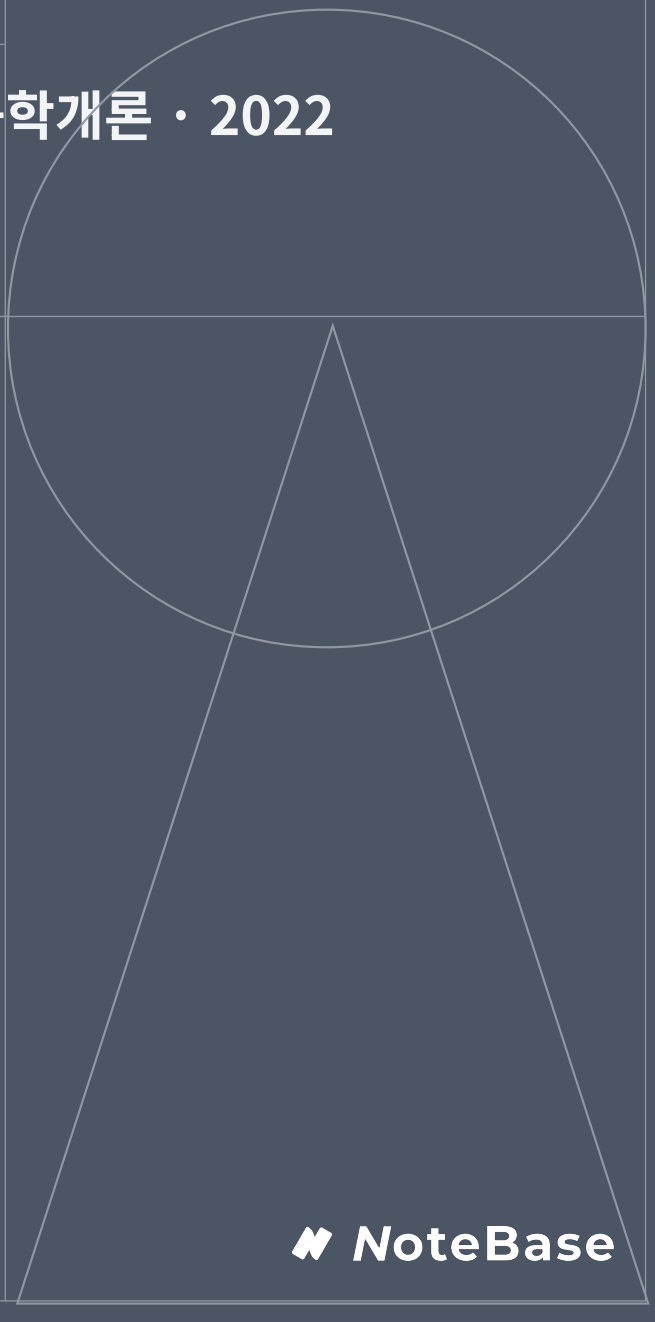
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2022



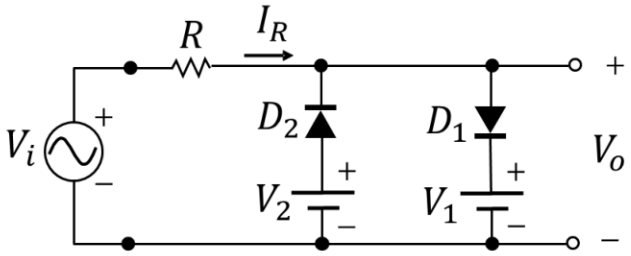
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2022

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2022

1. 다음 회로는 파형의 일부를 제한할 필요가 있을 때 사용되는 리미터 회로이다. 사용되는 다이오드들은 이상적인 다이오드라고 가정한다. 이 회로의 동작에 관한 설명으로 옳지 않은 것은? (여기서, $V_1 > V_2$이다)



① $V_i > V_1$인 동안 D_1은 단락되고 D_2는 개방되어 $V_o = V_1$이다.

② $V_i < V_2$인 동안 D_1은 개방되고 D_2는 단락되어 $V_o = V_2$이다.

③ $V_2 < V_i < V_1$인 동안 D_1과 D_2 모두 개방되어 $V_o = V_i$이다.

④ $V_i > V_1$인 동안 $I_R = \frac{V_i - V_1}{R}$이다.

⑤ $V_i < V_2$인 동안 $I_R = \frac{V_2 - V_i}{R}$이다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 다이오드 리미터의 출력 제한 전압과 저항 전류의 기준 방향을 구분하는 문제이다.

조건 정리

$V_1 > V_2$이고 다이오드는 이상적이다. 출력은 $V_i > V_1$이면 위쪽 제한값 V_1, $V_i < V_2$이면 아래쪽 제한값 V_2에 고정된다. $V_2 < V_i < V_1$에서는 두 다이오드가 모두 차단되어 $V_o = V_i$이다. 저항 전류 I_R의 기준 방향은 그림처럼 왼쪽에서 오른쪽이다.

NoteBase

사용할 공식

저항 전류의 기준 방향에 따라 옴의 법칙을 적용하면
$I_R = \frac{V_i - V_o}{R}$
이다. 저항의 왼쪽 전압이 V_i, 오른쪽 전압이 V_o이고 전류 화살표가 왼쪽에서 오른쪽이므로 이 부호를 사용한다.

계산 과정

1. $V_i > V_1$이면 D_1이 도통하여 $V_o = V_1$이므로 $I_R = (V_i - V_1)/R$이다.
2. $V_2 < V_i < V_1$이면 두 다이오드가 차단되어 $V_o = V_i$이고 $I_R = 0$이다.
3. $V_i < V_2$이면 D_2가 도통하여 $V_o = V_2$이므로 $I_R = (V_i - V_2)/R$이다. 이 값은 음수이므로 실제 전류는 그림의 화살표와 반대 방향으로 흐른다.

선지 판단

① O — $V_i > V_1$에서는 D_1이 도통하고 D_2는 차단되어 출력이 $V_o = V_1$로 제한된다.
② O — $V_i < V_2$에서는 D_2가 도통하고 D_1은 차단되어 출력이 $V_o = V_2$로 제한된다.
③ O — $V_2 < V_i < V_1$에서는 두 다이오드가 모두 차단되므로 저항에 전류가 흐르지 않고 $V_o = V_i$이다.
④ O — $V_i > V_1$이면 $V_o = V_1$이므로 화살표 방향의 전류는 $I_R = (V_i - V_1)/R$이다.
⑤ X — 틀린 표현은 $I_R = (V_2 - V_i)/R$이다. I_R의 화살표가 왼쪽에서 오른쪽이므로 올바르게는 $I_R = (V_i - V_2)/R$이다. $V_i < V_2$인 구간에서 이 값은 음수이며, $(V_2 - V_i)/R$는 반대 방향으로 흐르는 전류의 크기이다.

오답 포인트

⑤는 저전압 제한에서 전류가 실제로 오른쪽에서 왼쪽으로 흐른다는 사실을 이용해 전류의 크기와 부호 있는 전류를 바꿔 놓았다. 전류의 실제 방향이 화살표와 반대이면 I_R는 음수로 표시되어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

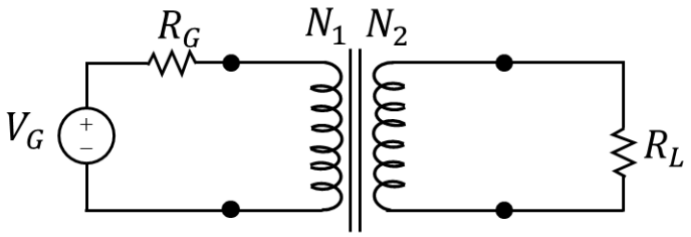
먼저 입력 전압이 위쪽 제한값보다 큰지, 두 제한값 사이인지, 아래쪽 제한값보다 작은지를 나누어 V_o를 정한다. 그다음 전류 화살표를 기준으로 $I_R = (V_i - V_o)/R$를 적용해 부호까지 확인한다.

암기 포인트

위에서는 V_1로 제한되고, 아래에서는 V_2로 제한된다. 저항 전류는 화살표 기준으로 항상 $I_R = (V_i - V_o)/R$이다.

NoteBase

2. 테브난 등가 전압이 V_G이고, 등가 저항이 $R_G = 200\Omega$인 전원 회로에 부하 $R_L = 8\Omega$을 그림과 같이 종단하려고 한다. 임피던스 정합을 위한 변압기의 권선비($n = N_2/N_1$)의 값은?



① 1/5
② 5
③ 1/25
④ 25
⑤ 1

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상 변압기에서 부하 임피던스를 1차 측으로 환산한 뒤 전원 저항과 같게 두어 임피던스 정합 권선비를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원 저항은 $R_G = 200\Omega$, 부하 저항은 $R_L = 8\Omega$이다.
구해야 할 값: $n = N_2/N_1$이다.
주의할 조건: 전원에서 바라본 1차 측 환산 부하가 R_G와 같아야 임피던스가 정합된다.

사용할 공식

이상 변압기에서 2차 부하를 1차 측으로 환산한 임피던스는
$R_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 R_L = \frac{R_L}{n^2}$
이다. 임피던스 정합 조건은
$R_L' = R_G$
이다. 권선비가 $n = N_2/N_1$로 정의되어 있으므로 1차에서 본 부하는 R_L/n^2로 환산된다.

NoteBase

계산 과정

1. 정합 조건에 값을 대입하면 $8/n^2 = 200$이다.
2. 이를 정리하면 $n^2 = 8/200 = 1/25$이다.
3. 권선수의 비는 양수이므로 $n = \sqrt{1/25} = 1/5$이다.

선지 판단

① O — $n = 1/5$이면 1차 환산 부하는 $8/(1/5)^2 = 200\Omega$가 되어 R_G와 일치한다.
② X — $n = 5$이면 1차 환산 부하는 $8/5^2 = 0.32\Omega$이므로 정합되지 않는다. 올바른 권선비는 5가 아니라 1/5이다.
③ X — $n = 1/25$이면 1차 환산 부하는 $8/(1/25)^2 = 5000\Omega$이므로 정합되지 않는다. 올바른 권선비는 1/25가 아니라 1/5이다.
④ X — $n = 25$이면 1차 환산 부하는 $8/25^2 = 0.0128\Omega$이므로 정합되지 않는다. 올바른 권선비는 25가 아니라 1/5이다.
⑤ X — $n = 1$이면 1차 환산 부하는 그대로 8Ω이므로 200Ω와 같지 않다. 올바른 권선비는 1이 아니라 1/5이다.
계산 결과 $n = 1/5$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 권선비가 N_1/N_2가 아니라 $n = N_2/N_1$로 정의되었다는 점이다. 이를 거꾸로 적용하면 ②의 5를 고르게 된다. 또한 임피던스는 권선비의 1차가 아니라 제곱에 비례해 환산되므로 $n^2 = 1/25$ 자체를 권선비로 착각하면 ③을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

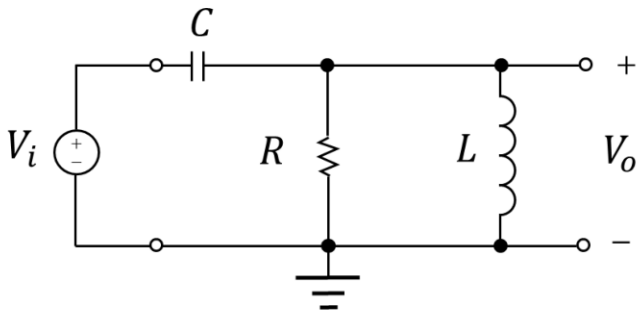
먼저 문제에서 권선비의 분자와 분모를 확인한다. 다음으로 부하를 전원 측으로 환산하고, 환산 임피던스를 전원 저항과 같게 둔 뒤, 마지막에 제곱근을 취해 권선비를 구한다.

