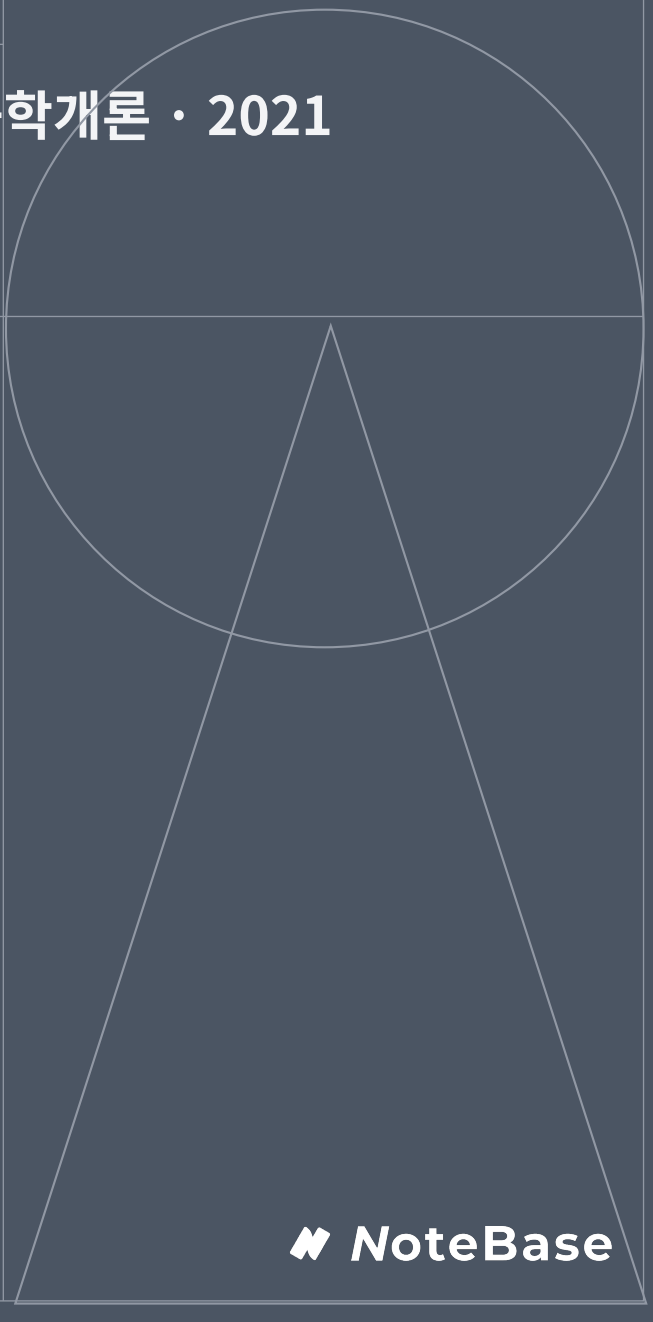
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2021



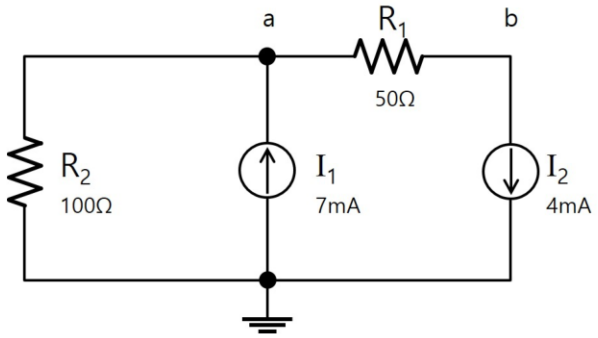
NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2021

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2021

1. 다음 그림과 같은 회로에서 50 [Ω] 저항 R에 흐르는 전류의 크기와 방향으로 옳은 것은?



① 3mA, a에서 b로
② 3mA, b에서 a로
③ 4mA, a에서 b로
④ 11mA, a에서 b로
⑤ 11mA, b에서 a로

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 키르히호프의 전류 법칙(KCL)을 노드 b에 적용하여 R_1에 흐르는 전류의 크기와 방향을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $I_1 = 7mA, I_2 = 4mA, R_1 = 50\Omega, R_2 = 100\Omega$이다.
구해야 할 값: R_1에 흐르는 전류의 크기와 방향이다.
주의할 조건: 노드 b에는 R_1과 아래 방향의 전류원 I_2만 연결되어 있으므로, 노드 b에서 KCL을 적용하면 R_1의 전류를 바로 구할 수 있다.

NoteBase

사용할 공식

키르히호프의 전류 법칙은 한 노드로 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합이 같다는 법칙이다.

노드 b에서 R_1 전류의 기준 방향을 a에서 b로 잡으면
$I_{R_1} = I_2$
이다. 노드 b에서 전류원 I_2가 $4mA$를 아래로 내보내므로, 같은 크기의 전류가 R_1을 통해 노드 b로 들어와야 하기 때문에 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 노드 b에서 $I_2 = 4mA$가 아래쪽으로 나간다.
2. KCL에 따라 R_1을 통해 노드 b로 들어오는 전류는
$I_{R_1} = I_2 = 4mA$
이다.
3. 노드 b로 들어오려면 R_1 전류의 방향은 a에서 b로 향한다. 따라서 R_1 전류는 $4mA$, a에서 b 방향이다.
4. 검산하면 노드 a에 유입되는 $7mA$ 중 $4mA$가 R_1으로 흐르고, 나머지 $3mA$가 R_2로 흐르므로 KCL을 만족한다.

선지 판단

① X — '$3mA$, a에서 b로'가 틀렸다. $3mA$는 노드 a에서 R_2로 흐르는 전류이며, R_1에는 $4mA$가 a에서 b로 흐른다.
② X — '$3mA$, b에서 a로'는 크기와 방향이 모두 틀렸다. 올바르게는 $4mA$, a에서 b로 흐른다.
③ O — 노드 b에서 아래로 나가는 $I_2 = 4mA$와 같도록 R_1을 통해 $4mA$가 a에서 b로 들어온다.
④ X — '$11mA$, a에서 b로'가 틀렸다. 두 전류원 $7mA$와 $4mA$를 단순히 더할 수 없으며, 올바르게는 $4mA$, a에서 b로 흐른다.
⑤ X — '$11mA$, b에서 a로'는 크기와 방향이 모두 틀렸다. 올바르게는 $4mA$, a에서 b로 흐른다.

계산 결과 R_1 전류는 $4mA$, a에서 b 방향이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

①·②의 $3mA$는 $7mA - 4mA$로 구한 R_2의 전류를 R_1의 전류로 착각한 값이다. ④·⑤의 $11mA$는 서로 다른 위치와 방향의 전류원 값을 단순히 더한 값이다. 또한 전류의 크기만 계산하지 않고, 노드 b에서 나가는 $4mA$를 보충하기 위해 전류가 a에서 b로 들어온다는 방향까지 확인해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전류원이 연결된 노드 중 가지 수가 가장 적은 노드를 먼저 선택하고, 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합을 같게 둔다. 그다음 계산값의 부호와 실제 전류원 화살표를 이용해 전류 방향을 확정한다.

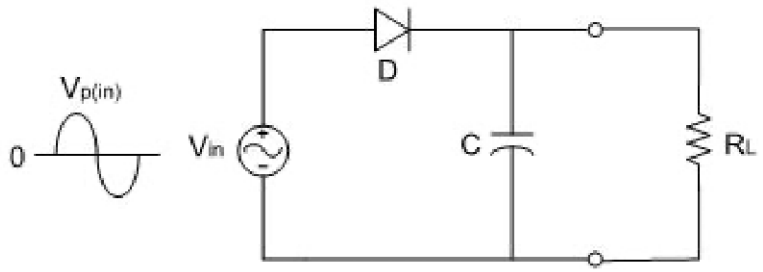
NoteBase

암기 포인트

노드 b에서는 나가는 $4mA$만큼 R_1을 통해 들어와야 하므로, R_1 전류는 $4mA$, a→b이다.

NoteBase

2. 다음 그림과 같은 반파정류기에서 커패시터 입력필터에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 양(+)의 첫 1/4주기 동안 다이오드는 순방향 바이어스 되어 커패시터에는 입력 피크값보다 0.7 [V] 낮게 충전된다.

② 입력전압이 양(+)의 피크값보다 작아지면 다이오드는 역방향 바이어스 된다.

③ 다이오드의 최대역전압(PIV: peak inverse voltage)는 $2V_{p(in)} - 0.7$ [V] 이다.

④ 입력전압이 다시 증가하여 커패시터의 충전전압보다 0.7[V] 이상 커지게 되면 다이오드는 순방향 바이어스 된다.

⑤ R_L 또는 C가 증가하면 리플전압은 증가하고 직류전압은 감소한다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 반파정류기 커패시터 입력필터에서 다이오드의 도통 조건, 최대역전압(PIV), 그리고 부하저항과 커패시턴스가 리플전압 및 직류출력전압에 미치는 영향을 판단하는 문제이다.

조건 정리

다이오드의 순방향 전압강하는 약 0.7V이다. 다이오드가 도통하면 커패시터는 입력 피크 부근까지 충전되고, 다이오드가 차단되면 커패시터가 R_L을 통해 방전한다. 반파정류기이므로 리플주파수는 입력주파수 f와 같다.

사용할 공식

커패시터 방전으로 생기는 피크-피크 리플전압은 근사적으로

$\Delta V_{r(pp)} \approx \frac{I_L}{fC} \approx \frac{V_{DC}}{fR_LC}$

이다. 또한 직류출력전압은 대략

$V_{DC} \approx V_{p(in)} - 0.7 - \frac{\Delta V_{r(pp)}}{2}$

로 볼 수 있다. 이는 다이오드 차단 구간에 커패시터가 부하전류를 공급하면서 방전하기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 양의 피크에서 커패시터는 약 $V_{p(in)} - 0.7V$까지 충전된다.
2. 음의 피크에서 다이오드 애노드는 $-V_{p(in)}$, 캐소드는 약 $V_{p(in)} - 0.7V$이므로 최대역전압은 $2V_{p(in)} - 0.7V$이다.
3. $\Delta V_{r(pp)} \approx V_{DC}/(fR_LC)$이므로 R_L 또는 C가 증가하면 리플전압은 감소한다. 리플이 작아지면 평균 직류출력전압은 증가하여 피크 충전전압에 가까워진다.

선지 판단

① O — 최초 양의 반주기에서 입력전압이 상승해 다이오드가 순방향 바이어스되면 커패시터는 입력 피크값보다 다이오드 전압강하만큼 낮은 약 $V_{p(in)} - 0.7V$까지 충전된다.
② O — 커패시터가 피크 부근까지 충전된 뒤 입력전압이 낮아지면 애노드 전압이 캐소드 전압보다 낮아져 다이오드는 역방향 바이어스된다. 정확한 차단 조건은 $V_{in} < V_C + 0.7V$이다.
③ O — 입력의 음의 피크에서 다이오드 양단의 역전압은 $(V_{p(in)} - 0.7) - (-V_{p(in)}) = 2V_{p(in)} - 0.7V$이므로 제시된 PIV가 맞다.
④ O — 다음 양의 반주기에서 입력전압이 커패시터 전압보다 약 $0.7V$ 이상 높아지면 $V_{in} \geq V_C + 0.7V$가 되어 다이오드가 다시 순방향 바이어스되고 커패시터가 재충전된다.
⑤ X — 'R_L 또는 C가 증가하면 리플전압은 증가하고 직류전압은 감소한다'가 틀렸다. 올바르게는 R_L 또는 C가 증가하면 커패시터의 방전이 느려져 리플전압은 감소하고 직류출력전압은 증가한다.

