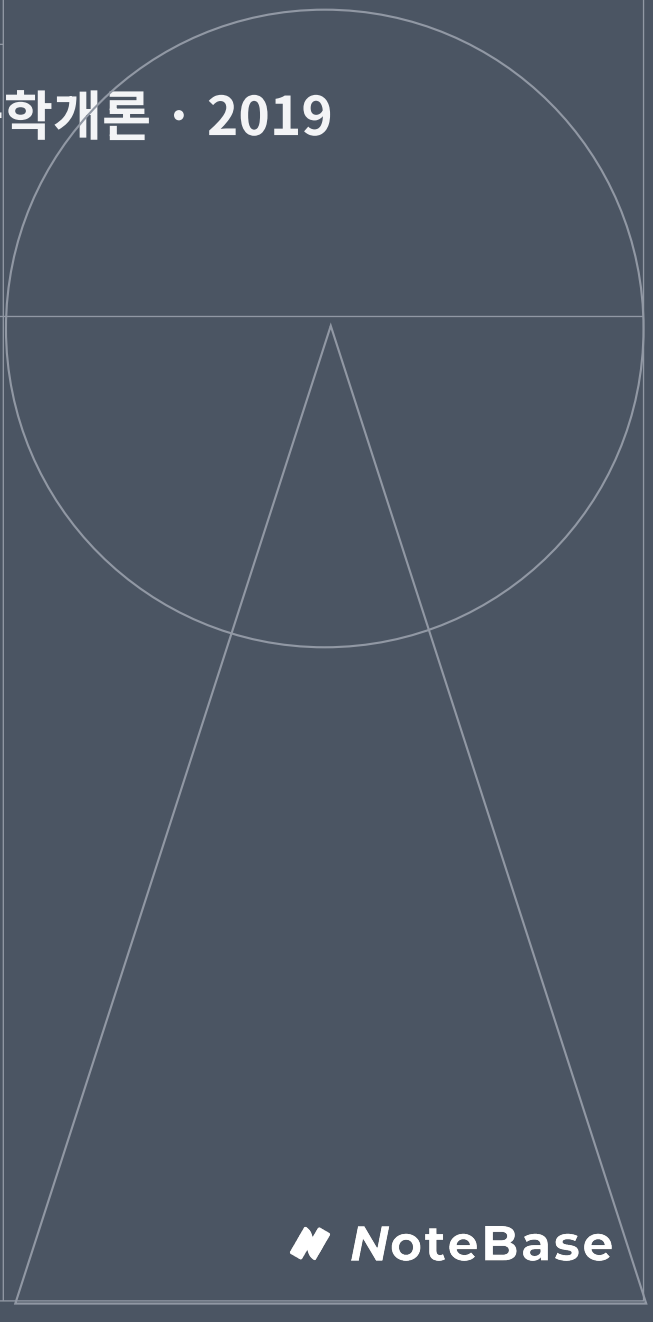
기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2019



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2019

공무원/국회직/9급 · 전자공학개론 · 2019

1. 다음 카르노 맵(Karnaugh map)으로 표현된 2진신호에 대한 논리식을 최소화한 것은?

C \ AB	00	01	11	10
0	1	0	1	1
1	1	0	0	1

① $\overline{B}+A\overline{C}$

② $A\overline{B}+\overline{A}\overline{B}+A\overline{C}$

③ $\overline{B}+\overline{AC}$

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

⑤ $B+A\overline{C}$

정답 1번

출제 포인트

카르노 맵에서 인접한 1을 가능한 한 큰 묶음으로 만들고, 묶음 안에서 변하지 않는 변수만 남겨 최소 논리식을 구하는 문제이다.

조건 정리

열은 그레이 코드 순서인 $AB = 00, 01, 11, 10$, 행은 $C = 0, 1$이다. $AB = 00$과 $AB = 10$인 두 열에는 모두 1이 있고, $AB = 11$, $C = 0$에도 1이 있다. 첫 열과 마지막 열은 카르노 맵에서 서로 인접한다.

사용할 공식

인접한 2^n개의 1을 묶으면 그 묶음에서 값이 변하는 변수는 소거되고, 값이 일정한 변수만 곱항에 남는다. 각 묶음에서 얻은 곱항은 논리합으로 결합한다.

NoteBase

계산 과정

1. $AB = 00$과 $AB = 10$의 네 칸을 하나로 묶는다. 이 묶음에서는 A와 C가 변하고 $B = 0$만 일정하므로 $\overline{B}$가 남는다.
2. 아직 포함되지 않은 $AB = 11, C = 0$의 1을 같은 행의 $AB = 10, C = 0$과 묶는다. 이 묶음에서는 B가 변하고 $A = 1, C = 0$이 일정하므로 $A\overline{C}$가 남는다.
3. 두 항을 논리합하면 최소식은 $F = \overline{B} + A\overline{C}$이다.

선지 판단

① O — $\overline{B} + A\overline{C}$는 네 칸 묶음과 두 칸 묶음에서 각각 얻은 항을 합한 최소식이다.
② X — $A\overline{B} + \overline{AB} + A\overline{C}$는 앞의 두 항을 $\overline{B}(A + \overline{A}) = \overline{B}$로 줄일 수 있으므로 최소화되지 않았다. 올바르게 최소화하면 $\overline{B} + A\overline{C}$이다.
③ X — $\overline{AC}$는 $A\overline{C}$와 다르며, 예를 들어 $A = 0, B = 1, C = 0$인 맵의 0까지 1로 만든다. $\overline{AC}$를 $A\overline{C}$로 고쳐 $\overline{B} + A\overline{C}$로 써야 한다.
④ X — $\overline{AB}$와 $\overline{AB}$를 포함하면 $A = 0, B = 1$인 0의 칸을 1로 만들고, $A = 1, B = 0, C = 1$인 1의 칸은 나타내지 못한다. 올바른 식은 $\overline{B} + A\overline{C}$이다.
⑤ X — B를 사용하면 $B = 1$인 열을 1로 만들지만, 실제 네 칸 묶음에서 일정한 값은 $B = 0$이므로 항은 $\overline{B}$이다. $B + A\overline{C}$를 $\overline{B} + A\overline{C}$로 고쳐야 한다.

오답 포인트

첫 열 00과 마지막 열 10이 인접한다는 점을 놓치면 네 칸 묶음 대신 작은 묶음을 만들어 ②처럼 최소화되지 않은 식을 고르기 쉽다. 또한 $A\overline{C}$와 $\overline{AC}$, B와 $\overline{B}$를 구별해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

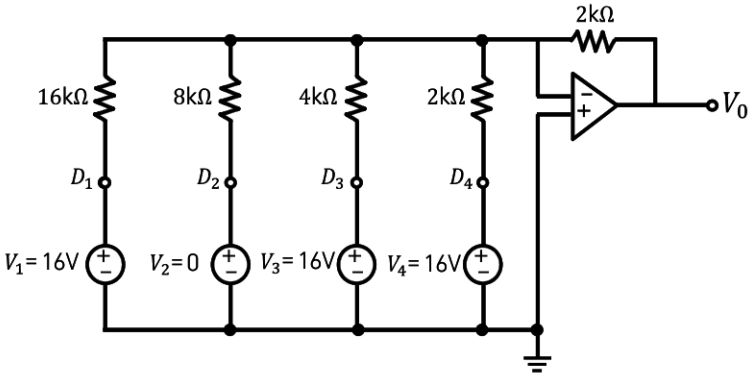
카르노 맵에서는 가장자리의 인접성까지 확인해 1을 8칸, 4칸, 2칸 순으로 최대한 크게 묶는다. 각 묶음에서 값이 변하는 변수는 지우고, 1로 고정된 변수는 그대로, 0으로 고정된 변수는 보수로 남긴다.

암기 포인트

큰 묶음일수록 변수가 더 많이 소거된다. 고정값 1은 원변수, 고정값 0은 보수변수로 쓴다.

NoteBase

2. 다음 연산증폭기를 이용하여 구현한 4bit 디지털-아날로그 변환기(DAC)의 디지털 입력$(D_1D_2D_3D_4 = 1011)$이 주어질 때 출력전압 V_o의 값[V]은?



① -8
② -16
③ -24
④ -26
⑤ -28

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 반전 가산기에서 각 입력전압이 만드는 전류를 합산하여 출력전압 V_o를 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: $R_f = 2k\Omega$, $V_1 = 16V$, $V_2 = 0V$, $V_3 = 16V$, $V_4 = 16V$이며, 각 입력저항은 차례로 $16k\Omega$, $8k\Omega$, $4k\Omega$, $2k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 비반전 입력이 접지된 이상적인 연산증폭기의 반전 입력은 가상접지이므로 전위가 $0V$이고, 반전 가산기이므로 출력에는 음의 부호가 붙는다.

사용할 공식

반전 가산기의 출력은 다음과 같다.
$V_o = -R_f\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \frac{V_4}{R_4}\right)$
각 입력저항에 흐르는 전류가 반전 입력의 합점에서 더해져 피드백 저항 R_f으로 흐르므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 각 입력전류를 구하면 $I_1 = 16V/(16k\Omega) = 1mA$, $I_2 = 0mA$, $I_3 = 16V/(4k\Omega) = 4mA$, $I_4 = 16V/(2k\Omega) = 8mA$이다.
2. 합점으로 들어오는 총전류는 $1 + 0 + 4 + 8 = 13mA$이다.
3. 따라서 출력전압은 다음과 같다.

$V_o = -(2k\Omega)(13mA) = -26V$

선지 판단

① X — $-8V$는 V_3의 기여분만 계산한 값이다. 모든 활성 입력을 합산한 올바른 값은 $-26V$이다.
② X — $-16V$는 V_4의 기여분만 계산한 값이다. V_1과 V_3의 기여분까지 더하면 올바른 값은 $-26V$이다.
③ X — $-24V$는 V_1의 $-2V$ 기여분을 누락하고 V_3과 V_4만 합산한 값이다. 올바르게는 $-26V$이다.
④ O — 네 입력전류의 합 $13mA$에 $R_f = 2k\Omega$를 곱하고 반전 부호를 적용하면 $-26V$가 된다.
⑤ X — $-28V$는 가중 전류의 합을 잘못 계산한 값이다. 전류의 합은 $14mA$가 아니라 $13mA$이므로 올바르게는 $-26V$이다.

계산 결과 $-26V$이므로 정답은 4번이다.

오답 포인트

입력전압을 단순히 더하는 것이 아니라 각 입력전압을 해당 입력저항으로 나눈 전류를 더해야 한다. 특히 $D_2 = 0$인 가지의 기여분은 0이며, D_1의 작은 기여분 $-2V$도 빠뜨리지 않아야 한다. 또한 반전 입력을 사용하므로 최종 결과에 음의 부호가 붙는다.

다시 나오면 이렇게 판단

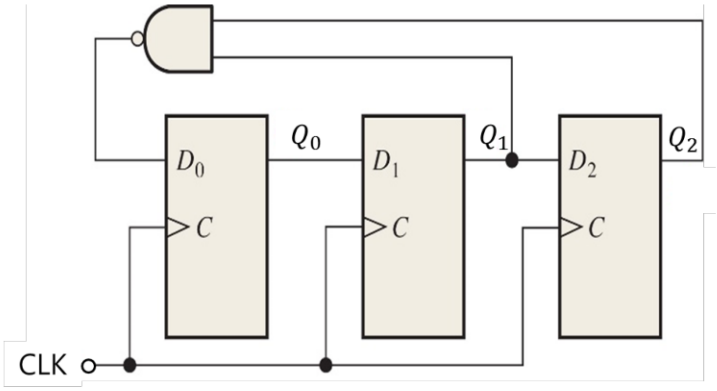
반전 가산기에서는 먼저 각 가지에 대해 V_i/R_i를 계산하고, 그 전류들을 모두 더한 뒤 $-R_f$를 곱한다. 마지막으로 저항과 전류의 단위를 맞추고 반전 부호를 검산한다.

