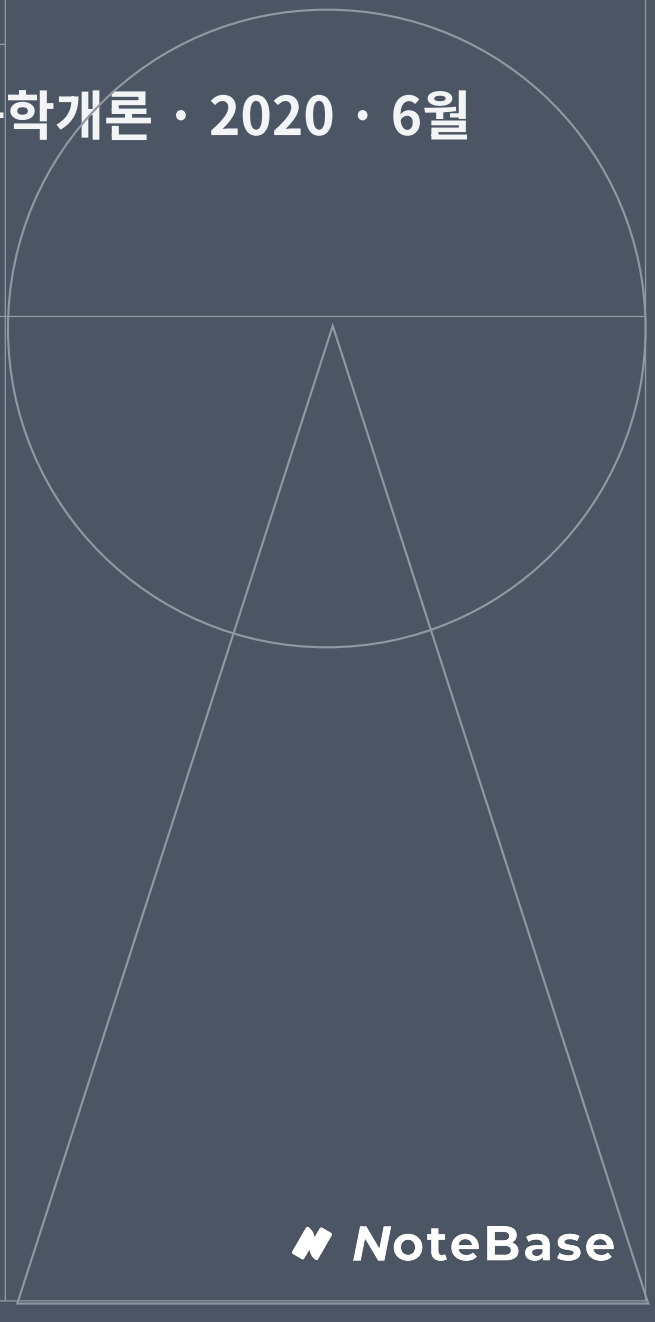
기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2020 · 6월



NoteBase

기출OX 해설집

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2020 · 6월

공무원/서울시/9급 · 전자공학개론 · 2020 · 6월

문 1. 전기난로가 직류전압(DC voltage) 100[V]의 전원에 연결되어 있을 때, 2[kW]의 전력을 소비한다고 하면, 전기난로의 저항 값[Ω]은?

① 1

② 2

③ 5

④ 10

정답 3번

간단한 해설

전기난로의 저항은 **전압의 제곱을 소비전력으로 나눈 값**이다. 전력을 W로 환산하여 $R = \frac{V^2}{P}$에 대입하면 5 Ω이다.

계산 과정

주어진 직류전압은 V = 100 V이고, 소비전력은 P = 2 kW이다. 전압을 V, 저항을 Ω으로 계산하려면 **전력을 W로 환산**하여 P = 2,000 W를 사용한다.

전기난로를 저항 부하로 보면, 소비전력은 $P = VI$이고 옴의 법칙에 따라 $I = \frac{V}{R}$이다. 전류 I를 전력식에 대입하면 $P = \frac{V^2}{R}$이므로, 구하려는 저항은 $R = \frac{V^2}{P}$이다.