오답 포인트

⑤에서 R_L의 증가를 부하전류의 증가로 착각하기 쉽다. 출력전압이 비슷하다면 $I_L \approx V_{DC}/R_L$이므로 R_L이 커질수록 부하전류는 작아지고 커패시터 방전도 느려진다. 따라서 R_L과 C의 증가는 모두 리플을 줄이는 방향으로 작용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

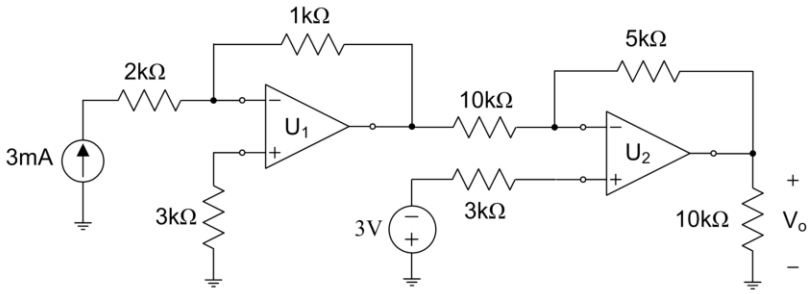
커패시터 입력필터 문제는 '입력이 $V_C + 0.7V$ 이상이면 도통·재충전, 그보다 낮으면 차단·방전'으로 구간을 나눈다. 리플의 크기는 $\Delta V_{r(pp)} \approx V_{DC}/(fR_LC)$에서 분모인 f, R_L, C가 커질수록 작아진다고 판단한다.

암기 포인트

반파 커패시터 필터는 R_LC가 클수록 방전이 느리다. 따라서 리플은 감소하고 직류출력전압은 피크값에 가까워진다. 다이오드의 PIV는 약 $2V_{p(in)} - 0.7V$이다.

NoteBase

3. 다음 그림과 같은 연산증폭기 회로에서 출력전압 V_0 [V] 값은? (단, 연산증폭기 U_1, U_2는 이상적이다)



① -6 V
② -3 V
③ 0 V
④ 3 V
⑤ 6 V

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기의 입력 전류가 0이고 음의 되먹임 상태에서 두 입력 전압이 같다는 성질을 이용하여 각 단의 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

이상적인 연산증폭기에서는 입력 단자로 전류가 흐르지 않으며, 음의 되먹임이 걸리면 $V_- = V_+$가 성립한다.
첫째 단의 비반전 입력은 $3k\Omega$ 저항을 거쳐 접지되어 있으므로 $V_{+1} = V_{-1} = 0V$이다.
둘째 단의 비반전 입력은 $3V$ 전원의 음극 쪽에 연결되어 있다. 전원의 양극이 접지되어 있으므로 $V_{+2} = V_{-2} = -3V$이다.
출력의 $10k\Omega$ 부하는 이상적인 연산증폭기의 출력전압에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

각 반전 입력 노드에 키르히호프 전류 법칙을 적용한다.

$\sum I = 0$

이 공식을 쓰는 이유는 연산증폭기 입력으로 흐르는 전류가 0이므로, 반전 입력 노드로 들어온 전류가 되먹임 저항을 통해서만 나가기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 첫째 단에서는 전류원의 $3mA$가 직렬 $2k\Omega$ 저항을 지나 모두 반전 입력 노드로 흐른다. 입력 전류가 0이므로 이 전류가 $1k\Omega$ 되먹임 저항으로 흐른다.
$U_1 = 0 - (3mA)(1k\Omega) = -3V$
$2k\Omega$ 저항은 이상적인 전류원이 정한 $3mA$를 바꾸지 않으므로 U_1 계산에 직접 들어가지 않는다.
2. 둘째 단에서는 $V_{-2} = -3V$이고 $U_1 = -3V$이므로 입력 $10k\Omega$ 저항의 양단 전압이 0이다. 따라서 이 저항의 전류도 0이다.
$I_{10k} = \frac{U_1 - V_{-2}}{10k\Omega} = 0$
3. 반전 입력 노드로 유입되는 전류가 없으므로 $5k\Omega$ 되먹임 저항의 전류도 0이다. 따라서 그 양단의 전압차가 0이 되어 출력은 반전 입력 전압과 같다.
$V_0 = V_{-2} = -3V$

선지 판단

① X — $-6V$는 틀린 값이다. 둘째 단 입력 저항에는 전압차가 없어 증폭되는 신호 전류가 없으므로, 올바른 출력은 $-3V$이다.
② O — 계산 결과 $V_0 = -3V$이므로 맞다.
③ X — $0V$는 틀린 값이다. 둘째 단의 비반전 입력 기준전압이 접지가 아니라 $-3V$이므로, 올바른 출력은 $-3V$이다.
④ X — $3V$는 전원 극성을 반대로 읽은 값이다. 전원의 양극이 접지되어 있으므로 위쪽 음극 단자는 $-3V$이고, 올바른 출력은 $-3V$이다.
⑤ X — $6V$는 전원 극성과 연산증폭기의 기준전압을 잘못 적용한 값이다. 올바른 출력은 $-3V$이다.
계산 결과 $-3V$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

둘째 단을 접지 기준의 일반적인 반전증폭기로 보고 단순히 저항비만 적용하면 안 된다. 비반전 입력이 $-3V$로 바이어스되어 있고 첫째 단 출력도 $-3V$이므로 입력 저항에는 전류가 흐르지 않는다. 또한 3 V 전원의 양극이 아래쪽 접지에 연결되어 있으므로 위쪽 단자의 전압은 $+3V$가 아니라 $-3V$이다.

다시 나오면 이렇게 판단

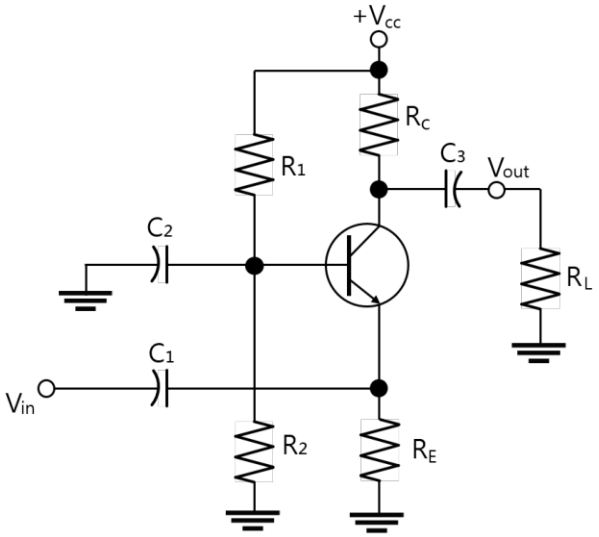
다단 연산증폭기 회로는 앞단부터 출력전압을 구한 뒤, 다음 단의 비반전 입력 기준전압과 반전 입력 전압을 먼저 확정하고 각 저항의 전류를 계산한다. 전압원의 극성과 이상적인 연산증폭기의 입력 전류 0 조건을 함께 확인한다.

암기 포인트

이상적인 연산증폭기의 음의 되먹임 조건은 $I_+ = I_- = 0, V_+ = V_-$이다. 입력 신호와 기준전압이 같으면 입력 저항 전류가 0이 되어 출력도 그 기준전압과 같아진다.

NoteBase

4. 다음 그림과 같은 증폭기에 대한 설명으로 옳은 것은?



① 전류이득이 매우 크다.
② 출력임피던스가 낮다.
③ 전압이득이 거의 1이다.
④ 전류이득이 거의 1이다.
⑤ 입출력 위상이 반전이다.

정답 4번

출제 포인트

이 회로는 베이스가 커패시터 C2를 통해 교류 접지되고, 입력이 이미터에 인가되며, 출력이 컬렉터에서 나오는 공통 베이스 증폭기이다. 공통 베이스 증폭기의 전류이득은 $\alpha = I_C/I_E$로 거의 1이다.

선지별 해설

① X — '전류이득이 매우 크다'는 틀린 표현이다. 공통 베이스 증폭기의 전류이득 α는 1보다 약간 작아 거의 1이다.
② X — '출력임피던스가 낮다'는 틀린 표현이다. 공통 베이스 증폭기는 입력임피던스가 낮고 출력임피던스는 높다.
③ X — '전압이득이 거의 1이다'는 틀린 표현이다. 공통 베이스 증폭기는 일반적으로 큰 전압이득을 가지며, 부하를 고려하면 전압이득은 대략 $A_v \approx g_m(R_C \parallel R_L)$이다.
④ O — 이미터전류와 컬렉터전류가 거의 같으므로 전류이득 $\alpha = I_C/I_E$는 거의 1이다.
⑤ X — '입출력 위상이 반전이다'는 틀린 표현이다. 이미터 입력과 컬렉터 출력은 같은 위상이므로 위상 반전이 없다.

NoteBase

오답 포인트

공통 이미터 증폭기의 큰 전류이득과 위상 반전 특성을 공통 베이스 증폭기에 그대로 적용하면 ①이나 ⑤를 고르기 쉽다. 이 회로에서는 베이스가 교류 공통 단자이고, 입력은 이미터, 출력은 컬렉터라는 점이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

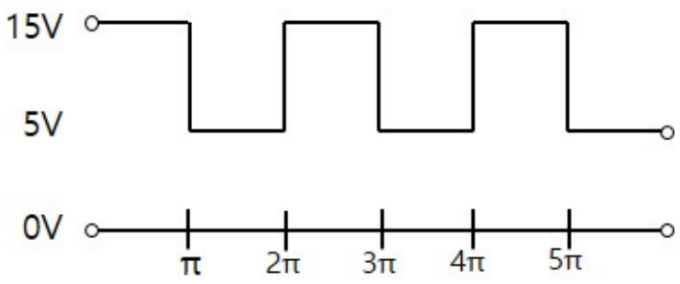
교류 관점에서 공통 단자를 먼저 찾는다. 베이스가 교류 접지되어 있고 이미터 입력·컬렉터 출력이면 공통 베이스 증폭기로 판단하며, 낮은 입력임피던스·높은 출력임피던스·큰 전압이득·거의 1인 전류이득·동위상을 연결한다.

암기 포인트

공통 베이스는 ‘전류이득 거의 1, 전압이득 큼, 위상 반전 없음’이다.

NoteBase

5. 다음의 구형파는 한 주기가 2π [rad]인 비정현 주기파이다. 구형파의 3고조파 값의 크기로 옳은 것은?



① $\frac{20}{3}\pi$

② 10π

③ $\frac{10}{3}$

④ $\frac{10}{3\pi}$

⑤ $\frac{20}{3\pi}$

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 직류 오프셋이 있는 50% 듀티 구형파의 푸리에 급수에서 3고조파의 크기를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 파형은 한 주기 2π 동안 $0 \le \theta < \pi$에서 $15V$, $\pi \le \theta < 2\pi$에서 $5V$이다.
평균값은 $10V$이고, 평균값을 기준으로 한 교류 성분은 $+5V$와 $-5V$이다.
구해야 할 값은 3차 고조파 계수의 크기이며, 직류 성분 $10V$는 고조파 크기에 영향을 주지 않는다.

사용할 공식

주기가 2π인 파형의 푸리에 계수는
$a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(\theta)\cos(n\theta)d\theta, \quad b_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} f(\theta)\sin(n\theta)d\theta$
이고, n차 고조파의 크기는 $\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$이다. 이 파형에서는 각 반주기의 값이 일정하므로 두 구간으로 나누어 적분한다.

NoteBase

계산 과정

코사인 계수는 두 구간의 적분값이 모두 상쇄되어 $a_n = 0$이다. 사인 계수는
$b_n = \frac{1}{\pi}\left(15\int_0^{\pi}\sin(n\theta)d\theta + 5\int_{\pi}^{2\pi}\sin(n\theta)d\theta\right)$
이다. 이를 정리하면 홀수 n에 대하여
$b_n = \frac{20}{n\pi}$
이고, 짝수 n에서는 $b_n = 0$이다. 따라서 $n = 3$일 때
$\sqrt{a_3^2 + b_3^2} = |b_3| = \frac{20}{3\pi}$
이다.