암기 포인트

$n = N_2/N_1$이면 2차 부하의 1차 환산값은 $R_L' = R_L/n^2$이다. 임피던스 정합에서는 $R_L/n^2 = R_G$이다.

NoteBase

3. 다음 RLC 회로망은 간단한 고역통과필터이다. 전달함수 $H(s)=V_o(s)/V_i(s)$로 옳은 것은?



① $H(s)=\dfrac{R}{s^2+s/RC+1/LC}$

② $H(s)=\dfrac{s/LC}{s^2+s/RC+1/LC}$

③ $H(s)=\dfrac{sR}{s^2+s/RC+1/LC}$

④ $H(s)=\dfrac{s^2}{s^2+s/RC+1/LC}$

⑤ $H(s)=\dfrac{s^2/LC}{s^2+s/RC+1/LC}$

정답 4번

출제 포인트

커패시터 *C*와 병렬 *R*-*L* 회로의 임피던스를 구한 뒤 전압분배법칙으로 2차 고역통과필터의 전달함수 $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로: 커패시터 *C*가 직렬로 연결되고, 그 뒤에 저항 *R*과 인덕터 *L*이 병렬로 접지에 연결되어 있다.
구해야 할 값: 병렬 *R*-*L* 양단에서 측정한 출력전압의 전달함수 $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$이다.
주의할 조건: 출력 임피던스는 *R*이나 *sL* 하나가 아니라 $R \parallel sL$이다.

NoteBase

사용할 공식

커패시터와 인덕터의 임피던스는 각각 $Z_C = 1/(sC)$, $Z_L = sL$이다. 병렬부의 등가 임피던스는
$Z_p = R \parallel sL = \frac{RsL}{R+sL}$
이고, 출력이 Z_p 양단에 걸리므로 전압분배법칙
$H(s) = \frac{Z_p}{Z_C + Z_p}$
을 사용한다.

계산 과정

병렬부의 등가 임피던스를 대입하면
$H(s) = \frac{\frac{RsL}{R+sL}}{\frac{1}{sC} + \frac{RsL}{R+sL}}$
이다. 분자와 분모에 $sC(R+sL)$를 곱하면
$H(s) = \frac{RLCs^2}{RLCs^2 + sL + R}$
가 된다. 분자와 분모를 RLC로 나누어 분모의 s^2 계수를 1로 정규화하면
$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{s}{RC} + \frac{1}{LC}}$
이므로 ④와 일치한다.

선지 판단

① X — 분자의 R은 병렬 임피던스와 전압분배를 계산해 얻는 분자와 다르다. 틀린 표현 R은 s^2으로 고쳐야 한다.
② X — 분자의 $s/(LC)$는 정규화 과정에서 나오지 않는다. 틀린 표현 $s/(LC)$는 s^2으로 고쳐야 한다.
③ X — 분자의 sR은 주파수 차수가 1차이지만, 이 회로는 원점에 2중 영점을 갖는 2차 고역통과필터이므로 분자가 2차여야 한다. 틀린 표현 sR은 s^2으로 고쳐야 한다.
④ O — 전압분배로 구한 결과 $H(s) = s^2/(s^2 + s/(RC) + 1/(LC))$와 정확히 일치한다.
⑤ X — 분모를 RLC로 나누어 정규화할 때 분자 $RLCs^2$도 같은 값으로 나누므로 분자는 s^2이 된다. 틀린 표현 $s^2/(LC)$는 s^2으로 고쳐야 한다.

오답 포인트

핵심 함정은 병렬부를 $R + sL$로 처리하거나, 분모만 정규화하고 분자의 계수를 잘못 남기는 것이다. 또한 고역통과필터라는 말만 보고 분자를 임의로 고르면 안 된다. 이 회로에서는 $Z_p = R \parallel sL$를 직접 구해 전압분배식에 대입해야 분자의 s^2과 분모의 각 계수가 정확히 결정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

출력 단자에서 보이는 부하 임피던스를 먼저 합성하고, 직렬 입력 임피던스와 함께 전압분배식을 세운 다음, 마지막에 분모 최고차항의 계수를 1로 정규화한다. 저주파에서 $H(0) = 0$, 고주파에서 $H(s) \to 1$이 되는지도 검산하면 고역통과 특성과 일치한다.

NoteBase

암기 포인트

직렬 C, 병렬 $R \parallel L$, 병렬부 출력인 회로의 전달함수는 $H(s) = s^2/(s^2 + s/(RC) + 1/(LC))$이다. 분자의 s^2은 원점의 2중 영점을 나타낸다.

NoteBase

4. 공통 접지 방식에 따라 분류되는 트랜지스터 증폭기들의 특성을 설명한 것으로 옳은 것은? (여기서 CE는 에미터 공통 접지, CB는 베이스 공통 접지 그리고 CC는 콜렉터 공통 접지를 의미한다)

① CE 증폭기의 경우 에미터 저항을 부가하면 전압이득이 증가된다.
② 세 증폭기 유형 중에서 CC 증폭기의 출력임피던스가 가장 크다.
③ CB 증폭기를 이용하여 큰 전류이득을 얻을 수 있다.
④ CC 증폭기는 입력 전압과 출력 전압이 동위상이다.
⑤ CE 증폭기의 전압이득은 1보다 약간 작다.

정답 4번

출제 포인트

공통 접지 단자에 따른 CE·CB·CC 증폭기의 전압 이득, 전류 이득, 입출력 임피던스 및 위상 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

CE(에미터 공통): 전압·전류 증폭이 가능하고 출력 전압의 위상이 입력과 반대가 되는 기본 증폭기이다. 에미터 저항을 추가하면 부귀환이 생겨 전압 이득의 크기는 감소한다.
CB(베이스 공통): 입력 임피던스가 낮고 출력 임피던스가 높으며, 전압 이득은 크지만 전류 이득은 1보다 약간 작은 증폭기이다.
CC(컬렉터 공통, 에미터 팔로어): 전압 이득은 1보다 약간 작고 입력 임피던스가 크며 출력 임피던스가 작다. 출력 전압은 입력 전압과 동상이다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 '에미터 저항을 부가하면 전압 이득이 증가된다'이다. CE 증폭기에 에미터 저항을 추가하면 부귀환이 증가하므로 전압 이득의 크기는 감소한다.
② X — 틀린 표현은 'CC 증폭기의 출력 임피던스가 가장 크다'이다. CC 증폭기는 출력 임피던스가 가장 작고 입력 임피던스가 크므로 임피던스 완충에 적합하다.
③ X — 틀린 표현은 'CB 증폭기로 큰 전류 이득을 얻을 수 있다'이다. CB 증폭기의 전류 이득은 1보다 약간 작으므로 큰 전류 이득을 얻지 못하며, 큰 전압 이득을 얻는 데 사용된다.
④ O — CC 증폭기는 출력이 에미터에서 나오며 입력 베이스 전압을 따라 변하므로 입력 전압과 출력 전압이 동상이다.
⑤ X — 틀린 표현은 'CE 증폭기의 전압 이득은 1보다 약간 작다'이다. 1보다 약간 작은 전압 이득은 CC 증폭기의 특징이며, CE 증폭기는 일반적으로 1보다 큰 전압 이득의 크기를 갖는다.

NoteBase

오답 포인트

②와 ⑤는 CC의 특징인 '작은 출력 임피던스'와 '1보다 약간 작은 전압 이득'을 다른 접지 방식에 바꾸어 놓은 함정이다. 또한 ③은 CB의 큰 전압 이득을 큰 전류 이득으로 바꾸었고, ①은 에미터 저항에 의한 부귀환의 효과를 반대로 제시했다.

다시 나오면 이렇게 판단

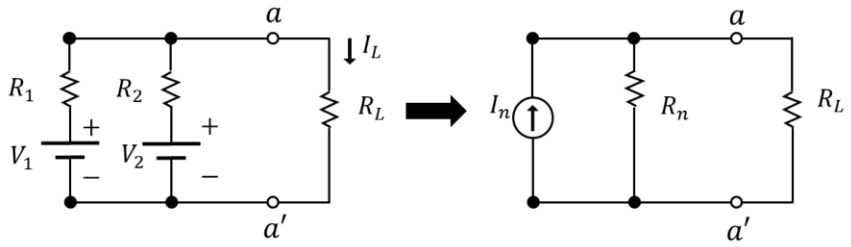
먼저 위상을 확인하면 CE는 반전, CB와 CC는 동상이다. 다음으로 CC는 전압 이득이 1보다 약간 작고 입력 임피던스가 크며 출력 임피던스가 작다는 점, CB는 전류 이득이 1보다 약간 작다는 점을 대조한다.

암기 포인트

CE는 전압 반전, CB는 전류 이득이 1 미만, CC는 동상·전압 이득 약 1·작은 출력 임피던스이다.

NoteBase

5. 다음 회로 a)를 노턴 등가회로를 이용하여 회로 b)와 같이 변형하였다. 노턴 등가 전원 전류 I_n, 등가 저항 R_n, 부하 R_L에 흐르는 전류 I_L의 값은? (여기서, $V_1 = 2V, V_2 = 3V$, $R_1 = 20\Omega, R_2 = 30\Omega$ 그리고 $R_L = 8\Omega$이다)



	I_n	R_n	I_L
①	$0.048A$	12Ω	$0.0062A$
②	$-0.048A$	50Ω	$-0.0062A$
③	$0.2A$	12Ω	$0.12A$
④	$0.1A$	50Ω	$0.0139A$
⑤	$-0.1A$	50Ω	$-0.0139A$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 원회로의 단락전류로 노턴 등가 전원 전류 I_n을 구하고, 독립 전압원을 제거하여 노턴 등가 저항 R_n을 구한 뒤 전류 분배 법칙으로 부하 전류 I_L을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_1 = 2V$, $V_2 = 3V$, $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_L = 8\Omega$이다.
구해야 할 값: I_n, R_n, I_L이다.
주의할 조건: I_n의 화살표는 아래에서 위로, I_L의 화살표는 위에서 아래로 정해져 있다.

