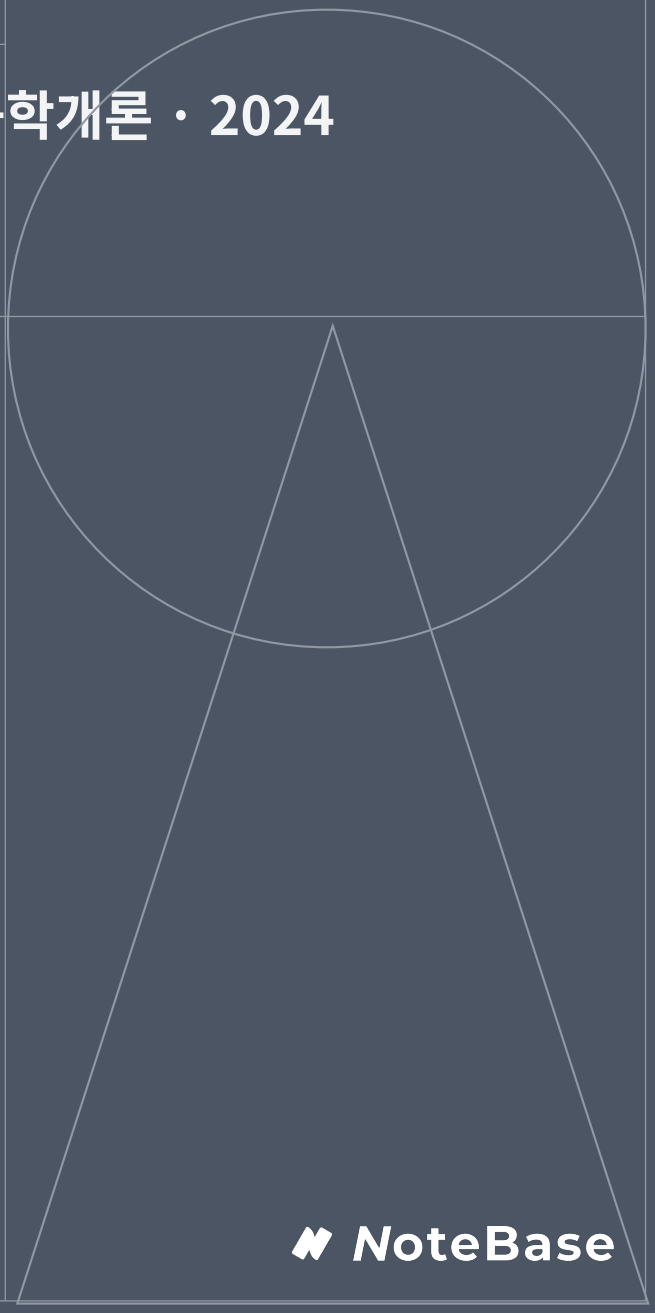
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2024



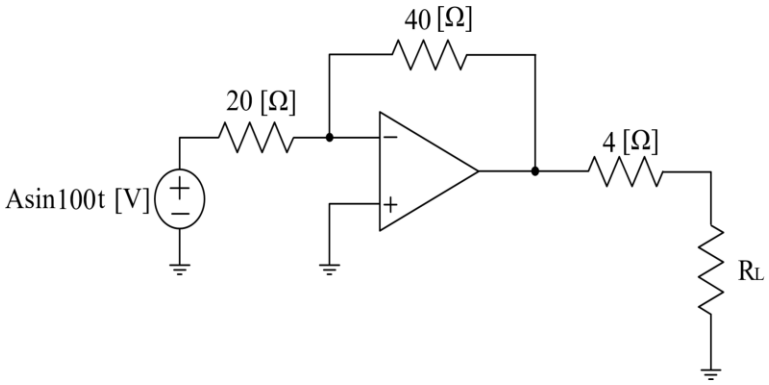
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2024

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2024

1. 다음 회로에서 R_L을 변화시키면서 R_L에서 소비되는 평균전력을 측정했을 때 2 [W]가 최댓값이었다. A값은? (단, 사용된 모든 소자는 이상적이고, A>0이다)



① 2
② 4
③ 10
④ 20
⑤ 40

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 반전 증폭기의 전압 이득을 구한 뒤, 출력 직렬저항과 부하 사이의 최대전력전달 조건을 적용하여 입력 전압의 진폭 A를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력저항은 20Ω, 피드백저항은 40Ω, 출력 직렬저항은 4Ω, 입력은 $A\sin 100tV$이다.
구해야 할 값: R_L에서 소비되는 평균전력의 최댓값이 $2W$일 때의 A이다.
주의할 조건: 피드백은 4Ω 저항 앞의 연산증폭기 출력에서 이루어지므로, 그 출력 전압은 부하와 무관하게 반전 증폭기의 이득으로 정해진다.

NoteBase

사용할 공식

반전 증폭기의 전압 이득은
$\frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_{in}}$
이고, 실효값 전압원이 직렬저항 R_s를 거쳐 R_L에 공급하는 평균전력은
$P_L = \frac{V_{o,\text{rms}}^2 R_L}{(R_s + R_L)^2}$
이다. 이 공식을 쓰는 이유는 이상적인 연산증폭기 출력이 정현파 전압원을 이루고, 그 뒤의 4Ω가 전압원과 부하 사이의 직렬저항으로 작용하기 때문이다. 최대전력은 $R_L = R_s$일 때 전달된다.

계산 과정

1. 반전 증폭기의 이득은
$A_v = -\frac{40}{20} = -2$
이므로 연산증폭기 출력은
$v_o = -2A\sin 100t V$
이고, 그 실효값은 $V_{o,\text{rms}} = 2A/\sqrt{2}\,V$이다.
2. 출력 직렬저항이 4Ω이므로 최대전력전달 조건은 $R_L = 4\Omega$이다.
3. 이때 부하의 최대 평균전력은
$P_{L,\max} = \frac{V_{o,\text{rms}}^2}{4R_s} = \frac{(2A/\sqrt{2})^2}{4\times 4} = \frac{A^2}{8} W$
이다.
4. $P_{L,\max} = 2W$이므로
$\frac{A^2}{8} = 2, \qquad A^2 = 16$
이고, $A > 0$이므로 $A = 4$이다.

선지 판단

① X — $A = 2$이면 $P_{L,\max} = A^2/8 = 0.5W$이므로 주어진 $2W$와 다르다. 틀린 값 2가 아니라 올바른 값은 $A = 4$이다.
② O — $A = 4$이면 $P_{L,\max} = 4^2/8 = 2W$가 되어 조건을 정확히 만족한다.
③ X — $A = 10$이면 $P_{L,\max} = 10^2/8 = 12.5W$이므로 너무 크다. 틀린 값 10이 아니라 올바른 값은 $A = 4$이다.
④ X — $A = 20$이면 $P_{L,\max} = 20^2/8 = 50W$이므로 조건과 다르다. 틀린 값 20이 아니라 올바른 값은 $A = 4$이다.
⑤ X — $A = 40$이면 $P_{L,\max} = 40^2/8 = 200W$이므로 조건과 다르다. 틀린 값 40이 아니라 올바른 값은 $A = 4$이다.
계산 결과 $A = 4$이므로 정답은 2번이다.

NoteBase

오답 포인트

입력의 진폭 A를 곧바로 4Ω와 R_L에 인가되는 전압으로 보면 안 된다. 먼저 반전 증폭기의 이득 -2를 적용하고, 정현파의 진폭을 실효값으로 바꾼 뒤 최대전력전달 조건을 사용해야 한다. 또한 전력 계산에서는 전압이 제곱되므로 진폭과 실효값을 혼동하면 계수 2의 오차가 발생한다.

다시 나오면 이렇게 판단

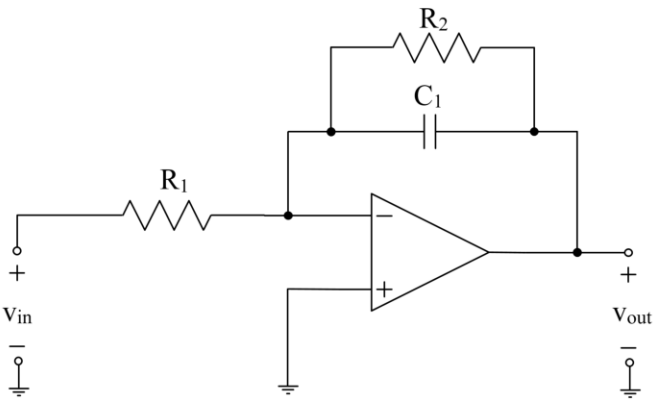
연산증폭기 뒤에 직렬저항과 가변 부하가 있는 문제는 '폐루프 전압 이득 계산 → 출력의 실효값 계산 → $R_L = R_s$ 적용 → $P_{L,\max} = V_{\text{th, rms}}^2/(4R_s)$ 적용'의 순서로 판단한다.

암기 포인트

반전 증폭기는 $A_v = -R_f/R_{in}$, 정현파는 $V_{\text{rms}} = V_m/\sqrt{2}$, 저항 부하의 최대전력은 $R_L = R_s$일 때 발생한다.

NoteBase

2. 다음 회로의 차단주파수는 1 [rad/s]이며, 전압이득의 크기는 2 [V/V]이다. 그리고 C_1은 소자의 표면에 '105'라고 표시되어 있는 세라믹 커패시터이다. R_1 [kΩ]의 값은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 100
② 200
③ 300
④ 400
⑤ 500

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 반전형 1차 능동 저역통과필터의 차단각주파수와 통과대역 전압이득 공식을 이용해 입력저항 R_1을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 차단각주파수 $\omega_c = 1rad/s$, 전압이득의 크기 $|A_v| = 2V/V$이다.
커패시터 표기 105는 앞의 두 자리 10에 세 번째 자리만큼 10을 거듭제곱한 값이므로
$C_1 = 10 \times 10^5 pF = 10^6 pF = 1\mu F$이다.
구해야 할 값: 입력저항 R_1을 $k\Omega$ 단위로 구한다.
주의할 조건: 피드백망은 R_2와 C_1의 병렬회로이며, 주어진 전압이득 2는 통과대역 이득의 크기이다.

NoteBase

사용할 공식

전달함수는 다음과 같다.
$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_2/R_1}{1+sR_2C_1}$
따라서 차단각주파수와 통과대역 전압이득의 크기는 각각 다음과 같다.
$\omega_c = \frac{1}{R_2C_1}, \qquad |A_v| = \frac{R_2}{R_1}$
이 공식을 쓰는 이유는 이상적인 반전 증폭기의 피드백 임피던스가 $R_2 \parallel 1/(sC_1)$이므로 회로가 1차 저역통과필터가 되기 때문이다.