선지 판단

① X — $\frac{20\pi}{3}$은 푸리에 계수의 분모에 있어야 할 π를 분자로 옮긴 값이다. 올바른 값은 $\frac{20}{3\pi}$이다.
② X — 10π는 평균값 $10V$에 π를 곱한 값으로, 3고조파의 크기가 아니다. 올바른 값은 $\frac{20}{3\pi}$이다.
③ X — $\frac{10}{3}$은 구형파의 고조파 계수에 필요한 $\frac{4A}{n\pi}$에서 π와 계수 2를 반영하지 못한 값이다. 올바른 값은 $\frac{20}{3\pi}$이다.
④ X — $\frac{10}{3\pi}$은 교류 진폭 $5V$에 대한 계수 $4A$를 절반만 반영한 값이다. 올바른 값은 $\frac{20}{3\pi}$이다.
⑤ O — 계산한 3차 고조파의 크기 $\frac{20}{3\pi}$와 일치한다.

오답 포인트

파형의 평균값 $10V$와 교류 진폭 $5V$를 혼동하기 쉽다. 평균값은 직류 성분이고, 고조파는 평균값을 뺀 $\pm 5V$ 구형파에서 생긴다. 또한 50% 듀티 대칭 구형파의 홀수차 계수에는 반드시 π가 분모에 들어간다.

다시 나오면 이렇게 판단

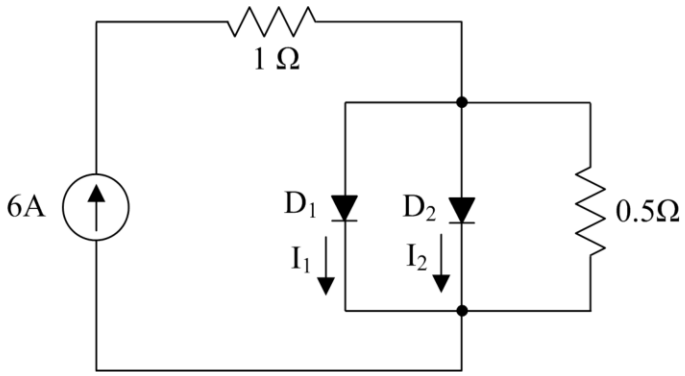
상한값과 하한값의 평균으로 직류 성분을 구하고, 두 값 차이의 절반으로 교류 진폭 A를 구한다. 50% 듀티 구형파이면 짝수차는 0이고 홀수 n차의 크기는 $\frac{4A}{n\pi}$로 판단한다.

암기 포인트

50% 듀티 구형파는 홀수 고조파만 존재하며, 홀수 n차의 크기는 $\frac{4A}{n\pi}$이다. 이 문제에서는 $A = 5V$이므로 3차 크기는 $\frac{20}{3\pi}$이다.

NoteBase

6. 다음 그림과 같은 회로에서 전류 I_1 [A]과 전류 I_2 [A]의 값으로 옳은 것은? (단, 다이오드 D_1과 D_2의 순방향 전압강하는 각각 0.5 [V], 0.7 [V]이며 다이오드의 나머지 특성은 이상적이다)



	I_1	I_2
①	0 A	6 A
②	2.5 A	3.5 A
③	3.5 A	2.5 A
④	5 A	0 A
⑤	6 A	0 A

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 순방향 전압강하가 서로 다른 병렬 다이오드의 도통 여부를 먼저 판단하고, 옴의 법칙과 키르히호프 전류법칙으로 각 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전류원은 $6A$, D_1과 D_2의 순방향 전압강하는 각각 $0.5V$, $0.7V$, 병렬 저항은 0.5Ω이다.
구해야 할 값: I_1과 I_2이다.
주의할 조건: 두 다이오드는 같은 두 노드 사이에 같은 방향으로 병렬 연결되어 있다. 더 낮은 순방향 전압에서 켜지는 D_1이 먼저 도통하면 병렬단 전압은 $0.5V$로 고정된다. 이 전압은 D_2의 도통 전압 $0.7V$보다 낮으므로 D_2는 차단된다.

사용할 공식

저항 전류는 옴의 법칙 $I_R = V/R$로 구한다. 병렬 접점에서는 키르히호프 전류법칙에 따라 $6A = I_1 + I_2 + I_R$가 성립한다. D_1이 도통하여 병렬단 전압을 결정하고, 전류원의 $6A$가 다이오드 가지와 저항 가지로 나뉘므로 이 두 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. D_1이 도통하므로 병렬단 전압은 $V = 0.5V$이다.
2. D_2에는 $0.5V$만 걸리며 순방향 전압강하 $0.7V$에 미달하므로 $I_2 = 0A$이다.
3. 저항 전류는 $I_R = \frac{0.5V}{0.5\Omega} = 1A$이다.
4. 접점 전류식을 적용하면 $I_1 = 6A - I_R - I_2 = 6A - 1A - 0A = 5A$이다. 따라서 $(I_1, I_2) = (5A, 0A)$이다.

선지 판단

① X — $I_1 = 0A, I_2 = 6A$는 순방향 전압이 더 높은 D_2만 도통한다고 본 값이다. 실제로는 D_1이 먼저 도통하여 D_2를 차단하므로, 올바르게는 $I_1 = 5A, I_2 = 0A$이다.
② X — 두 다이오드에 각각 $2.5A$, $3.5A$가 흐를 수 없다. 순방향 전압강하가 다른 병렬 다이오드는 동시에 도통할 수 없고 저항에도 $1A$가 흐르므로, 올바르게는 $I_1 = 5A, I_2 = 0A$이다.
③ X — 두 다이오드에 각각 $3.5A$, $2.5A$가 흐른다는 값은 D_2의 차단과 저항 가지 전류를 반영하지 않았다. 올바르게는 $I_1 = 5A, I_2 = 0A$이다.
④ O — D_1이 도통하고 D_2가 차단되며, 저항으로 흐르는 $1A$를 전체 $6A$에서 빼면 $I_1 = 5A, I_2 = 0A$가 된다.
⑤ X — $I_2 = 0A$인 판단은 맞지만 $I_1 = 6A$는 병렬의 0.5Ω 저항에 흐르는 $1A$를 누락한 값이다. 올바르게는 $I_1 = 5A, I_2 = 0A$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 전류원의 $6A$가 모두 도통 다이오드로 흐른다고 보는 것이다. D_1이 병렬단 전압을 $0.5V$로 고정해도 같은 두 노드에 연결된 0.5Ω 저항에는 $1A$가 흐른다. 또한 병렬 다이오드의 순방향 전압강하가 다르면 낮은 전압강하의 다이오드가 먼저 켜져 다른 다이오드의 도통을 막는다는 점을 반영해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

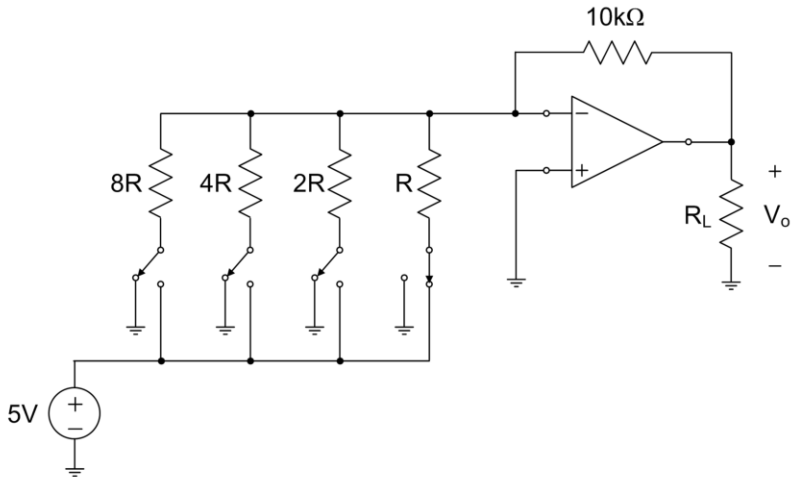
병렬 다이오드 문제에서는 먼저 가장 낮은 순방향 전압강하를 가진 다이오드가 병렬단 전압을 결정하는지 판단한다. 그 전압으로 다른 병렬 소자의 전류를 각각 구한 뒤, 마지막에 키르히호프 전류법칙으로 도통 다이오드의 전류를 계산한다.

암기 포인트

병렬 다이오드는 낮은 순방향 전압이 우선 도통하고, 전체 전류에서 다른 병렬 가지 전류를 뺀 값이 도통 다이오드 전류가 된다.

NoteBase

7. 다음은 연산증폭기를 이용한 4 bit D/A 컨버터에 2진 입력 $1000_{(2)}$을 입력한 경우이다. 이때의 출력전압 V_0가 -5 [V]이다. 출력전압 V_0가 -5.625 [V]가 되기 위해 입력해야 하는 2진 입력으로 옳은 것은?



① $1001_{(2)}$
② $1010_{(2)}$
③ $1100_{(2)}$
④ $1101_{(2)}$
⑤ $1110_{(2)}$

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 연산증폭기를 이용한 4 bit 가중 저항형 D/A 컨버터에서 디지털 입력값과 출력전압의 비례관계를 이용해 목표 출력전압에 해당하는 2진 입력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력 $1000_{(2)} = 8$일 때 출력전압은 $V_o = -5V$이다.
구해야 할 값: $V_o = -5.625V$가 되게 하는 4 bit 2진 입력이다.
주의할 조건: 반전 가산기이므로 출력에는 음의 부호가 붙지만, 출력전압의 크기는 2진 입력의 십진 코드값에 비례한다.

NoteBase

사용할 공식

기준 코드값을 $D_0 = 8$, 새 코드값을 D라 하면

$\frac{D}{8} = \frac{|V_o|}{5}$

이다. 같은 저항과 기준전압을 사용하는 선형 D/A 컨버터에서는 출력전압의 크기가 디지털 코드값에 비례하므로 이 관계를 사용한다.

계산 과정

1. 목표 출력과 기준 출력의 크기 비를 구하면 5.625/5 = 1.125이다.
2. 필요한 십진 코드값은 $D = 8 \times 1.125 = 9$이다.
3. 십진수 9를 4 bit 2진수로 바꾸면 $9 = 8 + 1 = 1001_{(2)}$이다. 따라서 필요한 입력은 $1001_{(2)}$이다.

선지 판단

① O — $1001_{(2)} = 9$이므로 $V_o = -5 \times (9/8) = -5.625V$가 되어 목표값과 일치한다.
② X — $1010_{(2)} = 10$이므로 출력은 $-5 \times (10/8) = -6.25V$이다. '$1010_{(2)}$'는 틀린 입력이며, 올바르게는 $1001_{(2)}$이다.
③ X — $1100_{(2)} = 12$이므로 출력은 $-5 \times (12/8) = -7.5V$이다. '$1100_{(2)}$'는 틀린 입력이며, 올바르게는 $1001_{(2)}$이다.
④ X — $1101_{(2)} = 13$이므로 출력은 $-5 \times (13/8) = -8.125V$이다. '$1101_{(2)}$'는 틀린 입력이며, 올바르게는 $1001_{(2)}$이다.
⑤ X — $1110_{(2)} = 14$이므로 출력은 $-5 \times (14/8) = -8.75V$이다. '$1110_{(2)}$'는 틀린 입력이며, 올바르게는 $1001_{(2)}$이다.

오답 포인트

목표 전압의 크기가 기준보다 1.125배이므로 코드값 8에 1.125를 곱해야 한다. 전압 차이 $0.625V$를 그대로 2진수에 더하거나, 반전 출력의 음의 부호 때문에 코드값을 감소시키면 틀린다.

다시 나오면 이렇게 판단

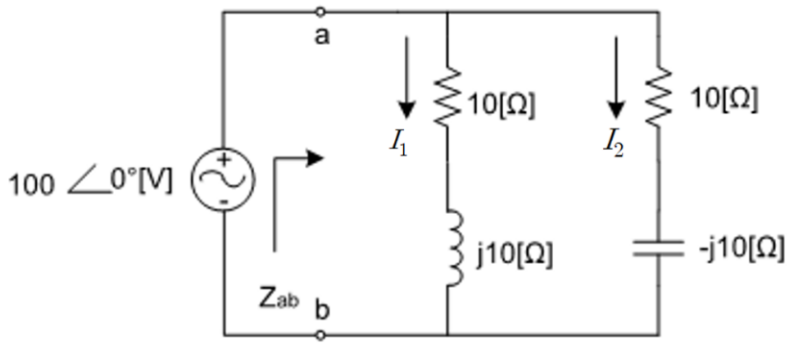
같은 D/A 컨버터의 두 동작점을 비교하는 문제에서는 먼저 출력전압의 크기 비를 구하고, 그 비를 기준 디지털 코드값에 곱한 뒤, 얻은 값을 2진수로 변환한다. 반전형 회로의 음의 부호와 코드값의 크기 비례는 구분한다.