NoteBase

사용할 공식

노턴 전류는 출력단을 단락했을 때 흐르는 전류이므로
$I_n = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}$
이다. 노턴 저항은 독립 전압원을 단락하여 출력단에서 바라본 저항이므로
$R_n = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$
이다. 노턴 전류가 R_n과 R_L로 나뉘므로 부하 전류는 전류 분배 법칙에 따라
$I_L = I_n \frac{R_n}{R_n + R_L}$
이다.

계산 과정

1. 출력단을 단락하면 두 가지가 모두 I_n의 화살표 방향으로 기여하므로
$I_n = \frac{2V}{20\Omega} + \frac{3V}{30\Omega} = 0.1A + 0.1A = 0.2A$
이다.
2. 독립 전압원 V_1, V_2를 단락하면 R_1과 R_2가 병렬이므로
$R_n = \frac{(20\Omega)(30\Omega)}{20\Omega + 30\Omega} = 12\Omega$
이다.
3. R_n과 R_L 사이의 전류 분배를 적용하면
$I_L = (0.2A)\frac{12\Omega}{12\Omega + 8\Omega} = 0.12A$
이다.

선지 판단

① X — $R_n = 12\Omega$만 맞고, $I_n = 0.048A$, $I_L = 0.0062A$가 틀렸다. 올바르게는 $I_n = 0.2A$, $R_n = 12\Omega$, $I_L = 0.12A$이다.
② X — $I_n = -0.048A$, $R_n = 50\Omega$, $I_L = -0.0062A$가 모두 틀렸다. 두 전원의 단락전류는 지정된 I_n 방향으로 더해지고 저항은 직렬이 아니라 병렬이다. 올바른 세 값은 각각 $0.2A$, 12Ω, $0.12A$이다.
③ O — 계산 결과 $I_n = 0.2A$, $R_n = 12\Omega$, $I_L = 0.12A$와 모두 일치한다.
④ X — $I_n = 0.1A$는 한 전원 가지의 기여만 반영한 값이고, $R_n = 50\Omega$는 저항을 잘못 직렬 합산한 값이며, $I_L = 0.0139A$도 틀렸다. 올바른 세 값은 각각 $0.2A$, 12Ω, $0.12A$이다.
⑤ X — $I_n = -0.1A$는 한 전원 가지의 기여만 반영하면서 부호까지 반대로 잡은 값이고, $R_n = 50\Omega$는 직렬 합산한 값이며, $I_L = -0.0139A$도 틀렸다. 올바른 세 값은 각각 $0.2A$, 12Ω, $0.12A$이다.
따라서 세 계산값이 모두 일치하는 정답은 3번이다.

오답 포인트

두 전원이 만드는 단락전류의 방향을 확인하지 않고 빼거나, I_n에 한 가지의 기여 $0.1A$만 반영하면 틀린다. 또한 전압원을 제거할 때 독립 전압원은 단락되므로 R_1과 R_2는 50Ω의 직렬이 아니라 12Ω의 병렬 등가가 된다. 부하 전류에서는 전류 분배식의 분자에 상대 가지가 아니라 R_n이 들어간다는 점도 주의한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

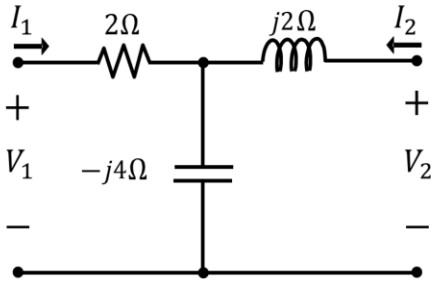
노턴 등가회로 문제는 출력단 단락으로 I_n을 구하고, 독립 전압원을 단락한 뒤 출력단에서 본 R_n을 구하며, 마지막에 R_n과 R_L의 전류 분배로 I_L을 계산한다. 각 전류는 그림에 표시된 기준 방향과 부호를 함께 검산한다.

암기 포인트

노턴 등가는 '출력 단락으로 I_n, 전원 제거 후 바라본 저항으로 R_n, 병렬 전류 분배로 I_L'의 순서이다.

NoteBase

6. 다음 회로에 대한 임피던스 파라미터의 행렬식으로 옳은 것은?



① $\begin{bmatrix}(2-j4) & j4\\ -j4 & j2\end{bmatrix}$

② $\begin{bmatrix}(2-j4) & -j4\\ -j4 & -j2\end{bmatrix}$

③ $\begin{bmatrix}(2+j4) & j4\\ j4 & j2\end{bmatrix}$

④ $\begin{bmatrix}(2+j4) & j4\\ j4 & -j2\end{bmatrix}$

⑤ $\begin{bmatrix}(2+j4) & j4\\ -j4 & j2\end{bmatrix}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 T형 2포트 회로에서 각 포트 전류가 회로 안쪽으로 들어갈 때 임피던스 파라미터 행렬을 구하는 문제이다.

조건 정리

왼쪽 직렬 임피던스는 $Z_1 = 2\Omega$, 오른쪽 직렬 임피던스는 $Z_2 = j2\Omega$, 가운데 병렬 임피던스는 $Z_3 = -j4\Omega$이다. 두 전류 I_1, I_2는 모두 각 포트에서 회로 안쪽으로 흐른다. 구해야 할 값은 $V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}I_2$, $V_2 = Z_{21}I_1 + Z_{22}I_2$를 만족하는 임피던스 행렬이다.

사용할 공식

T형 회로의 임피던스 파라미터는 bmatrixV_1_2bmatrix=bmatrixZ_1+Z_3 & Z_3_3 & Z_2+Z_3bmatrixbmatrixI_1_2bmatrix 이다. 가운데 병렬 소자에는 두 포트에서 들어온 전류의 합 $I_1 + I_2$가 흐르므로 그 전압이 두 포트 식에 공통으로 포함되고, 이에 따라 상호 임피던스 Z_{12}와 Z_{21}는 모두 Z_3가 된다.

NoteBase

계산 과정

가운데 노드 전압을 V_c라 하면 $V_c = Z_3(I_1 + I_2) = -j4(I_1 + I_2)$이다.
$V_1 = 2I_1 + V_c = (2 - j4)I_1 - j4I_2$
$V_2 = j2I_2 + V_c = -j4I_1 - j2I_2$
따라서 $Z_{11} = 2 - j4, Z_{12} = Z_{21} = -j4, Z_{22} = -j2$이며 단위는 모두 Ω이다.

선지 판단

① X — $Z_{12} = j4$와 $Z_{22} = j2$가 틀렸다. 가운데 커패시터의 임피던스는 $-j4\Omega$이므로 올바르게는 $Z_{12} = -j4$, $Z_{22} = j2 - j4 = -j2$이다.
② O — $Z_{11} = 2 - j4, Z_{12} = Z_{21} = -j4, Z_{22} = -j2$로 계산 결과와 모두 일치한다.
③ X — 커패시터의 임피던스 $-j4\Omega$를 $j4\Omega$처럼 처리해 Z_{11}과 두 상호 임피던스의 부호가 틀렸고, Z_{22}에도 병렬 임피던스가 반영되지 않았다. 올바르게는 $Z_{11} = 2 - j4, Z_{12} = Z_{21} = -j4, Z_{22} = -j2$이다.
④ X — $Z_{22} = -j2$만 맞고, $Z_{11} = 2 + j4$ 및 $Z_{12} = Z_{21} = j4$는 커패시터 리액턴스의 부호를 반대로 쓴 값이다. 올바르게는 각각 $2 - j4$, $-j4$, $-j4$이다.
⑤ X — $Z_{12} = j4$와 $Z_{21} = -j4$로 서로 달라 수동 상호 회로의 대칭성에도 어긋나며, Z_{11}과 Z_{22}도 틀렸다. 올바르게는 $Z_{12} = Z_{21} = -j4, Z_{11} = 2 - j4, Z_{22} = -j2$이다.
계산 결과가 ②의 값과 같으므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

핵심 함정은 커패시터 임피던스 $-j4\Omega$의 음의 부호와 오른쪽 자기 임피던스의 합이다. 특히 Z_{22}는 오른쪽 코일만의 $j2$가 아니라 $j2 + (-j4) = -j2$이다. 또한 공통 가지가 $-j4\Omega$이므로 두 상호 임피던스는 모두 $-j4$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

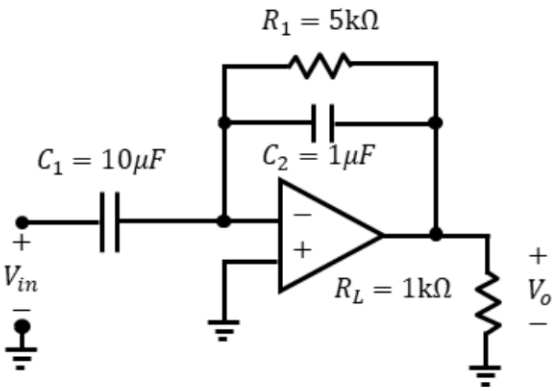
T형 2포트에서는 왼쪽 자기 임피던스는 왼쪽 직렬 가지와 공통 가지의 합, 오른쪽 자기 임피던스는 오른쪽 직렬 가지와 공통 가지의 합, 두 상호 임피던스는 공통 가지의 임피던스로 판단한다. 그다음 커패시터의 음의 허수 부호와 $Z_{12} = Z_{21}$ 여부를 검산한다.

암기 포인트

T형 회로는 대각 성분이 '각 포트 쪽 직렬 가지+공통 가지', 비대각 성분이 '공통 가지'이다.

NoteBase

7. 다음 회로의 컷오프 주파수 f_c의 값은? (단, π는 원주율을 의미한다)



① $\frac{100}{\pi} Hz$

② $\frac{\pi}{100} Hz$

③ $\frac{200}{\pi} Hz$

④ $\frac{\pi}{200} Hz$

⑤ $100Hz$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 반전형 능동 고역통과 회로에서 귀환 임피던스로 전달함수를 세우고, 그 극점으로 컷오프 주파수 f_c를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R_1 = 5k\Omega, C_1 = 10\mu F, C_2 = 1\mu F, R_L = 1k\Omega$이다.
구해야 할 값: 컷오프 주파수 f_c이다.
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기에서는 반전 입력단이 가상접지이고 출력 저항이 0이므로, 부하 R_L은 이 전달함수의 극점을 바꾸지 않는다. C_1은 분자의 원점 영점과 통과대역 이득에 관여하고, 유한한 컷오프 주파수는 귀환망 $R_1 \parallel C_2$의 시정수로 정해진다.

