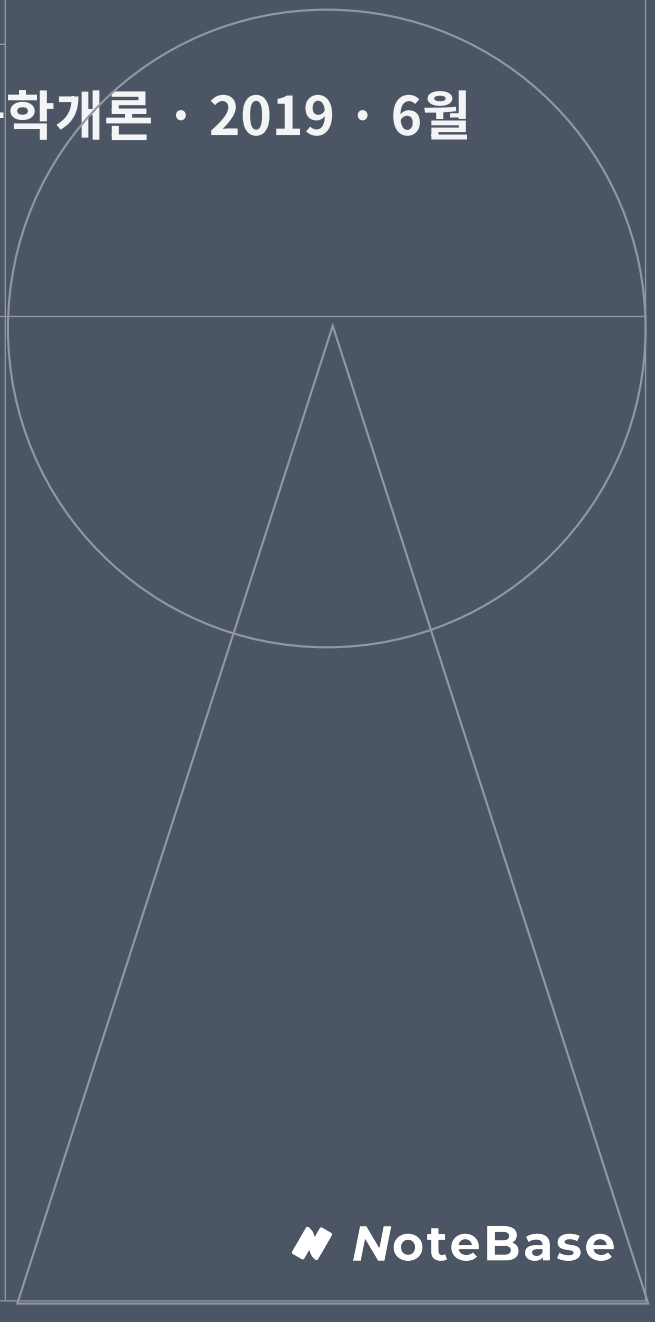
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2019 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2019 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2019 · 6월

문 1. <보기>의 카르노 맵(Karnaugh map)으로 표현된 함수를 최소화하면?

<보기>

CD \ AB	$\overline{A}\,\overline{B}$	$\overline{A}\,B$	AB	$A\,\overline{B}$
$\overline{C}\,\overline{D}$	1	0	0	1
$\overline{C}\,D$	0	0	0	0
CD	1	1	1	1
$C\,\overline{D}$	1	1	1	1

① $\overline{AB}+C$

② $\overline{BD}+C$

③ $\overline{C}D+C$

④ $\overline{DA}+C$

정답 2번

간단한 해설

아래 두 행의 1 여덟 개를 묶으면 **C만 남고**, 네 모서리의 1을 묶으면 **B = 0, D = 0**만 남는다. 두 묶음을 OR로 합치면 $F=\overline{BD}+C$이다.

NoteBase

계산 과정

묶음의 기준: 열의 AB와 행의 CD는 모두 00 → 01 → 11 → 10 순서이다. 카르노 맵에서는 1인 칸을 1, 2, 4, 8개처럼 2의 거듭제곱 개수로 된 직사각형으로 묶는다. 묶음 안에서 값이 바뀌는 변수는 소거하고, 항상 1인 변수는 그대로, 항상 0인 변수는 보수를 취해 곱한다. 묶음이 클수록 남는 변수가 줄어든다. 여기서 윗줄은 NOT, 변수의 곱은 AND, +는 OR를 뜻한다.

아래 두 행의 8칸: CD가 11인 행과 10인 행은 네 열 모두 1이다. 이 8칸에서는 A, B, D가 각각 0과 1로 바뀌지만 **C는 항상 1**이다. 따라서 이 묶음의 항은 C이다.

네 모서리의 4칸: 카르노 맵은 **양 끝 행끼리, 양 끝 열끼리도 인접**한다. 따라서 첫째·넷째 행과 첫째·넷째 열이 만나는 네 모서리의 1을 하나로 묶을 수 있다. 이 묶음에서는 A와 C가 바뀌지만 B와 D는 항상 0이므로 $\overline{BD}$가 남는다. 아래쪽 모서리 두 칸은 앞의 8칸 묶음과 겹치지만, 같은 1을 여러 묶음에 사용하는 것은 허용된다.

최소식: 두 묶음은 0인 칸을 포함하지 않으면서 모든 1을 덮는다. 아래 8칸으로 C를 얻고, 그 밖에 남은 위쪽 양 끝의 1을 네 모서리 묶음으로 덮어 $\overline{BD}$를 얻는다. 두 항을 OR로 합친 최소식은 $F = \overline{BD} + C$이며, ②의 식과 같다.

NoteBase

문 2. 초과 3 코드(Excess-3 code) 0101001101001011을 10진수로 변환한 값은?

① 11061026

② 2018

③ 2019

④ 53411

정답 2번

간단한 해설

초과 3 코드는 10진수의 각 자릿값에 3을 더해 만든 코드이므로, **4비트씩 나누어 각 묶음의 값에서 3을 뺀다**. 주어진 코드를 복호화하면 각 자릿값이 2, 0, 1, 8이 되어 2018이다.

계산 과정

초과 3 코드는 10진수의 각 자릿값에 3을 더한 수를 4비트 이진수로 나타낸다. 따라서 복호화할 때는 **전체 비트열을 하나의 이진수로 계산하지 않고**, 4비트 묶음마다 이진수 값을 구한 뒤 3을 뺀다. 주어진 코드는 왼쪽부터 0101 | 0011 | 0100 | 1011로 나뉘며, 각 묶음 안의 자리 가중치는 왼쪽부터 8, 4, 2, 1이다.

천의 자리: 0101의 이진수 값은 4 + 1 = 5이므로, 원래 자릿값은 5 − 3 = 2이다.

백의 자리: 0011의 이진수 값은 2 + 1 = 3이므로, 원래 자릿값은 3 − 3 = 0이다.

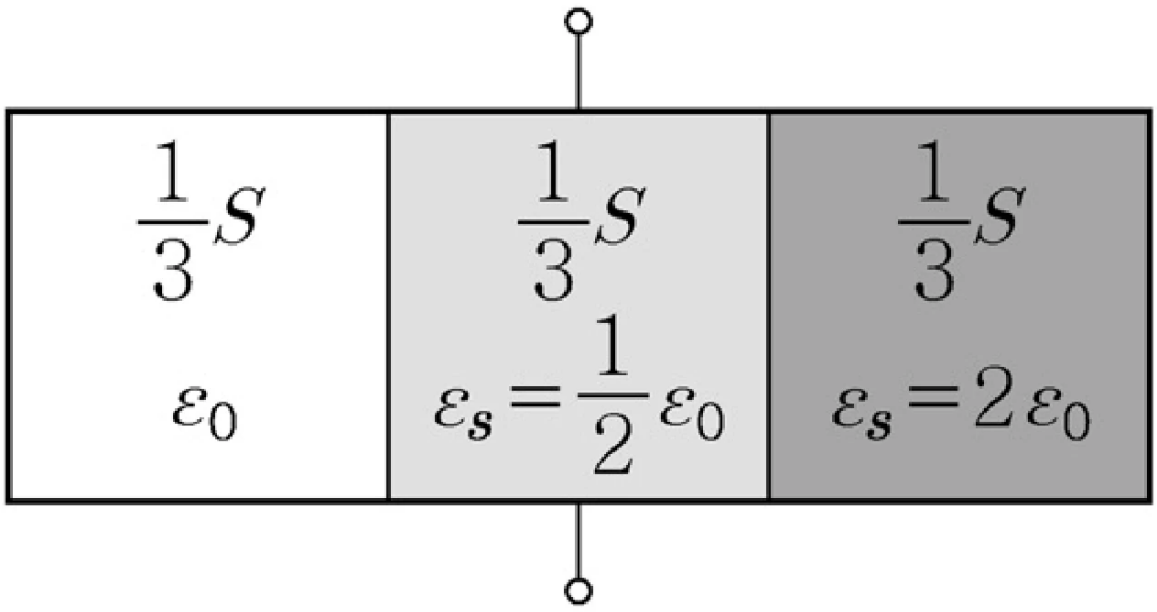
십의 자리: 0100의 이진수 값은 4이므로, 원래 자릿값은 4 − 3 = 1이다.

