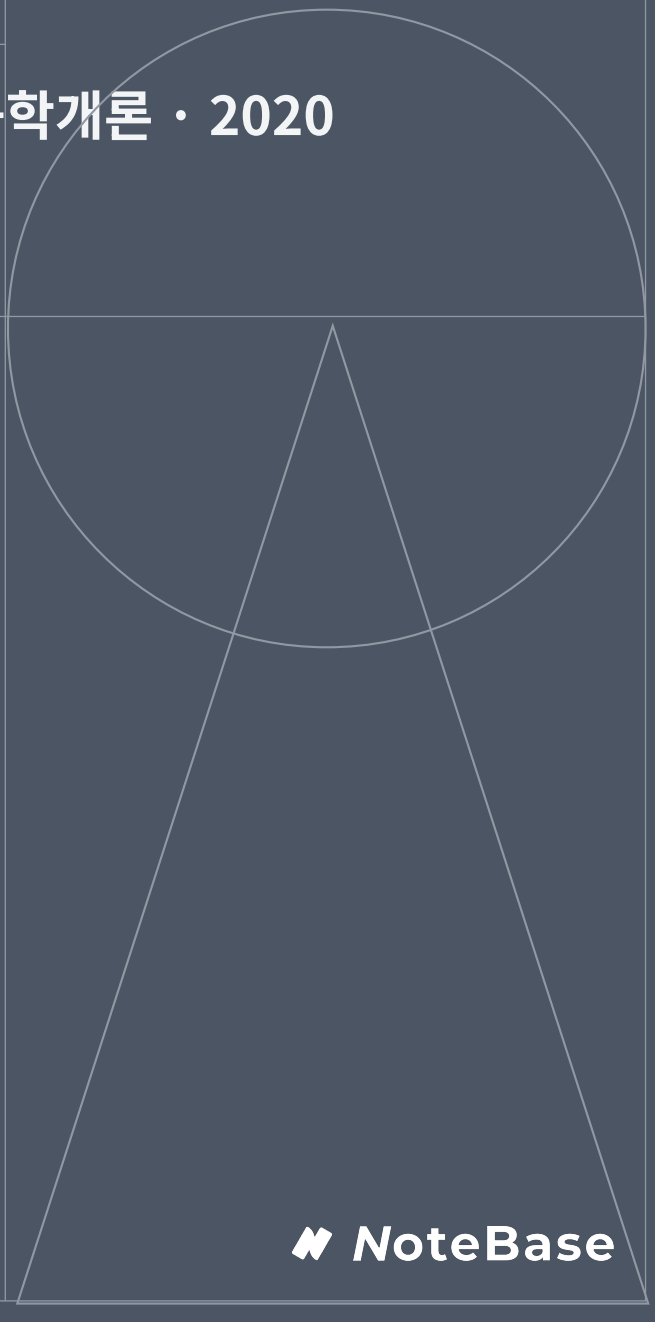
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2020



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2020

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2020

1. 불순물이 주입되지 않은 진성반도체 A와 도너(donor)원자와 억셉터(acceptor)원자가 동일한 농도로 주입된 반도체 B의 특성으로 옳은 것은? (단, n : 자유전자농도, σ : 전기전도도이다)

① $\sigma_A > \sigma_B$

② $\sigma_A < \sigma_B$

③ $\sigma_A = \sigma_B$

④ $n_A < n_B$

⑤ $n_A > n_B$

정답 1번

출제 포인트

진성반도체와 완전 보상된 반도체의 자유전자농도 및 전기전도도를 비교하는 문제이다.

핵심 개념

진성반도체 A: 불순물이 없어 열적으로 생성된 전자와 정공의 농도가 같은 반도체이다.
완전 보상 반도체 B: 도너와 억셉터가 같은 농도로 주입되어 순도핑 농도가 0인 반도체이다. 따라서 $n_B = p_B = n_i$이고, 진성반도체도 $n_A = p_A = n_i$이므로 $n_A = n_B$이다.
전기전도도는 $\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$이다. B에서는 도너와 억셉터가 서로 보상되어 자유운반자 농도는 A와 같지만, 이온화 불순물 산란이 추가되어 전자와 정공의 이동도가 감소한다. 따라서 $\sigma_A > \sigma_B$이다.

NoteBase

선지별 해설

① O — B는 운반자 농도가 A와 같아도 이온화 불순물 산란 때문에 이동도가 더 작으므로 $\sigma_A > \sigma_B$이다.
② X — 틀린 표현은 $\sigma_A < \sigma_B$이다. 올바르게는 불순물이 없는 A의 이동도가 더 크므로 $\sigma_A > \sigma_B$이다.
③ X — 틀린 표현은 $\sigma_A = \sigma_B$이다. 올바르게는 두 반도체의 운반자 농도는 같지만 B의 이동도가 더 작으므로 $\sigma_A > \sigma_B$이다.
④ X — 틀린 표현은 $n_A < n_B$이다. 도너와 억셉터의 농도가 같아 순도핑 농도가 0이므로 올바르게는 $n_A = n_B = n_i$이다.
⑤ X — 틀린 표현은 $n_A > n_B$이다. 완전 보상된 B의 자유전자농도는 진성반도체 A와 같으므로 올바르게는 $n_A = n_B = n_i$이다.

오답 포인트

도너와 억셉터의 순도핑 효과가 상쇄된다는 사실을 불순물 자체가 사라진다는 뜻으로 오해하기 쉽다. B에는 이온화 불순물이 남아 산란을 일으키므로, 자유운반자 농도는 A와 같아도 이동도와 전기전도도는 더 작다.

다시 나오면 이렇게 판단

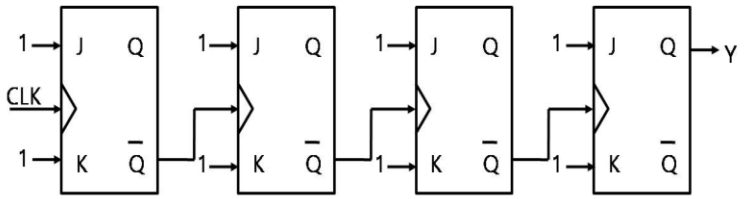
먼저 도너 농도와 억셉터 농도의 차이로 순도핑 농도를 판단한 뒤, 전기전도도 비교에서는 운반자 농도뿐 아니라 이동도까지 확인한다. 두 불순물 농도가 같으면 운반자 농도는 진성값이지만 불순물 산란은 남는다.

암기 포인트

완전 보상은 농도는 진성값, 이동도는 불순물 산란으로 감소, 전기전도도도 감소이다.

NoteBase

2. 다음 디지털회로의 입력 클록 CLK의 주파수가 1,000[MHz]라면 출력 신호 Y의 주파수의 값[MHz]은?



① 32
② 62.5
③ 80.5
④ 125
⑤ 250

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 토글 상태의 JK 플립플롭을 직렬로 연결한 비동기 카운터에서 각 단이 입력 클록의 주파수를 2분주한다는 원리를 이용해 출력 주파수를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 입력 클록의 주파수는 $f_{CLK} = 1{,}000\text{MHz}$이다.
회로 조건: JK 플립플롭은 모두 $J = K = 1$이므로 클록의 유효 에지마다 출력이 반전된다. 플립플롭은 4단 직렬 연결이다.
구해야 할 값: 네 번째 플립플롭의 Q 출력인 Y의 주파수이다.

사용할 공식

토글 동작을 하는 플립플롭 1단은 주파수를 2분주하므로, n단을 지난 출력 주파수는 다음과 같다.
$f_{out} = \frac{f_{in}}{2^n}$
이 회로는 $J = K = 1$인 JK 플립플롭 4단이 연속으로 연결되어 있으므로 $n = 4$를 적용한다.

계산 과정

1. 첫 번째 단의 출력 주파수는 1,000/2 = 500MHz이다.
2. 두 번째, 세 번째 단을 차례로 지나면 250MHz, 125MHz가 된다.
3. 네 번째 단의 출력 Y는 다시 2분주되므로 다음과 같다.

$f_Y = \frac{1{,}000\text{MHz}}{2^4} = \frac{1{,}000}{16}\text{MHz} = 62.5\text{MHz}$

NoteBase

선지 판단

① X — 32MHz는 4단 분주 결과가 아니다. 4단이면 입력을 $2^4 = 16$으로 나누므로 올바른 값은 62.5MHz이다.
② O — 1,000MHz를 16으로 나눈 값이 62.5MHz이므로 회로의 출력 주파수와 일치한다.
③ X — 80.5MHz는 1,000/16의 계산값이 아니다. 올바른 값은 62.5MHz이다.
④ X — 125MHz는 세 번째 플립플롭을 지난 주파수로, 네 번째 단의 출력 Y가 아니다. Y에서는 한 번 더 2분주되어 62.5MHz가 된다.
⑤ X — 250MHz는 두 번째 플립플롭을 지난 주파수이다. 네 번째 단의 출력은 두 차례 더 2분주된 62.5MHz이다.

오답 포인트

④의 125MHz는 네 번째 플립플롭 자체를 세지 않고 3단만 분주할 때 나오는 값이다. 그림의 사각형 개수를 세어 2^4으로 나누어야 하며, 보수 출력 $\overline{Q}$이 다음 단의 클록에 연결되어 있어도 각 단이 주파수를 2분주한다는 점은 변하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

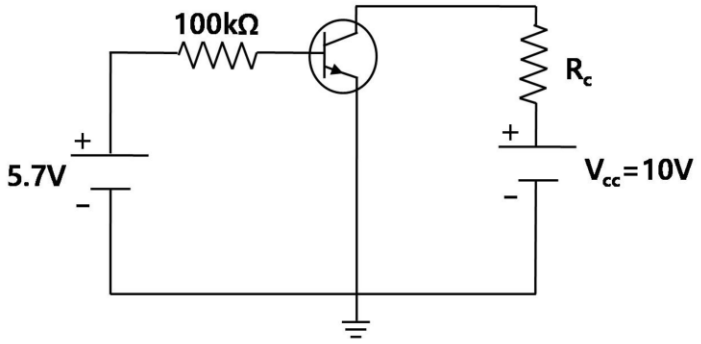
모든 JK 플립플롭에서 $J = K = 1$인지 확인한 뒤 출력 지점까지의 플립플롭 단수를 센다. 단수가 n이면 입력 주파수를 2^n으로 나누고, 마지막으로 문제에서 요구한 출력 단자가 어느 단계인지 확인한다.