계산 과정

1. 커패시터 값을 변환하면 $C_1 = 1\mu F = 10^{-6}F$이다.
2. 차단각주파수 공식으로 R_2를 구한다.
$R_2 = \frac{1}{\omega_c C_1} = \frac{1}{1\times 10^{-6}} = 10^6\Omega = 1000k\Omega$
3. 통과대역 전압이득의 크기 $|A_v| = R_2/R_1 = 2$를 적용한다.
$R_1 = \frac{R_2}{2} = \frac{1000k\Omega}{2} = 500k\Omega$

선지 판단

① X — $R_1 = 100k\Omega$이면 $|A_v| = 1000/100 = 10$이 되어 주어진 이득 2와 다르다. 100이 아니라 $500k\Omega$이어야 한다.
② X — $R_1 = 200k\Omega$이면 $|A_v| = 1000/200 = 5$가 된다. 200이 아니라 $500k\Omega$이어야 한다.
③ X — $R_1 = 300k\Omega$이면 $|A_v| = 1000/300 = 10/3$이 된다. 300이 아니라 $500k\Omega$이어야 한다.
④ X — $R_1 = 400k\Omega$이면 $|A_v| = 1000/400 = 2.5$가 된다. 400이 아니라 $500k\Omega$이어야 한다.
⑤ O — $R_1 = 500k\Omega$이면 $|A_v| = 1000/500 = 2$로 주어진 전압이득과 일치한다. 따라서 정답은 ⑤이다.

오답 포인트

커패시터의 105를 $105pF$로 읽거나, 차단주파수 1을 일반 주파수 f_c로 보고 2π를 추가하면 틀린다. 문제에서 단위가 rad/s이므로 주어진 값은 각주파수 ω_c이며, $\omega_c = 1/(R_2C_1)$을 그대로 적용한다. 또한 반전 부호는 위상 반전을 뜻하므로 이득의 크기를 구할 때는 $|A_v| = R_2/R_1$을 사용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

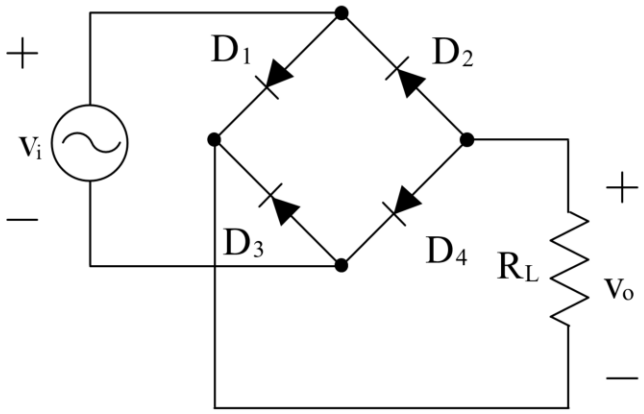
먼저 세 자리 커패시터 코드를 pF 단위로 변환하고, $\omega_c = 1/(RC)$로 피드백 저항을 구한 뒤, $|A_v| = R_2/R_1$로 입력저항을 계산한다. 마지막에는 rad/s인지 Hz인지 확인해 2π의 필요 여부를 판단한다.

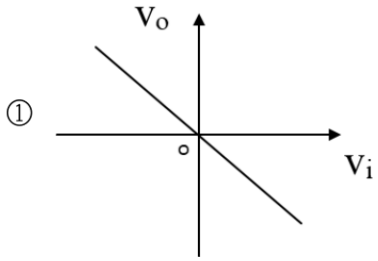
암기 포인트

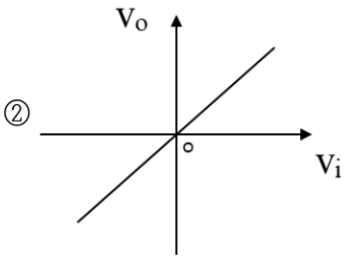
반전형 1차 저역통과필터에서는 $\omega_c = 1/(R_2C_1)$, 통과대역 이득의 크기는 $|A_v| = R_2/R_1$이다. 커패시터 코드 105는 $1\mu F$이다.

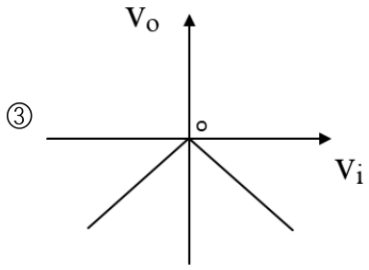
NoteBase

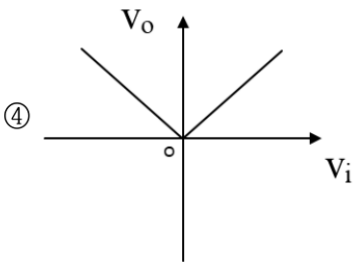
3. 다음 회로에서 입력전압 V_i와 출력전압 V_o의 관계로 옳은 것은? (단, 다이오드는 이상적이다)

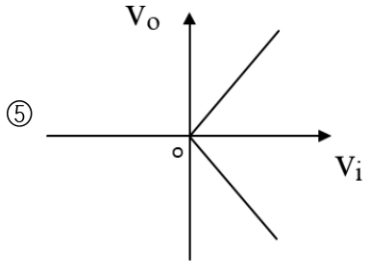


① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 3번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 브리지 회로에서 입력의 각 반주기마다 도통하는 다이오드 쌍을 찾고, 그림에 표시된 출력 극성에 따라 V_o의 부호를 판단하는 문제이다. 이상적 다이오드이므로 순방향 전압 강하는 0이며, 두 반주기 모두 $V_o = -|V_i|$가 된다.

선지별 해설

① X

$V_o = -V_i$는 $V_i > 0$인 반주기에는 맞지만, $V_i < 0$이면 출력이 양수가 된다고 나타내므로 틀리다. 실제로 음의 반주기에도 출력은 음수이므로 $V_o = -|V_i|$이다.

② X

$V_o = V_i$는 입력을 그대로 전달하는 직선 관계이므로 틀리다. 양의 반주기에는 D_1과 D_4가 도통하여 부하의 표시 극성과 반대 방향으로 전류가 흐르고 $V_o = -V_i$가 되며, 전체 관계는 $V_o = -|V_i|$이다.

③ O

$V_i > 0$이면 D_1과 D_4가 도통하여 $V_o = -V_i$가 된다. $V_i < 0$이면 D_3과 D_2가 도통하여 $V_o = V_i$가 된다. 따라서 두 경우를 합치면 $V_o = -|V_i|$이며, 그래프는 원점 아래로 열린 V자 모양이다.

④ X

이 그래프는 $V_o = |V_i|$인 양의 전파 정류를 나타내므로 출력 극성이 반대이다. 이 회로에서 표시된 +, − 기준으로는 출력이 항상 0 이하이므로 올바른 관계는 $V_o = -|V_i|$이다.

⑤ X

하나의 양의 V_i에 대해 양과 음의 V_o가 동시에 대응하는 형태이므로 단일한 회로 전달 특성이 될 수 없고, $V_i < 0$ 구간도 빠져 있다. 실제 전달 특성은 모든 입력에서 하나의 출력만 정해지는 $V_o = -|V_i|$이다.

오답 포인트

일반적인 브리지 정류기의 양의 출력만 떠올리면 ④를 고르기 쉽다. 그러나 이 문제에서는 다이오드 방향과 부하에 표시된 출력 극성을 함께 보아야 한다. 두 반주기 모두 부하 전류가 아래쪽 단자에서 위쪽 단자로 흐르므로, 위쪽을 +로 정의한 V_o는 항상 음수이다.

다시 나오면 이렇게 판단

입력의 양의 반주기와 음의 반주기를 나누어 각각 도통하는 다이오드 두 개를 찾는다. 그다음 부하 전류 방향을 출력의 +, − 기준과 비교한다. 두 반주기에서 출력 부호가 같으면 전파 정류이며, 이 회로처럼 항상 음수이면 $V_o = -|V_i|$로 판단한다.

NoteBase

암기 포인트

브리지 정류의 V자 방향은 다이오드 방향만이 아니라 표시된 출력 극성이 결정한다. 이 회로는 아래로 열린 V자, 즉 $V_o = -|V_i|$이다.

NoteBase

4. 어떤 다단 증폭기의 첫 번째 단은 전압이득이 2,000 [V/V]이고 5 [kHz]의 하한 임계주파수와 500 [kHz]의 상한 임계주파수를 가지며, 두 번째 단은 전압이득이 500 [V/V]이고 50 [kHz]의 하한 임계주파수와 5,000 [kHz]의 상한 임계주파수를 가진다. 이 다단 증폭기의 전체 전압이득 [dB]과 대역폭 [kHz]은?

	전압이득	대역폭
①	60	450
②	60	4,995
③	80	4,500
④	120	450
⑤	120	4,995

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 다단 증폭기의 전체 전압이득을 각 단 이득의 곱으로 구해 데시벨로 변환하고, 각 단의 임계주파수로 전체 통과 대역을 정하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 단: 전압이득 2,000, 하한 임계주파수 5kHz, 상한 임계주파수 500kHz이다.
두 번째 단: 전압이득 500, 하한 임계주파수 50kHz, 상한 임계주파수 5,000kHz이다.
구해야 할 값은 전체 전압이득 dB와 두 임계주파수 사이의 대역폭이다.

사용할 공식

다단 증폭기의 전체 전압이득은 각 단 전압이득의 곱이므로 $A_v = A_{v1}A_{v2}$이다. 전압이득의 데시벨 변환식은 $G_v = 20\log_{10} A_v$이다.
전체 통과 대역의 하한 임계주파수는 각 단 하한값 중 큰 값이고, 상한 임계주파수는 각 단 상한값 중 작은 값이다. 대역폭은 $BW = f_H - f_L$이다. 직렬로 연결된 모든 단이 신호를 통과시켜야 하므로 각 단 통과 대역의 공통 구간을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전체 전압이득은 $A_v = 2{,}000 \times 500 = 1{,}000{,}000 = 10^6$이다.
2. 데시벨 이득은 $G_v = 20\log_{10}(10^6) = 20 \times 6 = 120dB$이다.
3. 전체 하한 임계주파수는 $f_L = \max(5, 50) = 50kHz$, 전체 상한 임계주파수는 $f_H = \min(500, 5{,}000) = 500kHz$이다.
4. 따라서 대역폭은 $BW = 500 - 50 = 450kHz$이다.

선지 판단

① X — 대역폭 $450kHz$는 맞지만 전압이득 $60dB$는 틀린 값이다. 올바르게는 전압이득 $120dB$, 대역폭 $450kHz$이다.
② X — 전압이득 $60dB$와 대역폭 $4{,}995kHz$가 모두 틀리다. 전압이득에는 $20\log_{10}$을 적용하고, 대역폭은 전체 통과 대역의 공통 구간으로 계산하므로 올바르게는 $120dB$와 $450kHz$이다.
③ X — 전압이득 $80dB$와 대역폭 $4{,}500kHz$가 모두 틀리다. 각 단 이득을 곱한 뒤 데시벨로 변환하고 공통 통과 대역을 사용하면 올바르게는 $120dB$와 $450kHz$이다.
④ O — 계산한 전체 전압이득 $120dB$와 대역폭 $450kHz$가 모두 일치한다.
⑤ X — 전압이득 $120dB$는 맞지만 대역폭 $4{,}995kHz$는 각 단의 가장 바깥쪽 임계주파수인 $5{,}000 - 5$를 빼서 얻은 잘못된 값이다. 올바른 대역폭은 공통 통과 대역의 $500 - 50 = 450kHz$이다.