일의 자리: 1011의 이진수 값은 8 + 2 + 1 = 11이므로, 원래 자릿값은 11 − 3 = 8이다.

구한 자릿값을 순서대로 이어 쓰면 2018이며, 이는 ②의 값과 일치한다.

NoteBase

문 3. 그림과 같이 정전용량이 C_0 [F] 되는 평행판 공기 커패시터에서 판 면적의 $\frac{1}{3}$ 되는 공간에 비유전율 $\varepsilon_s = \frac{1}{2}\varepsilon_0$인 유전체를 채우고, 나머지 $\frac{1}{3}$ 되는 공간에 비유전율 $\varepsilon_s = 2\varepsilon_0$인 유전체를 채우면 변경된 커패시터의 정전용량[F]은?



① $\frac{1}{6}C_0$
② $\frac{3}{6}C_0$
③ $\frac{5}{6}C_0$
④ $\frac{7}{6}C_0$

정답 4번

간단한 해설

세 영역은 같은 두 극판 사이에 나란히 놓여 **병렬로 연결**된 것으로 본다. 각 영역의 정전용량을 더하면 변경된 정전용량은 $\frac{7}{6}C_0$ F이다.

NoteBase

계산 과정

전체 판 면적을 S, 판 사이 간격을 d라 하자. 가장자리 효과를 무시하는 평행판 모델에서 정전용량은 $C = \frac{\varepsilon A}{d}$ 이므로, 처음 공기 커패시터의 정전용량은 $C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$이다. 그림의 세 영역은 각각 면적이 $\frac{S}{3}$이고 판 사이 간격이 같다. 또한 같은 두 극판에 접하여 **각 영역에 걸리는 전압이 같으므로 병렬 연결**로 계산한다.

왼쪽 공기 영역: 유전율은 ε_0이고 면적만 전체의 1/3이므로, 정전용량은 $C_1 = \frac{1}{3}C_0$이다.

가운데 유전체 영역: 그림에 주어진 유전율은 $\frac{1}{2}\varepsilon_0$이다. 정전용량은 **유전율과 판 면적에 각각 비례**하므로, $C_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3}C_0 = \frac{1}{6}C_0$이다.

오른쪽 유전체 영역: 유전율은 $2\varepsilon_0$, 면적은 $\frac{S}{3}$이므로, 정전용량은 $C_3 = 2 \cdot \frac{1}{3}C_0 = \frac{2}{3}C_0$이다.

전체 정전용량: 병렬 연결에서는 같은 전압에서 각 영역에 저장되는 전하량이 더해지므로 $C = C_1 + C_2 + C_3$ 이다. 따라서 $C = \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{2}{3}\right)C_0$이며, 변경된 정전용량은 $\frac{7}{6}C_0$ F로 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 4. 두 점자극 사이의 거리를 $\frac{1}{4}$배로 변경하고, 그 자기량을 각각 $\frac{1}{2}$배, 4배로 조정하면 작용하는 힘은?

① 4배로 된다.

② 8배로 된다.

③ 16배로 된다.

④ 32배로 된다.

정답 4번

간단한 해설

두 점자극 사이의 힘은 자기량의 곱에 비례하고 **거리의 제곱에 반비례**한다. 자기량 변화로 힘이 2배, 거리 변화로 16배가 되어 전체적으로 처음의 32배가 된다.

계산 과정

두 점자극의 자기량의 크기를 m_1, m_2, 거리를 r, 처음 힘의 크기를 F라 하자. 자기력에 관한 쿨롱 법칙에 따라 $F = k\frac{m_1 m_2}{r^2}$이다. 여기서 k는 매질에 따른 비례상수이며, 매질은 변하지 않는 것으로 본다.

자기량의 변화: 두 자기량을 각각 $\frac{1}{2}$배와 4배로 바꾸면 자기량의 곱은 $\frac{1}{2} \cdot 4 = 2$배가 된다. 거리가 같다면 힘의 크기도 2배가 된다.

거리의 변화: 거리가 $\frac{1}{4}$배가 되면 거리의 제곱은 $\left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}$배가 된다. 힘은 **거리의 제곱에 반비례**하므로, 이 변화만으로는 힘이 16배가 된다.

두 변화의 결합: 바뀐 힘의 크기를 F'라 하면 $\frac{F'}{F} = 2 \cdot 16 = 32$이다. 따라서 힘의 크기는 처음의 32배가 되며, 이는 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 5. 물질 내부에 침투하는 빛에 의해 발생한 전자의 반은 표면에, 나머지 반은 내부로 확산하는 현상은?

① 쇼트키(Schottky) 효과

② 콤프턴(Compton) 효과

③ 체적 광전 효과

④ 표면 광전 효과

정답 3번

간단한 해설

빛이 물질 **내부에서 흡수**되어 전자가 에너지를 얻고 표면 쪽과 내부 쪽으로 이동하는 현상을 체적 광전 효과라고 한다. 전자가 에너지를 얻는 장소가 물질 내부라는 점이 핵심이다.

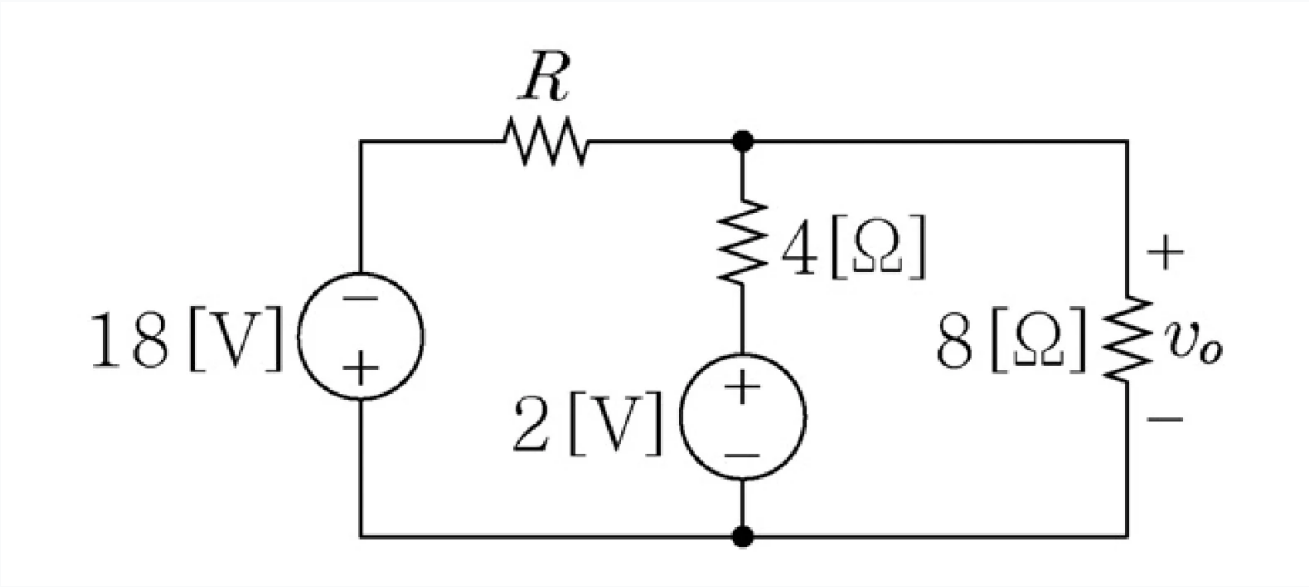
공통 해설

체적 광전 효과는 물질 내부로 침투한 빛이 흡수되어 내부의 전자가 에너지를 얻는 현상이다. 이렇게 에너지를 얻은 전자를 광전자라고 하며, 광전자는 표면을 향하거나 물질의 더 깊은 쪽으로 이동할 수 있다. 문항의 '반은 표면에, 나머지 반은 내부로 확산'한다는 설명은 이러한 두 방향의 이동을 나타낸다.

판단 기준은 **빛에 의한 전자의 여기 위치가 물질 내부**라는 점이다. 여기란 전자가 에너지를 받아 더 높은 에너지 상태가 되는 것을 뜻한다. 표면 광전 효과는 표면에서의 빛과 전자의 상호작용을 다루므로, 내부에서 에너지를 얻은 뒤 이동한다는 이 문항의 설명과 구별된다. 따라서 주어진 현상의 명칭은 체적 광전 효과이다. 표면 쪽으로 향한 전자가 모두 외부로 방출되는 것은 아니며, 실제로 방출되려면 표면의 에너지 장벽을 넘을 수 있어야 한다.