암기 포인트

JK 플립플롭에서 $J = K = 1$이면 토글하고, 토글 플립플롭 n단의 출력 주파수는 $f_{in}/2^n$이다.

NoteBase

3. β=100인 다음 트랜지스터 회로에서 $V_{CEQ}=\frac{V_{CC}}{2}$가 되도록 하기 위한 R_C의 값[kΩ]은? (단, 트랜지스터는 선형영역에서 동작하며 V_{BE} = 0.7V이다)



① 0.5
② 1
③ 5
④ 10
⑤ 100

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 베이스 회로에서 I_B를 구한 뒤 $I_C = \beta I_B$를 적용하고, 목표 동작점 $V_{CEQ} = V_{CC}/2$가 되도록 컬렉터 저항 R_C를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_{BB} = 5.7V$, $R_B = 100k\Omega$, $V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 100$, $V_{CC} = 10V$이다.
구해야 할 값: $V_{CEQ} = V_{CC}/2 = 5V$가 되게 하는 R_C이다.
주의할 조건: 이미터가 접지되어 있으므로 $V_E = 0V$이고, 선형영역에서 $I_C = \beta I_B$를 적용한다.

사용할 공식

$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$
$I_C = \beta I_B$
$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$
베이스 전원과 베이스 저항으로 I_B가 정해지고, 선형영역의 전류 이득으로 I_C를 구할 수 있다. 컬렉터 회로에 키르히호프 전압 법칙을 적용하면 목표 V_{CEQ}에 필요한 R_C가 정해진다.

NoteBase

계산 과정

1. 베이스 전류는
$I_B = \frac{5.7 - 0.7}{100k\Omega} = \frac{5}{100k\Omega} = 50\mu A$
이다.
2. 컬렉터 전류는
$I_C = 100 \times 50\mu A = 5mA$
이다.
3. 목표 컬렉터-이미터 전압은 $V_{CEQ} = 10/2 = 5V$이므로 R_C의 전압 강하는 $10 - 5 = 5V$이다. 따라서
$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CEQ}}{I_C} = \frac{5V}{5mA} = 1k\Omega$
이다.

선지 판단

① X — $0.5k\Omega$이면 전압 강하는 $5mA \times 0.5k\Omega = 2.5V$이므로 $V_{CE} = 7.5V$가 된다. 틀린 값 $0.5k\Omega$는 $1k\Omega$로 고쳐야 한다.
② O — $R_C = 1k\Omega$이면 전압 강하가 $5V$이므로 $V_{CE} = 10 - 5 = 5V = V_{CC}/2$가 된다.
③ X — $5k\Omega$는 계산 결과 $1k\Omega$와 다르다. 또한 주어진 선형영역 전류 $5mA$를 대입하면 요구되는 $5V$보다 큰 전압 강하가 되어 조건을 만족하지 않는다. 틀린 값 $5k\Omega$는 $1k\Omega$로 고쳐야 한다.
④ X — $10k\Omega$는 계산 결과 $1k\Omega$와 다르며, $5mA$에서 필요한 저항값보다 10배 크다. 틀린 값 $10k\Omega$는 $1k\Omega$로 고쳐야 한다.
⑤ X — $100k\Omega$는 베이스 저항 R_B의 값이지 구해야 하는 컬렉터 저항 R_C의 값이 아니다. 틀린 값 $100k\Omega$는 $1k\Omega$로 고쳐야 한다.
계산 결과 $R_C = 1k\Omega$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

베이스 저항 $100k\Omega$를 그대로 답으로 고르거나, $I_B = 50\mu A$에 전류 이득 $\beta = 100$을 적용하지 않는 것이 핵심 함정이다. 또한 R_C 양단 전압은 V_{CC} 전체가 아니라 $V_{CC} - V_{CEQ} = 5V$임을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

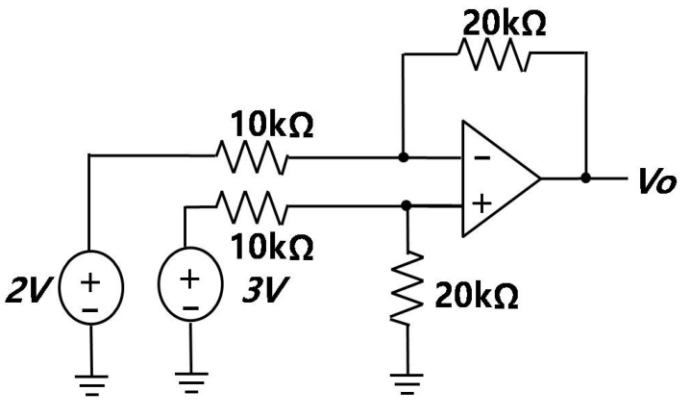
고정 바이어스 트랜지스터 회로에서는 $I_B = (V_{BB} - V_{BE})/R_B$, $I_C = \beta I_B$, $R_C = (V_{CC} - V_{CEQ})/I_C$의 순서로 계산하고, 마지막에 $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$로 검산한다.

암기 포인트

베이스 전류에서 컬렉터 전류로 넘어갈 때 β를 곱하고, 컬렉터 저항에는 $V_{CC} - V_{CEQ}$가 걸린다.

NoteBase

4. 다음 연산증폭기 회로에서 출력전압 V_O의 값[V]은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 0
② 1
③ 2
④ 3
⑤ 4

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적 연산증폭기의 입력 전류가 0이고 음의 피드백에서 두 입력단 전압이 같다는 성질을 이용해 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 비반전 입력 쪽은 $3V$ 전원, $10k\Omega$, $20k\Omega$의 분압 회로이고, 반전 입력 쪽은 $2V$ 전원에 연결된 $10k\Omega$와 출력에 연결된 $20k\Omega$로 구성된다.
구해야 할 값: 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 이상적 연산증폭기이므로 입력 전류는 0이고, 음의 피드백이 걸려 있으므로 $V_- = V_+$이다.

사용할 공식

비반전 입력 전압은 분압식으로 구한다.
$V_+ = 3V \times \frac{20k\Omega}{10k\Omega + 20k\Omega}$
반전 입력 노드에는 키르히호프 전류 법칙을 적용한다.
$\frac{V_- - 2V}{10k\Omega} + \frac{V_- - V_o}{20k\Omega} = 0$
이 공식을 쓰는 이유는 연산증폭기 입력으로 전류가 흐르지 않으므로 비반전 입력은 단순 분압 회로가 되고, 반전 입력 노드로 들어오고 나가는 저항 전류의 합은 0이기 때문이다.

NoteBase

계산 과정

1. 비반전 입력의 분압 전압을 구하면 $V_+ = 2V$이다.
2. 이상적 연산증폭기의 가상단락에 의해 $V_- = V_+ = 2V$이다.
3. 반전 입력 노드의 전류식을 계산한다.

$\frac{2V-2V}{10k\Omega} + \frac{2V-V_o}{20k\Omega} = 0$

첫 번째 저항의 양단 전압이 0이므로 그 전류도 0이다. 따라서 $2V - V_o = 0$이고, $V_o = 2V$이다.

선지 판단

① X — $0V$는 계산 결과 $2V$와 다르다. 틀린 값 $0V$를 올바르게 고치면 $2V$이다.
② X — $1V$는 계산 결과 $2V$와 다르다. 틀린 값 $1V$를 올바르게 고치면 $2V$이다.
③ O — 계산 결과가 선지의 값과 같은 $2V$이다.
④ X — $3V$는 비반전 입력에 그대로 걸리는 전압이 아니라 분압 전의 전원 전압이다. 틀린 값 $3V$를 올바르게 고치면 $2V$이다.
⑤ X — $4V$는 계산 결과 $2V$와 다르다. 틀린 값 $4V$를 올바르게 고치면 $2V$이다.
계산 결과 $V_o = 2V$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

비반전 입력에 연결된 $3V$를 그대로 V_+로 두는 것이 핵심 함정이다. 입력 전류가 0이어도 $10k\Omega$와 $20k\Omega$에는 분압 전류가 흐르므로 V_+는 $3V$가 아니라 $2V$이다. 또한 가상단락은 $V_- = V_+$라는 뜻이지 두 입력단 사이에 실제 전류가 흐른다는 뜻은 아니다.

다시 나오면 이렇게 판단

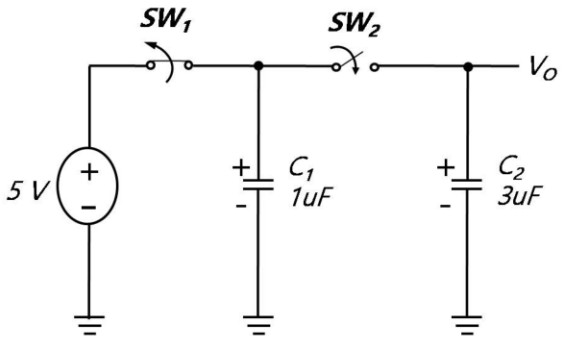
이상적 연산증폭기 회로는 먼저 비반전 입력 전압을 구하고, 음의 피드백이면 $V_- = V_+$를 적용한 뒤, 반전 입력 노드에 키르히호프 전류 법칙을 적용하는 순서로 판단한다.

암기 포인트

이상적 연산증폭기의 음의 피드백 회로에서는 입력 전류가 0이고 $V_- = V_+$이다. 분압 → 가상단락 → 노드 전류식의 순서를 기억한다.

NoteBase

5. 아래의 캐패시터 회로에서 스위치1(SW_1)이 닫혀있고 스위치2(SW_2)가 열려있는 상태이며 이때 V_O = 1[V]이다. 이후 스위치1(SW_1)이 열리고 난 다음 스위치2(SW_2)가 닫히면 V_O의 값[V]은?



① 1
② 2
③ 3
④ 4
⑤ 5

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 전원에서 분리된 두 커패시터를 병렬로 연결할 때 전체 전하가 보존된다는 원리를 이용해 최종 공통 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $C_1 = 1\mu F$, $C_2 = 3\mu F$, C_1의 초기 전압은 $5V$, C_2의 초기 전압은 $1V$이다.
구해야 할 값: 스위치1을 연 뒤 스위치2를 닫았을 때의 공통 전압 V_O이다.
주의할 조건: 스위치1이 먼저 열려 전원이 분리되므로, 스위치2를 닫은 뒤에는 두 커패시터의 초기 전하 합이 보존된다. 두 커패시터는 같은 극성으로 병렬 연결된다.

