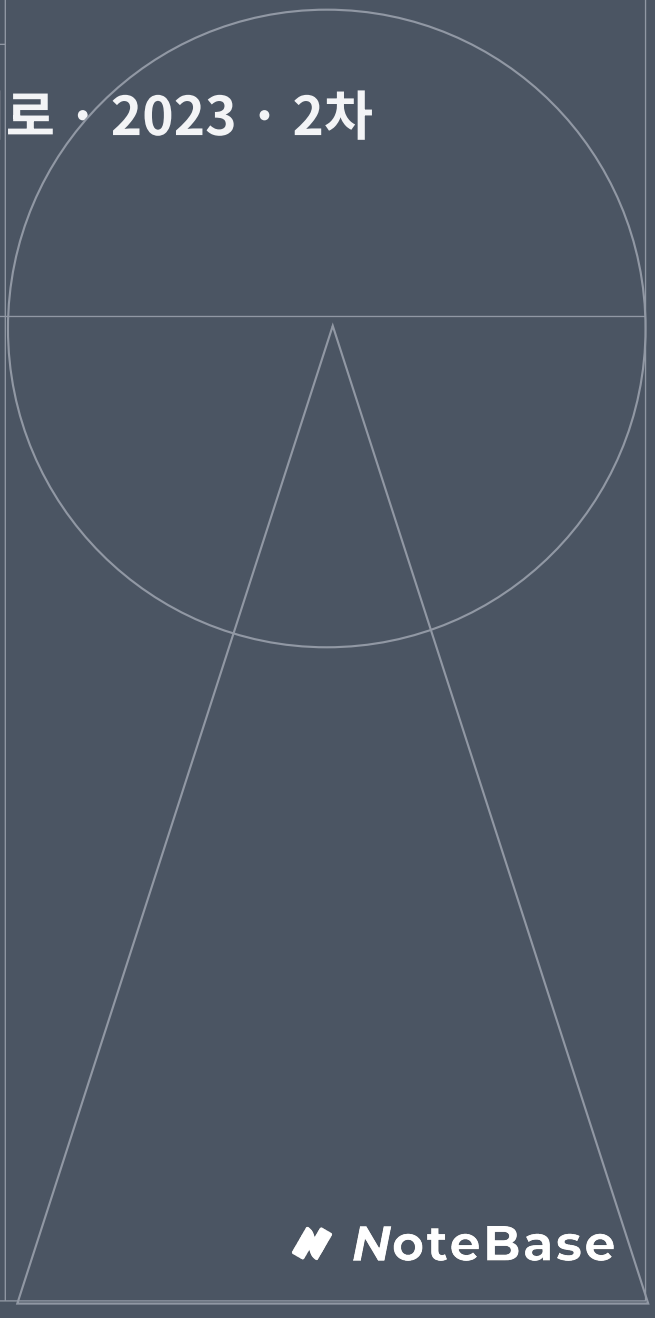
기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전자회로 · 2023 · 2차



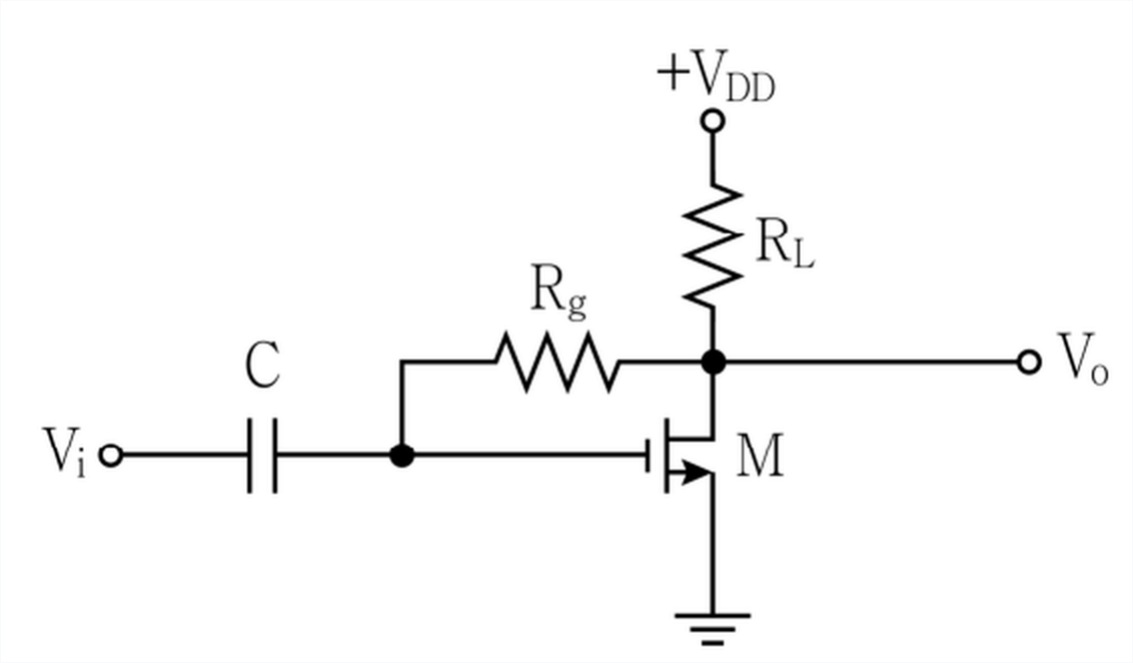
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국가직/7급 · 전자회로 · 2023 · 2차

공무원/국가직/7급 · 전자회로 · 2023 · 2차

문 1. 다음 회로에서 $V_{DD} = 12[V]$, $R_g = 1[M\Omega]$, $V_{GS} = 4[V]$, $I_{DS} = 0.5[mA]$일 경우, $R_L[k\Omega]$은? (단, R_g에 전류가 흐르지 않는다고 가정한다)



① 4

② 8

③ 16

④ 24

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 게이트 전류가 0인 자기 바이어스 MOSFET 회로에서 $V_G = V_D$ 관계를 이용해 R_L을 구하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- $V_{DD} = 12V$
- $V_{GS} = 4V$
- $I_{DS} = 0.5mA$
- R_g에는 전류가 흐르지 않는다.

구해야 할 값:
- R_L

주의할 조건:
- 소스가 접지이므로 $V_S = 0V$이다.
- 게이트 전류가 0이어서 R_g 양단 전압강하가 없다.

사용할 공식

$V_G = V_D, \quad V_{GS} = V_G - V_S, \quad R_L = \frac{V_{DD} - V_D}{I_{DS}}$

이 공식을 쓰는 이유:
게이트 전류가 0이므로 R_g에 전압강하가 없어 게이트 전압과 드레인 전압이 같고, 드레인 저항에는 $V_{DD} - V_D$가 걸리기 때문이다.

계산 과정

1. 소스가 접지이므로 $V_S = 0V$이다.
2. $V_{GS} = 4V$이므로 $V_G = 4V$이다.
3. R_g에 전류가 흐르지 않으므로 $V_G = V_D$이고, 따라서 $V_D = 4V$이다.
4. R_L 양단 전압은 $V_{DD} - V_D = 12 - 4 = 8V$이다.
5. 따라서 $R_L = \frac{8V}{0.5mA} = 16k\Omega$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X
- $R_L = 4k\Omega$라면 전압강하는 $I_{DS}R_L = 0.5mA \times 4k\Omega = 2V$가 되어 $V_D = 10V$가 된다.
- 틀린 표현은 저항값이 $4k\Omega$라는 점이다. 올바르게는 $R_L = 16k\Omega$이다.

② X
- $R_L = 8k\Omega$라면 전압강하는 $4V$이고 $V_D = 8V$가 되어 $V_G = V_D = 8V$가 된다.
- 이는 $V_{GS} = 4V$ 조건과 맞지 않는다. 올바르게는 $V_D = 4V$, $R_L = 16k\Omega$이다.

③ O
- $V_{GS} = 4V$와 $V_S = 0V$이므로 $V_G = 4V$이다.
- 게이트 전류가 0이어서 $V_G = V_D$이므로 $V_D = 4V$이고, $R_L = \frac{12-4}{0.5mA} = 16k\Omega$가 된다.

④ X
- $R_L = 24k\Omega$라면 전압강하는 $12V$가 되어 $V_D = 0V$가 된다.
- 그러면 $V_G = V_D = 0V$가 되어 $V_{GS} = 4V$ 조건을 만족하지 못한다. 올바르게는 $R_L = 16k\Omega$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 V_{GS}만 보고 바로 저항을 대입하지 않고, 먼저 게이트 전류가 0이라는 조건에서 $V_G = V_D$를 끌어내야 한다는 점이다. ②와 ④는 V_D를 8\,V나 0\,V로 잘못 두는 실수에서 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

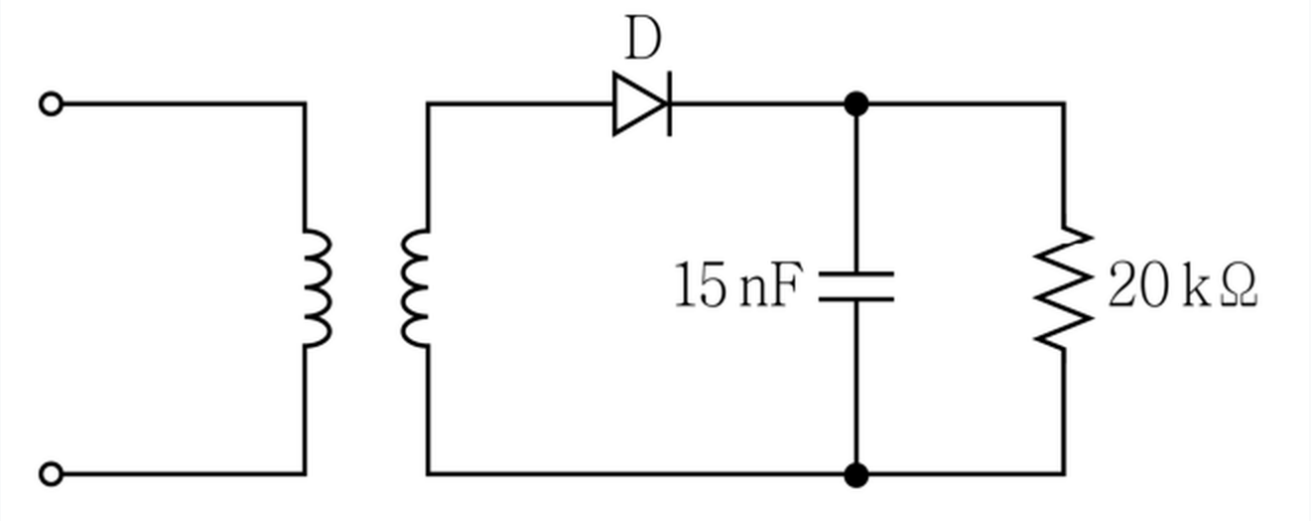
게이트와 드레인이 저항으로 연결된 MOSFET 계산형은 소스 전압을 먼저 확인하고, 게이트 전류 0 조건으로 $V_G = V_D$를 세운 뒤, V_{GS}에서 V_D를 구하고 마지막에 $R = V/I$로 저항을 계산하면 된다.

암기 포인트

게이트 전류가 0인 드레인 피드백 바이어스에서는 $V_G = V_D$, 소스 접지이면 $V_{GS} = V_D$가 된다.

NoteBase

문 2. 다음 검파회로에서 입력된 반송파의 주파수가 10 [kHz]일 때, 회로의 시정수는 반송파 주기의 몇 배인가? (단, 다이오드는 이상적이다)



① 3

② 15

③ 20

④ 30

정답 1번

출제 포인트

검파회로의 시정수 $\tau = RC$와 반송파 주기 $T = 1/f$를 구한 뒤, τ/T 비율을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 부하저항 $R = 20k\Omega$, 커패시터 $C = 15nF$, 반송파 주파수 $f = 10kHz$이다.
구해야 할 값은 시정수가 반송파 주기의 몇 배인지이다.
다이오드가 이상적이라는 조건이므로 전압강하를 따로 고려하지 않고 RC와 주기 비율만 계산하면 된다.

사용할 공식

$\tau = RC, \quad T = \frac{1}{f}, \quad \frac{\tau}{T} = \tau f$

이 회로는 다이오드 뒤에 R과 C가 병렬로 연결된 검파회로이므로 시정수는 부하저항과 커패시터의 곱으로 정해진다. 문제는 그 시정수를 반송파 주기와 비교하라고 했으므로 τ와 T를 각각 구해 비율을 계산하면 된다.

NoteBase

계산 과정

1. 시정수는 $\tau = RC = (20 \times 10^{3})(15 \times 10^{-9}) = 300 \times 10^{-6} s = 300 \mu s$이다.
2. 반송파 주기는 $T = 1/f = 1/(10 \times 10^{3}) = 100 \times 10^{-6} s = 100 \mu s$이다.
3. 따라서 $\tau/T = 300 \mu s / 100 \mu s = 3$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 시정수는 반송파 주기의 3배이므로 옳다.

② X
- 15배라는 값은 계산 결과와 다르다.
- 틀린 표현은 '15배'이고, 올바르게는 '3배'이다.
- 저항 20와 커패시터 15의 숫자만 보고 단위를 무시하면 이런 오답으로 흐르기 쉽다.

③ X
- 20배라는 값은 계산 결과와 다르다.
- 틀린 표현은 '20배'이고, 올바르게는 '3배'이다.
- 저항값 $20k\Omega$만 보고 시정수 비율을 저항 숫자와 혼동한 경우에 나올 수 있는 오답이다.

④ X
- 30배라는 값은 계산 결과와 다르다.
- 틀린 표현은 '30배'이고, 올바르게는 '3배'이다.
- $20 \times 15 = 300$에서 자릿수만 보고 30으로 잘못 줄이거나, $300 \mu s$와 $10kHz$의 관계를 성급히 처리하면 나올 수 있는 오답이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 RC의 숫자만 보거나 $k\Omega$, nF, kHz 단위를 정리하지 않고 바로 배수를 추정하는 데 있다.
시정수와 주기를 각각 초 단위로 맞춘 뒤 비교해야 3배가 안정적으로 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

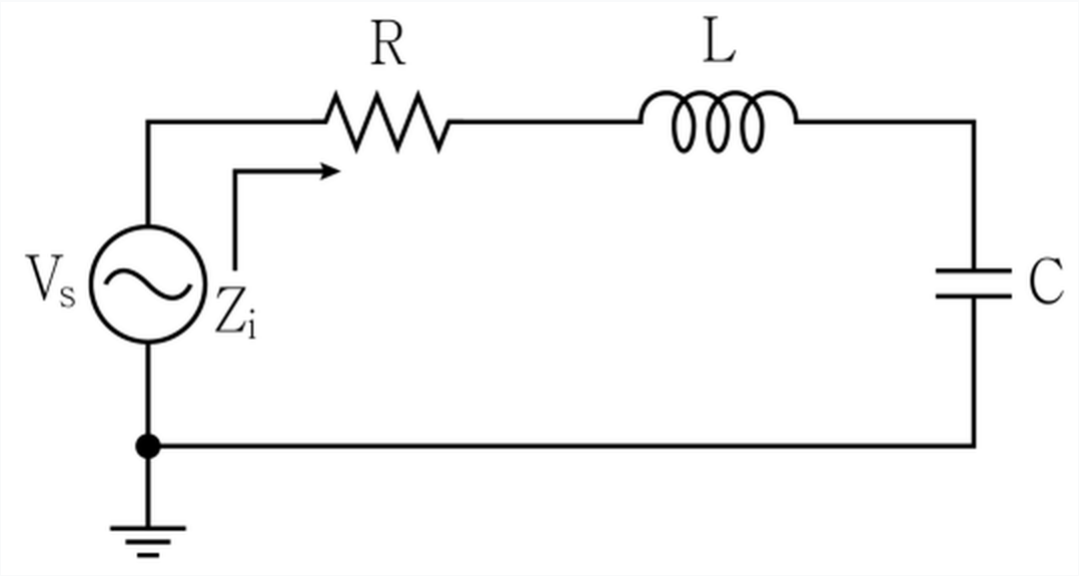
검파회로의 배수 문제는 먼저 $\tau = RC$를 구하고, 다음에 $T = 1/f$를 구한 뒤, 마지막에 τ/T만 비교하면 된다.
회로에 다이오드가 있어도 시정수 자체는 병렬 RC로 판단하는 구조이다.

암기 포인트

검파회로 시정수는 RC, 주기는 $1/f$, 배수 비교는 $\tau/T = RCf$이다.

NoteBase

문 3. 다음 공진회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 공진 주파수 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다.

② 공진 주파수일 때, 입력 임피던스 Z_i는 R이다.

③ 양호도(Quality factor, Q)는 R에 반비례한다.

④ 양호도는 L에 반비례한다.

정답 4번

출제 포인트

직렬 RLC 공진회로의 공진 주파수, 공진 시 입력 임피던스, 양호도 Q의 비례관계를 회로도와 함께 묻는 문제이다.

선지별 해설

① O: 직렬 RLC 공진회로의 공진 조건은 $X_L = X_C$이므로 공진 각주파수는 $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, 공진 주파수는 $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$이다.

② O: 공진 시에는 유도성 리액턴스와 용량성 리액턴스가 서로 상쇄되어 입력 임피던스 Z_i에는 저항 성분만 남으므로 $Z_i = R$이다.

③ O: 직렬 공진회로의 양호도는 $Q = \omega_0 L/R = \frac{1}{R}\sqrt{L/C}$이므로 R이 커질수록 Q는 작아진다. 따라서 Q는 R에 반비례한다.

④ X: $Q = \omega_0 L/R = \frac{1}{R}\sqrt{L/C}$이므로 R과 C가 일정할 때 L이 커지면 Q는 증가한다. 틀린 표현은 'L에 반비례한다'이고, 올바르게는 '직렬 공진회로의 양호도는 L이 커질수록 증가한다'이다.