수치를 대입하면 $R = \frac{100^2}{2000} = 5\Omega$이다. 이는 전압 100 V에서 전력 2 kW를 소비하는 전기난로의 저항값이며, ③의 5 Ω에 해당한다.

NoteBase

문 2. 실리콘(silicon)에서 P형 반도체를 만드는 데 사용되는 억셉터(acceptor)로 가장 옳지 않은 것은?

① B(붕소)

② In(인듐)

③ Ga(갈륨)

④ P(인)

정답 4번

간단한 해설

P(인)은 가전자가 5개인 원소로, 실리콘에 자유전자를 공급하는 **도너**이다. P형 반도체를 만드는 억셉터는 가전자가 3개인 불순물로, 전자를 받아들여 **정공을 형성**한다.

선지별 해설

실리콘은 가전자가 4개이며 이웃 원자들과 공유결합한다. 가전자가 3개인 불순물이 실리콘 원자를 대신하면 결합에 필요한 전자가 하나 부족해진다. 이 불순물이 가전자대의 전자를 받아들이면 전자가 빠져나간 자리에 정공이 생긴다. 이처럼 전자를 받아들이는 불순물을 억셉터라 하며, 정공이 다수 운반자인 P형 반도체를 만든다.

① O: B(붕소)는 **가전자가 3개인 13족 원소**이다. 실리콘에서 전자를 받아들여 정공을 만드는 억셉터로 작용한다.

② O: In(인듐)은 13족 원소로 가전자가 3개이다. 실리콘에 첨가하면 **억셉터**로 작용하여 P형 반도체를 만들 수 있다.

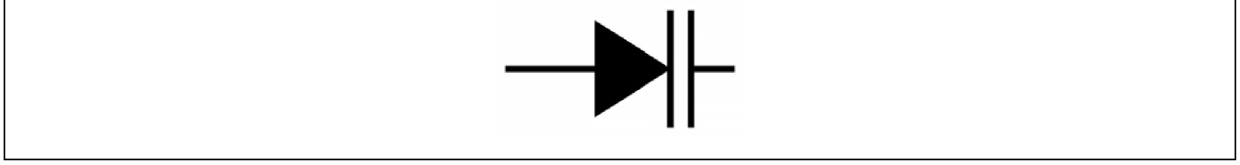
③ O: Ga(갈륨)은 13족 원소로 가전자가 3개이다. 실리콘에서 억셉터로 작용하여 **정공의 농도를 증가**시킨다.

④ X: P(인)은 가전자가 5개인 15족 원소이다. 실리콘 원자를 대신하면 전자 4개는 공유결합에 참여하고, 나머지 1개는 작은 에너지로 결합에서 벗어나 자유전자가 될 수 있다. 따라서 억셉터가 아니라 **전자를 공급하는 도너**이며, N형 반도체를 만드는 데 사용된다.

NoteBase

문 3. <보기>와 같은 회로 기호의 명칭으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 제너(Zener) 다이오드

② 버랙터(Varactor) 다이오드

③ 쇼트키(Schottky) 다이오드

④ 터널(Tunnel) 다이오드

정답 2번

간단한 해설

다이오드 기호의 오른쪽에 있는 **커패시터 모양의 평행한 두 선**이 식별 단서이다. 역방향 전압에 따라 접합 정전용량이 변하는 버랙터 다이오드를 나타낸다.

도식 해설

그림은 다이오드 기호에 **커패시터의 두 평행판**을 나타내는 선을 결합한 형태로, 버랙터(Varactor) 다이오드의 기호이다. 버랙터는 가변용량 다이오드 또는 바리캡 다이오드라고도 한다.

버랙터는 PN 접합에 역방향 전압을 가했을 때 생기는 공핍층을 이용한다. 공핍층이 커패시터의 절연층처럼 작용하며, 역방향 전압이 커지면 공핍층이 넓어져 접합 정전용량이 감소한다. 따라서 전압으로 정전용량을 조절할 수 있다. 제너 다이오드가 역방향 항복 특성을 이용하는 것과 달리, 버랙터는 **항복이 일어나지 않는 역방향 영역**에서 사용한다.