NoteBase

문 6. 그림과 같은 회로에서 $v_o = -4[V]$일 때 R의 값은?



① 5 [Ω]

② 6 [Ω]

③ 7 [Ω]

④ 8 [Ω]

정답 3번

간단한 해설

아래쪽 공통 노드를 0 V로 잡으면 두 전원 위쪽의 전위는 각각 −18 V와 +2 V이다. 4 Ω 가지와 8 Ω 가지에서 위쪽 노드로 들어오는 전류의 합은 **2 A**이고, 이 전류가 전압 차 14 V인 저항을 통해 흐르므로 저항값은 7 Ω이다.

NoteBase

계산 과정

1. 노드 전위와 전원 극성: 아래쪽 공통 노드를 기준 전위 0 V로 둔다. 8 Ω 저항에 표시된 전압의 기준은 위쪽이 +, 아래쪽이 −이므로 위쪽 공통 노드의 전위는 $v_o = -4\text{V}$이다. 왼쪽 18 V 전원은 **아래쪽이 +, 위쪽이 −**이므로 R의 왼쪽 끝 전위는 −18 V이다. 가운데 2 V 전원은 위쪽이 +이므로 4 Ω 저항의 아래쪽 끝 전위는 +2 V이다.

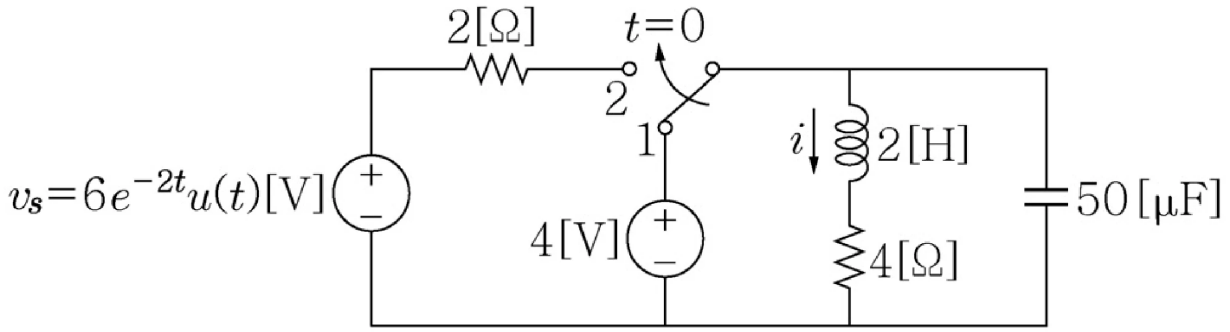
2. 각 가지에서 들어오는 전류: 저항 전류는 전위가 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 흐르며, 크기는 양 끝의 전위 차를 저항으로 나누어 구한다. 4 Ω 저항에서는 +2 V인 아래쪽에서 −4 V인 위쪽으로 $I_4 = \frac{2-(-4)}{4} = 1.5\text{A}$가 흐른다. 8 Ω 저항에서는 0 V인 아래쪽에서 −4 V인 위쪽으로 $I_8 = \frac{0-(-4)}{8} = 0.5\text{A}$가 흐른다.

3. R의 전류와 저항값: 키르히호프 전류 법칙에 따라 **노드로 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합은 같다**. 두 가지에서 위쪽 노드로 들어온 전류는 모두 R을 통해 왼쪽으로 흐르므로 $I_R = I_4 + I_8 = 1.5 + 0.5 = 2\text{A}$이다. R의 오른쪽 끝은 −4 V, 왼쪽 끝은 −18 V이므로 전류 방향의 전압 강하는 14 V이다. 옴의 법칙으로 $R = \frac{(-4)-(-18)}{2} = 7\Omega$를 얻는다.

따라서 R은 7 Ω이며 ③의 값과 일치한다.

NoteBase

문 7. 회로에서 스위치가 1의 위치로 정상상태에 머물러 있다가 $t = 0$인 순간 2의 위치로 바뀌었다. $t = 0$일 때와 $t = \infty$일 때(즉, 스위치의 위치가 2인 상태로 정상상태에 도달했을 때) 각각 인덕터를 통해 흐르는 전류 $i(0)$와 $i(\infty)$의 값은?



① $i(0) = 1[A], i(\infty) = 0[A]$

② $i(0) = 1[A], i(\infty) = 1[A]$

③ $i(0) = 0[A], i(\infty) = 0[A]$

④ $i(0) = 0[A], i(\infty) = 1[A]$

정답 1번

간단한 해설

스위치를 바꾸기 전 전류는 4 V 전원과 4 Ω 저항에 의해 1 A이며, **인덕터 전류는 순간적으로 변하지 않으므로** $i(0) = 1$A이다. 이후 연결되는 전원의 전압은 시간이 지나면 0 V로 수렴하므로, 저장된 에너지가 소모된 정상상태에서는 $i(\infty) = 0$A이다.

NoteBase

계산 과정

스위치 전환 전: 위치 1에서는 4 V 직류 전원이 인덕터와 4 Ω 저항의 직렬 가지에 연결된다. 직류 정상상태에서는 전류가 일정하여 인덕터의 전압이 0 V이므로 **인덕터를 단락으로 취급**한다. 따라서 그림의 아래쪽 화살표 방향으로 흐르는 전류는 $i(0^-) = \frac{4}{4} = 1\text{A}$이다.

스위치 전환 순간: 인덕터는 $v_L = L\frac{di}{dt}$의 관계를 따르므로, 유한한 전압에서는 **전류가 불연속적으로 바뀔 수 없다**. 따라서 전환 직후에도 $i(0^+) = i(0^-) = 1\text{A}$이며, 문제의 $i(0)$는 1 A이다. 위치 2에 연결된 전원의 전압이 전환 순간 6 V이더라도 인덕터 전류가 즉시 바뀌지는 않는다.

전환 후 정상상태: 위치 2에서는 4 V 전원이 회로에서 분리되고, $v_s = 6e^{-2t}u(t)$ V인 전원이 2 Ω 저항을 거쳐 연결된다. 시간이 충분히 지나면 이 전압은 0 V로 수렴한다. 최종 정상상태에서 인덕터는 단락, 커패시터는 개방으로 취급하므로 전류 경로의 저항은 2 + 4 = 6 Ω이다. 저항에서 저장 에너지가 소모되고 **전류를 유지할 전원 전압이 남지 않으므로** $i(\infty) = \frac{0}{2+4} = 0\text{A}$이다.

따라서 $i(0) = 1\text{A}$, $i(\infty) = 0\text{A}$로, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 8. pn 접합 다이오드에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① p영역에서의 소수 캐리어는 전자이다.

② 순바이어스 상태에서 과잉 소수 캐리어의 농도는 공핍층의 가장자리에서 가장 높다.

③ 순바이어스 상태에서는 확산전류와 드리프트 전류의 크기가 같다.

④ 드리프트 전류의 크기는 바이어스 전압의 크기와 무관하다.

정답 3번

간단한 해설

순바이어스를 가하면 전위 장벽이 낮아져 **확산전류가 드리프트 전류보다 커진다**. 두 전류의 크기가 같아 서로 상쇄되는 것은 외부 바이어스가 없는 열평형 상태이다.

선지별 해설

① O: p영역은 정공이 전자보다 많은 반도체이므로 다수 캐리어는 정공이고 **소수 캐리어는 전자**이다. n영역에서는 반대로 전자가 다수 캐리어이고 정공이 소수 캐리어이다.

② O: 순바이어스에서는 n영역의 전자가 p영역으로, p영역의 정공이 n영역으로 주입되어 각각 소수 캐리어가 된다. 평형 농도보다 늘어난 부분을 과잉 소수 캐리어 농도라고 하며, 이는 **공핍층과 중성 영역의 경계에서 가장 높다**. 주입된 캐리어가 중성 영역 안쪽으로 확산하면서 재결합하므로 접합에서 멀어질수록 과잉 농도가 감소한다.

③ X: 확산전류는 캐리어의 농도 차이로, 드리프트 전류는 전기장에 의한 이동으로 생긴다. 외부 바이어스가 없는 열평형에서는 두 전류가 크기는 같고 방향은 반대여서 순전류가 0이다. 순바이어스에서는 전위 장벽이 낮아져 접합을 넘는 캐리어가 증가하므로 **확산전류가 드리프트 전류보다 크다**. 따라서 두 전류의 크기가 같다는 설명은 열평형 상태에 해당하도록 고쳐야 한다.

④ O: 여기서 드리프트 전류는 열적으로 생성된 소수 캐리어가 공핍층 전기장에 의해 쓸려 가며 만드는 역방향 전류 성분을 뜻한다. 일정한 온도의 이상적 pn 접합 모형에서는 이 성분의 크기가 주로 소수 캐리어의 공급에 의해 제한되므로, **바이어스 전압에 거의 무관한 값**으로 취급한다. 이는 모든 반도체의 드리프트 전류가 전기장과 무관하다는 뜻은 아니며, 항복이나 공핍층 내 생성·재결합 등의 효과는 제외한 설명이다.