NoteBase

오답 포인트

③과 ④는 모두 양호도 Q의 비례관계를 묻기 때문에 헷갈리기 쉽다. 직렬 공진회로에서는 $Q = \omega_0 L/R$ 또는 $Q = \frac{1}{R}\sqrt{L/C}$를 기준으로 보면 R은 분모에 있어 반비례하고, L은 증가 방향으로 작용한다는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

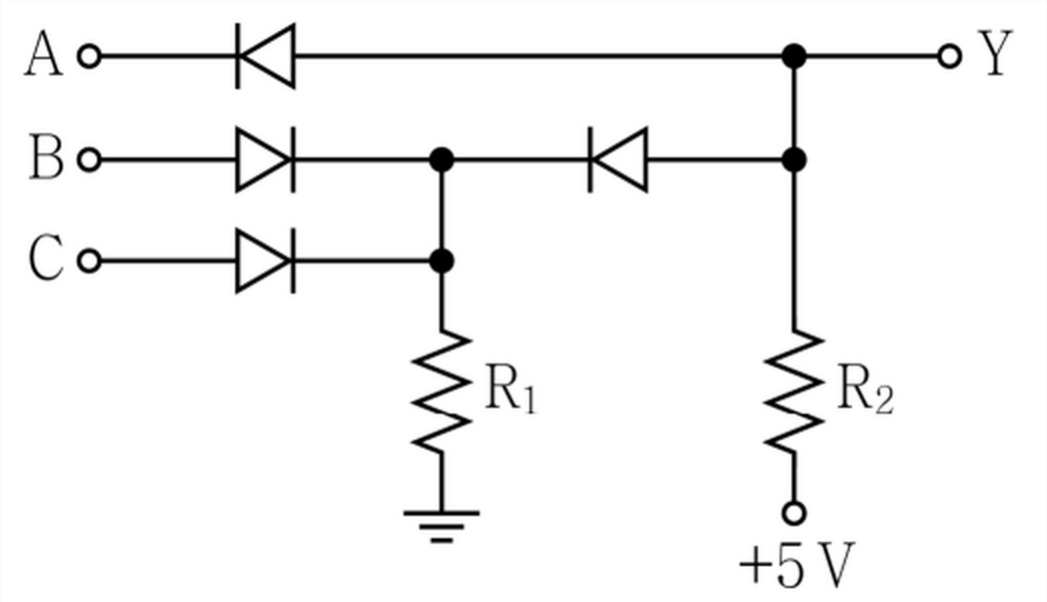
직렬 공진회로가 보이면 먼저 $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$, 공진 시 $Z = R$, $Q = \omega_0 L/R$를 바로 대응한다. 그다음 각 선지가 주파수 식인지, 공진 시 임피던스인지, Q의 분자·분모 관계인지로 나누어 판단하면 된다.

암기 포인트

직렬 공진은 '공진 시 $Z = R$, 양호도는 $Q = \omega_0 L/R$'로 정리된다.

NoteBase

문 4. 다음 회로와 같은 동작을 하는 출력 Y의 논리식은? (단, $R_2 \gg R_1$, 입력 A, B, C에 0[V] 또는 5[V]가 인가되며, 다이오드는 이상적이다)



① $A + BC$

② $A + \overline{BC}$

③ $A(B + C)$

④ $\overline{A}(B + C)$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 다이오드의 도통 방향과 풀업·풀다운 저항의 역할을 보고, B와 C가 먼저 OR로 합쳐진 뒤 그 결과가 A와 AND로 결합되는지를 판단하는 문제이다.

핵심 정리

B, C에서 중간 노드로 들어가는 두 다이오드와 R_1은 다이오드 OR 회로이므로 중간 노드는 $B + C$가 된다.
출력 Y 쪽은 R_2가 $+5V$로 끌어올리지만, $A = 0$이거나 중간 노드가 0이면 해당 다이오드가 도통하여 Y를 0으로 끌어내린다.
따라서 두 조건이 모두 만족될 때만 $Y = 1$이므로 $Y = A(B + C)$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X

- $A + BC$는 A가 1이면 B, C와 무관하게 출력이 1이 되는 OR 형태이다. 실제 회로는 $A = 0$이면 위쪽 다이오드가 도통하여 Y가 바로 0이 된다. 틀린 표현은 $A + BC$이고, 올바르게는 $A(B + C)$이다.

② X

- $A + \overline{BC}$는 $BC = 0$인 대부분의 경우 출력이 1이 되는 식이다. 실제 회로는 B 또는 C 중 하나가 1이어야 중간 노드가 1이 되고, 그 상태에서 A도 1이어야만 Y가 1이 된다. 틀린 표현은 $A + \overline{BC}$이고, 올바르게는 $A(B + C)$이다.

③ O

- B, C 입력부가 $B + C$를 만들고, 출력부는 A와 그 결과가 모두 1일 때만 풀업 상태가 유지된다. 따라서 출력은 $Y = A(B + C)$가 된다.

④ X

- $\overline{A}(B + C)$는 $A = 0$일 때만 $B + C$와 곱해지는 식이다. 실제 회로는 반대로 $A = 1$이어야 위쪽 다이오드가 꺼져 출력이 유지된다. 틀린 표현은 $\overline{A}(B + C)$이고, 올바르게는 $A(B + C)$이다.

오답 포인트

중간 노드의 B, C 부분만 보고 $B + C$를 읽어 낸 뒤, 출력 쪽 다이오드 방향을 반대로 해석하면 $A + (B + C)$ 계열 식으로 오판하기 쉽다. 이 문항의 함정은 출력 Y가 풀업되어 있어도 A 또는 중간 노드가 0이면 다이오드가 도통하여 Y를 낮춘다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

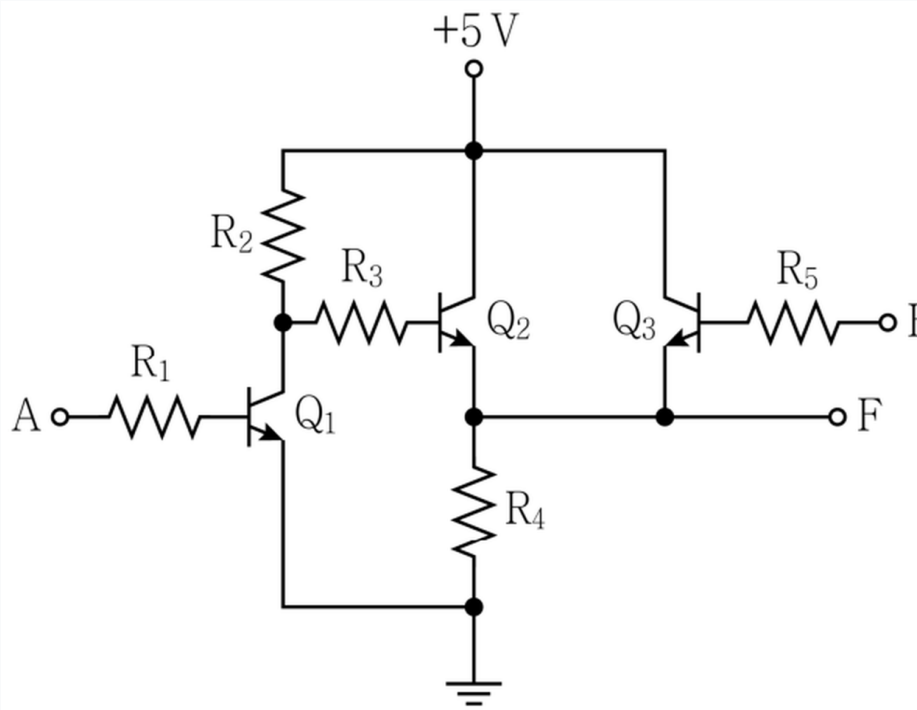
먼저 저항이 출력을 위로 끌어올리는지 아래로 끌어내리는지 본다. 그다음 다이오드가 입력에서 출력으로 향하는지, 출력에서 입력 쪽으로 향하는지 확인하면 OR 단계와 AND 단계를 분리해서 읽을 수 있다. 이 회로는 B, C에서 OR를 만든 뒤, 출력 노드에서 A와 AND를 만드는 구조이다.

암기 포인트

풀다운에 모이는 다이오드는 OR, 풀업된 출력에서 역방향으로 막히는 조건은 AND로 읽는다.

NoteBase

문 5. 다음 회로에서 입력 A, B에 논리값 '0'과 '1'에 해당하는 0[V] 또는 5[V]를 인가할 때, 출력 F의 논리값 중 (가)와 (다)에 들어갈 값은? (단, 입력 A, B에 0[V] 또는 5[V]를 인가할 때, 트랜지스터 Q1, Q2, Q3는 차단 또는 포화영역에서만 동작하도록 저항값을 설계하였다)



A	B	F
0	0	(가)
0	1	(나)
1	0	(다)
1	1	(라)

① (가): 0, (다): 0

② (가): 0, (다): 1

③ (가): 1, (다): 0

④ (가): 1, (다): 1

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 Q1이 A를 반전시키고, Q2와 Q3가 그 결과와 B를 출력 F에 병렬로 전달할 때 F의 논리식을 구하는 문제이다.

조건 정리

A=0이면 Q1은 차단되고, A=1이면 Q1은 포화된다.
Q1의 컬렉터 노드는 R2에 의해 풀업되므로 그 전압은 A를 반전한 값이 된다.
Q2는 이 반전 신호를 받아 켜지면 F를 1로 만들고, Q3는 B=1일 때 켜져 F를 1로 만든다.
R4는 Q2, Q3가 모두 꺼질 때 F를 0으로 끌어내린다.

NoteBase

계산 과정

1. A=0이면 Q1이 꺼져 Q1 컬렉터 노드가 1이 되고, Q2가 켜져 F가 1이 된다.
2. A=1이면 Q1이 켜져 Q1 컬렉터 노드가 0이 되고, Q2가 꺼진다.
3. B=1이면 Q3가 켜져 F가 1이 되고, B=0이면 Q3가 꺼진다.
4. 따라서 출력은 F=$\overline{A}+B$이다.
5. 표에 대입하면 A,B=(0,0)에서 F=1이므로 (가)=1이고, A,B=(1,0)에서 F=0이므로 (다)=0이다.

선지 판단

① X: ①은 (가)=0, (다)=0이라고 본 선택지이다. 실제로는 A=0, B=0이면 Q1이 꺼져 Q2가 켜지므로 F=1이다. 따라서 '(가)=0'이 틀렸고, 올바르게는 '(가)=1'이다.
② X: ②는 (가)=0, (다)=1이라고 본 선택지이다. 실제로는 A=0, B=0에서 F=1이고, A=1, B=0에서는 Q2와 Q3가 모두 꺼져 F=0이다. 따라서 '(가)=0, (다)=1'이 모두 틀렸고, 올바르게는 '(가)=1, (다)=0'이다.
③ O: ③은 (가)=1, (다)=0이라고 본 선택지이다. F=$\overline{A}+B$이므로 A,B=(0,0)에서 F=1, A,B=(1,0)에서 F=0이 되어 표와 일치한다.
④ X: ④는 (가)=1, (다)=1이라고 본 선택지이다. (가)=1은 맞지만, A=1, B=0이면 Q2와 Q3가 모두 꺼져 R4가 F를 0으로 끌어내린다. 따라서 '(다)=1'이 틀렸고, 올바르게는 '(다)=0'이다.

오답 포인트

Q2, Q3를 단순 직렬 소자로 보면 출력이 AND처럼 보일 수 있지만, 실제로는 두 트랜지스터가 각각 F를 위로 끌어올리는 병렬 경로이다. 또한 Q1이 먼저 A를 반전시킨다는 점을 놓치면 (가)를 0으로 잘못 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

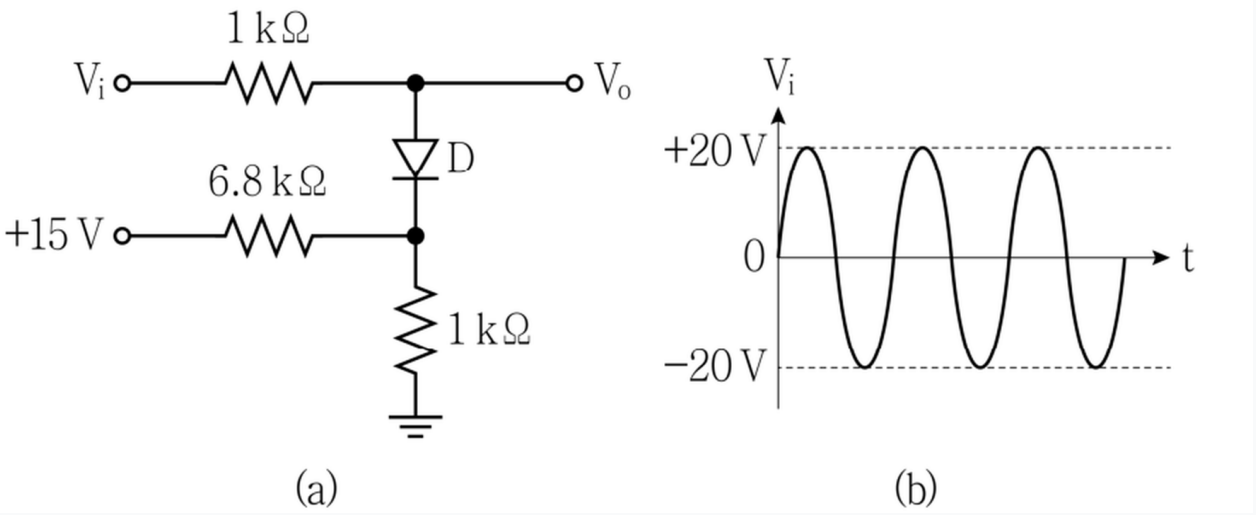
스위칭 회로는 먼저 각 트랜지스터의 온·오프 조건을 정리한 뒤, 중간 노드가 입력을 반전하는지 그대로 전달하는지를 본다. 그다음 출력 노드에 연결된 트랜지스터들이 병렬인지 직렬인지 판단하면 논리식을 빠르게 구할 수 있다.

암기 포인트

Q1은 인버터, Q2·Q3는 출력 병렬 구동이므로 F는 $\overline{A}+B$이다.

NoteBase

문 6. 그림 (a) 회로에 (b)의 입력 V_i가 인가될 때, 최대 양(+)의 출력전압 V_o[V]에 가장 가까운 것은? (단, 다이오드의 순방향 전압은 0.7 [V]이다)



① 1.92

② 2.62

③ 19.3

④ 20

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 바이어스된 다이오드 클리퍼에서 기준전압과 다이오드 순방향 전압강하를 이용해 최대 양의 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

입력 V_i의 최대값은 $+20V$이다.
아래쪽 기준 노드 전압은 $+15V$와 $6.8k\Omega$, $1k\Omega$ 분압으로 정해진다.
다이오드의 순방향 전압은 $0.7V$이다.
출력이 기준 노드 전압보다 $0.7V$ 더 커지면 다이오드가 도통하여 출력이 더 이상 크게 올라가지 못한다.

사용할 공식

기준 노드 전압을 V_R, 다이오드 순방향 전압을 V_D라고 두면 최대 양의 출력전압은 $V_{o,\max} = V_R + V_D$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 양의 방향으로 올라가는 출력을 기준 노드 전압보다 약 $0.7V$ 높은 지점에서 클리핑하는 바이어스 클리퍼이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 기준 노드 전압은
$V_R = 15 \times \frac{1}{6.8+1} = 15 \times \frac{1}{7.8} \approx 1.92V$
이다.
2. 최대 양의 출력전압은
$V_{o,\max} = V_R + 0.7 = 1.92 + 0.7 = 2.62V$
이다.
3. 입력의 양의 최대값 $20V$는 $2.62V$보다 충분히 크므로 출력은 그 이상 올라가지 못하고 약 $2.62V$에서 제한된다.

선지별 해설

① X: 선택지 ①은 최대 양의 출력전압이 $1.92V$라는 뜻인데, $1.92V$는 분압으로 만들어진 기준 노드 전압일 뿐이다. 실제 양의 클리핑 전압은 여기에 다이오드 순방향 전압 $0.7V$를 더한 $2.62V$이다.
② O: 기준 노드 전압 $1.92V$에 다이오드 순방향 전압 $0.7V$를 더하면 $2.62V$가 된다. 따라서 최대 양의 출력전압은 $2.62V$가 맞다.
③ X: 선택지 ③은 최대 양의 출력전압이 $19.3V$라는 뜻인데, 이는 $20 - 0.7$처럼 입력 최대값에서 다이오드 전압만 뺀 오답이다. 이 회로는 입력과 직렬 다이오드만 있는 회로가 아니라 기준 전압 $1.92V$를 둔 클리퍼이므로 올바른 값은 $2.62V$이다.
④ X: 선택지 ④는 출력이 입력과 같은 $20V$까지 올라간다는 뜻인데, 양의 반주기에서 출력이 $2.62V$를 넘으려 하면 다이오드가 도통하여 클리핑이 일어난다. 따라서 올바른 값은 $20V$가 아니라 $2.62V$이다.