NoteBase

문 4. 부울 함수를 간단히 한 것으로 가장 옳지 않은 것은? (단, A'는 A의 부정이다.)

① $A + AB = A$

② $A + A'B = A + B$

③ $A'B + AB' = A + B$

④ $(A + B) \cdot (A + C) = A + BC$

정답 3번

간단한 해설

③의 왼쪽 식은 두 입력이 **서로 다를 때만 1**이 되는 배타적 논리합(XOR)이다. 두 입력이 모두 1이면 왼쪽은 0이지만 논리합 $A + B$는 1이므로 두 식은 같지 않다.

선지별 해설

부울 변수는 0 또는 1의 값을 갖는다. 여기서 +는 논리합(OR), 곱은 논리곱(AND), '는 부정(NOT)을 뜻한다.

① O: $A + AB = A(1 + B)$로 묶을 수 있다. 부울 대수에서는 $1 + B = 1$이므로 $A(1 + B) = A$이다. 이는 **흡수 법칙**으로, A가 1이면 B와 관계없이 전체가 1이고 A가 0이면 두 항 모두 0이다.

② O: 분배 법칙을 적용하면 $A + A'B = (A + A')(A + B)$이다. A와 그 부정의 논리합은 항상 1이므로 $A + A' = 1$이고, 따라서 $A + A'B = A + B$가 성립한다.

③ X: $A'B$는 A가 0이고 B가 1일 때, AB'는 A가 1이고 B가 0일 때 1이 된다. 따라서 왼쪽은 **두 입력이 서로 다를 때만 1인 배타적 논리합**이며, 올바른 관계는 $A'B + AB' = A \oplus B$이다. 반면 $A + B$는 하나 이상이 1이면 1이다. 예를 들어 $A = B = 1$이면 왼쪽은 0, 오른쪽은 1이므로 선지의 등식은 성립하지 않는다.

④ O: 분배 법칙으로 전개하면 $(A + B)(A + C) = AA + AC + AB + BC$이다. $AA = A$이므로 $A + AC + AB + BC$가 되고, **흡수 법칙으로 AC와 AB가 A에 흡수**되어 $A + BC$가 남는다.

NoteBase

문 5. 무한히 긴 직선 도체에서 20[A]의 전류가 흐르고 있을 때, 자계(자기장)의 세기가 20[A/m]인 지점과 직선 도체 사이의 거리[m]는? (단, 해당 지점은 직선 도체로부터 수직으로 떨어져 있고, π는 원주율을 의미한다.)

① π

② 2π

③ 1/π

④ 1/(2π)

정답 4번

간단한 해설

무한히 긴 직선 도체의 자계 세기는 $H = \frac{I}{2\pi r}$로, 도체에서의 **수직 거리와 반비례**한다. 전류가 20 A이고 자계 세기가 20 A/m이므로 거리는 $\frac{1}{2\pi}$m이다.

계산 과정

구할 거리 r은 직선 도체에서 해당 지점까지의 수직 거리이다. 주어진 전류 I = 20 A, 자계 세기 H = 20 A/m를 사용하며 단위 변환은 필요하지 않다.

무한히 긴 직선 도체 주위의 자계는 도체를 중심으로 하는 원의 접선 방향이고, 같은 반지름에서는 세기가 같다. 따라서 반지름 r인 원에 앙페르 법칙을 적용하면 $H \cdot 2\pi r = I$이다. 여기서 **2πr은 자계가 순환하는 원의 둘레**이므로 $H = \frac{I}{2\pi r}$가 성립한다.

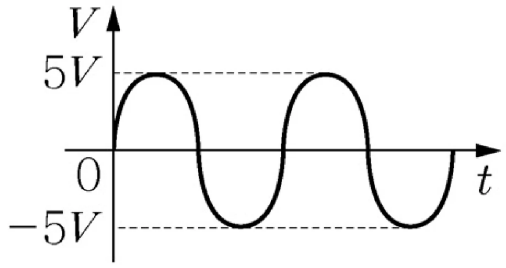
이 식을 거리에 대해 정리하면 $r = \frac{I}{2\pi H}$이다. 수치를 대입하면 $r = \frac{20}{2\pi \cdot 20}\text{m} = \frac{1}{2\pi}\text{m}$이다. 전류의 단위 A를 자계 세기의 단위 A/m로 나누므로 거리의 단위는 m가 된다.