오답 포인트

전압이득을 데시벨로 바꿀 때 전력비 공식인 $10\log_{10}$이 아니라 전압비 공식인 $20\log_{10}$을 사용한다. 또한 대역폭을 가장 낮은 하한과 가장 높은 상한의 차인 $5{,}000 - 5 = 4{,}995kHz$로 계산하면 안 된다. 다단 증폭기의 전체 대역은 모든 단이 동시에 통과시키는 공통 구간이다.

다시 나오면 이렇게 판단

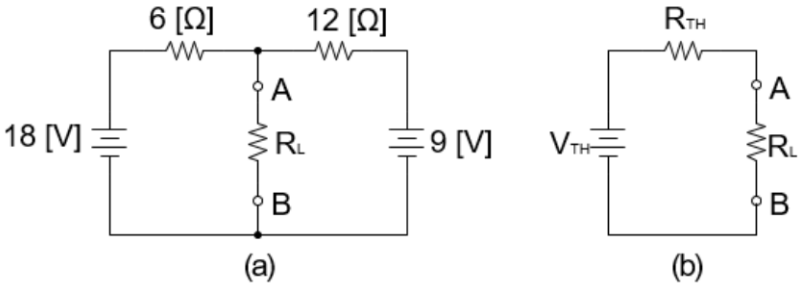
전체 전압이득은 각 단 이득을 곱한 뒤 $20\log_{10}$으로 데시벨화한다. 주파수 대역은 하한값 중 최댓값과 상한값 중 최솟값을 선택한 뒤 $BW = f_H - f_L$로 계산한다.

암기 포인트

다단 증폭기는 이득은 곱하고, 통과 대역은 겹치는 부분만 남긴다. 즉 하한은 큰 값, 상한은 작은 값이다.

NoteBase

5. 다음 회로 (a)와 (b)가 서로 등가회로일 때, 등가저항(R_{TH}) [Ω]과 등가전압(V_{TH}) [V]은?



	R_{TH}	V_{TH}
①	4	9
②	4	12
③	4	15
④	4	18
⑤	6	18

정답 3번

출제 포인트

부하 단자 A-B에서 본 테브난 등가저항과 개방전압을 구하는 문제이다. 등가저항을 구할 때는 독립 전압원을 단락하고, 등가전압을 구할 때는 부하를 개방한다.

조건 정리

주어진 값: 왼쪽 전압원은 $18V$, 오른쪽 전압원은 $9V$, 저항은 각각 6Ω, 12Ω이다.
구해야 할 값: A-B 단자에서 본 R_{TH}와 $V_{TH} = V_A - V_B$이다.
주의할 조건: R_{TH} 계산에서는 두 이상적인 독립 전압원을 단락하고, V_{TH} 계산에서는 R_L을 제거하여 A-B를 개방한다.

사용할 공식

등가저항은 병렬 합성식 $R_{TH} = 6 \parallel 12 = \frac{6 \times 12}{6 + 12}$를 사용한다. 전압원이 단락되면 두 저항이 모두 A-B 사이에 연결되기 때문이다.
개방전압은 A 노드에서의 키르히호프 전류법칙 $\frac{V_A - 18}{6} + \frac{V_A - 9}{12} = 0$을 사용한다. 부하가 개방되어도 두 전원과 두 저항으로 이루어진 경로에는 전류가 흐르므로, A 전위를 단순히 어느 한 전원 전압과 같다고 둘 수 없다.

NoteBase

계산 과정

1. 독립 전압원 두 개를 단락하면 6Ω과 12Ω이 병렬이므로
$R_{TH} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4\Omega$
이다.
2. R_L을 개방하고 B를 기준전위 $0V$로 두면
$\frac{V_A - 18}{6} + \frac{V_A - 9}{12} = 0$
이다.
3. 양변에 12를 곱하면 $2(V_A - 18) + (V_A - 9) = 0$이므로 $3V_A = 45$이고,
$V_{TH} = V_A - V_B = 15V$
이다. 따라서 $(R_{TH}, V_{TH}) = (4\Omega, 15V)$이다.

선지 판단

① X - $R_{TH} = 4\Omega$은 맞지만 $V_{TH} = 9V$가 틀리다. $9V$는 오른쪽 전원값을 그대로 택한 값이며, 올바른 조합은 $(4\Omega, 15V)$이다.
② X - $R_{TH} = 4\Omega$은 맞지만 $V_{TH} = 12V$가 틀리다. 노드 방정식으로 구한 개방전압은 $15V$이므로, 올바른 조합은 $(4\Omega, 15V)$이다.
③ O - 전압원을 단락한 병렬 합성저항은 4Ω이고, 부하를 개방한 A-B 전압은 $15V$이므로 두 값이 모두 일치한다.
④ X - $R_{TH} = 4\Omega$은 맞지만 $V_{TH} = 18V$가 틀리다. $18V$는 왼쪽 전원값을 그대로 택한 값이며, 올바른 조합은 $(4\Omega, 15V)$이다.
⑤ X - $R_{TH} = 6\Omega$, $V_{TH} = 18V$가 모두 틀리다. 6Ω 하나만 남는 것이 아니라 6Ω과 12Ω이 병렬이 되며, 개방전압도 왼쪽 전원값과 같지 않다. 올바른 조합은 $(4\Omega, 15V)$이다.

오답 포인트

부하를 개방했다는 말을 회로 전체의 전류가 모두 0이라는 뜻으로 해석하면 V_{TH}를 $9V$ 또는 $18V$로 잘못 고르게 된다. 개방되는 것은 A-B의 부하 가지뿐이며, 두 전원과 6Ω, 12Ω으로 이어진 바깥 경로에는 전류가 흐른다. 또한 R_{TH}를 구할 때 전압원을 제거한다는 것은 가지를 끊는 것이 아니라 이상적인 전압원을 단락하는 것이다.

다시 나오면 이렇게 판단

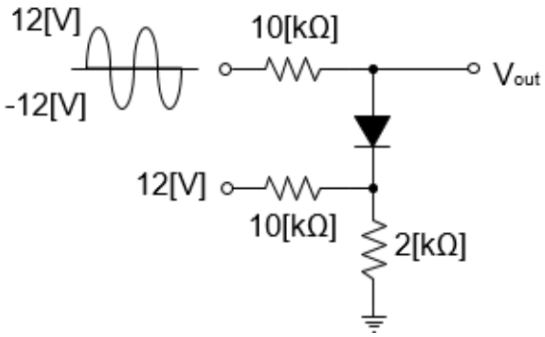
테브난 문제에서는 먼저 부하를 분리한다. R_{TH}는 독립 전압원을 단락한 뒤 단자에서 본 합성저항으로 구하고, V_{TH}는 원래 전원을 복원한 뒤 부하가 개방된 상태의 단자전압으로 구한다. 마지막에는 등가전압의 극성 $V_A - V_B$를 확인한다.

암기 포인트

테브난 등가는 '부하 개방 전압이 V_{TH}, 전압원 단락 후 단자에서 본 저항이 R_{TH}'이다.

NoteBase

6. 다음 회로에서 출력전압의 최댓값과 최솟값의 합 [V]은? (단, 다이오드의 장벽전위는 0.7 [V]이다)



① -14.7
② -9.3
③ 0
④ 9.3
⑤ 14.7

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분압회로의 기준전압과 다이오드의 장벽전압을 이용하여 출력전압의 상한을 구한 뒤, 출력전압의 최댓값과 최솟값의 합을 계산하는 문제이다.

조건 정리

입력전압의 범위: $-12V$에서 $+12V$
분압회로: $12V$ 전원에 $10k\Omega$와 $2k\Omega$가 직렬로 연결되어 있다.
다이오드 장벽전압: $0.7V$
구해야 할 값: 출력전압의 최댓값과 최솟값의 합

NoteBase

사용할 공식

분압회로의 기준전압은
$V_R = 12 \times \frac{2}{10+2} = 2V$
이다. 다이오드는 출력전압이 기준전압보다 장벽전압만큼 높아지려 할 때 도통하므로 상한 클리핑 전압은
$V_{out,\max} = V_R + 0.7 = 2.7V$
이다. 이 공식은 다이오드의 애노드 쪽 출력전압이 캐소드 쪽 기준전압보다 $0.7V$ 높아질 때 순방향 도통하는 조건을 적용한 것이다.

계산 과정

1. $10k\Omega$와 $2k\Omega$의 분압으로 다이오드 아래쪽 기준전압 $V_R = 2V$를 구한다.
2. 양의 반주기에는 다이오드가 도통하여 출력의 최댓값이 $2 + 0.7 = 2.7V$로 제한된다.
3. 음의 반주기에는 다이오드가 차단되므로 부하가 없는 출력은 입력을 따라가고, 최솟값은 $-12V$이다.
4. 따라서 최댓값과 최솟값의 합은
$V_{out,\max} + V_{out,\min} = 2.7 + (-12) = -9.3V$
이다.

선지 판단

① X — $-14.7V$가 아니라, 상한 $2.7V$와 하한 $-12V$를 더한 $-9.3V$가 올바른 값이다.
② O — $2.7 + (-12) = -9.3V$이므로 계산 결과와 일치한다.
③ X — 합은 $0V$가 아니다. 양의 최댓값은 다이오드에 의해 $2.7V$로 제한되지만 음의 최솟값은 $-12V$이므로 올바른 합은 $-9.3V$이다.
④ X — $9.3V$는 계산 결과의 부호를 반대로 쓴 값이다. 최댓값과 최솟값을 대수적으로 더하면 $-9.3V$이다.
⑤ X — $14.7V$는 두 전압의 크기를 더한 형태로, 최솟값의 음의 부호를 반영하지 않은 값이다. 올바른 대수합은 $-9.3V$이다.

오답 포인트

분압전압 $2V$ 자체를 상한으로 잡으면 안 되고, 다이오드가 순방향 도통하려면 장벽전압 $0.7V$가 더 필요하다. 또한 최솟값은 전압의 크기 $12V$가 아니라 부호를 포함한 $-12V$이므로 최댓값과의 합을 대수적으로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

바이어스된 다이오드 클리퍼에서는 먼저 분압으로 기준전압을 구하고, 다이오드 방향에 따라 장벽전압을 더하거나 빼서 클리핑값을 정한다. 그다음 다이오드가 차단되는 반주기의 극값을 확인하고 두 극값을 부호까지 포함하여 계산한다.

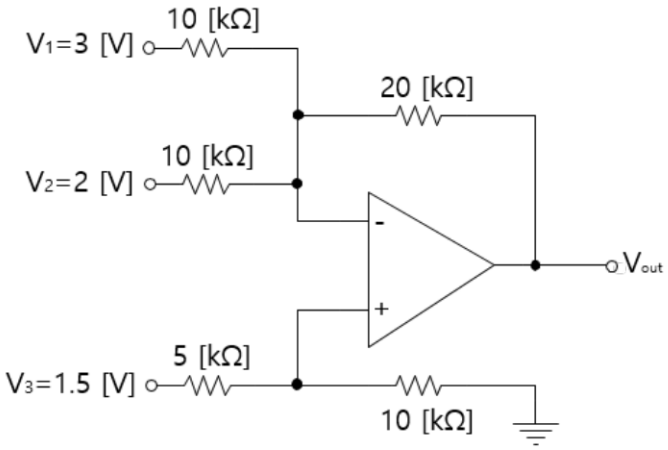
NoteBase

암기 포인트

이 회로의 양의 상한은 '분압 기준전압 $2V$ + 장벽전압 $0.7V$'인 $2.7V$이고, 음의 하한은 $-12V$이다.