오답 포인트

분압으로 만든 기준 노드 전압 $1.92V$ 자체를 곧바로 출력 최대값으로 착각하기 쉽다. 또 다이오드만 보고 $20 - 0.7 = 19.3V$를 떠올리거나, 다이오드가 항상 꺼져 있다고 보고 입력 최대값 $20V$를 고르는 실수가 자주 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

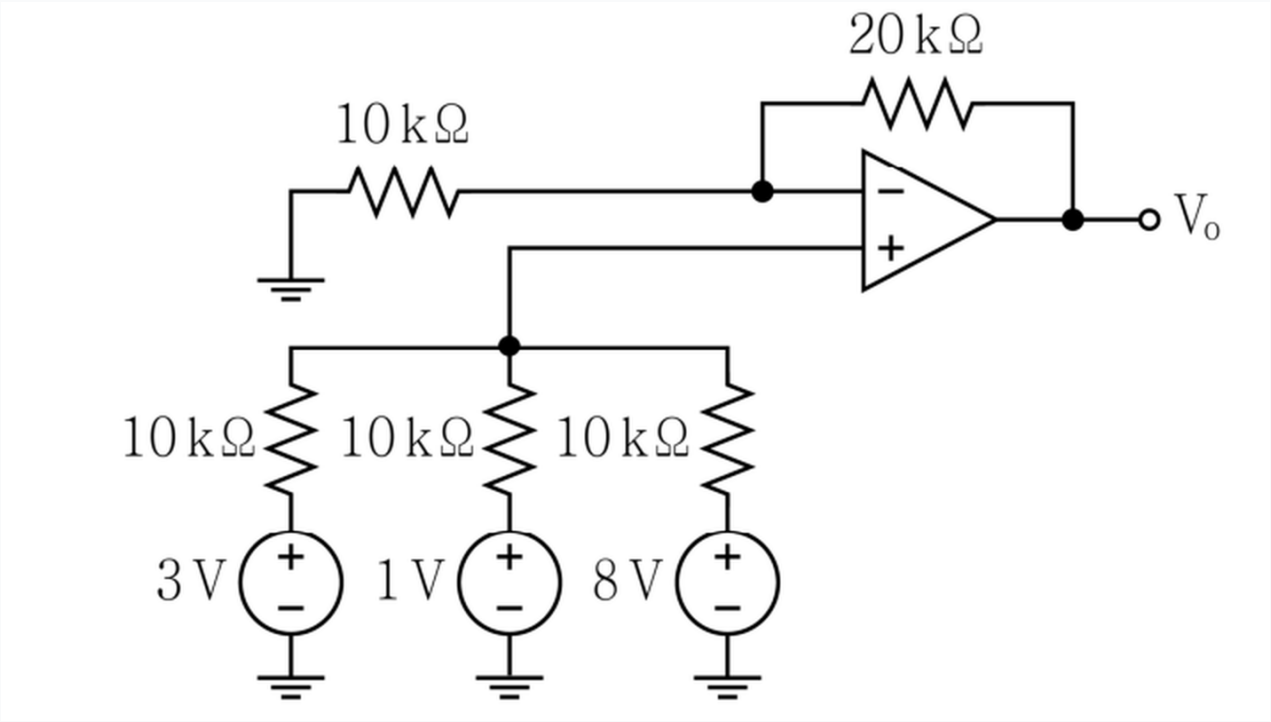
바이어스 클리퍼 문제는 먼저 저항망으로 만든 기준 전압을 구한 뒤, 다이오드 방향에 따라 그 기준 전압에 $0.7V$를 더할지 뺄지를 정하면 된다. 그다음 입력의 최대값 또는 최소값과 비교하여 실제 클리핑되는 극값을 판단하면 된다.

암기 포인트

바이어스된 다이오드 클리퍼의 클립 전압은 기준전압에 다이오드 순방향 전압을 더하거나 뺀 값으로 정해진다.

NoteBase

문 7. 다음 회로에서 출력전압 V_o[V]는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 4

② 8

③ 10

④ 12

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기에서 $V_- = V_+$가 성립한다는 점과 비반전 증폭기의 폐루프 이득을 이용해 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

- +단자 노드는 $3V$, $1V$, $8V$ 전원에 각각 $10k\Omega$로 연결되어 있다.
- −단자는 출력과 $20k\Omega$로, 접지와 $10k\Omega$로 연결된 비반전 증폭기 형태이다.
- 이상적인 연산증폭기이므로 입력전류는 0이고, 음귀환이 걸리면 $V_- = V_+$이다.

NoteBase

사용할 공식

$V_+ = \frac{3+1+8}{3} = 4V$
$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_g}\right)V_+ = \left(1 + \frac{20k\Omega}{10k\Omega}\right)4V$
이 공식을 쓰는 이유는 +단자 노드가 동일 저항 3개로 세 전원에 연결되어 있어 노드 전압이 산술평균으로 정해지고, 출력단은 비반전 증폭기이므로 이득이 $1 + R_f/R_g$로 결정되기 때문이다.

계산 과정

1. +단자 전압은 입력전류가 0이므로 세 전압의 평균이 된다.
$V_+ = \frac{3+1+8}{3} = 4V$
2. 이상적인 연산증폭기와 음귀환 조건에서 $V_- = V_+ = 4V$이다.
3. 비반전 증폭기 이득은 $1 + R_f/R_g = 1 + 20/10 = 3$이다.
4. 따라서 출력전압은
$V_o = 3 \times 4V = 12V$
이 된다.

선지별 해설

① X
- $4V$는 출력전압이 아니라 +단자 노드 전압이다.
- 출력은 비반전 증폭기 이득 3이 곱해져 $12V$가 된다. 올바르게는 $12V$이다.

② X
- $8V$는 비반전 증폭기에서 $+1$ 항을 빼먹고 $R_f/R_g = 2$만 곱하면 나오는 오답이다.
- 실제 출력은 $\left(1 + \frac{20}{10}\right)4 = 12V$이다. 올바르게는 $12V$이다.

③ X
- $10V$라면 피드백 분압으로 −단자 전압이 $10 \times \frac{10}{20+10} = \frac{10}{3}V$가 되어 $V_- = V_+ = 4V$ 조건을 만족하지 못한다.
- 이상적 연산증폭기에서는 음귀환 상태에서 두 입력 전압이 같아야 하므로 올바르게는 $12V$이다.

④ O
- +단자 전압은 $4V$이고 비반전 증폭기 이득은 3이다.
- 따라서 $V_o = 12V$가 되어 정답이다.

오답 포인트

가장 흔한 실수는 +단자 노드 전압 $4V$를 그대로 출력으로 보는 경우와, 비반전 증폭기 이득에서 $1 + R_f/R_g$의 $+1$을 빠뜨리는 경우이다. 숫자만 보지 말고 먼저 회로 형태가 비반전 증폭기인지 확인해야 한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

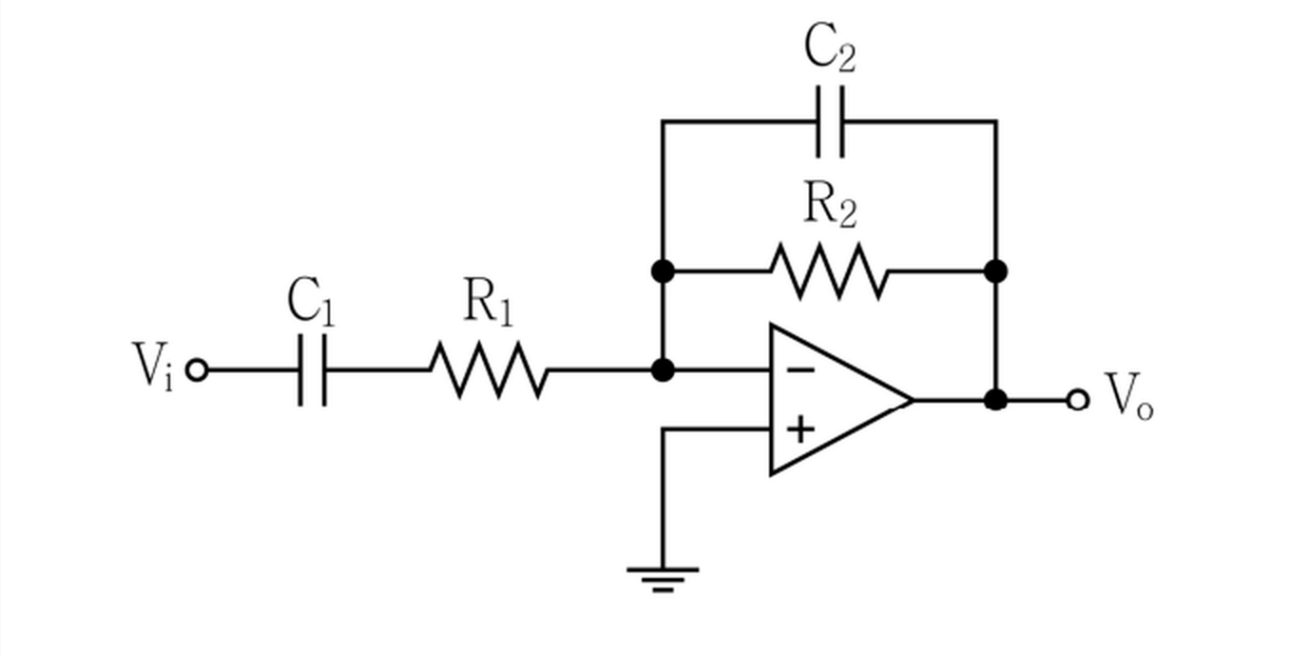
연산증폭기 계산형 문제는 먼저 입력 노드 전압을 구하고, 다음으로 회로가 반전형인지 비반전형인지 구분한 뒤, 마지막으로 이상적 조건 $V_- = V_+$와 폐루프 이득을 적용해 출력전압을 계산하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상적 비반전 증폭기는 $V_- = V_+$, 이득은 $1 + R_f/R_g$이다.

NoteBase

문 8. 다음 회로에서 전달함수 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$는? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $-\frac{R_2C_1}{(1+\frac{s}{R_1C_1})(1+\frac{s}{R_2C_2})}$
② $-\frac{sR_1C_2}{(1+\frac{s}{R_1C_1})(1+\frac{s}{R_2C_2})}$
③ $-\frac{R_1C_2}{(1+sR_1C_1)(1+sR_2C_2)}$
④ $-\frac{sR_2C_1}{(1+sR_1C_1)(1+sR_2C_2)}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 반전 연산증폭기에서 입력 임피던스와 피드백 임피던스를 구해 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)}$를 유도하는 문제이다.

조건 정리

입력 임피던스는 $Z_{in} = R_1 + \frac{1}{sC_1}$이다.
피드백 임피던스는 $Z_f = R_2 \parallel \frac{1}{sC_2} = \frac{R_2}{1+sR_2C_2}$이다.
이상적인 연산증폭기이므로 비반전단이 접지되어 반전단은 가상접지 0이 된다.

사용할 공식

반전 증폭기의 전달함수는 $\frac{V_o}{V_i} = -\frac{Z_f}{Z_{in}}$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 입력이 반전단으로만 들어가고 비반전단이 접지된 전형적인 반전형 구조이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. $Z_{in} = R_1 + \frac{1}{sC_1} = \frac{1+sR_1C_1}{sC_1}$이다.
2. $Z_f = R_2 \parallel \frac{1}{sC_2} = \frac{R_2}{1+sR_2C_2}$이다.
3. 따라서 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = -\frac{Z_f}{Z_{in}} = -\frac{R_2}{1+sR_2C_2} \cdot \frac{sC_1}{1+sR_1C_1} = -\frac{sR_2C_1}{(1+sR_1C_1)(1+sR_2C_2)}$이다.

선지별 해설

① X: 분자에 s가 빠져 있고, 분모도 $1+\frac{s}{R_1C_1}$, $1+\frac{s}{R_2C_2}$로 써서 올바른 $1+sRC$ 꼴이 아니다. 틀린 표현은 분자 $-R_2C_1$와 분모 $1+\frac{s}{R_1C_1}$ 형태이고, 올바르게는 $-\frac{sR_2C_1}{(1+sR_1C_1)(1+sR_2C_2)}$이다.
② X: 분자에 R_1C_2가 들어가 입력망의 C_1과 피드백망의 R_2를 잘못 짝지었다. 분모도 $1+\frac{s}{R_1C_1}$, $1+\frac{s}{R_2C_2}$ 형태로 잘못되었다. 틀린 표현은 $-sR_1C_2$이고, 올바르게는 $-sR_2C_1$이다.
③ X: 분모 $(1+sR_1C_1)(1+sR_2C_2)$는 맞지만 분자에 s가 빠졌고 계수도 R_1C_2로 잘못 잡았다. 틀린 표현은 $-R_1C_2$이고, 올바르게는 $-sR_2C_1$이다.
④ O: 입력 직렬망을 통분하면 $\frac{1+sR_1C_1}{sC_1}$가 되고, 피드백 병렬망은 $\frac{R_2}{1+sR_2C_2}$가 된다. 이를 $-\frac{Z_f}{Z_{in}}$에 대입하면 $-\frac{sR_2C_1}{(1+sR_1C_1)(1+sR_2C_2)}$가 되어 옳다.

오답 포인트

직렬 입력 임피던스 $R_1+\frac{1}{sC_1}$를 바로 통분하지 않으면 분자의 s를 놓치기 쉽다. 또 입력망의 C_1과 피드백망의 R_2가 분자에 남는 구조를 놓치면 R_1C_2처럼 경로가 뒤바뀐 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

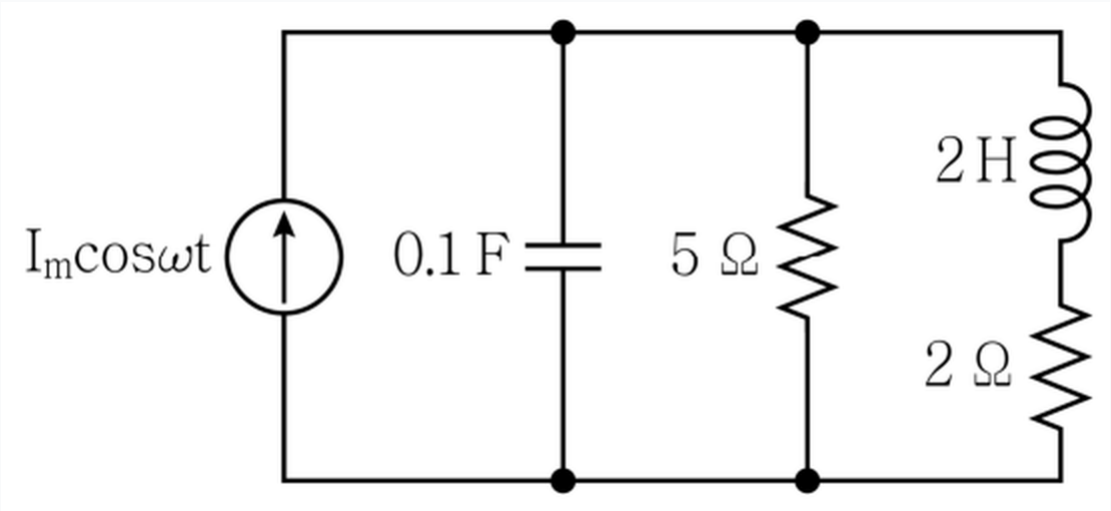
연산증폭기 전달함수 문제는 먼저 반전형인지 확인한 뒤 Z_{in}, Z_f를 각각 구하고 $-\frac{Z_f}{Z_{in}}$를 적용한다. 마지막에는 분자가 어느 경로의 소자로 만들어지는지, 분모가 각 1차 항 $(1+sRC)$의 곱인지 검산하면 된다.

암기 포인트

반전형 RC 회로는 $-\frac{Z_f}{Z_{in}}$에서 시작하고, 직렬 $R+\frac{1}{sC}$는 통분하면 $\frac{1+sRC}{sC}$가 된다는 점이 핵심이다.

NoteBase

문 9. 다음 회로에서 공진 각주파수 [*rad/s*]는?



① 1

② 2

③ 3

④ 4

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 병렬 공진 회로에서 전체 어드미턴스의 허수부가 0이 되는 조건으로 공진 각주파수 ω를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 커패시터 $C = 0.1F$, 저항 5Ω, 직렬 가지 $R = 2\Omega$, $L = 2H$이다.
구해야 할 값: 공진 각주파수 ω이다.
주의할 조건: 전체 회로는 병렬이므로 임피던스가 아니라 전체 어드미턴스의 허수부를 0으로 두어야 한다.

NoteBase

사용할 공식

병렬 공진 조건은 전체 어드미턴스 Y의 허수부가 0이 되는 것이다.
$Y = Y_C + Y_{5\Omega} + Y_{RL} = j\omega C + \frac{1}{5} + \frac{1}{2+j2\omega}$
직렬 RL 가지의 어드미턴스는
$\frac{1}{2+j2\omega} = \frac{2-j2\omega}{4+4\omega^2} = \frac{1}{2(1+\omega^2)} - j\frac{\omega}{2(1+\omega^2)}$
이므로 허수부만 모아 0으로 둔다.
이 공식을 쓰는 이유: 전류원이 병렬 회로를 구동하므로 공진은 유도성 성분과 용량성 성분의 서셉턴스가 서로 상쇄될 때 발생한다.

계산 과정

1. 커패시터 가지의 서셉턴스는 $+0.1\omega$이다.
2. 직렬 RL 가지의 서셉턴스 허수부는 $-\frac{\omega}{2(1+\omega^2)}$이다.
3. 공진 조건을 적용하면
$0.1\omega - \frac{\omega}{2(1+\omega^2)} = 0$
4. $\omega \neq 0$이므로 ω를 약분하면
$0.1 = \frac{1}{2(1+\omega^2)}$
5. 정리하면
$0.2(1+\omega^2) = 1 \Rightarrow 1+\omega^2 = 5 \Rightarrow \omega^2 = 4$
6. 따라서 $\omega = 2 rad/s$이다.

선지별 해설

① X: $\omega = 1$을 대입하면 전체 허수부는 $0.1 - \frac{1}{4} = -0.15$가 되어 0이 아니다. 1 rad/s가 아니라 2 rad/s일 때 공진한다.
② O: $\omega = 2$를 대입하면 전체 허수부는 $0.2 - \frac{2}{10} = 0$이 된다. 병렬 공진 조건을 만족하므로 옳다.
③ X: $\omega = 3$을 대입하면 전체 허수부는 $0.3 - \frac{3}{20} = 0.15$가 되어 0이 아니다. 3 rad/s가 아니라 2 rad/s가 공진 각주파수이다.
④ X: $\omega = 4$를 대입하면 전체 허수부는 $0.4 - \frac{4}{34} \approx 0.282$가 되어 0이 아니다. 4 rad/s가 아니라 2 rad/s가 맞는 값이다.