따라서 도체에서의 수직 거리는 $\frac{1}{2\pi}$m이며, ④의 값과 일치한다.

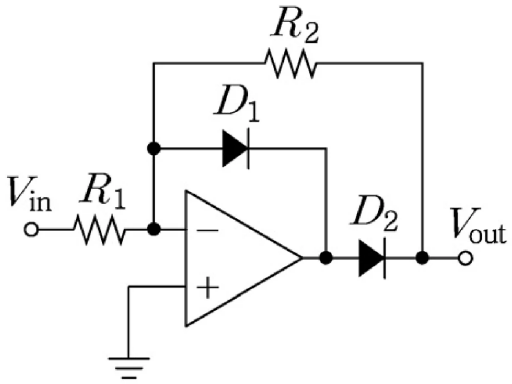
NoteBase

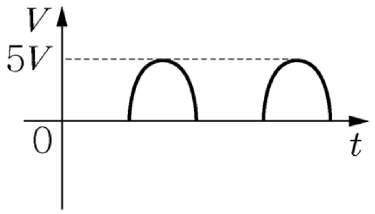
문 6. <보기> 회로에 주어진 파형이 입력되었을 때, 출력 파형으로 가장 옳은 것은? (단, 다이오드 통과 시 전압강하가 없다고 가정하고, $R_1 = R_2 = 1[\mathrm{k}\Omega]$이다.)

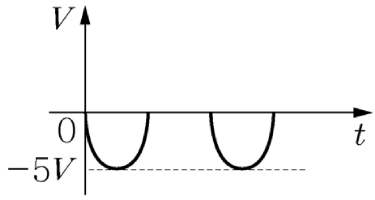
<보기>

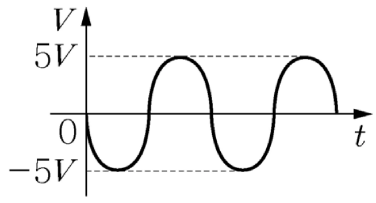


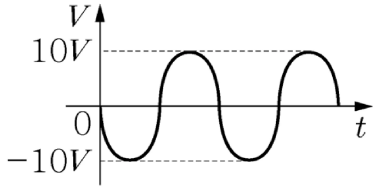
<V_{in} 파형>



① 

② 

③ 

④ 

정답 1번

NoteBase

간단한 해설

이 회로는 입력의 **음의 반주기만 반전하여 출력하는 반파 정류 회로**이다. 양의 반주기에는 출력이 0 V이고, 음의 반주기에는 $V_{out} = -V_{in}$이므로 양의 봉우리 높이가 5 V가 된다.

계산 과정

입력 파형의 최댓값은 +5 V, 최솟값은 −5 V이고, $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$이다. 다이오드의 전압강하는 0으로 두고 연산증폭기는 이상적으로 동작한다고 본다. 비반전 입력이 접지되어 있으므로 음의 되먹임이 형성되면 반전 입력도 0 V인 가상 접지가 되며, 연산증폭기의 입력 단자로는 전류가 흐르지 않는다. 구하는 출력은 연산증폭기 자체의 출력 단자가 아니라 D_2 오른쪽의 V_{out}이다.

양의 반주기: $V_{in} > 0$이면 연산증폭기는 자체 출력을 음의 방향으로 구동하여 D_1을 도통시키고 D_2를 차단한다. D_1을 통한 음의 되먹임으로 반전 입력은 0 V로 유지된다. D_2가 차단된 출력 노드는 R_2를 통해 이 가상 접지에 연결되어 있고, 그림에는 별도의 부하가 없으므로 R_2에 전류가 흐르지 않는다. 따라서 저항 양단의 전압차가 없어 **출력은 0 V**이다.

