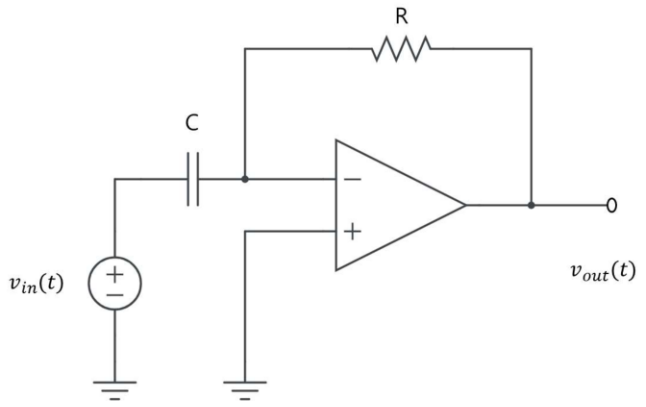
암기 포인트

같은 저항 두 개의 병렬값은 한 개 저항의 절반이며, 전압원이 공급하는 전체 전력은 $P = V^2/R_{eq}$이다.

NoteBase

7. 다음 그림은 이상적인 연산증폭기와 저항, 커패시터로 구성된 회로에 대한 설명이다. (A)-(B)에 들어갈 설명을 순서대로 연결한 것은?

> 이 회로의 입력 $v_{\text{in}}(\text{t})$과 출력 $v_{\text{out}}(t)$의 관계식으로 볼 때 이 회로는 (A)로 동작하며, 크기가 1인 정현파를 입력신호로 인가하는 경우 입력신호의 주파수가 커질수록 출력신호의 진폭의 크기는 (B)한다.



① 미분기-증가
② 미분기-감소
③ 적분기-증가
④ 적분기-감소

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 반전형 연산증폭기 회로에서 입력 임피던스와 피드백 임피던스의 비로 전달함수를 구하고, 정현파 입력의 주파수에 따른 출력 진폭의 변화를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건: 이상적인 연산증폭기의 비반전 입력은 접지되어 있고, 입력에는 커패시터 C, 피드백에는 저항 R이 연결되어 있다.
구해야 할 내용: 회로의 동작인 (A)와 주파수가 커질 때 출력 진폭의 변화인 (B)이다.
주의할 조건: 반전형 회로이므로 전달함수에 음의 부호가 붙지만, 진폭의 크기를 판단할 때에는 전달함수의 절댓값을 사용한다.

NoteBase

사용할 공식

반전형 연산증폭기의 전달함수는
$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = -\frac{Z_f}{Z_{in}}$
이다. 이 회로에서는 $Z_f = R$, $Z_{in} = 1/(sC)$이므로
$\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = -sRC$
가 된다. 전달함수에 s가 곱해지는 형태이므로 미분기이다.

계산 과정

1. 전달함수에 각 임피던스를 대입하면 $V_{out}(s) = -sRCV_{in}(s)$이다.
2. 시간 영역에서는 $v_{out}(t) = -RC\frac{dv_{in}(t)}{dt}$이므로 (A)는 미분기이다.
3. 크기가 1인 정현파를 $v_{in}(t) = \sin(\omega t)$로 두면 $v_{out}(t) = -\omega RC\cos(\omega t)$이다.
4. 출력 진폭은 ωRC이므로 입력 주파수, 즉 ω가 커질수록 증가한다. 따라서 (B)는 증가이다.

선지 판단

① O — 전달함수가 $-sRC$이므로 미분기이고, 정현파 입력에 대한 출력 진폭은 ωRC이므로 주파수가 커질수록 증가한다.
② X — '미분기-감소'에서 '감소'가 틀렸다. 올바르게는 '미분기-증가'이다.
③ X — '적분기-증가'에서 '적분기'가 틀렸다. 입력에 커패시터, 피드백에 저항이 있는 이 회로는 미분기이므로 올바르게는 '미분기-증가'이다.
④ X — '적분기-감소'는 두 판단이 모두 틀렸다. 올바르게는 '미분기-증가'이다.

오답 포인트

입력 측의 커패시터를 보고 적분기로 착각하기 쉽다. 반전형 회로에서는 $-Z_f/Z_{in}$을 먼저 계산해야 하며, 입력에 커패시터가 있으면 그 임피던스가 분모에 놓여 결과적으로 s가 곱해진다. 또한 전달함수의 음의 부호는 위상 반전을 뜻하며, 주파수 증가에 따른 진폭의 증가·감소를 뜻하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

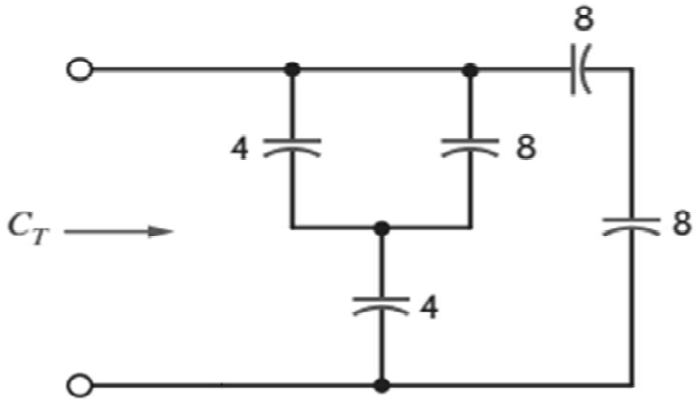
반전형 연산증폭기 회로는 먼저 $-Z_f/Z_{in}$을 구한다. 결과가 s에 비례하면 미분기이며 정현파 진폭은 주파수에 비례해 증가하고, 결과가 $1/s$에 비례하면 적분기이며 진폭은 주파수에 반비례해 감소한다.

암기 포인트

입력 C·피드백 R이면 미분기: $|H(j\omega)| = \omega RC$이므로 고주파일수록 출력 진폭이 커진다.

NoteBase

8. 다음 그림과 같이 커패시터가 연결된 경우 합성 커패시턴스 값 C_T[F]로 적절한 것은? (단, 그림의 각 커패시터의 단위는 [F]이다.)



① 5 ② 6 ③ 7 ④ 8

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 회로의 같은 두 노드에 연결된 커패시터는 병렬로, 한 중간 노드에서만 이어지는 커패시터는 직렬로 합성하여 전체 합성 커패시턴스 C_T를 구하는 문제이다.

조건 정리

가운데 가지: 위쪽의 $4F$와 $8F$는 같은 두 노드에 연결되어 병렬이고, 그 합성 커패시터가 아래쪽 $4F$와 직렬이다.
오른쪽 가지: 두 $8F$가 직렬이다.
가운데 가지와 오른쪽 가지는 위·아래 입력 단자에 각각 연결되어 서로 병렬이다.

사용할 공식

병렬 연결: $C_p = C_1 + C_2$
직렬 연결: $C_s = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$
같은 두 노드에 연결된 커패시터에는 같은 전압이 걸리므로 병렬 공식을 사용하고, 중간 노드를 사이에 두고 차례로 연결된 커패시터에는 직렬 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 가운데 위쪽 병렬 합성값은 $4 + 8 = 12F$이다.
2. 이 $12F$와 아래쪽 $4F$의 직렬 합성값은 C_가운데=(12×4)/(12+4)=3 F이다.
3. 오른쪽의 두 $8F$의 직렬 합성값은 C_오른쪽=(8×8)/(8+8)=4 F이다.
4. 두 가지는 서로 병렬이므로 $C_T = 3 + 4 = 7F$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 5*F*는 계산 결과 7*F*와 다르다. '합성 커패시턴스는 5*F*이다'가 아니라 '합성 커패시턴스는 7*F*이다'가 옳다.
② X — 6*F*는 계산 결과 7*F*와 다르다. '합성 커패시턴스는 6*F*이다'가 아니라 '합성 커패시턴스는 7*F*이다'가 옳다.
③ O — 가운데 가지의 3*F*와 오른쪽 가지의 4*F*를 병렬 합성하면 7*F*이므로 옳다.
④ X — 8*F*는 계산 결과 7*F*와 다르다. '합성 커패시턴스는 8*F*이다'가 아니라 '합성 커패시턴스는 7*F*이다'가 옳다.

오답 포인트

가운데의 4*F*와 8*F*는 그림에서 나란히 서 있으므로 병렬이고, 이들의 합성값 12*F*가 아래쪽 4*F*와 직렬이다. 또한 가운데 가지의 합성값과 오른쪽 가지의 합성값은 최종적으로 병렬이므로 더해야 한다. 커패시터의 직렬·병렬 공식을 저항의 공식과 반대로 적용하는 실수가 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 회로의 노드를 표시한다. 양 끝이 모두 같은 두 노드에 물리면 병렬, 두 소자가 다른 갈림길 없이 중간 노드에서만 이어지면 직렬로 판단한다. 안쪽 묶음부터 단계적으로 합성한 뒤 마지막 연결 관계를 다시 확인한다.