사용할 공식

커패시터의 전하는 $Q = CV$이다. 전하 보존에 따라
$C_1V_1 + C_2V_2 = (C_1 + C_2)V_O$
이므로
$V_O = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{C_1 + C_2}$
이다. 스위치1이 열린 뒤 회로가 전원과 분리되어 외부에서 전하가 공급되지 않고, 스위치2가 닫히면 두 커패시터가 병렬로 연결되어 최종 전압이 같아지므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. C_1의 초기 전하는 $Q_1 = C_1V_1 = (1\mu F)(5V) = 5\mu C$이다.
2. C_2의 초기 전하는 $Q_2 = C_2V_2 = (3\mu F)(1V) = 3\mu C$이다.
3. 전체 초기 전하는 $Q_1 + Q_2 = 8\mu C$, 병렬 합성용량은 $C_1 + C_2 = 4\mu F$이다.
4. 따라서 $V_O = \frac{8\mu C}{4\mu F} = 2V$이다.

선지 판단

① X — $1V$는 C_2의 초기 전압일 뿐이다. 두 커패시터의 전하를 합산한 최종 전압은 $2V$이므로, 틀린 값 $1V$는 $2V$로 고쳐야 한다.
② O — 전하 보존식으로 계산한 최종 공통 전압이 $2V$이므로 옳다.
③ X — $3V$는 보존된 전체 전하 $8\mu C$를 합성용량 $4\mu F$로 나눈 값과 일치하지 않는다. 틀린 값 $3V$는 $2V$로 고쳐야 한다.
④ X — 4는 두 용량을 더한 합성용량 $4\mu F$의 수치이지 전압값이 아니다. 틀린 값 $4V$는 $2V$로 고쳐야 한다.
⑤ X — 스위치1을 열면 $5V$ 전원은 커패시터에서 분리되므로 최종 전압이 $5V$로 유지되지 않는다. 틀린 값 $5V$는 $2V$로 고쳐야 한다.
계산 결과 $V_O = 2V$이므로 정답은 2번이다.

오답 포인트

스위치1이 열린 뒤에도 C_1이 계속 $5V$ 전원에 연결되어 있다고 보는 것이 핵심 함정이다. 또한 두 초기 전압을 단순히 더하거나 평균내는 것이 아니라, 각 용량에 따른 전하 CV를 먼저 구한 뒤 전체 용량으로 나누어야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전원에서 분리된 커패시터들이 병렬로 연결되는 문제는 각 초기 전하 C_iV_i를 구하고, 극성을 반영해 전하를 합한 뒤, 병렬 합성용량으로 나누어 최종 공통 전압을 구한다.

암기 포인트

같은 극성의 커패시터를 병렬로 합치면 최종 전압은 $V_f = \frac{\sum C_iV_i}{\sum C_i}$이며, 전압의 단순평균이 아니라 용량으로 가중한 평균이다.

NoteBase

6. 전자기파에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

① 전자기파의 근원은 시간에 따라 변하는 전하에 의한 것이다.
② 전자기파는 횡파이다.
③ 암페어-맥스웰 법칙에 의하면, 한 점에서 시변 전계가 증가하면 그 점을 중심으로 오른손 법칙을 만족하는 방향으로 회전하는 시변 자계를 생성한다.
④ 렌츠의 법칙에 의하면, 유도기전력은 자속변화를 방해하는 방향으로 생성된다.
⑤ 시변 전계와 시변 자계는 항상 반대 방향이다.

정답 5번

출제 포인트

전자기파의 발생 원리와 파동의 성질, 암페어-맥스웰 법칙, 렌츠의 법칙, 전계와 자계의 방향 관계를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

전자기파는 시간에 따라 변하는 전계와 자계가 서로를 유도하며 공간으로 전파되는 횡파이다. 평면 전자기파에서 전계와 자계는 서로 수직이고, 두 벡터에 모두 수직인 방향으로 파가 진행한다. 암페어-맥스웰 법칙은 시간에 따라 변하는 전계가 주위에 회전하는 자계를 만든다는 내용이고, 렌츠의 법칙은 유도기전력의 방향이 원인이 된 자속변화를 방해하도록 정해진다는 내용이다.

선지별 해설

① O — 시간에 따라 변하는 전하 분포와 전류는 시간에 따라 변하는 전계와 자계를 만들며 전자기파의 발생원이 된다.
② O — 전자기파에서는 전계와 자계가 진행 방향에 수직으로 진동하므로 횡파이다.
③ O — 시변 전계가 증가하면 변위전류가 생긴 것과 같은 효과가 나타나며, 그 주위에 오른손 법칙을 따르는 회전 방향의 시변 자계가 형성된다.
④ O — 렌츠의 법칙에 따라 유도기전력과 유도전류는 자신을 발생시킨 자속의 변화를 방해하는 방향으로 생긴다.
⑤ X — 틀린 표현은 ‘항상 반대 방향’이다. 올바르게는 평면 전자기파의 전계와 자계는 서로 수직이며, 두 벡터의 외적 방향이 전자기파의 진행 방향이 된다.

오답 포인트

⑤에서 전계와 자계가 함께 진동한다는 사실을 두 벡터가 같은 직선 위에서 반대 방향이라는 뜻으로 오해하기 쉽다. 전자기파의 핵심 방향 관계는 ‘반대’가 아니라 ‘서로 수직’이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

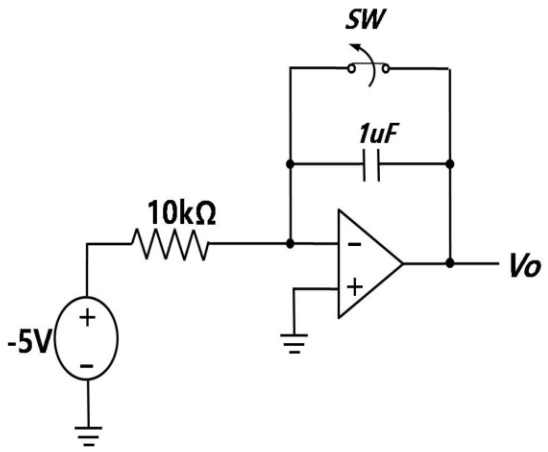
전자기파의 방향 관계를 묻는 선지는 전계, 자계, 진행 방향의 세 방향을 구분한다. 평면파에서는 전계와 자계가 서로 수직이고 두 벡터 모두 진행 방향에도 수직이라는 기준으로 판단한다. 유도 현상은 시변 전계가 자계를 만드는 암페어-맥스웰 법칙과 자속변화를 방해하는 렌츠의 법칙을 나누어 확인한다.

암기 포인트

전자기파는 횡파이며, 전계와 자계는 서로 수직이다. 시변 전계는 회전 자계를 만들고, 유도전류는 자속변화를 방해한다.

NoteBase

7. 다음 연산증폭기 회로에서 t = 0[sec]에서 스위치가 개방될 때 V_o가 5[V]가 될 때까지 걸리는 시간[ms]은? (단, 연산증폭기는 이상적이다)



① 1
② 5
③ 10
④ 50
⑤ 100

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 연산증폭기 적분기에서 입력전압, 저항, 커패시턴스로 출력전압의 변화율을 구한 뒤 목표 전압에 도달하는 시간을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_i = -5V, R = 10k\Omega, C = 1\mu F$이다.
구해야 할 값: 스위치를 개방한 뒤 V_o가 $5V$가 될 때까지의 시간이다.
주의할 조건: 개방 전 닫힌 스위치가 커패시터를 단락하므로 $V_o(0) = 0$이다. 이상적인 연산증폭기의 반전 입력단은 가상접지이므로 전위가 $0V$이다.

NoteBase

사용할 공식

반전 적분기의 출력은 다음과 같다.
$V_o(t) = V_o(0) - \frac{1}{RC}\int_0^t V_i d\tau$
입력전압이 일정하면 다음과 같이 쓸 수 있다.
$V_o(t) = V_o(0) - \frac{V_i}{RC}t$
저항을 통해 흐르는 일정한 전류가 커패시터를 충전하므로 출력전압이 시간에 따라 일정한 기울기로 변하는 회로이기 때문에 이 공식을 사용한다.

계산 과정

1. 시정수는 다음과 같다.
$RC = (10 \times 10^3)(1 \times 10^{-6}) = 10^{-2}s = 10ms$
2. 출력전압의 기울기는 다음과 같다.
$\frac{dV_o}{dt} = -\frac{V_i}{RC} = -\frac{-5}{10^{-2}} = 500V/s = 0.5V/ms$
3. 초기 출력이 $0V$이므로 $5V$까지 걸리는 시간은 다음과 같다.
$t = \frac{5V}{0.5V/ms} = 10ms$

선지 판단

① X — $1ms$일 때 출력은 $(0.5V/ms)(1ms) = 0.5V$이므로 $5V$에 도달하지 않는다. 틀린 값 $1ms$가 아니라 올바른 시간은 $10ms$이다.
② X — $5ms$일 때 출력은 $2.5V$이므로 목표 전압의 절반에 불과하다. 틀린 값 $5ms$가 아니라 올바른 시간은 $10ms$이다.
③ O — $10ms$ 동안 출력이 $(0.5V/ms)(10ms) = 5V$ 상승하므로 계산 결과와 일치한다.
④ X — $50ms$일 때 이상적인 적분기의 출력은 $25V$이므로 필요한 시간보다 5배 길다. 틀린 값 $50ms$가 아니라 올바른 시간은 $10ms$이다.
⑤ X — $100ms$일 때 이상적인 적분기의 출력은 $50V$이므로 필요한 시간보다 10배 길다. 틀린 값 $100ms$가 아니라 올바른 시간은 $10ms$이다.
계산 결과 $10ms$이므로 정답은 3번이다.

오답 포인트

입력이 $-5V$라는 점과 반전 적분기의 음의 부호를 함께 처리해야 한다. 두 음의 부호가 상쇄되어 출력은 감소하지 않고 양의 방향으로 증가한다. 또한 $RC = 0.01s = 10ms$의 단위 변환을 빠뜨리면 ①이나 ⑤처럼 10배 차이 나는 값을 고르기 쉽다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

적분기 시간 계산은 먼저 스위치의 개방 직전 상태에서 초기 출력전압을 정하고, $dV_o/dt = -V_i/(RC)$로 출력의 방향과 기울기를 구한 다음, 목표 전압 변화량을 기울기로 나누어 판단한다. 마지막에는 초와 밀리초의 단위를 맞춰 검산한다.