음의 반주기: $V_{in} < 0$이면 연산증폭기의 자체 출력이 양의 방향으로 변하여 D_1은 차단되고 D_2는 도통한다. 이때 D_2와 R_2를 통한 음의 되먹임이 형성되므로 **반전 증폭 회로**로 동작한다. 반전 입력 노드에 전류 법칙을 적용하면 $\frac{V_{in}}{R_1} + \frac{V_{out}}{R_2} = 0$이다. 따라서 $V_{out} = -\frac{R_2}{R_1}V_{in} = -V_{in}$이 된다. 두 저항이 같아 이득의 크기는 1이며, 입력이 −5 V인 순간 출력은 +5 V가 된다.

입력이 처음 양의 방향으로 시작하므로 출력은 첫 반주기 동안 0 V이고, 다음 음의 반주기에만 최대 +5 V인 양의 반파가 나타난다. 이후에도 같은 패턴이 반복되므로 ①의 파형과 일치한다.

NoteBase

문 7. 상태와 기능이 플립플롭과 유사한 것으로 가장 옳은 것은?

① 슈미트 트리거

② 비안정 멀티바이브레이터

③ 단안정 멀티바이브레이터

④ 쌍안정 멀티바이브레이터

정답 4번

간단한 해설

플립플롭은 **두 안정 상태 중 하나를 유지**하여 1비트 정보를 저장한다. 쌍안정 멀티바이브레이터도 외부 입력으로 상태가 전환된 뒤 그 상태를 유지하므로 상태와 기능이 유사하다.

개념 구분

플립플롭과 쌍안정 멀티바이브레이터: 안정 상태란 상태를 바꾸는 입력이 없을 때 계속 유지되는 상태이다. 두 회로는 전원이 공급되는 동안 **두 안정 상태 중 하나를 유지**하며, 이를 각각 0과 1에 대응시켜 1비트를 저장할 수 있다. 예를 들어 1을 저장한 뒤에는 상태 변경 입력이 들어오기 전까지 1이 유지된다. 따라서 플립플롭의 상태 유지·기억 기능에 대응하는 것은 쌍안정 멀티바이브레이터이다.

비안정 멀티바이브레이터: **안정 상태가 없어** 외부에서 매번 전환 신호를 주지 않아도 두 상태를 반복하여 오간다. 일정한 상태를 기억하는 회로보다 주기적인 펄스를 발생시키는 회로에 해당한다.

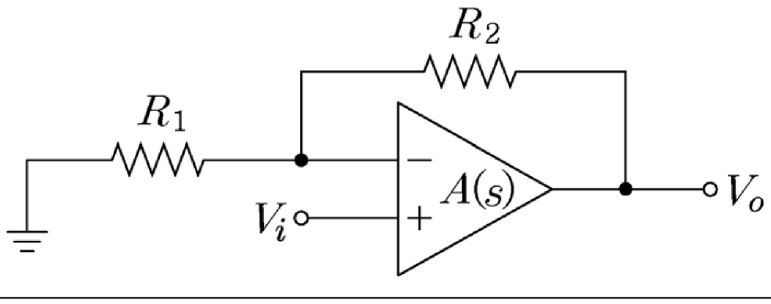
단안정 멀티바이브레이터: 안정 상태가 하나이다. 트리거 입력을 받으면 일시적으로 다른 상태가 되지만, **일정 시간이 지나면 원래의 안정 상태로 돌아온다**. 따라서 두 상태를 각각 계속 유지하는 플립플롭과 다르다.

슈미트 트리거: 입력이 증가할 때와 감소할 때 서로 다른 문턱값에서 출력이 전환되는 **히스테리시스 특성**을 이용한다. 두 출력 수준을 갖더라도, 입력의 작은 흔들림으로 출력이 반복 전환되는 것을 억제하고 파형을 정형하는 기능이 중심이다. 플립플롭과의 대응에서는 출력 수준의 개수보다 두 안정 상태를 이용한 정보 저장 기능이 결정적이다.