NoteBase

사용할 공식

입력 임피던스와 귀환 임피던스는 각각

$Z_{in} = \frac{1}{sC_1}, \qquad Z_f = R_1 \parallel \frac{1}{sC_2} = \frac{R_1}{1+sR_1C_2}$

이다. 따라서 반전 증폭기의 전달함수는

$H(s) = -\frac{Z_f}{Z_{in}} = -\frac{sR_1C_1}{1+sR_1C_2}$

이고, 분모의 극점에서 정해지는 컷오프 주파수는

$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_2}$

이다. 이 공식을 쓰는 이유는 회로의 주파수 경계가 전달함수 분모의 $1 + sR_1C_2$에 의해 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. 단위를 기본 단위로 바꾸면 $R_1 = 5 \times 10^3 \Omega$, $C_2 = 1 \times 10^{-6} F$이다.

2. 시정수는

$R_1C_2 = (5 \times 10^3)(1 \times 10^{-6}) = 5 \times 10^{-3} s$

이다.

3. 컷오프 주파수는

$f_c = \frac{1}{2\pi(5 \times 10^{-3})} = \frac{1}{10^{-2}\pi} = \frac{100}{\pi} Hz$

이다.

선지 판단

① O — 계산값이 $f_c = \frac{100}{\pi} Hz$이므로 옳다.

② X — $\frac{\pi}{100} Hz$는 $2\pi R_1C_2$를 역수로 취하지 않은 형태이다. 올바른 값은 $\frac{100}{\pi} Hz$이다.

③ X — $\frac{200}{\pi} Hz$는 정답의 2배로, 주파수 변환식의 분모에 있는 2를 누락한 값이다. 올바른 값은 $\frac{100}{\pi} Hz$이다.

④ X — $\frac{\pi}{200} Hz$는 시정수의 역수 관계와 2π 변환을 잘못 적용한 값이다. 올바른 값은 $\frac{100}{\pi} Hz$이다.

⑤ X — $100 Hz$는 계산 결과에서 분모의 π를 빠뜨린 값이다. 올바른 값은 $\frac{100}{\pi} Hz$이다.

계산 결과 $\frac{100}{\pi} Hz$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

입력 커패시터 C_1과 부하 R_L까지 모두 컷오프 주파수 공식에 넣는 것이 함정이다. 이 회로의 전달함수를 먼저 세우면 유한한 극점은 $1 + sR_1C_2 = 0$에서 생기므로 R_1C_2만 사용한다. 또한 각주파수 $\omega_c = 1/(R_1C_2)$를 주파수로 바꿀 때 $f_c = \omega_c/(2\pi)$의 2π를 빠뜨리지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

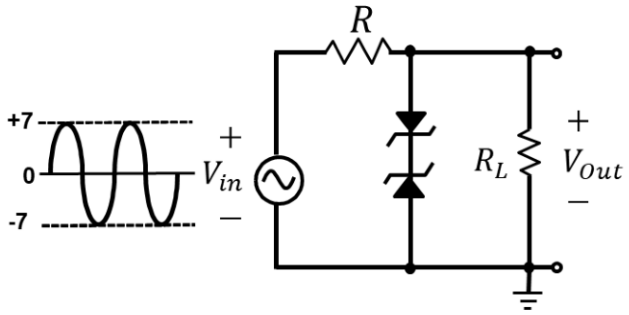
연산증폭기 필터는 먼저 $H(s) = -Z_f/Z_{in}$을 세우고, 전달함수 분모의 극점에서 ω_c를 찾은 뒤 $f_c = \omega_c/(2\pi)$로 변환한다. 이상적인 연산증폭기의 출력에 연결된 부하는 전달함수의 극점을 바꾸지 않는 것으로 판단한다.

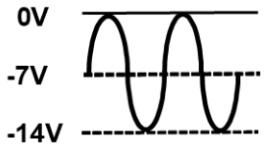
NoteBase

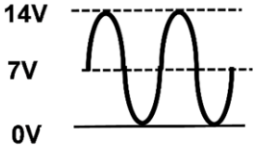
암기 포인트

귀환망이 $R \parallel C$이면 극점은 $\omega_c = 1/(RC)$, 컷오프 주파수는 $f_c = 1/(2\pi RC)$이다.

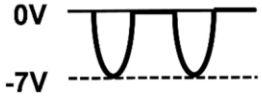
8. 다음 회로는 항복전압이 3.3V인 제너 다이오드를 포함한 회로이다. 진폭 7V인 사인파가 입력되는 경우, 출력 전압 V_{out}의 파형으로 옳은 것은? (순방향 다이오드 전압은 0.7V로 가정한다)

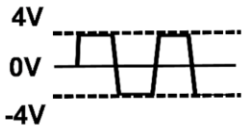


① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 5번

출제 포인트

서로 반대 방향으로 직렬 연결된 제너 다이오드의 양방향 전압 제한값을 구하고 출력 파형을 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력은 최댓값이 $7V$인 정현파이고, 각 제너 다이오드의 항복전압은 $V_Z = 3.3V$, 순방향 전압은 $V_F = 0.7V$이다.

구해야 할 값: 출력전압 V_{out}의 파형과 양·음의 제한전압이다.

주의할 조건: 입력의 어느 극성에서도 한 다이오드는 제너 항복 상태, 다른 다이오드는 순방향 도통 상태가 되므로 두 전압을 더한다.

NoteBase

사용할 공식

양방향 제한전압의 크기는

$V_{clip} = V_Z + V_F$

이다. 반대 방향으로 연결된 두 제너 다이오드는 입력의 양·음 극성에서 역할을 서로 바꾸므로 동일한 크기로 대칭 제한한다.

계산 과정

1. 제한전압을 계산하면 $V_{clip} = 3.3V + 0.7V = 4.0V$이다.
2. V_{out}이 약 $+4V$에 이르면 한 제너 다이오드가 항복하고 다른 다이오드가 순방향 도통하여 더 이상 크게 증가하지 않는다.
3. 음의 반주기에는 두 다이오드의 역할이 바뀌어 V_{out}이 약 $-4V$로 제한된다.
4. 입력의 최댓값 $7V$가 제한전압 $4V$보다 크므로 출력은 양·음의 꼭대기가 각각 $+4V$, $-4V$에서 잘린 대칭 클리핑 파형이 된다.

선지 판단

① X — 출력이 $0V$와 $-14V$ 사이에서 움직이는, $-7V$만큼 이동한 정현파로 제시되어 있다. 이 회로에는 직류 이동을 만드는 전원이 없으므로 틀리며, 올바르게는 출력이 $\pm 4V$에서 대칭으로 제한된다.
② X — 출력이 $0V$와 $14V$ 사이에서 움직이는, $+7V$만큼 이동한 정현파로 제시되어 있다. 이 회로는 직류 레벨을 이동시키지 않으므로 틀리며, 올바르게는 출력이 $\pm 4V$에서 대칭으로 제한된다.
③ X — 양의 반주기만 남고 최댓값이 $7V$인 반파 정류 파형으로 제시되어 있다. 반대 방향의 제너 다이오드 쌍은 한쪽 반주기를 제거하지 않으므로 틀리며, 올바르게는 두 반주기가 모두 존재하면서 $\pm 4V$에서 제한된다.
④ X — 음의 반주기만 남고 최솟값이 $-7V$인 반파 정류 파형으로 제시되어 있다. 이 회로는 음의 반주기만 통과시키는 정류기가 아니므로 틀리며, 올바르게는 두 반주기가 모두 존재하면서 $\pm 4V$에서 제한된다.
⑤ O — 양의 출력은 $+4V$, 음의 출력은 $-4V$ 부근에서 각각 잘린다. 계산한 양방향 제한전압과 일치한다.

오답 포인트

제너전압 $3.3V$만 제한값으로 잡는 것이 핵심 함정이다. 한 다이오드가 제너 항복할 때 다른 다이오드는 순방향 도통하므로 $0.7V$를 더해야 한다. 또한 이 회로는 반파 정류기나 직류 레벨 이동 회로가 아니라 양·음 양쪽을 같은 크기로 제한하는 대칭 클리퍼이다.

다시 나오면 이렇게 판단

반대 방향으로 직렬 연결된 제너 다이오드 쌍에서는 각 극성마다 '제너 항복 1개 + 순방향 도통 1개'로 본다. 먼저 $V_Z + V_F$를 계산하고, 입력의 최댓값이 이 값보다 크면 양·음의 출력이 각각 $\pm(V_Z + V_F)$에서 잘리는 것으로 판단한다.

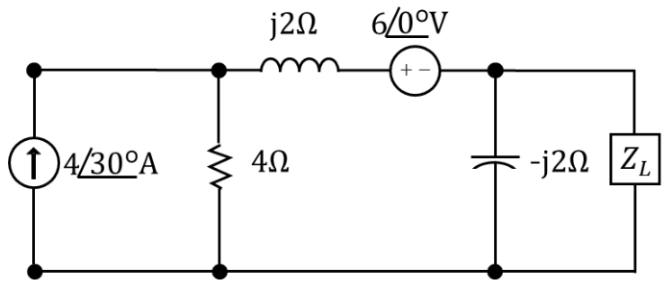
NoteBase

암기 포인트

역방향 직렬 제너 쌍의 대칭 제한값은 $\pm(V_Z + V_F)$이다. 이 문제에서는 $\pm(3.3 + 0.7)V = \pm 4V$이다.

NoteBase

9. 다음 회로에서 최대 전력을 전달하기 위한 부하 Z_L 값으로 옳은 것은?



① 1-j2 [Ω]
② 1-j [Ω]
③ 1 [Ω]
④ 1+j [Ω]
⑤ 1+j2 [Ω]

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 부하 단자에서 본 테브난 임피던스를 구한 뒤, 최대 평균 전력 전달 조건인 켤레복소수 정합을 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 부하와 병렬인 임피던스는 $-j2\Omega$이고, 왼쪽 경로의 임피던스는 $4 + j2\Omega$이다.
구해야 할 값: 부하에 최대 평균 전력이 전달되는 Z_L이다.
주의할 조건: 테브난 임피던스를 구할 때 독립 전류원은 개방하고 독립 전압원은 단락한다. 전원의 크기와 위상은 Z_{th} 계산에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

$Z_{th} = (-j2) \parallel (4 + j2)$
$Z_L = Z_{th}^*$
교류 회로에서 부하에 최대 평균 전력이 전달되려면 부하 임피던스가 부하 단자에서 본 테브난 임피던스의 켤레복소수와 같아야 하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 전류원을 개방하고 전압원을 단락하면, 부하 단자에서 접지까지 $-j2\Omega$인 가지와 $4+j2\Omega$인 가지가 병렬로 연결된다.
2. 테브난 임피던스를 계산한다.

$Z_{th} = \frac{(-j2)(4+j2)}{(-j2)+(4+j2)} = \frac{4-j8}{4} = 1-j2\Omega$

3. 켤레복소수 정합을 적용한다.