NoteBase

7. 이상적인 연산증폭기를 이용한 다음 회로에서 출력전압 V_{out} [V]은?



① -1
② -2
③ -3
④ -4
⑤ -5

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 가상 단락과 입력 전류가 0이라는 성질을 이용하여 비반전 입력 전압을 구한 뒤, 반전 입력 노드에 키르히호프 전류 법칙을 적용해 출력전압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_1 = 3V$, $V_2 = 2V$, $V_3 = 1.5V$, 두 입력 저항은 각각 10kΩ, 궤환 저항은 20kΩ이다. 비반전 입력 쪽은 5kΩ와 10kΩ의 전압 분배 회로이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_{out}이다.
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기가 음의 되먹임 상태이므로 $V_- = V_+$이고, 두 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다.

NoteBase

사용할 공식

비반전 입력 전압은 전압 분배 법칙으로 구한다.

$V_+ = V_3 \frac{10\text{k}\Omega}{5\text{k}\Omega + 10\text{k}\Omega}$

반전 입력 노드에는 키르히호프 전류 법칙을 적용한다.

$\frac{V_- - V_1}{10\text{k}\Omega} + \frac{V_- - V_2}{10\text{k}\Omega} + \frac{V_- - V_{out}}{20\text{k}\Omega} = 0$

이 공식을 쓰는 이유는 연산증폭기 입력으로 전류가 들어가지 않으므로 반전 입력 노드에 연결된 두 입력 가지와 궤환 가지의 전류 합이 0이 되어야 하기 때문이다.

계산 과정

1. 비반전 입력 전압을 구한다.

$V_+ = 1.5\text{V} \times \frac{10}{5+10} = 1\text{V}$

2. 가상 단락에 의해 $V_- = V_+ = 1\text{V}$이다.

3. 반전 입력 노드의 전류식을 정리한다. 저항을 kΩ 단위로 통일하면 다음과 같다.

$\frac{1-3}{10} + \frac{1-2}{10} + \frac{1-V_{out}}{20} = 0$

$-0.2 - 0.1 + \frac{1-V_{out}}{20} = 0$

$1 - V_{out} = 6$

$V_{out} = -5\text{V}$

선지 판단

① X

- -1V는 계산 결과 -5V와 다르다. 틀린 값 -1V는 -5V로 고쳐야 한다.

② X

- -2V는 계산 결과 -5V와 다르다. 틀린 값 -2V는 -5V로 고쳐야 한다.

③ X

- -3V는 계산 결과 -5V와 다르다. 틀린 값 -3V는 -5V로 고쳐야 한다.

④ X

- -4V는 계산 결과 -5V와 다르다. 틀린 값 -4V는 -5V로 고쳐야 한다.

⑤ O

- 계산 결과가 $V_{out} = -5\text{V}$이므로 옳다. 따라서 정답은 ⑤이다.

오답 포인트

비반전 입력 단자가 접지되어 있지 않다는 점이 핵심 함정이다. $V_3 = 1.5\text{V}$가 전압 분배되어 $V_+ = 1\text{V}$가 되므로 반전 입력 노드도 1V이다. 이를 0V로 놓거나, 궤환 전류의 방향을 반대로 잡으면 출력의 크기와 부호가 달라진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

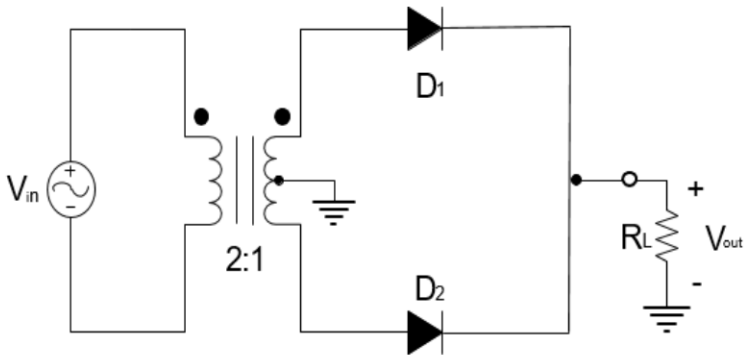
비반전 입력의 기준전압 계산 → 이상적 연산증폭기의 $V_- = V_+$ 적용 → 반전 입력 노드의 전류 합을 0으로 설정 → 출력전압과 단위 검산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

비반전 입력이 접지가 아니면 기준전압을 먼저 구한다. 여러 입력이 연결된 반전 노드는 기준전압을 중심으로 각 입력 전류와 궤환 전류의 합이 0이 된다.

NoteBase

8. 다음 회로에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 모두 고르면? (단, 입력전압(V_{in})의 주파수는 60 [Hz]이고 피크값은 100 [V]이다. 또한 다이오드가 순방향 바이어스될 때 전압강하는 0.7 [V]이다)



< 보 기 >

ㄱ. 정상적인 동작상태에서 출력전압(V_{out})의 주파수는 120 [Hz]이다.

ㄴ. 부하에 걸리는 출력전압(V_{out})의 피크(peak) 값은 24.3 [V]이다.

ㄷ. 입력신호가 음(-)의 반주기 동안 D_1의 역방향 피크(peak) 전압은 24.3 [V]이다.

ㄹ. D_1이 고장으로 개방되면 출력전압(V_{out})은 음의 반주기 파형이 나타난다.

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㄷ
③ ㄱ, ㄹ
④ ㄴ, ㄷ
⑤ ㄷ, ㄹ

정답 1번

출제 포인트

센터탭 전파정류회로에서 변압기 권선비로 반권선 전압을 구한 뒤, 출력 주파수·다이오드 전압강하·비도통 다이오드의 최대 역전압을 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값: 입력 주파수는 $60Hz$, 입력 피크값은 $100V$, 변압기 권선비는 $N_p : N_s = 2 : 1$, 다이오드의 순방향 전압강하는 $0.7V$이다.
구해야 할 값: 출력 주파수, 출력 피크값, 비도통 다이오드의 역방향 피크전압, 다이오드 개방 고장 시 출력 파형이다.
주의할 조건: 2차 권선 전체 전압을 구한 다음 센터탭을 기준으로 다시 절반으로 나누어야 한다.

사용할 공식

변압기 전압비는 $V_s/V_p = N_s/N_p$이다. 센터탭 전파정류회로에서는 $V_{s,\,half} = V_s/2$, $V_{out,\,peak} = V_{s,\,half} - V_D$, $f_{out} = 2f_{in}$이다. 비도통 다이오드의 최대 역전압은 $V_{R,\,peak} = 2V_{s,\,half} - V_D$이다.
두 반권선이 센터탭에 대해 크기가 같고 위상이 반대이며, 두 다이오드가 반주기마다 교대로 도통하므로 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 2차 권선 전체의 피크전압은 $V_s = 100 \times (1/2) = 50V$이다.
2. 센터탭 기준 각 반권선의 피크전압은 $V_{s,\,half} = 50/2 = 25V$이다.
3. 부하에 걸리는 출력 피크값은 $V_{out,\,peak} = 25 - 0.7 = 24.3V$이다.
4. 전파정류이므로 출력 주파수는 $f_{out} = 2 \times 60 = 120Hz$이다.
5. 한 다이오드가 도통할 때 다른 다이오드의 역방향 피크전압은 $V_{R,\,peak} = 2 \times 25 - 0.7 = 49.3V$이다.
따라서 ㄱ과 ㄴ은 옳고, ㄷ과 ㄹ은 옳지 않다.

선지 판단

① O — ㄱ의 $120Hz$와 ㄴ의 $24.3V$가 모두 계산 결과와 일치한다.
② X — ㄱ은 옳지만 ㄷ의 '역방향 피크전압은 $24.3V$'가 틀렸다. 올바르게는 D1의 역방향 피크전압이 $49.3V$이다.
③ X — ㄱ은 옳지만 ㄹ의 '음의 반주기 파형이 나타난다'가 틀렸다. 올바르게는 D1이 개방되면 D2가 도통하는 반주기의 양의 출력 펄스만 나타나는 반파정류 파형이 된다.
④ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ의 역방향 피크전압 값이 틀렸다. 올바르게는 출력 피크값이 $24.3V$이고, D1의 역방향 피크전압은 $49.3V$이다.
⑤ X — ㄷ과 ㄹ이 모두 틀렸다. 올바르게는 D1의 역방향 피크전압이 $49.3V$이고, D1 개방 시 D2가 만드는 양의 반파정류 출력만 나타난다.

오답 포인트

ㄷ은 출력 피크값 $24.3V$를 비도통 다이오드의 역방향 피크전압으로 착각하게 만든다. 역전압은 반대쪽 반권선 전압까지 더해져 $49.3V$가 된다. ㄹ은 D1이 개방되면 정류 기능 자체가 사라진다고 오해하게 만들지만, D2가 남아 있으므로 출력은 음전압이 아니라 양의 반파정류 파형이 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

센터탭 전파정류회로는 '전체 2차 전압 계산 → 반권선 전압 계산 → 다이오드 전압강하 차감' 순서로 출력 피크를 구한다. 주파수는 입력의 2배이고, 비도통 다이오드의 최대 역전압은 반권선 피크의 약 2배이며, 다이오드 하나가 개방되면 양의 반파정류로 바뀐다.

암기 포인트

센터탭 전파정류는 '출력 주파수 2배, 출력 피크는 반권선 피크에서 한 번의 다이오드 강하 차감, 최대 역전압은 반권선 피크의 약 2배'로 정리한다.

NoteBase

9. 디지털 전가산기(Digital Full Adder)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 전가산기는 세 개의 입력(A, B, C_{in})과 두 개의 출력(Sum, Carry-out)을 가진다.

② 전가산기의 Sum 출력은 Sum=$C_{in}\oplus(A\oplus B)$이다.

③ 전가산기의 Carry-out 출력은 $C_{out}=C_{in}(A\oplus B)+AB$이다.

④ 전가산기는 두 개의 반가산기와 OR 게이트로 구현할 수 있다.

⑤ 전가산기는 단일 비트의 2진수를 더하는 데 사용되며, 자리올림수를 처리하지 못한다.

정답 5번

출제 포인트

전가산기의 입출력 구조, 합과 자리올림 출력의 논리식, 반가산기를 이용한 구현 방법을 묻는 문제이다.

핵심 개념

전가산기는 두 입력 비트와 이전 자리에서 넘어온 자리올림 입력을 더하여 합과 다음 자리의 자리올림을 출력하는 조합논리회로이다. 입력은 A, B, C_{in}이고 출력은 Sum, C_{out}이다. 핵심 논리식은 $Sum = A \oplus B \oplus C_{in}$, $C_{out} = AB + C_{in}(A \oplus B)$이다.

선지별 해설

① O — 전가산기는 A, B, C_{in}의 세 입력과 $Sum, Carry\text{-}out$의 두 출력을 가진다.