암기 포인트

반전 가산기의 핵심은 $V_o = -R_f\sum(V_i/R_i)$이다. 입력저항이 작을수록 해당 입력의 출력 기여가 커진다.

NoteBase

3. 다음 D플립플롭으로 구성된 카운터는 $(Q_2Q_1Q_0 = 000)$으로 초기화되어 있다. $Q_2Q_1Q_0$의 동작 순서는?



① $000 \rightarrow 001 \rightarrow 111 \rightarrow 011 \rightarrow 110 \rightarrow 100 \rightarrow 001$
② $000 \rightarrow 001 \rightarrow 011 \rightarrow 110 \rightarrow 111 \rightarrow 100 \rightarrow 001$
③ $000 \rightarrow 001 \rightarrow 011 \rightarrow 111 \rightarrow 100 \rightarrow 110 \rightarrow 001$
④ $000 \rightarrow 001 \rightarrow 011 \rightarrow 111 \rightarrow 110 \rightarrow 100 \rightarrow 000$
⑤ $000 \rightarrow 001 \rightarrow 011 \rightarrow 111 \rightarrow 110 \rightarrow 100 \rightarrow 001$

정답 5번

출제 포인트

D 플립플롭은 클록의 유효 에지에서 입력 D를 다음 출력으로 저장한다. 따라서 회로의 배선으로 다음 상태식을 세우고, 현재 상태 $Q_2Q_1Q_0$에 반복 적용하여 동작 순서를 구하는 문제이다.

조건 정리

초기 상태: $Q_2Q_1Q_0 = 000$
상태 표기 순서: Q_2, Q_1, Q_0
배선 관계: $D_2 = Q_1$, $D_1 = Q_0$이고, 왼쪽 게이트는 Q_2와 Q_1을 입력으로 받는 NAND 게이트이므로 $D_0 = \overline{Q_2Q_1}$이다.

사용할 공식

D 플립플롭의 특성식은 $Q^+ = D$이다. 따라서 이 회로의 다음 상태식은
$Q_2^+ = Q_1, \quad Q_1^+ = Q_0, \quad Q_0^+ = \overline{Q_2Q_1}$
이다. 각 플립플롭의 다음 출력이 해당 D 입력과 같으므로 이 식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

다음 상태식을 현재 상태에 차례로 대입한다.
1. 000 → 001: $Q_2^+ = 0, Q_1^+ = 0, Q_0^+ = 1$이다.
2. 001 → 011: $Q_2^+ = 0, Q_1^+ = 1, Q_0^+ = 1$이다.
3. 011 → 111: $Q_2^+ = 1, Q_1^+ = 1, Q_0^+ = 1$이다.
4. 111 → 110: NAND 출력만 0이 되어 다음 상태는 110이다.
5. 110 → 100: $Q_2^+ = 1, Q_1^+ = 0, Q_0^+ = 0$이다.
6. 100 → 001: $Q_2^+ = 0, Q_1^+ = 0, Q_0^+ = 1$이다.

따라서 동작 순서는 000 → 001 → 011 → 111 → 110 → 100 → 001이다.

선지 판단

① X — 001의 다음 상태를 111로 적은 부분이 틀렸다. 001에서는 $Q_2^+ = Q_1 = 0$이므로 다음 상태는 011이다. 올바른 순서는 000 → 001 → 011 → 111 → 110 → 100 → 001이다.
② X — 011의 다음 상태를 110으로 적은 부분이 틀렸다. 011에서는 $Q_2^+ = 1, Q_1^+ = 1, Q_0^+ = 1$이므로 다음 상태는 111이다. 올바른 순서는 000 → 001 → 011 → 111 → 110 → 100 → 001이다.
③ X — 111의 다음 상태를 100으로 적은 부분이 틀렸다. 111에서는 $Q_2^+ = 1, Q_1^+ = 1, Q_0^+ = 0$이므로 다음 상태는 110이다. 올바른 순서는 000 → 001 → 011 → 111 → 110 → 100 → 001이다.
④ X — 100의 다음 상태를 000으로 적은 부분이 틀렸다. 100에서는 NAND 출력이 1이므로 다음 상태는 001이다. 올바른 순서는 000 → 001 → 011 → 111 → 110 → 100 → 001이다.
⑤ O — 모든 전이가 다음 상태식과 일치하며, 100 다음에 001로 돌아가 같은 순환을 반복한다.

오답 포인트

출력의 표기 순서는 $Q_2Q_1Q_0$이지만 신호는 $Q_0 \to D_1, Q_1 \to D_2$ 방향으로 이동한다. 또한 Q_0^+는 단순 반전값이 아니라 Q_2와 Q_1의 NAND 값이다. 이 두 관계를 한 비트 이동으로만 처리하거나 NAND의 반전 원을 빠뜨리면 ①~④와 같은 잘못된 전이가 나온다.

다시 나오면 이렇게 판단

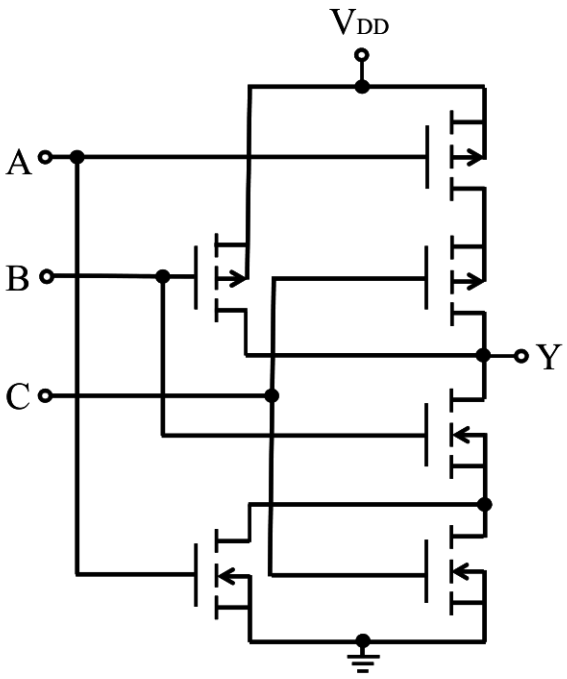
먼저 각 D 입력을 현재 출력의 식으로 적고, D 플립플롭의 $Q^+ = D$를 적용해 다음 상태식 세 개를 만든다. 그다음 현재 상태의 비트를 동시에 대입하여 한 클록씩 상태를 갱신한다.

암기 포인트

D 플립플롭은 $Q^+ = D$이고, 이 회로는 왼쪽으로 상태가 이동하면서 새 Q_0에 $\overline{Q_2Q_1}$이 들어간다.

NoteBase

4. 다음 CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 논리 게이트에 의해 구현되는 논리식은?



① $\overline{(A+C)}\,\overline{B}$

② $\overline{(A+C)B}$

③ $\overline{A}\,\overline{C}+B$

④ $\overline{AC}+\overline{B}$

⑤ $(\overline{A}+\overline{C})\overline{B}$

정답 2번

출제 포인트

CMOS 회로의 nMOS 풀다운망에서 직렬 연결은 AND, 병렬 연결은 OR 조건을 만들며, 출력 논리식은 풀다운 도통 조건의 보수가 된다. 그림에서는 B 제어 nMOS가 A와 C의 병렬 nMOS 묶음과 직렬로 연결되어 있으므로 풀다운 조건은 $B(A+C)$이다. 따라서 출력은 $Y=\overline{B(A+C)}=\bar{B}+\bar{A}\bar{C}$이다.

NoteBase

선지별 해설

① X — $\overline{(A+C)}\bar{B} = \bar{A}\bar{C}\bar{B}$는 두 조건을 AND로 묶어 출력이 1인 범위를 지나치게 좁힌 식이다. 올바르게는 $\overline{B(A+C)} = \bar{B} + \bar{A}\bar{C}$이다.
② O — $\overline{(A+C)B}$는 풀다운 도통 조건 $B(A+C)$의 보수이므로 회로의 출력 Y와 일치한다.
③ X — $AC + B$는 B의 극성을 반대로 쓴 식이다. 올바르게는 $AC + B$이다.
④ X — $\overline{AC} + \bar{B} = \bar{A} + \bar{C} + \bar{B}$는 A와 C를 AND한 뒤 보수한 식이어서 A·C 병렬망의 조건 $A + C$를 반영하지 못한다. 올바르게는 $\overline{B(A+C)} = \bar{B} + \bar{A}\bar{C}$이다.
⑤ X — $(\bar{A} + \bar{C})\bar{B}$는 B와 $A + C$를 AND로 묶은 식이다. 올바르게는 B와 AC를 OR로 묶은 $B + AC$이다.

오답 포인트

pMOS 풀업망부터 읽으면 입력의 반전과 직렬·병렬 관계가 함께 나타나 혼동하기 쉽다. 이 회로에서는 nMOS 풀다운망을 먼저 읽어 B와 $A + C$가 직렬이라는 점을 잡고, 마지막에 전체 도통 조건을 한 번만 보수해야 한다. 특히 ①과 ⑤처럼 B를 다른 항과 곱하거나, ③처럼 B의 극성을 바꾸는 식은 회로와 일치하지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

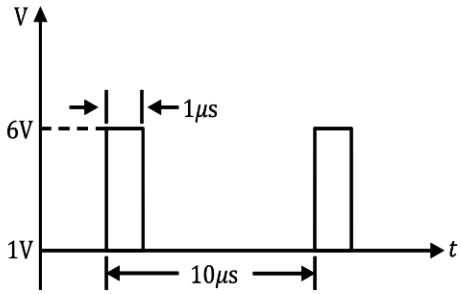
출력에서 접지까지의 nMOS 경로를 따라 직렬은 곱, 병렬은 합으로 도통 조건을 만든다. 그 조건 전체에 보수를 취해 출력식을 구한 뒤 드모르간 법칙으로 선지와 같은 형태로 변환한다.

암기 포인트

nMOS 풀다운망은 직렬=AND, 병렬=OR이고, CMOS 출력은 풀다운 조건의 전체 보수이다.

NoteBase

5. 다음 펄스파에 대한 펄스 반복주파수[kHz], 듀티 사이클[%], 평균값[V]은?



	펄스 반복주파수	듀티 사이클	평균값
①	100	90	0.5
②	100	10	0.5
③	100	10	1.5
④	1000	10	0.5
⑤	1000	90	1.5

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 펄스의 주기로 반복주파수를, 펄스 폭과 주기로 듀티 사이클을 구하고, 두 전압이 유지되는 시간 비율로 평균값을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 펄스 주기 $T = 10\mu s$, 펄스 폭 $t_{on} = 1\mu s$, 높은 전압 $V_H = 6V$, 낮은 전압 $V_L = 1V$이다.
구해야 할 값: 펄스 반복주파수, 듀티 사이클, 평균값이다.
주의할 조건: 파형은 펄스가 없을 때도 $0V$가 아니라 $1V$를 유지한다.