암기 포인트

커패시터는 병렬이면 그대로 더하고, 직렬이면 곱을 합으로 나눈다. 이 회로는 '가운데 3*F*, 오른쪽 4*F*, 마지막 병렬 합 7*F*'이다.

NoteBase

9. 어떤 부하 양단에 $v(t)=4\cos(\omega t+20^o)$ [V]의 교류전압이 인가되는 경우, 부하에 흐르는 전류는 $i(t)=2\cos(\omega t+80^o)$ [A]였다. 이 경우 이 부하에서 소비되는 평균전력 [W]으로 가장 적절한 것은?

① $\sqrt{2}$ ② 2 ③ $2\sqrt{3}$ ④ 4

정답 2번

출제 포인트

정현파 전압과 전류의 최댓값을 실효값으로 바꾸고, 두 파형의 위상차를 이용하여 평균전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압의 최댓값은 $V_m = 4V$, 전류의 최댓값은 $I_m = 2A$이다.
구해야 할 값: 부하에서 소비되는 평균전력 P이다.
주의할 조건: 전압과 전류의 위상차는 각 위상을 빼서 구하며, 평균전력에는 최댓값이 아니라 실효값을 사용한다.

사용할 공식

정현파의 실효값과 평균전력은 다음과 같다.
$V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}, \qquad I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$
$P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\theta_v - \theta_i)$
전압과 전류가 같은 각주파수의 정현파이므로 두 파형의 위상차에 대한 역률을 곱하는 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 전압과 전류의 위상차는 $20^\circ - 80^\circ = -60^\circ$이다.
2. 실효값은 $V_{\text{rms}} = 4/\sqrt{2}\,V$, $I_{\text{rms}} = 2/\sqrt{2}\,A$이다.
3. $\cos(-60^\circ) = 1/2$이므로
$P = \frac{4}{\sqrt{2}} \cdot \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{2} = 2W$
따라서 부하에서 소비되는 평균전력은 $2W$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $\sqrt{2}W$는 계산 결과 $2W$와 다르다. 틀린 값 $\sqrt{2}W$ → 올바르게는 $2W$이다.
② O — 실효값의 곱에 역률 $\cos 60^\circ = 1/2$을 적용한 결과가 $2W$이므로 맞다.
③ X — $2\sqrt{3}W$는 $\cos 30^\circ = \sqrt{3}/2$를 잘못 적용할 때 얻을 수 있는 값이다. 실제 위상차는 60°이므로 틀린 값 $2\sqrt{3}W$ → 올바르게는 $2W$이다.
④ X — $4W$는 실효값의 곱 $V_{\text{rms}}I_{\text{rms}} = 4VA$만 구하고 역률 1/2을 곱하지 않은 값이다. 틀린 값 $4W$ → 올바르게는 $2W$이다.

오답 포인트

전압 위상 20°와 전류 위상 80°를 더하면 안 된다. 두 위상의 차이는 -60°이고, 코사인은 짝함수이므로 역률은 $\cos(-60^\circ) = \cos 60^\circ = 1/2$이다. 또한 최댓값 $4V$, $2A$를 그대로 곱하거나 피상전력 $4VA$에서 계산을 끝내면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

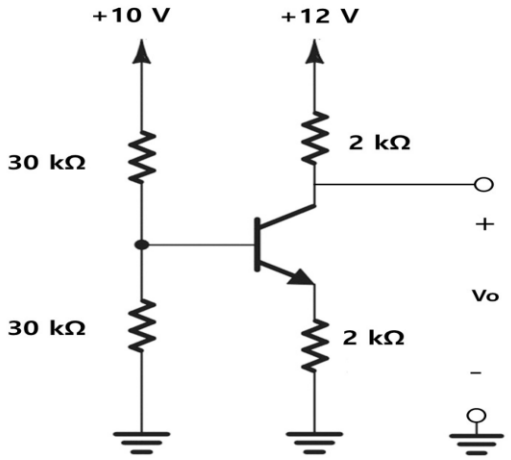
두 정현파의 최댓값을 각각 $\sqrt{2}$로 나누어 실효값으로 바꾸고, 전압 위상에서 전류 위상을 뺀 뒤 $P = V_{\text{rms}}I_{\text{rms}}\cos\phi$에 대입한다. 마지막으로 단위가 유효전력의 단위인 W인지 확인한다.

암기 포인트

정현파 평균전력은 '전압 실효값 × 전류 실효값 × 위상차의 코사인'이다: $P = V_{\text{rms}}I_{\text{rms}}\cos\phi$.

NoteBase

10. 다음 그림과 같이 BJT를 이용한 회로가 있다. BJT의 에미터와 베이스간 순방향 바이어스 전압 $V_{BE} = 0.7$ [V]이며, 공통 에미터 전류 이득 $\beta = 100$의 값을 가진다. 이 경우 회로에서 Vo [V]으로 가장 적절한 것은?



① 4 ② 6 ③ 8 ④ 10

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 베이스 분압 회로를 테브난 등가회로로 바꾸어 베이스 전류와 컬렉터 전류를 구한 뒤, 컬렉터 저항의 전압 강하로 출력전압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 베이스 분압 전원은 $10V$, 두 분압 저항은 각각 $30k\Omega$, 컬렉터 전원은 $12V$, 컬렉터 저항과 이미터 저항은 각각 $2k\Omega$, $V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 100$이다.
구해야 할 값: 컬렉터 단자의 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 베이스 전류가 분압기에 부하로 작용하므로 베이스 전압을 단순히 $5V$로 고정하지 않고 분압 회로의 테브난 저항까지 반영한다.

NoteBase

사용할 공식

베이스 분압 회로의 테브난 등가는 다음과 같다.

$V_{TH} = 10 \times \frac{30}{30+30} = 5V$

$R_{TH} = 30k\Omega \parallel 30k\Omega = 15k\Omega$

트랜지스터가 활성 영역에서 동작하면 $I_E = (\beta + 1)I_B$, $I_C = \beta I_B$이므로 베이스 전류는 다음과 같다.

$I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1)R_E}$

출력은 컬렉터 전압이므로 $V_o = 12V - I_C R_C$를 사용한다. 이 공식들은 베이스 전류가 이미터 저항과 베이스 분압망을 함께 흐르며, 컬렉터 저항의 전압 강하가 컬렉터 전압을 결정하기 때문에 사용한다.

계산 과정

1. 베이스 전류를 구한다.

$I_B = \frac{5 - 0.7}{15k\Omega + 101 \times 2k\Omega} = \frac{4.3}{217k\Omega} \approx 19.8\mu A$

2. 컬렉터 전류를 구한다.

$I_C = \beta I_B = 100 \times 19.8\mu A \approx 1.98mA$

3. 컬렉터 저항의 전압 강하를 빼서 출력전압을 구한다.

$V_o = 12V - (1.98mA)(2k\Omega) \approx 8.04V$

따라서 가장 가까운 값은 $8V$이다. 또한 $V_E \approx 4.00V$이고 $V_C \approx 8.04V$이므로 컬렉터 전압이 이미터 전압보다 높아 활성 영역 가정도 성립한다.

선지 판단

① X — 계산 결과는 약 $8.04V$이므로 $4V$가 아니다. 틀린 값 $4V$는 올바르게는 약 $8V$이다.

② X — 계산 결과와 $6V$는 일치하지 않는다. 틀린 값 $6V$는 올바르게는 약 $8V$이다.

③ O — 계산한 $V_o \approx 8.04V$와 가장 가까운 값이 $8V$이다.

④ X — 계산 결과와 $10V$는 일치하지 않는다. 틀린 값 $10V$는 올바르게는 약 $8V$이다.

따라서 정답은 ③이다.

오답 포인트

핵심 함정은 두 $30k\Omega$ 저항만 보고 베이스 전압을 무조건 $5V$로 두는 것이다. 실제로는 베이스 전류 때문에 분압기 중간 전압이 낮아지므로 $R_{TH} = 15k\Omega$를 포함해야 한다. 또한 출력은 이미터 전압이 아니라 컬렉터 전압이므로 $12V$에서 컬렉터 저항의 전압 강하를 빼야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

분압 바이어스 BJT 회로에서는 먼저 베이스 쪽을 V_{TH}, R_{TH}로 바꾸고, $I_B \rightarrow I_C \rightarrow V_C$ 순서로 계산한다.