② O — 배타적 논리합은 결합법칙이 성립하므로 $Sum = C_{in} \oplus (A \oplus B) = A \oplus B \oplus C_{in}$이다.

③ O — 자리올림 출력은 $C_{out} = C_{in}(A \oplus B) + AB$로 나타낼 수 있다. A와 B가 모두 1이거나, 둘 중 하나만 1인 상태에서 $C_{in} = 1$이면 자리올림이 발생한다.

④ O — 첫 번째 반가산기가 A와 B를 더하고, 두 번째 반가산기가 그 합과 C_{in}을 더한다. 두 반가산기의 자리올림 출력을 OR 게이트로 합치면 C_{out}을 얻는다.

⑤ X — 틀린 표현은 '자리올림수를 처리하지 못한다'이다. 전가산기는 단일 비트 두 개뿐 아니라 이전 자리의 자리올림 입력 C_{in}까지 더하고 다음 자리로 보낼 C_{out}도 출력하므로, 올바르게는 '자리올림수를 처리할 수 있다'이다.

오답 포인트

'단일 비트의 2진수를 더한다'는 표현만 보고 전가산기도 자리올림을 처리하지 못한다고 판단하기 쉽다. 자리올림 입력이 없는 반가산기와 달리 전가산기는 C_{in}을 입력으로 받아 자리올림까지 포함해 연산한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

입력이 A, B 두 개뿐이면 반가산기이고, C_{in}까지 포함한 세 개이면 전가산기이다. 전가산기의 식은 합에 XOR 세 개, 자리올림에 $AB + C_{in}(A \oplus B)$가 들어가는지 확인한다.

암기 포인트

전가산기는 3입력·2출력이며, 이전 자리올림을 받아 다음 자리올림까지 만든다.

NoteBase

10. 반송파의 진폭과 위상을 동시에 변화시켜 전송하는 디지털 변조방식은?

① FSK (Frequency Shift Keying)
② QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
③ QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)
④ ASK (Amplitude Shift Keying)
⑤ PSK (Phase Shift Keying)

정답 2번

출제 포인트

반송파의 진폭, 주파수, 위상 가운데 어떤 요소를 바꾸어 정보를 싣는지에 따라 디지털 변조방식을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

QAM은 서로 직교하는 두 반송파 성분을 조합하여 반송파의 진폭과 위상을 함께 변화시키는 디지털 변조방식이다.
FSK는 주파수, ASK는 진폭, PSK와 QPSK는 위상을 변화시킨다. 특히 QPSK는 네 가지 위상 상태로 심벌을 표현하는 PSK 방식이다.

선지별 해설

① X — FSK는 반송파의 주파수를 바꾸어 정보를 전송하므로 진폭과 위상을 동시에 변화시키는 방식이 아니다. 틀린 표현은 'FSK'이며, 주파수를 변화시키는 방식으로 고쳐야 한다.
② O — QAM은 직교하는 두 반송파 성분의 크기를 조절하여 결과 신호의 진폭과 위상을 동시에 변화시킨다.
③ X — QPSK는 네 가지 위상 상태를 이용하는 위상편이변조이므로 변조 정보의 구별 기준은 위상이다. 틀린 표현은 'QPSK'이며, 위상을 네 단계로 변화시키는 방식으로 고쳐야 한다.
④ X — ASK는 반송파의 진폭을 바꾸어 정보를 전송한다. 틀린 표현은 'ASK'이며, 진폭만을 변화시키는 방식으로 고쳐야 한다.
⑤ X — PSK는 반송파의 위상을 바꾸어 정보를 전송한다. 틀린 표현은 'PSK'이며, 위상을 변화시키는 방식으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

QPSK의 이름에 Quadrature가 들어가므로 QAM처럼 진폭과 위상을 모두 바꾼다고 혼동하기 쉽다. QPSK의 Quadrature는 네 가지 위상 상태를 뜻하며, 진폭과 위상을 함께 사용하는 방식은 QAM이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

변조방식의 영문 이름에서 변화시키는 물리량을 확인한다. Frequency는 주파수, Amplitude는 진폭, Phase는 위상이며, 진폭과 위상을 함께 묻는 경우에는 QAM으로 판단한다.

암기 포인트

FSK는 주파수, ASK는 진폭, PSK·QPSK는 위상, QAM은 진폭과 위상이다.

NoteBase

11. 아날로그 신호를 샘플링할 때, 그 신호의 최대 주파수의 두 배로 샘플링하면 원래의 아날로그 신호를 정확히 복원할 수 있다는 이론은?

① 푸리에 변환(Fourier Transform)
② 라플라스 변환(Laplace Transform)
③ 나이퀴스트 정리(Nyquist Theorem)
④ 필터 이론(Filter Theory)
⑤ 앨리어싱(Aliasing)

정답 3번

출제 포인트

아날로그 신호를 원래대로 복원하기 위한 최소 샘플링 주파수 조건과 그 이론의 명칭을 묻는 문제이다.

핵심 개념

나이퀴스트 정리(표본화 정리)는 신호의 최대 주파수를 f_{max}라 할 때 샘플링 주파수 f_s가 $f_s \geq 2f_{max}$를 만족하면 이상적인 조건에서 원래의 대역 제한 신호를 복원할 수 있다는 이론이다. 이때 $2f_{max}$를 나이퀴스트율이라고 한다. 반대로 이 조건보다 낮은 주파수로 샘플링하면 서로 다른 주파수 성분이 겹쳐 보이는 앨리어싱이 발생한다.

선지별 해설

① X — 푸리에 변환은 신호를 시간 영역과 주파수 영역 사이에서 표현하는 변환이다. 틀린 표현은 '최대 주파수의 두 배로 샘플링하면 정확히 복원할 수 있다는 이론이 푸리에 변환이다'라는 대응이며, 올바르게는 나이퀴스트 정리이다.
② X — 라플라스 변환은 신호나 시스템을 복소주파수 영역에서 해석하는 변환이다. 틀린 표현은 해당 샘플링 조건을 라플라스 변환으로 본 것이며, 올바르게는 나이퀴스트 정리이다.
③ O — 나이퀴스트 정리는 대역 제한 신호를 최대 주파수의 두 배 이상으로 샘플링하면 이상적인 조건에서 원래 신호를 복원할 수 있다고 설명한다.
④ X — 필터 이론은 필터의 특성과 설계·해석을 다루며, 표본화 전에 앨리어싱 방지 필터를 사용할 수는 있지만 문제의 두 배 샘플링 조건 자체를 나타내는 이론은 아니다. 올바르게는 나이퀴스트 정리이다.
⑤ X — 앨리어싱은 샘플링 주파수가 충분히 높지 않을 때 고주파 성분이 낮은 주파수 성분처럼 겹쳐 나타나는 왜곡 현상이다. 틀린 표현은 앨리어싱을 정확한 복원을 보장하는 이론으로 본 것이며, 올바르게는 나이퀴스트 정리가 복원 조건을 제시하고 앨리어싱은 그 조건을 지키지 않을 때 발생하는 현상이다.

NoteBase

오답 포인트

푸리에 변환과 라플라스 변환은 신호를 다른 영역으로 바꾸어 해석하는 도구이고, 필터 이론은 필터를 다루는 이론이다. 앨리어싱은 표본화 정리를 어겼을 때 나타나는 현상이다. '최대 주파수의 두 배 이상'이라는 문구를 복원 조건의 이름인 나이퀴스트 정리와 연결해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

문제에 '최대 주파수의 두 배 이상으로 샘플링'과 '원 신호 복원'이 함께 나오면 나이퀴스트 정리로 판단한다. 두 배보다 낮게 샘플링하여 주파수 성분이 겹친다는 내용이면 앨리어싱으로 판단한다.

암기 포인트

복원 조건은 나이퀴스트 정리, 조건 미달의 왜곡은 앨리어싱이다. 핵심식은 $f_s \geq 2f_{max}$이다.

NoteBase

12. 신호처리에서는 다양한 종류의 노이즈가 신호 전송에 영향을 미칠 수 있다. 다음의 특성을 가지고 있는 노이즈로 옳은 것은?

> ○ 모든 주파수 대역에서 동일한 파워 스펙트럼 밀도를 가지는 잡음이다.
> ○ 평탄한 주파수 스펙트럼을 가지고 있으며, 열 잡음의 모델로 자주 사용된다.

① 샷 노이즈(Shot Noise)
② 플리커 노이즈(Flicker Noise)
③ 버스트 노이즈(Burst Noise)
④ 페이즈 노이즈(Phase Noise)
⑤ 화이트 노이즈(White Noise)

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 주파수에 따른 전력 스펙트럼 밀도의 형태와 발생 원인을 이용하여 여러 잡음의 종류를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

화이트 노이즈는 이상적으로 모든 주파수에서 전력 스펙트럼 밀도가 일정하여 평탄한 주파수 스펙트럼을 갖는 잡음이다. 저항의 열적 운동에서 생기는 열 잡음은 관심 주파수 범위에서 화이트 노이즈로 자주 모델링된다.
샷 노이즈는 전하가 불연속적으로 이동하면서 생기고, 플리커 노이즈는 저주파에서 커지는 특성이 있다. 버스트 노이즈는 신호가 불규칙하게 두 개 이상의 준위 사이를 오가는 형태이며, 페이즈 노이즈는 발진기 등의 위상이 무작위로 흔들리는 잡음이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 샷 노이즈는 전자와 같은 전하 운반자의 불연속적인 이동 때문에 발생하는 잡음이다. 넓은 주파수 범위에서 평탄하게 근사될 수 있지만, 제시문의 두 특성을 대표하는 명칭은 샷 노이즈가 아니라 화이트 노이즈이다.
② X — 플리커 노이즈는 전력 스펙트럼 밀도가 주파수에 반비례하여 저주파에서 크게 나타나는 잡음이므로 스펙트럼이 평탄하지 않다. '플리커 노이즈'는 '화이트 노이즈'로 고쳐야 한다.
③ X — 버스트 노이즈는 전압이나 전류가 불규칙하게 준위 사이를 전환하는 계단형·펄스형 잡음이며, 모든 주파수에서 동일한 전력 스펙트럼 밀도를 갖는 잡음이 아니다. '버스트 노이즈'는 '화이트 노이즈'로 고쳐야 한다.
④ X — 페이즈 노이즈는 신호의 위상이 무작위로 변하여 반송파 주변에 측파대 형태로 나타나는 잡음이다. 평탄한 스펙트럼의 열 잡음 모델을 뜻하지 않으므로 '페이즈 노이즈'는 '화이트 노이즈'로 고쳐야 한다.
⑤ O — 화이트 노이즈는 이상적으로 모든 주파수에서 동일한 전력 스펙트럼 밀도를 가져 주파수 스펙트럼이 평탄하며, 열 잡음을 나타내는 모델로 널리 사용된다.

오답 포인트

샷 노이즈도 일정 범위에서 백색 스펙트럼으로 근사될 수 있다는 점 때문에 ①과 혼동하기 쉽다. 그러나 '모든 주파수에서 동일한 전력 스펙트럼 밀도', '평탄한 스펙트럼', '열 잡음의 모델'이라는 표현을 함께 제시하면 정의상 화이트 노이즈를 가리킨다.