NoteBase

문 8. <보기> 회로가 전압 팔로워(Voltage Follower)로 동작하기 위한 조건으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① R_1: 0[Ω], R_2: 0[Ω]

② R_1: 0[Ω], R_2: ∞

③ R_1: ∞, R_2: 0[Ω]

④ R_1: ∞, R_2: ∞

정답 3번

간단한 해설

전압 팔로워는 **출력 전압 전체를 반전 입력으로 되먹임**하여 출력이 입력을 따르게 한다. 따라서 R_1은 ∞로 개방하고, R_2는 0 Ω으로 단락해야 한다.

공통 해설

전압 팔로워는 입력과 출력의 극성이 같고 전압 이득이 1인 회로이다. 그림에서 입력 V_i는 비반전 입력(+)에 연결되어 있으므로, 출력 V_o를 **반전 입력(−)에 직접 연결하는 음귀환**을 구성해야 한다.

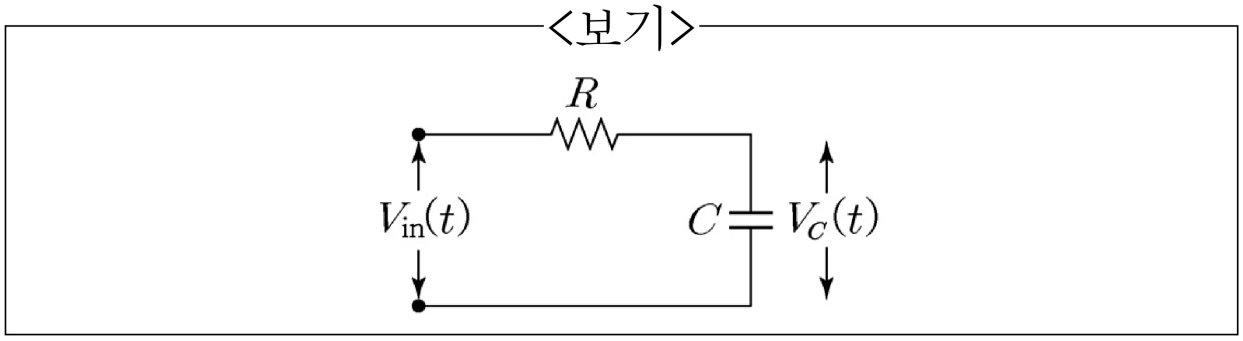
R_1은 반전 입력과 접지 사이에 있고, R_2는 출력과 반전 입력 사이에 있다. R_1을 ∞로 하면 접지로 가는 가지가 개방되고, R_2를 0 Ω으로 하면 출력과 반전 입력이 도선으로 연결된다. 이때 반전 입력 전압은 출력 전압과 같아진다. 이상적인 연산증폭기가 음귀환을 유지하며 선형 영역에서 동작하면 두 입력 전압이 같으므로 $V_o = V_i$가 되어 출력이 입력을 그대로 따른다.

따라서 필요한 조건은 R_1이 ∞, R_2가 0 Ω인 연결이다. R_1이 0 Ω이면 반전 입력이 접지에 묶이고, R_2가 ∞이면 출력의 되먹임 경로가 끊어져 이 전압 팔로워 연결이 성립하지 않는다.

NoteBase

문 9. <보기>와 같은 $R-C$ 회로에서 입력 전압이 $V_{in}(t)$로 주어질 때, 커패시터 C의 양단 전압 $V_C(t)$와 $V_{in}(t)$ 간의 관계식으로 가장 옳은 것은? (단, 회로에서 저항의 저항 값은 R[Ω], 커패시터의 정전용량은 C[F]이다.)

<보기>



① $V_C(t) = \frac{1}{RC}\frac{dV_{in}(t)}{dt} + V_{in}(t)$
② $V_C(t) = RC\frac{dV_{in}(t)}{dt} + V_{in}(t)$
③ $V_{in}(t) = \frac{1}{RC}\frac{dV_C(t)}{dt} + V_C(t)$
④ $V_{in}(t) = RC\frac{dV_C(t)}{dt} + V_C(t)$

정답 4번

간단한 해설

직렬 회로의 입력 전압은 **저항 전압과 커패시터 전압의 합**이다. 커패시터 전류가 $i(t) = C\frac{dV_C(t)}{dt}$이므로, $V_{in}(t) = RC\frac{dV_C(t)}{dt} + V_C(t)$가 성립한다.