암기 포인트

가중 저항형 D/A 컨버터는 $|V_o| \propto D$이며, 반전 가산기에서는 출력 부호가 음이 된다.

NoteBase

8. 다음 그림과 같은 회로에서 $100\angle 0^\circ$ [V]의 교류전압이 인가될 때 전체 임피던스(Z_{ab}) [Ω]와 전류 I_1 [A] 및 전류 I_2 [A]는?



	$Z_{ab}[\Omega]$	$I_1[\mathrm{A}]$	$I_2[\mathrm{A}]$
①	10	$5\angle 45^\circ$	$5\angle -45^\circ$
②	10	$5\sqrt{2}\angle -45^\circ$	$5\sqrt{2}\angle 45^\circ$
③	$10\sqrt{2}$	$5\angle 45^\circ$	$5\angle -45^\circ$
④	$10\sqrt{2}$	$5\sqrt{2}\angle -45^\circ$	$5\sqrt{2}\angle 45^\circ$
⑤	5	$5\angle 45^\circ$	$5\angle 45^\circ$

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 직렬 $R-L$, 직렬 $R-C$ 가지의 복소 임피던스로 분기전류를 구하고, 두 가지의 병렬 합성 임피던스를 계산하는 문제이다.

조건 정리

인가전압은 $V = 100\angle 0^\circ\, V$이다. 첫째 가지는 $Z_1 = 10 + j10\Omega$, 둘째 가지는 $Z_2 = 10 - j10\Omega$이다.
병렬회로이므로 두 가지에는 같은 전압이 인가된다. 구해야 할 값은 I_1, I_2, 전체 임피던스 Z_{ab}이다.

사용할 공식

분기전류는 옴의 법칙 $I = V/Z$로 구한다. 병렬 합성 임피던스는 $Z_{ab} = (Z_1 Z_2)/(Z_1 + Z_2)$로 구한다. 각 가지가 전원에 직접 병렬 연결되어 같은 전압을 받기 때문에 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 각 가지의 임피던스를 극형식으로 바꾸면

$Z_1 = 10 + j10 = 10\sqrt{2}\angle 45^\circ\,\Omega$

$Z_2 = 10 - j10 = 10\sqrt{2}\angle(-45^\circ)\Omega$

이다.

2. 분기전류는

$I_1 = \frac{100\angle 0^\circ}{10\sqrt{2}\angle 45^\circ} = 5\sqrt{2}\angle(-45^\circ)A$

$I_2 = \frac{100\angle 0^\circ}{10\sqrt{2}\angle(-45^\circ)} = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ A$

이다. 임피던스로 나눌 때 전류의 위상각은 전압의 위상각에서 임피던스의 위상각을 뺀다.

3. 전체 임피던스는

$Z_{ab} = \frac{(10+j10)(10-j10)}{(10+j10)+(10-j10)} = \frac{200}{20} = 10\Omega$

이다.

선지 판단

① X — $Z_{ab} = 10\Omega$은 맞지만, 전류의 크기는 $5A$가 아니라 각각 $5\sqrt{2}A$이다. 올바르게는 $I_1 = 5\sqrt{2}\angle(-45^\circ)A$, $I_2 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ A$이다.

② O — $Z_{ab} = 10\Omega$, $I_1 = 5\sqrt{2}\angle(-45^\circ)A$, $I_2 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ A$로 계산 결과와 모두 일치한다.

③ X — 전류의 크기를 $5A$로 잘못 계산했고, 전체 임피던스도 $10\sqrt{2}\Omega$로 잘못 제시했다. 올바르게는 $Z_{ab} = 10\Omega$, $I_1 = 5\sqrt{2}\angle(-45^\circ)A$, $I_2 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ A$이다.

④ X — 두 분기전류는 맞지만 전체 임피던스가 $10\sqrt{2}\Omega$가 아니라 10Ω이다. 두 가지를 병렬 합성하면 리액턴스 성분이 상쇄된다.

⑤ X — 전체 임피던스를 5Ω로 제시했고 두 전류의 크기와 I_1의 위상도 틀렸다. 올바르게는 $Z_{ab} = 10\Omega$, $I_1 = 5\sqrt{2}\angle(-45^\circ)A$, $I_2 = 5\sqrt{2}\angle 45^\circ A$이다.

오답 포인트

각 가지 임피던스의 크기 $10\sqrt{2}\Omega$를 전체 임피던스로 착각하기 쉽다. 또한 $I = V/Z$에서는 위상각도 나누므로 유도성 가지의 전류 I_1은 -45°, 용량성 가지의 전류 I_2는 $+45^\circ$가 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

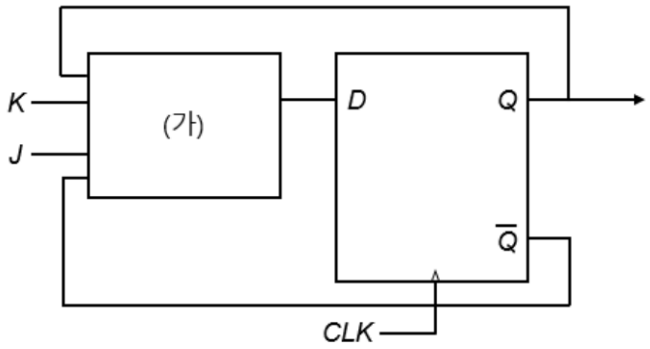
먼저 각 가지의 직렬 임피던스를 직교형과 극형식으로 나타낸다. 다음으로 같은 전원전압을 각 임피던스로 나누어 분기전류를 구하고, 마지막에 병렬 공식이나 어드미턴스 합으로 전체 임피던스를 검산한다.

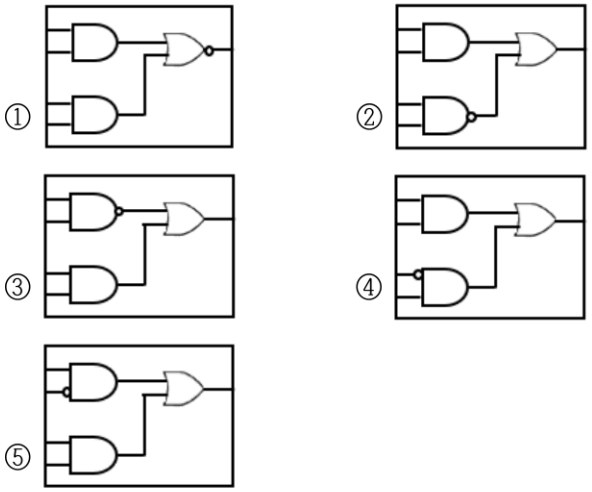
암기 포인트

$10 + j10$과 $10 - j10$은 켤레복소수이다. 두 가지를 병렬 연결하면 허수 어드미턴스가 상쇄되어 $Z_{ab} = 10\Omega$이 되고, 분기전류의 위상은 각각 -45°, $+45^\circ$가 된다.

NoteBase

9. 다음 그림과 같이 D 플립플롭을 이용하여 JK 플립플롭을 구현하고자 한다. (가) 부분에 들어갈 게이트 회로의 조합으로 옳은 것은?





정답 5번

출제 포인트

이 문제는 JK 플립플롭의 다음 상태식을 D 플립플롭의 입력식으로 바꾸고, 도식에서 피드백되는 Q와 $\overline{Q}$의 연결 및 게이트 입력의 반전 표시를 판별하는 문제이다. JK 플립플롭을 구현하려면 D 입력이 $D = J\overline{Q} + \overline{K}Q$가 되어야 한다.

NoteBase

선지별 해설

① X

위쪽 AND 게이트는 QK, 아래쪽 AND 게이트는 $J\overline{Q}$를 만들지만 마지막 게이트가 NOR이므로 출력은 $\overline{QK + J\overline{Q}}$이다. 마지막 출력 반전이 잘못되었다. 올바르게는 출력이 반전되지 않은 OR 게이트이고, 위쪽 곱항의 K도 반전되어 $\overline{K}Q + J\overline{Q}$가 되어야 한다.

② X

위쪽 항은 QK이고 아래쪽 NAND 게이트의 출력은 $\overline{J\overline{Q}}$이므로 D 입력은 $QK + \overline{J\overline{Q}}$가 된다. 아래쪽 곱항 전체를 반전한 것이 잘못되었다. 올바르게는 $J\overline{Q}$를 그대로 만들고 위쪽에서는 K만 반전하여 $\overline{K}Q$를 만들어야 한다.

③ X

위쪽 NAND 게이트 때문에 D 입력은 $\overline{QK} + J\overline{Q}$가 된다. 위쪽 곱항 전체를 반전한 것이 잘못되었다. 올바르게는 Q가 아니라 K 입력에만 반전을 적용하여 $\overline{K}Q + J\overline{Q}$로 구성해야 한다.

④ X

위쪽 항은 QK이고 아래쪽 AND 게이트에서는 J가 반전되어 $\overline{J\overline{Q}}$가 만들어지므로 D 입력은 $QK + \overline{J\overline{Q}}$가 된다. J를 반전한 것과 K를 반전하지 않은 것이 잘못되었다. 올바르게는 J는 그대로 두고 K만 반전하여 $\overline{K}Q + J\overline{Q}$로 구성해야 한다.

⑤ O

위쪽 AND 게이트는 피드백된 Q와 반전된 K를 받아 $\overline{K}Q$를 만들고, 아래쪽 AND 게이트는 J와 피드백된 $\overline{Q}$를 받아 $J\overline{Q}$를 만든다. 두 항을 OR하면 $D = \overline{K}Q + J\overline{Q}$가 되어 JK 플립플롭의 다음 상태식과 정확히 일치한다.

오답 포인트

핵심 함정은 곱항 전체를 반전하는 NAND·NOR의 출력 버블과 특정 입력 하나만 반전하는 입력 버블을 혼동하는 것이다. 필요한 항은 QK가 아니라 $Q\overline{K}$이므로, 위쪽 AND 게이트의 K 입력에만 버블이 있어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

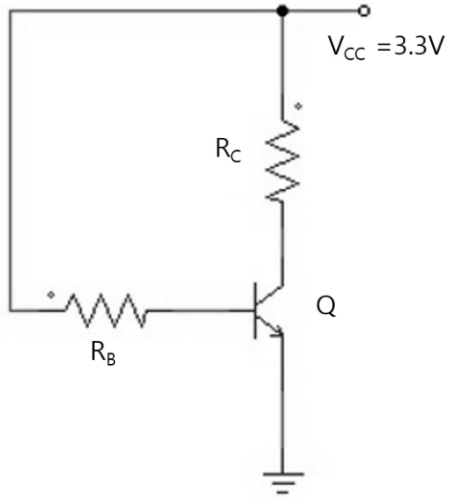
먼저 JK 플립플롭의 특성식 $Q^+ = J\overline{Q} + \overline{K}Q$를 쓴다. D 플립플롭은 $Q^+ = D$이므로 $D = J\overline{Q} + \overline{K}Q$로 놓고, 각 AND 게이트가 두 곱항을 만드는지와 마지막 OR 게이트에 출력 반전이 없는지를 확인한다.

암기 포인트

JK를 D로 바꾸면 $D = J\overline{Q} + \overline{K}Q$이다. J는 $\overline{Q}$와, $\overline{K}$는 Q와 짝을 이룬다.