마지막에는 $V_C > V_E$인지 확인하여 활성 영역 가정이 맞는지 검산한다.

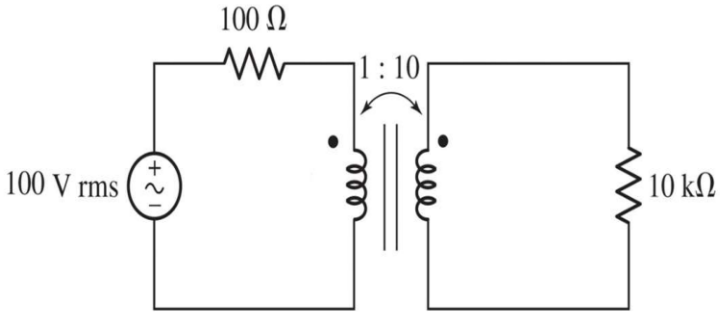
NoteBase

암기 포인트

분압 바이어스의 계산 순서는 '분압망 테브난 등가 → 베이스 전류 → 컬렉터 전류 → 컬렉터 전압'이다. 핵심식은 $I_B = (V_{TH} - V_{BE})/[R_{TH} + (\beta + 1)R_E]$이다.

NoteBase

11. 다음 그림과 같이 이상적인 변압기를 포함하고 있는 교류회로가 있다. 전압원에서는 유효전압이 100 V_{rms}인 정현파가 발생된다. 이 회로에서 변압기의 2차측에 있는 10 [kΩ] 부하가 흡수하는 평균전력 [W]으로 가장 적절한 것은?



① 12.5 ② 25 ③ 50 ④ 100

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적 변압기에서 부하를 1차측으로 환산한 뒤 전압 분배와 저항의 평균전력 공식을 이용해 2차측 부하 전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 유효전압은 $V_s = 100V_{rms}$, 1차측 직렬저항은 $R_s = 100\Omega$, 권수비는 $N_1 : N_2 = 1 : 10$, 2차측 부하는 $R_L = 10k\Omega$이다.
구해야 할 값: 2차측 $10k\Omega$ 부하가 흡수하는 평균전력이다.
주의할 조건: 전원전압 $100V_{rms}$ 전체가 변압기 1차 권선에 걸리지 않는다. 부하의 1차측 환산저항과 직렬 100Ω 사이에서 전압이 분배된다.

NoteBase

사용할 공식

2차 부하의 1차측 환산저항은
$R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L$
이다. 1차 권선 전압은 전압 분배로
$V_1 = V_s \frac{R_L'}{R_s + R_L'}$
이고, 이상적 변압기의 전압비와 저항 부하의 평균전력은 각각
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}, \qquad P_L = \frac{V_2^2}{R_L}$
이다. 이상적 변압기는 2차 부하를 권수비의 제곱에 따라 1차측 등가저항으로 바꿀 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 부하를 1차측으로 환산하면
$R_L' = \left(\frac{1}{10}\right)^2 (10k\Omega) = 100\Omega$
이다.
2. 전원에서 본 전체 저항은 $100\Omega + 100\Omega = 200\Omega$이므로 1차 전류는
$I_1 = \frac{100V_{\text{rms}}}{200\Omega} = 0.5A_{\text{rms}}$
이다. 따라서 1차 권선 전압은
$V_1 = I_1 R_L' = (0.5A_{\text{rms}})(100\Omega) = 50V_{\text{rms}}$
이다.
3. 권수비가 1 : 10이므로 2차 전압은
$V_2 = 10V_1 = 500V_{\text{rms}}$
이다.
4. 부하의 평균전력은
$P_L = \frac{(500V_{\text{rms}})^2}{10k\Omega} = 25W$
이다.

선지 판단

① X — $12.5W$는 계산된 부하전력 $25W$와 일치하지 않는다. 올바르게는 부하가 $25W$를 흡수한다.
② O — 2차측 부하전압이 $500V_{\text{rms}}$이므로 $P_L = V_2^2/R_L = 25W$이다.
③ X — $50W$는 전원이 공급하는 전체 평균전력 $V_s I_1 = (100V_{\text{rms}})(0.5A_{\text{rms}}) = 50W$에 해당하며, 이 중 $25W$는 1차측 직렬저항에서 소비된다. 올바르게는 2차 부하가 흡수하는 전력은 $25W$이다.
④ X — $100W$는 직렬 100Ω에서의 전압 강하를 무시하고 전원전압 전체가 1차 권선에 걸린다고 보았을 때 나오는 값이다. 올바르게는 1차 권선에 $50V_{\text{rms}}$, 2차 부하에 $500V_{\text{rms}}$가 걸리므로 부하전력은 $25W$이다.

NoteBase

오답 포인트

핵심 함정은 전원 유효전압 $100V_{rms}$를 곧바로 변압기 1차 전압으로 보는 것이다. 2차 부하 $10k\Omega$를 1차측으로 환산하면 100Ω이고, 이 저항과 직렬저항 100Ω이 같으므로 전원전압은 절반씩 나뉜다. 또한 $50W$는 부하전력이 아니라 전원이 회로 전체에 공급하는 전력이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이상적 변압기와 1차측 직렬저항이 함께 나오면 먼저 2차 부하를 $R_L' = (N_1/N_2)^2 R_L$로 1차측에 환산한다. 그다음 전체 1차 회로의 전류와 권선 전압을 구하고, 권수비로 2차 전압을 계산한 뒤 $P = V_{rms}^2/R$로 부하전력을 판단한다.

암기 포인트

임피던스는 권수비의 제곱으로 환산하고, 전압은 권수비에 비례한다. 즉 $R_L' = (N_1/N_2)^2 R_L$, $V_2/V_1 = N_2/N_1$이다.

NoteBase

12. 이득이 30[dB]인 감쇄기에 85[W]인 신호를 입력한 경우 출력신호의 전력[W]으로 가장 적절한 것은?
① 0.85 ② 0.085 ③ 850 ④ 8500

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 감쇠량을 데시벨 전력비로 바꾸어 출력 전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 감쇠량 30dB, 입력 전력 $P_{in} = 85W$
구해야 할 값: 출력 전력 P_{out}
주의할 조건: 감쇠기이므로 전력 이득은 -30dB이며 출력 전력은 입력 전력보다 작아진다.

사용할 공식

전력 이득의 데시벨 표현은 다음과 같다.
$G_{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)$
따라서 감쇠량이 30dB이면 전력비는 다음과 같다.
$\frac{P_{out}}{P_{in}} = 10^{-30/10} = 10^{-3}$
전력을 비교하는 문제이므로 계수가 10인 전력비 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 30dB 감쇠를 전력비로 바꾸면 $10^{-3} = 1/1000$이다.
2. 출력 전력은 다음과 같다.
$P_{out} = 85 \times \frac{1}{1000} = 0.085W$
3. 계산 결과와 일치하는 선지는 ②이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 0.85W는 입력 전력을 100분의 1로 줄인 값으로, 20dB 감쇠에 해당한다. 틀린 값 0.85W → 올바르게는 0.085W이다.
② O — 85W에 전력비 10^{-3}을 곱하면 0.085W이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 850W는 입력 전력의 10배이므로 감쇠가 아니라 10dB 증폭에 해당한다. 틀린 값 850W → 올바르게는 0.085W이다.
④ X — 8500W는 입력 전력의 100배이므로 감쇠가 아니라 20dB 증폭에 해당한다. 틀린 값 8500W → 올바르게는 0.085W이다.
계산 결과가 0.085W이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

감쇠량 30dB을 단순히 30으로 나누거나, 감쇠인데도 양의 전력 이득으로 처리하면 틀린다. 또한 전력비에는 $10\log_{10}$을 사용하며, 전압비에 쓰는 $20\log_{10}$과 혼동하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

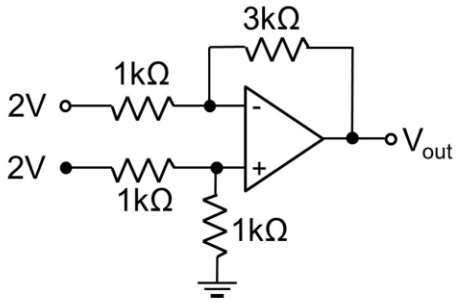
전력의 데시벨 문제는 감쇠인지 증폭인지 먼저 확인한 뒤, $P_{\text{out}}/P_{\text{in}} = 10^{G_{\text{dB}}/10}$으로 전력비를 구하고 출력이 입력보다 커지는지 또는 작아지는지 검산한다.