NoteBase

문 9. 세 개의 입력 비트들의 합을 계산하는 조합회로를 전가산기라 한다. 전가산기의 출력은 합에 해당하는 S와 캐리에 해당하는 C가 있다. 전가산기의 입력을 x, y, z라 할 때 S와 C 각각의 부울함수로 옳은 것은?

① $S = \overline{xyz} + \overline{x}yz + x\overline{y}z + xy\overline{z},\ C = xy + xz + yz$

② $S = \overline{x}yz + xyz + xy\overline{z} + x\overline{y}z,\ C = xy + xz + yz$

③ $S = x\overline{y}z + xy\overline{z} + \overline{xyz} + \overline{x}yz,\ C = \overline{x}y + \overline{x}z + yz$

④ $S = \overline{xy}z + \overline{x}y\overline{z} + x\overline{yz} + xyz,\ C = xy + xz + yz$

정답 4번

간단한 해설

전가산기의 합 비트 S는 입력 중 1이 **홀수 개**일 때 1이다. 캐리 C는 입력 중 1이 **2개 이상**일 때 1이므로, 어느 두 입력이 함께 1인지 나타내는 세 곱항을 OR로 연결한다.

구성 요소별 해설

전가산기는 세 입력 비트를 산술적으로 더한 결과를 두 비트 CS로 나타낸다. C는 2의 자리, S는 1의 자리이므로 산술 관계는 $x + y + z = 2C + S$이다. 예를 들어 입력이 1, 1, 0이면 합은 이진수 10이므로 C = 1, S = 0이다. 아래 부울식에서 +는 OR, 곱은 AND, 윗줄은 NOT을 뜻한다.

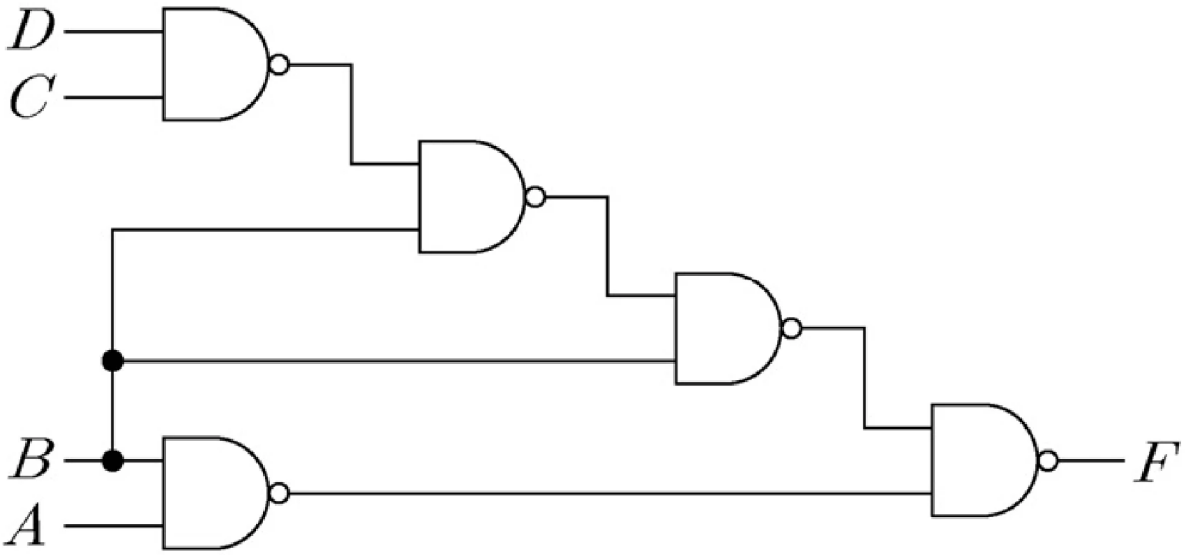
S: 합의 1의 자리 비트이므로 **입력 중 1의 개수가 1개 또는 3개**일 때 1이다. 따라서 입력 (x, y, z)가 001, 010, 100, 111인 경우를 각각 곱항으로 나타내어 OR로 연결하면 $S = \overline{xy}z + \overline{x}y\overline{z} + x\overline{yz} + xyz$이다. 예를 들어 $\overline{xy}z$는 입력이 001일 때만 1이 되는 항이다.

C: 세 입력의 산술 합이 2 또는 3이면 윗자리로 1이 올라간다. 즉 **어느 두 입력이라도 함께 1**이면 캐리가 발생한다. x와 y, x와 z, y와 z가 함께 1인 조건을 OR로 연결하므로 $C = xy + xz + yz$이다. 입력이 111일 때는 세 곱항이 모두 1이지만, OR 연산의 결과는 여전히 1이다.

이 두 부울함수를 함께 제시한 것은 ④이다.

NoteBase

문 10. 그림과 같은 논리회로의 출력 F에 대한 부울함수로 옳은 것은?



① $F = A(B + CD) + B\overline{C}$

② $F = B(A + CD)$

③ $F = A(B + CD + \overline{C})$

④ $F = \overline{B}(A + CD)$

정답 2번

간단한 해설

마지막 NAND 게이트에서 두 입력을 곱한 뒤 반전하면, 앞 단계의 반전된 항이 **논리합**으로 합쳐진다. 출력은 $F = AB + BCD = B(A + CD)$이다.

NoteBase

계산 과정

그림의 게이트는 모두 AND 기호의 출력에 작은 원이 붙은 **NAND 게이트**이다. 두 입력을 논리곱한 뒤 반전하므로 입력이 P, Q이면 출력은 $\overline{PQ}$이다. 부울식에서 곱은 AND, +는 OR, 윗줄은 NOT을 뜻한다.

위쪽 첫 게이트: C와 D를 입력받으므로 출력을 X라 두면 $X = \overline{CD}$이다.

위쪽 두 번째 게이트: X와 B를 입력받는다. 출력을 Y라 두면 $Y = \overline{BX}$이다. 드모르간 법칙과 이중 부정을 적용하면 $Y = \overline{B} + CD$가 된다.

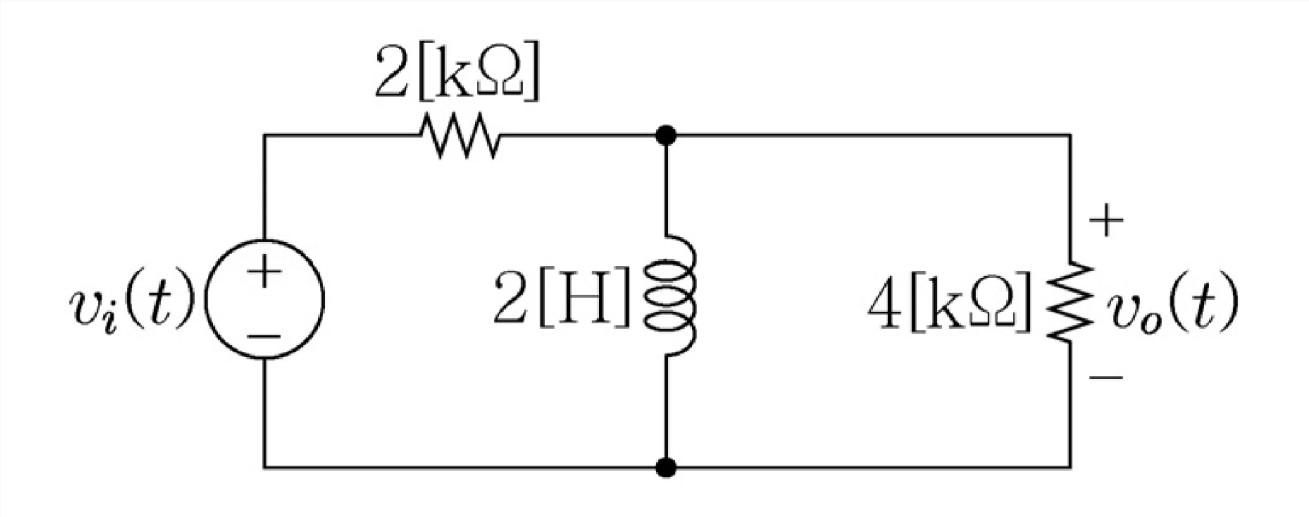
가운데 오른쪽 게이트: Y와 B를 입력받는다. 두 입력의 논리곱은 $BY = B(\overline{B} + CD)$이다. **서로 보수인 값의 논리곱은 0**이므로 $B\overline{B} = 0$을 적용하면 $BY = BCD$이다. 따라서 이 게이트의 출력 Z는 $Z = \overline{BCD}$이다.