NoteBase

10. 다음 그림과 같은 회로에서 Q가 정방향 선형영역에서 동작하기 위한 최대 허용 R_c [Ω]값은? (단, $V_{BE}=0.7$ [V], $R_B=50$ [kΩ], $\beta_{DC}=100$이다)



① 200 Ω
② 500 Ω
③ 1 kΩ
④ 2 kΩ
⑤ 5 kΩ

정답 2번

출제 포인트

고정 베이스 바이어스 회로에서 베이스 전류와 컬렉터 전류를 구하고, 트랜지스터가 정방향 선형영역을 벗어나지 않는 경계조건으로 최대 R_C를 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값은 $V_{CC}=3.3V$, $V_{BE}=0.7V$, $R_B=50k\Omega$, $\beta_{DC}=100$이다.
이미터가 접지되어 있으므로 $V_B=V_{BE}=0.7V$이다.
정방향 선형영역에서는 베이스-컬렉터 접합이 역바이어스되어야 하므로 $V_C \geq V_B$이고, 최대 R_C의 경계에서는 $V_C=V_B=0.7V$로 둔다.

NoteBase

사용할 공식

베이스 전류와 컬렉터 전류는 각각

$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}, \qquad I_C = \beta_{DC} I_B$

이다. 컬렉터 전압은

$V_C = V_{CC} - I_C R_C$

이므로 선형영역의 경계 $V_C = V_B$를 적용하면

$R_{C,\max} = \frac{V_{CC} - V_B}{I_C}$

가 된다. 베이스 저항이 전원에 직접 연결된 고정 바이어스 회로이므로 먼저 I_B를 정하고, 선형영역에서 $I_C = \beta_{DC} I_B$를 적용한다.

계산 과정

1. 베이스 전류를 구한다.

$I_B = \frac{3.3 - 0.7}{50k\Omega} = 52\mu A$

2. 정방향 선형영역의 컬렉터 전류를 구한다.

$I_C = 100 \times 52\mu A = 5.2mA$

3. 최대 R_C에서는 컬렉터 전압이 베이스 전압과 같아지는 경계에 놓인다. 따라서 R_C에 걸릴 수 있는 최대 전압은 $3.3 - 0.7 = 2.6V$이다.

$R_{C,\max} = \frac{2.6V}{5.2mA} = 500\Omega$

따라서 최대 허용값은 500Ω이다. 엄밀히 선형영역 내부에만 머물려면 $R_C < 500\Omega$이고, 선택지의 최대 허용 경계값은 500Ω이다.

선지 판단

① X — $R_C = 200\Omega$이면 전압 강하는 $5.2mA \times 200\Omega = 1.04V$, 컬렉터 전압은 $2.26V$이므로 선형영역에서 동작할 수 있지만 최대값은 아니다. 틀린 값 200Ω은 최대 허용값이 아니며, 올바른 최대 경계값은 500Ω이다.

② O — $R_C = 500\Omega$이면 전압 강하는 $2.6V$이고 $V_C = 0.7V = V_B$가 되어 정방향 선형영역의 최대 허용 경계와 일치한다.

③ X — $R_C = 1k\Omega$이면 선형영역 가정에서 필요한 전압 강하가 $5.2V$로 허용 가능한 $2.6V$를 넘으므로 포화영역으로 들어간다. 틀린 값 $1k\Omega$ 대신 최대 허용 경계값은 500Ω이다.

④ X — $R_C = 2k\Omega$이면 선형영역 가정에서 필요한 전압 강하가 $10.4V$로 전원 전압 범위를 넘는다. 틀린 값 $2k\Omega$ 대신 최대 허용 경계값은 500Ω이다.

⑤ X — $R_C = 5k\Omega$이면 선형영역 가정에서 필요한 전압 강하가 $26V$로 전원 전압 범위를 크게 넘는다. 틀린 값 $5k\Omega$ 대신 최대 허용 경계값은 500Ω이다.

NoteBase

오답 포인트

단순히 V_{CC}/I_C를 계산하면 컬렉터 전압이 $0V$가 되는 값을 얻게 된다. 정방향 선형영역의 경계는 $V_C = 0V$가 아니라 베이스-컬렉터 접합의 경계인 $V_C = V_B = 0.7V$이다. 또한 200Ω처럼 동작 가능한 값과 최대 허용값을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

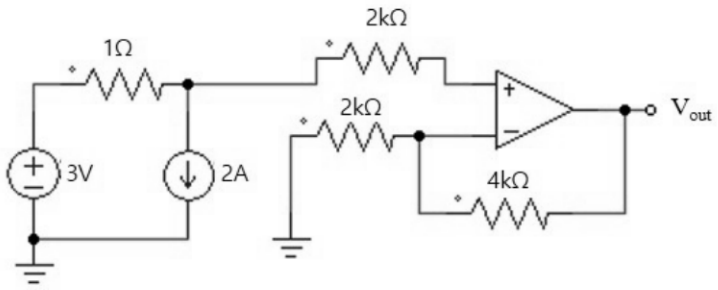
고정 바이어스 BJT의 최대 컬렉터 저항은 I_B 계산, $I_C = \beta I_B$ 계산, 선형영역 경계 $V_C = V_B$ 적용, $R_C = (V_{CC} - V_B)/I_C$ 계산의 순서로 판단한다.

암기 포인트

NPN 트랜지스터의 정방향 선형영역 경계는 $V_C = V_B$이며, 이 문항에서는 $R_{C,\,max} = 500\Omega$이다.

NoteBase

11. 다음 그림과 같은 회로에서 출력전압 V_{out} [V]값은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① -12 V
② -3 V
③ 3 V
④ 12 V
⑤ 15 V

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 입력전류가 0이라는 성질과 비반전 증폭기의 전압이득을 이용해 출력전압 V_{out}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전압원 $3V$, 전류원 $2A$, 왼쪽 저항 1Ω, 비반전 입력 쪽 저항 $2k\Omega$, 반전 입력 쪽 접지 저항 $2k\Omega$, 피드백 저항 $4k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_{out}이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기의 두 입력단에는 전류가 흐르지 않으며, 음의 피드백 상태에서는 $V_- = V_+$이다. 따라서 비반전 입력 앞의 $2k\Omega$ 저항에는 전압강하가 없다.

사용할 공식

왼쪽 노드 전압을 V_A라 하면 키르히호프 전류법칙은 $(3 - V_A)/(1\Omega) = 2A$이다.
비반전 증폭기의 전압이득은 $A_v = 1 + R_f/R_g$이다.
첫 번째 식은 전류원이 노드에서 접지 방향으로 $2A$를 끌어가므로 1Ω 저항을 통해 같은 전류가 공급되어야 하기 때문에 사용한다. 두 번째 식은 출력에서 반전 입력으로 음의 피드백이 걸린 비반전 증폭기 구조이기 때문에 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 왼쪽 노드에서 $(3 - V_A)/(1\Omega) = 2A$이므로 $V_A = 1V$이다.
2. 이상적 연산증폭기의 입력전류가 0이므로 비반전 입력 앞의 $2k\Omega$에서 전압강하가 생기지 않는다. 따라서 $V_+ = V_A = 1V$이다.
3. 반전 입력 쪽의 $R_g = 2k\Omega$, $R_f = 4k\Omega$이므로 $A_V = 1 + (4k\Omega)/(2k\Omega) = 3$이다.
4. 따라서 $V_{\text{out}} = A_V V_+ = 3 \times 1V = 3V$이다.

선지 판단

① X — $-12V$는 계산 결과와 다르다. 이 회로는 비반전 증폭기이므로 출력의 부호를 반대로 바꾸지 않으며, 올바른 값은 $3V$이다.
② X — $-3V$는 크기만 같고 부호가 잘못된 값이다. 반전 증폭기로 오인한 결과이며, 올바르게는 $+3V$이다.
③ O — 비반전 입력전압이 $1V$이고 폐루프 전압이득이 3이므로 출력전압은 $3V$이다.
④ X — $12V$는 비반전 입력전압 $1V$에 실제 전압이득 3을 적용한 값이 아니다. 올바른 값은 $3V$이다.
⑤ X — $15V$는 왼쪽 노드에서 전류원의 방향을 반대로 보아 $V_A = 3 + 2 \times 1 = 5V$로 잘못 계산한 뒤 이득 3을 곱하면 나오는 값이다. 전류원은 노드에서 접지로 전류를 끌어가므로 $V_A = 3 - 2 \times 1 = 1V$이고, 올바른 출력은 $3V$이다.

오답 포인트

비반전 입력 앞의 $2k\Omega$를 다른 저항과 함께 전압분배에 넣는 실수가 핵심 함정이다. 이상적 연산증폭기의 입력전류는 0이므로 이 저항의 전압강하는 0이다. 또한 전류원이 노드에서 접지 방향으로 흐르므로 왼쪽 노드 전압은 $3V$보다 $2V$ 낮은 $1V$이며, 회로는 비반전 구조라 출력 부호가 바뀌지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

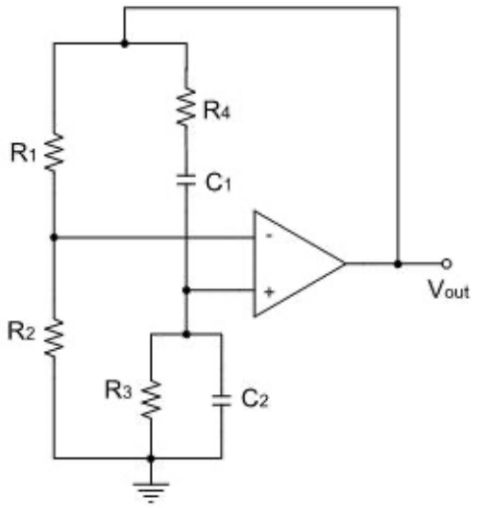
먼저 이상적 연산증폭기의 입력전류를 0으로 두어 입력단 직렬저항의 전압강하 여부를 판단한다. 다음으로 입력 노드에 키르히호프 전류법칙을 적용해 V_+를 구하고, 마지막으로 피드백 연결이 비반전 구조인지 확인하여 $1 + R_f/R_g$를 곱한다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기는 입력전류 0, 음의 피드백에서는 $V_- = V_+$, 비반전 이득은 $1 + R_f/R_g$이다.

NoteBase

12. 다음 그림과 같은 윈브리지(Wien-bridge) 발진기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 증폭기의 폐루프 이득이 3이 되기 위해서는 $R_2 = 2R_1$이어야 한다.
② 전압분배기와 진상-지상(lead-lag) 회로로 구성되어 있다.
③ 출력이 나오기 위해서는 전체 루프이득이 1보다 커야 한다.
④ 발진하기 위해서는 정귀환 루프 위상변이가 0°이어야 한다.
⑤ $R_3 = R_4$이고 $X_{C_1} = X_{C_2}$이면 RC회로는 1/3의 감쇠비를 갖는다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 비반전 증폭기의 폐루프 이득과 원브리지 정귀환망의 감쇠비를 결합하여 바르크하우젠 발진 조건을 판단하는 문제이다.

조건 정리

그림의 R_1, R_2는 연산증폭기의 부귀환 전압분배기를 이루므로 증폭기는 비반전 증폭기로 동작한다. $R_4 - C_1$ 직렬 회로와 $R_3 - C_2$ 병렬 회로는 주파수 선택성 정귀환망을 이룬다. 발진 주파수에서는 루프 위상변이가 0°이고 루프이득의 크기가 1이 되어야 하며, 실제 발진의 시작을 위해서는 루프이득을 1보다 약간 크게 잡는다.

사용할 공식

비반전 증폭기의 폐루프 이득은

$A_v = 1 + \frac{R_1}{R_2}$

이다. 원브리지망에서 $R_3 = R_4$이고 $X_{C_1} = X_{C_2}$인 발진 주파수에서는 정귀환율이 $\beta = 1/3$이다. 따라서 정상 발진의 크기 조건 $A_v\beta = 1$을 만족하려면 $A_v = 3$이어야 한다.

NoteBase

계산 과정

폐루프 이득을 3으로 두면
$1 + \frac{R_1}{R_2} = 3$
$\frac{R_1}{R_2} = 2$
이므로 $R_1 = 2R_2$이다. 따라서 $R_2 = 2R_1$이라고 한 ①은 저항의 비를 반대로 쓴 설명이다.