암기 포인트

반전 적분기의 일정 입력에서는 $\Delta V_o = -(V_i/RC)t$이며, 음의 입력은 양의 기울기의 출력을 만든다.

NoteBase

8. 연산증폭기의 차동 이득 $A_d = 2{,}000$, 공통신호 제거비 CMRR = 10,000이고, 두 개의 입력 신호가 $V_1 = 100[\mu V]$와 $V_2 = 80[\mu V]$ 일 때, 출력 전압 V_O에 가장 가까운 값[mV]은?

① 10
② 25
③ 30
④ 40
⑤ 50

정답 4번

출제 포인트

차동 증폭기의 차동 성분과 공통모드 성분을 각각 계산하여 출력 전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 차동 이득 $A_d = 2{,}000$, 공통신호 제거비 CMRR = 10,000, $V_1 = 100\mu V$, $V_2 = 80\mu V$이다.
구해야 할 값: 출력 전압 V_o이다.
주의할 조건: CMRR는 데시벨값이 아니라 선형비이므로 CMRR $= A_d/A_{cm}$을 적용한다.

사용할 공식

차동 입력과 공통모드 입력은 각각
$V_d = V_1 - V_2, \qquad V_{cm} = \frac{V_1 + V_2}{2}$
이고, 공통모드 이득과 출력 전압은
$A_{cm} = \frac{A_d}{\text{CMRR}}, \qquad V_o = A_d V_d + A_{cm} V_{cm}$
이다. 두 입력에는 차이 성분뿐 아니라 평균인 공통모드 성분도 있으므로 두 출력 성분을 함께 반영한다.

계산 과정

1. 차동 입력은 $V_d = 100\mu V - 80\mu V = 20\mu V$이다.
2. 공통모드 입력은 $V_{cm} = (100 + 80)/2 = 90\mu V$이다.
3. 공통모드 이득은 $A_{cm} = 2{,}000/10{,}000 = 0.2$이다.
4. 출력 전압은
$V_o = 2{,}000(20\mu V) + 0.2(90\mu V) = 40mV + 0.018mV = 40.018mV$
이다. 따라서 가장 가까운 값은 $40mV$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $10mV$가 아니라 계산값은 $40.018mV$이므로 가장 가까운 값은 $40mV$이다.
② X — $25mV$가 아니라 차동 출력만으로도 $A_dV_d = 40mV$이므로 가장 가까운 값은 $40mV$이다.
③ X — $30mV$가 아니라 차동 입력 $20\mu V$에 차동 이득 2,000을 곱하면 이미 $40mV$이며, 정확한 근삿값은 $40.018mV$이다.
④ O — 전체 출력은 약 $40.018mV$이므로 $40mV$가 가장 가깝다.
⑤ X — $50mV$가 아니라 공통모드 출력은 $0.018mV$에 불과하므로 전체 출력은 약 $40.018mV$이다.

오답 포인트

CMRR 자체를 공통모드 이득으로 착각하거나, $V_1 - V_2$ 대신 입력 중 하나를 차동 입력으로 사용하면 오답이 된다. 또한 공통모드 보정값 $0.018mV$는 매우 작으므로 최종적으로 가장 가까운 선지를 골라야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 $V_d = V_1 - V_2$와 $V_{cm} = (V_1 + V_2)/2$를 구하고, $A_{cm} = A_d/\text{CMRR}$로 변환한 뒤 $V_o = A_dV_d + A_{cm}V_{cm}$을 계산한다. 마지막에는 μV를 mV로 환산하여 선지와 비교한다.

암기 포인트

차동은 입력의 차, 공통모드는 입력의 평균이며, $A_{cm} = A_d/\text{CMRR}$이다.

NoteBase

9. 카운터에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 비동기식 카운터를 직렬로 연결하여 주파수 디바이더(Frequency Divider)를 만들 수 있다.

② n개의 플립플롭을 사용하여 2의 n승 분의 1(=$1/2^n$)의 주파수를 가지는 주파수 디바이더를 만들 수 있다.

③ 비동기식 리플 카운터의 전달지연시간(Propagation Delay)은 입력클럭의 주기보다 커도 된다.

④ 카운터를 이용하여 특정한 출력 스테이트를 검출하는 디코더(Decoder)를 만들 수 있다.

⑤ 0, 1,…,9의 순서로 동작하는 카운터 동작을 위해서는 4개의 플립플롭이 필요하다.

정답 3번

출제 포인트

비동기식 카운터의 주파수 분주, 누적 전파지연, 상태 디코딩 및 필요한 플립플롭 수를 구분하는 문제이다.

핵심 개념

비동기식(리플) 카운터: 앞단 플립플롭의 출력이 다음 단의 클록이 되어 상태 변화가 순차적으로 전달되는 카운터이다. 각 단을 거칠 때마다 주파수가 2분주되지만 전파지연도 누적된다.

주파수 분주: 플립플롭 한 단마다 출력 주파수가 절반이 되므로, n단 카운터의 마지막 단 주파수는 입력 주파수의 $1/2^n$이다.

상태 디코딩: 카운터 출력의 특정 비트 조합을 논리회로로 검출하는 것이다.

필요한 플립플롭 수: N개 상태를 표현하려면 $2^n \geq N$을 만족하는 최소 n개가 필요하다.

선지별 해설

① O — 비동기식 카운터의 각 플립플롭 출력은 앞단 주파수의 절반이 되므로, 직렬로 연결하면 주파수 분주기로 사용할 수 있다.

② O — n개의 플립플롭으로 구성한 이진 카운터의 마지막 단 출력 주파수는 입력 주파수의 $1/2^n$이므로 2^n 분주가 가능하다.

③ X — 틀린 표현은 '전달지연시간은 입력클록의 주기보다 커도 된다'이다. 리플 카운터에서는 각 단의 전파지연이 누적되며, 다음 클록이 오기 전에 출력이 안정되어야 하므로 전체 누적 전파지연시간은 입력클록의 주기보다 작아야 한다.

④ O — 카운터의 출력 비트에 논리 게이트를 연결하면 원하는 특정 상태의 비트 조합을 검출하는 디코더를 구성할 수 있다.

⑤ O — 0부터 9까지는 10개 상태이다. $2^3 = 8 < 10$, 2^4=16≥10이므로 이를 표현하려면 최소 4개의 플립플롭이 필요하다.

NoteBase

오답 포인트

③은 비동기식 카운터에 전파지연이 존재한다는 사실을 '클록 주기보다 커도 된다'는 뜻으로 뒤집은 선지이다. 전파지연은 허용되는 현상이지만, 누적 지연이 클록 주기보다 커지면 다음 입력 전에 출력이 안정되지 않아 오동작할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

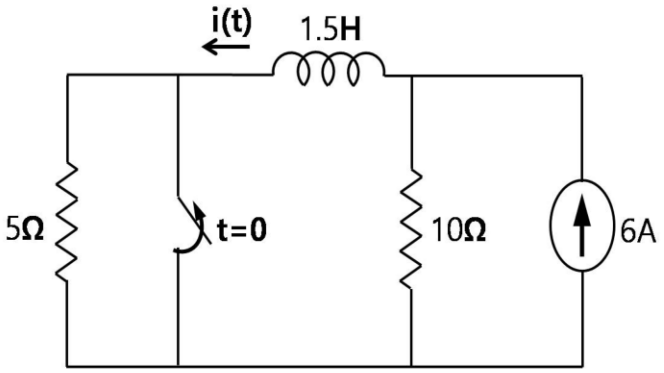
비동기식 카운터에서는 각 단의 2분주와 전파지연 누적을 함께 확인한다. 상태 수 문제는 $2^n \geq N$을 만족하는 최소 n을 구하고, 특정 출력 조합의 검출은 디코딩으로 판단한다.

암기 포인트

n단 카운터는 2^n분주, N개 상태에는 $2^n \geq N$, 리플 카운터의 누적 지연은 클록 주기보다 작아야 한다.

NoteBase

10. 다음 회로에서 스위치가 오랫동안 닫혀있다가 t = 0[sec]에서 열린다고 할 때 전류 i(t)의 값[A]은? (단, t>0이다)



① $6.e^{-10t}$

② $4+2.e^{-2t}$

③ $2+4.e^{-2t}$

④ $4+2.e^{-10t}$

⑤ $2+4.e^{-10t}$

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 인덕터 전류의 연속성, 스위칭 전후의 직류 정상상태, 인덕터가 바라보는 등가저항을 이용하여 완전응답 $i(t)$를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $L = 1.5H$, 저항은 5Ω와 10Ω, 전류원은 $6A$이다.
구해야 할 값: 스위치가 열린 뒤 $t > 0$에서 화살표 방향의 인덕터 전류 $i(t)$이다.
주의할 조건: 스위치는 열리기 전 오랫동안 닫혀 있었으므로 $t = 0^-$에서 직류 정상상태이고, 인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않아 $i(0^+) = i(0^-)$이다.

사용할 공식

1차 RL 회로의 완전응답은
$i(t) = i(\infty) + \{i(0^+) - i(\infty)\}e^{-t/\tau}$
이고, 시정수는
$\tau = \frac{L}{R_{eq}}$
이다. 스위칭 직후의 전류, 스위칭 후 최종 정상상태 전류, 독립 전류원을 제거했을 때 인덕터 양단에서 보이는 등가저항이 주어지면 이 공식을 사용할 수 있다.

NoteBase

계산 과정

1. $t<0$에서 스위치가 닫힌 채 정상상태이므로 인덕터는 단락으로 동작한다. 인덕터 양단 노드는 접지 전위가 되고 저항에는 전류가 흐르지 않으므로, 전류원의 $6A$가 모두 화살표 방향으로 인덕터를 흐른다. 따라서 $i(0^-)=i(0^+)=6A$이다.
2. $t\to\infty$에서 인덕터를 단락하면 5Ω와 10Ω가 병렬로 전류원에 연결된다. 전류분배에 따라 5Ω로 흐르는 전류는 $6\times\frac{10}{5+10}=4A$
이고, 이것이 인덕터의 화살표 방향 전류이므로 $i(\infty)=4A$이다.
3. 시정수를 구할 때 독립 전류원을 개방한다. 인덕터 양단에서 보면 5Ω와 10Ω가 접지를 거쳐 직렬이므로 $R_{\text{eq}}=5+10=15\Omega,\qquad \tau=\frac{1.5}{15}=0.1s$
이다.
4. 완전응답에 대입하면 $i(t)=4+(6-4)e^{-t/0.1}=4+2e^{-10t}A$
이다.