아래쪽 첫 게이트: A와 B를 입력받으므로 출력을 W라 두면 $W = \overline{AB}$이다.

마지막 게이트: Z와 W를 입력받으므로 $F = \overline{ZW}$이다. 드모르간 법칙으로 $F = \overline{Z} + \overline{W}$가 되고, 앞에서 구한 출력을 대입하면 $F = BCD + AB$이다. **공통 인수 B를 묶으면** $F = B(A + CD)$가 되며, 이는 ②의 식과 일치한다.

NoteBase

문 11. 그림과 같은 회로의 기능으로 옳은 것은?



① 저역 통과 필터(Low Pass Filter)

② 고역 통과 필터(High Pass Filter)

③ 전역 통과 필터(All Pass Filter)

④ 대역 통과 필터(Band Pass Filter)

정답 2번

간단한 해설

출력단과 병렬로 연결된 인덕터는 저주파에서 임피던스가 작아 출력 전압을 낮추고, 고주파에서는 임피던스가 커져 출력 전압이 나타나게 한다. 따라서 **저주파를 감쇠시키고 고주파를 통과시키는** 특성을 갖는다.

공통 해설

그림에서 2 H 인덕터와 4 kΩ 저항은 병렬이며, 출력은 이 병렬 부분의 양단 전압이다. 이상적인 인덕터의 리액턴스는 $X_L = 2\pi fL$이므로, 주파수 f가 높아질수록 인덕터의 임피던스 크기가 커진다.

직류와 매우 낮은 주파수에서는 인덕터가 거의 단락처럼 작용한다. 인덕터가 출력의 위아래 두 단자를 낮은 임피던스로 연결하므로 **출력 전압은 0에 가까워진다**.

주파수가 충분히 높아지면 인덕터의 임피던스가 커져 그쪽으로 흐르는 전류가 작아진다. 이때 회로는 2 kΩ과 4 kΩ 저항의 직렬 분압 회로에 가까워지므로, 출력은 0이 아닌 일정한 분압 전압에 가까워진다. 이처럼 **낮은 주파수는 억제하고 높은 주파수는 통과시키는** 주파수 응답이 고역 통과 필터의 특성이다.

NoteBase

문 12. 10진수 3_{10}의 4비트 BCD 코드를 초과 3 코드(Excess-3 code)로 변환하고, 다시 그레이 코드(Gray code)로 변환하였을 때의 값은?

① 0100

② 1100

③ 1010

④ 0101

정답 4번

간단한 해설

BCD 코드 0011에 3을 더하면 초과 3 코드는 0110이다. 이 비트열의 **최상위 비트는 유지하고 인접한 원래 비트끼리 XOR**하면 그레이 코드는 0101이 된다.

계산 과정

1. BCD 코드 확인: BCD 코드는 10진수의 각 자릿수를 4비트로 표현한다. 10진수 3의 BCD 코드는 0011이다.

2. 초과 3 코드로 변환: 초과 3 코드는 각 10진 숫자에 **3을 더한 값을 4비트로 표현**한 코드이다. 따라서 BCD 코드 0011에 3의 이진 표현인 0011을 더한다. 이진수 덧셈 0011 + 0011 = 0110에 따라 초과 3 코드는 0110이다.

3. 그레이 코드로 변환: 변환할 비트열 0110의 최상위 비트 0은 그대로 둔다. 나머지 각 비트는 **변환 전 비트열에서 바로 왼쪽 비트와 해당 비트의 XOR**로 구한다. XOR는 두 비트가 같으면 0, 다르면 1이다. 왼쪽부터 0 XOR 1 = 1, 1 XOR 1 = 0, 1 XOR 0 = 1이므로 최상위 비트까지 합친 그레이 코드는 0101이다.

변환 결과 0101은 ④의 값과 일치한다.

NoteBase

문 13. 만일 내부 코일 저항이 20[Ω]이라면, 2[kHz], 10[V] 전원에 연결된 30[mH] 코일의 품질계수 Q의 값은?

① 3π

② 3

③ 6π

④ 6

정답 3번

간단한 해설

코일의 품질계수는 **유도성 리액턴스와 내부 저항의 비**로, $Q = \frac{2\pi fL}{R}$이다. 주어진 값을 대입하면 $Q = 6\pi$이며 단위는 없다.

계산 과정

코일을 인덕턴스 L과 내부 저항 R의 직렬회로로 나타내면, 품질계수는 $Q = \frac{X_L}{R}$이다. 여기서 $X_L = 2\pi fL$은 주파수 f에서 코일이 갖는 유도성 리액턴스이다. 품질계수는 **저항에 의한 손실에 비해 유도성 성질이 얼마나 큰지**를 나타낸다.

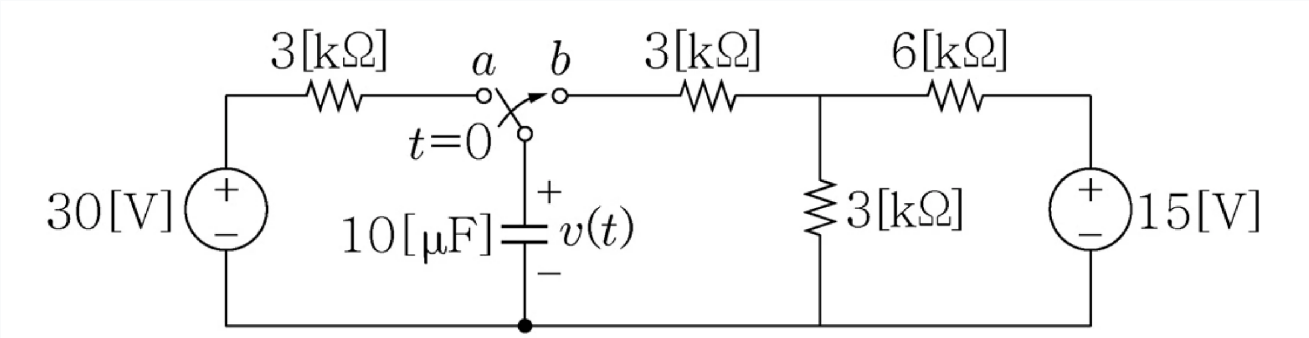
단위를 맞추면 f = 2 kHz = 2,000 Hz, L = 30 mH = 0.03 H이며, 내부 저항은 R = 20 Ω이다.

먼저 유도성 리액턴스를 구하면 $X_L = 2\pi \cdot 2{,}000 \cdot 0.03 = 120\pi\Omega$이다. 이는 내부 저항과 구별되는, 코일의 유도 작용에 따른 교류 저항 성분이다.

따라서 $Q = \frac{120\pi}{20} = 6\pi$로, ③의 값과 일치한다. 리액턴스와 저항의 단위가 모두 Ω이므로 Q는 **단위가 없는 비**이다. 주어진 코일 모델에서 전원 전압 10 V는 이 비에 영향을 주지 않는다.

NoteBase

문 14. 그림과 같은 회로에서 스위치는 오랫동안 단자 a에 있었고, $t = 0$에서 단자 b로 이동하였다. $t \geq 0$일 때 전압 $v(t)$의 값은?



① $(25 + 5e^{-10t})$ [V]

② $(15 + 30e^{-10t})$ [V]

③ $(30 + 5e^{-20t})$ [V]

④ $(5 + 25e^{-20t})$ [V]

정답 4번

간단한 해설

커패시터 전압은 스위치 전환 직후에도 **30 V를 유지**하며, 이후 오른쪽 회로의 분압 전압인 5 V로 수렴한다.
등가저항이 5 kΩ이므로 **시정수는 0.05초**이고, 전압은 $v(t) = 5 + 25e^{-20t}$ [V]로 변한다.

NoteBase

계산 과정

초기 전압: 스위치가 a에 오랫동안 있었으므로 커패시터는 직류 정상상태에 있다. 커패시터에 전류가 흐르지 않아 왼쪽 3 kΩ 저항의 전압 강하가 0이므로, 그림의 위쪽을 양(+)으로 한 전압은 30 V이다. **커패시터 전압은 순간적으로 바뀌지 않으므로** $v(0^-) = v(0^+) = 30\text{V}$이다.

최종 전압: 스위치가 b로 이동한 뒤 충분한 시간이 지나면 커패시터 전류가 다시 0이 된다. b 바로 오른쪽의 3 kΩ 저항에도 전류가 흐르지 않으므로, 커패시터 전압은 세로 3 kΩ 저항의 양단 전압과 같다. 15 V 전원에 연결된 6 kΩ과 세로 3 kΩ의 분압을 적용하면 $v(\infty) = 15 \cdot \frac{3}{6+3} = 5\text{V}$이다.