선지 판단

① X — $A_v = 1 + R_1/R_2 = 3$에서 $R_1 = 2R_2$가 된다. '$R_2 = 2R_1$'이 틀린 표현이며, 올바르게는 '$R_1 = 2R_2$'이다.
② O — R_1, R_2는 부귀환 전압분배기를 이루고, $R_4 - C_1$ 직렬 회로와 $R_3 - C_2$ 병렬 회로는 주파수 선택성 진상-지상 회로를 이룬다.
③ O — 발진이 처음 성장하려면 손실을 이겨야 하므로 전체 루프이득의 크기를 1보다 약간 크게 해야 한다. 진폭이 안정된 정상상태에서는 비선형 작용으로 실효 루프이득이 1에 수렴한다.
④ O — 정귀환이 성립하는 발진 주파수에서 전체 루프의 위상변이는 0°, 즉 360°의 정수배이어야 한다.
⑤ O — $R_3 = R_4$이고 $X_{C_1} = X_{C_2}$이면 진상-지상 정귀환망의 위상변이가 0°가 되고 귀환율은 $\beta = 1/3$이 된다.

오답 포인트

①의 함정은 비반전 증폭기 이득식에서 분자와 분모를 뒤바꾸는 것이다. 그림에서 출력에 연결된 저항이 R_1, 접지에 연결된 저항이 R_2이므로 이득식은 $1 + R_1/R_2$이다. 또한 '발진 시작 시 루프이득이 1보다 큼'과 '정상 발진 시 루프이득이 1'인 상태를 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

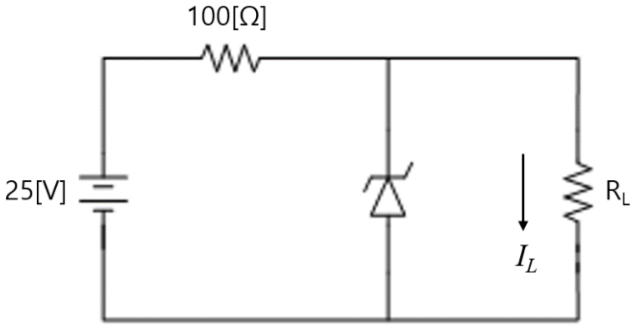
먼저 부귀환 저항의 위치로 비반전 이득식 $A_v = 1 + R_f/R_g$을 세운다. 다음으로 원브리지망의 발진점에서 $\beta = 1/3$, 위상변이 0°를 적용하고, 정상 발진 조건 $A_v\beta = 1$과 발진 시작 조건 $A_v\beta > 1$을 구분한다.

암기 포인트

원브리지 발진기의 핵심은 '귀환율 1/3, 증폭기 이득 3, 위상변이 0°'이며, 비반전 이득 3의 저항 조건은 $R_f = 2R_g$이다.

NoteBase

13. 다음 그림과 같은 회로에서 제너 다이오드가 정전압 조정을 유지하기 위한 최대 부하전류(I_L)[mA]와 사용 가능한 최대 부하저항(R_L)[Ω]의 값은? (단, 제너전압 $V_Z = 10$ [V], 제너최소전류 $I_{ZK} = 1$ [mA], 제너최대전류 $I_{ZM} = 100$ [mA], 제너임피던스 $Z_Z = 0$ [Ω]이다)



	최대 부하전류(I_L)[mA]	최대 부하저항(R_L)[Ω]
①	50	67
②	50	200
③	100	150
④	149	67
⑤	149	200

정답 5번

출제 포인트

제너 다이오드 병렬 정전압 회로에서 직렬저항 전류를 구한 뒤, 제너 최소전류와 최대전류 조건을 이용하여 최대 부하전류와 최대 부하저항을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력전압 $V_S = 25V$, 제너전압 $V_Z = 10V$, 직렬저항 $R_S = 100\Omega$, 제너최소전류 $I_{ZK} = 1mA$, 제너최대전류 $I_{ZM} = 100mA$, 제너임피던스 $Z_Z = 0\Omega$이다.
구해야 할 값: 정전압 조정을 유지하는 최대 부하전류 I_L과 사용 가능한 최대 부하저항 R_L이다.
주의할 조건: 직렬저항 전류는 부하전류와 제너전류로 나뉘므로 $I_S = I_L + I_Z$이다. 최대 부하전류에서는 $I_Z = I_{ZK}$, 최대 부하저항에서는 $I_Z = I_{ZM}$을 적용한다.

NoteBase

사용할 공식

직렬저항 전류는
$I_S = \frac{V_S - V_Z}{R_S}$
이고, 부하전류는
$I_L = I_S - I_Z$
이다. 부하저항은
$R_L = \frac{V_Z}{I_L}$
이다. 제너 다이오드와 부하가 병렬이므로 두 소자에 같은 V_Z가 걸리고, 직렬저항 전류가 부하전류와 제너전류로 분배되기 때문에 이 식을 사용한다.

계산 과정

1. 정전압 상태의 직렬저항 전류는
$I_S = \frac{25V - 10V}{100\Omega} = 0.15A = 150mA$
이다.
2. 부하전류가 최대일 때에도 제너전류가 최소전류 $1mA$ 이상이어야 하므로
$I_{L,\max} = 150mA - 1mA = 149mA$
이다.
3. 부하저항이 최대이면 부하전류는 최소가 되고 제너전류는 최대가 된다. $I_Z = 100mA$일 때
$I_{L,\min} = 150mA - 100mA = 50mA$
이므로
$R_{L,\max} = \frac{10V}{50mA} = 200\Omega$
이다.

선지 판단

① X — $50mA$는 제너 최대전류 조건에서의 최소 부하전류이고, 67Ω은 최대 부하전류에 대응하는 최소 부하저항의 근삿값이다. 올바르게는 최대 부하전류 $149mA$, 최대 부하저항 200Ω이다.
② X — 최대 부하저항 200Ω은 맞지만, 최대 부하전류를 $50mA$로 제시한 부분이 틀렸다. $50mA$는 최소 부하전류이며, 최대 부하전류는 $149mA$이다.
③ X — $100mA$는 제너 최대전류를 부하전류로 잘못 본 값이고, 150Ω은 직렬저항 전류와 제너전류의 분배 조건을 반영하지 않은 값이다. 올바르게는 최대 부하전류 $149mA$, 최대 부하저항 200Ω이다.
④ X — 최대 부하전류 $149mA$는 맞지만, 최대 부하저항을 67Ω으로 제시한 부분이 틀렸다. 67Ω은 $10V/149mA$로 구한 최소 부하저항의 근삿값이며, 최대 부하저항은 200Ω이다.
⑤ O — 최대 부하전류가 $149mA$이고 최대 부하저항이 200Ω이므로 두 값이 모두 맞다.

NoteBase

오답 포인트

최대 부하전류와 최대 부하저항이 같은 동작점에서 정해진다고 생각하면 틀리기 쉽다. 최대 부하전류는 제너전류가 최소인 경계에서 구하고, 최대 부하저항은 부하전류가 최소이면서 제너전류가 최대인 경계에서 구한다. 또한 $50mA$는 최대 부하전류가 아니라 최소 부하전류이고, 67Ω은 최대 부하저항이 아니라 최소 부하저항의 근삿값이다.

다시 나오면 이렇게 판단

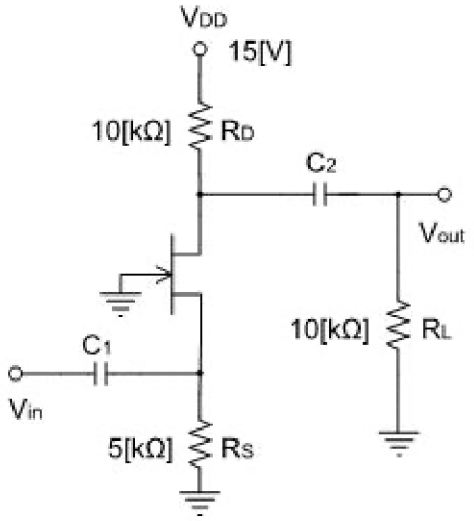
먼저 $I_S = (V_S - V_Z)/R_S$로 전체 전류를 구한다. 최대 부하전류에는 I_{ZK}를 빼고, 최대 부하저항에는 I_{ZM}을 뺀 최소 부하전류를 $R_L = V_Z/I_L$에 대입한다. 마지막으로 mA를 A로 환산하여 저항 단위를 검산한다.

암기 포인트

부하전류 최대는 제너전류 최소, 부하저항 최대는 제너전류 최대이다.

NoteBase

14. 다음 그림과 같은 JFET를 이용한 증폭기의 전압이득(A_V) 및 교류출력저항 [kΩ]을 계산한 것으로 옳은 값은? (단, 순방향 전달 컨덕턴스 $g_m = 4000$ [μS]이고, C_1및 C_2는 동작주파수대역에서 교류적으로 단락(short)이다)



	전압이득(A_V)	교류출력저항[kΩ]
①	20	5
②	20	10
③	30	10
④	40	5
⑤	40	10

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 공통 게이트 JFET 증폭기에서 드레인에 걸리는 교류 병렬 저항을 구한 뒤 전압이득과 교류출력저항을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $g_m = 4000\mu S = 4mS$, $R_D = 10k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$이다.
구해야 할 값: 전압이득 A_V와 교류출력저항이다.
주의할 조건: 동작 주파수에서 C_1과 C_2는 단락되고, V_{DD}는 교류 접지이므로 출력 노드에서 R_D와 R_L이 병렬로 연결된다. 공통 게이트 증폭기의 전압이득 부호는 양(+)이다.

NoteBase

사용할 공식

$R_{out,\,ac} = R_D \parallel R_L$

$A_v = g_m(R_D \parallel R_L)$

공통 게이트 회로에서는 소스 전압이 증가하면 드레인 전류가 감소하여 R_D의 전압 강하가 작아지고 출력 전압이 증가하므로 전압이득이 양수이다. 또한 C_2가 단락되어 R_L이 드레인에 직접 연결되므로 R_D만이 아니라 병렬합성저항을 사용한다.

계산 과정

1. 드레인의 교류 병렬 저항을 계산한다.

$R_D \parallel R_L = \frac{(10k\Omega)(10k\Omega)}{10k\Omega + 10k\Omega} = 5k\Omega$

2. 전압이득을 계산한다.

$A_v = (4mS)(5k\Omega) = 20$

3. 따라서 전압이득은 20이고 교류출력저항은 $5k\Omega$이다.

선지 판단

① O — $A_v = 20$, 교류출력저항 $= 5k\Omega$로 두 값이 모두 계산 결과와 일치한다.

② X — 전압이득 20은 맞지만 교류출력저항 10은 R_L의 병렬 연결을 빠뜨린 값이다. 틀린 표현 '교류출력저항 $10k\Omega$'은 '교류출력저항 $5k\Omega$'로 고쳐야 한다.

③ X — 전압이득 30과 교류출력저항 $10k\Omega$가 모두 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 각각 20과 $5k\Omega$이다.

④ X — 교류출력저항 $5k\Omega$는 맞지만 전압이득 40은 부하 R_L을 무시하고 g_mR_D만 계산한 값이다. 틀린 표현 '전압이득 40'은 '전압이득 20'으로 고쳐야 한다.

⑤ X — 전압이득 40과 교류출력저항 $10k\Omega$는 모두 R_L을 무시했을 때의 값이다. 올바른 값은 전압이득 20과 교류출력저항 $5k\Omega$이다.