암기 포인트

전력에서 30dB 감쇠는 전력이 1/1000로 감소하는 것이다.

NoteBase

13. 이상적인 연산증폭기를 사용하는 다음 회로에서 출력 전압으로 가장 적절한 것은?



① −6 [V]　② −4 [V]
③ −2 [V]　④ −0.67 [V]

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 입력 전류가 0이고 음의 피드백 상태에서 두 입력 단자의 전압이 같다는 성질을 이용하여 출력 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

비반전 입력(+)은 $2V$ 전원과 접지 사이에 연결된 같은 크기의 $1k\Omega$ 저항 두 개로 이루어진 분압점이다. 따라서 $V_+ = 1V$이다.
출력에서 반전 입력(-)으로 $3k\Omega$ 저항이 연결되어 음의 피드백이 형성된다. 이상적인 연산증폭기이므로 $V_- = V_+ = 1V$이고 두 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다.
구해야 할 값은 출력 전압 V_{out}이다.

사용할 공식

비반전 입력의 분압식은
$V_+ = 2V \times \frac{1k\Omega}{1k\Omega + 1k\Omega} = 1V$
이다. 반전 입력 노드에서 키르히호프의 전류 법칙을 적용하면
$\frac{2V - V_-}{1k\Omega} + \frac{V_{out} - V_-}{3k\Omega} = 0$
이다. 이상적인 연산증폭기의 입력에는 전류가 흐르지 않으므로 반전 입력 노드로 들어오는 전류의 합이 0이 되어야 하며, 음의 피드백 때문에 $V_- = V_+$를 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 같은 저항 두 개의 분압으로 $V_+ = 1V$를 구한다.
2. 가상단락 조건에 따라 $V_- = 1V$이다.
3. 반전 입력 노드의 전류식을 정리하면

$\frac{2-1}{1k\Omega} + \frac{V_{out}-1}{3k\Omega} = 0$

$3 + V_{out} - 1 = 0$

$V_{out} = -2V$

가 된다.

선지 판단

① X — $-6V$는 반전 입력 노드의 기준 전압 $V_- = 1V$를 반영한 KCL 결과와 일치하지 않는다. 올바른 출력 전압은 $-2V$이다.

② X — $-4V$를 KCL 식에 대입하면 두 저항 전류의 합이 0이 되지 않는다. 올바르게는 $V_{out} = -2V$이다.

③ O — 분압과 가상단락으로 $V_- = 1V$이고, 이 값을 반전 입력 노드의 KCL 식에 대입하면 $V_{out} = -2V$가 된다.

④ X — $-0.67V$는 저항비 3 : 1을 단순히 전압에 곱하거나 나누는 방식으로는 회로를 해석할 수 없다는 점을 놓친 값이다. 올바르게는 비반전 입력의 $1V$ 기준 전압까지 반영하여 $V_{out} = -2V$로 계산한다.

오답 포인트

비반전 입력을 접지된 것으로 보고 단순 반전 증폭기의 이득 $-R_f/R_{in}$만 적용하면 안 된다. 이 회로의 비반전 입력 전압은 분압에 의해 $1V$이므로 반전 입력 노드도 가상단락에 따라 $1V$이다. 이 기준 전압을 빠뜨리는 것이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 비반전 입력 전압을 구하고, 음의 피드백 여부를 확인한 뒤 $V_- = V_+$를 적용한다. 그다음 입력 전류가 0이라는 조건으로 반전 입력 노드에 KCL을 세워 출력 전압을 계산한다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기의 음의 피드백 회로에서는 입력 전류가 0이고 $V_- = V_+$이다. 비반전 입력이 0이 아니면 그 전압을 반드시 기준으로 삼는다.

NoteBase

14. 부귀환 증폭기의 특성으로 가장 적절한 것은?
① 부귀환 증폭기를 사용할 경우 안정도가 나빠진다.
② 부귀환 증폭기를 사용할 경우 이득이 일정해지는 영역이 감소한다.
③ 부귀환 증폭기를 사용할 경우 왜율이 감소한다.
④ 부귀환 증폭기를 사용할 경우 잡음이 증가한다.

정답 3번

출제 포인트

부귀환 증폭기가 이득 안정도, 대역폭, 왜율 및 잡음에 미치는 영향을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

부귀환은 출력의 일부를 입력과 반대 위상으로 되돌려 입력 변화에 맞서는 귀환 방식이다. 전체 전압 이득은 낮아지지만 이득이 회로 소자의 변화에 덜 민감해져 안정도가 좋아지고, 이득이 일정하게 유지되는 주파수 영역인 대역폭은 넓어진다. 또한 증폭 과정에서 생기는 비선형 왜곡과 잡음이 줄어든다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '안정도가 나빠진다'이다. 부귀환을 사용하면 이득이 소자 특성이나 온도 변화에 덜 민감해지므로 안정도는 좋아진다.
② X — 틀린 표현은 '이득이 일정해지는 영역이 감소한다'이다. 부귀환은 대역폭을 넓히므로 이득이 일정하게 유지되는 주파수 영역은 증가한다.
③ O — 부귀환은 증폭기의 비선형성을 억제하므로 출력 파형의 왜율이 감소한다.
④ X — 틀린 표현은 '잡음이 증가한다'이다. 부귀환을 사용하면 증폭기 내부에서 발생하는 잡음의 영향이 감소한다.

오답 포인트

부귀환으로 전체 이득이 감소한다는 사실을 안정도와 대역폭도 함께 나빠진다는 뜻으로 오해하기 쉽다. 이득의 크기는 감소하지만 이득 안정도와 대역폭은 향상되고, 왜율과 잡음은 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

부귀환의 효과는 '이득은 감소, 안정도와 대역폭은 증가, 왜율과 잡음은 감소'로 방향을 나누어 판단한다.

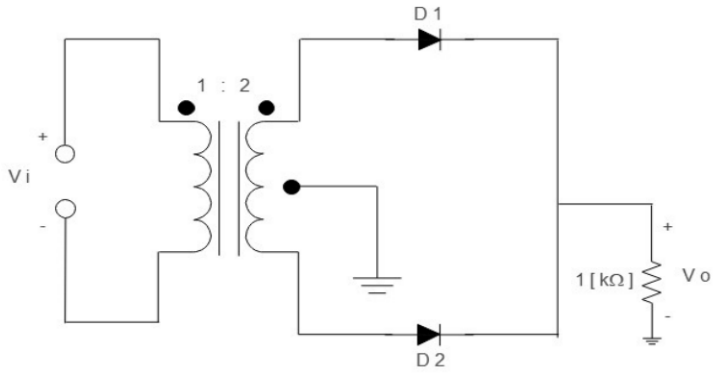
NoteBase

암기 포인트

부귀환: 이득↓, 안정도·대역폭↑, 왜율·잡음↓.

NoteBase

15. 그림과 같은 중간 탭 변압기(권선비는 1 : 2)에서 교류입력신호 V_i의 최대값을 $200[V]$의 정현파로 인가한 경우 출력전압 V_o에 관한 설명으로 가장 적절한 것은?



① 중간 탭 반파정류 회로이므로, V_o의 출력은 반파정류값을 얻을 수 있다.

② V_o의 평균값은 약 $\frac{200}{1.414}[V]$를 얻을 수 있다.

③ 다이오드에 걸리는 최대 역전압은 $400[V]$이다.

④ V_o의 실효값은 $\frac{400}{3.14}[V]$이다.

정답 3번

출제 포인트

중간 탭 전파정류 회로에서 각 반권선의 최대전압을 구한 뒤 출력의 평균값·실효값과 다이오드의 최대 역전압을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 1차 입력의 최대값은 $V_{i,m} = 200V$이고, 1차와 전체 2차 권선의 권선비는 1 : 2이다.
구해야 할 값: 출력 파형, 출력 평균값, 출력 실효값, 각 다이오드의 최대 역전압이다.
주의할 조건: 전체 2차 권선의 최대전압은 $400V$이지만 중앙 탭을 기준으로 한 각 반권선의 최대전압은 그 절반인 $V_m = 200V$이다. 다이오드는 이상적인 것으로 본다.

NoteBase

사용할 공식

중간 탭 전파정류 출력에 대하여
$V_{o,\text{avg}} = \frac{2V_m}{\pi}$, $V_{o,\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$, $V_{R,\max} = 2V_m$
이다. 각 반주기마다 한 다이오드가 번갈아 도통하여 부하에는 두 반주기가 모두 같은 극성으로 나타나므로 전파정류 공식을 사용한다. 비도통 다이오드에는 두 반권선 최대전압의 합이 역방향으로 걸리므로 최대 역전압은 $2V_m$이다.