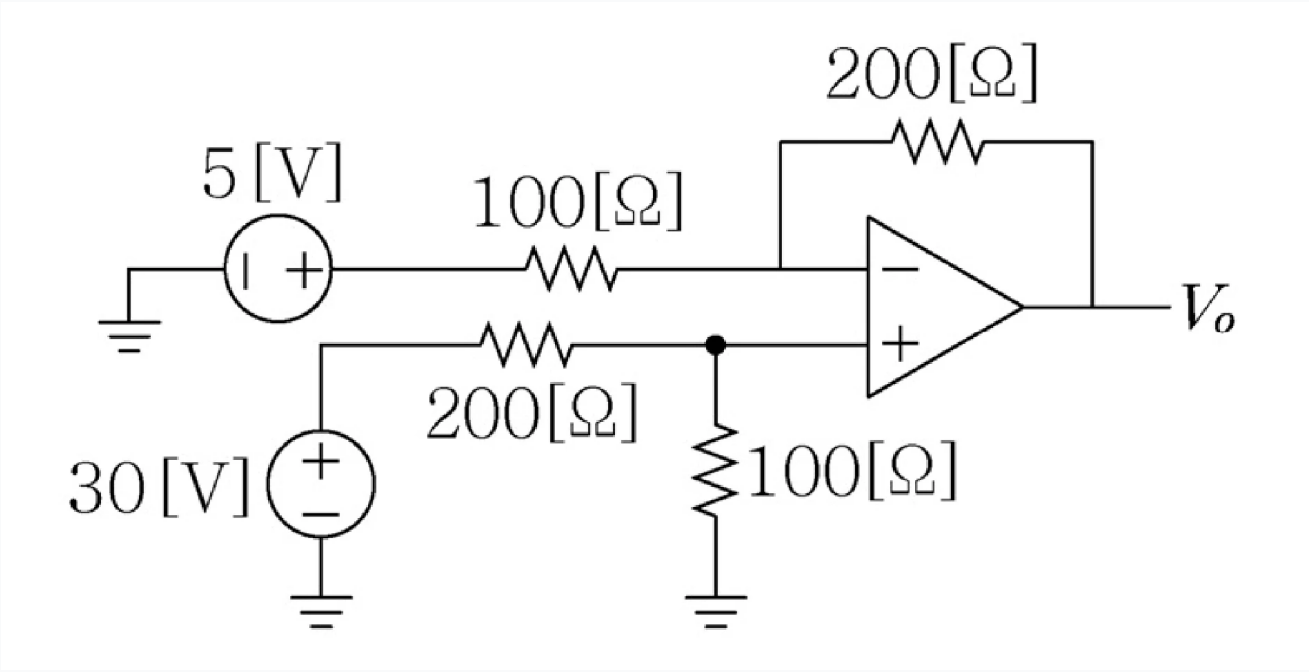
등가저항: 시정수를 구할 때는 스위치를 b에 둔 상태에서 커패시터를 떼어 내고, **독립 전압원인 15 V 전원을 단락**한 뒤 커패시터 단자에서 본 저항을 구한다. b 바로 오른쪽의 3 kΩ은 세로 3 kΩ과 6 kΩ의 병렬연결에 직렬로 연결된다. 따라서 $R_{\text{th}} = 3 + \frac{3 \cdot 6}{3+6} = 5\text{k}\Omega$이다. 왼쪽 30 V 전원과 저항은 스위치가 b에 있을 때 분리되어 있으므로 포함하지 않는다.

시정수: 커패시터가 하나인 이 RC 회로의 시정수는 $\tau = R_{\text{th}}C$이다. 5 kΩ = 5000 Ω, 10 μF = 0.00001 F이므로 $\tau = 5000 \cdot 0.00001 = 0.05\text{s}$이다. 이는 초기 전압과 최종 전압의 차이가 처음의 e^{-1}배로 줄어드는 데 걸리는 시간이다.

전압식: 1차 RC 회로의 전압은 **최종 전압에 초기 전압과 최종 전압의 차이가 지수적으로 감소하는 항**을 더한 형태이다. 초기 전압을 v_i, 최종 전압을 v_f라 하면 $v(t) = v_f + (v_i - v_f)e^{-t/\tau}$이다. 여기서 전압 차이는 30 − 5 = 25 V이고, $t/\tau = 20t$이므로 $v(t) = 5 + 25e^{-20t}$ [V]이다. t의 단위는 초이며, 이 식은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 15. 그림과 같은 회로에서 전압 V_o의 값은? (단, 연산증폭기 특성은 이상적임)



① 15[V]

② 20[V]

③ 22[V]

④ 25[V]

정답 2번

간단한 해설

아래쪽 분압 회로가 비반전 입력을 10 V로 만들며, 음의 되먹임에 의해 반전 입력도 **10 V**가 된다. 반전 입력에서 5 V 전원 쪽으로 흐르는 전류를 출력이 공급해야 하므로 출력 전압은 **20 V**이다.

NoteBase

계산 과정

회로 조건: 비반전 입력 전압을 V_+, 반전 입력 전압을 V_-라 하자. 출력이 200 Ω 저항을 거쳐 반전 입력으로 연결되어 음의 되먹임이 걸린다. 이상적인 연산증폭기가 선형 동작하므로 **두 입력 단자의 전압이 같고**, 각 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다.

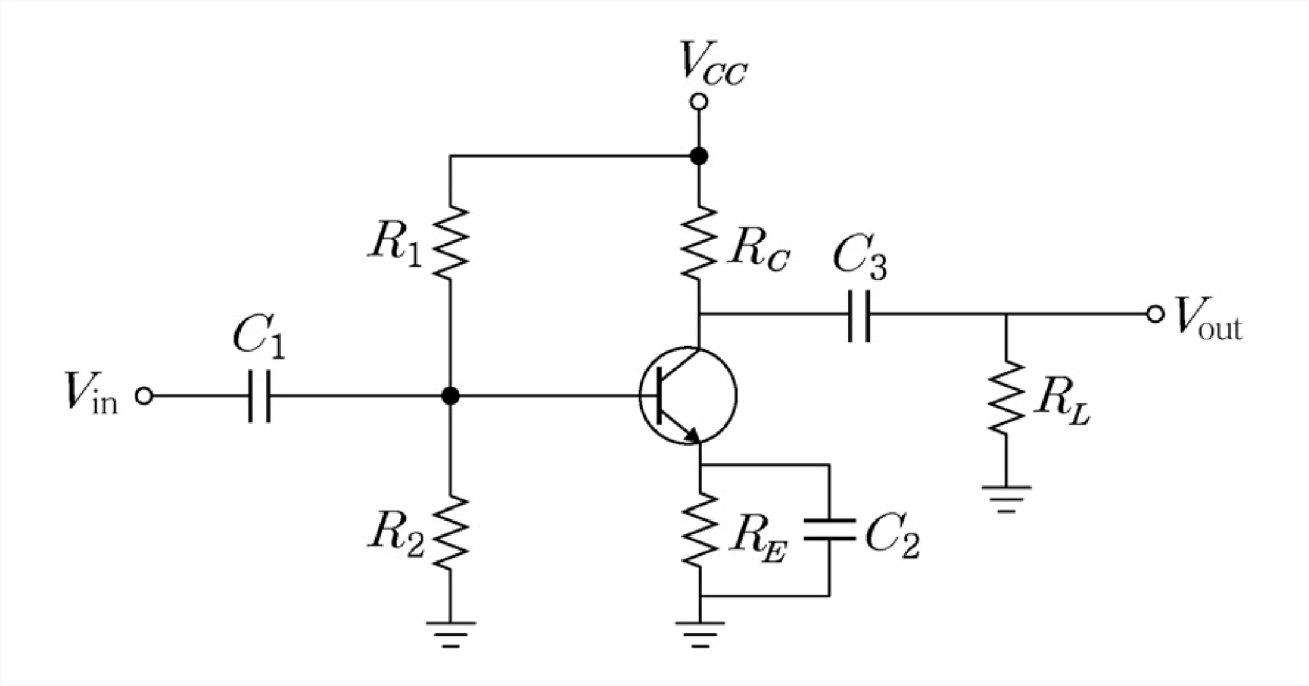
비반전 입력 전압: 아래쪽 30 V 전원에 연결된 200 Ω과 접지 쪽 100 Ω은 분압 회로를 이룬다. 입력 전류가 0이므로 두 저항에는 같은 전류가 흐르며, 비반전 입력 전압은 **접지 쪽 100 Ω에 걸리는 전압**이다. 따라서 $V_+ = 30 \cdot \frac{100}{200+100} = 10\text{V}$이고, $V_- = 10\text{V}$이다.

반전 입력 쪽 전류: 위쪽 5 V 전원은 양극이 100 Ω 저항 쪽에 있으므로 저항 왼쪽 전압은 5 V이다. 반전 입력의 10 V가 더 높으므로 전류는 **반전 입력 접점에서 5 V 전원 쪽으로** 흐른다. 그 크기는 $I = \frac{10-5}{100} = 0.05\text{A}$이다.