다시 나오면 이렇게 판단

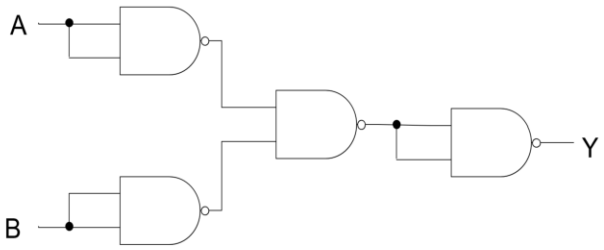
주파수 전 대역에서 전력 스펙트럼 밀도가 일정하거나 스펙트럼이 평탄하다는 문구가 보이면 먼저 화이트 노이즈를 판단한다. 저주파에서 커지면 플리커 노이즈, 전하의 불연속 이동이면 샷 노이즈, 준위의 불규칙한 전환이면 버스트 노이즈, 위상의 무작위 변동이면 페이즈 노이즈이다.

암기 포인트

화이트는 전 대역 평탄, 플리커는 저주파 증가, 샷은 전하의 불연속 이동, 버스트는 준위 전환, 페이즈는 위상 흔들림이다.

NoteBase

13. NAND 게이트만으로 구성된 다음 논리 회로의 출력 Y의 값은?



① AB
② $A+B$
③ $\overline{A}+\overline{B}$
④ $\overline{A+B}$
⑤ $A\oplus B$

정답 4번

출제 포인트

입력이 서로 묶인 NAND 게이트는 NOT 게이트로 동작한다는 점과 드모르간 법칙을 이용하여 회로의 출력 논리식을 구하는 문제이다. 위·아래 NAND 게이트는 각각 $\overline{A}$, $\overline{B}$를 만들고, 가운데와 마지막 게이트를 차례로 거치면 $Y=\overline{A+B}$가 된다.

선지별 해설

① X — AB는 AND 연산의 출력이다. 이 회로의 출력은 AB가 아니라 $\overline{A+B}$이다.
② X — $A+B$는 가운데 NAND 게이트의 출력이지만, 마지막 NAND 게이트가 이를 한 번 더 반전한다. 따라서 최종 출력은 $A+B$가 아니라 $\overline{A+B}$이다.
③ X — $\overline{A}+\overline{B}$는 드모르간 법칙에 따라 $\overline{AB}$와 같다. 이 회로의 최종 출력은 $\overline{AB}$가 아니라 $\overline{A+B}$이다.
④ O — 위·아래 게이트의 출력은 각각 $\overline{A}$, $\overline{B}$이다. 가운데 출력은 $\overline{\overline{AB}}=A+B$이고, 마지막 NAND 게이트의 두 입력이 서로 묶여 있으므로 이를 반전하여 $Y=\overline{A+B}$가 된다.
⑤ X — $A\oplus B$는 두 입력이 서로 다를 때만 1이 되는 XOR 연산이다. 이 회로는 두 입력이 모두 0일 때만 1이 되는 NOR 연산이므로 $A\oplus B$가 아니라 $\overline{A+B}$이다.

오답 포인트

가운데 게이트의 출력 $A+B$를 곧바로 최종 출력으로 착각하기 쉽다. 마지막 NAND 게이트도 두 입력이 하나로 묶여 있어 $\overline{X\cdot X}=\overline{X}$로 동작하므로, 가운데 출력을 반드시 한 번 더 반전해야 한다. 또한 $\overline{A}+\overline{B}$와 $\overline{A+B}$를 혼동하지 않아야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 입력 두 단자가 묶인 NAND 게이트를 반전기로 바꿔 읽고, 각 게이트의 출력을 왼쪽부터 순서대로 식으로 적는다. 이 회로에서는 $A \to \overline{A}$, $B \to \overline{B}$, 가운데 출력 $A + B$, 최종 출력 $\overline{A + B}$의 순서로 판단한다.

암기 포인트

입력이 묶인 NAND는 NOT이고, 이 회로의 전체 기능은 NOR이다: $Y = \overline{A + B}$.

NoteBase

14. 2진 코드 시스템에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① BCD 코드는 10진수 0부터 9까지를 2진화한 코드이며, 10진수 42에 대한 BCD 코드는 0100 0010이다.

② 아스키(ASCII) 코드는 정보 교환용 미국 표준 코드로 7개의 비트를 가지며 맨 앞 비트는 디지트(digit) 비트라고 한다.

③ 그레이(Gray) 코드는 가중치가 없는 코드로 아날로그-디지털 변환기 등에 쓰인다.

④ 해밍(Hamming) 코드는 데이터의 전송 과정에서 발생하는 오류를 검출하고 수정용으로 사용된다.

⑤ 확장 BCD코드(EBCDIC)는 8비트로 하나의 문자를 표현 할 수 있으며, IBM사에서 제안한 코드이다.

정답 2번

출제 포인트

BCD, ASCII, 그레이, 해밍, EBCDIC 코드의 비트 구성과 용도를 구별하는 문제이다. 특히 7비트 ASCII 문자를 8비트로 전송할 때 덧붙이는 최상위 비트의 명칭을 알아야 한다.

핵심 개념

BCD 코드는 10진 숫자 한 자리를 4비트 이진수로 나타내는 코드이다.
ASCII 코드는 문자와 기호의 정보 교환을 위한 7비트 표준 코드이며, 8비트 형태로 사용할 때 추가되는 비트는 일반적으로 오류 검사용 패리티 비트이다.
그레이 코드는 인접한 코드 사이에서 1비트만 바뀌는 비가중치 코드이다.
해밍 코드는 패리티 비트를 배치하여 전송 오류를 검출하고 정정하는 오류 제어 코드이다.
EBCDIC는 IBM이 제안한 8비트 문자 코드이다.

선지별 해설

① O — BCD에서는 각 10진 숫자를 4비트씩 변환한다. 따라서 4는 0100, 2는 0010이므로 42의 BCD 표현은 0100 0010이다.
② X — 틀린 표현은 '맨 앞 비트는 디지트 비트'이다. ASCII 자체는 7비트 코드이며, 8비트로 전송할 때 추가하는 최상위 비트는 일반적으로 패리티 비트라고 한다.
③ O — 그레이 코드는 각 비트 자리에 고정된 가중치가 없는 비가중치 코드이며, 인접 값에서 1비트만 변하므로 변환 경계의 오차를 줄이는 데 유리하여 아날로그-디지털 변환기 등에 사용된다.
④ O — 해밍 코드는 여러 위치에 패리티 비트를 두어 전송 중 발생한 오류의 위치를 판별하므로 오류 검출과 정정에 사용된다.
⑤ O — EBCDIC는 하나의 문자를 8비트로 표현하는 IBM 계열의 문자 코드로, IBM에서 제안하였다.

NoteBase

오답 포인트

②는 '7개의 비트'라는 앞부분이 맞아 보이게 한 뒤, 추가되는 최상위 비트의 명칭을 '디지트 비트'로 바꾸어 놓았다. ASCII의 문자 정보 비트와 전송 오류 검사용 패리티 비트를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

코드마다 '비트 수-가중치 여부-주된 용도'를 연결해 판단한다. BCD는 숫자 한 자리당 4비트, ASCII는 7비트 문자 코드와 선택적 패리티 비트, 그레이는 비가중치·1비트 변화, 해밍은 오류 검출·정정, EBCDIC는 IBM의 8비트 문자 코드로 구분한다.

암기 포인트

ASCII는 7비트, 추가 1비트는 패리티이다. EBCDIC는 IBM의 8비트 문자 코드이다.

NoteBase

15. p형 반도체를 만들기 위해 실리콘에 도핑하는 원소만을 <보기>에서 모두 고르면?

< 보 기 >

ㄱ. 알루미늄(Al)
ㄴ. 비소(As)
ㄷ. 붕소(B)
ㄹ. 갈륨(Ga)
ㅁ. 인듐(In)
ㅂ. 인(P)
ㅅ. 안티모니(Sb)

① ㄱ, ㄴ, ㅁ, ㅅ
② ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㅁ
③ ㄱ, ㄷ, ㅂ, ㅅ
④ ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ
⑤ ㄴ, ㄹ, ㅂ, ㅅ

정답 2번

출제 포인트

실리콘에 첨가하는 불순물의 원자가전자 수를 보고 p형 반도체를 만드는 억셉터 불순물을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

실리콘은 원자가전자가 4개인 4가 원소이다. 여기에 원자가전자가 3개인 3가 불순물을 첨가하면 공유결합에 전자 하나가 부족해져 정공이 생기고 p형 반도체가 된다. 따라서 3가 원소인 알루미늄(Al), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In)이 p형 도핑 원소이다. 반면 비소(As), 인(P), 안티모니(Sb)는 원자가전자가 5개인 5가 불순물로서 여분의 전자를 제공하므로 n형 반도체를 만든다.

NoteBase

선지별 해설

① X — ㄴ 비소(As)와 ㅅ 안티모니(Sb)는 5가 불순물이므로 n형 반도체를 만든다. 올바르게는 ㄱ 알루미늄(Al), ㄷ 붕소(B), ㄹ 갈륨(Ga), ㅁ 인듐(In)을 골라야 한다.
② O — ㄱ 알루미늄(Al), ㄷ 붕소(B), ㄹ 갈륨(Ga), ㅁ 인듐(In)은 모두 3가 불순물이다. 실리콘에 정공을 만들어 p형 반도체를 형성한다.
③ X — ㅂ 인(P)과 ㅅ 안티모니(Sb)는 5가 불순물이므로 n형 반도체를 만든다. 올바르게는 ㅂ과 ㅅ을 제외하고 3가 원소인 ㄹ 갈륨(Ga)과 ㅁ 인듐(In)을 포함한 ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㅁ이어야 한다.
④ X — ㄴ 비소(As)는 5가 불순물이므로 p형 도핑 원소가 아니다. 올바르게는 ㄴ을 제외하고 빠진 ㄱ 알루미늄(Al)을 포함한 ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㅁ이어야 한다.
⑤ X — ㄴ 비소(As), ㅂ 인(P), ㅅ 안티모니(Sb)는 모두 5가 불순물이며, 이 조합에서 p형 도핑 원소는 ㄹ 갈륨(Ga)뿐이다. 올바른 조합은 3가 원소로만 이루어진 ㄱ, ㄷ, ㄹ, ㅁ이다.

오답 포인트

원소 기호를 단순히 암기하다가 3가 원소와 5가 원소를 섞는 것이 함정이다. 특히 보기의 인듐(In)과 인(P)은 한글 이름이 비슷하지만, 인듐은 3가 p형 불순물이고 인은 5가 n형 불순물이다.