계산 결과 전압이득은 20이고 교류출력저항은 $5k\Omega$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

가장 큰 함정은 C_2가 교류적으로 단락된다는 조건을 놓치고 R_L을 회로에서 제외하는 것이다. 그렇게 하면 합성저항을 $10k\Omega$로 잘못 보고 전압이득 40, 교류출력저항 $10k\Omega$를 얻는다. R_S는 입력 소스 노드의 바이어스 저항이며, 이 문제의 드레인 교류 부하인 $R_D \parallel R_L$ 계산에 더하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

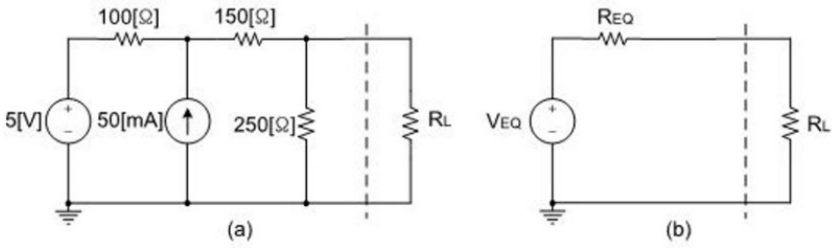
중간 주파수 소신호 회로에서는 커플링 커패시터를 단락하고 직류 전원을 교류 접지로 바꾼다. 그다음 출력 노드에 연결된 저항의 병렬합을 구하고, 공통 게이트 회로에는 $A_v = +g_mR_{out,\,ac}$를 적용한다.

암기 포인트

공통 게이트는 비반전이고, 중간 주파수 전압이득은 $+g_m(R_D \parallel R_L)$이다.

NoteBase

15. 다음의 그림 (a), (b) 회로가 서로 등가회로일 때, 등가저항(R_{EQ}) [Ω]과 등가전압(V_{EQ}) [V]의 값은?



	등가저항(R_{EQ})[Ω]	등가전압(V_{EQ})[V]
①	125	2.5
②	125	5.0
③	250	2.5
④	250	5.0
⑤	500	4.0

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 부하 R_L에서 바라본 테브난 등가저항 R_{EQ}과 개방단자 등가전압 V_{EQ}을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전압원 $5V$, 독립 전류원 $50mA$, 저항 100Ω, 150Ω, 250Ω이다.
구해야 할 값: 부하 R_L의 왼쪽 단자에서 본 R_{EQ}과 V_{EQ}이다.
주의할 조건: R_{EQ}을 구할 때 독립 전압원은 단락하고 독립 전류원은 개방하며, V_{EQ}은 R_L을 분리한 개방단자 전압으로 구한다.

사용할 공식

등가저항은 다음과 같다.
$R_{EQ} = 250 \parallel (150 + 100)$
개방단자 전압은 절점 방정식으로 구한다. 전류원이 연결된 절점 전압을 V_A, 출력 절점 전압을 V_B라 하면 $V_{EQ} = V_B$이다.
이 공식을 쓰는 이유: 테브난 등가저항은 독립원을 비활성화한 뒤 출력단에서 본 저항이고, 테브난 등가전압은 부하를 제거했을 때의 출력단 전압이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 독립 전압원을 단락하고 독립 전류원을 개방하면, 출력단에서 접지로 향하는 두 경로는 250Ω과 $150\Omega + 100\Omega = 250\Omega$이다. 따라서

$R_{EQ} = 250 \parallel 250 = \frac{250 \times 250}{250 + 250} = 125\Omega$

2. R_L을 분리하고 두 절점에 KCL을 적용하면

$\frac{V_A - 5}{100} + \frac{V_A - V_B}{150} = 0.05$

$\frac{V_B - V_A}{150} + \frac{V_B}{250} = 0$

이다.

3. 두 번째 식에서 $8V_B = 5V_A$이고, 이를 첫 번째 식에 대입하면 $V_A = 8V$, $V_B = 5V$를 얻는다. 따라서

$V_{EQ} = V_B = 5.0V$

이다.

선지 판단

① X — $R_{EQ} = 125\Omega$은 맞지만 $V_{EQ} = 2.5V$가 틀렸다. 올바르게는 $V_{EQ} = 5.0V$이다.

② O — $R_{EQ} = 125\Omega$, $V_{EQ} = 5.0V$로 두 값이 모두 계산 결과와 일치한다.

③ X — $R_{EQ} = 250\Omega$, $V_{EQ} = 2.5V$가 모두 틀렸다. 올바르게는 $R_{EQ} = 125\Omega$, $V_{EQ} = 5.0V$이다.

④ X — $V_{EQ} = 5.0V$은 맞지만 $R_{EQ} = 250\Omega$이 틀렸다. 올바르게는 $R_{EQ} = 125\Omega$이다.

⑤ X — $R_{EQ} = 500\Omega$, $V_{EQ} = 4.0V$가 모두 틀렸다. 올바르게는 $R_{EQ} = 125\Omega$, $V_{EQ} = 5.0V$이다.

오답 포인트

등가저항을 구할 때 두 250Ω 경로를 직렬로 보아 500Ω으로 계산하거나 한 경로만 보고 250Ω으로 계산하기 쉽다. 그러나 두 경로는 출력단과 접지 사이에 병렬로 연결된다. 또한 V_{EQ}은 단순한 전압 분배값이 아니라 $50mA$ 전류원의 영향까지 포함한 개방단자 전압이다.

다시 나오면 이렇게 판단

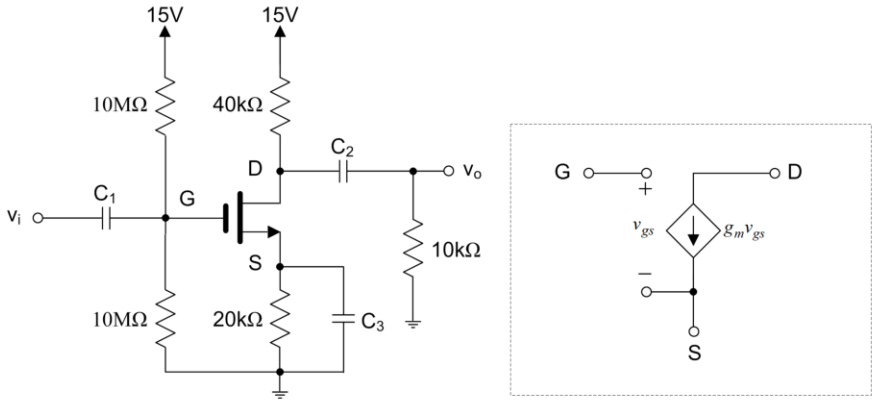
테브난 등가회로 문제에서는 먼저 부하를 분리한다. 등가저항은 독립 전압원을 단락하고 독립 전류원을 개방한 뒤 출력단에서 계산하며, 등가전압은 원래 전원을 복원한 회로의 개방단자 전압으로 계산한다.

암기 포인트

테브난 등가는 '전압원 단락·전류원 개방으로 R_{EQ}, 부하 개방으로 V_{EQ}'이다.

NoteBase

16. 다음은 증가형 MOSFET을 이용한 증폭기 회로와 MOSFET의 소신호 등가모델이다. 이 증폭기의 전압이득(V_o/V_i)의 값은?
(단, $g_m = 0.5$ [mA/V]이다)



① -20
② -5
③ -4
④ 4
⑤ 20

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 소스 저항이 바이패스된 공통 소스 MOSFET 증폭기에서 드레인 저항과 부하 저항의 병렬 합성값을 이용해 전압이득을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $g_m = 0.5mA/V$, $R_D = 40k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$이다.
구해야 할 값: 전압이득 $A_v = V_o/V_i$이다.
주의할 조건: 중역에서 결합 커패시터 C_1, C_2와 바이패스 커패시터 C_3는 교류적으로 단락된다. 따라서 소스는 교류 접지되고 $v_{gs} = v_i$이며, 드레인에서는 R_D와 R_L이 병렬로 연결된다.

사용할 공식

소스가 교류 접지된 공통 소스 증폭기의 전압이득은
$A_v = -g_m(R_D \parallel R_L)$
이다. 공통 소스 회로에서는 게이트 전압이 증가하면 드레인 전류가 증가하고 출력 전압은 감소하므로 음의 부호가 붙는다.

NoteBase

계산 과정

먼저 드레인에서 본 등가 저항을 구한다.
$R_D \parallel R_L = \frac{40k\Omega \times 10k\Omega}{40k\Omega + 10k\Omega} = 8k\Omega$
따라서 전압이득은
$A_v = -(0.5mA/V)(8k\Omega) = -4$
이다. mA와 $k\Omega$의 곱은 무차원 이득으로 환산된다.

선지 판단

① X: -20은 부하 $10k\Omega$를 제외하고 $-g_m R_D$만 계산한 값이다. 부하를 포함한 올바른 값은 -4이다.
② X: -5는 드레인 저항과 부하 저항의 병렬 합성을 하지 않고 $10k\Omega$만 적용한 값이다. 올바르게는 $R_D \parallel R_L = 8k\Omega$이므로 이득은 -4이다.
③ O: $-g_m(R_D \parallel R_L) = -(0.5mA/V)(8k\Omega) = -4$이므로 계산 결과와 일치한다.
④ X: 4는 이득의 크기는 맞지만 공통 소스 증폭기의 위상 반전을 나타내는 음의 부호를 빠뜨린 값이다. 올바른 값은 -4이다.
⑤ X: 20은 부하 저항을 제외하고 계산했을 뿐 아니라 위상 반전의 음의 부호도 빠뜨린 값이다. 부하를 병렬로 포함하고 부호를 적용한 올바른 값은 -4이다.

오답 포인트

드레인 저항 $40k\Omega$만 사용하면 -20이 나오지만, 출력에 연결된 부하 $10k\Omega$도 교류 등가회로의 드레인 부하에 포함해야 한다. 또한 공통 소스 증폭기는 입력과 출력의 위상이 반대이므로 이득에 음의 부호가 붙는다.

다시 나오면 이렇게 판단

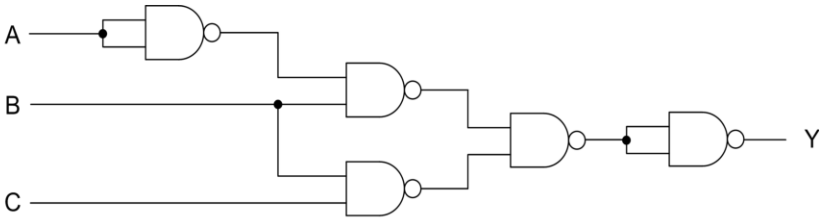
중역 소신호 등가회로에서 결합·바이패스 커패시터를 단락하고 전원 노드를 교류 접지한 뒤, 드레인에 연결된 모든 저항을 병렬 합성한다. 그다음 $-g_m R_{eq}$를 계산하고 공통 소스의 위상 반전 부호를 확인한다.

암기 포인트

소스가 완전히 바이패스된 공통 소스 증폭기는 $A_v = -g_m(R_D \parallel R_L)$이며, 부하는 이득의 크기를 줄이고 음의 부호는 위상 반전을 뜻한다.

NoteBase

17. 다음은 논리회로의 연산 결과를 아래 카르노 맵으로 나타낸 것이다. x, y, z에 들어갈 값으로 옳은 것은?



C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	x	1
1	1	0	y	z

(x, y, z)

① (1, 0, 1)

② (1, 1, 0)

③ (1, 1, 1)

④ (0, 1, 1)

⑤ (1, 0, 0)

정답 1번

출제 포인트

입력이 하나처럼 연결된 NAND 게이트를 NOT 게이트로 해석하고, 각 단계의 논리식을 구해 카르노 맵의 빈칸을 채우는 문제이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — 회로의 출력은 $Y=(A+\overline{B})(\overline{B}+\overline{C})=\overline{B}+A\overline{C}$이다. 따라서 $AB=11, C=0$일 때 $x=1$, $AB=11, C=1$일 때 $y=0$, $AB=10, C=1$일 때 $z=1$이므로 $(x, y, z)=(1, 0, 1)$이다.
② X — $y=1, z=0$이라고 한 부분이 틀리다. $AB=11$에서는 $Y=\overline{C}$이고 $AB=10$에서는 $Y=1$이므로, 올바르게는 $(x, y, z)=(1, 0, 1)$이다.
③ X — $y=1$이라고 한 부분이 틀리다. $A=B=C=1$이면 $Y=\overline{B}+A\overline{C}=0$이므로, 올바르게는 $(x, y, z)=(1, 0, 1)$이다.
④ X — $x=0, y=1$이라고 한 부분이 틀리다. $AB=11$일 때 $Y=\overline{C}$이므로 $C=0$에서는 1, $C=1$에서는 0이다. 올바르게는 $(x, y, z)=(1, 0, 1)$이다.
⑤ X — $z=0$이라고 한 부분이 틀리다. $AB=10$이면 $B=0$이므로 $\overline{B}=1$이고, C와 관계없이 $Y=1$이다. 올바르게는 $(x, y, z)=(1, 0, 1)$이다.