선지 판단

① X — $6e^{-10t}$는 최종값을 $0A$로 둔 식이다. 전류원이 계속 연결되어 있으므로 올바른 식은 $4+2e^{-10t}$이다.
② X — $4+2e^{-2t}$는 초기값과 최종값은 맞지만 감쇠계수가 틀렸다. $\tau=0.1s$이므로 올바른 지수항은 e^{-10t}이고, 식은 $4+2e^{-10t}$이다.
③ X — $2+4e^{-2t}$는 최종값을 $2A$, 감쇠계수를 2로 잘못 둔 식이다. 최종값은 $4A$, 감쇠계수는 10이므로 올바른 식은 $4+2e^{-10t}$이다.
④ O — $i(0^+)=6A$, $i(\infty)=4A$, $\tau=0.1s$를 모두 만족하여 $i(t)=4+2e^{-10t}A$가 된다.
⑤ X — $2+4e^{-10t}$는 초기값과 감쇠계수는 맞지만 최종값을 $2A$로 잘못 둔 식이다. 최종값은 $4A$이므로 올바른 식은 $4+2e^{-10t}$이다.

오답 포인트

①처럼 전원이 남아 있는데도 자연응답만 생각하여 최종값을 0으로 두기 쉽다. 또한 시정수 계산에서 병렬회로의 모양만 보고 $5\Omega\parallel 10\Omega$로 처리하면 안 된다. 독립 전류원을 개방한 뒤 인덕터의 두 단자 사이 경로를 보면 두 저항은 직렬이어서 $R_{\text{eq}}=15\Omega$이다. 최종 전류 $4A$와 10Ω 저항 전류 $2A$를 혼동하는 것도 ③과 ⑤를 고르게 하는 함정이다.

다시 나오면 이렇게 판단

스위칭 RL 회로는 먼저 $i(0^+)$를 전류 연속성으로 구하고, 다음으로 $i(\infty)$를 직류 정상상태에서 구한 뒤, 독립원을 제거하여 R_{eq}와 $\tau=L/R_{\text{eq}}$를 계산한다. 마지막으로 $i(t)=i(\infty)+\{i(0^+)-i(\infty)\}e^{-t/\tau}$에 대입한다.

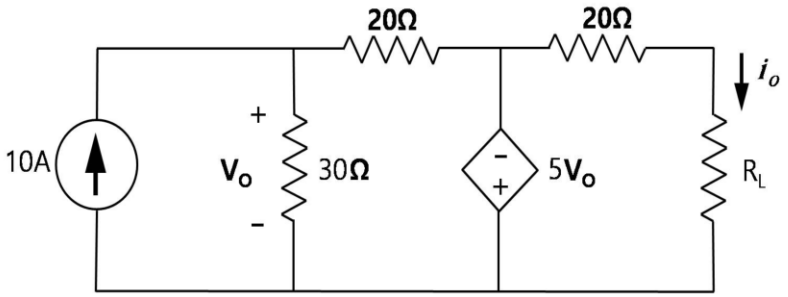
NoteBase

암기 포인트

인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으며, *RL* 완전응답은 '최종값 + 초기값과 최종값의 차이 × $e^{-t/\tau}$'이다.

NoteBase

11. 다음 회로에서 부하저항 R_L이 소모하는 전력이 최대가 되는 R_L의 값 [Ω]은?



① 5
② 10
③ 15
④ 20
⑤ 30

정답 4번

출제 포인트

최대 전력 전달 정리와 시험전압법을 이용하여 종속원이 포함된 회로의 부하저항 R_L을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전류원 $10A$, 저항 30Ω와 20Ω 2개, 종속전압원 $5V_o$이다.
구해야 할 값: R_L이 소모하는 전력이 최대가 되는 부하저항이다.
주의할 조건: 등가저항을 구할 때 독립 전류원은 개방하지만, 종속전압원은 회로에 그대로 둔다.

사용할 공식

저항성 부하에 대한 최대 전력 전달 조건은
$R_L = R_{\text{th}}$
이다. 종속원이 포함되어 있으므로 부하 단자에 시험전압 V_t를 인가하고 그때 회로로 들어가는 전류를 I_t라 하면
$R_{\text{th}} = \frac{V_t}{I_t}$
로 구한다. 최대 전력 전달 정리에 따라 최적 부하저항은 부하 단자에서 본 테브난 등가저항과 같으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 부하 R_L을 떼고 독립 전류원 $10A$를 개방한 뒤, 부하 단자에 시험전압 V_t를 인가한다.
2. V_o가 걸린 왼쪽 위 노드 전압을 v_o, 종속전압원 위쪽 노드 전압을 v_x라 한다. 종속전압원의 위쪽이 −, 아래쪽이 +이므로
$0 - v_x = 5v_o, \qquad v_x = -5v_o$
이다.
3. 전류원이 개방된 왼쪽 위 노드에 KCL을 적용하면
$\frac{v_o}{30} + \frac{v_o - v_x}{20} = 0$
이고, $v_x = -5v_o$를 대입하면
$\frac{v_o}{30} + \frac{6v_o}{20} = 0$
이므로 $v_o = 0$, $v_x = 0$이다.
4. 따라서 시험전류는 부하 단자와 v_x 사이의 20Ω 저항에만 의해
$I_t = \frac{V_t - v_x}{20} = \frac{V_t}{20}$
가 된다. 그러므로
$R_{\text{th}} = \frac{V_t}{I_t} = 20\Omega$
이고, 최대 전력 전달 조건에 따라 $R_L = 20\Omega$이다.

선지 판단

① X — 5Ω는 종속전압원의 제어계수 5를 저항값으로 오인한 값이다. 시험전압법으로 얻는 값은 20Ω이므로 올바르게는 $R_L = 20\Omega$이다.
② X — 10Ω는 $R_{\text{th}} = V_t/I_t = 20\Omega$와 일치하지 않는다. 올바르게는 $R_L = 20\Omega$이다.
③ X — 15Ω는 종속원을 유지한 노드 방정식에서 나오지 않는다. 올바르게는 $R_L = 20\Omega$이다.
④ O — 시험전압법으로 구한 테브난 등가저항이 20Ω이고, 최대 전력 전달 조건 $R_L = R_{\text{th}}$를 만족한다.
⑤ X — 30Ω는 회로에 표시된 한 저항의 값일 뿐 부하 단자에서 본 등가저항이 아니다. 올바르게는 $R_L = 20\Omega$이다.

오답 포인트

종속전압원을 독립원처럼 제거하면 등가저항이 잘못된다. 또한 회로에 보이는 30Ω를 그대로 고르거나 종속원의 계수 5를 저항값으로 해석해서는 안 된다. 독립 전류원만 개방하고 종속원은 유지해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

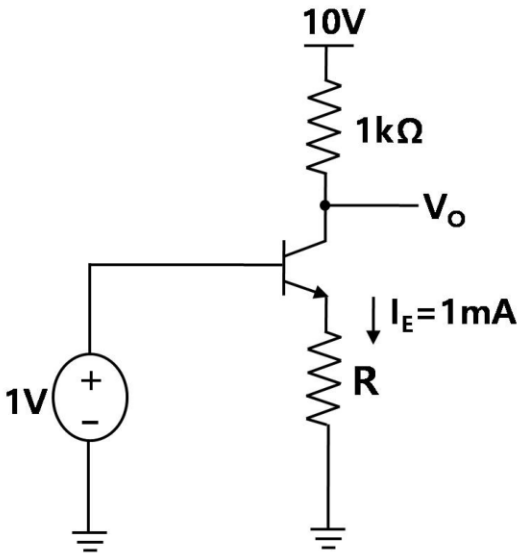
종속원이 있는 최대전력 문제에서는 먼저 $R_L = R_{\text{th}}$를 적용하고, 독립원만 제거한 뒤 부하 단자에 시험전압 또는 시험전류를 인가하여 R_{th}를 계산한다.

암기 포인트

최대 전력은 $R_L = R_{\text{th}}$, 종속원이 있으면 종속원은 살리고 시험전원으로 R_{th}를 구한다.

NoteBase

12. 다음 회로에서 I_E = 1[mA]로 설정하기 위한 R의 값과 V_O의 값은? (단, V_{BE} = 0.7V, β = 100이고 V_O는 근삿값이다)



	R	V_O
①	300Ω	1V
②	300Ω	9V
③	1kΩ	1V
④	3kΩ	1V
⑤	3kΩ	9V

정답 2번

출제 포인트

베이스 전압과 베이스-이미터 전압으로 이미터 전압을 구해 저항 R을 계산하고, β를 이용해 컬렉터 전류와 출력 전압 V_O를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $V_B = 1V$, $V_{BE} = 0.7V$, $I_E = 1mA$, $\beta = 1000$, 컬렉터 저항은 $1k\Omega$, 전원은 $10V$이다.
구해야 할 값: 이미터 저항 R과 출력 전압 V_O이다.
주의할 조건: I_C는 I_E와 정확히 같지 않으며, $I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E$이다.

NoteBase

사용할 공식

$V_E = V_B - V_{BE}$
$R = \frac{V_E}{I_E}$
$I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E$
$V_O = 10V - I_C(1k\Omega)$
베이스 전압이 고정되어 있으므로 먼저 이미터 전압을 구할 수 있고, 이미터 저항에는 I_E가 흐르므로 옴의 법칙으로 R을 계산한다. 출력 노드는 컬렉터 저항 아래에 있으므로 전원 전압에서 컬렉터 저항의 전압 강하를 빼서 V_O를 구한다.

계산 과정

1. 이미터 전압은 $V_E = 1V - 0.7V = 0.3V$이다.
2. 따라서 $R = \frac{0.3V}{1mA} = 300\Omega$이다.
3. 컬렉터 전류는 $I_C = \frac{1000}{1001}(1mA) \approx 0.999mA$이다.
4. 출력 전압은 $V_O = 10V - (0.999mA)(1k\Omega) \approx 9.001V$이므로 근삿값은 $9V$이다.