사용할 공식

반복주파수는 주기의 역수이므로 $f = 1/T$이다.
듀티 사이클은 한 주기 중 높은 전압이 유지되는 비율이므로 $D = t_{on}/T \times 100\%$이다.
평균값은 각 전압에 해당 시간 비율을 곱하여 더하므로 $V_{avg} = V_H D + V_L(1 - D)$이다.

계산 과정

1. $T = 10\mu s = 10 \times 10^{-6} s$이므로 $f = \frac{1}{10 \times 10^{-6}} = 100 \times 10^{3} Hz = 100 kHz$이다.
2. 듀티 사이클은 $D = \frac{1\mu s}{10\mu s} \times 100\% = 10\%$이다.
3. 한 주기의 10% 동안 $6V$, 나머지 90% 동안 $1V$이므로 $V_{avg} = 6 \times 0.1 + 1 \times 0.9 = 1.5V$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — 반복주파수 100kHz는 맞지만 듀티 사이클은 90%가 아니라 10%이고, 평균값은 0.5V가 아니라 1.5V이다. 90%는 낮은 전압이 유지되는 비율이며, 0.5V는 기준 전압 1V를 빼고 전압 차 5V의 펄스 성분만 평균한 값이다. 올바른 조합은 100kHz, 10%, 1.5V이다.
② X — 반복주파수 100kHz와 듀티 사이클 10%는 맞지만 평균값 0.5V가 틀리다. 낮은 구간의 기준 전압을 포함하면 평균값은 1.5V이다. 올바른 조합은 100kHz, 10%, 1.5V이다.
③ O — 반복주파수 100kHz, 듀티 사이클 10%, 평균값 1.5V가 계산 결과와 모두 일치한다.
④ X — 듀티 사이클 10%는 맞지만 10μs의 역수는 1000kHz가 아니라 100kHz이고, 평균값도 0.5V가 아니라 1.5V이다. 올바른 조합은 100kHz, 10%, 1.5V이다.
⑤ X — 평균값 1.5V는 맞지만 반복주파수는 1000kHz가 아니라 100kHz이고, 듀티 사이클은 90%가 아니라 10%이다. 올바른 조합은 100kHz, 10%, 1.5V이다.
계산 결과 세 값이 모두 일치하는 선지는 ③이다.

오답 포인트

듀티 사이클 10%와 낮은 전압 유지 비율 90%를 바꾸어 읽기 쉽다. 또한 평균값을 $(6-1)\times 0.1 = 0.5V$로 계산하면 기준 전압 1V를 누락한다. 반복주파수 계산에서는 μs를 $10^{-6}s$로 변환해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

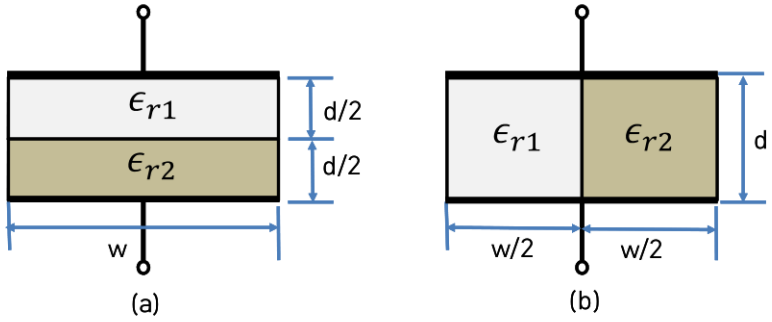
펄스 문제는 먼저 전체 주기와 펄스 폭을 구분한 뒤 $f = 1/T$, $D = t_{on}/T$를 적용하고, 평균값은 높은 구간과 낮은 구간의 전압을 각각 시간 비율로 가중하여 계산한다. 마지막에는 시간 단위를 초로 환산했는지와 낮은 구간의 전압을 빠뜨리지 않았는지 검산한다.

암기 포인트

주파수는 주기의 역수, 듀티는 펄스 폭을 주기로 나눈 값, 평균값은 $V_H D + V_L(1-D)$이다.

NoteBase

6. 다음 그림 (a)와 그림(b)는 각각 서로 다른 두 유전체로 이루어진 평판 커패시터의 단면이다. 두 경우 모두 한 변의 길이가 w인 정사각형 형태의 극판으로 구성되어 있다. 이 때 그림 (a)와 그림(b)의 두 커패시터의 정전용량 C_a와 C_b의 관계로 옳은 것은? (단, 비유전율 ϵ_{r1}과 ϵ_{r2}의 비는 1:3이다.)



① $C_a = \frac{3}{2}C_b$

② $C_a = C_b$

③ $C_a = \frac{3}{4}C_b$

④ $C_a = \frac{2}{3}C_b$

⑤ $C_a = \frac{1}{3}C_b$

정답 3번

출제 포인트

유전체가 전기장 방향으로 나뉘면 커패시터의 직렬 결합으로, 극판 면적 방향으로 나뉘면 병렬 결합으로 계산하는 문제이다.

조건 정리

전체 극판 면적은 $A = w^2$, 극판 간격은 d이다. 비유전율의 비가 $\varepsilon_{r1} : \varepsilon_{r2} = 1 : 3$이므로 $\varepsilon_{r2} = 3\varepsilon_{r1}$이다.
(a)는 각 유전체의 두께가 $d/2$이고 면적이 모두 A이므로 직렬 결합이다.
(b)는 각 유전체가 면적 $A/2$를 차지하고 두께가 모두 d이므로 병렬 결합이다.

NoteBase

사용할 공식

평판 커패시터의 정전용량은 $C = \varepsilon_0 \varepsilon_r A/d$이다.

직렬로 쌓인 유전체에서는

$C_a = \frac{\varepsilon_0 A}{\frac{d/2}{\varepsilon_{r1}} + \frac{d/2}{\varepsilon_{r2}}}$

를 사용한다. 각 유전체층에 걸리는 전압이 더해지기 때문이다.

병렬로 나뉜 유전체에서는

$C_b = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r1}(A/2)}{d} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_{r2}(A/2)}{d}$

를 사용한다. 두 영역의 극판 전압이 같고 각 영역의 정전용량이 더해지기 때문이다.

계산 과정

$C_0 = \varepsilon_0 \varepsilon_{r1} A/d$로 두면, $\varepsilon_{r2} = 3\varepsilon_{r1}$이므로

$C_a = \frac{2\varepsilon_0 A}{d} \frac{\varepsilon_{r1}\varepsilon_{r2}}{\varepsilon_{r1} + \varepsilon_{r2}} = \frac{2\varepsilon_0 A}{d} \frac{3\varepsilon_{r1}}{4} = \frac{3}{2} C_0$

이다. 또한

$C_b = \frac{\varepsilon_0 A}{2d}(\varepsilon_{r1} + \varepsilon_{r2}) = \frac{\varepsilon_0 A}{2d}(4\varepsilon_{r1}) = 2C_0$

이다. 따라서

$\frac{C_a}{C_b} = \frac{(3/2)C_0}{2C_0} = \frac{3}{4}$

이므로 $C_a = \frac{3}{4} C_b$이다.

선지 판단

① X — $C_a = \frac{3}{2} C_b$는 틀리다. $\frac{3}{2}$는 $C_a = \frac{3}{2} C_0$에서 얻은 계수이며 C_b에 대한 비가 아니다. 올바르게는 $C_a = \frac{3}{4} C_b$이다.

② X — $C_a = C_b$는 직렬 배치와 병렬 배치의 차이를 무시한 식이다. 실제로 $C_a = \frac{3}{2} C_0$, $C_b = 2C_0$이므로 올바르게는 $C_a = \frac{3}{4} C_b$이다.

③ O — 계산 결과 $C_a/C_b = 3/4$이므로 $C_a = \frac{3}{4} C_b$가 맞다.

④ X — $C_a = \frac{2}{3} C_b$는 계산값 $C_a/C_b = 3/4$와 다르다. 올바르게는 $C_a = \frac{3}{4} C_b$이다.

⑤ X — $C_a = \frac{1}{3} C_b$는 비유전율의 비 1 : 3을 정전용량의 비로 그대로 적용한 식이다. 배치에 따른 직렬·병렬 등가용량을 계산해야 하며, 올바르게는 $C_a = \frac{3}{4} C_b$이다.

오답 포인트

핵심 함정은 두 유전체의 배치 방향이다. (a)의 경계면은 극판과 평행하므로 전기장 방향으로 두 커패시터가 직렬 연결되고, (b)의 경계면은 극판에 수직이므로 면적이 절반씩인 두 커패시터가 병렬 연결된다. 또한 $C_a = \frac{3}{2} C_0$의 계수를 곧바로 C_b에 대한 비로 착각하면 ①을 고르게 된다.

다시 나오면 이렇게 판단

유전체 경계면이 극판과 평행하면 두께를 나누어 직렬 등가용량을 구하고, 경계면이 극판에 수직이면 면적을 나누어 병렬 등가용량을 구한다. 마지막에는 두 등가용량을 같은 기준용량으로 나타낸 뒤 비를 계산한다.

NoteBase

암기 포인트

두께 분할은 직렬, 면적 분할은 병렬이다.

NoteBase

7. 다음 중 옴의 법칙(Ohm's law)의 관계식은?
($\vec{E}$: 전기장의 세기, V: 전위차, $\vec{J}$: 전류밀도, $\vec{D}$: 전속밀도, $\vec{F}$: 힘, $\vec{B}$: 자속밀도, $\vec{H}$: 자기장의 세기)

① $\vec{E} = -\nabla V$
② $\vec{J} = \sigma\vec{E}$
③ $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$
④ $\vec{F} = q\vec{E}$
⑤ $\vec{B} = \mu\vec{H}$

정답 2번

출제 포인트

전류밀도와 전기장의 관계로 나타낸 미시적 옴의 법칙을 다른 전자기학 기본 관계식과 구별하는 문제이다.

조건 정리

주어진 기호 중 옴의 법칙에 직접 필요한 양은 전류밀도 $\vec{J}$, 전기장의 세기 $\vec{E}$, 전도도 σ이다. 선형·등방성 도체에서 전류밀도는 전기장에 비례한다.

사용할 공식

미시적 옴의 법칙은 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$이다. 전기장이 자유전하의 이동을 일으키며, 전도도 σ가 클수록 같은 전기장에서 더 큰 전류밀도가 생기기 때문에 이 관계식을 사용한다.

계산 과정

1. 문제에서 요구한 법칙이 옴의 법칙임을 확인한다.
2. 옴의 법칙의 장 형태는 전류밀도와 전기장을 전도도로 연결한다.
3. 따라서 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$와 일치하는 ②를 고른다. 수치 계산은 필요하지 않다.

NoteBase

선지 판단

① X — $\vec{E} = -\nabla V$는 전기장이 전위가 감소하는 방향의 전위 기울기라는 관계식이다. '옴의 법칙'으로 제시한 점이 틀렸으며, 올바른 옴의 법칙은 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$이다.
② O — $\vec{J} = \sigma\vec{E}$는 전류밀도가 전도도와 전기장의 곱이라는 미시적 옴의 법칙이다.
③ X — $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$는 전속밀도의 발산과 전하밀도를 연결하는 가우스 법칙의 미분형이다. '옴의 법칙'으로 제시한 점이 틀렸으며, 올바른 옴의 법칙은 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$이다.
④ X — $\vec{F} = q\vec{E}$는 전기장 속 전하가 받는 전기력의 관계식이다. '옴의 법칙'으로 제시한 점이 틀렸으며, 올바른 옴의 법칙은 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$이다.
⑤ X — $\vec{B} = \mu\vec{H}$는 선형·등방성 매질에서 자속밀도와 자기장의 세기를 투자율로 연결하는 구성 관계식이다. '옴의 법칙'으로 제시한 점이 틀렸으며, 올바른 옴의 법칙은 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$이다.