오답 포인트

마지막 NAND 게이트도 두 입력이 서로 묶여 있으므로 직전 신호를 한 번 더 반전한다. 이 반전을 빠뜨리면 직전 NAND의 출력을 최종 출력으로 착각하여 카르노 맵의 값을 반대로 판단하기 쉽다.

다시 나오면 이렇게 판단

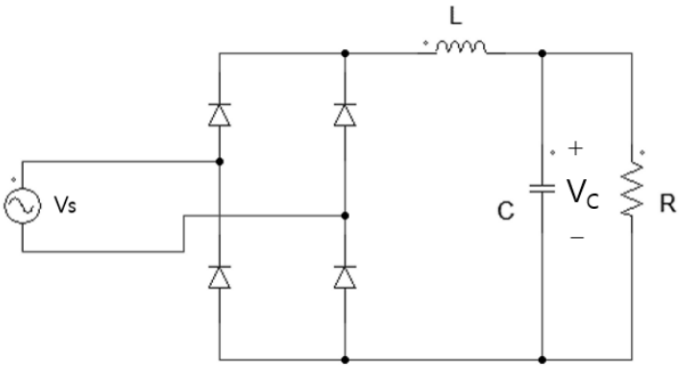
입력이 묶인 NAND는 인버터로 먼저 바꾸고, 왼쪽 게이트부터 중간 출력의 논리식을 차례로 적는다. 최종 식을 간소화한 뒤 빈칸에 해당하는 A, B, C만 대입하면 된다.

암기 포인트

묶인 NAND 입력: $\overline{X\cdot X}=\overline{X}$. 이 회로의 최종식: $Y=\overline{B}+A\overline{C}$.

NoteBase

18. 다음 그림과 같은 정류회로가 있다. L값, C값은 충분히 큰 값이며 부하저항 R = 15 [Ω]이다. $v_s = 100\sin 377t$ [V]이고, 회로가 정상상태로 동작하고 있을 시 (즉, Vc가 일정 전압을 유지하고 있을 시) 부하의 소비 전력으로 옳은 값은? (단, 소수점 이하는 생략한다)



① 120 W
② 150 W
③ 200 W
④ 270 W
⑤ 375 W

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 부하전류가 연속이고 출력전압이 일정한 전파정류회로에서 인덕터의 평균전압이 0이라는 성질을 이용하여 부하의 소비전력을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원전압은 $v_s = 100\sin 377tV$이므로 최대값은 $V_m = 100V$이고, 부하저항은 $R = 15\Omega$이다.
구해야 할 값: 부하의 소비전력 P_R이다.
주의할 조건: L과 C가 충분히 커서 부하전류가 연속이고 V_C가 일정하다. 정상상태에서 이상적인 인덕터의 한 주기 평균전압은 0이다.

NoteBase

사용할 공식

브리지 정류기의 출력전압은 $|v_s|$이고, 전파정류된 정현파의 평균값은
$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi}$
이다. 정상상태에서 인덕터의 평균전압이 0이므로 부하의 직류전압은 이 평균값과 같다. 저항의 소비전력은
$P_R = \frac{V_{dc}^2}{R}$
로 계산한다.

계산 과정

1. 전파정류 전압의 평균값을 구한다.
$V_{dc} = \frac{2 \times 100}{\pi} \approx 63.66V$
2. 부하저항의 소비전력을 구한다.
$P_R = \frac{(63.66)^2}{15} \approx 270.2W$
3. 소수점 이하는 생략하므로 부하의 소비전력은 $270W$이다.

선지 판단

① X — $120W$는 계산값 $270.2W$와 다르다. 올바르게는 부하의 소비전력은 $270W$이다.
② X — $150W$는 전파정류 평균전압을 부하전압으로 적용한 결과가 아니다. 올바르게는 $V_{dc} = 2V_m/\pi$를 적용하여 $270W$가 된다.
③ X — $200W$는 계산값 $270.2W$와 다르다. 올바르게는 부하의 소비전력은 $270W$이다.
④ O — $V_{dc} = 200/\pi \approx 63.66V$이므로 $P_R = V_{dc}^2/R \approx 270.2W$이며, 소수점 이하를 생략하면 $270W$이다.
⑤ X — $375W$는 계산값 $270.2W$와 다르다. 올바르게는 부하의 소비전력은 $270W$이다.

오답 포인트

전원의 최대값 $100V$이나 실효값 $100/\sqrt{2}V$을 그대로 부하전압으로 쓰면 안 된다. 이 회로의 연속전류 정상상태에서는 인덕터의 평균전압이 0이므로 부하전압은 전파정류파의 평균값 $2V_m/\pi$이다. 또한 전력 계산에서는 전압을 제곱하여 V^2/R를 적용한다.

다시 나오면 이렇게 판단

브리지 정류기 뒤에 큰 직렬 인덕터가 있고 전류가 연속이면 먼저 전파정류 입력의 평균값 $2V_m/\pi$을 직류 출력전압으로 구한다. 그다음 저항 부하는 $P = V_{dc}^2/R$로 계산하고 단위를 검산한다.

암기 포인트

연속전류 전파정류회로에서는 $V_{dc} = 2V_m/\pi$, 저항 부하에서는 $P = V_{dc}^2/R$이다.

NoteBase

19. 다음의 논리식을 간소화한 것으로 옳은 것은?

$$F = A'B'C + ABC + A'BC + AB'C$$

① $F = A$
② $F = B$
③ $F = C$
④ $F = A'$
⑤ $F = B'$

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 불 대수의 분배법칙과 보수법칙을 이용해 논리식을 간소화하는 문제이다.

조건 정리

주어진 식은 $F = A'B'C + ABC + A'BC + AB'C$이다.
구해야 할 것은 이 식과 등가인 가장 간단한 논리식이다.
네 곱항에 모두 C가 포함되어 있다는 점에 주의한다.

사용할 공식

분배법칙 $XY + XZ = X(Y + Z)$와 보수법칙 $X + X' = 1$을 사용한다.
모든 항의 공통인수 C를 먼저 묶은 뒤, A와 B의 보수 관계를 차례로 적용할 수 있기 때문이다.

계산 과정

1. 공통인수 C를 묶는다.
$F = C(A'B' + AB + A'B + AB')$
2. A'가 포함된 항과 A가 포함된 항끼리 묶는다.
$F = C\{A'(B' + B) + A(B + B')\}$
3. $B + B' = 1$, $A + A' = 1$을 적용한다.
$F = C(A' + A) = C$

NoteBase

선지 판단

① X — 간소화 결과는 $F = C$이므로 $F = A$는 틀리다. 올바르게는 $F = C$이다.
② X — 간소화 결과는 A나 B의 값과 무관하게 C만 남으므로 $F = B$는 틀리다. 올바르게는 $F = C$이다.
③ O — 네 항에서 C를 묶으면 괄호 안은 A, B의 네 가지 조합을 모두 포함하여 1이 되므로 $F = C$이다.
④ X — $F = A'$는 틀리다. 예를 들어 $A = 1, C = 1$이어도 주어진 식은 1이지만 $A' = 0$이다. 올바르게는 $F = C$이다.
⑤ X — $F = B'$는 틀리다. 예를 들어 $B = 1, C = 1$이어도 주어진 식은 1이지만 $B' = 0$이다. 올바르게는 $F = C$이다.
계산 결과 $F = C$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

각 곱항의 A, B 조합만 보고 특정 변수나 보수를 성급하게 남기는 것이 함정이다. 네 항에 공통으로 들어 있는 변수는 C이며, 괄호 안에는 A, B의 모든 조합이 있으므로 전체가 1이 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

곱의 합 형태의 논리식은 먼저 모든 항의 공통인수를 묶고, 나머지 항에서 $X + X' = 1$이 만들어지는지를 확인하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

한 변수를 제외한 모든 입력 조합이 완전하게 포함되면 그 조합들의 합은 1이므로 공통으로 남은 변수만 출력된다.

NoteBase

20. 다음 바이폴라 접합 트랜지스터(BJT: bipolar junction transistor)의 특성을 설명한 것으로 옳지 않은 것은?

① 선형영역에서 동작시키기 위해서는 베이스-이미터 접합은 순방향 바이어스를 걸고 베이스-컬렉터 접합은 역방향 바이어스를 건다.

② 선형영역에서 베이스 전류를 특정한 값으로 고정하면 컬렉터-이미터 전압을 증가시켜도 컬렉터 전류는 일정하다.

③ 일반적으로 이미터 영역은 높게, 컬렉터 영역은 중간정도로 도핑되어 있는 것에 비해 베이스 영역은 엷게 도핑되어 있다.

④ 포화영역에서는 베이스-컬렉터 접합이 역방향 바이어스 되기 때문에 컬렉터-이미터 전압은 0.7[V]보다 크다.

⑤ 베이스 전류가 0[A]인 경우에 트랜지스터는 차단되고 컬렉터-이미터 전압은 컬렉터 인가전압과 같게 된다.

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 BJT의 차단·선형(활성)·포화 영역에서 두 접합의 바이어스 상태와 단자 전압·전류의 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

차단 영역은 베이스-이미터 접합이 순방향으로 켜지지 않아 컬렉터 전류가 거의 흐르지 않는 상태이다. 선형 영역은 베이스-이미터 접합은 순방향, 베이스-컬렉터 접합은 역방향으로 바이어스되어 베이스 전류가 컬렉터 전류를 제어하는 상태이다. 포화 영역은 두 접합이 모두 순방향으로 바이어스되어 스위치가 켜진 상태이며, 컬렉터-이미터 포화전압 $V_{CE(sat)}$은 보통 약 $0.2V$로 작다.

선지별 해설

① O — 선형 영역에서는 베이스-이미터 접합을 순방향, 베이스-컬렉터 접합을 역방향으로 바이어스한다. 두 접합의 바이어스 상태를 옳게 설명한 선지이다.

② O — 선형 영역에서 베이스 전류를 일정하게 유지하면 이상적인 BJT의 컬렉터 전류는 $I_C \approx \beta I_B$로 정해지므로 컬렉터-이미터 전압을 높여도 거의 일정하다.

③ O — 이미터는 다수 캐리어를 충분히 주입하도록 고농도로 도핑하고, 컬렉터는 전압을 견디도록 중간 정도로 도핑하며, 베이스는 재결합을 줄이도록 얇고 낮은 농도로 도핑한다.

④ X — 틀린 표현은 '베이스-컬렉터 접합이 역방향 바이어스'와 '컬렉터-이미터 전압은 $0.7V$보다 크다'이다. 포화 영역에서는 베이스-컬렉터 접합도 순방향으로 바이어스되며, $V_{CE(sat)}$은 보통 약 $0.2V$로 $0.7V$보다 작다.

⑤ O — 베이스 전류가 $0A$이면 트랜지스터는 차단되어 컬렉터 전류가 거의 흐르지 않는다. 따라서 컬렉터 측 부하의 전압강하가 거의 없어 컬렉터-이미터 전압은 컬렉터 인가전압과 같아진다.

NoteBase

오답 포인트

④는 선형 영역의 베이스-컬렉터 역방향 바이어스를 포화 영역에도 잘못 적용한 선지이다. 또한 $0.7V$는 주로 순방향 베이스-이미터 전압의 대표값이고, 포화 상태의 $V_{CE(sat)}$과 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

두 접합을 따로 확인한다. 선형 영역은 BE 순방향·BC 역방향, 포화 영역은 BE 순방향·BC 순방향, 차단 영역은 베이스 전류와 컬렉터 전류가 거의 0인 상태로 판단한다.

암기 포인트

선형은 BE 순·BC 역, 포화는 둘 다 순, 차단은 전류 0에 가깝고 V_{CE}는 크게 나타난다.

NoteBase