선지 판단

① X — $R = 300\Omega$은 맞지만 $V_O = 1V$가 틀렸다. 올바른 출력 전압은 약 $9V$이므로 올바른 조합은 $300\Omega,\ 9V$이다.
② O — 계산 결과 $R = 300\Omega$, $V_O \approx 9V$이므로 두 값이 모두 일치한다.
③ X — $R = 1k\Omega$, $V_O = 1V$가 모두 틀렸다. 올바른 값은 각각 300Ω, 약 $9V$이다.
④ X — $R = 3k\Omega$, $V_O = 1V$가 모두 틀렸다. 목표 이미터 전류가 $1mA$일 때 올바른 값은 각각 300Ω, 약 $9V$이다.
⑤ X — $V_O = 9V$는 근삿값으로 맞지만 $R = 3k\Omega$가 틀렸다. 올바른 저항값은 300Ω이므로 올바른 조합은 $300\Omega,\ 9V$이다.

오답 포인트

출력 전압 V_O를 베이스 전압이나 이미터 전압과 혼동하면 안 된다. V_O는 컬렉터 노드의 전압이므로 $10V$에서 컬렉터 저항의 전압 강하를 빼야 한다. 또한 $0.3V/1mA = 300\Omega$에서 mA와 $k\Omega$의 단위 관계를 놓치면 $3k\Omega$ 같은 오답을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

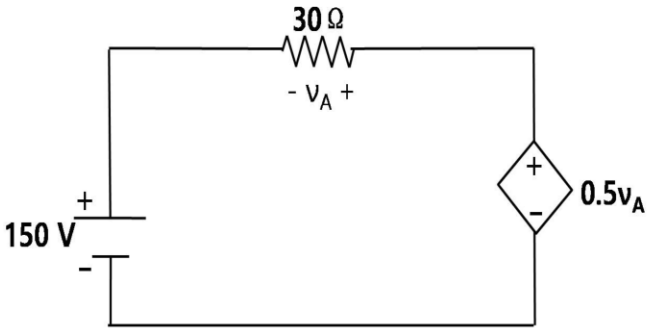
베이스 전압 고정형 회로에서는 $V_E = V_B - V_{BE}$로 이미터 전압을 먼저 구하고, $R = V_E/I_E$, $I_C = \frac{\beta}{\beta+1} I_E$, $V_O = V_{CC} - I_C R_C$의 순서로 계산한다. 마지막에는 $mA \times k\Omega = V$인지를 확인해 단위를 검산한다.

암기 포인트

베이스 고정 BJT 회로의 계산 순서는 $V_B \to V_E \to R \to I_C \to V_O$이다.

NoteBase

13. 다음 회로의 종속 전압원에서 공급한 전력[W]은?



① -1,500
② -1,000
③ 1,000
④ 1,500
⑤ 2,000

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 저항에 표시된 기준 전압의 극성을 반영해 종속 전압원의 전압과 전력을 구하고, 수동부호규약으로 공급전력의 부호를 판단하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전압원은 $150V$, 저항은 30Ω, 종속 전압원은 $0.5V_A$이다.
구해야 할 값: 종속 전압원이 공급한 전력이다.
주의할 조건: V_A는 저항의 오른쪽이 +, 왼쪽이 −로 표시되어 있다. 시계 방향 전류 I는 종속 전압원의 표시상 + 단자로 들어간다.

사용할 공식

키르히호프의 전압법칙과 수동부호규약을 사용한다.

$150 + V_A - 0.5V_A = 0$

$V_A = -30I$

$p_{abs} = vI, \qquad p_{sup} = -p_{abs}$

폐회로이므로 한 바퀴의 전압 변화 합이 0이고, 전류가 전압원의 표시상 +단자로 들어가므로 vI가 흡수전력이다.

NoteBase

계산 과정

1. 시계 방향으로 전압을 합하면 $150 + V_A - 0.5V_A = 0$이므로 $V_A = -300V$이다.
2. 저항에서는 전류가 왼쪽에서 오른쪽으로 흐르지만 V_A의 +표시는 오른쪽에 있으므로 $V_A = -30I$이다. 따라서 $I = 10A$이다.
3. 종속 전압원의 표시 전압은 $0.5V_A = -150V$이다. 전류가 표시상 +단자로 들어가므로 흡수전력은 $p_{\text{abs}} = (-150)(10) = -1{,}500W$이다.
4. 흡수전력이 음수라는 것은 전력을 공급한다는 뜻이므로 공급전력은 $p_{\text{sup}} = 1{,}500W$이다.

선지 판단

① X — $-1{,}500W$는 종속 전압원의 흡수전력이다. 틀린 값 $-1{,}500W$ → 공급전력은 $1{,}500W$이다.
② X — 계산된 공급전력 $1{,}500W$와 일치하지 않는다. 틀린 값 $-1{,}000W$ → 올바른 값은 $1{,}500W$이다.
③ X — 계산된 공급전력 $1{,}500W$보다 $500W$ 작다. 틀린 값 $1{,}000W$ → 올바른 값은 $1{,}500W$이다.
④ O — 종속 전압원의 흡수전력이 $-1{,}500W$이므로 공급전력은 $1{,}500W$이다.
⑤ X — 계산된 공급전력 $1{,}500W$보다 $500W$ 크다. 틀린 값 $2{,}000W$ → 올바른 값은 $1{,}500W$이다.

오답 포인트

①의 $-1{,}500W$를 그대로 고르면 흡수전력과 공급전력을 혼동한 것이다. 수동부호규약으로 계산한 vI가 음수이면 소자가 전력을 흡수하는 것이 아니라 그 절댓값만큼 공급한다. 또한 저항의 V_A 극성이 전류 방향에 대한 수동부호규약과 반대이므로 $V_A = -30I$가 된다는 점에 주의한다.

다시 나오면 이렇게 판단

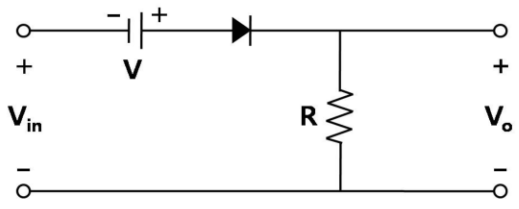
먼저 소자에 표시된 전압 극성과 임의로 정한 전류 방향을 확인하고, 키르히호프의 전압법칙으로 전압과 전류를 구한다. 그다음 전류가 전압의 +단자로 들어가면 $p = vI$를 흡수전력으로 계산하며, 결과가 음수이면 그 절댓값이 공급전력이다.

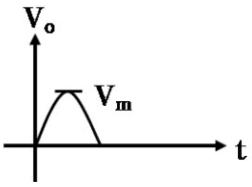
암기 포인트

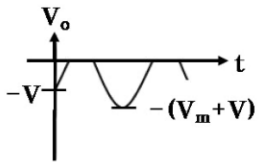
수동부호규약에서 $p = vI > 0$이면 흡수, $p = vI < 0$이면 공급이며, 공급전력은 음의 흡수전력이다.

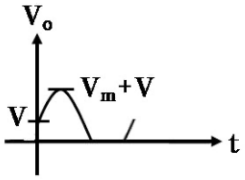
NoteBase

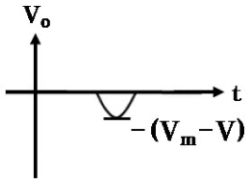
14. 다음 다이오드 회로에서 최댓값이 V_m인 정현파 입력 신호에 대한 출력 신호의 파형으로 옳은 것은? (단, 다이오드는 이상적이다)

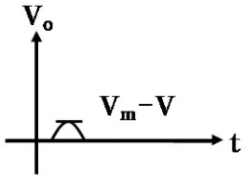


① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 3번

출제 포인트

직렬 바이어스 전압원과 이상적인 다이오드의 방향을 보고, 다이오드가 도통할 때 출력이 입력보다 V만큼 높아진다는 점을 파악하는 문제이다. 입력을 v_{in}이라 하면 다이오드 왼쪽 전압은 $v_{in} + V$이다. 따라서 $v_{in} + V > 0$일 때 $v_o = v_{in} + V$이고, 그 밖에는 다이오드가 차단되어 저항에 의해 $v_o = 0$이 된다.

NoteBase

선지별 해설

① X
바이어스 전압 V의 영향을 누락하여 출력의 최댓값을 V_m으로 표시한 것이 틀리다. 올바르게는 도통 구간의 출력이 $v_{in}+V$이고 최댓값은 V_m+V이다.

② X
다이오드의 도통 방향과 출력 극성을 반대로 판단한 파형이다. 이 회로에서 다이오드가 차단되면 출력은 저항을 통해 0이 되고, 도통하면 양의 방향으로 $v_{in}+V$가 나타나므로 최솟값이 $-(V_m+V)$인 음의 파형이 아니다.

③ O
$v_{in}+V>0$인 구간에는 이상적인 다이오드가 도통하여 $v_o=v_{in}+V$가 된다. 따라서 입력이 0인 순간의 출력은 V, 양의 최대 입력에서의 출력 최댓값은 V_m+V이며, 나머지 구간은 0으로 잘린다.

④ X
출력을 음의 방향으로 그리고 음의 최댓값의 크기를 V_m-V로 표시한 것이 틀리다. 주어진 다이오드 방향과 전원 극성에서는 출력이 음으로 내려가지 않으며, 올바른 파형은 0 이상이고 최댓값이 V_m+V인 파형이다.

⑤ X
전원 V가 입력에서 감산된다고 보아 최댓값을 V_m-V로 표시한 것이 틀리다. 그림의 전원은 왼쪽이 음극, 오른쪽이 양극이므로 다이오드 왼쪽 전압은 $v_{in}+V$이고, 올바른 출력 최댓값은 V_m+V이다.

오답 포인트

핵심 함정은 직렬 전원의 극성을 놓치는 것이다. 전원의 왼쪽이 −, 오른쪽이 +이므로 입력 전압에 V가 더해진다. 따라서 ⑤처럼 V_m-V로 계산하거나 ②·④처럼 음의 출력 파형으로 판단하면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 다이오드의 애노드 쪽 전압을 구한 뒤 출력 쪽 전압과 비교한다. 이 회로에서는 애노드 전압이 $v_{in}+V$이므로, $v_{in}>-V$이면 도통하여 $v_o=v_{in}+V$, $v_{in}\le -V$이면 차단하여 $v_o=0$으로 판단한다.

암기 포인트

이상적 직렬 다이오드 회로는 '전원 극성대로 입력을 이동한 뒤, 다이오드가 허용하는 쪽만 통과시킨다'로 정리한다. 이 회로는 $v_o=\max(0, v_{in}+V)$이다.