$Z_L = Z_{th}^* = 1+j2\Omega$

선지 판단

① X — $1-j2\Omega$은 Z_{th} 자체이므로 리액턴스 부호를 반대로 바꾸지 않은 값이다. 올바르게는 $1+j2\Omega$이다.
② X — $1-j\Omega$은 리액턴스의 부호와 크기가 모두 맞지 않는다. 올바르게는 $1+j2\Omega$이다.
③ X — 1Ω은 테브난 임피던스의 리액턴스 성분을 누락한 값이다. 올바르게는 $1+j2\Omega$이다.
④ X — $1+j\Omega$은 리액턴스의 부호는 맞지만 크기가 2Ω가 아니라 1Ω로 잘못되었다. 올바르게는 $1+j2\Omega$이다.
⑤ O — $1+j2\Omega$은 $Z_{th} = 1-j2\Omega$의 켤레복소수이므로 최대 평균 전력 전달 조건을 만족한다.
계산 결과 $Z_L = 1+j2\Omega$이므로 정답은 5번이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 최대 전력 전달 조건을 $Z_L = Z_{th}$로 잘못 적용하여 ①을 고르는 것이다. 교류 회로에서는 저항 성분은 같게 하고 리액턴스 성분의 부호는 반대로 해야 한다. 또한 부하와 병렬인 $-j2\Omega$도 테브난 임피던스 계산에 포함해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

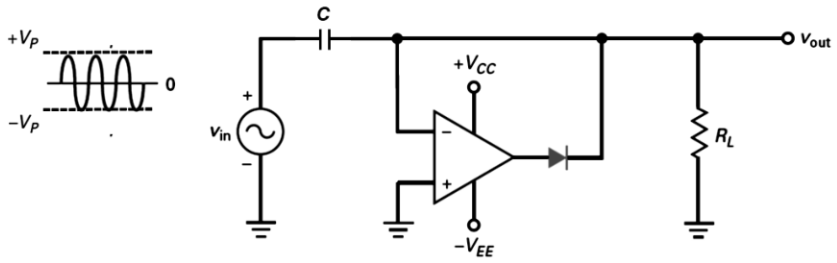
교류 최대 전력 전달 문제는 부하를 제거한 뒤 독립 전원을 소거하고, 부하 단자에서 본 Z_{th}를 계산한 다음 $Z_L = Z_{th}^*$를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

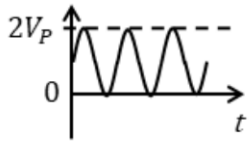
교류 최대 전력 전달 조건은 $R_L = R_{th}$, $X_L = -X_{th}$, 즉 $Z_L = Z_{th}^*$이다.

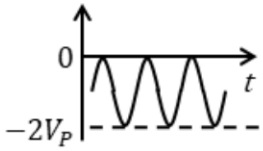
NoteBase

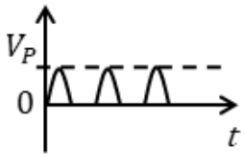
10. 다음 회로에서 입력 신호 v_{in}는 피크 전압 V_p이고 주파수 f인 사인 파일 때, 출력 전압 v_{out}의 파형으로 옳은 것은? (단, $CR_L >> \frac{1}{f}$로 가정한다)

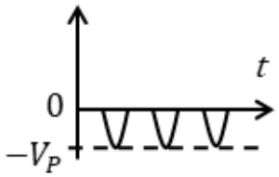


① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 2번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기와 다이오드로 구성된 정밀 클램퍼에서 커패시터의 충전 전압을 이용해 출력 파형의 직류 이동량과 최댓값·최솟값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력은 피크 전압이 V_p인 사인파이므로 $-V_p$에서 $+V_p$까지 변한다.
구해야 할 값: 출력 v_{out}의 파형과 범위이다.
주의할 조건: $CR_L \gg 1/f$이므로 한 주기 동안 커패시터의 방전은 무시할 수 있다. 이상적인 연산증폭기의 비반전 입력은 접지되어 있으며, 다이오드가 도통할 때 부귀환에 의해 출력 노드는 $0V$에 고정된다.

사용할 공식

입력이 음의 피크 $v_{in} = -V_p$일 때 출력이 $v_{out} = 0$에 고정되므로 커패시터 전압은
$V_C = v_{in} - v_{out} = -V_p$
가 된다. 이후 다이오드가 차단되어도 커패시터 전압이 거의 일정하므로
$v_{in} - v_{out} = -V_p$
$v_{out} = v_{in} + V_p$
이다. 이 식은 입력 사인파 전체가 위쪽으로 V_p만큼 이동한다는 뜻이다.

계산 과정

1. 입력의 음의 피크에서 다이오드가 도통하고 출력의 최솟값이 $0V$에 고정된다.
2. 이때 커패시터는 출력 쪽 전극이 입력 쪽 전극보다 V_p만큼 높은 전압으로 충전된다.
3. $CR_L \gg 1/f$이므로 이 전압이 유지되어 $v_{out} = v_{in} + V_p$가 된다.
4. 따라서 $v_{in} = -V_p$일 때 $v_{out} = 0$이고, $v_{in} = +V_p$일 때 $v_{out} = 2V_p$이다. 출력 범위는 $0 \le v_{out} \le 2V_p$이다.

선지 판단

① X — 이 파형은 $-V_p$에서 $+V_p$까지 변하는 원래 입력 파형이다. 클램핑에 의한 직류 이동을 누락했다. 올바르게는 전체 파형이 위로 V_p만큼 이동해야 한다.
② O — 출력은 $v_{out} = v_{in} + V_p$이므로 최솟값은 0, 최댓값은 $2V_p$이며 사인파의 모양과 주기는 그대로 유지된다.
③ X — 이 파형은 최댓값을 0에 고정하여 아래쪽으로 이동한 음의 클램프 파형이다. 이 회로의 다이오드 방향에서는 최솟값이 0에 고정되므로 올바른 범위는 0에서 $2V_p$이다.
④ X — 이 파형은 양의 반주기만 남긴 반파 정류 파형이다. 클램퍼는 음의 반주기를 제거하지 않으며, 올바르게는 음의 반주기도 위로 이동하여 0과 V_p 사이의 구간을 이룬다.
⑤ X — 이 파형은 음의 반주기만 남긴 반파 정류 파형이다. 이 회로는 반파 정류기가 아니며, 올바르게는 입력 전체가 위로 이동한 0에서 $2V_p$ 범위의 파형이 된다.
계산 결과 출력 범위가 0에서 $2V_p$이므로 정답은 ②이다.

NoteBase

오답 포인트

②의 파형이 모두 양수라는 이유만으로 반파 정류 파형인 ④와 혼동하기 쉽다. 클램퍼는 파형의 일부를 잘라 내는 회로가 아니라 직류 레벨을 이동시키는 회로이다. 따라서 입력의 첨두간 전압 $2V_p$와 주파수 f는 그대로이고, 최솟값만 0에 고정된다.

다시 나오면 이렇게 판단

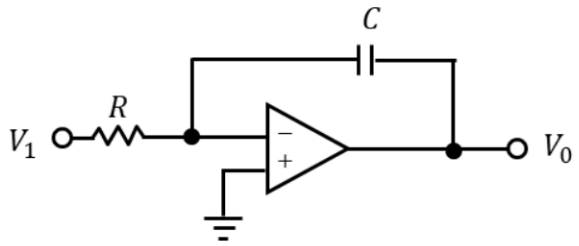
먼저 다이오드가 도통할 때 어느 피크가 기준 전압에 고정되는지 확인한다. 그 순간의 커패시터 전압을 구한 뒤, 다이오드 차단 구간에서 그 전압이 유지된다고 보고 v_{out}의 최솟값과 최댓값을 계산한다. 마지막으로 첨두간 전압이 입력과 같으면 클램핑, 반주기가 사라지면 정류로 구분한다.

암기 포인트

음의 피크를 0에 클램프하면 사인파가 위로 V_p만큼 이동하여 출력 범위는 $0 \sim 2V_p$가 된다.

NoteBase

11. 다음 회로는 연산증폭기의 응용 회로를 나타낸 것이다. 출력 V_0의 표현식으로 옳은 것은?



① $V_0 = -RC\frac{dV_1}{dt}$

② $V_0 = RC\frac{dV_1}{dt}$

③ $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$

④ $V_0 = \frac{1}{RC}\int V_1 dt$

⑤ $V_0 = \frac{\omega}{RC}V_1$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 입력 저항과 귀환 커패시터로 구성된 반전 적분기의 출력식을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 회로: 입력 V_1은 저항 R을 거쳐 반전 입력에 연결되고, 커패시터 C가 출력에서 반전 입력으로 귀환한다.
이상적인 연산증폭기에서 비반전 입력이 접지되어 있으므로 반전 입력도 가상접지에 의해 $0V$가 되고,
연산증폭기 입력 전류는 0이다.
구해야 할 값: 출력 전압 V_0와 입력 전압 V_1의 관계이다.

사용할 공식

반전 입력 노드에 키르히호프 전류 법칙을 적용한다.
$\frac{V_1}{R} = -C\frac{dV_0}{dt}$
입력 저항을 통해 들어온 전류가 연산증폭기 입력으로 흐르지 않고 귀환 커패시터로 흐르기 때문에 이 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 가상접지에 의해 반전 입력 전압은 $0V$이다.
2. 저항을 통해 반전 입력 노드로 들어오는 전류는 $i_R = V_1/R$이다.
3. 노드의 전류 관계를 정리하면 $\frac{dV_0}{dt} = -\frac{V_1}{RC}$이다.
4. 양변을 시간에 대해 적분하면 다음과 같다.

$V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$

초기 출력 전압이 있으면 적분상수가 더해지지만, 선지의 전달 관계에서는 이를 생략한다.

선지 판단

① X — $V_0 = -RC dV_1/dt$는 입력에 커패시터, 귀환부에 저항이 있는 반전 미분기의 식이다. 이 회로는 입력에 저항, 귀환부에 커패시터가 있으므로 올바르게는 $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$이다.

② X — $V_0 = RC dV_1/dt$는 회로의 적분 동작과 맞지 않고 반전 부호도 빠져 있다. 올바르게는 $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$이다.

③ O — 가상접지와 전류 법칙에서 $dV_0/dt = -V_1/(RC)$가 되므로 $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$가 성립한다.

④ X — 반전형 회로인데 적분식의 음의 부호가 빠져 있다. 올바르게는 $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$이다.

⑤ X — 적분기의 출력은 입력에 단순히 $\omega/(RC)$를 곱한 형태가 아니다. 정현파의 주파수 영역에서도 전달함수는 $V_0/V_1 = -1/(j\omega RC)$이며, 시간 영역의 올바른 식은 $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$이다.

따라서 정답은 3번이다.