오답 포인트

회로 전체가 병렬이라는 점을 놓치고 $1/\sqrt{LC}$ 같은 단순 직렬 공진식으로 처리하면 오답이 된다. 이 문항의 함정은 오른쪽 가지가 순수 인덕터가 아니라 2Ω와 직렬인 RL 가지라는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 공진 회로는 각 가지의 어드미턴스로 바꾼 뒤 전체 허수부가 0인지 확인하면 된다. 특히 직렬 RL 가지가 섞여 있으면 먼저 $1/(R+j\omega L)$ 형태로 변환해서 서셉턴스를 구하면 판단이 바로 된다.

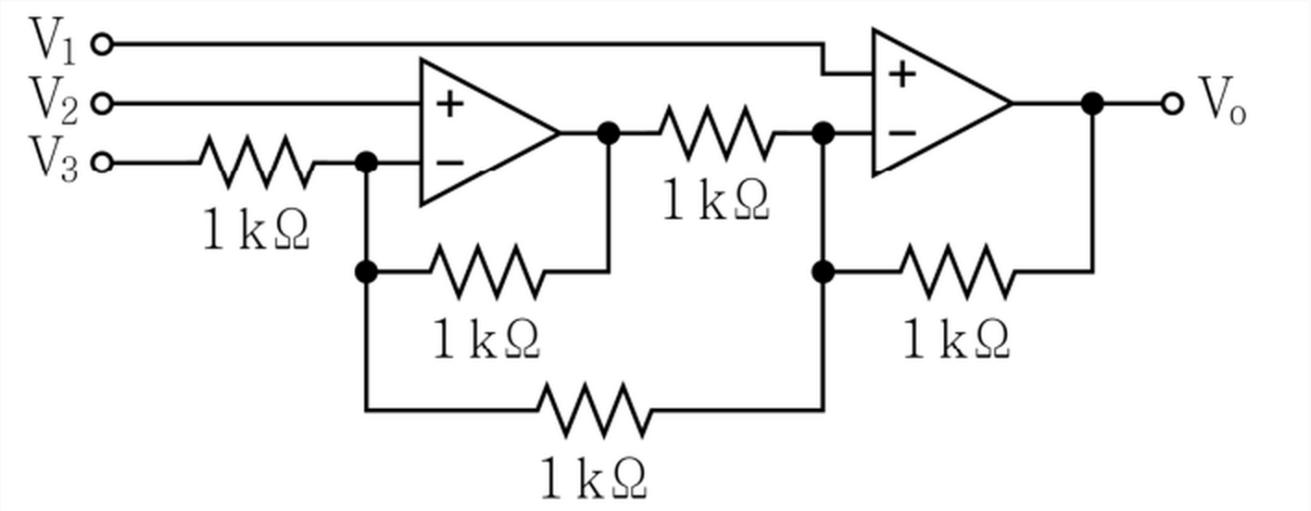
NoteBase

암기 포인트

병렬 공진은 임피던스가 아니라 서셉턴스 상쇄로 본다. 직렬 *RL* 가지는 그대로 더하지 말고 반드시 어드미턴스로 바꾼다.

NoteBase

문 10. 다음 회로에서 입력 V_1, V_2, V_3에 대한 출력 V_0의 관계식은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① $2V_1 + 2V_2 + V_3$

② $3V_1 - 3V_2 + V_3$

③ $4V_1 - 4V_2 + V_3$

④ $4V_1 - 4V_2 + 2V_3$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기에서 $V_- = V_+$ 조건과 반전 입력 노드의 KCL을 이용해 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

첫 번째 연산증폭기의 비반전 입력은 V_2이므로 왼쪽 반전 입력 노드 전압도 V_2이다.
두 번째 연산증폭기의 비반전 입력은 V_1이므로 오른쪽 반전 입력 노드 전압도 V_1이다.
모든 저항은 $1k\Omega$이므로 각 전류식의 계수는 동일하다.

사용할 공식

이상적 연산증폭기에서는 입력 전류가 0이고 음귀환이 걸리면 $V_- = V_+$이다. 따라서 각 반전 입력 노드에서 KCL을 적용한다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 단순한 비반전 증폭기 두 개의 직렬이 아니라, 두 반전 입력 노드가 저항으로 서로 연결된 결합 회로이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

왼쪽 연산증폭기 출력을 V_x라 두면 왼쪽 반전 입력 노드에서
$\frac{V_2 - V_3}{1k\Omega} + \frac{V_2 - V_x}{1k\Omega} + \frac{V_2 - V_1}{1k\Omega} = 0$
이므로

$V_x = 3V_2 - V_3 - V_1$

이다.

오른쪽 반전 입력 노드에서
$\frac{V_1 - V_x}{1k\Omega} + \frac{V_1 - V_o}{1k\Omega} + \frac{V_1 - V_2}{1k\Omega} = 0$
이므로

$V_o = 3V_1 - V_x - V_2$

이다.

여기에 $V_x = 3V_2 - V_3 - V_1$을 대입하면

$V_o = 3V_1 - (3V_2 - V_3 - V_1) - V_2 = 4V_1 - 4V_2 + V_3$

가 된다.

선지별 해설

① X: 계산 결과는 $V_o = 4V_1 - 4V_2 + V_3$이므로 $2V_1 + 2V_2 + V_3$는 맞지 않는다. 틀린 표현은 $+2V_2$와 $2V_1$의 계수이다. 올바르게는 $-4V_2$와 $4V_1$가 된다.

② X: $3V_1 - 3V_2 + V_3$는 두 반전 입력 노드 사이의 결합 저항이 만드는 추가 이득을 하나씩 빠뜨린 값이다. 틀린 표현은 $3V_1$, $-3V_2$이며 올바르게는 $4V_1$, $-4V_2$이다.

③ O: KCL과 $V_- = V_+$를 적용하면 $V_o = 4V_1 - 4V_2 + V_3$가 되어 정답과 일치한다.

④ X: $4V_1 - 4V_2 + 2V_3$는 V_3 경로를 한 번 더 증폭된 것으로 잘못 본 식이다. V_3는 첫 번째 노드식에 한 번만 들어가므로 계수는 $+1$이어야 한다. 틀린 표현은 $2V_3$이고 올바르게는 V_3이다.

오답 포인트

이 회로를 비반전 증폭기 두 단의 단순 직렬로 보면 오답이 나온다. 핵심 함정은 두 반전 입력 노드가 아래쪽 $1k\Omega$로 서로 연결되어 있어 각 노드 KCL에 상대 노드 전압이 함께 들어간다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

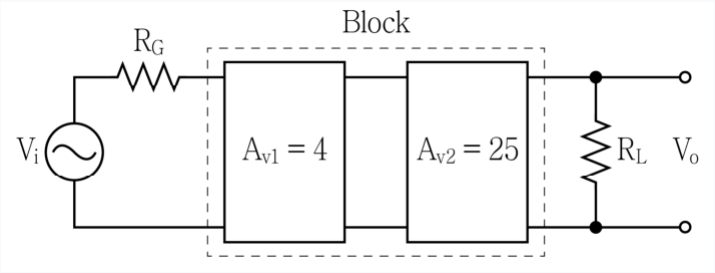
이상적 연산증폭기 결합 회로는 먼저 각 반전 입력 노드 전압을 비반전 입력 전압과 같게 둔 뒤, 각 노드에서 KCL을 세워 중간 출력부터 정리하면 된다. 단순 이득 암산보다 노드 방정식이 안전하다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기 결합 회로는 $V_- = V_+$를 먼저 놓고 반전 입력 노드마다 KCL을 세우면 된다.

NoteBase

문 11. 그림에서 Block의 전체 전압이득[dB]은?



① 10

② 20

③ 40

④ 100

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 종속 접속된 전압이득을 곱해 전체 선형 전압이득을 구한 뒤 이를 데시벨 값으로 바꾸는지를 묻는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 1단 전압이득 $A_{v1} = 4$, 2단 전압이득 $A_{v2} = 25$이다.
구해야 할 값은 Block 전체의 데시벨 전압이득이다.
두 증폭단은 직렬로 연결되어 있으므로 전체 전압이득은 각 단의 전압이득을 곱해 구한다.

사용할 공식

전체 선형 전압이득은 $A_v = A_{v1}A_{v2}$이다.
전압이득의 데시벨 값은 $G_v = 20\log_{10} A_v$이다.
전압비를 데시벨로 바꿀 때는 전력이 아니라 전압이므로 10log가 아니라 20log를 사용한다.

계산 과정

1. 전체 선형 전압이득은 $A_v = 4 \times 25 = 100$이다.
2. 이를 데시벨로 바꾸면 $G_v = 20\log_{10} 100$이다.
3. $\log_{10} 100 = 2$이므로 $G_v = 20 \times 2 = 40dB$이다.

NoteBase

선지 판단

1번: X. 10은 전체 전압이득 100을 데시벨로 환산한 값이 아니다. 틀린 표현은 전체 이득을 10으로 본 점이며, 올바르게는 전체 선형 전압이득은 100, 데시벨 값은 $40dB$이다.
2번: X. 20은 전압이득 100에 $10\log_{10}$를 적용했을 때 나오는 값이다. 틀린 표현은 전압이득을 전력이득처럼 처리한 점이며, 올바르게는 전압비이므로 $20\log_{10}100 = 40dB$이다.
3번: O. 두 단의 전압이득을 곱하면 100이고, 이를 데시벨로 바꾸면 $20\log_{10}100 = 40dB$이므로 옳다.
4번: X. 100은 데시벨 값이 아니라 선형 전압이득 자체이다. 틀린 표현은 선형 이득과 데시벨 값을 같게 본 점이며, 올바르게는 선형 이득 100은 $40dB$로 변환된다.

오답 포인트

가장 흔한 함정은 두 단계 이득을 곱한 100을 최종 답으로 적거나, 전압이득인데도 10log를 적용해 20으로 계산하는 점이다. 이 문항은 선형 이득과 데시벨 이득의 구분을 정확히 묻는다.

다시 나오면 이렇게 판단

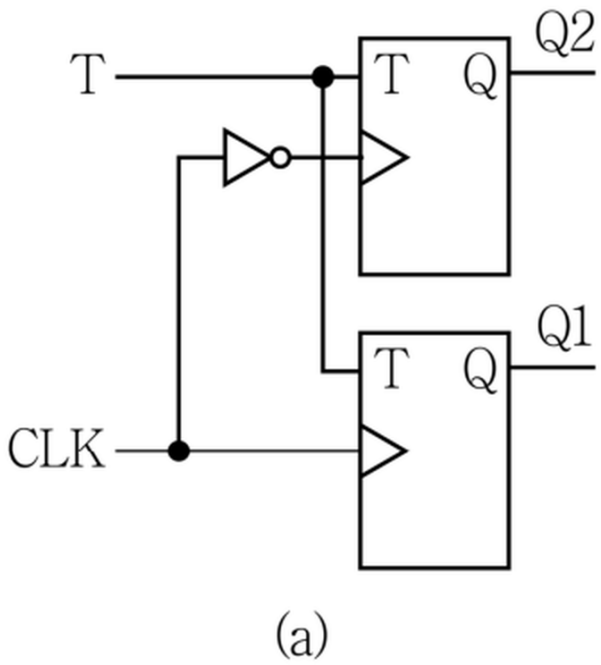
연속된 증폭기 문제는 먼저 각 단 이득을 곱해 전체 선형 이득을 만든 뒤, 전압이득이면 20log, 전력이득이면 10log를 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

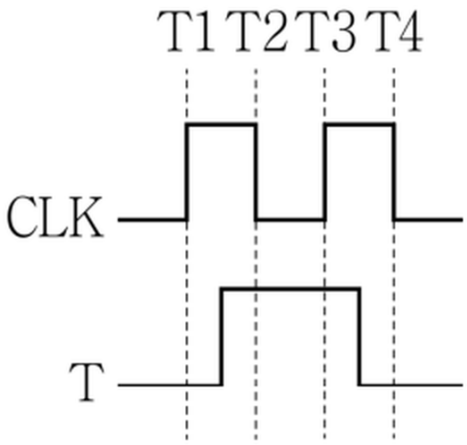
직렬 전압이득은 곱하고, 전압비의 데시벨 변환은 $20\log_{10}$이다.

NoteBase

문 12. 그림 (a)의 두 개의 T 플립플롭 회로에서 Q의 초기 논리값은 '0'에서 시작한다. 그림 (b)와 같이 클럭 CLK와 입력 T가 주어질 때, 구간 T3-T4에서 출력 Q1, Q2의 논리값은? (단, 각 논리 게이트에서 지연은 없다)



(a)



(b)

① Q1: 0, Q2: 0

② Q1: 0, Q2: 1

③ Q1: 1, Q2: 0

④ Q1: 1, Q2: 1

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 두 T 플립플롭의 유효 클록 에지와 타이밍도에서 각 출력이 언제 토글되는지를 판단하는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

1번: X. $Q1$, $Q2$를 (0, 0)으로 본 판단은 T3에서 Q1이 토글되고 T2에서 이미 Q2가 1이 된 점을 놓친 것이다. 올바르게는 구간 T3-T4에서 $Q1 = 1, Q2 = 1$이다.
2번: X. Q2를 1로 본 것은 맞지만 Q1을 0으로 본 것이 틀리다. 아래 T 플립플롭 Q1은 CLK의 상승 에지인 T3에서 T=1이므로 0에서 1로 토글된다. 올바르게는 $Q1 = 1, Q2 = 1$이다.
3번: X. Q1을 1로 본 것은 맞지만 Q2를 0으로 본 것이 틀리다. 위 T 플립플롭 Q2는 인버터를 거친 클록을 받아 원래 CLK의 하강 에지인 T2에서 동작하고, 그때 T=1이므로 0에서 1로 토글된다. 올바르게는 $Q1 = 1, Q2 = 1$이다.
4번: O. Q1은 T1에서 T=0이어서 유지되고 T3에서 T=1이어서 1로 토글된다. Q2는 T2에서 T=1이어서 1로 토글된 뒤 T4 직전까지 유지된다. 따라서 구간 T3-T4에서 두 출력은 모두 1이다.

오답 포인트

반전된 클록을 받는 Q2의 동작 에지를 놓치거나, T3-T4 구간을 T4 순간까지 포함한 상태로 섞어 판단하면 오답이 된다. 이 문항은 각 플립플롭이 어느 에지에서 반응하는지부터 분리해서 봐야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

각 플립플롭의 유효 에지를 먼저 표시한 뒤, 그 에지에서의 T 값이 1이면 토글하고 0이면 유지하는 방식으로 시간을 따라 상태를 갱신하면 된다.

암기 포인트

T 플립플롭은 유효 에지에서 T=1이면 토글되고, 반전 클록을 쓰면 원래 클록의 반대 에지에서 동작한다.

NoteBase

문 13. p형 Si 반도체에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 다수 캐리어가 정공이다.

② 불순물 도핑 농도가 높을수록 저항률이 증가한다.

③ 순수한 Si에 최외각 전자가 3개인 불순물을 첨가한다.

④ 페르미준위는 진성반도체보다 가전자대역의 최고 에너지준위에 더 가깝게 위치한다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 p형 Si 반도체의 도핑 원리, 다수 캐리어, 페르미준위의 위치, 도핑 농도와 저항률의 관계를 정확히 구별하는지를 묻는다.

핵심 개념

p형 반도체는 순수 Si에 3가 불순물을 도핑하여 정공을 다수 캐리어로 만든 반도체이다.
p형 반도체는 도핑 농도가 증가하면 정공 농도가 늘어나 전도도는 커지고 저항률은 작아진다.
p형 반도체의 페르미준위는 진성반도체보다 가전자대역의 최고 에너지준위 쪽에 더 가깝게 위치한다.

선지별 해설

1번 O: p형 반도체는 정공이 다수 캐리어이고 전자는 소수 캐리어이므로 옳다.
2번 X: 틀린 부분은 '저항률이 증가한다'이다. p형 반도체는 도핑 농도가 높아질수록 정공 수가 증가하여 전도도가 커지므로 저항률은 감소한다.
3번 O: p형 Si는 보론이나 알루미늄처럼 최외각 전자가 3개인 3가 불순물을 순수 Si에 첨가하여 만든다. 이때 공유결합이 하나 부족해져 정공이 생기므로 옳다.
4번 O: p형 반도체는 정공 농도가 많아져 페르미준위가 진성반도체의 중간준위보다 가전자대역의 최고 에너지준위 쪽으로 더 가까이 이동하므로 옳다.

오답 포인트

도핑을 많이 하면 불순물이 늘어나므로 저항이 커진다고 단순 연결하면 2번에 속기 쉽다. 반도체에서는 도핑 증가가 자유 캐리어 농도 증가로 이어져 일반적으로 전도도는 커지고 저항률은 작아진다.

다시 나오면 이렇게 판단

p형 반도체 문제는 먼저 3가 불순물인지, 다수 캐리어가 정공인지, 페르미준위가 가전자대역 쪽인지, 도핑 증가 시 저항률이 감소하는지를 차례로 확인하면 된다.

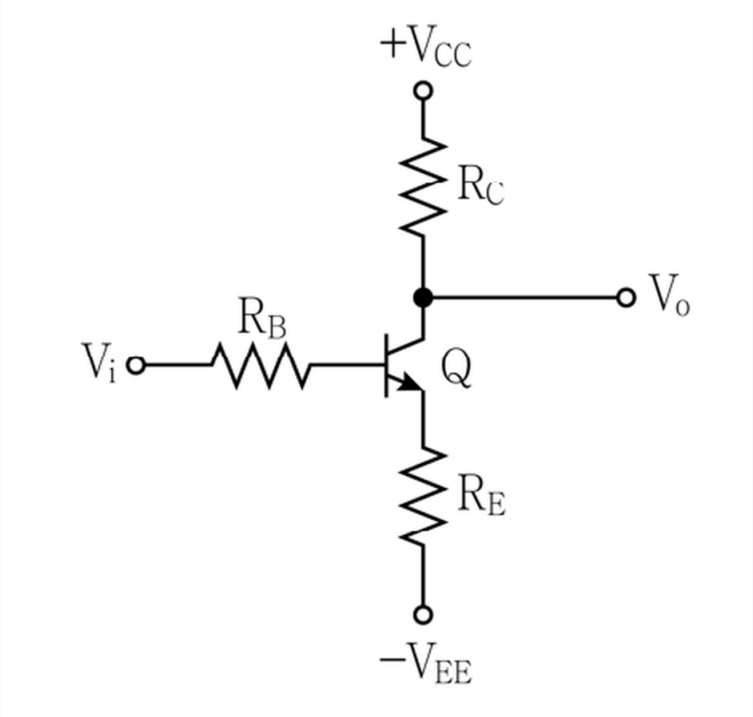
NoteBase

암기 포인트

p형은 3가 도핑, 정공 다수, 페르미준위는 가전자대역 쪽, 도핑이 늘면 저항률은 감소이다.