NoteBase

15. 다이오드 특성에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 역방향 전압이 높아질수록 공핍층의 두께가 감소한다.
② 역방향 전압을 가하면 전류가 거의 흐르지 않는다.
③ 순방향 전압을 가할 경우 온도가 높아지면 동일전류 조건에서 다이오드 전압이 감소한다.
④ 순방향 전압을 가하면 0.7V 근처에서 전류는 전압의 크기에 지수함수적으로 비례하여 증가한다.
⑤ 쇼트키 다이오드는 문턱전압이 일반 다이오드보다 낮은 특성을 갖는다.

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 다이오드의 순방향·역방향 바이어스에 따른 공핍층, 전류, 온도 특성과 쇼트키 다이오드의 문턱전압을 묻는 문제이다.

핵심 개념

순방향 바이어스는 접합 장벽과 공핍층 폭을 줄여 전류가 흐르게 하는 상태이다. 역방향 바이어스는 접합 장벽과 공핍층 폭을 늘려 항복 전까지 매우 작은 누설전류만 흐르게 하는 상태이다. 실리콘 다이오드는 일정한 순방향 전류에서 온도가 높아질수록 순방향 전압이 낮아지며, 쇼트키 다이오드는 일반적인 실리콘 PN 접합 다이오드보다 순방향 문턱전압이 낮다.

선지별 해설

① X — 틀린 부분은 '역방향 전압이 높아질수록 공핍층의 두께가 감소한다'이다. 역방향 전압이 커지면 접합 장벽이 높아지고 공핍층의 두께는 증가한다.
② O — 역방향 바이어스에서는 다수 캐리어의 이동이 억제되므로 항복 전까지 매우 작은 역방향 누설전류만 흐른다.
③ O — 동일한 순방향 전류 조건에서 온도가 높아지면 실리콘 다이오드의 순방향 전압은 감소한다.
④ O — 실리콘 다이오드에 순방향 전압을 가하면 약 0.7V 부근부터 전류가 전압에 대해 지수함수적으로 급격히 증가한다.
⑤ O — 쇼트키 다이오드는 금속과 반도체의 접합을 이용하므로 일반적인 실리콘 PN 접합 다이오드보다 순방향 문턱전압이 낮다.

오답 포인트

①은 순방향 바이어스와 역방향 바이어스의 공핍층 변화를 서로 바꾼 선지이다. 공핍층은 순방향 전압에서 좁아지고 역방향 전압에서 넓어진다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

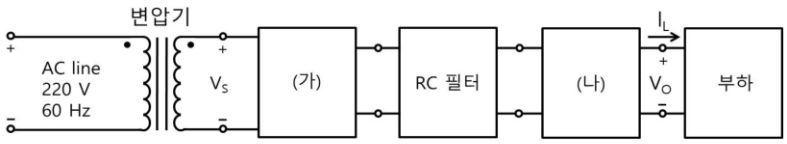
바이어스 방향을 먼저 구분한다. 순방향이면 장벽·공핍층은 감소하고 전류는 급증하며, 역방향이면 장벽·공핍층은 증가하고 항복 전 전류는 거의 흐르지 않는다고 판단한다.

암기 포인트

순방향은 공핍층 감소·전류 증가, 역방향은 공핍층 증가·전류 억제, 온도 상승은 동일 전류에서 다이오드 전압 감소, 쇼트키는 낮은 문턱전압이다.

NoteBase

16. 다음은 직류전원 공급체계를 나타낸 흐름도이다. (가)와 (나)에 들어갈 회로로 옳은 것은?



① 정류기, 레귤레이터
② 발진기, 정류기
③ 발진기, 인버터
④ 정류기, 발진기
⑤ 인버터, 레귤레이터

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 직류전원 공급체계의 신호 흐름을 보고 각 블록의 기능을 식별하는 문제이다. 변압기에서 나온 교류는 정류기에서 맥류 직류로 바뀌고, RC 필터에서 평활된 뒤 레귤레이터에서 안정된 직류 출력이 된다.

선지별 해설

① O — (가)는 변압기 2차측의 교류를 한 방향의 맥류 직류로 바꾸는 정류기이고, (나)는 필터 뒤의 전압을 일정하게 유지하는 레귤레이터이다.
② X — (가)는 주기 신호를 스스로 만드는 발진기가 아니라 교류를 직류로 변환하는 정류기이다. 또한 (나)는 정류기가 아니라 레귤레이터이다. '발진기, 정류기'는 '정류기, 레귤레이터'로 고쳐야 한다.
③ X — 발진기는 주기 신호를 발생시키고 인버터는 직류를 교류로 변환하므로 이 전원 흐름의 (가), (나)에 해당하지 않는다. '발진기, 인버터'는 '정류기, 레귤레이터'로 고쳐야 한다.
④ X — (가)를 정류기로 본 것은 맞지만, (나)는 주기 신호를 만드는 발진기가 아니라 출력 직류전압을 안정화하는 레귤레이터이다. '정류기, 발진기'는 '정류기, 레귤레이터'로 고쳐야 한다.
⑤ X — (나)를 레귤레이터로 본 것은 맞지만, (가)는 직류를 교류로 바꾸는 인버터가 아니라 교류를 직류로 바꾸는 정류기이다. '인버터, 레귤레이터'는 '정류기, 레귤레이터'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

정류기와 인버터의 변환 방향을 반대로 기억하거나, 레귤레이터를 새로운 신호를 만드는 발진기와 혼동하기 쉽다. 이 도식에서는 RC 필터 앞의 (가)가 교류를 직류로 바꾸고, 필터 뒤의 (나)가 출력전압을 안정화한다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

전원 블록의 순서를 변압기 → 정류기 → 평활 필터 → 레귤레이터 → 부하로 확인한다. 필터 앞에서는 교류의 정류가, 필터 뒤에서는 직류전압의 안정화가 이루어진다.

암기 포인트

교류→직류는 정류기, 직류→교류는 인버터, 출력전압 안정화는 레귤레이터이다.

NoteBase

17. 다음과 같이 주어진 진리표로부터 출력 X를 옳게 표현한 것은?

입력			출력
A	B	C	X
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

① $A\overline{B}+C$

② $A\overline{C}+\overline{B}$

③ $\overline{A}B+\overline{C}$

④ $A\overline{B}+\overline{C}$

⑤ $B\overline{C}+A$

정답 4번

출제 포인트

진리표에서 출력이 1인 행을 묶어 논리식을 최소화하는 문제이다. $C=0$인 네 행에서는 항상 $X=1$이고, 여기에 $(A,B,C)=(1,0,1)$인 행이 추가된다.

선지별 해설

① X — $\overline{AB}+C$는 $(A,B,C)=(0,0,1)$에서 1이지만 진리표의 X는 0이다. 틀린 식이며, 올바른 식은 $X=A\overline{B}+\overline{C}$이다.

② X — $A\overline{C}+\overline{B}$는 $(A,B,C)=(0,1,0)$에서 0이지만 진리표의 X는 1이다. 틀린 식이며, 올바른 식은 $X=A\overline{B}+\overline{C}$이다.

③ X — $\overline{A}B+\overline{C}$는 $(A,B,C)=(0,1,1)$에서 1이지만 진리표의 X는 0이다. 틀린 식이며, 올바른 식은 $X=A\overline{B}+\overline{C}$이다.

④ O — $A\overline{B}+\overline{C}$에서 $\overline{C}$는 $C=0$인 네 행을 모두 포함하고, $A\overline{B}$는 남은 출력 1인 행 $(1,0,1)$을 포함한다. 진리표와 정확히 일치한다.

⑤ X — $B\overline{C}+A$는 $(A,B,C)=(0,0,0)$에서 0이지만 진리표의 X는 1이며, $(1,1,1)$에서는 1이지만 진리표의 X는 0이다. 틀린 식이며, 올바른 식은 $X=A\overline{B}+\overline{C}$이다.

NoteBase

오답 포인트

$C = 0$인 모든 행의 출력이 1이라는 사실을 놓치면 $\overline{C}$ 항을 찾기 어렵다. 또한 $C = 1$인 행 중에서는 오직 $(A, B) = (1, 0)$일 때만 출력이 1이므로, 추가 항의 변수와 보수를 뒤바꾸지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

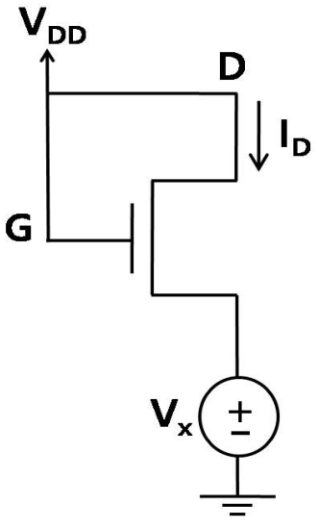
먼저 한 변수의 값이 고정될 때 출력이 일정한지 확인한다. 이 진리표에서는 $C = 0$인 네 행을 $\overline{C}$로 묶고, 남은 출력 1인 행을 이미 묶인 인접 행 $(1, 0, 0)$과 묶어 $A\overline{B}$를 얻는다. 따라서 $X = \overline{C} + A\overline{B}$이다.

암기 포인트

진리표의 1을 가장 큰 묶음부터 정리하면 $C = 0 \Rightarrow \overline{C}$, $A = 1, B = 0 \Rightarrow A\overline{B}$가 된다.

NoteBase

18. 다음 NMOSFET 회로의 V_x=0.4[V]일 때 I_D의 값[mA]은? (단, $\mu_n C_{OX} W/L$=1[mA/V^2], 문턱전압 V_T=0.4[V], V_{DD}=1.8[V], MOSFET의 소스(source)와 기판(substrate)은 연결됨. μ_n: 전자의 이동도, C_{OX}: 게이트산화막의 정전용량, W: MOSFET의 채널폭, L: MOSFET의 채널길이)



① 0.5
② 0.7
③ 1
④ 1.4
⑤ 2

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 NMOSFET의 단자 전압으로 동작 영역을 판별한 뒤 포화영역 드레인 전류를 구하는 문제이다.

조건 정리

게이트와 드레인은 $V_{DD} = 1.8V$에, 소스는 $V_x = 0.4V$에 연결되어 있다. 따라서 $V_{GS} = 1.8 - 0.4 = 1.4V$, $V_{DS} = 1.8 - 0.4 = 1.4V$이다. 문턱전압은 $V_T = 0.4V$이고, 소스와 기판이 연결되어 있으므로 몸체 효과에 따른 문턱전압 변화는 없다. 구해야 할 값은 드레인 전류 I_D이다.