계산 과정

1. 전체 2차 권선의 최대전압은 $200 \times 2 = 400V$이다.
2. 중앙 탭을 기준으로 각 반권선의 최대전압은 $V_m = 400/2 = 200V$이다.
3. 출력 평균값은 $V_{o,\text{avg}} = \frac{2 \times 200}{\pi} = \frac{400}{\pi}V \approx 127.3V$ 이다.
4. 출력 실효값은 $V_{o,\text{rms}} = \frac{200}{\sqrt{2}}V \approx 141.4V$ 이다.
5. 다이오드의 최대 역전압은 $V_{R,\max} = 2 \times 200 = 400V$ 이다.

선지 판단

① X — 이 회로는 중간 탭 전파정류 회로이므로 V_o에는 양·음의 반주기가 모두 같은 극성으로 정류된 전파정류 파형이 나타난다. 틀린 표현 '반파정류값'은 '전파정류값'으로 고쳐야 한다.
② X — $200/1.414V \approx 141.4V$는 전파정류 출력의 실효값이지 평균값이 아니다. 평균값은 $400/\pi V \approx 127.3V$이다.
③ O — 비도통 다이오드에 걸리는 최대 역전압은 각 반권선 최대전압의 두 배이므로 $2 \times 200 = 400V$이다.
④ X — $400/3.14V \approx 127.4V$는 평균값에 해당하며 실효값이 아니다. 실효값은 $200/\sqrt{2}V \approx 141.4V$이다.
따라서 정답은 3번이다.

오답 포인트

권선비 1 : 2로 얻은 $400V$는 전체 2차 권선의 최대전압이다. 출력 계산에는 각 반권선의 최대전압 $200V$를 사용한다. 또한 ②와 ④는 평균값 $2V_m/\pi$와 실효값 $V_m/\sqrt{2}$을 서로 바꾸어 놓은 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

권선비로 전체 2차 전압을 구한 뒤 중앙 탭이면 이를 절반으로 나누어 V_m을 정한다. 이어서 전파정류의 평균값과 실효값을 계산하고, 중간 탭 방식의 다이오드 최대 역전압은 $2V_m$으로 판단한다.

암기 포인트

중간 탭 전파정류는 '반권선 최대값 V_m, 평균 $2V_m/\pi$, 실효 $V_m/\sqrt{2}$, 다이오드 최대 역전압 $2V_m$'이다.

NoteBase

16. 전자기파에 대한 설명으로 가장 적절하지 않은 것은?
① 국내에서 FM 라디오 주파수는 AM 라디오 주파수보다 낮다.
② 자외선은 적외선보다 주파수가 높다.
③ 가시광선은 적외선보다 파장이 짧다.
④ 전자레인지는 2.4[GHz] 근처 대역의 전자기파를 이용하여 음식을 가열한다.

정답 1번

출제 포인트

전자기파의 종류별 주파수와 파장 관계, 그리고 마이크로파의 활용을 구분하는 문제이다. 문두가 '가장 적절하지 않은 것'을 묻고 있으므로 사실과 반대로 서술된 선지를 찾는다.

핵심 개념

전자기파는 진공에서 속력이 일정하므로 $c = f\lambda$의 관계를 따른다. 따라서 주파수 f가 높을수록 파장 λ은 짧다.
라디오파 비교: 국내 방송에서 FM 방송 주파수는 대략 수십~백여 *MHz*이고, AM 방송 주파수는 대략 수백~천여 *kHz*이므로 FM의 주파수가 AM보다 높다.
전자기파 순서: 주파수는 적외선보다 가시광선이 높고, 가시광선보다 자외선이 높다. 파장은 이와 반대이다.
마이크로파: 전자레인지는 약 2.4*GHz* 대역의 전자기파로 음식물에 에너지를 전달해 가열한다.

선지별 해설

① X(정답 선지)
'FM 라디오 주파수는 AM 라디오 주파수보다 낮다'는 부분이 틀렸다. 국내 방송에서 FM은 *MHz* 대역, AM은 *kHz* 대역을 사용하므로, 올바르게는 'FM 라디오 주파수는 AM 라디오 주파수보다 높다'이다.

② O
자외선은 적외선보다 전자기파 스펙트럼에서 주파수가 높은 영역에 있다.

③ O
가시광선은 적외선보다 주파수가 높으므로 $c = f\lambda$에 따라 파장이 더 짧다.

④ O
전자레인지는 약 2.4*GHz* 근처의 마이크로파를 이용해 음식물에 에너지를 전달하고 가열한다.

NoteBase

오답 포인트

①의 FM과 AM을 변조 방식의 이름만으로 비교하거나, *MHz*와 *kHz*의 크기를 놓치기 쉽다. 또한 ②와 ③은 같은 관계를 각각 주파수와 파장으로 바꾸어 물었으므로, 주파수가 높을수록 파장은 짧다는 역관계를 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

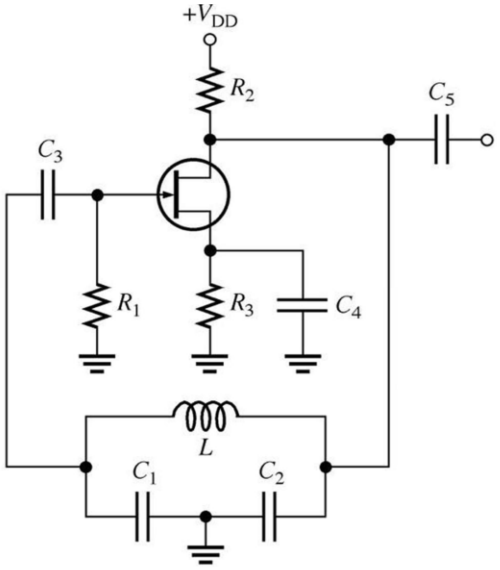
먼저 문두의 부정 표현을 확인한 뒤, 전자기파 비교에는 $c = f\lambda$를 적용한다. 주파수와 파장은 반비례하므로 한쪽의 대소 관계를 알면 다른 쪽은 반대로 판단한다. 라디오 방송은 단위까지 보아 *MHz* > *kHz*이므로 FM의 주파수가 AM보다 높다고 판단한다.

암기 포인트

FM은 AM보다 고주파, 자외선은 적외선보다 고주파, 고주파일수록 단파장이다. 전자레인지는 약 2.4*GHz*의 마이크로파를 이용한다.

NoteBase

17. 다음 그림과 같은 구성을 가진 발진기 회로가 있다. 이 발진기의 종류로 가장 적절한 것은?



① Wien-Bridge 발진기
② Phase Shift 발진기
③ Hartley(하틀리) 발진기
④ Colpitts(콜피츠) 발진기

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 발진 회로의 공진망 구성을 보고 발진기 종류를 식별하는 문제이다. 그림의 공진망은 하나의 코일 L과 두 커패시터 C_1, C_2로 이루어진 용량성 분압 회로이므로 Colpitts(콜피츠) 발진기이다.

선지별 해설

① X — 'Wien-Bridge 발진기'라는 판단이 틀리다. Wien-Bridge 발진기는 저항과 커패시터로 이루어진 주파수 선택형 브리지 회로를 사용한다. 올바르게는 이 회로는 하나의 코일과 두 커패시터를 사용하는 Colpitts 발진기이다.
② X — 'Phase Shift 발진기'라는 판단이 틀리다. Phase Shift 발진기는 여러 단의 RC 회로에서 필요한 위상 변화를 얻는다. 올바르게는 그림의 LC 공진망은 Colpitts 발진기의 구성이다.
③ X — 'Hartley 발진기'라는 판단이 틀리다. Hartley 발진기는 두 코일 또는 탭이 있는 코일과 하나의 커패시터로 유도성 분압 회로를 구성한다. 올바르게는 그림처럼 하나의 코일과 두 커패시터로 용량성 분압 회로를 구성하면 Colpitts 발진기이다.
④ O — Colpitts 발진기는 하나의 코일 L과 두 커패시터 C_1, C_2가 만드는 LC 공진망을 사용한다. 그림이 이 구조와 일치한다.

NoteBase

오답 포인트

Hartley와 Colpitts는 모두 LC 발진기이므로 혼동하기 쉽다. 이 문제에서는 분할된 소자가 무엇인지가 핵심이다. 코일이 나뉘면 Hartley이고, 그림처럼 커패시터가 C_1, C_2로 나뉘면 Colpitts이다.