NoteBase

문 14. 다음 회로에서 소신호 전압이득의 크기 $\left|\frac{V_o}{V_i}\right|$를 증가시키는 방법으로 옳은 것은? (단, 트랜지스터 Q는 활성영역에서 동작하고, 교류 출력 저항 $r_o = \infty$, 교류 이미터 저항은 r_e이다)



① r_e를 증가시킨다.

② R_B를 증가시킨다.

③ R_C를 증가시킨다.

④ R_E를 증가시킨다.

정답 3번

출제 포인트

트랜지스터 소신호 T모델에서 이미터 퇴피가 있는 공통 이미터 증폭기의 전압이득 크기 변화를 식으로 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 조건은 $r_o = \infty$이므로 출력저항에 의한 추가 이득 저하는 없고, 교류 해석에서 $+V_{CC}$, $-V_{EE}$는 접지로 본다는 점이다.
입력 V_i는 R_B를 거쳐 베이스에 들어가고, 이미터 쪽에는 내부 저항 r_e와 외부 저항 R_E가 함께 이미터 퇴피를 만든다.
출력 V_o는 컬렉터 저항 R_C에 흐르는 소신호 전류 변화로 생긴 전압이다.

NoteBase

사용할 공식

소신호 T모델에서 i_e를 이미터 전류라 두면
$V_i = i_e\left(r_e + R_E + \frac{R_B}{\beta+1}\right)$
$|V_o| \approx i_e R_C$
이므로
$\left|\frac{V_o}{V_i}\right| \approx \frac{R_C}{r_e + R_E + \frac{R_B}{\beta+1}}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이 회로가 공통 이미터 증폭기이고, R_E와 r_e가 분모에서 이미터 퇴피를 만들며, R_B도 베이스 전류를 통해 입력 감쇠 항으로 작용하기 때문이다.

계산 과정

1. 베이스-이미터 소신호 전압은 $v_{be} = i_e r_e$이다.
2. 이미터 저항 전압은 $v_e = i_e R_E$이고, 베이스 저항 전압은 $i_b R_B = \frac{i_e}{\beta+1} R_B$이다.
3. 따라서 입력은 $V_i = v_{be} + v_e + i_b R_B = i_e\left(r_e + R_E + \frac{R_B}{\beta+1}\right)$가 된다.
4. $r_o = \infty$이고 $i_c \approx i_e$로 보면 출력 크기는 $|V_o| \approx i_e R_C$이므로
$\left|\frac{V_o}{V_i}\right| \approx \frac{R_C}{r_e + R_E + \frac{R_B}{\beta+1}}$
가 된다.
5. 따라서 분자를 키우는 R_C 증가는 이득을 증가시키고, 분모를 키우는 r_e, R_B, R_E 증가는 이득을 감소시킨다.

선지별 해설

① X: r_e는 분모에 있으므로 증가하면
$\left|\frac{V_o}{V_i}\right|$
가 감소한다. 틀린 표현은 '증가시킨다'이고, 올바르게는 'r_e를 감소시키면 전압이득의 크기가 증가한다'이다.
② X: R_B가 커지면
$\frac{R_B}{\beta+1}$
항이 커져 전체 분모가 증가하므로 이득은 증가하지 않는다. 틀린 표현은 '증가시킨다'이고, 올바르게는 'R_B를 감소시키면 전압이득의 크기가 증가한다'이다.
③ O: R_C는 식의 분자에 있으므로 증가할수록 컬렉터 전압 변화폭이 커져
$\left|\frac{V_o}{V_i}\right|$
가 증가한다.
④ X: R_E가 커지면 이미터 퇴피가 커져 분모가 증가하므로 이득이 감소한다. 틀린 표현은 '증가시킨다'이고, 올바르게는 'R_E를 감소시키면 전압이득의 크기가 증가한다'이다.

오답 포인트

공통 이미터 증폭기에서는 R_C만 분자에 있고 r_e, R_E, R_B 계열은 분모에서 이득을 깎는다는 구조를 놓치기 쉽다. 특히 R_E를 크게 하면 안정도는 좋아질 수 있지만 전압이득은 커지지 않는다는 점이 대표적인 함정이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

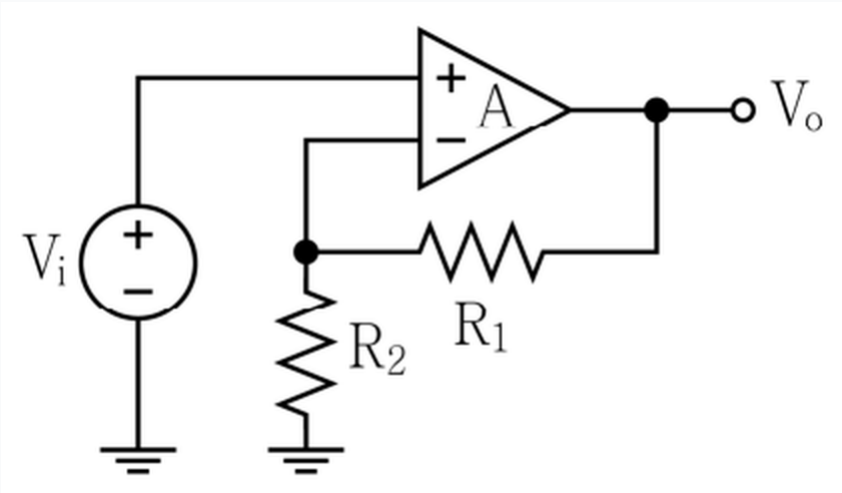
소신호 전압이득을 묻는 회로가 나오면 먼저 이득식을 분자와 분모로 나눈다. 컬렉터 부하처럼 출력 전압 변화를 키우는 항은 분자, 이미터 퇴피나 입력 감쇠를 만드는 항은 분모에 들어간다고 보면 빠르게 판단할 수 있다.

암기 포인트

공통 이미터 전압이득의 크기는 R_C는 분자, r_e, R_E, $R_B/(\beta+1)$는 분모라는 구조로 기억한다.

NoteBase

문 15. 다음 회로에서 전압이득 $\frac{V_o}{V_i}$에 가장 가까운 것은? (단, 연산증폭기의 전압이득 $A = 3$, $R_2 = 3R_1$이다)



① $\frac{4}{13}$
② $\frac{9}{13}$
③ $\frac{12}{13}$
④ $\frac{15}{13}$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 유한한 개방루프 이득을 가진 비반전 증폭기에서 피드백 분압비를 반영하여 폐루프 전압이득 V_o/V_i를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $A = 3$, $R_2 = 3R_1$이다.
구해야 할 값은 V_o/V_i이다.
반전 입력 전압은 출력이 저항 분배된 값이므로 $V_- = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_o$이다.

사용할 공식

연산증폭기의 유한 이득 관계는 $V_o = A(V_+ - V_-)$이다.
이 문제는 비반전 입력에 V_i가 직접 걸리고 반전 입력에는 출력의 분압이 걸리는 폐루프 회로이므로 이 식에 피드백 분압식을 대입하면 된다.

NoteBase

계산 과정

분압비는 $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3R_1}{R_1 + 3R_1} = \frac{3}{4}$이다.
따라서 $V_+ = V_i$, $V_- = \beta V_o = \frac{3}{4}V_o$이다.
이를 $V_o = A(V_+ - V_-)$에 대입하면 $V_o = 3\left(V_i - \frac{3}{4}V_o\right)$이다.
정리하면 $V_o = 3V_i - \frac{9}{4}V_o$, 따라서 $\frac{13}{4}V_o = 3V_i$이다.
그러므로 $\frac{V_o}{V_i} = \frac{12}{13}$이다.

선지 판단

1번 X: 4/13은 최종식 $\frac{13}{4}V_o = 3V_i$에서 분자와 분모의 역할을 잘못 본 값이다. 틀린 표현은 폐루프 이득을 4/13으로 둔 점이며, 올바르게는 $V_o/V_i = 12/13$이다.
2번 X: 9/13은 개방이득 $A = 3$와 피드백 분압비 $\beta = 3/4$를 곱한 값 $A\beta$만 보고 답으로 착각한 경우에 가깝다. 틀린 표현은 루프이득을 곧바로 전압이득으로 본 점이며, 올바르게는 $V_o/V_i = \frac{A}{1 + A\beta} = 12/13$이다.
3번 O: 계산 결과가 정확히 12/13이므로 맞는 선택지이다. 유한 이득 연산증폭기에서는 이상적인 비반전 증폭기 이득이 아니라 A와 피드백 분압을 함께 반영한 폐루프 이득을 써야 한다.
4번 X: 15/13은 반전 입력의 피드백 전압이 입력과 같은 부호로 더해진다고 잘못 처리할 때 나올 수 있는 값이다. 틀린 표현은 $V_o = A(V_i + V_-)$처럼 본 점이며, 올바르게는 $V_o = A(V_i - V_-)$이므로 $V_o/V_i = 12/13$이다.

오답 포인트

반전 입력 노드 전압을 $V_o/4$로 보거나, $A\beta$를 그대로 정답으로 착각하거나, 연산증폭기 식의 부호를 $V_i - V_-$가 아니라 $V_i + V_-$로 처리하면 오답이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

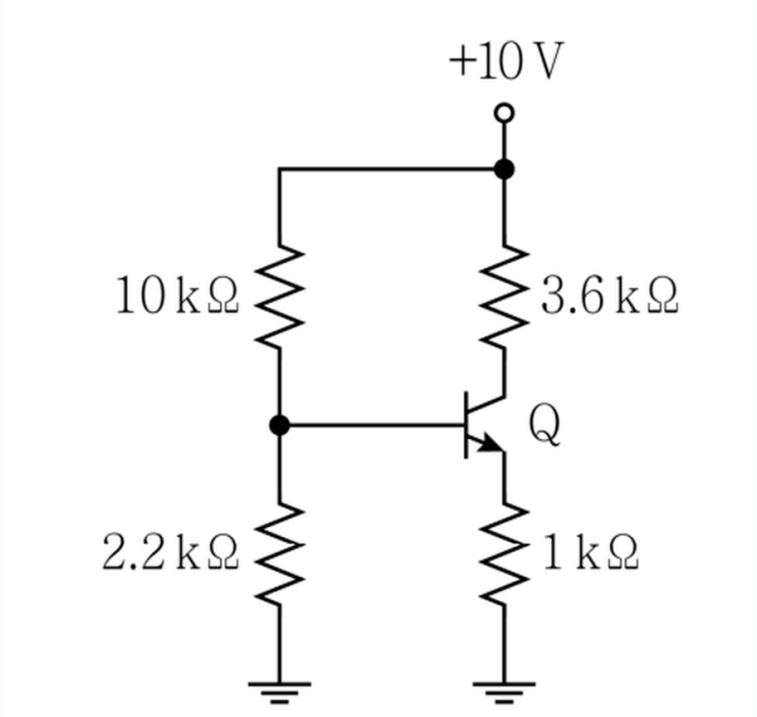
유한 이득 연산증폭기 문제는 먼저 반전 입력에 걸리는 피드백 전압을 저항분배로 구한 뒤, $V_o = A(V_+ - V_-)$에 그대로 대입하여 미지수 V_o/V_i를 정리하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

유한 이득 비반전 증폭기의 폐루프 이득은 $\frac{A}{1 + A\beta}$, 여기서 $\beta = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$이다.

NoteBase

문 16. 다음 회로에서 컬렉터-이미터 전압 V_{CE}[V]에 가장 가까운 것은? (단, $V_{BE} = 0.7[V]$이며, 컬렉터전류는 이미터전류와 같다)



① 3.24

② 4.94

③ 6.04

④ 10.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 분압 바이어스 회로에서 V_B, V_E, I_C, V_C를 차례로 구해 V_{CE}를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원은 10 V, 베이스 분압 저항은 10 kΩ과 2.2 kΩ, 컬렉터 저항은 3.6 kΩ, 이미터 저항은 1 kΩ이다.
구해야 할 값: 컬렉터-이미터 전압 V_{CE}이다.
주의할 조건: $V_{BE} = 0.7V$이고 컬렉터전류는 이미터전류와 같으므로 $I_C = I_E$로 본다.

NoteBase

사용할 공식

분압식은 $V_B = 10 \times \frac{2.2}{10+2.2}$이다.
이미터 전압은 $V_E = V_B - 0.7$이다.
이미터전류와 컬렉터전류는 $I_E = \frac{V_E}{1k\Omega}$, $I_C = I_E$이다.
컬렉터 전압은 $V_C = 10 - I_C \cdot 3.6k\Omega$이고, 최종적으로 $V_{CE} = V_C - V_E$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 베이스 전압은 분압회로로 결정되고, 이미터 저항과 컬렉터 저항의 전압강하를 구하면 트랜지스터 양단 전압을 바로 계산할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 베이스 전압은 $V_B = 10 \times \frac{2.2}{12.2} \approx 1.803V$이다.
2. 이미터 전압은 $V_E = 1.803 - 0.7 \approx 1.103V$이다.
3. 이미터전류는 $I_E = \frac{1.103}{1k\Omega} \approx 1.103mA$이고, 조건에 따라 $I_C \approx 1.103mA$이다.
4. 컬렉터 저항 전압강하는 $I_C \cdot 3.6k\Omega \approx 1.103mA \times 3.6k\Omega \approx 3.972V$이다.
5. 컬렉터 전압은 $V_C = 10 - 3.972 \approx 6.028V$이다.
6. 따라서 $V_{CE} = V_C - V_E \approx 6.028 - 1.103 = 4.925V$이므로 약 4.94 V이다.

선지별 해설

① X: 3.24 V는 계산 결과인 약 4.94 V와 다르다. V_{CE}는 컬렉터 전압에서 이미터 전압을 빼서 구해야 하므로 이 값은 맞지 않는다. 틀린 값 3.24 V 대신 올바른 값은 4.94 V이다.
② O: 계산 결과 $V_{CE} \approx 4.925V$이므로 가장 가까운 값은 4.94 V이다.
③ X: 6.04 V는 거의 V_C만 본 값에 가깝고, 이미터 전압 $V_E \approx 1.10V$를 빼지 않은 오류이다. 틀린 값 6.04 V 대신 올바른 값은 4.94 V이다.
④ X: 10.0 V는 트랜지스터와 컬렉터 저항에 전압강하가 전혀 없다고 본 값이므로 틀리다. 실제로는 컬렉터 저항과 이미터 저항에서 전압이 떨어진다. 틀린 값 10.0 V 대신 올바른 값은 4.94 V이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 V_C와 V_{CE}를 혼동하는 점이다. ③처럼 컬렉터 전압만 구하고 끝내면 이미터 전압을 빼지 않아 오답이 된다. ④처럼 전원전압 10 V를 그대로 고르면 저항에서 생기는 전압강하를 무시한 실수가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

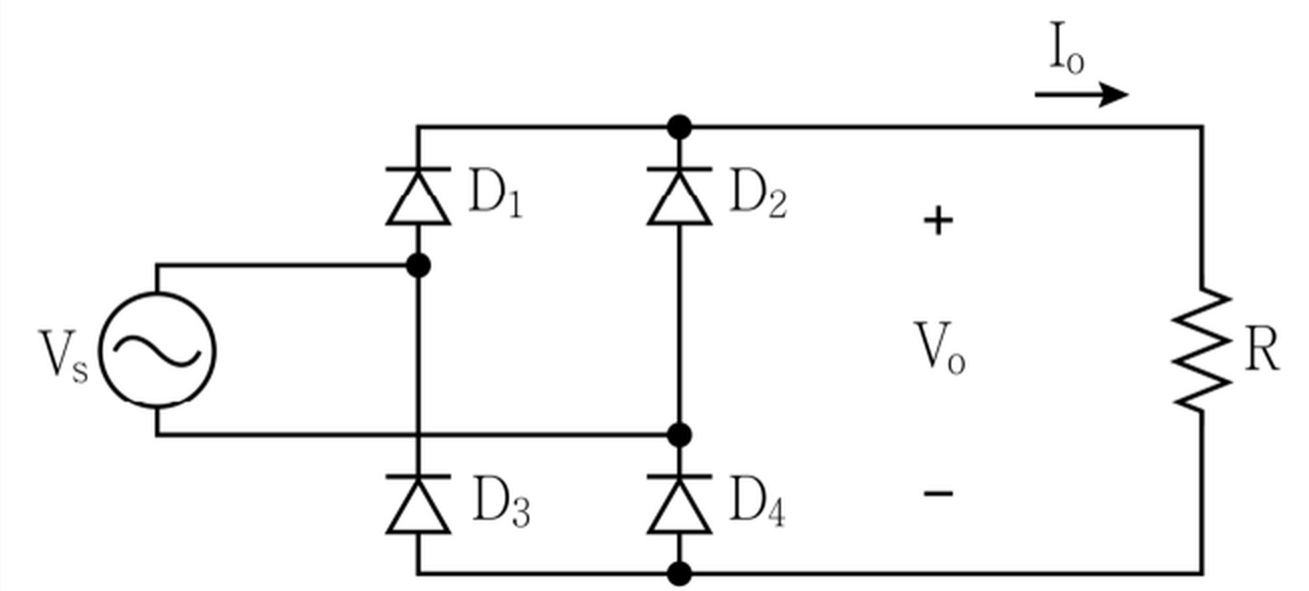
분압 바이어스 회로 계산형은 베이스 분압 계산 → V_{BE}를 빼서 V_E 계산 → I_E와 I_C 계산 → V_C 계산 → 마지막에 $V_{CE} = V_C - V_E$ 적용 순서로 판단하면 된다.