오답 포인트

①, ③, ④, ⑤도 각각 물리적으로 쓰이는 관계식이어서 식의 모양만 익히면 혼동하기 쉽다. 옴의 법칙이라는 말에서 전류밀도 $\vec{J}$, 전기장 $\vec{E}$, 전도도 σ의 세 기호를 함께 찾는 것이 핵심이다.

다시 나오면 이렇게 판단

법칙의 이름을 먼저 확인하고 그 법칙이 연결하는 물리량을 짝지어 판단한다. 옴의 법칙의 장 형태는 '전류밀도 = 전도도 × 전기장'이므로 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$를 선택한다.

암기 포인트

거시적 옴의 법칙은 $V = IR$, 미시적 옴의 법칙은 $\vec{J} = \sigma\vec{E}$이다.

NoteBase

8. 실리콘 반도체를 섭씨 200도가 넘는 고온에서 사용할 수 없는 이유는?

① 온도 증가에 따라 격자산란이 심화되기 때문이다.
② 발열이 심해져 전류가 거의 흐르지 않기 때문이다.
③ 실리콘의 녹는점에 도달하기 때문이다.
④ 진성캐리어의 농도가 크게 증가하여 반도체 특성을 잃기 때문이다.
⑤ 주입된 불순물 이온들이 비활성화되기 때문이다.

정답 4번

출제 포인트

실리콘 반도체의 온도가 높아질 때 진성 캐리어 농도가 증가하여 불순물 반도체의 특성이 약해지는 원리를 묻는 문제이다.

핵심 개념

진성 캐리어는 열에너지로 생성되는 전자와 정공이다. 온도가 높아지면 전자·정공 쌍의 생성이 급격히 늘어 진성 캐리어 농도가 증가한다. 이 농도가 도핑으로 만든 캐리어 농도에 가까워지면 전도 특성을 불순물 농도로 제어하기 어려워지고, 누설전류도 커져 반도체 소자의 정상 동작이 곤란해진다.

선지별 해설

① X — 온도 상승으로 격자 진동과 격자 산란이 증가하여 이동도가 낮아질 수는 있지만, 실리콘 반도체를 200 ° C가 넘는 고온에서 사용할 수 없게 하는 핵심 원인은 아니다. '격자산란이 심화되기 때문'은 '진성 캐리어 농도가 급격히 증가하기 때문'으로 고쳐야 한다.
② X — 온도가 높아지면 열적으로 생성되는 전자와 정공이 늘어 전류가 거의 흐르지 않는 것이 아니라 누설전류가 증가한다. '전류가 거의 흐르지 않는다'는 '누설전류가 크게 증가한다'로 고쳐야 한다.
③ X — 200 ° C 부근은 실리콘의 녹는점에 도달한 온도가 아니다. '실리콘의 녹는점에 도달한다'는 '진성 캐리어 농도가 크게 증가한다'로 고쳐야 한다.
④ O — 고온에서는 열적으로 생성되는 전자와 정공이 급증하여 진성 캐리어 농도가 도핑에 따른 캐리어 농도보다 중요해진다. 그 결과 불순물로 정한 n형·p형 특성과 전도도 제어가 약해져 반도체 특성을 잃는다.
⑤ X — 주입된 불순물 이온이 비활성화되는 것이 핵심 원인이 아니다. '불순물 이온들이 비활성화된다'는 '열적으로 생성된 진성 캐리어가 급증하여 불순물 캐리어의 지배력이 약해진다'로 고쳐야 한다.

오답 포인트

①의 격자 산란 증가는 실제 고온 현상이어서 정답처럼 보이기 쉽다. 그러나 이 문제는 이동도 감소가 아니라 진성 캐리어 증가로 도핑 효과가 묻히는 고온 한계를 묻는다. 또한 ②는 고온에서 누설전류가 감소한다고 방향을 반대로 제시한 선지이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

반도체의 고온 동작 한계를 물으면 먼저 열에 의한 전자·정공 생성과 진성 캐리어 농도 증가를 확인한다. 진성 캐리어가 도핑 캐리어보다 우세해지면 n형·p형 구분과 전도도 제어가 약해지고 누설전류가 증가한다고 판단한다.

암기 포인트

고온 → 진성 캐리어 급증 → 도핑 효과 약화 → 누설전류 증가이다.

NoteBase

9. 반도체칩 생산에 반드시 사용되어야 하는 포토레지스트의 일반적인 특성과 맞지 않는 것은?

① 미세패턴을 형성하기 위해 사용하는 감광액이다.
② 빛에 대한 감응 특성에 따라 네거티브(negative)와 포지티브(positive) 포토레지스트로 분류될 수 있다.
③ 포토레지스트 기술은 반응에 수반하는 물성 변화, 특히 용해성의 변화를 이용한다.
④ 포토레지스트 재료는 광 및 전자선에 의해 화학 반응하는 고분자 화합물이다.
⑤ 반도체칩 내부에서 저항을 형성하는 주요 소재이다.

정답 5번

출제 포인트

포토레지스트의 역할, 빛에 대한 반응 방식, 재료적 성질을 구분하는 문제이다.

핵심 개념

포토레지스트는 빛이나 전자선에 노출되면 용해성이 달라지는 감광성 고분자 재료로, 노광·현상 과정을 통해 미세 패턴을 만든다.
네거티브 포토레지스트는 노광된 부분이 현상액에 잘 녹지 않아 남고, 포지티브 포토레지스트는 노광된 부분의 용해성이 커져 제거된다.
포토레지스트막은 후속 식각이나 이온 주입 등에서 선택된 부분을 보호하는 마스크 역할을 하지만, 반도체칩 내부의 전기적 저항을 형성하는 주요 소재는 아니다.

선지별 해설

① O — 포토레지스트는 노광과 현상을 거쳐 반도체 웨이퍼 위에 미세 패턴을 형성하는 데 사용하는 감광액이다.
② O — 노광된 부분이 남는 네거티브형과 노광된 부분이 제거되는 포지티브형으로 분류할 수 있다.
③ O — 빛에 따른 화학 반응으로 물성, 특히 현상액에 대한 용해성이 변하는 성질을 이용한다.
④ O — 포토레지스트는 빛이나 전자선에 반응하여 화학적 변화를 일으키는 감광성 고분자 화합물을 주성분으로 한다.
⑤ X — 틀린 표현은 '반도체칩 내부에서 저항을 형성하는 주요 소재'이다. 올바르게는 포토레지스트가 회로 패턴을 전사하고 후속 공정에서 특정 영역을 보호하는 임시 마스크 재료이다.

오답 포인트

'레지스트(resist)'라는 명칭을 전기저항의 '저항(resistance)'과 혼동하기 쉽다. 여기서 resist는 식각액이나 이온 주입 등에 견디며 표면을 보호하는 막이라는 뜻이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

포토레지스트 관련 선지는 '감광성 고분자 → 노광에 따른 용해성 변화 → 현상으로 패턴 형성 → 후속 공정의 마스크' 흐름에 맞는지 판단한다. 전기적 저항 소자 자체의 재료라고 하면 틀린 설명이다.

암기 포인트

포토레지스트는 전기저항 재료가 아니라 빛으로 회로 모양을 만드는 감광성 마스크 재료이다.

NoteBase

10. 두 회로를 캐스케이드(cascade)로 연결하는 경우, 1차회로의 출력전압 또는 출력전류를 효율적으로 2차회로에 전달하기 위해 두 회로 사이에 삽입하는 회로를 각각 전압버퍼와 전류버퍼라고 한다. 이상적인 전압버퍼와 전류버퍼의 입력저항값[Ω]과 출력저항값[Ω]은?

	전압버퍼		전류버퍼	
	입력저항	출력저항	입력저항	출력저항
①	∞	∞	0	0
②	0	0	∞	∞
③	∞	0	∞	0
④	∞	0	0	∞
⑤	0	∞	∞	0

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 이상적인 전압버퍼와 전류버퍼가 앞 회로에 부하를 주지 않고 뒤 회로에 신호를 전달하기 위해 가져야 하는 입력저항과 출력저항을 비교하는 문제이다.

핵심 개념

전압버퍼: 입력 전압을 거의 그대로 출력하면서 앞 회로에서 전류를 거의 끌어오지 않는 회로이다. 따라서 이상적인 입력저항은 무한대이고, 부하에 관계없이 출력전압을 유지하기 위한 출력저항은 0이다.
전류버퍼: 입력 전류를 거의 그대로 출력하면서 입력단 전압강하를 거의 만들지 않는 회로이다. 따라서 이상적인 입력저항은 0이고, 출력전류가 부하에 좌우되지 않도록 하는 출력저항은 무한대이다.
한 줄 대비: 전압버퍼는 입력 개방·출력 단락 특성, 전류버퍼는 입력 단락·출력 개방 특성을 갖는다.

NoteBase

선지별 해설

① X — 전압버퍼의 입력저항이 무한대인 것은 맞지만 출력저항을 무한대로 제시한 부분이 틀렸고, 전류버퍼의 입력저항이 0인 것은 맞지만 출력저항을 0으로 제시한 부분이 틀렸다. 올바르게는 전압버퍼가 입력저항 무한대·출력저항 0, 전류버퍼가 입력저항 0·출력저항 무한대이다.
② X — 전압버퍼와 전류버퍼의 저항 조건을 서로 바꾸어 놓았다. 올바르게는 전압버퍼의 입력저항은 무한대이고 출력저항은 0이며, 전류버퍼의 입력저항은 0이고 출력저항은 무한대이다.
③ X — 전압버퍼의 입력저항 무한대·출력저항 0은 맞지만, 전류버퍼의 입력저항을 무한대이고 출력저항을 0이라고 한 부분이 틀렸다. 올바르게는 전류버퍼의 입력저항은 0이고 출력저항은 무한대이다.
④ O — 전압버퍼는 입력저항이 무한대이고 출력저항이 0이며, 전류버퍼는 입력저항이 0이고 출력저항이 무한대이므로 이상적 조건과 모두 일치한다.
⑤ X — 전류버퍼의 입력저항 무한대·출력저항 0뿐 아니라 전압버퍼의 입력저항 0·출력저항 무한대도 모두 반대로 제시되었다. 올바르게는 전압버퍼가 입력저항 무한대·출력저항 0, 전류버퍼가 입력저항 0·출력저항 무한대이다.

오답 포인트

전압버퍼는 전압을 받으므로 입력저항도 작아야 한다고 생각하거나, 전류버퍼는 전류를 내보내므로 출력저항도 작아야 한다고 생각하기 쉽다. 그러나 입력저항은 앞 회로의 신호를 덜 소모하는 조건으로, 출력저항은 뒤 부하가 신호에 미치는 영향을 줄이는 조건으로 판단해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

전압 전달에서는 입력에서 전류를 거의 소모하지 않도록 입력저항을 무한대로, 부하에 출력전압이 흔들리지 않도록 출력저항을 0으로 잡는다. 전류 전달에서는 입력단 전압강하가 없도록 입력저항을 0으로, 부하와 무관하게 출력전류를 유지하도록 출력저항을 무한대로 잡는다.