다시 나오면 이렇게 판단

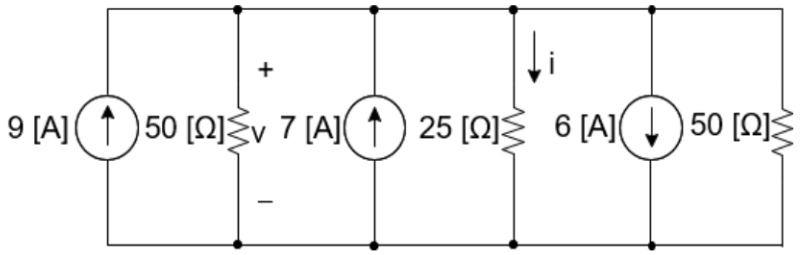
기준이 되는 실리콘의 원자가전자 수 4와 도핑 원소의 원자가전자 수를 비교한다. 3가는 전자 하나가 부족해 정공을 만드는 억셉터이므로 p형이고, 5가는 전자 하나를 더 내놓는 도너이므로 n형이다.

암기 포인트

p형은 3가 B·Al·Ga·In, n형은 5가 P·As·Sb이다.

NoteBase

16. 다음 회로에서 전압 v [V]와 전류 i [A]는?



	v	i
①	125	5
②	125	10
③	200	15
④	250	5
⑤	250	10

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 모든 소자가 같은 두 노드에 연결된 병렬회로에서 키르히호프 전류 법칙(KCL)을 적용하여 노드 전압 v와 25Ω 저항의 전류 i를 구하는 문제이다.

조건 정리

위쪽 방향 전류원은 노드에 전류를 공급하므로 $9A$와 $7A$를 더하고, 아래쪽 방향 전류원 $6A$는 노드에서 빠져나가므로 뺀다. 따라서 저항들로 흐르는 순전류는 $9 + 7 - 6 = 10A$이다. 세 저항 50Ω, 25Ω, 50Ω에는 모두 같은 전압 v가 걸리며, i의 기준 방향은 25Ω 저항을 통과하는 아래쪽 방향이다.

사용할 공식

병렬 저항의 전체 컨덕턴스는

$G = \frac{1}{50} + \frac{1}{25} + \frac{1}{50} = \frac{4}{50} = 0.08S$

이다. KCL에 따라 저항으로 나가는 전체 전류는 Gv이므로

$Gv = 9 + 7 - 6$

을 사용한다. 모든 저항이 동일한 두 노드 사이에 병렬로 연결되어 같은 전압을 가지기 때문에 이 식을 적용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전류원이 위쪽 노드에 공급하는 순전류를 구하면 $9 + 7 - 6 = 10A$이다.
2. KCL을 적용하면 $0.08v = 10$이므로 $v = 125V$이다.
3. 25Ω 저항의 아래쪽 전류는 옴의 법칙에 따라 $i = \frac{v}{25} = \frac{125}{25} = 5A$이다.

선지 판단

① O — $v = 125V$, $i = 5A$로 계산 결과와 모두 일치한다.
② X — $v = 125V$는 맞지만 $i = 10A$가 틀리다. $10A$는 세 병렬 저항 전체로 나가는 전류이며, 올바른 선지는 $v = 125V$, $i = 5A$이다.
③ X — $v = 200V$, $i = 15A$가 모두 틀리다. KCL과 옴의 법칙으로 구한 올바른 값은 $v = 125V$, $i = 5A$이다.
④ X — $v = 250V$가 틀리고 $i = 5A$도 그 전압과 양립하지 않는다. $i = v/25$이므로 $v = 250V$라면 $i = 10A$가 되어야 하며, 이 회로의 올바른 값은 $v = 125V$, $i = 5A$이다.
⑤ X — $v = 250V$, $i = 10A$는 서로 옴의 법칙에는 맞지만 회로 전체 KCL을 만족하지 않는다. 올바른 선지는 $v = 125V$, $i = 5A$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 순전류 $10A$를 25Ω 저항에 전부 흐르는 전류로 착각하는 것이다. $10A$는 세 병렬 저항으로 분배되는 전체 전류이고, 25Ω 가지 전류는 공통 전압을 먼저 구한 뒤 $i = v/25$로 계산해야 한다. 또한 아래쪽 $6A$ 전류원은 공급 전류에서 빼야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 전류원·저항 회로에서는 먼저 전류원의 방향을 기준으로 순주입 전류를 구하고, 병렬 컨덕턴스의 합으로 노드 전압을 계산한 뒤, 각 가지 전류를 $I = v/R$로 구한다. 마지막에는 각 가지 전류의 합이 순주입 전류와 같은지 검산한다.

암기 포인트

병렬회로는 전압이 같고 전류가 나뉜다. 노드 전압은 $v = I_{net}/G_{total}$, 가지 전류는 $i = v/R$이다.

NoteBase

17. 플립플롭(Flip-Flop)은 디지털 전자회로에서 기본적인 1비트 메모리 소자로, 두 가지 상태(0과 1)를 유지하고 전환할 수 있는 저장 장치이다. 플립플롭에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① NOR 게이트로 구현된 RS 플립플롭의 금지 상태는 S=1, R=1일 때 발생한다.

② JK 플립플롭은 입력값 J와 K에 따라 토글, Set, Reset 상태를 변경할 수 있다.

③ D 플립플롭은 입력값 D가 클럭 신호에 따라 출력 Q를 변경한다.

④ T 플립플롭은 JK 플립플롭에서 J와 K를 하나로 연결한 회로이다.

⑤ 플립플롭은 클럭 신호 없이 자유롭게 데이터를 변경할 수 있다.

정답 5번

출제 포인트

RS, JK, D, T 플립플롭의 입력 조건과 상태 변화 방식, 그리고 클럭의 역할을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

플립플롭은 1비트의 상태를 저장하고, 일반적으로 클럭의 유효 에지에서 입력 조건에 따라 다음 상태를 결정하는 순차논리 소자이다.
NOR형 RS 플립플롭: S는 설정, R은 리셋 입력이며 S=R=1은 금지 상태이다.
JK 플립플롭: J와 K의 조합에 따라 유지, 리셋, 설정, 토글이 이루어진다.
D 플립플롭: 클럭의 유효 에지에서 D의 값이 다음 출력 Q가 된다.
T 플립플롭: T=0이면 유지하고 T=1이면 클럭의 유효 에지마다 출력이 토글된다. JK 플립플롭의 J와 K를 연결하여 구현할 수 있다.

NoteBase

선지별 해설

① O
NOR 게이트로 구성한 RS 플립플롭에서 S=R=1이면 두 출력이 모두 0이 되어 상보 관계가 깨지므로 금지 상태가 된다.

② O
JK 플립플롭은 J,K=00에서 유지, 01에서 리셋, 10에서 설정, 11에서 토글하므로 네 가지 동작을 수행할 수 있다.

③ O
D 플립플롭은 클럭의 유효 에지에서 입력 D를 받아 다음 출력 Q로 저장하므로 D가 클럭에 맞추어 출력에 반영된다.

④ O
JK 플립플롭의 J와 K를 하나로 연결하여 J=K=T로 두면 T=0에서 유지되고 T=1에서 토글되므로 T 플립플롭으로 동작한다.

⑤ X
틀린 표현은 '클럭 신호 없이 자유롭게 데이터를 변경할 수 있다'이다. 일반적인 플립플롭은 클럭의 유효 에지에서만 정상적인 데이터 상태가 변경된다. 비동기 프리셋이나 클리어 입력이 있는 경우에도 이는 특정 상태를 강제로 설정하거나 리셋하는 별도 제어일 뿐, 데이터를 자유롭게 변경한다는 뜻은 아니다.

오답 포인트

플립플롭과 래치를 혼동하면 ⑤를 맞는 설명으로 보기 쉽다. 래치는 활성 레벨 동안 입력에 반응하지만, 플립플롭의 정상적인 데이터 저장 동작은 클럭의 유효 에지를 기준으로 이루어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 클럭 의존성을 확인하고, 각 입력 조합이 유지·설정·리셋·토글 중 어느 동작을 만드는지 대응한다. '클럭 없이 자유롭게 변경'처럼 저장 소자의 동기 동작을 부정하는 표현은 틀린 설명으로 판단한다.

암기 포인트

RS는 금지 상태, JK는 네 동작, D는 입력 저장, T는 토글이며 플립플롭의 상태 변화 기준은 클럭 에지이다.

NoteBase

18. 다음 카르노맵을 간략화한 논리식으로 옳은 것은?

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

① $\overline{B}\,\overline{D} + \overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,C\overline{D}$

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

③ $\overline{B}\,\overline{D} + \overline{A}\,C\overline{D}$

④ $\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,C\overline{D}$

⑤ $\overline{A}\,C\overline{D}$

정답 2번

출제 포인트

카르노맵에서 가장 큰 2^n개 묶음을 만들고, 각 묶음 안에서 값이 변하지 않는 변수만 남겨 논리식을 간소화하는 문제이다.

조건 정리

행 AB와 열 CD는 각각 그레이 코드 순서인 00, 01, 11, 10으로 배열되어 있다. 1은 AB = 00, 10인 두 행과 CD = 00, 01, 10인 세 열의 교차 칸에 있다. 카르노맵에서는 상단과 하단이 서로 인접하고, 왼쪽 끝 열과 오른쪽 끝 열도 서로 인접한다.

사용할 원리

인접한 1을 1, 2, 4, 8개처럼 2^n개씩 가능한 한 크게 묶는다. 한 묶음에서 0과 1로 변하는 변수는 소거하고 일정한 변수만 곱항에 남긴다.

NoteBase

간소화 과정

1. 상단 $AB = 00$과 하단 $AB = 10$, 그리고 $CD = 00, 01$인 네 칸을 묶는다. 이 묶음에서는 A와 D가 변하고 $B = 0, C = 0$이 일정하므로 $\overline{BC}$가 된다.
2. 같은 두 행에서 $CD = 00$과 $CD = 10$인 좌우 끝 네 칸을 경계 인접으로 묶는다. 여기서는 A와 C가 변하고 $B = 0, D = 0$이 일정하므로 $\overline{BD}$가 된다.
3. 두 묶음을 합하면 $F = \overline{BD} + \overline{BC}$이다. 따라서 ②와 일치한다.

선지 판단

① X — $\overline{BD} + \overline{BC}$만으로 여섯 개의 1을 모두 포함한다. 여기에 $\overline{A}C\overline{D}$를 더하면 원래 0인 $AB = 01, CD = 10$까지 1로 만들므로 틀린다. 올바르게는 불필요하고 잘못된 $\overline{A}C\overline{D}$를 제거한 $\overline{BD} + \overline{BC}$이다.
② O — $\overline{BC}$는 $CD = 00, 01$의 네 칸을, $\overline{BD}$는 좌우 끝 열 $CD = 00, 10$의 네 칸을 나타낸다. 두 항의 합이 카르노맵의 모든 1과 정확히 일치한다.
③ X — $\overline{BD}$만으로는 $CD = 01$에 있는 두 개의 1을 포함하지 못한다. 또한 $\overline{ACD}$는 원래 0인 $AB = 01, CD = 00$을 1로 만든다. 두 번째 항을 $\overline{BC}$로 고쳐야 한다.
④ X — $\overline{BC}$는 맞지만 $\overline{A}C\overline{D}$는 원래 0인 $AB = 01, CD = 10$을 포함하며, $AB = 10, CD = 10$의 1은 포함하지 못한다. 두 번째 항은 $\overline{BD}$가 되어야 한다.
⑤ X — $\overline{A}C\overline{D}$는 원래 0인 $AB = 01, CD = 10$을 포함하고, 카르노맵의 나머지 1들을 대부분 누락한다. 올바른 전체 식은 $\overline{BD} + \overline{BC}$이다.