다시 나오면 이렇게 판단

공진망에서 코일과 커패시터의 개수를 먼저 확인한다. 하나의 코일과 두 커패시터가 보이면 Colpitts, 두 코일과 하나의 커패시터가 보이면 Hartley로 판단한다. 저항과 커패시터만으로 주파수 선택·위상 변화를 만들면 Wien-Bridge 또는 Phase Shift 발진기와 구분한다.

암기 포인트

Colpitts는 C가 둘인 용량성 분압, Hartley는 L이 둘인 유도성 분압이다.

NoteBase

18. 다음 중 기억소자(memory device)로 사용할 수 있는 것으로 가장 적절한 것은?
① D-플립플롭(D Flip-flop)
② NOT 게이트
③ XOR 게이트
④ 비교기(Comparator)

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이전 상태를 저장하는 순차논리소자와 입력에 따라 출력만 결정되는 조합논리소자를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

D-플립플롭은 클록의 유효 에지에서 D 입력을 받아 1비트 상태로 저장하고, 다음 유효 에지까지 그 상태를 유지하는 기억소자이다. 반면 NOT 게이트, XOR 게이트, 비교기는 현재 입력의 조합에 따라 출력이 정해지는 조합논리소자이므로 자체적으로 이전 상태를 저장하지 않는다.

선지별 해설

① O — D-플립플롭은 클록에 맞추어 입력값을 저장하고 유지하므로 1비트 기억소자로 사용할 수 있다.
② X — ‘NOT 게이트를 기억소자로 사용할 수 있다’는 부분이 틀리다. NOT 게이트는 입력 0과 1을 각각 1과 0으로 반전하는 조합논리 게이트이며, 자체 저장 기능은 없다.
③ X — ‘XOR 게이트를 기억소자로 사용할 수 있다’는 부분이 틀리다. XOR 게이트는 두 입력이 서로 다를 때 1을 출력하는 조합논리 게이트이며, 자체 저장 기능은 없다.
④ X — ‘비교기를 기억소자로 사용할 수 있다’는 부분이 틀리다. 비교기는 두 입력의 크기나 일치 여부를 판별하는 조합논리회로이며, 자체 저장 기능은 없다.

오답 포인트

NOT, XOR, 비교기도 논리회로이므로 기억 기능이 있다고 혼동하기 쉽다. 그러나 이들은 현재 입력을 처리할 뿐이고, D-플립플롭만 이전에 받아들인 상태를 유지한다.

다시 나오면 이렇게 판단

출력이 현재 입력만으로 정해지면 조합논리소자이고, 클록이나 피드백을 이용해 이전 상태를 유지하면 기억 기능이 있는 순차논리소자로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

플립플롭은 1비트 저장, 게이트와 비교기는 입력 조합의 판별이다.

NoteBase

19. 다음 중 부울대수의 연산의 기본 법칙에 대한 설명으로 가장 적절한 것은?

① $A + 1 = 1 + A = 0$

② $A + 0 = 0 + A = 1$

③ $A + A = A$

④ $A + \overline{A} = 0$

정답 3번

출제 포인트

부울대수의 OR 연산에서 지배법칙, 항등법칙, 멱등법칙, 보수법칙을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

부울대수의 덧셈 기호 +는 OR 연산을 뜻하며, 하나라도 1이면 결과가 1이다.
지배법칙: $A + 1 = 1$이다.
항등법칙: $A + 0 = A$이다.
멱등법칙: 같은 값을 OR 하면 원래 값이 되므로 $A + A = A$이다.
보수법칙: A와 그 보수 $\overline{A}$ 중 하나는 반드시 1이므로 $A + \overline{A} = 1$이다.

선지별 해설

① X — 틀린 부분은 결과를 0이라고 한 것이다. 1과 OR 하면 A의 값과 관계없이 1이므로 올바른 식은 $A + 1 = 1 + A = 1$이다.
② X — 틀린 부분은 결과를 1이라고 한 것이다. 0과 OR 하면 원래 값이 유지되므로 올바른 식은 $A + 0 = 0 + A = A$이다.
③ O — 같은 변수끼리 OR 해도 그 변수의 값이 그대로 유지되는 멱등법칙이므로 $A + A = A$이다.
④ X — 틀린 부분은 결과를 0이라고 한 것이다. 변수와 그 보수는 서로 반대이므로 둘 중 하나가 항상 1이다. 올바른 식은 $A + \overline{A} = 1$이다.

오답 포인트

부울대수의 OR 연산 +를 일반 산술 덧셈처럼 해석하거나, AND 연산의 법칙인 $A \cdot 0 = 0$, $A \cdot \overline{A} = 0$과 혼동하기 쉽다. 특히 ①과 ④의 결과 0은 AND 연산에서 성립할 내용을 OR 식에 바꾸어 넣은 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

기호가 +이면 OR로 판단한다. OR에서는 1이 하나라도 있으면 결과가 1이고, 0은 원래 값을 바꾸지 않으며, 같은 값끼리는 원래 값이 되고, 서로 보수인 두 값의 결과는 1이 된다.

NoteBase

암기 포인트

OR의 네 식은 $A+1=1, A+0=A, A+A=A, A+\overline{A}=1$이다.

NoteBase

20. 전기전자 회로의 응답특성을 주파수 영역에서 해석하기 위하여 시간영역에서 $x(t)=2\sin(2t)+3\cos(2t)$인 신호를 라플라스 변환을 이용하여 주파수 영역의 신호 $X(s)$로 변환하였다. 다음 중 $X(s)$로 가장 적절한 것은?

① $\frac{4s+3}{(s+2)^2}$ ② $\frac{3s+4}{(s+2)^2}$

③ $\frac{4s+3}{s^2+4}$ ④ $\frac{3s+4}{s^2+4}$

정답 4번

출제 포인트

사인과 코사인의 라플라스 변환 공식을 적용하고, 선형성을 이용해 각 변환 결과를 합산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 신호는 $x(t)=2\sin(2t)+3\cos(2t)$이다. 구해야 할 값은 $X(s)=\mathcal{L}\{x(t)\}$이며, 각 항의 계수 2와 3을 변환 결과에 그대로 곱해야 한다.

사용할 공식

$\mathcal{L}\{\sin(at)\}=\frac{a}{s^2+a^2}$, $\mathcal{L}\{\cos(at)\}=\frac{s}{s^2+a^2}$

$\mathcal{L}\{c_1f(t)+c_2g(t)\}=c_1F(s)+c_2G(s)$

주어진 신호는 같은 각주파수 $a=2$인 사인항과 코사인항의 합이므로 두 기본 공식과 라플라스 변환의 선형성을 사용한다.

계산 과정

1. 사인항을 변환하면 $\mathcal{L}\{2\sin(2t)\}=2\cdot\frac{2}{s^2+2^2}=\frac{4}{s^2+4}$이다.
2. 코사인항을 변환하면 $\mathcal{L}\{3\cos(2t)\}=3\cdot\frac{s}{s^2+2^2}=\frac{3s}{s^2+4}$이다.
3. 두 결과를 합하면 $X(s)=\frac{4}{s^2+4}+\frac{3s}{s^2+4}=\frac{3s+4}{s^2+4}$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $\frac{4s+3}{(s+2)^2}$는 분자에서 사인항과 코사인항의 역할을 뒤바꾸었고 분모도 잘못 전개한 식이다. 올바르게는 $\frac{3s+4}{s^2+4}$이다.
② X — 분자 $3s+4$는 맞지만 분모 $(s+2)^2$가 틀렸다. s^2+2^2는 $(s+2)^2$가 아니므로 올바르게는 $\frac{3s+4}{s^2+4}$이다.
③ X — 분모 s^2+4는 맞지만 분자 $4s+3$이 틀렸다. 코사인항이 s를 포함하므로 올바르게는 $\frac{3s+4}{s^2+4}$이다.
④ O — $2\sin(2t)$의 변환 $\frac{4}{s^2+4}$와 $3\cos(2t)$의 변환 $\frac{3s}{s^2+4}$를 합한 $\frac{3s+4}{s^2+4}$와 일치한다.

오답 포인트

②처럼 s^2+a^2를 $(s+a)^2$로 착각하거나, ①·③처럼 사인 변환과 코사인 변환의 분자를 뒤바꾸기 쉽다. 사인 변환의 분자는 a, 코사인 변환의 분자는 s라는 차이가 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

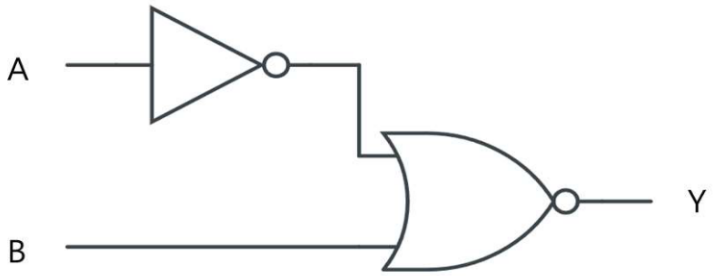
각 항을 사인과 코사인으로 구분한 뒤 각주파수 a를 확인하고, 기본 공식을 항별로 적용한 다음 선형성으로 합산한다. 마지막에는 분모가 s^2+a^2인지와 코사인항에서만 분자에 s가 생기는지를 검산한다.