암기 포인트

V_{CE}는 컬렉터 전압 그 자체가 아니라 $V_C - V_E$이며, 분압 바이어스는 먼저 V_B를 구한 뒤 $0.7V$를 빼서 V_E를 잡는다.

NoteBase

문 17. 다음 회로에서 부하저항 R이 $10[\Omega]$이고, 입력 전원전압의 실횻값 V_s가 $220[V]$, $60[Hz]$일 때, 회로에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 다이오드는 이상적이다)



① 출력전류 I_o의 실횻값은 $\frac{220}{10}[A]$이다.

② 출력전압 V_o의 평균값은 $\frac{\sqrt{2}\times 220}{\pi}[V]$이다.

③ 출력전압 V_o의 주파수는 $120[Hz]$이다.

④ 다이오드 D_1에 걸리는 역방향 최대전압은 $\sqrt{2}\times 220[V]$이다.

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 브리지 전파정류회로에서 출력의 실효값, 평균값, 주파수, 다이오드 역방향 최대전압을 구분하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- 입력 전압 실효값: $V_s = 220V$
- 입력 주파수: $f = 60Hz$
- 부하저항: $R = 10\Omega$
- 다이오드는 이상적이다.

구해야 할 판단 요소:
- 출력전류의 실효값
- 출력전압의 평균값
- 출력전압의 주파수
- 다이오드의 역방향 최대전압

사용할 공식

브리지 전파정류회로에서는 입력 정현파의 첨두값을 $V_m = \sqrt{2}V_s$로 둔다.
출력전압의 평균값은 $V_{o,avg} = \frac{2V_m}{\pi}$이다.
출력전압의 실효값은 정류 전후가 같으므로 $V_{o,rms} = V_s$이다.
따라서 출력전류의 실효값은 $I_{o,rms} = \frac{V_{o,rms}}{R} = \frac{V_s}{R}$이다.
전파정류이므로 출력 주파수는 $2f$이고, 브리지 정류기의 각 다이오드 PIV는 V_m이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 4개의 다이오드로 구성된 전파 브리지 정류회로이기 때문이다.

계산 과정

1. 입력 첨두값을 구하면 $V_m = \sqrt{2} \times 220 \approx 311.1V$이다.
2. 출력전류의 실효값은 $I_{o,rms} = \frac{220}{10} = 22A$이다.
3. 출력전압의 평균값은 $V_{o,avg} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2\sqrt{2} \times 220}{\pi} \approx 198.1V$이다.
4. 출력 주파수는 전파정류이므로 $2 \times 60 = 120Hz$이다.
5. 다이오드 1개에 걸리는 역방향 최대전압은 브리지 정류기이므로 $PIV = V_m = \sqrt{2} \times 220V$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O

출력전류의 실효값은 $I_{o,rms} = \frac{V_{o,rms}}{R} = \frac{220}{10} = 22A$이다. 전파정류를 해도 실효값은 원래 정현파 실효값과 같으므로 옳다.

② X

전파정류 출력전압의 평균값은 $\frac{2V_m}{\pi}$이므로 $\frac{2\sqrt{2} \times 220}{\pi}$가 되어야 한다. 틀린 표현은 "$\frac{\sqrt{2} \times 220}{\pi}$"이고, 올바르게는 "$\frac{2\sqrt{2} \times 220}{\pi}$"이다.

③ O

전파정류는 한 주기 동안 출력 맥동이 2번 나타나므로 출력전압의 주파수는 입력의 2배인 $120Hz$이다.

④ O

브리지 정류회로에서 각 다이오드의 역방향 최대전압은 입력 첨두값 V_m과 같다. 따라서 D1의 역방향 최대전압은 $\sqrt{2} \times 220V$가 되어 옳다.

오답 포인트

②는 반파정류 평균값 $\frac{V_m}{\pi}$ 또는 전파정류 식에서 앞의 2를 빠뜨린 값을 섞으면 고르기 쉽다. 전파정류의 평균값은 반드시 $\frac{2V_m}{\pi}$라는 점이 함정의 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

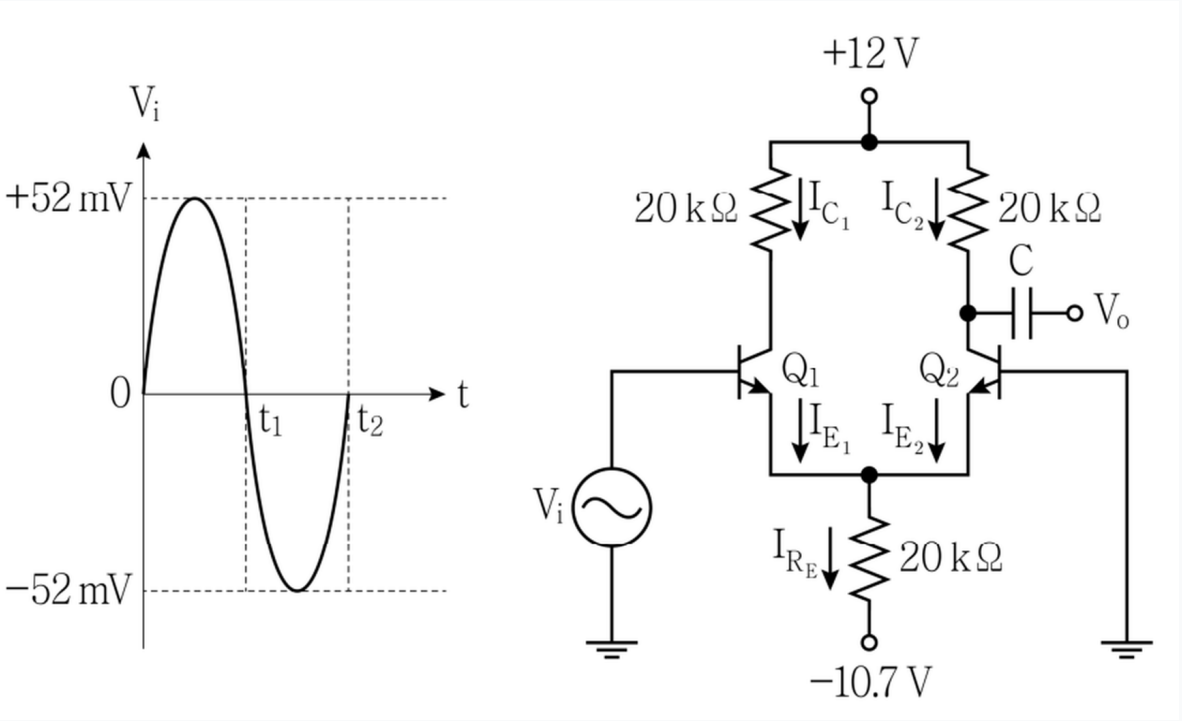
회로가 브리지 전파정류인지 먼저 확인한 뒤, 첨두값 V_m, 평균값 $\frac{2V_m}{\pi}$, 출력 주파수 $2f$, 다이오드 PIV가 V_m인지 순서대로 대입하면 된다.

암기 포인트

브리지 전파정류는 평균값 $\frac{2V_m}{\pi}$, 주파수 $2f$, 각 다이오드 PIV는 V_m이다.

NoteBase

문 18. 다음 회로에서 입력 V_i가 인가될 때, 구간 $0 - t_1$에서 교류 출력 전압 V_o의 피크값[V]에 가장 가까운 것은? (단, $V_{BE} = 0.7[V]$, $V_T = 26[mV]$, $\beta = 50$, $C = \infty$, 트랜지스터 Q_1과 Q_2의 모든 특성이 동일하며, 컬렉터전류는 이미터전류와 같다)



① 5.0

② -5.0

③ 10.0

④ -10.0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 BJT 차동증폭기에서 꼬리전류와 지수 전류분배를 이용해 $0 \sim t_1$ 구간의 단일종단 출력 피크값을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R_C = 20k\Omega$, $R_E = 20k\Omega$, 전원은 $+12V$와 $-10.7V$, $V_{BE} = 0.7V$, $V_T = 26mV$, 입력 피크는 $+52mV$이다.
구해야 할 값: Q_2 컬렉터에서 본 교류 출력 V_o의 피크값이다.
주의할 조건: $C = \infty$이므로 출력의 교류 성분은 컬렉터 전압의 교류 변화량과 같고, '컬렉터전류는 이미터전류와 같다'고 했으므로 β는 계산에 사실상 쓰이지 않는다.

NoteBase

사용할 공식

꼬리전류는 $I_T = \frac{(-0.7) - (-10.7)}{20k\Omega} = 0.5mA$ 이다.
차동쌍의 전류분배는 $\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^{\frac{V_i}{V_T}}$, $I_{C1} + I_{C2} = I_T$ 또는 $\Delta I_{C2} = \frac{I_T}{2}\tanh\left(\frac{V_i}{2V_T}\right)$ 로 쓸 수 있다.
이 공식을 쓰는 이유: 두 트랜지스터가 동일하고 이미터가 공통 저항으로 묶인 BJT 차동쌍이기 때문이다.

계산 과정

1. $V_i = 0$일 때 공통 이미터 전압은 $-0.7V$이므로 꼬리전류는 $0.5mA$이고, 각 컬렉터 전류는 $0.25mA$이다. 따라서 Q_2 컬렉터의 직류 전압은 $12 - 20k\Omega \times 0.25mA = 7V$이다.
2. $0 \sim t_1$ 구간의 최대 입력은 $V_i = +52mV = 2V_T$이다. 따라서 $\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^2 \approx 7.39$ 이고 $I_{C2} = \frac{0.5}{1+e^2}mA \approx 0.0596mA$ 이다.
3. 이때 Q_2 컬렉터 전압은 $12 - 20k\Omega \times 0.0596mA \approx 10.81V$이다. 정지점 $7V$에서의 교류 변화량은 $V_{o,\text{peak}} = 10.81 - 7 \approx 3.81V$ 이므로 가장 가까운 값은 $+5.0V$이다.

선지별 해설

① O
- 계산된 피크값은 약 $+3.8V$이다. 보기 중 절댓값과 부호가 모두 가장 가까운 값이 $+5.0V$이므로 정답이다.

② X
- $-5.0V$는 부호가 반대이다. $0 \sim t_1$에서는 V_i가 양으로 올라가서 Q_1 전류가 늘고 Q_2 전류가 줄어든다. 따라서 Q_2 컬렉터 전압은 내려가지 않고 올라간다.
- 틀린 표현은 '출력 피크가 음수'라는 점이다. 올바르게는 '출력 피크는 양수이며 약 $+3.8V$이다.'

③ X
- $+10.0V$는 실제 교류 피크보다 너무 크다. 교류 성분은 정지점 $7V$에서 Q_2 컬렉터가 얼마나 더 올라가느냐를 보는 값이지, 컬렉터의 절대전압 $10.81V$ 자체가 아니다.
- 틀린 표현은 '피크값을 절대 컬렉터전압으로 본 것'이다. 올바르게는 '피크값은 $10.81V$가 아니라 정지점 대비 변화량인 약 $+3.8V$이다.'

④ X
- $-10.0V$는 부호도 반대이고 크기도 공급전압 조건과 맞지 않는다. 이 구간에서 Q_2 컬렉터 전압은 상승 방향으로만 움직이며, 정지점 $7V$에서 $-10V$만큼 내려가는 교류 출력은 나올 수 없다.
- 틀린 표현은 '큰 음의 스윙이 생긴다'는 점이다. 올바르게는 '이 구간의 출력 스윙은 양의 방향이며 약 $+3.8V$이다.'

NoteBase

오답 포인트

이 문제의 함정은 세 가지이다.
첫째, V_o를 컬렉터의 절대전압으로 읽으면 $10.81V$를 골라 ③으로 흐르기 쉽다.
둘째, Q_2 쪽 출력이므로 입력이 커질 때 전압이 올라간다는 위상관계를 놓치면 ②나 ④처럼 부호를 반대로 잡기 쉽다.
셋째, 문제에 $\beta = 50$이 주어져 있어도 이미 '컬렉터전류는 이미터전류와 같다'는 조건이 붙어 있으므로 이 값은 실질적인 함정 정보이다.

다시 나오면 이렇게 판단

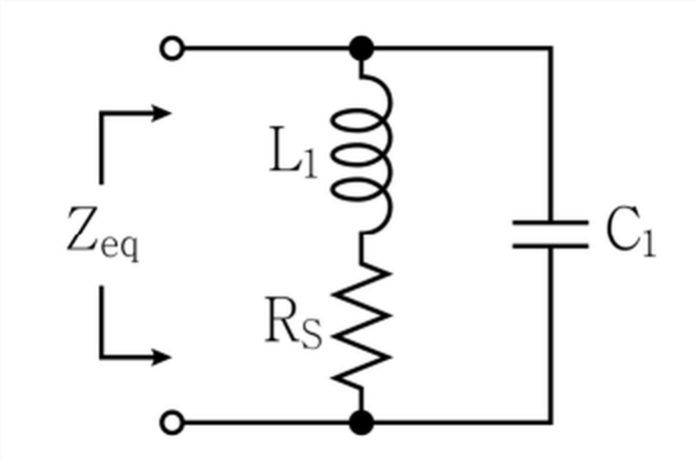
차동증폭기 계산형은 먼저 정지점 꼬리전류를 구하고, 그다음 입력 최대치에서 두 컬렉터 전류 분배를 계산한 뒤, 마지막에 컬렉터 절대전압이 아니라 정지점 대비 교류 변화량으로 출력 피크를 읽는다.

암기 포인트

BJT 차동쌍 단일종단 출력은 '꼬리전류 반분 정지점 → 지수 전류분배 → 정지점 대비 전압변화' 순서로 읽는다.

NoteBase

문 19. 다음 회로의 등가 임피던스의 크기 $|Z_{eq}(j\omega)|$는?



① $\sqrt{\frac{(1-\omega^2 L_1 C_1)^2 + R_S^2}{R_S^2 C_1^2 \omega^2 + (\omega L_1)^2}}$
② $\sqrt{\frac{R_S^2 + (\omega L_1)^2}{(1-\omega^2 L_1 C_1)^2 + R_S^2 C_1^2 \omega^2}}$
③ $\sqrt{\frac{R_S^2 (1 + C_1^2 \omega^2)}{(1-\omega^2 L_1 C_1)^2 + (\omega L_1)^2}}$
④ $\sqrt{\frac{(1-\omega^2 L_1 C_1)^2 + R_S^2 C_1^2 \omega^2}{R_S^2 + (\omega L_1)^2}}$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 $R_s - L_1$ 가지와 커패시터 C_1 가지의 병렬 어드미턴스를 구한 뒤, 등가 임피던스의 크기 $|Z_{eq}(j\omega)|$를 정리하는 문제이다.

조건 정리

- $Z_{RL} = R_s + j\omega L_1$이다.
- $Z_C = \frac{1}{j\omega C_1}$이다.
- 병렬회로이므로 $Y_{eq} = \frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1}{Z_{RL}} + \frac{1}{Z_C}$로 두는 것이 가장 직접적이다.

사용할 공식

$$Y_{eq} = \frac{1}{R_s + j\omega L_1} + j\omega C_1 = \frac{(1-\omega^2 L_1 C_1) + j\omega C_1 R_s}{R_s + j\omega L_1}$$
$$Z_{eq} = \frac{R_s + j\omega L_1}{(1-\omega^2 L_1 C_1) + j\omega C_1 R_s}$$

이 공식을 쓰는 이유는 병렬회로에서는 임피던스를 직접 합하지 않고 어드미턴스를 먼저 더하면 분모가 한 번에 정리되기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 직렬 $R_s - L_1$ 가지의 임피던스는 $Z_{RL} = R_s + j\omega L_1$이다.
2. 커패시터 가지의 어드미턴스는 $Y_C = j\omega C_1$이므로
$Y_{eq} = \frac{1}{R_s + j\omega L_1} + j\omega C_1 = \frac{(1 - \omega^2 L_1 C_1) + j\omega C_1 R_s}{R_s + j\omega L_1}$
3. 따라서
$Z_{eq} = \frac{R_s + j\omega L_1}{(1 - \omega^2 L_1 C_1) + j\omega C_1 R_s}$
4. 크기를 취하면
$|Z_{eq}| = \frac{|R_s + j\omega L_1|}{|(1 - \omega^2 L_1 C_1) + j\omega C_1 R_s|} = \sqrt{\frac{R_s^2 + (\omega L_1)^2}{(1 - \omega^2 L_1 C_1)^2 + R_s^2 C_1^2 \omega^2}}$
이 식이 ②와 일치한다.

선지별 해설

① X
- $|Z_{eq}|$의 분자는 $|R_s + j\omega L_1|^2 = R_s^2 + (\omega L_1)^2$이어야 한다.
- 틀린 표현은 분자에 $(1 - \omega^2 L_1 C_1)^2 + R_s^2$를 둔 점이다. 올바르게는 분자에 $R_s^2 + (\omega L_1)^2$, 분모에 $(1 - \omega^2 L_1 C_1)^2 + R_s^2 C_1^2 \omega^2$가 온다.

② O
- 계산으로 얻은 $|Z_{eq}|$와 정확히 일치한다.
- 병렬 어드미턴스를 구한 뒤 크기를 취하면 바로 이 식이 나오므로 정답이다.

③ X
- 분자 $R_s^2(1 + C_1^2 \omega^2)$는 $|R_s + j\omega L_1|^2$를 잘못 쓴 식이다.
- 틀린 표현은 인덕터 항을 $(\omega L_1)^2$ 대신 $R_s^2 C_1^2 \omega^2$ 꼴로 바꾼 점이다. 올바르게는 분자가 $R_s^2 + (\omega L_1)^2$이어야 한다.