사용할 공식

과구동전압은 $V_{OV} = V_{GS} - V_T$이다. 포화영역 조건은 $V_{DS} \geq V_{OV}$이고, 이 조건에서 드레인 전류는 다음과 같다.
$I_D = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}\frac{W}{L}(V_{GS} - V_T)^2$
이 회로에서는 $V_{OV} = 1.0V$이고 $V_{DS} = 1.4V$이므로 포화영역 조건을 만족하여 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. $V_{GS} = V_G - V_S = 1.8 - 0.4 = 1.4V$이다.
2. $V_{OV} = V_{GS} - V_T = 1.4 - 0.4 = 1.0V$이다.
3. $V_{DS} = 1.4V \geq V_{OV} = 1.0V$이므로 NMOSFET은 포화영역에서 동작한다.
4. 주어진 $\mu_n C_{ox} W/L = 1mA/V^2$을 대입하면 다음과 같다.

$I_D = \frac{1}{2}(1mA/V^2)(1.0V)^2 = 0.5mA$

선지 판단

① O — 포화영역 전류를 계산하면 $I_D = 0.5mA$이므로 맞다.
② X — $0.7mA$는 계산 결과와 다르다. 올바른 값은 $0.5mA$이다.
③ X — $1mA$는 포화영역 전류식의 계수 1/2를 누락하면 나오는 값이다. 올바른 값은 $0.5mA$이다.
④ X — 1.4는 V_{GS}와 V_{DS}의 수치이며 단위도 V이므로 드레인 전류 $1.4mA$가 아니다. 올바른 전류는 $0.5mA$이다.
⑤ X — $2mA$는 주어진 포화영역 전류식에 단자 전압을 대입한 결과가 아니다. 올바른 값은 $0.5mA$이다.
계산 결과가 $0.5mA$이므로 정답은 1번이다.

오답 포인트

소스 전압이 접지가 아니라 $0.4V$이므로 V_{GS}를 단순히 V_{DD}로 두면 안 된다. 또한 V_{DS}와 $V_{GS} - V_T$를 비교해 포화영역 여부를 먼저 확인하고, 포화영역 전류식의 계수 1/2를 빠뜨리지 않아야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

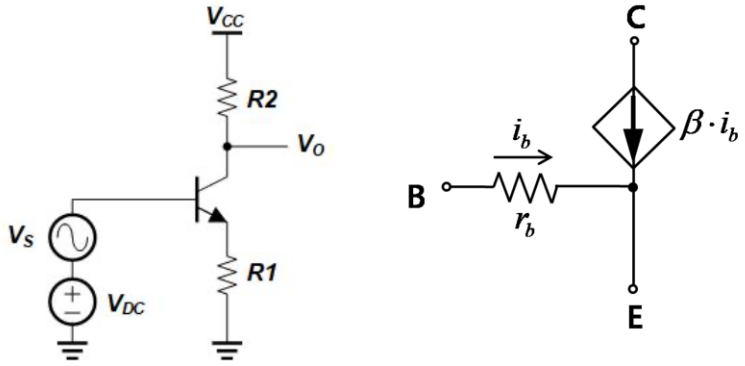
각 단자의 절대전압에서 V_{GS}와 V_{DS}를 구한 다음, $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$인지 확인하여 동작 영역을 정하고 해당 영역의 전류식에 대입한다.

암기 포인트

NMOSFET의 포화영역 조건은 $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$, 전류는 $I_D = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)(V_{GS} - V_T)^2$이다.

NoteBase

19. 다음 트랜지스터 회로(A)에서 소신호 증폭률(Vo/Vs)의 근삿값은? (단, 트랜지스터의 소신호 등가회로는 (B)와 같으며, r_b = 2.5[kΩ], β = 99, R1 = 100[Ω], R2 = 625[Ω]이다)



(A) (B)

① -1
② -2
③ -3
④ -4
⑤ -5

정답 5번

출제 포인트

트랜지스터 소신호 등가회로에서 이미터 저항의 부귀환을 반영하여 전압 증폭률 V_o/V_s를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $r_b = 2.5k\Omega, \beta = 99, R_1 = 100\Omega, R_2 = 625\Omega$이다.
구해야 할 값: 소신호 전압 증폭률 V_o/V_s의 근삿값이다.
주의할 조건: 소신호 해석에서 직류 전원 V_{CC}와 V_{DC}는 교류 접지가 되며, 공통이미터 회로이므로 출력은 입력과 반대 위상이다.

NoteBase

사용할 공식

이미터 전류는 $i_e = (\beta + 1) i_b$이므로

$V_s = i_b r_b + (\beta + 1) i_b R_1$

이다. 또한 컬렉터 출력은

$V_o = -\beta i_b R_2$

이므로 전압 증폭률은

$\frac{V_o}{V_s} = -\frac{\beta R_2}{r_b + (\beta + 1) R_1}$

이다. 이미터 저항 R_1에 흐르는 전류가 베이스 전류가 아니라 $i_e = (\beta + 1) i_b$이기 때문에 분모에 $(\beta + 1) R_1$을 포함한다.

계산 과정

1. $\beta + 1 = 100$이므로 $(\beta + 1) R_1 = 100 \times 100\Omega = 10 k\Omega$이다.
2. 분모는 $r_b + (\beta + 1) R_1 = 2.5 k\Omega + 10 k\Omega = 12.5 k\Omega$이다.
3. 따라서

$\frac{V_o}{V_s} = -\frac{99 \times 625}{12500} = -4.95$

이다. 문제는 근삿값을 묻고 있으므로 $V_o / V_s \approx -5$이다.

선지 판단

① X — -1은 계산값 -4.95와 일치하지 않는다. 올바르게는 전압 증폭률의 근삿값이 -5이다.

② X — -2는 계산값 -4.95와 일치하지 않는다. 올바르게는 전압 증폭률의 근삿값이 -5이다.

③ X — -3은 계산값 -4.95와 일치하지 않는다. 올바르게는 전압 증폭률의 근삿값이 -5이다.

④ X — -4는 계산값 -4.95를 지나치게 거칠게 처리한 값이다. 올바르게 반올림하면 -5이다.

⑤ O — 정확한 계산값은 -4.95이고 그 근삿값은 -5이므로 일치한다.

오답 포인트

이미터 저항 R_1에 베이스 전류 i_b가 흐른다고 두면 안 된다. R_1에는 $i_e = (\beta + 1) i_b$가 흐른다. 또한 공통이미터 회로의 출력은 입력과 위상이 반대이므로 증폭률 앞의 음의 부호를 빠뜨리면 안 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 이미터 전류를 $i_e = (\beta + 1) i_b$로 놓아 입력 전압식을 세우고, 컬렉터에서는 $V_o = -\beta i_b R_C$를 적용한다. 두 식에서 i_b를 소거하면 이미터 저항이 있는 공통이미터 증폭기의 전압 증폭률을 바로 구할 수 있다.

암기 포인트

이미터 저항이 있는 공통이미터 회로는 $A_v = -\beta R_C / [r_b + (\beta + 1) R_E]$이다. 음의 부호는 위상 반전, $(\beta + 1) R_E$는 이미터 부귀환을 뜻한다.

NoteBase

20. 디지털 회로에 대한 설명으로 옳은 것은?

① XNOR 게이트를 집합으로 표시하면 교집합이다.
② 전가산기는 두 개의 입력이 더해지는 값이다.
③ S-R 플립플롭 회로에서 S와 R 입력 신호가 1이면 이전 출력 상태를 유지한다.
④ 래치는 클록 입력 신호가 변경될 때 출력의 상태가 바뀐다.
⑤ 입력이 두 개인 XOR 게이트는 입력이 다르면 진리값이 참이다.

정답 5번

출제 포인트

XNOR·XOR 게이트, 전가산기, S-R 플립플롭, 래치의 동작 원리를 구별하는 문제이다.

핵심 개념

XOR 게이트는 두 입력이 서로 다를 때만 1을 출력하고, XNOR 게이트는 두 입력이 서로 같을 때 1을 출력한다. 전가산기는 두 입력 비트와 이전 자리에서 넘어온 캐리 입력까지 세 비트를 더한다. 일반적인 활성 High S-R 회로는 $S = R = 0$일 때 이전 상태를 유지하고, 래치는 클록 또는 인에이블의 유효 레벨 동안 입력에 반응하는 레벨 동작 회로이다.

선지별 해설

① X — 틀린 표현은 'XNOR 게이트를 집합으로 표시하면 교집합'이다. XNOR는 단순한 교집합이 아니라 두 입력이 같은 경우, 즉 둘 다 0이거나 둘 다 1인 경우에 1을 출력하는 동치 논리이다. 논리식은 $AB + \overline{A}\overline{B}$이다.
② X — 틀린 표현은 '전가산기는 두 개의 입력이 더해지는 값'이다. 두 입력 비트만 더하는 회로는 반가산기이고, 전가산기는 두 입력 비트와 캐리 입력 C_{in}까지 총 세 입력을 더한다.
③ X — 틀린 표현은 'S와 R 입력 신호가 1이면 이전 출력 상태를 유지한다'이다. 일반적인 활성 High S-R 회로에서는 $S = R = 0$일 때 이전 상태를 유지하며, $S = R = 1$은 금지 또는 불능 상태이다.
④ X — 틀린 표현은 '래치는 클록 입력 신호가 변경될 때 출력 상태가 바뀐다'이다. 래치는 클록 또는 인에이블이 유효한 레벨인 동안 입력 변화에 따라 출력이 바뀌며, 입력 신호의 특정 에지에서만 상태가 바뀌는 것은 에지 트리거 플립플롭의 특징이다.
⑤ O — 2입력 XOR 게이트는 두 입력이 서로 다를 때 논리값 1을 출력하므로 옳다.

오답 포인트

③에서 S-R 회로의 유지 조건을 1, 1로 착각하거나, ④에서 레벨에 반응하는 래치와 에지에 반응하는 플립플롭을 혼동하기 쉽다. 또한 전가산기의 '두 피가산 비트'만 보고 캐리 입력을 빠뜨리면 ②를 옳다고 판단하게 된다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

게이트는 입력 조합에 따른 출력값을 확인하고, 가산기는 캐리 입력의 유무를 확인한다. 순차회로는 유지 입력 조건과 레벨 동작인지 에지 동작인지를 구분한다.

암기 포인트

XOR는 다르면 1, XNOR는 같으면 1이다. 반가산기는 2입력, 전가산기는 캐리를 포함한 3입력이다. 래치는 레벨, 플립플롭은 에지에 반응한다.

NoteBase