오답 포인트

입력 소자와 귀환 소자의 위치를 뒤바꾸어 미분기 식인 ①을 고르거나, 반전 증폭기의 음의 부호를 놓쳐 ④를 고르기 쉽다. 입력에 저항, 귀환부에 커패시터가 있으면 반전 적분기이다.

다시 나오면 이렇게 판단

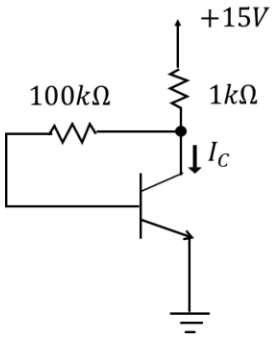
먼저 입력단과 귀환부의 R, C 위치를 확인한다. 입력이 R, 귀환이 C이면 적분기이고, 반전 입력을 사용하므로 출력식 앞에 음의 부호가 붙는다고 판단한다.

암기 포인트

입력 R·귀환 C는 반전 적분기: $V_0 = -\frac{1}{RC}\int V_1 dt$이다.

NoteBase

12. 다음 회로에서 npn 트랜지스터의 β=100 이라고 할 때, 콜렉터에 흐르는 전류 I_c의 값은? (베이스-에미터 Turn on 전압은 0.7V로 가정한다)



① 4.11 mA
② 5.11 mA
③ 6.11 mA
④ 7.11 mA
⑤ 8.11 mA

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 컬렉터-베이스 귀환 바이어스 회로에서 컬렉터 저항에 흐르는 전류가 $I_C + I_B$임을 이용하여 컬렉터 전류 I_C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_{CC} = 15V, R_C = 1k\Omega, R_B = 100k\Omega, \beta = 100, V_{BE} = 0.7V$이다.
구해야 할 값: 컬렉터 전류 I_C이다.
주의할 조건: 베이스 전류 I_B가 컬렉터 노드에서 분기되므로 R_C에 흐르는 전류는 I_C가 아니라 $I_C + I_B = (\beta + 1)I_B$이다.

사용할 공식

$V_{CC} - V_{BE} = I_B R_B + (I_C + I_B)R_C$
$I_C = \beta I_B$
따라서
$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_C}$
이다. 컬렉터 저항, 베이스 저항, 베이스-이미터 접합이 포함된 폐회로에 키르히호프의 전압 법칙을 적용하기 때문에 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 분모를 계산하면 $R_B + (\beta + 1)R_C = 100k\Omega + 101 \times 1k\Omega = 201k\Omega$이다.
2. 베이스 전류는 $I_B = \frac{15 - 0.7}{201k\Omega} = 71.14\mu A$이다.
3. 컬렉터 전류는 $I_C = \beta I_B = 100 \times 71.14\mu A = 7.114mA \approx 7.11mA$이다.
4. 이때 컬렉터 전압은 약 $7.81V$로 베이스 전압 $0.7V$보다 높으므로 능동 영역 가정에도 부합한다.

선지 판단

① X — $4.11mA$는 계산값 $7.11mA$와 다르다. 올바르게는 $I_C = 7.11mA$이다.
② X — $5.11mA$는 계산값 $7.11mA$와 다르다. 올바르게는 $I_C = 7.11mA$이다.
③ X — $6.11mA$는 계산값 $7.11mA$와 다르다. 올바르게는 $I_C = 7.11mA$이다.
④ O — $I_B = 71.14\mu A$에 $\beta = 100$을 곱하면 $I_C \approx 7.11mA$이므로 계산 결과와 일치한다.
⑤ X — $8.11mA$는 계산값 $7.11mA$와 다르다. 올바르게는 $I_C = 7.11mA$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 $1k\Omega$의 전류를 곧바로 I_C로 두는 것이다. 이 회로에서는 컬렉터 노드에서 베이스 전류도 빠져나가므로 컬렉터 저항의 전류를 반드시 $I_C + I_B = (\beta + 1)I_B$로 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

컬렉터-베이스 귀환 바이어스 회로는 컬렉터 노드의 전류 분기를 먼저 확인한 뒤, R_C 전류를 $(\beta + 1)I_B$로 놓고 폐회로 전압식을 세워 판단한다. 마지막에는 계산된 컬렉터 전압이 베이스 전압보다 높은지 확인하여 능동 영역 가정을 검산한다.

암기 포인트

컬렉터 귀환 바이어스에서는 R_C 전류가 $I_C + I_B$이므로 분모는 $R_B + (\beta + 1)R_C$이다.

NoteBase

13. 다음 카르노맵을 간략화한 논리식으로 옳은 것은?

	$\overline{C}\overline{D}$	$\overline{C}D$	CD	$C\overline{D}$
$\overline{A}\overline{B}$		1	1	
$\overline{A}B$		1	1	
AB				
$A\overline{B}$	1	1		

① $\overline{A}D$

② $A\overline{B}\overline{C}$

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

④ $\overline{A}B+\overline{C}D$

⑤ $\overline{A}B+\overline{B}D$

정답 3번

출제 포인트

카르노맵에서 서로 인접한 1을 2의 거듭제곱 개수로 묶고, 각 묶음 안에서 변하지 않는 변수만 남겨 최소 논리식을 구하는 문제이다. 위쪽의 2×2 묶음은 *AD*, 아래쪽 왼편의 1×2 묶음은 *ABC*가 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X

AD는 위쪽 두 행과 가운데 두 열의 2×2 묶음만 나타낸다. 아래쪽 행의 왼쪽 두 칸에 있는 1을 포함하지 못한다. 틀린 표현 AD만 사용한 식은 올바르게는 $AD + ABC$로 고쳐야 한다.

② X

ABC는 아래쪽 행의 왼쪽 두 칸으로 이루어진 1×2 묶음만 나타낸다. 위쪽 2×2 묶음의 네 칸을 포함하지 못한다. 틀린 표현 ABC만 사용한 식은 올바르게는 $AD + ABC$로 고쳐야 한다.

③ O

위쪽 두 행과 가운데 두 열의 2×2 묶음에서는 $A = 0, D = 1$이 일정하므로 AD가 남는다. 아래쪽 행과 왼쪽 두 열의 1×2 묶음에서는 $A = 1, B = 0, C = 0$이 일정하고 D가 변하므로 ABC가 남는다. 따라서 $AD + ABC$가 정확하다.

④ X

AB는 둘째 행의 네 칸 전체를 1로 만들고, CD는 둘째 열의 네 칸 전체를 1로 만들어 카르노맵의 0인 칸까지 포함한다. 틀린 식 $AB + CD$는 올바르게는 $AD + ABC$로 고쳐야 한다.

⑤ X

AB는 둘째 행 전체를 포함하고, BD는 $B = 0, D = 1$인 칸을 포함하므로 주어진 1의 배치와 일치하지 않는다. 틀린 식 $AB + BD$는 올바르게는 $AD + ABC$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

위쪽 2×2 묶음만 보고 ①을 고르거나 아래쪽 1×2 묶음만 보고 ②를 고르기 쉽다. 카르노맵의 최소식은 어느 한 묶음의 항만 택하는 것이 아니라, 모든 1을 덮는 각 묶음의 곱항을 OR로 더한 식이다.

다시 나오면 이렇게 판단

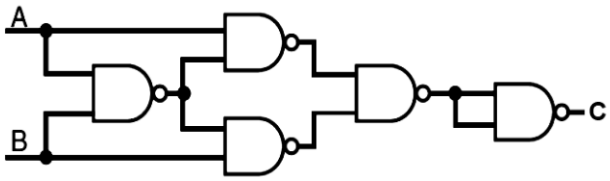
먼저 가장 큰 직사각형으로 1을 묶은 뒤, 각 묶음에서 값이 변하는 변수는 제거하고 일정한 변수만 남긴다. 여러 묶음에서 얻은 곱항은 OR로 더하며, 모든 1이 포함되고 0은 포함되지 않는지 마지막에 확인한다.

암기 포인트

카르노맵은 크게 묶을수록 변수가 줄어든다. 이 문항은 위 2×2에서 AD, 아래 1×2에서 ABC가 남는다.

NoteBase

14. 다음 논리회로의 출력 C로 옳은 것은?



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

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 출력에 버블이 있는 AND 게이트를 NAND 게이트로 읽고, 각 중간 출력을 부울식으로 연결하여 최종 출력을 구하는 문제이다.

조건 정리

모든 게이트는 출력에 버블이 있으므로 NAND 게이트이다. 첫 번째 NAND의 출력을 X, 위·아래 NAND의 출력을 각각 Y, Z, 그다음 NAND의 출력을 W라고 둔다. 마지막 NAND는 두 입력이 모두 W에 연결되어 있으므로 인버터처럼 동작한다.

사용할 공식

NAND 게이트: $\overline{PQ}$
동일 신호를 두 입력에 넣은 NAND: $\overline{P \cdot P} = \overline{P}$
이 공식을 쓰는 이유는 회로의 모든 게이트가 NAND이고, 마지막 게이트의 두 입력이 하나의 동일한 신호에 묶여 있기 때문이다.

계산 과정

1. 첫 번째 NAND의 출력은 $X = \overline{AB}$이다.
2. 위·아래 NAND의 출력은 각각 $Y = \overline{AX}$, $Z = \overline{BX}$이다.
3. 다음 NAND의 출력은 $W = \overline{YZ} = A \oplus B$이다. 이 네 개의 NAND가 입력이 서로 다를 때만 1이 되는 XOR 회로를 이룬다.
4. 마지막 NAND의 두 입력은 모두 W이므로 $C = \overline{W \cdot W} = \overline{W} = \overline{A \oplus B}$이다. 따라서 C는 입력이 같을 때 1이 되는 XNOR 출력이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $A \oplus B$는 마지막 NAND에 들어가기 직전의 W이다. 마지막 NAND에서 한 번 더 반전되므로, 올바르게는 $C = \overline{A \oplus B}$이다.
② O — 최종 출력은 XOR의 부정인 $\overline{A \oplus B}$, 즉 XNOR이다.
③ X — $\overline{AB}$는 첫 번째 NAND의 중간 출력 X일 뿐 최종 출력이 아니다. 올바르게는 $C = \overline{A \oplus B}$이다.
④ X — $\overline{A + B}$는 NOR 함수로, 두 입력이 모두 0일 때만 1이다. 이 회로는 두 입력이 모두 0이거나 모두 1일 때 1이므로, 올바르게는 $C = \overline{A \oplus B}$이다.
⑤ X — $A + B$는 OR 함수로, 입력 중 하나 이상이 1이면 1이다. 이 회로는 서로 다른 입력에서 0이 되므로, 올바르게는 $C = \overline{A \oplus B}$이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 네 개의 NAND로 구성된 XOR 부분에서 계산을 멈추는 것이다. 그 출력 $W = A \oplus B$는 마지막 NAND의 두 입력으로 함께 들어가 다시 반전되므로 최종 출력은 XNOR이다.