암기 포인트

전압버퍼는 무한대-0, 전류버퍼는 0-무한대이다. 순서는 항상 입력저항-출력저항이다.

NoteBase

11. 종류별 다이오드 소자의 특징과 응용을 올바르게 설명한 것만을 고른 것은?

소자	특징	응용
ㄱ. 제너 다이오드	항복영역에서 동작	전압조정기
ㄴ. 버랙터(varactor)	가변커패시터로 동작	FM Radio, TV 등 튜너
ㄷ. 터널 다이오드	부성(-)저항 특성	고주파 가변저항
ㄹ. 발광 다이오드	광전효과 이용	저주파 발진기
ㅁ. 쇼트키 다이오드	전류제어 저항으로 동작	저주파 정류기

① ㄱ, ㄴ
② ㄱ, ㅁ
③ ㄴ, ㄷ
④ ㄷ, ㄹ
⑤ ㄹ, ㅁ

정답 1번

출제 포인트

제너·버랙터·터널·발광·쇼트키 다이오드의 고유한 동작 특성과 대표 응용이 서로 올바르게 연결되었는지를 묻는 문제이다.

핵심 개념

제너 다이오드는 역방향 항복 영역에서 거의 일정한 전압을 유지하므로 전압 조정에 사용된다.
버랙터 다이오드는 역바이어스 전압에 따라 접합 정전용량이 변하는 가변 커패시터로, 라디오·TV 등의 전자식 동조회로에 사용된다.
터널 다이오드는 양자 터널링에 의해 부성저항 영역을 가지며 고주파 발진·증폭이나 고속 스위칭에 이용된다.
발광 다이오드는 전자와 정공의 재결합으로 빛을 내며 표시·조명 등에 사용된다.
쇼트키 다이오드는 금속과 반도체의 접합을 이용하여 순방향 전압 강하가 작고 스위칭이 빠르므로 고주파 정류 등에 사용된다.

NoteBase

선지별 해설

① O — ㄱ과 ㄴ은 모두 옳다. 제너 다이오드는 항복 영역에서 전압을 안정화하고, 버랙터 다이오드는 가변 커패시터로서 FM 라디오·TV 등의 튜너에 사용된다.
② X — ㄱ은 옳지만 ㅁ은 옳지 않다. ㅁ의 '전류제어 저항'과 '저주파 정류기'가 잘못되었다. 쇼트키 다이오드는 순방향 전압 강하가 작고 스위칭이 빠른 소자이며 고주파 정류 등에 사용된다.
③ X — ㄴ은 옳지만 ㄷ은 옳지 않다. 터널 다이오드가 부성저항 특성을 갖는다는 설명은 맞지만 '고주파 가변저항'이라는 응용이 잘못되었다. 올바르게는 고주파 발진·증폭이나 고속 스위칭 등에 사용된다.
④ X — ㄷ과 ㄹ은 모두 옳지 않다. ㄷ의 응용은 '고주파 가변저항'이 아니라 고주파 발진·증폭 또는 고속 스위칭이다. ㄹ의 '광전효과 이용'과 '저주파 발진기'도 잘못되었으며, 발광 다이오드는 전자와 정공의 재결합에 따른 발광을 이용하여 표시·조명 등에 사용된다.
⑤ X — ㄹ과 ㅁ은 모두 옳지 않다. 발광 다이오드는 재결합 발광을 이용하는 표시·조명용 소자이고, 쇼트키 다이오드는 낮은 순방향 전압 강하와 빠른 스위칭 특성을 이용하는 고주파 정류용 소자이다.

오답 포인트

ㄷ은 '부성저항 특성'만 맞고 응용이 틀린 부분 정답형 문장이다. 또한 발광 다이오드와 포토다이오드를 혼동하면 ㄹ의 '광전효과'에 속기 쉽다. 쇼트키 다이오드의 핵심도 저항 제어가 아니라 낮은 순방향 전압 강하와 빠른 스위칭이다.

다시 나오면 이렇게 판단

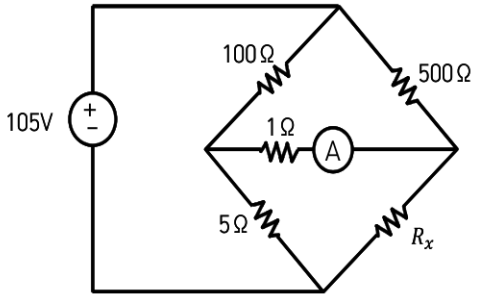
각 행을 소자명-핵심 동작-대표 응용의 세 항목으로 나누어 모두 맞는지 확인한다. 한 항목이라도 다른 소자의 특징이나 응용이면 그 행 전체를 틀린 것으로 판단한다.

암기 포인트

제너는 전압 안정화, 버랙터는 가변 용량·동조, 터널은 부성저항·고주파, LED는 재결합 발광, 쇼트키는 낮은 전압 강하·고속 정류이다.

NoteBase

12. 다음 회로에서 가운데 전류계로 측정한 전류값이 0 A가 될 때, R_x의 소비전력[W]은?



① 1.0
② 2.5
③ 3.0
④ 4.5
⑤ 5.0

정답 1번

출제 포인트

가운데 전류계의 전류가 0인 휘트스톤 브리지의 평형 조건으로 R_X를 구한 뒤, 오른쪽 직렬 가지의 전류를 이용해 R_X의 소비전력을 계산하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원전압 $105V$, 네 브리지 저항 100Ω, 5Ω, 500Ω, R_X이다.
구해야 할 값: R_X의 소비전력 P_X이다.
주의할 조건: 가운데 전류계의 전류가 $0A$이므로 1Ω 저항에도 전류가 흐르지 않으며, 브리지는 평형 상태이다.

사용할 공식

브리지 평형 조건은
$\frac{100}{5} = \frac{500}{R_x}$
이다. 평형이므로 오른쪽 가지는 500Ω과 R_X의 직렬회로로 계산한다.
$I = \frac{V}{500 + R_x}$, $\quad P_X = I^2 R_X$
가운데 전류가 0이면 양쪽 중간점의 전위가 같아 네 저항의 비례식이 성립하므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 평형 조건에서 R_x를 구한다.

$100R_x = 5 \times 500, \qquad R_x = 25\Omega$

2. 오른쪽 직렬 가지의 전류를 구한다.

$I = \frac{105}{500 + 25} = 0.2A$

3. R_x의 소비전력을 구한다.

$P_x = I^2 R_x = (0.2)^2 \times 25 = 1.0W$

선지 판단

① O — 계산 결과가 $1.0W$이므로 옳다.

② X — $2.5W$는 $I = 0.2A$, $R_x = 25\Omega$를 $P = I^2R$에 대입한 결과와 일치하지 않는다. 올바른 값은 $1.0W$이다.

③ X — $3.0W$는 계산된 오른쪽 가지 전류와 저항으로 얻을 수 없다. 올바른 값은 $1.0W$이다.

④ X — $4.5W$는 브리지 평형으로 구한 $R_x = 25\Omega$를 적용한 소비전력이 아니다. 올바른 값은 $1.0W$이다.

⑤ X — $5.0W$는 R_x 양단 전압 $5V$를 전력으로 잘못 본 값이다. $P = VI = 5 \times 0.2 = 1.0W$이므로 올바른 값은 $1.0W$이다.

오답 포인트

가운데 가지의 1Ω를 전체 회로 계산에 포함하는 것이 함정이다. 전류계가 $0A$를 가리키므로 가운데 가지에는 전류가 흐르지 않는다. 또한 평형 조건으로 구한 $R_x = 25\Omega$ 자체가 아니라, 그 저항의 소비전력을 묻는다는 점을 구분해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

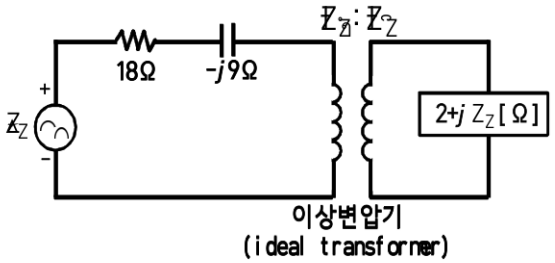
브리지의 가운데 전류가 0이면 먼저 위·아래 저항비가 같은 평형식을 세워 미지 저항을 구한다. 그다음 가운데 가지를 개방된 것으로 보고 해당 직렬 가지의 전류를 구한 뒤 $P = I^2R$로 소비전력을 계산한다.

암기 포인트

브리지 평형은 저항비가 같고 가운데 전류는 0이다. 소비전력은 $P = VI = I^2R = V^2/R$이다.

NoteBase

13. 다음 전원측 임피던스와 부하측 임피던스가 18-j9[Ω]과 2+jX$_L$[Ω]인 회로가 있다. 권선비를 임의로 조정할 수 있는 이상변압기의 권선비와 부하측의 가변리액턴스 X$_L$을 조정함으로써 부하측에 전달되는 전력을 최대화하기 위한 권선비와 부하측 리액턴스의 값[Ω]은?



① N$_1$:N$_2$=3:1, X$_L$=1
② N$_1$:N$_2$=1:3, X$_L$=1
③ N$_1$:N$_2$=3:1, X$_L$=-1
④ N$_1$:N$_2$=1:3, X$_L$=-1
⑤ N$_1$:N$_2$=2:1, X$_L$=0

정답 1번

출제 포인트

이 문제는 이상변압기의 임피던스 환산식과 최대전력전달을 위한 켤레정합 조건을 이용해 권선비와 부하 리액턴스를 구하는 문제이다.

조건 정리

전원측 임피던스는 $Z_s = 18 - j9\Omega$이고, 2차측 부하는 $Z_L = 2 + jX_L\Omega$이다.
이상변압기에서 2차측 부하를 1차측으로 환산한 임피던스는 $Z_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L$이다.
부하에 전달되는 전력을 최대화하려면 1차측 환산 부하가 전원측 임피던스의 켤레복소수와 같아야 한다.

사용할 공식

$Z_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 (2 + jX_L)$
$Z_L' = Z_s^* = 18 + j9\Omega$
이상변압기는 권선비의 제곱에 따라 부하 임피던스를 1차측으로 환산하며, 교류회로의 최대전력전달 조건은 부하 임피던스가 전원측 임피던스의 켤레복소수와 일치하는 것이다.

NoteBase

계산 과정

권선비를 $a = \frac{N_1}{N_2}$라 두면 $a^2(2 + jX_L) = 18 + j9$이다.
실수부를 비교하면 $2a^2 = 18$이므로 $a^2 = 9$, $a = 3$이다. 따라서 $N_1 : N_2 = 3 : 1$이다.
허수부를 비교하면 $a^2 X_L = 9$이므로 $9X_L = 9$, $X_L = 1\Omega$이다.
실제로 $3^2(2 + j1) = 18 + j9\Omega$이므로 켤레정합이 성립한다.