오답 포인트

상단과 하단, 왼쪽 끝과 오른쪽 끝이 서로 인접한다는 점을 놓치면 작은 묶음을 만들게 되어 A가 남는 불필요한 항을 선택하기 쉽다. 특히 ①은 정답 식에 항을 하나 더했으므로 같아 보이지만, 추가된 $\overline{A}C\overline{D}$가 빈 칸까지 포함하여 함수 자체를 바꾼다.

다시 나오면 이렇게 판단

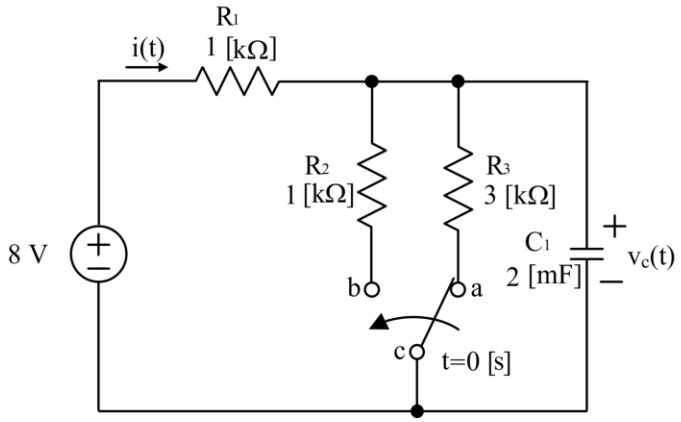
카르노맵의 행과 열이 그레이 코드 순서인지 확인한 뒤, 경계 인접을 포함하여 가장 큰 2^n개 묶음을 만든다. 각 묶음에서는 변하는 변수를 지우고 고정된 0은 보수, 고정된 1은 원변수로 남긴 다음, 얻은 곱항들을 OR로 연결한다. 마지막으로 식이 빈 칸을 1로 만들거나 기존 1을 빠뜨리지 않는지 확인한다.

암기 포인트

카르노맵은 경계가 이어진다. 크게 묶을수록 변수가 사라지며, 이 문제의 두 묶음은 $\overline{BC}$와 $\overline{BD}$이다.

NoteBase

19. 다음 회로에서 시간 t=0 [s]에서 스위치가 단자 a에서 단자 b로 전환된다. 시간 t=ln2 [s]에서의 커패시터 전압 v_c (ln2) [V]를 구하면?



① 2
② 4
③ 5
④ 6
⑤ 8

정답 3번

출제 포인트

스위치 전환 전의 정상상태 전압, 전환 후의 최종 전압과 시정수를 구한 뒤 1차 RC 회로의 완전응답으로 커패시터 전압을 계산하는 문제이다.

조건 정리

전환 전: 스위치는 단자 a에 있고 충분히 긴 시간이 지난 정상상태이므로 커패시터는 개방회로처럼 동작한다.
전환 후: 스위치는 단자 b로 이동하며 R_3는 분리되고 R_2가 접지 쪽에 연결된다.
주어진 값: $V_s = 8V, R_1 = 1k\Omega, R_2 = 1k\Omega, R_3 = 3k\Omega, C = 2mF$.
구해야 할 값: $v_c(\ln 2)$.
주의할 조건: 커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으므로 $v_c(0^+) = v_c(0^-)$이다.

NoteBase

사용할 공식

전환 전 초기전압은 전압분배로 구한다.
$v_c(0^-) = V_s\frac{R_3}{R_1+R_3}$
전환 후 최종전압도 전압분배로 구한다.
$v_c(\infty) = V_s\frac{R_2}{R_1+R_2}$
전환 후 시정수는 독립 전압원을 단락한 상태에서 커패시터가 바라본 등가저항으로 구한다.
$\tau = R_{\text{th}}C = (R_1 \parallel R_2)C$
따라서 커패시터 전압의 완전응답은 다음과 같다.
$v_c(t) = v_c(\infty) + \{v_c(0^+) - v_c(\infty)\}e^{-t/\tau}$
이 공식을 쓰는 이유는 스위치 전환 후 회로가 하나의 커패시터를 가진 1차 RC 회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 전환 전 정상상태 전압을 구하면
$v_c(0^-) = 8 \times \frac{3}{1+3} = 6V$
이고, 전압 연속성에 따라 $v_c(0^+) = 6V$이다.
2. 전환 후 최종값은
$v_c(\infty) = 8 \times \frac{1}{1+1} = 4V$
이다.
3. 전압원을 단락하면 R_1과 R_2가 병렬이므로
$R_{\text{th}} = 1k\Omega \parallel 1k\Omega = 0.5k\Omega$
이고,
$\tau = (0.5k\Omega)(2mF) = 1s$
이다.
4. $t = \ln 2s$를 대입하면 $e^{-t/\tau} = e^{-\ln 2} = 1/2$이므로
$v_c(\ln 2) = 4 + (6-4) \times \frac{1}{2} = 5V$
이다.

선지 판단

① X — $2V$는 초기값 $6V$와 최종값 $4V$의 차이일 뿐 해당 시각의 커패시터 전압이 아니다. 올바르게는 $5V$이다.
② X — $4V$는 전환 후 $t \to \infty$일 때의 최종 전압이다. 유한한 시각 $t = \ln 2s$에서는 아직 최종값에 도달하지 않으므로 올바르게는 $5V$이다.
③ O — 완전응답에 $e^{-\ln 2} = 1/2$를 대입하면 $v_c(\ln 2) = 5V$가 된다.
④ X — $6V$는 스위치 전환 직후의 초기 전압이다. 시간이 지나면서 전압이 $4V$를 향해 감소하므로 해당 시각의 올바른 값은 $5V$이다.
⑤ X — $8V$는 전원 전압이며 커패시터에는 저항 분압 결과가 걸린다. 해당 시각의 올바른 커패시터 전압은 $5V$이다.

NoteBase

오답 포인트

초기값 $6V$, 최종값 $4V$, 전원값 $8V$를 해당 시각의 전압과 혼동하기 쉽다. 또한 전환 후에는 R_3가 아니라 R_2가 회로에 연결되며, 시정수를 구할 때 전압원을 단락하면 R_1과 R_2가 병렬이라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

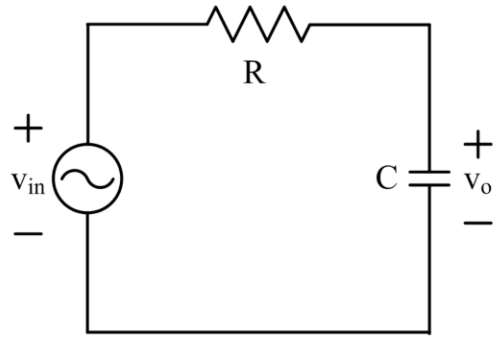
스위칭 RC 문제는 먼저 전환 전 정상상태에서 $v_c(0^-)$를 구하고, 전압 연속성으로 $v_c(0^+)$를 정한다. 다음으로 전환 후 회로에서 $v_c(\infty)$와 $R_{\text{th}}C$를 구한 뒤 완전응답에 시간을 대입한다.

암기 포인트

커패시터 전압은 순간적으로 변하지 않으며, 1차 RC 응답은 '최종값 + (초기값 - 최종값) × 지수항'이다.

NoteBase

20. 다음 회로의 차단주파수 ω_c는 2 [rad/s]이다. 실횻값이 5 [V], 주파수가 $2\omega_c$의 정현파 신호를 입력신호 v_{in}으로 입력할 때, 출력전압 v_o [V]의 실횻값은? (단, R=1 [kΩ]이다)



① 5

② $5\sqrt{5}$

③ $5\sqrt{2}$

④ $\sqrt{5}$

⑤ $\frac{5}{\sqrt{2}}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 출력이 커패시터 양단에서 측정되는 RC 저역통과회로의 주파수 응답을 이용하여 출력 실효값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 차단각주파수는 $\omega_c = 2rad/s$, 입력 실효값은 $V_{in} = 5V$, 입력 각주파수는 $\omega = 2\omega_c$이다.
구해야 할 값: 출력 전압의 실효값 V_o이다.
주의할 조건: 정현파의 실효값에는 전압 전달함수의 크기를 곱하며, $R = 1k\Omega$은 ω/ω_c가 이미 주어졌으므로 수치 계산에 직접 필요하지 않다.

사용할 공식

RC 저역통과회로에서 출력이 커패시터 양단일 때 전달함수의 크기는
$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega/\omega_c)^2}}$
이고, 출력 실효값은
$V_o = |H(j\omega)|V_{in}$
이다. 차단각주파수가 $\omega_c = 1/(RC)$이므로 전달함수를 ω/ω_c의 비로 나타낼 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. 입력 각주파수의 비는 $\omega/\omega_c = 2$이다.
2. 전달함수의 크기는
$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1+2^2}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$
이다.
3. 출력 실효값은
$V_o = 5 \times \frac{1}{\sqrt{5}} = \sqrt{5}V$
이다.

선지 판단

① X — $5V$는 감쇠를 반영하지 않은 입력 실효값이다. 올바르게는 $\sqrt{5}V$이다.
② X — $5\sqrt{5}V$는 전달함수의 크기 $1/\sqrt{5}$를 나누어 적용한 값이다. 올바르게는 입력에 $1/\sqrt{5}$를 곱한 $\sqrt{5}V$이다.
③ X — $5\sqrt{2}V$는 RC 저역통과회로의 $\omega = 2\omega_c$에서의 감쇠율과 맞지 않는다. 올바르게는 $5/\sqrt{1+2^2} = \sqrt{5}V$
이다.
④ O — 계산 결과가 $\sqrt{5}V$이므로 일치한다.
⑤ X — $5/\sqrt{2}V$는 차단주파수 $\omega = \omega_c$에서의 출력값이다. 이 문제는 $\omega = 2\omega_c$이므로 올바르게는 $5/\sqrt{5} = \sqrt{5}V$이다.

오답 포인트

⑤의 $5/\sqrt{2}$는 차단주파수에서의 값이라는 점이 핵심 함정이다. 입력 주파수는 차단주파수의 2배이므로 분모는 $\sqrt{1+1^2}$가 아니라 $\sqrt{1+2^2} = \sqrt{5}$가 된다. 또한 저역통과회로의 출력은 입력보다 커지지 않으므로 ②와 ③ 같은 증폭값은 즉시 제외할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

출력이 커패시터 양단이면 RC 저역통과회로로 판단하고, 먼저 ω/ω_c를 구한 뒤 $1/\sqrt{1+(\omega/\omega_c)^2}$를 입력 실효값에 곱한다. 마지막으로 출력이 입력보다 작은지 검산한다.

암기 포인트

RC 저역통과회로의 크기 응답은 $|H| = 1/\sqrt{1+(\omega/\omega_c)^2}$이며, $\omega = \omega_c$에서는 $1/\sqrt{2}$, $\omega = 2\omega_c$에서는 $1/\sqrt{5}$
이다.

NoteBase