출력 전압: 반전 입력 단자로 들어가는 전류가 0이므로, 출력에서 되먹임 저항 200 Ω을 통해 접점으로 들어오는 전류도 0.05 A이다. 이 저항에서 출력 쪽 전압이 접점보다 200 × 0.05 = 10 V 높아야 한다. 따라서 $V_o = 10 + 200 \cdot 0.05 = 20\text{V}$로, ②의 20 V와 일치한다.

NoteBase

문 16. 그림의 회로에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?



① 1보다 큰 전압이득을 갖는다.

② C_2를 제거하면 전압이득이 증가한다.

③ 입출력 신호의 위상이 반대다.

④ C_1은 V☒☒에 포함된 DC 성분을 차단한다.

정답 2번

간단한 해설

C_2는 이미터 저항을 교류적으로 우회시켜 이득을 높이는 **바이패스 커패시터**이다. 이를 제거하면 이미터 저항에 의한 부귀환이 커져 전압이득의 크기는 **증가하지 않고 감소한다**.

NoteBase

선지별 해설

그림은 베이스에 입력하고 컬렉터에서 출력하는 공통 이미터 증폭기이다. 트랜지스터가 활성영역에서 작은 신호를 증폭하고, 결합·바이패스 커패시터를 교류적으로 단락으로 볼 수 있는 중간 주파수 대역을 기준으로 판단한다.

① O: 공통 이미터 회로는 작은 베이스-이미터 전압 변화를 컬렉터 전류 변화로 바꾸고, 이를 컬렉터 측 저항의 전압 변화로 변환하여 전압을 증폭한다. 통상적인 전압 증폭용 설계에서는 **전압이득의 크기가 1보다 크다**. 여기서 1보다 크다는 것은 입출력 진폭의 비를 뜻하며, 실제 크기는 동작점과 저항값·부하에 따라 달라진다.

② X: C_2는 이미터 저항 R_E에 병렬로 연결되어 교류 신호가 저항을 우회하게 한다. C_2를 제거하면 이미터 전류가 증가할 때 이미터 전압도 올라가 베이스-이미터 전압의 증가를 억제한다. 이 **부귀환이 커지므로 전압이득의 크기는 감소한다**. 따라서 선지의 '증가한다'는 '감소한다'로 고쳐야 한다.

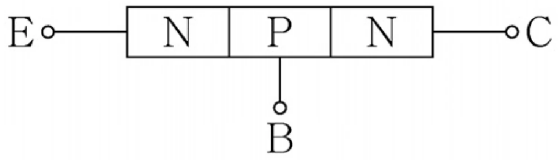
③ O: 입력 전압이 올라가면 컬렉터 전류가 증가하여 컬렉터 저항 R_C의 전압 강하가 커지고, 컬렉터 전압은 내려간다. 입력이 내려갈 때는 반대로 출력이 올라가므로 입출력 신호는 **180°의 위상차**를 갖는다.

④ O: 입력에 직렬로 연결된 C_1은 **입력 결합 커패시터**이다. 정상상태에서 직류 전류를 통과시키지 않으므로 입력에 포함된 DC 성분을 차단하고, 신호 주파수에서 교류 성분을 베이스로 전달한다. 이에 따라 입력의 DC 성분이 저항 R_1, R_2로 설정한 베이스 바이어스에 영향을 주는 것을 막는다.

NoteBase

문 17. <보기>와 같이 NPN 트랜지스터 동작모드에 대한 응용회로 ㉠, ㉡을 순서대로 표현한 것으로 옳은 것은?

<보기>



바이어스	응용회로
$V_{BE} > 0,\ \ V_{BC} < 0$	㉠
$V_{BE} > 0,\ \ V_{BC} > 0$	㉡

① ㉠: 증폭기, ㉡: 닫힌 스위치

② ㉠: 증폭기, ㉡: 개방 스위치

③ ㉠: 닫힌 스위치, ㉡: 개방 스위치

④ ㉠: 개방 스위치, ㉡: 증폭기

정답 1번

간단한 해설

㉠은 베이스–이미터 접합이 순방향, 베이스–컬렉터 접합이 역방향 바이어스인 **활성 영역**이므로 증폭기로 이용한다. ㉡은 두 접합이 모두 순방향 바이어스인 **포화 영역**이므로 닫힌 스위치로 이용한다.

NoteBase

대응 관계 해설

NPN 트랜지스터에서 베이스 B는 P형이고 이미터 E와 컬렉터 C는 N형이다. 전압의 정의는 $V_{BE} = V_B - V_E$, $V_{BC} = V_B - V_C$이다. PN 접합은 P형 쪽 전위가 N형 쪽보다 높으면 순방향, 낮으면 역방향 바이어스가 된다.

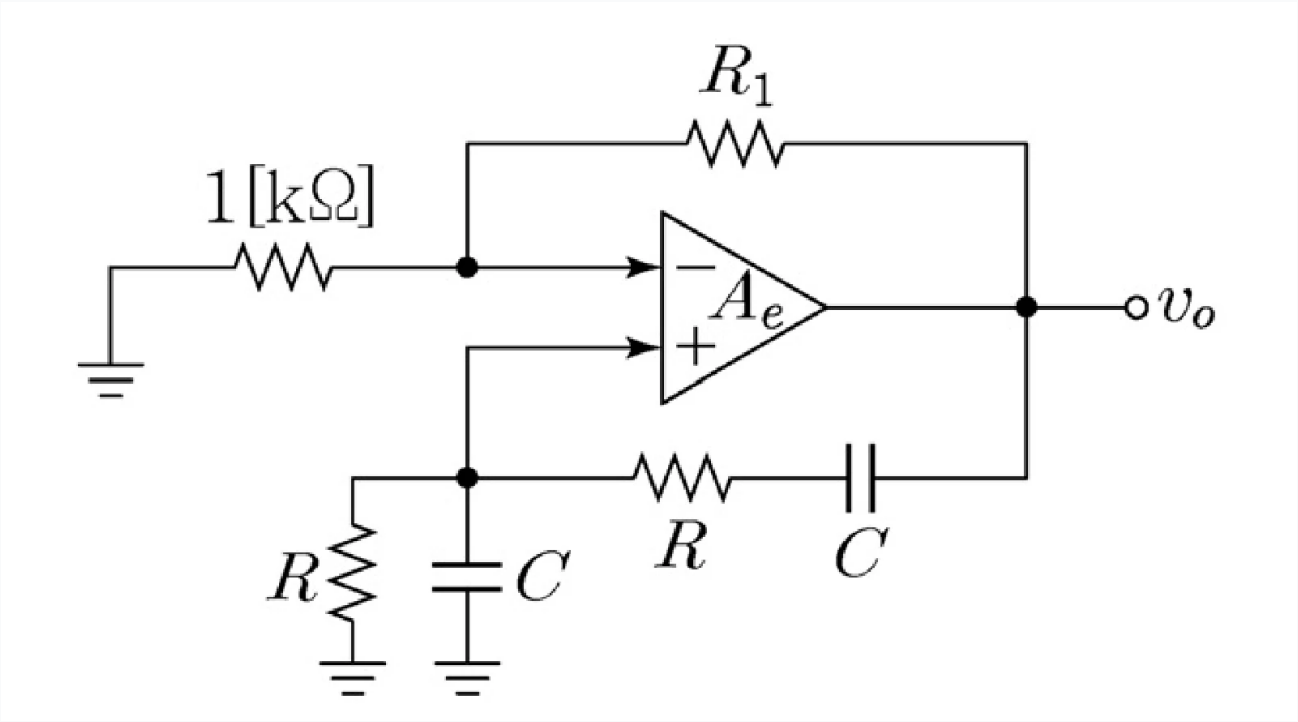
㉠: 증폭기. $V_{BE} > 0$이므로 베이스–이미터 접합은 순방향이고, $V_{BC} < 0$이므로 베이스–컬렉터 접합은 역방향이다. 이는 **순방향 활성 영역**의 바이어스 조건이다. 이 영역에서는 작은 베이스 전류의 변화로 더 큰 컬렉터 전류의 변화를 제어할 수 있어 신호 증폭에 이용한다.

㉡: 닫힌 스위치. $V_{BE} > 0$, $V_{BC} > 0$이므로 **두 접합이 모두 순방향**인 포화 영역이다. 포화 상태에서는 컬렉터–이미터 사이의 전압이 작고 전류가 흐르므로 켜진 상태, 즉 닫힌 스위치에 대응한다. 개방 스위치는 컬렉터 전류가 거의 흐르지 않는 차단 상태에 대응하므로 포화 상태와 구별한다.

㉠은 증폭기, ㉡은 닫힌 스위치이므로 ①의 대응과 일치한다.