다시 나오면 이렇게 판단

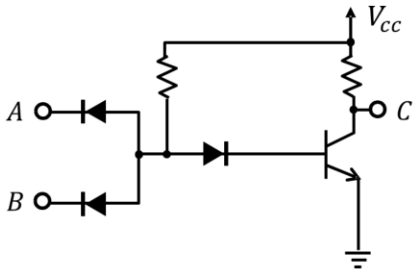
게이트마다 중간 변수를 정하고 왼쪽에서 오른쪽으로 부울식을 적는다. 특히 NAND나 NOR의 두 입력이 같은 선에 묶이면 각각 $\overline{P \cdot P} = \overline{P}$, $\overline{P + P} = \overline{P}$가 되어 인버터로 동작한다는 점을 확인한다.

암기 포인트

네 NAND는 XOR, 그 뒤의 입력 결선형 NAND는 반전이므로 전체는 XNOR이다.

NoteBase

15. 다음 회로의 출력 C로 옳은 것은?



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

정답 3번

출제 포인트

입력 다이오드망과 반전 동작을 하는 NPN 트랜지스터의 상태를 차례로 판단하여 출력 논리식을 구하는 문제이다. 입력 중 하나라도 0이면 트랜지스터가 꺼져 출력이 1이 되고, 두 입력이 모두 1일 때만 트랜지스터가 켜져 출력이 0이 되므로 이 회로는 NAND 게이트로 동작한다.

선지별 해설

① X — $C = AB$는 AND식이므로 두 입력이 모두 1일 때 출력이 1이어야 한다. 그러나 이 회로에서는 $A = B = 1$일 때 트랜지스터가 켜져 $C = 0$이 된다. 틀린 식 $C = AB$를 고치면 $C = \overline{AB}$이다.
② X — $C = A + B$는 OR식이므로 입력 중 하나라도 1이면 출력이 1이어야 한다. 이 회로는 입력 중 하나라도 0이면 해당 입력 다이오드가 도통하여 트랜지스터가 꺼지고 출력이 1이 된다. 올바른 식은 $C = \overline{AB}$이다.
③ O — 두 입력이 모두 1이면 입력 다이오드들이 차단되고 풀업 전류가 베이스로 흘러 트랜지스터가 켜지므로 출력 C가 0이 된다. 반대로 입력 중 하나라도 0이면 트랜지스터가 꺼지고 컬렉터 저항이 출력을 1로 끌어올린다. 따라서 $C = \overline{AB}$이다.
④ X — $C = \overline{A + B}$는 NOR식으로, 두 입력이 모두 0일 때만 출력이 1이다. 이 회로는 00뿐 아니라 01과 10에서도 출력이 1이다. 올바른 식은 $C = \overline{AB}$이다.
⑤ X — $C = \overline{A \oplus B}$는 XNOR식으로, 두 입력이 같은 00과 11에서 출력이 1이다. 그러나 이 회로는 11에서 출력이 0이므로 XNOR가 아니다. 올바른 식은 $C = \overline{AB}$이다.

오답 포인트

입력 다이오드망만 보고 AND 동작으로 끝내거나, 컬렉터에서 얻는 출력의 반전을 빠뜨리기 쉽다. 특히 두 입력이 모두 1일 때 트랜지스터가 켜지면 컬렉터 출력 C는 1이 아니라 0이 된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

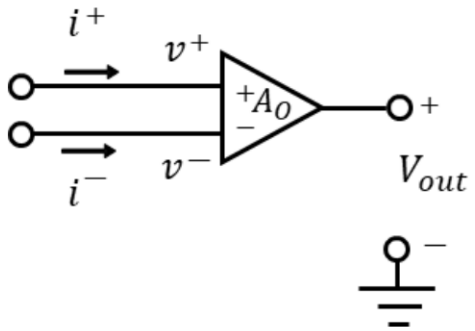
먼저 입력 조합이 트랜지스터를 켜는지 판단한 뒤 컬렉터 출력이 반전된다는 점을 적용한다. 이 회로에서는 11일 때만 트랜지스터가 켜져 출력이 0이고, 00·01·10에서는 출력이 1이므로 NAND식 $C = \overline{AB}$가 된다.

암기 포인트

입력 다이오드 AND 동작 뒤에 컬렉터 반전이 붙으면 NAND가 된다.

NoteBase

16. 다음 회로는 이상적인 연산증폭기이다. 특성으로서 옳지 않은 것은?



① 개루프 이득은 $A_o = \infty$이다.
② 대역폭이 무한대이다.
③ i^+, i^-는 입력 전원의 내부 임피던스에 의해 결정된다.
④ 입력 임피던스는 무한대이다.
⑤ 출력 임피던스는 0이다.

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 개방루프 이득, 대역폭, 입력·출력 임피던스와 입력 전류의 관계를 묻는 문제이다.

핵심 개념

이상적 연산증폭기는 두 입력 전압의 차를 무한대의 개방루프 이득으로 증폭한다고 가정한 소자이다. 이상적 조건은 $A_o = \infty$, 대역폭 무한대, 입력 임피던스 무한대, 출력 임피던스 0이다. 따라서 두 입력 단자로 들어가는 전류는 $i^+ = i^- = 0$이다.

선지별 해설

① O — 이상적 연산증폭기의 개방루프 전압 이득은 $A_o = \infty$로 가정한다.
② O — 모든 주파수에서 동일하게 증폭할 수 있다고 가정하므로 대역폭은 무한대이다.
③ X — 틀린 표현은 'i^+, i^-는 입력 전원의 내부 임피던스에 의해 결정된다'이다. 입력 임피던스가 무한대이므로 입력 전원의 내부 임피던스와 관계없이 올바르게는 $i^+ = i^- = 0$이다.
④ O — 입력 단자로 전류가 들어가지 않는다는 이상적 조건에 해당하므로 입력 임피던스는 무한대이다.
⑤ O — 이상적인 전압원처럼 부하에 관계없이 출력 전압을 유지한다고 가정하므로 출력 임피던스는 0이다.

NoteBase

오답 포인트

③에서 실제 전원에 내부 임피던스가 있다는 사실만 보고 입력 전류가 생긴다고 판단하기 쉽다. 그러나 입력 전류는 전원 내부 임피던스만으로 정해지는 것이 아니라 입력 회로 전체에 좌우되며, 이상적 연산증폭기의 입력 임피던스는 무한대이므로 입력 경로가 개방된 것과 같아 전류가 0이다.

다시 나오면 이렇게 판단

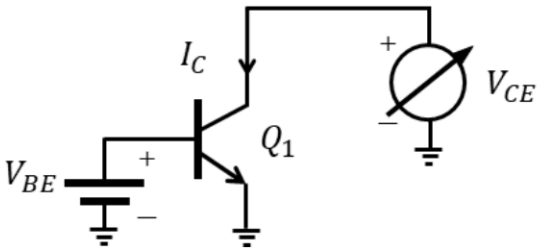
이상적 연산증폭기 문제에서는 먼저 '입력은 개방, 출력은 이상적 전압원'으로 바꾸어 판단한다. 입력 개방에서 $R_{in} = \infty$와 $i^+ = i^- = 0$, 이상적 전압원에서 $R_{out} = 0$을 연결하고, 이득과 대역폭은 모두 무한대로 판단한다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기는 이득·대역폭·입력 임피던스는 무한대, 입력 전류·출력 임피던스는 0이다.

NoteBase

17. 다음 회로의 트랜지스터 구성에서 V_{CE}에 따른 I_C의 변화에 대한 설명으로 옳은 것은? (단, $V_{BE} > 0.7V$)



① I_C는 V_{CE}와 관계없이 항상 일정하다.
② 포화영역에서는 V_{CE}가 증가할수록 I_C는 감소하게 된다.
③ Early effect때문에 V_{CE}가 증가할수록 I_C는 감소하게 된다.
④ V_{CE}가 감소함에 따라 $V_{CB} < 0$이 되면 I_C가 빠르게 증가하게 된다.
⑤ V_{CE}가 감소함에 따라 콜렉터-베이스 접합이 순방향이 되면 I_C가 감소하게 된다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 이미터와 베이스 전압이 고정된 NPN 트랜지스터 회로에서 V_{CE}를 낮출 때 컬렉터-베이스 접합의 바이어스 상태와 I_C의 변화를 판단하는 문제이다. $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$이므로 $V_{CE} < V_{BE}$가 되면 $V_{CB} < 0$이고, 컬렉터-베이스 접합이 순방향 바이어스되어 포화영역으로 들어간다.

선지별 해설

① X — '항상 일정하다'가 틀렸다. I_C는 동작영역과 Early effect의 영향을 받으므로 V_{CE}와 완전히 무관하지 않다. 올바르게는 활성영역에서 거의 일정하지만 V_{CE}가 증가하면 Early effect로 조금 증가하고, 포화영역에서는 V_{CE}에 따라 크게 변한다.
② X — 'V_{CE}가 증가할수록 I_C가 감소한다'가 반대이다. 포화영역에서 V_{CE}를 증가시키면 컬렉터-베이스 접합의 순방향 바이어스가 약해져 I_C가 증가하며 활성영역의 값에 접근한다.
③ X — Early effect의 방향을 반대로 설명하였다. 올바르게는 활성영역에서 V_{CE}가 증가하면 베이스 폭이 감소하여 I_C가 조금 증가한다.
④ X — 'I_C가 빠르게 증가한다'가 틀렸다. V_{CE}가 감소하여 $V_{CB} < 0$이 되면 컬렉터-베이스 접합이 순방향 바이어스되고 트랜지스터가 포화영역에 들어가므로 I_C는 빠르게 감소한다.
⑤ O — V_{CE}가 감소하여 컬렉터-베이스 접합이 순방향 바이어스되면 포화영역으로 들어가고, 더 낮은 V_{CE}에서는 I_C가 감소한다.

NoteBase

오답 포인트

③은 Early effect의 변화 방향을 뒤집은 선지이고, ④는 포화영역에서의 전류 변화 방향을 뒤집은 선지이다. 특히 V_{CE}가 낮아져 $V_{CB} < 0$이 되면 전류가 더 잘 흐르는 것이 아니라 컬렉터-베이스 접합까지 순방향 바이어스되어 포화되고, I_C가 감소한다는 점이 핵심 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

이미터가 접지되어 있으므로 먼저 $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$를 계산한다. $V_{CB} > 0$이면 컬렉터-베이스 접합이 역방향 바이어스된 활성영역이고, 이때 I_C는 거의 일정하되 Early effect로 V_{CE}와 함께 조금 증가한다. $V_{CB} < 0$이면 컬렉터-베이스 접합이 순방향 바이어스된 포화영역이며, V_{CE}를 더 낮출수록 I_C가 감소한다.