④ X
- ②의 분자와 분모를 뒤집은 역수 형태이므로 $|Z_{eq}|$가 아니라 $|Y_{eq}|$에 대응하는 식이다.
- 틀린 표현은 분자와 분모가 바뀐 점이다. 올바르게는 ②처럼 분자에 $R_s^2 + (\omega L_1)^2$, 분모에 $(1 - \omega^2 L_1 C_1)^2 + R_s^2 C_1^2 \omega^2$가 온다.

오답 포인트

병렬회로에서 어드미턴스 Y_{eq}를 구해 놓고 마지막 역수를 취하지 않으면 ④ 같은 식이 된다. 또 $|a + jb|^2 = a^2 + b^2$를 적용할 때 분자의 $(\omega L_1)^2$와 분모의 $(\omega C_1 R_s)^2$ 위치를 바꾸면 ①, ③ 같은 오답이 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

병렬 임피던스 문제는 각 가지를 먼저 Z 또는 Y로 정확히 놓고, 병렬이면 Y를 더한 뒤 마지막에만 역수를 취해 |Z|=|분자|/|분모| 형태로 정리하면 된다.

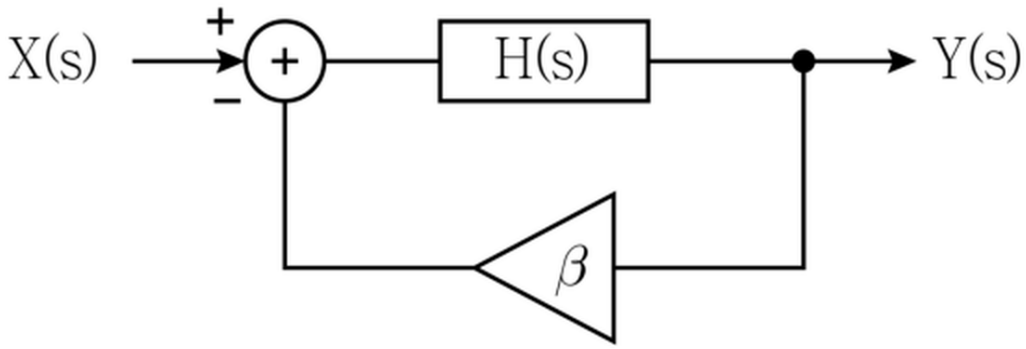
NoteBase

암기 포인트

병렬회로는 Y를 먼저 더하고, 복소수 크기는 $|R+jX|=\sqrt{R^2+X^2}$로 처리한다.

NoteBase

문 20. 다음 부궤환 시스템의 $H(s)=\frac{A_0}{(1+\frac{s}{\omega_{p1}})(1+\frac{s}{\omega_{p2}})}$로 주어질 때, 폐루프 전달함수의 극점 (s_1, s_2)의 값 $[rad/s]$은? (단, $\omega_{p1}=1[rad/s]$, $\omega_{p2}=3[rad/s]$, $\beta A_0=\frac{1}{3}$이다)



① $s_1=-1, s_2=-1$

② $s_1=-1, s_2=-2$

③ $s_1=-2, s_2=-1$

④ $s_1=-2, s_2=-2$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 음의 피드백 시스템에서 $1+\beta H(s)=0$로 폐루프 특성방정식을 세우고 극점 s_1, s_2를 구하는 문제이다.

조건 정리

개방루프 전달함수는 $H(s)=\frac{A_0}{(1+\frac{s}{\omega_{p1}})(1+\frac{s}{\omega_{p2}})}$이다.
주어진 값은 $\omega_{p1}=1rad/s, \omega_{p2}=3rad/s, \beta A_0=\frac{1}{3}$이다.
구해야 할 값은 폐루프 전달함수의 극점 s_1, s_2이다.

사용할 공식

음의 피드백 폐루프 전달함수는 $T(s)=\frac{H(s)}{1+\beta H(s)}$이므로 폐루프 극점은 $1+\beta H(s)=0$을 만족하는 s이다.
따라서 특성방정식은 $\left(1+\frac{s}{\omega_{p1}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{p2}}\right)+\beta A_0=0$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 출력에서 β만큼 되먹임되어 입력에서 빼지는 음의 피드백 구조이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

$\omega_{p1}=1, \omega_{p2}=3$을 대입하면
$(1+s)\left(1+\frac{s}{3}\right)+\frac{1}{3}=0$
이다.
전개하면
$1+\frac{4}{3}s+\frac{1}{3}s^2+\frac{1}{3}=0$
이고, 양변에 3을 곱하면
$s^2+4s+4=0$
이다.
따라서
$(s+2)^2=0$
이므로 폐루프 극점은 $s_1=-2rad/s, s_2=-2rad/s$이다.

선지 판단

① X: $s_1=-1, s_2=-1$은 폐루프 특성방정식의 근이 아니다. 틀린 표현은 두 극점을 모두 -1로 둔 부분이고, 올바르게는 $s_1=-2, s_2=-2$이다.
② X: $s_1=-1, s_2=-2$는 첫 번째 극점에 개방루프 극점 $-\omega_{p1}=-1$을 그대로 남긴 값이다. 틀린 표현은 $s_1=-1$이고, 올바르게는 $s_1=-2$이다.
③ X: $s_1=-2, s_2=-1$는 두 번째 극점에 개방루프 극점 $-\omega_{p1}=-1$을 섞은 값이다. 틀린 표현은 $s_2=-1$이고, 올바르게는 $s_2=-2$이다.
④ O: 계산 결과가 $(s+2)^2=0$이므로 $s_1=-2, s_2=-2$가 맞다.

오답 포인트

출제자가 노린 함정은 개방루프 극점 $-1, -3$을 그대로 폐루프 극점으로 보거나, βA_0 항을 특성방정식에 더하지 않는 것이다. 이 문제에서는 피드백 때문에 분모가 $(1+s)(1+s/3)$에서 끝나지 않고 $+\beta A_0$까지 포함된다.

다시 나오면 이렇게 판단

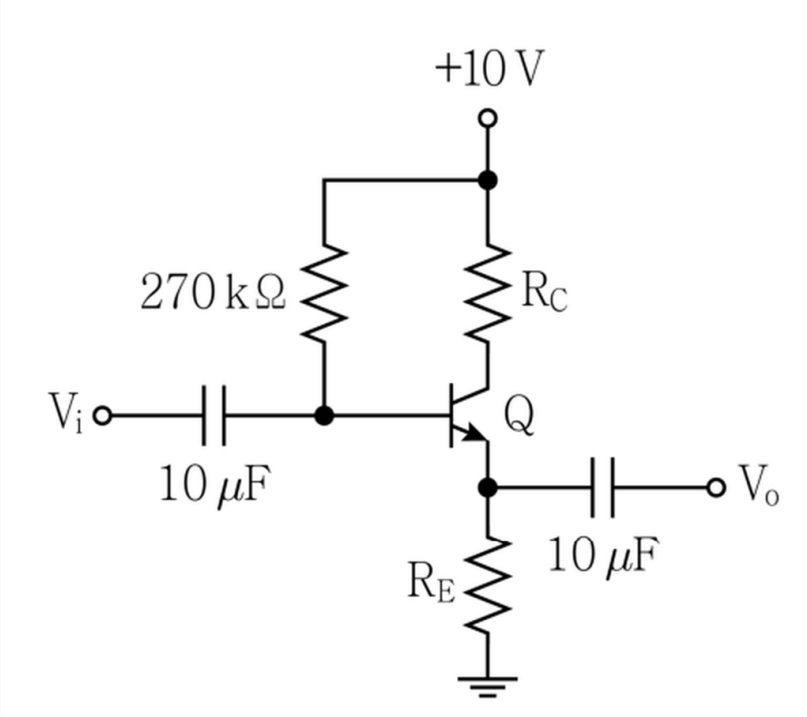
피드백 블록선도에서 폐루프 극점을 물으면 먼저 $1+\beta H(s)=0$을 세우고, $H(s)$의 분모를 없앤 뒤 얻은 다항식의 근을 계산한다. 개방루프 극점과 폐루프 극점은 일반적으로 같지 않다고 판단한다.

암기 포인트

음의 피드백 폐루프 극점은 $1+\beta H(s)=0$에서 나온다. 두 극점 증폭기 문제는 분모 전개 후 βA_0를 더해 근을 구한다.

NoteBase

문 21. 다음 회로에서 R_C[kΩ], R_E[kΩ]는? (단, $I_{CQ} = 2$[mA], $V_{CEQ} = 5.2$[V], $V_E = 2.4$[V]이며, 컬렉터전류와 이미터전류는 같다)



① $R_C = 1.2, R_E = 1.2$

② $R_C = 1.2, R_E = 1.4$

③ $R_C = 1.4, R_E = 1.0$

④ $R_C = 2.4, R_E = 1.2$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직류 바이어스 회로에서 $V_{CE} = V_C - V_E$ 관계와 옴의 법칙으로 R_C, R_E를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_{CC} = 10V$, $I_{CQ} = 2mA$, $V_{CEQ} = 5.2V$, $V_E = 2.4V$이다.
구해야 할 값: R_C, R_E이다.
주의할 조건: 컬렉터전류와 이미터전류가 같으므로 $I_C = I_E = 2mA$로 둔다.

NoteBase

사용할 공식

$R_E = V_E/I_E$, $V_C = V_{CE} + V_E$, $R_C = (V_{CC} - V_C)/I_C$이다.
이 공식을 쓰는 이유는 이미터 저항과 컬렉터 저항에 걸리는 직류 전압과 전류가 모두 주어져 있어 각각 옴의 법칙으로 바로 구할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. $R_E = V_E/I_E = 2.4V/2mA = 1.2k\Omega$이다.
2. $V_C = V_{CE} + V_E = 5.2 + 2.4 = 7.6V$이다.
3. $R_C = (V_{CC} - V_C)/I_C = (10 - 7.6)V/2mA = 2.4V/2mA = 1.2k\Omega$이다.

선지별 해설

① O
- 계산 결과 $R_C = 1.2k\Omega$, $R_E = 1.2k\Omega$이므로 보기와 일치한다.

② X
- $R_C = 1.2k\Omega$는 맞지만 $R_E = 1.4k\Omega$는 계산 결과와 다르다.
- 틀린 표현은 $R_E = 1.4k\Omega$이며, 올바르게는 $R_E = 1.2k\Omega$이다. I_C와 I_E를 같게 둔다는 조건을 놓치면 이런 오답이 나온다.

③ X
- $R_C = 1.4k\Omega$, $R_E = 1.0k\Omega$ 모두 계산 결과와 다르다.
- 틀린 표현은 $R_C = 1.4k\Omega$, $R_E = 1.0k\Omega$이며, 올바르게는 둘 다 $1.2k\Omega$이다. $V_C = V_{CE} + V_E$ 관계를 잘못 쓰거나 전압강하를 잘못 잡으면 이런 값이 나온다.

④ X
- $R_E = 1.2k\Omega$는 맞지만 $R_C = 2.4k\Omega$는 틀리다.
- 틀린 표현은 $R_C = 2.4k\Omega$이며, 올바르게는 $R_C = 1.2k\Omega$이다. $2.4V$는 R_C 양단 전압강하일 뿐이며, 저항값은 여기에 $2mA$를 나누어야 한다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 V_{CE}를 저항 양단 전압으로 바로 쓰거나, $2.4V$ 전압강하를 그대로 $2.4k\Omega$ 저항값으로 착각하는 데 있다. 또한 $I_C = I_E$ 조건을 무시하면 R_E 계산이 틀어진다.

다시 나오면 이렇게 판단

트랜지스터 직류 바이어스 계산은 먼저 V_E와 I_E로 R_E를 구하고, 다음에 $V_C = V_{CE} + V_E$로 컬렉터 전압을 찾은 뒤, 마지막에 $V_{CC} - V_C$를 I_C로 나누어 R_C를 구하면 된다.

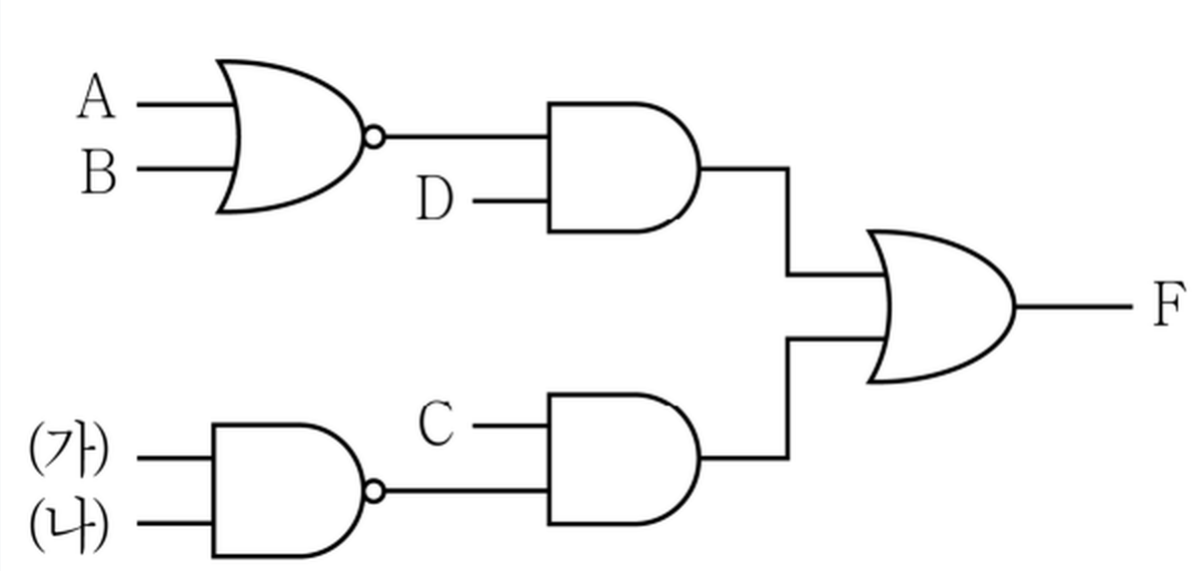
NoteBase

암기 포인트

$R_E = V_E/I_E$, $V_C = V_{CE} + V_E$, $R_C = (V_{CC} - V_C)/I_C$ 순서만 지키면 바이어스 저항 계산이 정리된다.

NoteBase

문 22. 논리식 $F = \overline{A}\overline{B}D + \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}C\overline{D} + \overline{B}C + AC + \overline{A}BC\overline{D}$를 아래의 논리회로로 구성할 때, (가)와 (나)의 입력은?



① (가): $\overline{A}$, (나): D

② (가): A, (나): $\overline{B}$

③ (가): $\overline{B}$, (나): D

④ (가): B, (나): $\overline{D}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 주어진 논리식을 불대수로 정리한 뒤, 회로의 하단 NAND-AND 블록이 어떤 입력을 받아야 같은 식이 되는지를 찾는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $F = \bar{A}\bar{B}D + \bar{A}\bar{B}C + \bar{A}C\bar{D} + \bar{B}C + AC + \bar{A}BC\bar{D}$이다.
상단 가지는 NOR 뒤에 AND가 있으므로 $\overline{A+B} \cdot D = \bar{A}\bar{B}D$이다.
하단 가지는 NAND 뒤에 AND가 있으므로 C · (가)(나)이다.
따라서 전체 회로는 F= A B D+C · (가)(나) 꼴이어야 한다.

사용할 공식

$\overline{X+Y} = \bar{X}\bar{Y}$, $\overline{XY} = \bar{X} + \bar{Y}$, $X + XY = X$를 사용한다.
게이트를 식으로 바꾸고, 중복되는 항을 흡수한 뒤 하단 NAND의 출력이 무엇이어야 하는지 역으로 맞춘다.

NoteBase

계산 과정

$\bar{A}BC\bar{D}$는 $\bar{A}C\bar{D}$에 흡수되고, $\bar{A}\bar{B}C$는 $\bar{B}C$에 흡수된다.
따라서 $F = \bar{A}\bar{B}D + \bar{A}C\bar{D} + \bar{B}C + AC$로 줄어든다.
또한 $\bar{B}C$는 $A\bar{B}C \subset AC$, $\bar{A}\bar{B}CD \subset \bar{A}\bar{B}D$, $\bar{A}\bar{B}C\bar{D} \subset \bar{A}C\bar{D}$이므로 중복항이다.
결국 $F = \bar{A}\bar{B}D + AC + \bar{A}C\bar{D} = \bar{A}\bar{B}D + C(A + \bar{D})$이다.
하단 가지는 C · (가)(나)이므로 (가)(나)=A+ D= A D이어야 한다. 따라서 (가)= A, (나)=D이다.

선지별 해설

① O
(가)= A, (나)=D이면 하단 NAND 출력은 $\overline{\bar{A}D} = A + \bar{D}$이다. 따라서 하단 가지가 $C(A + \bar{D})$가 되어 정리된 식과 정확히 일치한다.
② X
(가)=A, (나)= B이면 하단 NAND 출력은 $\overline{\bar{A}\bar{B}} = \bar{A} + B$이다. 그러면 하단 가지가 $C(\bar{A} + B)$가 되어 필요한 $A + \bar{D}$가 나오지 않는다. 틀린 표현은 '(가)=A, (나)=$\bar{B}$'이고, 올바르게는 '(가)=$\bar{A}$, (나)=D'이다.
③ X
(가)= B, (나)=D이면 하단 NAND 출력은 $\overline{\bar{B}D} = B + \bar{D}$이다. 그러면 하단 가지가 $C(B + \bar{D})$가 되어 AC를 만드는 A 항이 빠진다. 틀린 표현은 '(가)=$\bar{B}$, (나)=D'이고, 올바르게는 '(가)=$\bar{A}$, (나)=D'이다.
④ X
(가)=B, (나)= D이면 하단 NAND 출력은 $\overline{B\bar{D}} = \bar{B} + D$이다. 그러면 하단 가지가 $C(\bar{B} + D)$가 되어 불필요한 CD 성분이 생기므로 맞지 않는다. 틀린 표현은 '(가)=B, (나)=$\bar{D}$'이고, 올바르게는 '(가)=$\bar{A}$, (나)=D'이다.