암기 포인트

$\sin(at)$은 $a/(s^2+a^2)$, $\cos(at)$은 $s/(s^2+a^2)$로 변환된다.

NoteBase

21. 다음 그림과 같은 구성을 가진 논리 회로에서 출력 Y를 입력 A, B로 표현할 때 가장 적절한 것은?



① $A \cdot B$ ② $\overline{A} \cdot \overline{B}$
③ $\overline{A} \cdot B$ ④ $A \cdot \overline{B}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 입력 A가 NOT 게이트를 거쳐 $\overline{A}$가 되고, 이 신호와 B가 출력에 반전 원이 있는 OR 게이트인 NOR 게이트에 들어간다는 점을 식으로 표현하는 문제이다. 따라서 $Y = \overline{\overline{A} + B}$이다.

선지별 해설

① X — $A \cdot B$는 두 입력이 모두 1일 때 출력이 1인 AND 식이다. 이 회로는 $B = 1$이면 NOR 게이트의 한 입력이 1이므로 출력이 항상 0이다. 틀린 식 $A \cdot B$는 올바르게는 $A \cdot \overline{B}$이다.
② X — $\overline{A} \cdot \overline{B}$는 원래 입력 A와 B를 바로 NOR 연산한 식이다. 이 회로에서는 NOR 전에 A가 한 번 반전되므로, 틀린 식 $\overline{A} \cdot \overline{B}$는 올바르게는 $A \cdot \overline{B}$이다.
③ X — $\overline{A} \cdot B$는 $A = 0, B = 1$일 때 1이 되는 식이지만, 실제 회로는 $B = 1$이면 NOR 출력이 0이다. 틀린 식 $\overline{A} \cdot B$는 올바르게는 $A \cdot \overline{B}$이다.
④ O — 드모르간 법칙을 적용하면 $Y = \overline{\overline{A} + B} = \overline{\overline{A}} \cdot \overline{B} = A \cdot \overline{B}$가 된다. 회로의 출력과 정확히 일치한다.

오답 포인트

입력 A 뒤의 반전 원과 OR 게이트 출력의 반전 원을 하나만 반영하면 ②나 ③을 고르기 쉽다. 두 반전을 순서대로 식에 넣고, NOR 식 전체에 드모르간 법칙을 적용해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 게이트의 출력을 왼쪽부터 차례로 적는다. 먼저 NOT 게이트 출력은 $\overline{A}$, NOR 게이트 출력은 $\overline{\overline{A} + B}$로 적은 뒤 드모르간 법칙으로 정리하면 $A \cdot \overline{B}$가 된다.

NoteBase

암기 포인트

NOR는 합의 부정이고, 드모르간 법칙을 적용하면 각 입력을 반전한 곱이 된다. 즉 $\overline{X+Y}=\overline{X}\cdot\overline{Y}$이다.

NoteBase

22. 디지털 논리회로에서 4개의 bit로 숫자를 처리하기 위해 음의 십진수 -5를 2진수로 표현하고자 한다. 1의 보수로 표현하면 (A), 2의 보수로 표현하면 (B)가 된다. (A), (B)에 들어갈 값을 순서대로 나열한 것은?

① A: 1010, B: 1011
② A: 1100, B: 1101
③ A: 1100, B: 1011
④ A: 1011, B: 1100

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 4비트에서 음의 십진수를 1의 보수와 2의 보수로 표현하는 방법을 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 십진수 -5
구해야 할 값: 4비트 1의 보수 표현 A와 2의 보수 표현 B
주의할 조건: 먼저 $+5$를 4비트 이진수로 나타낸 뒤 보수 연산을 적용한다.

사용할 공식

1의 보수: 양수의 모든 비트에서 0과 1을 서로 반전한다.
2의 보수: 1의 보수에 1을 더한다.

음수를 보수로 표현하는 문제이므로 먼저 절댓값의 4비트 표현을 구한 뒤 이 규칙을 적용한다.

계산 과정

1. $+5$의 4비트 이진수는 0101이다.
2. 모든 비트를 반전하면 $0101 \rightarrow 1010$이므로 -5의 1의 보수 표현은 $A = 1010$이다.
3. 1의 보수에 1을 더하면 $1010 + 1 = 1011$이므로 -5의 2의 보수 표현은 $B = 1011$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — $A = 1010, B = 1011$로 계산 결과와 모두 일치한다.

② X — 1100과 1101은 각각 -3의 1의 보수와 2의 보수 표현이다. 올바르게는 $A = 1010, B = 1011$이다.

③ X — $B = 1011$은 맞지만, $A = 1100$은 -5의 1의 보수 표현이 아니다. 올바르게는 $A = 1010$이다.

④ X — $A = 1011$은 1의 보수가 아니라 -5의 2의 보수 표현이며, $B = 1100$도 틀리다. 올바르게는 $A = 1010$, $B = 1011$이다.

계산 결과 $A = 1010, B = 1011$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

1의 보수와 2의 보수를 서로 바꾸거나, 절댓값 5를 4비트 이진수 0101로 정확히 바꾸지 않으면 오답이 된다. 특히 ④는 2의 보수값 1011을 1의 보수값으로 잘못 배치한 선지이다.

다시 나오면 이렇게 판단

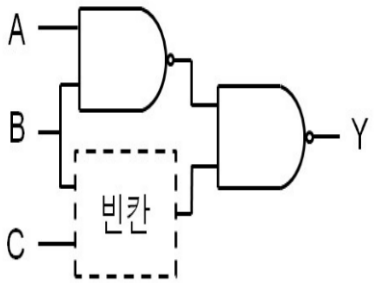
음수의 보수 표현은 절댓값을 지정된 비트 수로 변환한 뒤, 1의 보수는 비트 반전, 2의 보수는 비트 반전 후 1 더하기의 순서로 판단한다.

암기 포인트

1의 보수는 반전, 2의 보수는 반전한 값에 1을 더한 값이다.

NoteBase

23. 왼쪽의 디지털논리회로는 오른쪽의 카르노맵을 구현하기 위한 것이다. 이때 왼쪽 회로의 빈칸에 들어갈 게이트로 가장 적절한 것은?



AB \ C	0	1
00	T	F
01	F	F
11	T	T
10	T	F

① AND 게이트 ② NAND 게이트
③ OR 게이트 ④ NOR 게이트

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 NAND 게이트의 반전 관계와 카르노맵의 출력값을 함께 해석하여 빈칸 게이트의 논리식을 찾는 문제이다. 위쪽 게이트의 출력은 $\overline{AB}$이고 마지막 게이트도 NAND이므로, 빈칸 게이트의 출력은 $B + C$가 되어야 한다.

선지별 해설

① X — AND 게이트를 넣으면 빈칸 출력은 BC이다. 예를 들어 $A, B, C = (0, 0, 1)$이면 마지막 NAND 출력이 1이 되어 카르노맵의 0과 다르다. 틀린 표현 'AND 게이트'는 'OR 게이트'로 고쳐야 한다.
② X — NAND 게이트를 넣으면 빈칸 출력은 $\overline{BC}$이다. 예를 들어 $A, B, C = (0, 0, 0)$이면 마지막 NAND 출력이 0이 되어 카르노맵의 1과 다르다. 틀린 표현 'NAND 게이트'는 'OR 게이트'로 고쳐야 한다.
③ O — OR 게이트를 넣으면 빈칸 출력은 $B + C$이고 전체 출력은 $Y = \overline{\overline{AB}(B + C)}$이다. $AB = 11$일 때는 위쪽 NAND 출력이 0이므로 $Y = 1$이고, 나머지 행에서는 $Y = \overline{B + C}$가 되어 카르노맵의 모든 값과 일치한다.
④ X — NOR 게이트를 넣으면 빈칸 출력은 $\overline{B + C}$이다. 예를 들어 $A, B, C = (0, 0, 0)$이면 마지막 NAND 출력이 0이 되어 카르노맵의 1과 다르다. 틀린 표현 'NOR 게이트'는 'OR 게이트'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

마지막 게이트의 출력 단자에 작은 원이 있으므로 단순 AND가 아니라 NAND라는 점이 핵심이다. 또한 $AB = 11$에서는 위쪽 NAND 출력이 0이어서 빈칸 게이트의 출력과 관계없이 최종 출력이 항상 1이 되므로, 이 행만 보고 빈칸 게이트를 판단하면 안 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

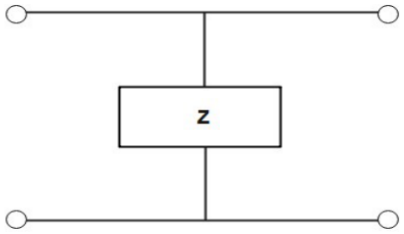
각 게이트의 출력에 중간 변수를 두고 최종 논리식을 먼저 세운다. 그다음 앞단 출력이 1인 입력 조합에서 카르노맵의 Y를 반전하여 빈칸 게이트의 출력값을 구하고, 그 값이 어떤 기본 게이트의 진리표와 일치하는지 판단한다.