선지 판단

① O — $N_1 : N_2 = 3 : 1$, $X_L = 1\Omega$이면 1차측 환산 부하는 $18 + j9\Omega$이 되어 전원측 임피던스 $18 - j9\Omega$와 켤레정합된다.
② X — $N_1 : N_2 = 1 : 3$이면 환산계수는 $1/9$이므로 저항 성분이 $2/9\Omega$에 불과하여 18Ω와 일치하지 않는다. 올바른 권선비와 리액턴스는 $N_1 : N_2 = 3 : 1$, $X_L = 1\Omega$이다.
③ X — 권선비 $3 : 1$은 맞지만 $X_L = -1\Omega$이면 환산 부하가 $18 - j9\Omega$이 되어 켤레정합이 아니다. 올바른 리액턴스는 $X_L = 1\Omega$이다.
④ X — 권선비 $1 : 3$은 저항 성분을 18Ω으로 환산하지 못하고, $X_L = -1\Omega$은 필요한 허수부의 부호와도 반대이다. 올바르게는 $N_1 : N_2 = 3 : 1$, $X_L = 1\Omega$이다.
⑤ X — 권선비 $2 : 1$이면 환산 저항은 $4 \times 2 = 8\Omega$이고, $X_L = 0\Omega$이면 필요한 $+j9\Omega$의 허수부도 만들 수 없다. 올바르게는 $N_1 : N_2 = 3 : 1$, $X_L = 1\Omega$이다.

오답 포인트

최대전력전달 조건에서 부하를 전원 임피던스와 그대로 같게 두는 것이 아니라 켤레복소수로 맞춰야 한다. 따라서 전원측의 $-j9\Omega$에 대응하는 환산 부하의 허수부는 $+j9\Omega$이어야 한다. 또한 임피던스 환산에는 권선비 자체가 아니라 권선비의 제곱이 곱해진다.

다시 나오면 이렇게 판단

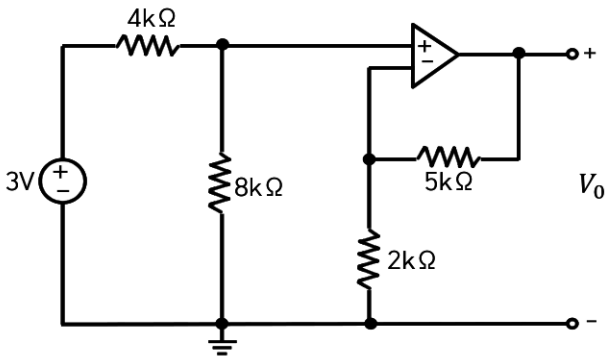
먼저 부하를 전원측으로 환산하고, 환산 부하를 전원측 임피던스의 켤레복소수와 같게 둔다. 이어서 실수부로 권선비의 제곱을 구하고 허수부로 리액턴스를 구한 뒤, 대입하여 켤레정합 여부를 검산한다.

암기 포인트

이상변압기의 임피던스 환산은 권선비의 제곱, 최대전력전달은 켤레정합이다: $Z_L' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_L = Z_s^*$.

NoteBase

14. 다음 연산증폭기 회로에서 출력전압 V_0의 값[V]은? (단, 연산증폭기는 이상적이라고 가정한다.)



① 0
② 2
③ 3
④ 5
⑤ 7

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 입력 저항망의 분압으로 비반전 입력 전압을 구한 뒤, 비반전 증폭기의 폐루프 전압 이득을 적용하여 출력전압을 구하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 전원전압은 $3V$, 입력 분압 저항은 $4k\Omega$와 $8k\Omega$, 귀환 저항은 $5k\Omega$, 접지 쪽 저항은 $2k\Omega$이다.
구해야 할 값: 출력전압 V_o이다.
주의할 조건: 이상적인 연산증폭기의 입력 전류는 0이므로 입력 분압 회로에 연산증폭기가 부하로 작용하지 않는다. 음의 피드백이 걸려 있으므로 $V_+ = V_-$가 성립한다.

사용할 공식

입력 분압 공식은 $V_+ = V_S\frac{R_2}{R_1+R_2}$이다.
비반전 증폭기의 출력 공식은 $V_o = \left(1+\frac{R_f}{R_g}\right)V_+$이다.
비반전 입력에는 $4k\Omega$와 $8k\Omega$의 분압 전압이 인가되고, 반전 입력에는 출력에서 $5k\Omega$를 거쳐 되먹임되는 전형적인 비반전 증폭기 구조이므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 이상적인 연산증폭기의 입력 전류가 0이므로 비반전 입력 전압은 분압식으로 계산된다.
$V_+ = 3 \times \frac{8}{4+8} = 2V$
2. 비반전 증폭기의 폐루프 전압 이득을 구한다.
$A_v = 1 + \frac{5}{2} = 3.5$
3. 입력 전압에 전압 이득을 곱한다.
$V_o = A_v V_+ = 3.5 \times 2 = 7V$

선지 판단

① X — 출력전압은 $0V$가 아니라 $7V$이다. 접지에 연결된 저항이 있어도 비반전 입력과 출력이 접지전압이 되는 것은 아니다.
② X — $2V$는 분압으로 구한 비반전 입력 전압 V_+이며, 출력전압은 이를 3.5배 한 $7V$이다. 따라서 $2V$는 $7V$로 고쳐야 한다.
③ X — $3V$는 분압 회로에 공급되는 전원전압일 뿐 출력전압이 아니다. 올바른 출력전압은 $7V$이다.
④ X — $5V$는 비반전 증폭기 이득에서 1을 빠뜨리고 $V_o = (R_f/R_g)V_+$로 잘못 계산할 때 나오는 값이다. 올바르게는 $V_o = (1 + R_f/R_g)V_+ = 7V$이다.
⑤ O — 분압 전압 $2V$에 비반전 이득 3.5를 곱하면 $V_o = 7V$이므로 옳다.
계산 결과 $7V$이므로 정답은 5번이다.

오답 포인트

비반전 입력의 분압 결과인 $2V$를 곧바로 출력값으로 고르는 것과 비반전 증폭기의 이득 $1 + R_f/R_g$에서 1을 누락하여 $5V$를 고르는 것이 핵심 함정이다. 입력 분압과 연산증폭기 이득을 두 단계로 나누어 계산해야 한다.

다시 나오면 이렇게 판단

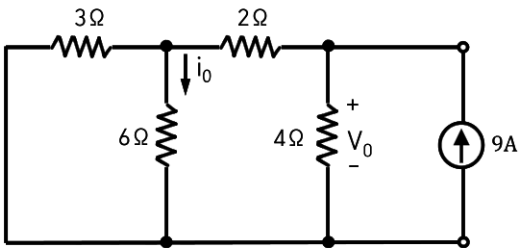
먼저 이상적인 입력 단자의 전류가 0임을 이용해 V_+를 구하고, 회로가 비반전 증폭기인지 확인한 뒤 $1 + R_f/R_g$를 곱한다. 마지막에는 $V_+ = V_-$ 관계로 결과를 검산한다.

암기 포인트

비반전 증폭기의 이득은 반드시 $1 + R_f/R_g$이며, 입력에 분압 회로가 있으면 분압을 먼저 계산한다.

NoteBase

15. 다음 회로에서 i_0[A]와 V_0[V]는?



	i_0	V_0
①	1.5	9
②	1.5	18
③	3	9
④	3	18
⑤	1.5	12

정답 2번

출제 포인트

병렬 저항을 등가화한 뒤 전류 분배와 옴의 법칙을 이용하여 가지 전류 i_0와 출력 전압 V_0를 구하는 문제이다.

조건 정리

아래쪽 도선은 공통 기준 노드이다. 왼쪽 위 노드와 기준 노드 사이에는 3Ω과 6Ω이 병렬로 연결되어 있고, 그 노드와 출력 노드 사이에는 2Ω이 연결되어 있다. 출력 노드에는 4Ω과 $9A$ 전류원이 연결되어 있다. 구해야 할 값은 6Ω을 아래로 흐르는 i_0와 4Ω 양단의 위쪽 기준 전압 V_0이다.

사용할 공식

병렬 등가저항은 $R_p = R_1R_2/(R_1 + R_2)$, 옴의 법칙은 $V = IR$이다. 왼쪽의 병렬 저항을 먼저 하나로 바꾸면 출력 노드에서 기준 노드로 향하는 두 가지의 저항을 비교하여 전류를 분배할 수 있다.

계산 과정

1. 왼쪽 병렬 저항은 $3\Omega \parallel 6\Omega = (3 \times 6)/(3 + 6) = 2\Omega$이다.
2. 출력 노드에서 왼쪽을 거쳐 기준 노드로 가는 가지의 저항은 $2\Omega + 2\Omega = 4\Omega$이다. 이 가지는 출력 노드의 4Ω 가지와 저항이 같으므로 전류원의 $9A$가 절반씩 나뉘어 각 가지에 $4.5A$가 흐른다.
3. 따라서 출력 전압은 $V_0 = 4.5A \times 4\Omega = 18V$이다.
4. 왼쪽 병렬회로 양단 전압은 $4.5A \times 2\Omega = 9V$이므로 $i_0 = 9V/(6\Omega) = 1.5A$이다.

NoteBase

선지 판단

① X — $i_0 = 1.5A$는 맞지만 $V_0 = 9V$가 틀리다. $9V$는 왼쪽 병렬회로의 양단 전압이며, 올바른 출력 전압은 $V_0 = 18V$이다.
② O — $i_0 = 1.5A$, $V_0 = 18V$로 두 값이 모두 계산 결과와 일치한다.
③ X — $i_0 = 3A$, $V_0 = 9V$가 모두 틀리다. 출력 노드의 $18V$를 6Ω에 그대로 적용하면 $3A$가 나오지만, 2Ω 저항의 전압강하 때문에 6Ω 양단은 $9V$이다. 올바른 값은 $i_0 = 1.5A$, $V_0 = 18V$이다.
④ X — $V_0 = 18V$는 맞지만 $i_0 = 3A$가 틀리다. 6Ω 양단 전압은 $18V$가 아니라 $9V$이므로 올바른 전류는 $i_0 = 1.5A$이다.
⑤ X — $i_0 = 1.5A$는 맞지만 $V_0 = 12V$가 틀리다. 출력 노드에서 두 4Ω 등가 가지로 $9A$가 절반씩 나뉘므로 올바른 출력 전압은 $V_0 = 18V$이다.

오답 포인트

출력 노드 전압 $18V$와 왼쪽 병렬회로의 노드 전압 $9V$를 같은 전압으로 보는 것이 핵심 함정이다. 두 노드 사이의 2Ω에 전압강하가 있으므로 6Ω 저항에 V_0를 직접 적용할 수 없다.

다시 나오면 이렇게 판단

공통 노드를 먼저 확인하고 병렬 부분을 등가저항으로 바꾼다. 그다음 전류원의 전류를 각 등가 가지에 분배하여 출력 노드 전압을 구하고, 중간 저항의 전압강하를 반영해 내부 가지 전류를 계산한다.

암기 포인트

같은 두 저항 가지에는 전류가 절반씩 흐르며, 서로 다른 노드의 전압은 그 사이 저항의 전압강하만큼 달라진다.

NoteBase

16. 다음 중 다이오드를 응용한 회로인 클램퍼회로의 기능으로 옳은 것은?

① 입력파형의 양(또는 음)의 반주기를 통과시키고, 반대로 음(또는 양)의 반주기는 차단한다.
② 입력의 음의 반주기를 양으로 반전시켜 양의 반주기와 함께 출력한다.
③ 교류 신호의 진폭을 제한하거나 교류 전압을 미리 정한 레벨로 제한한다.
④ 과도한 신호 크기에 의한 오동작이나 소자 파괴 방지에 사용한다.
⑤ 신호의 파형모양을 변화시키기 않고 특정 DC전압만큼 이동시킨다.

정답 5번

출제 포인트

이 문제는 다이오드 응용 회로인 클램퍼, 정류기, 클리퍼의 기능을 구별하는 문제이다.