NoteBase

문 18. 그림의 빈 브리지 발진회로에서 발진하기 위한 R_1의 값은?



① 0.5 [kΩ]

② 1 [kΩ]

③ 1.5 [kΩ]

④ 2 [kΩ]

정답 4번

간단한 해설

빈 브리지의 RC 회로는 발진 주파수에서 출력의 1/3을 되먹임하므로, 이를 보상하는 **증폭기 이득은 3**이어야 한다. 비반전 증폭기의 이득 관계 $1 + \frac{R_1}{1\mathrm{k}\Omega} = 3$을 적용하면 R_1은 2 kΩ이다.

NoteBase

계산 과정

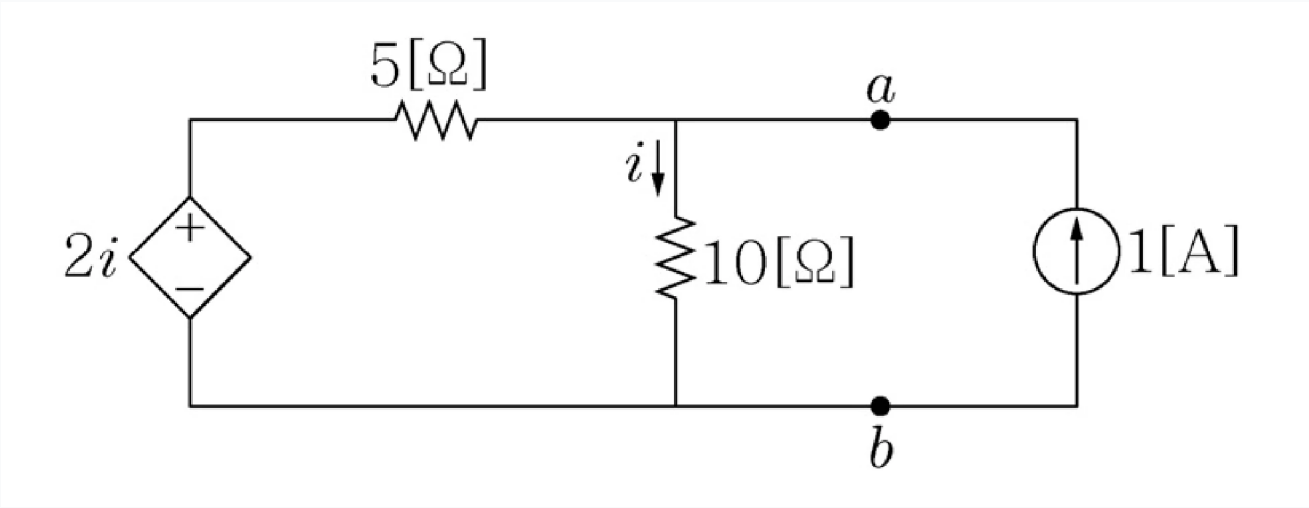
RC 회로의 되먹임: 그림에서 출력은 직렬 R·C를 거쳐 비반전 입력(+)으로 전달되고, 이 입력점에는 R과 C가 접지에 병렬로 연결되어 있다. 두 저항과 두 커패시터가 각각 같은 값이므로, $\omega_0 = \frac{1}{RC}$에서 RC 회로의 위상차는 0°이고 **되먹임 계수는** $\beta = \frac{1}{3}$이다. 이는 출력 전압의 1/3이 비반전 입력으로 돌아온다는 뜻이다.

필요한 증폭기 이득: 이상적인 지속 발진에는 **루프 이득이 1**이어야 한다. RC 회로가 신호를 1/3로 줄이므로, 증폭기 이득 A는 $A\beta = 1$을 만족하는 $A = 3$이어야 한다. 비반전 증폭기는 위상을 반전시키지 않으므로 RC 회로의 위상차가 0°인 주파수에서 양의 되먹임이 성립한다.

저항값 계산: 반전 입력(−)에서 접지까지의 저항은 1 kΩ이고, 출력에서 반전 입력으로 연결된 되먹임 저항은 R_1이다. 이상적인 연산증폭기로 보는 비반전 증폭기의 이득은 $A = 1 + \frac{R_1}{1\text{k}\Omega}$이다. 여기에 A = 3을 대입하면 $\frac{R_1}{1\text{k}\Omega} = 2$이므로 $R_1 = 2\text{k}\Omega$이다. 이 값은 ④의 2 kΩ에 해당한다.

NoteBase

문 19. 1A의 전원을 삽입한 그림의 회로에서 테브난 등가 저항 R_{th} [Ω]의 값은?



① $\frac{50}{13}$

② 15

③ $\frac{50}{15}$

④ 10

정답 1번

간단한 해설

종속 전압원은 **그대로 유지**하고, a–b 단자에 넣은 1 A 시험 전류에 대한 단자 전압을 구한다. 이때 단자 전압은 $\frac{50}{13}$V이므로, 테브난 등가 저항은 $\frac{50}{13}$Ω이다.

NoteBase

계산 과정

시험 전원 적용: 종속 전원이 있는 회로에서는 종속 전원을 유지한 채 단자에 시험 전원을 연결하고, 단자 전압을 유입 전류로 나누어 등가 저항을 구한다. 그림의 1 A 전류원은 b에서 a로 전류를 공급하는 시험 전원이다. b를 기준 전위 0 V로 놓고, a의 전압을 V_a라 하면 $R_{th} = \frac{V_a}{1\text{A}}$이다.

종속 전압원의 전압: 10 Ω 저항의 전류 i는 그림처럼 아래로 흐르므로 $i = \frac{V_a}{10\Omega}$이다. 왼쪽 종속 전압원은 위쪽이 +이고 아래쪽이 −이므로, 위쪽 노드의 전압 V_c는 제어 전류 i에 비례한다. 표시된 2i의 비례계수는 2 Ω이므로 $V_c = (2\Omega)i = \frac{V_a}{5}$이다.

노드 전류식: a로 들어온 1 A는 10 Ω 저항과 5 Ω 저항으로 나뉜다. 5 Ω 저항 양단의 전압은 **두 노드의 전압 차**이므로, a에서 왼쪽으로 흐르는 전류는 $\frac{V_a - V_c}{5\Omega}$이다. 따라서 키르히호프 전류법칙을 적용하면 $\frac{V_a}{10\Omega} + \frac{V_a - V_a/5}{5\Omega} = 1\text{A}$이다.

단자 전압과 등가 저항: 전류식을 정리하면 $\frac{13V_a}{50\Omega} = 1\text{A}$이므로 $V_a = \frac{50}{13}\text{V}$이다. 이는 1 A를 흘렸을 때 생기는 a–b 단자 전압이다. 따라서 $R_{th} = \frac{50/13\text{V}}{1\text{A}} = \frac{50}{13}\Omega$이며, ①의 값과 일치한다.

NoteBase

문 20. 3변수 함수 $F(x, y, z) = \sum m(0, 2, 3, 4, 6)$를 간소화한 것으로 옳은 것은?

① $F = \overline{z} + \overline{x}y$

② $F = \overline{x}y + \overline{y}z$

③ $F = x\overline{z} + y$

④ $F = x + \overline{y}z$

정답 1번

간단한 해설

최소항 0·2·4·6은 모두 **z = 0**이므로 $\overline{z}$로 묶인다. 남은 최소항 3은 최소항 2와 묶으면 **x = 0, y = 1**만 남으므로, 간소화한 식은 $F = \overline{z} + \overline{x}y$이다.

계산 과정

최소항 번호는 변수 x, y, z를 이 순서로 나열한 3자리 이진수에 대응한다. 따라서 $\sum m(0, 2, 3, 4, 6)$은 입력이 000, 010, 011, 100, 110일 때 함수값이 1이고, 나머지 입력에서는 0이라는 뜻이다. 논리식에서 +는 OR, 곱은 AND, 윗줄은 NOT을 나타낸다.

최소항 0·2·4·6 묶기: 000, 010, 100, 110에서는 x와 y가 가능한 모든 조합을 취하지만 **z는 항상 0**이다. 따라서 이 네 최소항의 합은 $\overline{z}$로 간소화된다.

최소항 3 포함하기: 아직 포함되지 않은 011을 010과 묶으면, 두 입력은 z만 다르고 **x = 0, y = 1은 같다**. $m_2 + m_3 = \overline{x}y\overline{z} + \overline{x}yz = \overline{x}y(\overline{z} + z) = \overline{x}y$이므로 z가 제거된다. 최소항 2는 두 묶음에 중복하여 포함해도 된다. OR 연산에서는 같은 항을 반복해 더해도 함수값이 변하지 않기 때문이다.

두 묶음을 OR로 연결하면 $F = \overline{z} + \overline{x}y$이다. 이 식은 주어진 다섯 최소항을 모두 포함하며, 그 밖의 입력에서는 0이 된다. 이는 ①의 식과 일치한다.

NoteBase