암기 포인트

NPN 출력특성은 '활성영역: I_C가 거의 일정하며 Early effect로 완만히 증가, 포화영역: V_{CE} 감소 시 I_C 감소'로 정리된다.

NoteBase

18. 다음 식들은 시변전자장의 전기장과 자기장 그리고 전류 및 전하들 사이의 관계식을 열거한 것이다. 표현식으로 옳지 않은 것은?
(여기서, $\overrightarrow{E}$는 전기장의 세기 벡터, $\overrightarrow{D}$는 전속 밀도 벡터, $\overrightarrow{H}$는 자기장의 세기 벡터, $\overrightarrow{B}$는 자속 밀도 벡터, $\overrightarrow{J}$는 전류 밀도 벡터이고, ρ는 전하밀도이다)

① $\nabla \times \overrightarrow{E} = -\frac{\partial \overrightarrow{B}}{\partial t}$

② $\nabla \times \overrightarrow{H} = \overrightarrow{J} + \frac{\partial \overrightarrow{D}}{\partial t}$

③ $\nabla \cdot \overrightarrow{J} = -\frac{\partial \nabla \cdot \overrightarrow{B}}{\partial t}$

④ $\nabla \cdot \overrightarrow{B} = 0$

⑤ $\nabla \cdot \overrightarrow{D} = \rho$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 맥스웰 방정식과 전하 연속 방정식의 관계를 구별하는 문제이다. 특히 전류 밀도의 발산은 자속 밀도 $\vec{B}$가 아니라 전하 밀도 ρ의 시간 변화와 연결된다.

핵심 개념

패러데이 법칙: 시간에 따라 변하는 자기장은 회전하는 전기장을 만든다.
앙페르-맥스웰 법칙: 자기장의 회전은 전도 전류와 변위 전류의 합으로 정해진다.
가우스 법칙: 전속 밀도의 발산은 전하 밀도이고, 자속 밀도의 발산은 항상 0이다.
전하 연속 방정식: 한 영역에서 전하가 감소하는 만큼 전류가 밖으로 흘러나가므로 $\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$이다.

선지별 해설

① O — $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$는 패러데이의 전자기 유도 법칙이다. 시간에 따른 자속 밀도의 변화가 전기장의 회전을 만든다.
② O — $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$는 앙페르-맥스웰 법칙이다. 우변의 두 항은 각각 전도 전류 밀도와 변위 전류 밀도이다.
③ X — 틀린 부분은 전류 밀도의 발산을 $-\frac{\partial(\nabla \cdot \vec{B})}{\partial t}$와 연결한 것이다. $\nabla \cdot \vec{B} = 0$이므로 이 식의 우변은 항상 0이 되어 일반적인 전하 보존을 나타내지 못한다. 올바른 전하 연속 방정식은 $\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$이다.
④ O — $\nabla \cdot \vec{B} = 0$은 자기장에 대한 가우스 법칙이다. 고립된 자기 단극자가 없음을 나타낸다.
⑤ O — $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$는 전기장에 대한 가우스 법칙의 미분형이다. 전속 밀도의 발산은 전하 밀도와 같다.

NoteBase

오답 포인트

③은 $\vec{J}$와 시간 미분이 함께 있어 연속 방정식처럼 보이게 만든 선지이다. 그러나 연속 방정식에서 시간 미분되는 양은 $\nabla \cdot \vec{B}$가 아니라 전하 밀도 ρ이다.

다시 나오면 이렇게 판단

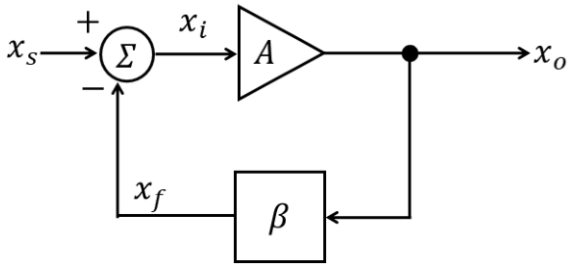
먼저 네 개의 맥스웰 방정식을 대조하고, 전류 밀도의 발산이 나오면 전하 보존식 $\nabla \cdot \vec{J} = -\partial\rho/\partial t$를 적용한다. 또한 $\nabla \cdot \vec{B} = 0$은 별도의 자기장 가우스 법칙임을 확인한다.

암기 포인트

발산은 $\vec{D}$에 ρ, $\vec{B}$에 0이고, 전류의 발산은 $-\partial\rho/\partial t$이다.

NoteBase

19. 다음 그림과 같은 부궤환 시스템의 특징으로 옳지 않은 것은?



① 대역폭이 확장되지만 비선형 왜곡이 증가한다.
② 비선형왜곡이 감소하지만 이득 또한 감소한다.
③ 대역폭이 확장되나 이득이 감소한다.
④ 이득의 감소 정도는 궤환 요소 β에 의해 결정된다.
⑤ 부궤환 시스템의 구성에 따라 입출력 임피던스를 조절할 수 있다.

정답 1번

출제 포인트

그림은 출력의 일부 $x_f = \beta x_o$를 입력에서 빼는 부귀환 증폭기이다. 부귀환을 걸면 폐루프 이득은 $A_f = \frac{A}{1+A\beta}$로 낮아지는 대신 대역폭이 넓어지고 비선형 왜곡이 감소한다.

선지별 해설

① X — '비선형 왜곡이 증가한다'가 틀린 표현이다. 부귀환은 출력의 왜곡 성분을 입력 쪽에서 상쇄하므로 비선형 왜곡을 감소시킨다. 올바르게는 '대역폭이 확장되고 비선형 왜곡이 감소한다'이다.
② O — 부귀환은 비선형 왜곡을 감소시키지만 폐루프 이득을 $A_f = \frac{A}{1+A\beta}$로 낮춘다.
③ O — 부귀환의 대표적인 대가와 이점은 각각 이득 감소와 대역폭 확장이다.
④ O — 증폭기 A가 주어진 경우 귀환 요소 β를 바꾸면 되먹임의 세기와 이득 감소 정도가 달라진다. 정량적으로 이득 감소율은 귀환율만이 아니라 루프 이득 $A\beta$, 즉 $1 + A\beta$에 의해 정해진다.
⑤ O — 부귀환의 입·출력 접속 방식이 직렬인지 병렬인지에 따라 입력 임피던스와 출력 임피던스를 증가시키거나 감소시킬 수 있다.

오답 포인트

①은 대역폭 확대라는 옳은 효과 뒤에 '왜곡 증가'를 붙인 함정이다. 부귀환은 이득을 낮추는 대신 대역폭을 넓히고 왜곡과 잡음, 소자 변화의 영향을 줄이는 방향으로 작용한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

합산점에서 귀환 신호가 빼기로 들어오면 부귀환으로 판단한다. 이어서 '이득 감소, 대역폭 증가, 왜곡 감소, 안정도 향상'을 한 묶음으로 적용하고, 임피던스는 귀환 접속 형태에 따라 따로 판단한다.

암기 포인트

부귀환은 이득을 양보하고 대역폭·선형성·안정성을 얻는다.

NoteBase

20. 3GHz 주파수의 전자파가 굴절률이 2인 유전체 내를 전파하고 있을 때에 대한 설명으로 옳은 것은? (공기 중에서의 전파 속도를 $c_o = 3 \times 10^{10} cm/s$라고 한다)

① $2c_o$의 속도로 전파되며 파장은 $20cm$이다.
② $2c_o$의 속도로 전파되며 파장은 $5cm$이다.
③ $0.5c_o$의 속도로 전파되며 파장은 $20cm$이다.
④ $0.5c_o$의 속도로 전파되며 파장은 $5cm$이다.
⑤ 전파 속도나 파장 모두 공기 중에서와 동일하다.

정답 4번

출제 포인트

굴절률과 전파 속도의 관계 $v = c_0/n$, 그리고 파장 공식 $\lambda = v/f$를 차례로 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 주파수 $f = 3GHz = 3 \times 10^9 Hz$, 굴절률 $n = 2$, 공기 중 전파 속도 $c_0 = 3 \times 10^{10} cm/s$이다.
구해야 할 값: 유전체 속 전파 속도 v와 파장 λ이다.
주의할 조건: 굴절률이 커지면 전파 속도와 파장은 공기 중에서보다 작아지며, 주파수는 매질이 바뀌어도 그대로이다.

사용할 공식

$v = \frac{c_0}{n}$
$\lambda = \frac{v}{f}$
굴절률은 공기 중 속도와 매질 속 속도의 비 $n = c_0/v$이므로 첫 번째 공식을 사용한다. 전파의 속도·주파수·파장은 $v = f\lambda$의 관계를 가지므로 두 번째 공식으로 파장을 구한다.

계산 과정

1. 전파 속도는 $v = c_0/n = (3 \times 10^{10})/2 = 1.5 \times 10^{10} cm/s = 0.5c_0$이다.
2. 파장은 $\lambda = v/f = (1.5 \times 10^{10})/(3 \times 10^9) = 5cm$이다.
3. 따라서 속도 $0.5c_0$, 파장 $5cm$인 선지는 ④이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 굴절률이 2이면 속도는 $2c_0$가 아니라 $0.5c_0$이고, 파장도 $20cm$가 아니라 $5cm$이다. 올바르게는 '$0.5c_0$의 속도로 전파되며 파장은 $5cm$이다'이다.
② X — 파장 $5cm$는 맞지만 속도 $2c_0$가 틀렸다. 올바르게는 속도가 $0.5c_0$이다.
③ X — 속도 $0.5c_0$는 맞지만 파장 $20cm$가 틀렸다. 올바르게는 파장이 $5cm$이다.
④ O — $v = 0.5c_0$이고 $\lambda = 5cm$이므로 속도와 파장이 모두 계산 결과와 일치한다.
⑤ X — 유전체에서는 주파수는 그대로이지만 속도는 $0.5c_0$, 파장은 $5cm$로 변한다. 올바르게는 '주파수는 공기 중에서와 동일하지만 전파 속도와 파장은 감소한다'이다.

오답 포인트

굴절률 $n = 2$를 속도에 곱해 $2c_0$로 만드는 것이 핵심 함정이다. 굴절률은 $n = c_0/v$이므로 매질 속 속도는 반드시 c_0를 n으로 나눈다. 또한 매질 경계에서 주파수는 유지되지만 속도가 감소하므로 파장도 같은 비율로 감소한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $v = c_0/n$으로 매질 속 속도를 구하고, 주파수 단위를 Hz로 맞춘 뒤 $\lambda = v/f$를 적용한다. 마지막에는 굴절률이 1보다 큰 매질에서 속도와 파장이 모두 감소했는지 검산한다.

암기 포인트

굴절률 n인 매질에서는 $v = c_0/n$, $\lambda = \lambda_0/n$이고 주파수는 변하지 않는다.

NoteBase