핵심 개념

클램퍼 회로는 입력 파형의 모양과 첨두 간 크기를 유지하면서 파형 전체의 직류 레벨을 위나 아래로 이동시키는 회로이다. 한쪽 첨두값을 기준 전압에 고정한다는 뜻에서 직류 복원 회로라고도 한다.
정류기는 교류를 한 방향의 맥동 파형으로 바꾸고, 클리퍼는 설정된 레벨을 넘는 파형 부분을 잘라 진폭을 제한한다.

선지별 해설

① X — '한쪽 반주기를 통과시키고 반대쪽 반주기를 차단한다'는 반파 정류 회로의 기능이다. 클램퍼는 반주기를 제거하는 것이 아니라 파형 전체의 직류 레벨을 이동시킨다.
② X — '음의 반주기를 양으로 반전시켜 양의 반주기와 함께 출력한다'는 전파 정류 회로의 기능이다. 클램퍼는 음의 반주기를 반전시키지 않고 입력 파형의 모양을 유지한 채 기준 레벨만 바꾼다.
③ X — '진폭을 제한하거나 전압을 미리 정한 레벨로 제한한다'는 클리퍼 또는 리미터 회로의 기능이다. 클램퍼는 파형을 잘라 제한하는 대신 파형 전체를 일정한 직류 전압만큼 이동시킨다.
④ X — '과도한 신호에 의한 오동작이나 소자 파괴를 방지한다'는 클리퍼·리미터 등 보호 회로의 대표적 용도이다. 클램퍼의 주된 용도는 파형의 직류 레벨을 복원하거나 이동시키는 것이다.
⑤ O — 클램퍼는 이상적으로 신호의 파형 모양과 첨두 간 크기를 바꾸지 않고 파형 전체를 특정 직류 전압만큼 이동시킨다.

NoteBase

오답 포인트

다이오드를 사용하는 회로라는 공통점 때문에 정류기와 클리퍼의 기능을 클램퍼의 기능으로 혼동하기 쉽다. 특히 ③의 '제한'은 클리퍼의 단서이고, ⑤의 '파형모양은 변화시키지 않고 이동'은 클램퍼의 결정적 단서이다.

다시 나오면 이렇게 판단

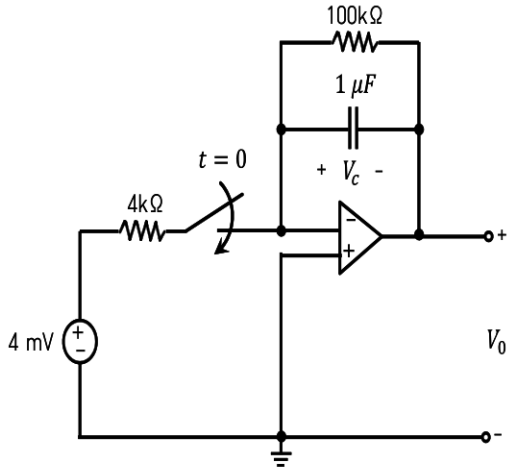
반주기를 없애거나 뒤집으면 정류기, 일정 레벨을 넘는 부분을 자르면 클리퍼, 파형 모양을 유지한 채 위아래로 옮기면 클램퍼로 판단한다.

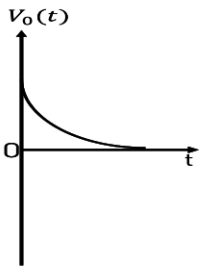
암기 포인트

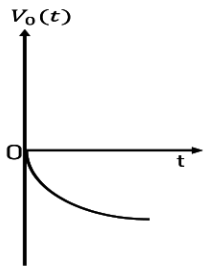
정류기는 방향을 바꾸고, 클리퍼는 잘라 내며, 클램퍼는 모양 그대로 직류 레벨을 옮긴다.

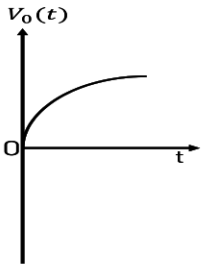
NoteBase

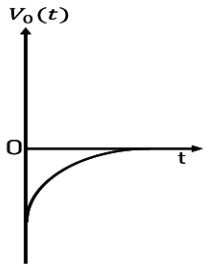
17. 다음 연산증폭기 회로에서 출력전압 V_0의 그래프 형태로 옳은 것은? (단, 연산증폭기는 이상적이라고 가정하고, 커패시터의 전압 V_c의 초기값은 0V라고 가정한다.)

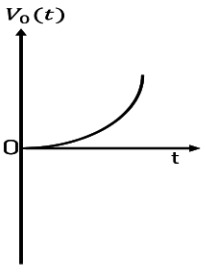


① 

② 

③ 

④ 

⑤ 

정답 2번

출제 포인트

이 문제는 저항과 커패시터가 병렬로 연결된 반전 연산증폭기에서 출력전압의 초기값, 부호, 정상값을 구해 1차 과도응답의 그래프를 판단하는 문제이다.

NoteBase

조건 정리

입력전압은 $V_i = 4mV$, 입력저항은 $R_i = 4k\Omega$, 피드백저항은 $R_f = 100k\Omega$, 커패시터는 $C = 1\mu F$이다. 이상적인 연산증폭기이므로 반전 입력단은 가상접지되어 전압이 $0V$이다. 또한 $V_c(0) = 0$이고 커패시터 전압은 순간적으로 변할 수 없으므로 $v_o(0^+) = 0$이다. 구해야 할 것은 스위치를 닫은 뒤의 $v_o(t)$ 형태이다.

사용할 공식

피드백 임피던스는 $Z_f(s) = R_f/(1 + sR_fC)$이고, 반전 증폭기의 전달관계는 $V_o(s) = -[Z_f(s)/R_i]V_i(s)$이다. 따라서 계단입력에 대한 출력은

$v_o(t) = -\frac{R_f}{R_i}V_i(1 - e^{-t/(R_fC)})$

가 된다. 이 공식을 쓰는 이유는 피드백의 병렬 RC 회로가 정상상태에서는 저항성 반전 증폭기로 동작하면서 시정수 R_fC의 1차 과도응답을 만들기 때문이다.

계산 과정

1. 시정수는 $\tau = R_fC = (100k\Omega)(1\mu F) = 0.1s$이다.
2. 정상상태에서 커패시터는 개방되므로 $v_o(\infty) = -(R_f/R_i)V_i = -(100k\Omega/4k\Omega)(4mV) = -100mV$이다.
3. 초기 출력은 $0V$이므로 $v_o(t) = -100(1 - e^{-t/0.1})mV$이다. 따라서 출력은 원점에서 시작하여 음의 방향으로 감소하고 $-100mV$에 점근한다.

선지 판단

① X — 양의 초기값에서 0으로 감소하는 그래프이다. 실제 출력의 초기값은 $0V$이고 정상값은 $-100mV$이다. 올바르게는 원점에서 시작해 음의 정상값으로 감소해야 한다.

② O — 원점에서 시작해 음의 방향으로 감소한 뒤 일정한 음의 값에 점근한다. 이는 $v_o(t) = -100(1 - e^{-t/0.1})mV$와 일치한다.

③ X — 원점에서 양의 정상값으로 증가하므로 반전 증폭기의 부호가 반대로 표현되었다. 올바르게는 음의 정상값 $-100mV$로 감소해야 한다.

④ X — 음의 초기값에서 0으로 복귀하는 자연응답 형태이다. 이 회로는 $V_c(0) = 0$이므로 출력이 원점에서 시작하며, 입력이 계속 인가되어 $-100mV$로 내려가야 한다.

⑤ X — 양의 방향으로 계속 커지는 그래프이다. 실제 회로는 반전 동작하므로 출력이 음수이고, 병렬 피드백저항 때문에 유한한 정상값 $-100mV$에 수렴한다. 올바르게는 음의 방향으로 감소하며 포화되는 1차 응답이다.

오답 포인트

커패시터만 있는 이상적 적분기로 보고 출력이 계속 변한다고 판단하면 ⑤와 혼동할 수 있다. 이 회로에는 $100k\Omega$ 피드백저항이 커패시터와 병렬로 있으므로 출력은 발산하지 않고 유한한 정상값에 수렴한다. 또한 반전 입력 구조이므로 양의 입력에 대한 출력의 정상값은 음수이다.

NoteBase

다시 나오면 이렇게 판단

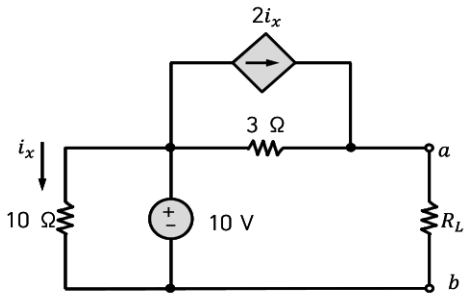
병렬 RC 피드백 회로에서는 먼저 커패시터 전압의 연속성으로 초기값을 정하고, 정상상태에서 커패시터를 개방하여 최종값을 구한 뒤, 반전 여부와 시정수 R_fC를 확인한다.

암기 포인트

병렬 RC 반전회로의 계단응답은 '처음에는 커패시터가 출력을 붙잡고, 마지막에는 피드백저항이 이득을 정한다'로 정리된다. 이 문항에서는 $0V$에서 시작해 $-100mV$로 내려간다.

NoteBase

18. 다음 회로의 R_L에서 소모되는 전력이 최대가 되는 R_L의 값[Ω]은?



① 1
② 2
③ 3
④ 6
⑤ 9

정답 3번

출제 포인트

이 문제는 부하 단자에서 본 테브난 등가저항을 구하고, 최대 전력 전달 조건 $R_L = R_{th}$를 적용하는 문제이다.

조건 정리

주어진 값: 독립 전압원은 $10V$, 왼쪽 저항은 10Ω, 출력 쪽 저항은 3Ω, 종속 전류원은 $2i_x$이다.
구해야 할 값: R_L에서 소비되는 전력이 최대가 되는 부하저항이다.
주의할 조건: 테브난 등가저항을 구할 때 독립 전압원만 영으로 만들고 종속원은 회로에 남겨 두어야 한다.

사용할 공식

저항성 부하에 대한 최대 전력 전달 조건은
$R_L = R_{th}$
이다. 부하가 바라본 선형 회로를 테브난 등가회로로 바꿀 수 있으므로 이 공식을 사용한다.

NoteBase

계산 과정

1. 단자 $a-b$에서 부하 R_L을 분리한다.
2. 테브난 등가저항을 구하기 위해 독립 전압원 $10V$를 단락한다. 그러면 왼쪽 위 노드와 b가 같은 전위가 되어 10Ω 저항의 전압이 0이고, 따라서 $i_x = 0$이다.
3. 종속 전류원의 전류도 $2i_x = 0$이므로 이 가지는 개방된 것과 같다. 단자 $a-b$에서 보이는 저항은 3Ω만 남는다.

$R_{th} = 3\Omega$

4. 최대 전력 전달 조건에 따라

$R_L = R_{th} = 3\Omega$

이다.

선지 판단

① X — 1Ω은 $R_{th} = 3\Omega$과 같지 않아 최대 전력 조건을 만족하지 않는다. 올바른 값은 $R_L = 3\Omega$이다.
② X — 2Ω도 테브난 등가저항보다 작다. 올바른 값은 $R_L = 3\Omega$이다.
③ O — 3Ω은 단자 $a-b$에서 본 테브난 등가저항과 같으므로 부하 전력이 최대가 된다.
④ X — 6Ω은 테브난 등가저항의 두 배일 뿐 최대 전력 조건이 아니다. 올바른 값은 $R_L = 3\Omega$이다.
⑤ X — 9Ω은 3Ω을 제곱해 얻은 값으로 저항을 구하는 과정과 맞지 않는다. 올바른 값은 $R_L = 3\Omega$이다.