오답 포인트

하단 NAND의 입력을 눈에 보이는 항 $\bar{B}C$나 AC에 바로 대응시키면 오답이 된다. 이 문항은 먼저 전체 식을 흡수법칙으로 줄여서 하단 블록의 목표 출력이 $A + \bar{D}$라는 점을 잡아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

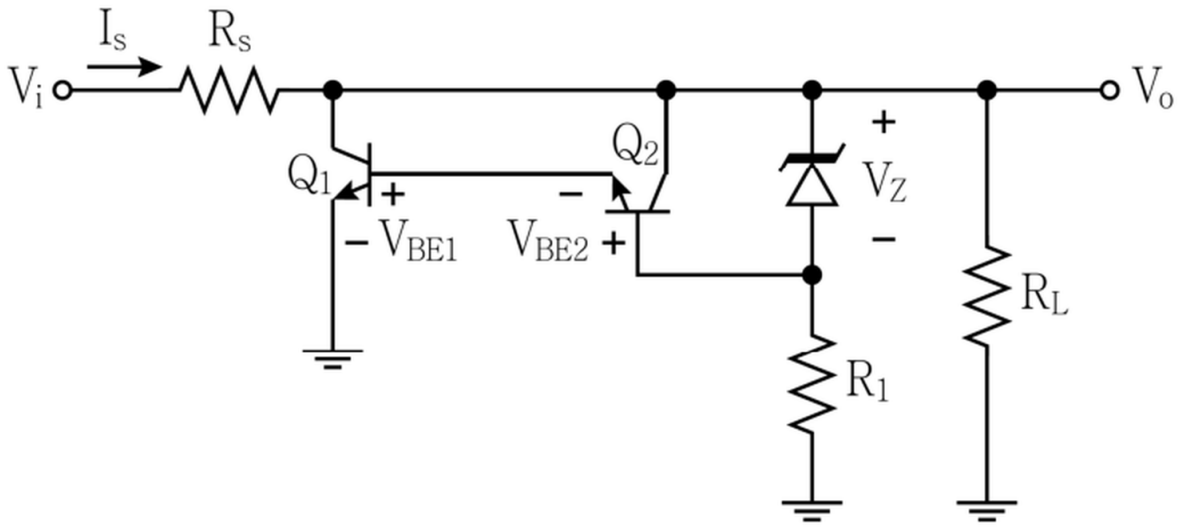
회로와 논리식이 함께 나오면 각 게이트를 먼저 식으로 바꾸고, 주어진 논리식은 흡수법칙으로 최대한 줄인 뒤 남는 블록의 출력 형태를 역으로 맞춘다. NAND 입력은 마지막에 드모르간 법칙으로 복원한다.

암기 포인트

NAND 입력을 찾을 때는 목표 출력이 $A + \bar{D}$이면 입력은 $\bar{A}$와 D가 된다.

NoteBase

문 23. 다음 전압 조정기의 R_S에 흐르는 전류 $I_S[mA]$는? (단, $V_{BE1} = V_{BE2} = 0.7[V]$, $V_Z = 5[V]$, $V_i = 10[V]$, $R_S = 2[k\Omega]$이다)



① 1.0

② 1.2

③ 1.5

④ 1.8

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 V_{BE1}, V_{BE2}, V_Z의 직렬 전압 관계로 V_O를 구한 뒤 R_S 전류 I_S를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_{BE1} = 0.7V$, $V_{BE2} = 0.7V$, $V_Z = 5V$, $V_i = 10V$, $R_S = 2k\Omega$
구해야 할 값: R_S에 흐르는 전류 I_S
주의할 조건: Q1의 이미터는 접지되어 있으므로 Q1의 베이스 전위는 $0.7V$이고, Q2는 베이스보다 이미터가 $0.7V$ 높다.

사용할 공식

$V_O = V_Z + V_{BE1} + V_{BE2}$, $I_S = \frac{V_i - V_O}{R_S}$
이 공식을 쓰는 이유: 출력 노드와 접지 사이 전압은 Q1의 V_{BE1}, Q2의 V_{BE2}, 제너 다이오드 전압 V_Z가 차례로 더해진 값이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. Q1의 이미터가 접지이므로 Q1의 베이스 전압은 $0.7V$이다.
2. Q2의 이미터 전압은 베이스보다 $0.7V$ 높으므로 $0.7 + 0.7 = 1.4V$이다.
3. 제너 다이오드 상단이 출력 노드이므로 $V_O = 1.4 + 5 = 6.4V$이다.
4. 따라서 $I_S = \frac{10 - 6.4}{2k\Omega} = \frac{3.6}{2000} = 1.8mA$이다.

선지 판단

1번 X: $1.0mA$는 제너 전압만 크게 반영하거나 V_{BE} 전압들을 누락했을 때 나오는 오답값이다. 올바르게는 $V_O = 6.4V$, $I_S = 1.8mA$이다.
2번 X: $1.2mA$는 제너 전압과 트랜지스터 전압 관계를 일부만 반영한 오답값이다. 올바르게는 두 개의 V_{BE}를 모두 고려하여 $I_S = 1.8mA$가 된다.
3번 X: $1.5mA$는 출력 전압을 $7V$ 부근으로 잘못 잡았을 때의 값이다. 올바르게는 $V_O = 6.4V$이므로 $I_S = 1.8mA$이다.
4번 O: $V_O = 6.4V$를 구하면 R_S 양단 전압은 $10 - 6.4 = 3.6V$이다. 따라서 $I_S = 3.6/2k\Omega = 1.8mA$이므로 맞다.

오답 포인트

제너 전압 $5V$만 보고 바로 $I_S = (10 - 5)/2k\Omega$로 계산하면 틀린다. 이 회로는 제너 양단 외에 Q1과 Q2의 V_{BE} 두 개가 함께 출력 전압을 결정한다.

다시 나오면 이렇게 판단

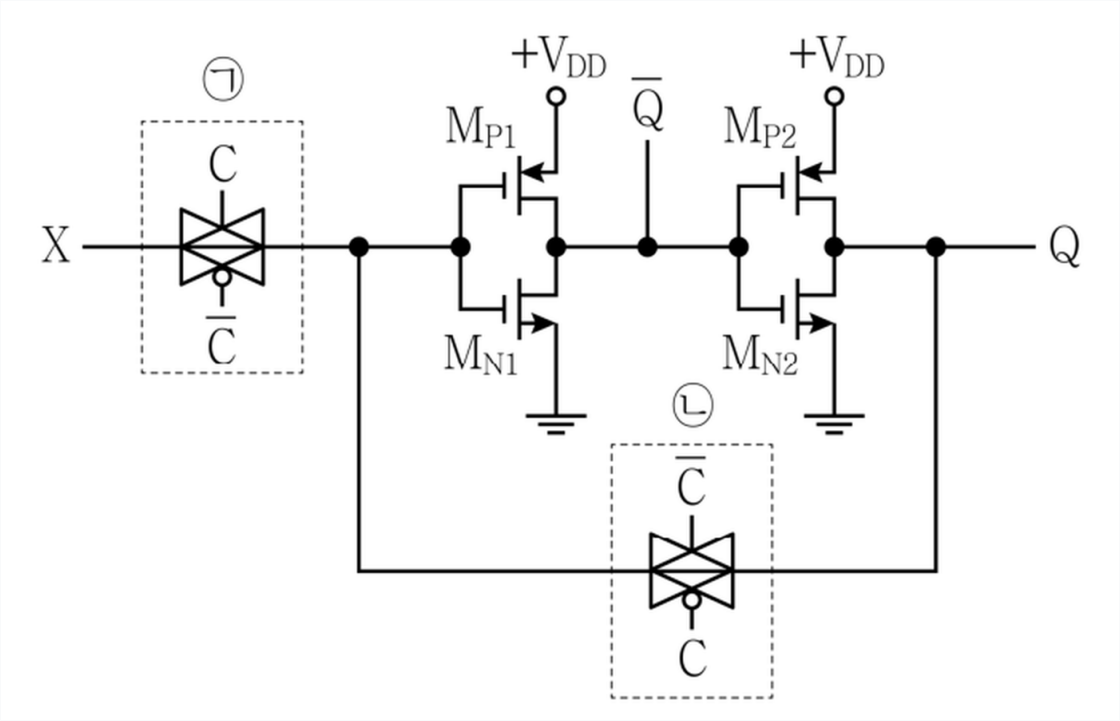
트랜지스터 기준 전압 회로는 먼저 접지 기준 노드에서 베이스, 이미터, 제너 전압이 어떻게 직렬로 이어지는지 본다. 그다음 출력 전압 V_O를 구하고 마지막에 R_S 양단 전압을 전류로 바꾼다.

암기 포인트

제너 기준 회로에서 저항 전류는 I=V_i-(V_Z+직렬 V_BE의 합)R 형태로 정리된다.

NoteBase

문 24. 다음은 전송 게이트 ㉠, ㉡과 CMOS로 구성된 순차논리회로이다. 이 회로의 명칭은? (단, 전송 게이트 ㉠의 전송 특성은 C='1'($\overline{C}$='0')이면 입력정보가 출력에 전달되고, C='0'($\overline{C}$='1')이면 입력정보는 출력에 전달되지 못한다. 반면에 전송 게이트 ㉡은 ㉠과 반대의 전송 특성을 가진다)



① D 플립플롭

② T 플립플롭

③ JK 플립플롭

④ RS 플립플롭

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 전송 게이트의 개폐와 인버터-피드백 구조를 보고 입력 X를 저장하는 D형 저장회로를 판별하는 문제이며, 보기 기준으로는 D 플립플롭에 해당한다.

NoteBase

선지별 해설

① O
전송 게이트 ㉠이 $C = 1$일 때 열려 입력 X가 내부 노드로 전달되고, 인버터 2개를 거쳐 출력 Q가 그 값을 따른다. $C = 0$이면 ㉠은 닫히고 ㉡이 열려 출력 Q가 입력 쪽으로 되먹임되어 상태를 유지하므로 D형 저장회로이다.

② X
T 플립플롭은 클록에 따라 출력이 토글되거나 $T = 1$에서 상태 반전 기능이 드러나야 한다. 이 회로는 토글 입력이 아니라 단일 데이터 입력 X를 저장한다. 틀린 표현은 'T 플립플롭'이고, 올바르게는 '데이터 입력을 저장하는 D형 회로'이다.

③ X
JK 플립플롭은 J, K 두 입력과 그 조합에 따른 set, reset, toggle 동작을 만든다. 이 회로에는 독립된 두 제어 입력이 없고 입력은 X 하나뿐이다. 틀린 표현은 'JK 플립플롭'이고, 올바르게는 '단일 데이터 입력을 갖는 D형 회로'이다.

④ X
RS 플립플롭은 S, R 두 입력으로 set과 reset을 직접 지정하는 구조이다. 이 회로는 그런 두 입력이 없고 전송 게이트로 데이터를 샘플링한 뒤 피드백으로 보존한다. 틀린 표현은 'RS 플립플롭'이고, 올바르게는 '전송 게이트 기반 D형 회로'이다.

오답 포인트

입력 개수와 피드백 목적을 보지 않으면 T, JK, RS와 혼동하기 쉽다. 이 회로의 핵심은 입력이 X 하나이고, 클록이 열릴 때 그 값이 통과하며, 닫힌 뒤에는 출력 되먹임으로 그 값을 유지한다는 점이다.

다시 나오면 이렇게 판단

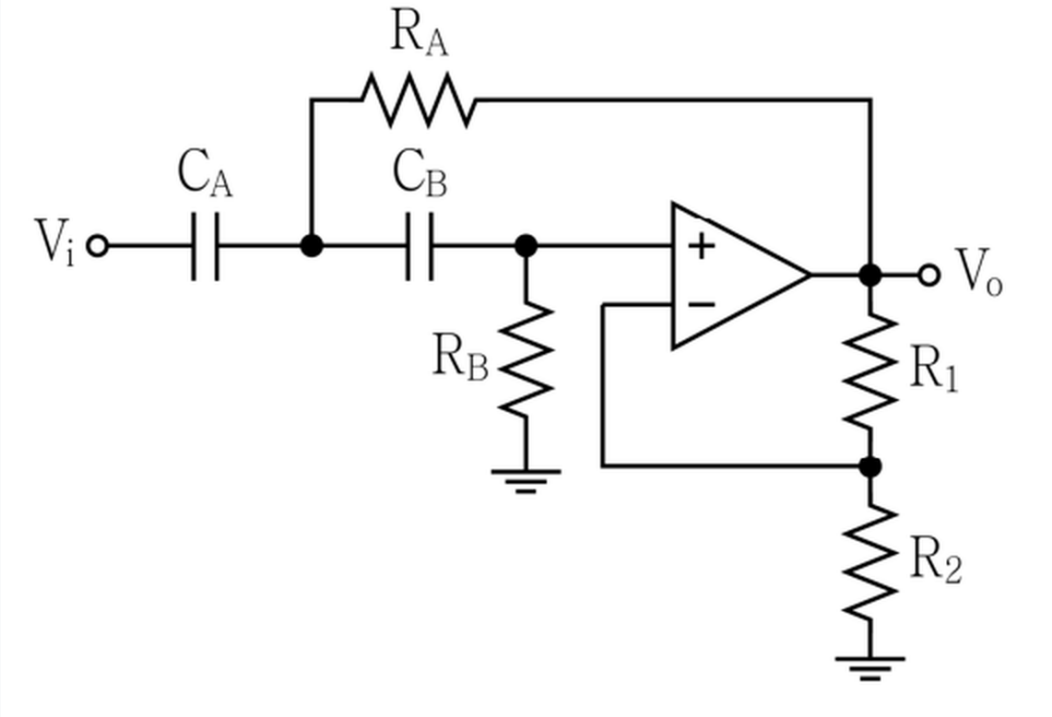
먼저 데이터 입력이 몇 개인지 본다. 입력이 하나이고 클록이 열릴 때 그 값이 통과한 뒤 닫히면 그대로 유지되면 D형이다. 토글 입력이나 J, K, S, R처럼 기능이 분리된 두 입력이 보이면 다른 플립플롭으로 판단된다.

암기 포인트

입력 하나를 열릴 때 통과시키고 닫히면 되먹임으로 유지하면 D형이다.

NoteBase

문 25. 다음 버터워스 2차 고역통과필터회로에서 차단주파수 $f_c[kHz]$와 전압이득 $A_V = \frac{V_o}{V_i}$에 가장 가까운 것은? (단, $R_A = R_B = 1.0[k\Omega]$, $C_A = C_B = 0.5[\mu F]$, $\frac{R_1}{R_2} = 0.586$이고, 연산증폭기는 이상적이다)



① f_c: $\frac{1}{\pi}$, A_V: 1.586

② f_c: $\frac{1}{\pi}$, A_V: 2.706

③ f_c: $\frac{2}{\pi}$, A_V: 1.586

④ f_c: $\frac{2}{\pi}$, A_V: 2.706

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 버터워스 2차 고역통과필터의 차단주파수와 비반전 증폭기의 전압이득을 계산하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

주어진 값:
- $R_A = R_B = 1.0k\Omega$
- $C_A = C_B = 0.5\mu F$
- $R_1/R_2 = 0.586$

구해야 할 값:
- 차단주파수 f_c $[kHz]$
- 전압이득 $A_v = V_o/V_i$

주의할 조건:
- 버터워스 2차 고역통과필터에서 $R_A = R_B$, $C_A = C_B$이므로 차단주파수식이 단순화된다.
- 연산증폭기는 이상적이므로 비반전 증폭기 이득식 $A_v = 1 + R_1/R_2$를 그대로 적용한다.

사용할 공식

차단주파수는
$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_A R_B C_A C_B}}$
이고, $R_A = R_B = R$, $C_A = C_B = C$이면
$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
이다.
전압이득은 비반전 증폭기이므로
$A_V = 1 + \frac{R_1}{R_2}$
이다.
이 공식을 쓰는 이유는 회로가 전형적인 살렌키형 2차 고역통과필터이고, 연산증폭기 부분이 비반전 증폭기 구조이기 때문이다.

계산 과정

1. $R_A C_A = 1.0 \times 10^3 \times 0.5 \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-4} s$이다.
2. 따라서
$f_c = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^{-4}} = \frac{1000}{\pi} Hz = \frac{1}{\pi} kHz$
이다.
3. 전압이득은
$A_v = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + 0.586 = 1.586$
이다.
4. 따라서 $f_c = 1/\pi kHz$, $A_v = 1.586$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O: 계산 결과가 $f_c = 1/\pi kHz$, $A_v = 1.586$이므로 옳다.
② X: A_V를 $1 + R_2/R_1$처럼 거꾸로 계산하면 2.706이 나온다. 올바르게는 비반전 증폭기이므로 $A_v = 1 + R_1/R_2 = 1.586$이다.
③ X: 차단주파수에서 분모의 2π 중 2를 빠뜨리면 $2/\pi kHz$가 나온다. 올바르게는 $f_c = 1/(2\pi RC) = 1/\pi kHz$이다.
④ X: 차단주파수와 전압이득을 모두 잘못 계산한 선지이다. 올바르게는 $f_c = 1/\pi kHz$, $A_v = 1.586$이다.

오답 포인트

이 문항의 함정은 두 가지이다. 하나는 차단주파수 식의 2π에서 2를 빠뜨리는 실수이고, 다른 하나는 비반전 증폭기 이득에서 저항비를 R_1/R_2가 아니라 R_2/R_1로 뒤집는 실수이다. 보기 ②, ③, ④는 이 두 실수를 각각 또는 동시에 노린 조합이다.

다시 나오면 이렇게 판단

살렌키 필터 문제는 먼저 f_c 식을 확인해 R, C를 대입하고, 그다음 연산증폭기 부분이 반전형인지 비반전형인지 구분해 이득식을 정한다. 마지막에 단위를 Hz에서 kHz로 바꾸며 검산하면 된다.

암기 포인트

동일한 R, C의 2차 살렌키 고역통과필터는 $f_c = 1/(2\pi RC)$, 비반전 증폭기 이득은 $1 + R_1/R_2$이다.

NoteBase