암기 포인트

NAND는 입력의 AND 결과를 반전한다. 이 회로에서는 $Y = \overline{\overline{AB}(B + C)}$이므로 빈칸은 OR이다.

NoteBase

24. 그림과 같은 기본회로에서 ABCD 파라미터를 나열한 것으로 가장 적절하지 않은 것은?



① A 파라미터는 1이다.
② B 파라미터는 0이다.
③ C 파라미터는 $\frac{1}{Z}$이다.
④ D 파라미터는 0이다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 병렬 임피던스 Z로 이루어진 2포트 회로의 전송(ABCD) 파라미터를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로: 두 포트 사이의 위·아래 도선은 각각 직결되고, 그 사이에 임피던스 Z가 병렬로 연결되어 있다.
구해야 할 값: A, B, C, D
주의할 조건: 임피던스 Z의 어드미턴스는 $Y = 1/Z$이다.

사용할 공식

전송 파라미터의 정의는 $V_1 = AV_2 + BI_2, I_1 = CV_2 + DI_2$이다. 병렬 어드미턴스 Y의 전송 파라미터는 $(A, B, C, D) = (1, 0, Y, 1)$이다. 두 포트의 전압이 같고 병렬 소자에 흐르는 전류가 입력 전류에 더해지므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 위·아래 도선이 직결되어 있으므로 $V_1 = V_2$이다. 따라서 $A = 1, B = 0$이다.
2. 키르히호프의 전류법칙에 따라 $I_1 = I_2 + YV_2$이다. 따라서 $C = Y, D = 1$이다.
3. $Y = 1/Z$를 대입하면 전송 파라미터는 $(A, B, C, D) = (1, 0, 1/Z, 1)$이다.

NoteBase

선지 판단

① O — $V_1 = V_2$이므로 $A = 1$이다.
② O — 입력 전압식에 I_2 항이 없으므로 $B = 0$이다.
③ O — 병렬 가지의 어드미턴스가 $1/Z$이므로 $C = 1/Z$이다.
④ X — '$D = 0$'이 틀린 표현이다. $I_1 = I_2 + (1/Z)V_2$에서 I_2의 계수는 1이므로 올바르게는 $D = 1$이다.
따라서 가장 적절하지 않은 것은 ④이다.

오답 포인트

병렬회로에서 $B = 0$이라는 사실을 $D = 0$과 혼동하기 쉽다. 직렬 임피던스의 행렬은 B에 임피던스가 들어가고, 병렬 어드미턴스의 행렬은 C에 어드미턴스가 들어가지만 두 대각 원소 A, D는 모두 1이다.

다시 나오면 이렇게 판단

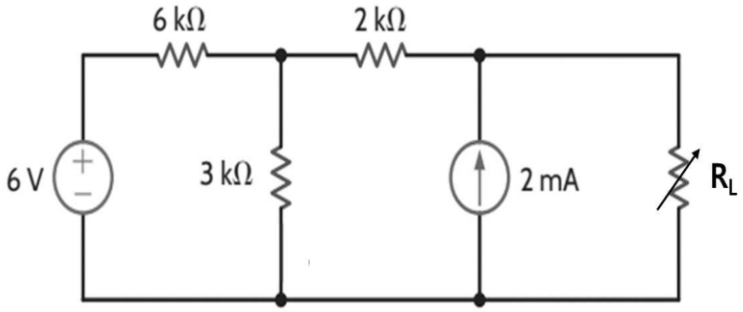
병렬 소자만 있는 2포트 회로는 먼저 $V_1 = V_2$를 쓰고, 이어서 $I_1 = I_2 + YV_2$를 세워 각 계수를 전송행렬과 대응한다.

암기 포인트

병렬 어드미턴스 Y의 ABCD 파라미터는 $(A, B, C, D) = (1, 0, Y, 1)$이고, $Y = 1/Z$이다.

NoteBase

25. 다음 그림과 같은 회로에서 부하 R_L의 저항값을 조정하여 최대의 전력이 부하에 전달되도록 한 경우 부하에 전달되는 전력을 구하였다. 이 경우 최대 전력 [mW]으로 가장 적절한 것은?



① 5 ② 6.25 ③ 7.5 ④ 8.75

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부하 단자에서 본 테브난 등가회로와 최대 전력 전달 조건을 이용하여 부하에 전달되는 최대 전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압원 $6V$, 전류원 $2mA$, 저항 $6k\Omega$, $3k\Omega$, $2k\Omega$이다.
구해야 할 값: R_L에 전달되는 최대 전력이다.
주의할 조건: 최대 전력은 $R_L = R_{th}$일 때 전달되며, 먼저 부하 단자에서 본 V_{th}와 R_{th}를 구해야 한다.

사용할 공식

최대 전력 전달 조건과 최대 전력 공식은 다음과 같다.
$R_L = R_{th}$, $\quad P_{L,\max} = \frac{V_{th}^2}{4R_{th}}$
선형 저항 회로를 부하 단자에서 하나의 테브난 전압원과 직렬저항으로 바꿀 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. R_L을 개방하고, $6k\Omega \cdot 3k\Omega \cdot 2k\Omega$가 만나는 노드 전압을 V_A, 부하 위쪽 단자 전압을 V_B라 한다. V_B 노드에서 전류원이 공급하는 $2mA$가 $2k\Omega$ 저항으로 흐르므로
$\frac{V_B - V_A}{2k\Omega} = 2mA \quad \Rightarrow \quad V_B = V_A + 4V$
이다.

2. V_A 노드에 KCL을 적용하면
$\frac{V_A - 6V}{6k\Omega} + \frac{V_A}{3k\Omega} + \frac{V_A - V_B}{2k\Omega} = 0$
이다. $V_B = V_A + 4V$를 대입하면 $V_A = 6V$, $V_B = 10V$이므로 $V_{th} = 10V$이다.

3. 독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방한다. 부하 단자에서 보면 $2k\Omega$와 $6k\Omega \parallel 3k\Omega = 2k\Omega$가 직렬이므로
$R_{th} = 2k\Omega + 2k\Omega = 4k\Omega$
이다. 따라서 최대 전력은
$P_{L,\max} = \frac{(10V)^2}{4(4k\Omega)} = 6.25mW$
이다.

선지 판단

① X — $5mW$는 계산 결과 $6.25mW$와 일치하지 않는다. ①의 값을 올바르게 고치면 $6.25mW$이다.
② O — $V_{th} = 10V$, $R_{th} = 4k\Omega$를 최대 전력 공식에 대입한 결과가 $6.25mW$이므로 맞다.
③ X — $7.5mW$는 계산 결과와 일치하지 않는다. ③의 값을 올바르게 고치면 $6.25mW$이다.
④ X — $8.75mW$는 계산 결과와 일치하지 않는다. ④의 값을 올바르게 고치면 $6.25mW$이다.
계산 결과 $6.25mW$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

전류원이 연결된 상태에서 개방전압을 구하는 과정과, 등가저항을 구할 때 독립 전류원을 개방하는 과정을 혼동하기 쉽다. 또한 $R_{th} = 4k\Omega$만 구하고 최대 전력 공식의 분모 $4R_{th}$에서 계수 4를 빠뜨리면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

부하를 개방하여 V_{th}를 구한 뒤, 독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방하여 R_{th}를 구한다. 그다음 $R_L = R_{th}$와 $P_{L,\max} = V_{th}^2/(4R_{th})$를 적용하고 단위를 검산한다.

암기 포인트

최대 전력 전달은 $R_L = R_{th}$, 최대 전력은 $V_{th}^2/(4R_{th})$이다.

NoteBase