오답 포인트

종속원이 있는 회로라고 해서 종속원을 임의로 제거하면 안 된다. 이 회로에서는 독립 전압원을 단락한 결과 제어전류가 $i_x = 0$이 되어 종속 전류원도 결과적으로 $0A$가 된다. 또한 10Ω 저항은 단락된 독립 전압원과 병렬이므로 출력 단자에서 본 등가저항에 포함되지 않는다.

다시 나오면 이렇게 판단

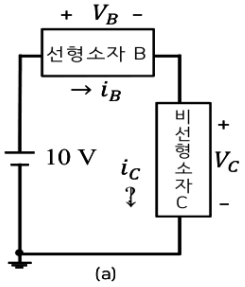
최대 전력 문제에서는 먼저 부하를 분리하고, 독립원만 영으로 만든 뒤 종속원의 제어량을 다시 계산하여 R_{th}를 구한다. 마지막에 $R_L = R_{th}$를 적용한다.

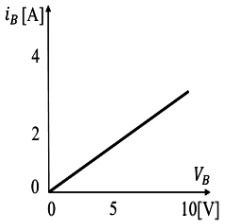
암기 포인트

최대 전력은 $R_L = R_{th}$이고, 종속원은 직접 끄지 않는다.

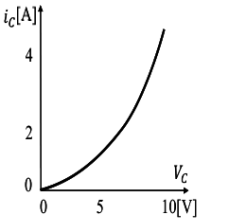
NoteBase

19. 다음 그림 (a)는 10V 전압원, 선형소자 B와 비선형소자 C가 직렬로 연결되어 구성된 회로이며, 그림 (b)와 (c)는 각각 B와 C의 전압-전류 특성곡선을 보여준다. 그림 (ㄱ)~(ㄹ) 중에서, 부하선해석법(load line analysis)으로 이 회로를 해석하여 동작점(V_c, i_c)을 구하기 위한 그래프는?

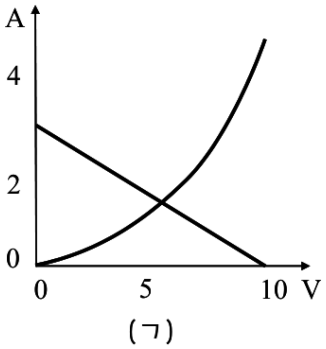




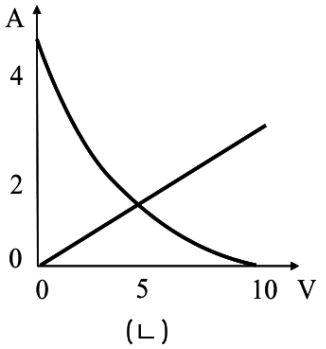
(b)선형저항소자 B의 v-I 특성곡선



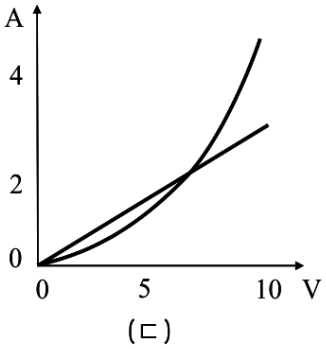
(c)비선형저항소자 C의 v-I 특성곡선



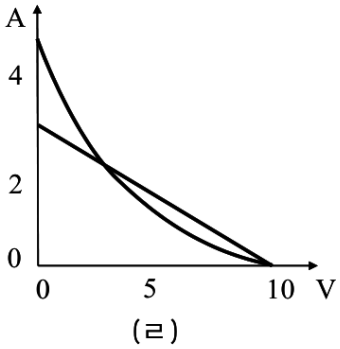
(ㄱ)



(ㄴ)



(ㄷ)



(ㄹ)

① ㄱ

② ㄴ

③ ㄷ

④ ㄹ

⑤ 비선형저항소자가 포함된 회로는 부하선해석법으로 해석할 수 없다.

정답 1번

NoteBase

출제 포인트

이 문제는 직렬회로의 전압 관계 $V_B + V_C = 10V$를 이용하여 B의 전압-전류 특성을 V_C에 대한 부하선으로 변환하고, 이를 C의 특성곡선과 교차시켜 동작점을 찾는 그래프를 판단하는 문제이다.

선지별 해설

① O — (ㄱ)은 C의 전류가 V_C에 따라 증가하는 비선형 특성곡선과, $V_B = 10V - V_C$로 변환된 B의 우하향 부하선을 함께 나타낸다. 두 곡선의 교점이 두 소자에 같은 전류가 흐르면서 전압의 합이 $10V$가 되는 동작점이므로 옳다.
② X — (ㄴ)은 우상향 직선과 우하향 곡선을 그려 B와 C의 변환 방향을 모두 반대로 나타냈다. 틀린 표현은 (ㄴ)이며, 올바르게는 B가 우하향 직선이고 C가 우상향 곡선인 (ㄱ)이다.
③ X — (ㄷ)은 B의 직선 특성과 C의 비선형 특성을 모두 원래처럼 우상향으로 겹쳤으므로 직렬 전압 조건을 반영하지 못한다. 틀린 표현은 (ㄷ)이며, 올바르게는 B에 대해 $V_B = 10V - V_C$를 적용하여 그 직선을 우하향 부하선으로 바꾼 (ㄱ)이다.
④ X — (ㄹ)은 C의 특성곡선까지 우하향으로 나타냈지만, 그림 (c)에서 C의 전류는 V_C가 커질수록 증가한다. 틀린 표현은 (ㄹ)이며, 올바르게는 C의 곡선을 우상향으로 유지한 (ㄱ)이다.
⑤ X — 비선형저항소자가 포함되어도 해당 소자의 전압-전류 특성곡선과 나머지 회로의 부하선을 그려 교점으로 동작점을 구할 수 있다. 틀린 표현은 '부하선해석법으로 해석할 수 없다'이며, 올바르게는 '비선형저항소자가 포함된 회로도 부하선해석법으로 동작점을 구할 수 있다'이다.

오답 포인트

그림 (b)의 B 특성 자체가 우상향 직선이라는 점에만 주목하면 (ㄷ)을 고르기 쉽다. 그러나 공통 가로축을 V_C로 잡으면 $V_B = 10V - V_C$이므로, B의 직선은 V_C가 증가할수록 전류가 감소하는 우하향 부하선으로 바뀐다. C의 곡선은 V_C에 대한 원래 특성이므로 우상향을 유지한다.

다시 나오면 이렇게 판단

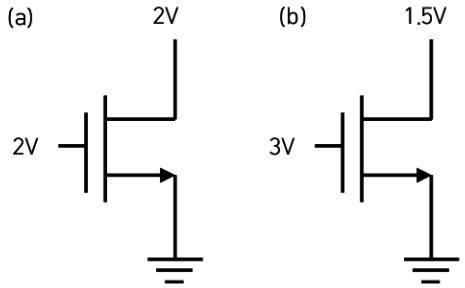
직렬회로의 전원전압을 먼저 $V_B + V_C = V_S$로 놓고, 가로축으로 선택한 전압에 맞추어 한 소자의 관계를 $V_B = V_S - V_C$처럼 변환한다. 변환된 특성은 우하향 부하선이 되며, 다른 소자의 원래 특성곡선과 만나는 점이 동작점이다.

암기 포인트

직렬 부하선은 '전압의 합은 일정, 전류는 동일'이다. 따라서 한 소자의 전압이 커지면 다른 소자의 전압은 작아져 부하선이 우하향한다.

NoteBase

20. 다음 NMOSFET의 문턱전압 V_T는 1V이다. (a)와 (b)는 각각 어떤 영역에서 동작하는가? (단, 기판 전극은 전원과 연결된다.)



① 선형, 선형
② 선형, 포화
③ 포화, 포화
④ 포화, 선형
⑤ 차단, 선형

정답 4번

출제 포인트

이 문제는 소스가 접지된 NMOSFET에서 게이트·드레인 전압으로 V_{GS}, V_{DS}, 과구동 전압 $V_{GS} - V_T$를 구한 뒤 동작 영역을 판별하는 문제이다.

조건 정리

문턱전압은 $V_T = 1V$이고 두 회로 모두 소스가 접지되어 $V_S = 0V$이다.
(a): $V_G = 2V$, $V_D = 2V$이므로 $V_{GS} = 2V$, $V_{DS} = 2V$이다.
(b): $V_G = 3V$, $V_D = 1.5V$이므로 $V_{GS} = 3V$, $V_{DS} = 1.5V$이다.

사용할 공식

차단 영역: $V_{GS} < V_T$
선형 영역: $V_{GS} > V_T$이고 $V_{DS} < V_{GS} - V_T$
포화 영역: $V_{GS} > V_T$이고 $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$
두 회로 모두 $V_{GS} > V_T$이므로 채널이 형성된다. 따라서 차단 여부가 아니라 V_{DS}와 과구동 전압 $V_{GS} - V_T$의 크기를 비교해야 한다.

NoteBase

계산 과정

(a) 과구동 전압은 $V_{GS} - V_T = 2 - 1 = 1V$이다. V_DS=2 V≥1 V이므로 포화 영역이다.
(b) 과구동 전압은 $V_{GS} - V_T = 3 - 1 = 2V$이다. $V_{DS} = 1.5V < 2V$이므로 선형 영역이다.
따라서 (a)는 포화, (b)는 선형이다.

선지 판단

① X — (a)를 '선형'이라고 한 부분이 틀렸다. (a)는 $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$이므로 올바르게는 '포화, 선형'이다.
② X — (a)의 '선형'과 (b)의 '포화'가 모두 틀렸다. 올바르게는 '포화, 선형'이다.
③ X — (b)를 '포화'라고 한 부분이 틀렸다. (b)는 $V_{DS} < V_{GS} - V_T$이므로 올바르게는 '포화, 선형'이다.
④ O — (a)는 포화 영역이고 (b)는 선형 영역이므로 두 판정이 모두 맞다.
⑤ X — (a)를 '차단'이라고 한 부분이 틀렸다. (a)는 $V_{GS} = 2V > V_T = 1V$여서 채널이 형성되고 포화 영역에서 동작하므로 올바르게는 '포화, 선형'이다.

오답 포인트

게이트 전압이 더 큰 (b)를 무조건 포화라고 판단하면 틀린다. 포화 여부는 게이트 전압의 절대 크기가 아니라 V_{DS}가 $V_{GS} - V_T$ 이상인지로 판단한다. 또한 소스가 접지되어 있으므로 그림의 게이트·드레인 전압을 각각 V_{GS}, V_{DS}로 바로 사용할 수 있다.

다시 나오면 이렇게 판단

먼저 V_{GS}와 V_{DS}를 구한다. $V_{GS} < V_T$이면 차단이고, 채널이 형성되면 V_{DS}와 $V_{GS} - V_T$를 비교한다. 전자가 작으면 선형, 이상이면 포화로 판단한다.

암기 포인트

NMOSFET은 'V_{GS}로 켜짐을 확인하고, V_{DS}와 $V_{GS} - V_T$의 비교로 선형·포화를 구분한다.'

NoteBase