계산 과정

그림에서 저항 R과 커패시터 C는 직렬로 연결되어 **같은 전류**가 흐른다. 아래쪽 공통선을 기준으로 위쪽 단자의 전압을 각각 $V_{in}(t)$, $V_C(t)$로 두고, 저항을 왼쪽에서 오른쪽으로 지나 커패시터의 위쪽 단자로 들어가는 전류를 $i(t)$로 정한다.

커패시터 전류: 정전용량 C가 일정하면 위쪽 극판에 저장된 전하량은 $q(t) = CV_C(t)$이다. 전류는 전하량의 시간 변화율이므로 $i(t) = \frac{dq(t)}{dt} = C\frac{dV_C(t)}{dt}$이다. 따라서 미분하는 대상은 **커패시터 양단 전압**이다.

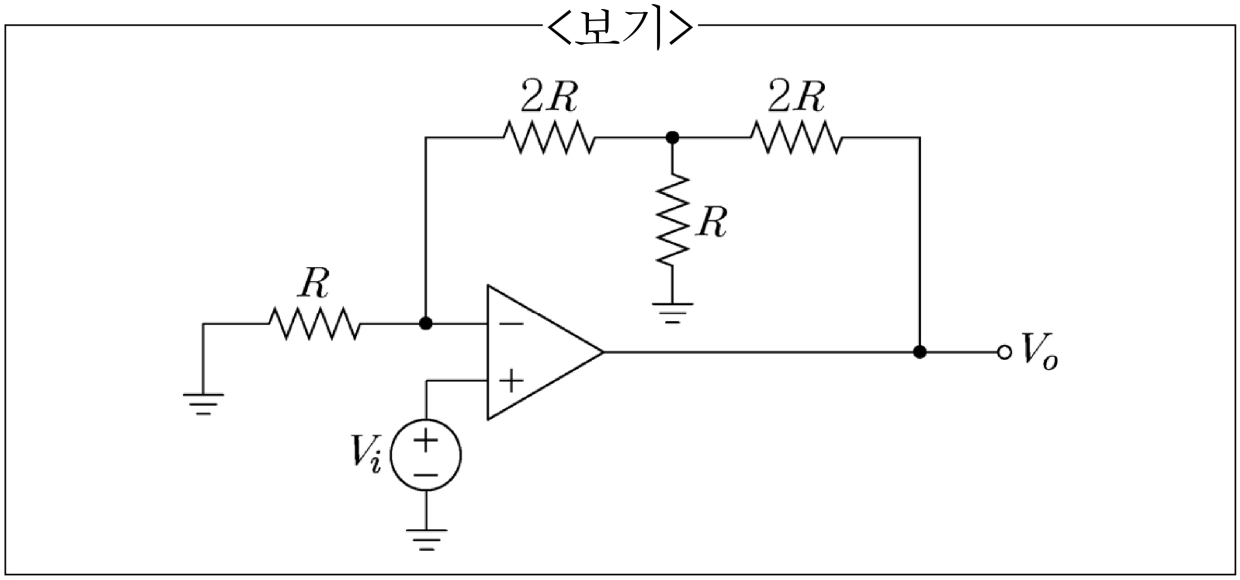
전압 관계: 전류 방향으로 본 저항의 전압강하는 옴의 법칙에 따라 $V_R(t) = Ri(t)$이다. 키르히호프 전압법칙을 적용하면 입력 전압은 두 소자의 전압강하를 합한 값이므로 $V_{in}(t) = Ri(t) + V_C(t)$이다.

전류식을 대입하면 $V_{in}(t) = RC\frac{dV_C(t)}{dt} + V_C(t)$를 얻는다. 여기서 RC의 단위는 초(s)이고 전압 변화율의 단위는 V/s이므로, 우변의 두 항은 모두 전압(V)이다. 이 관계식은 ④와 일치한다.

NoteBase

문 10. <보기> T형 귀환회로를 갖는 반전증폭기의 폐루프 이득 $A_V = V_o/V_i$은? (단, 이상적인 연산증폭기로 가정한다.)

<보기>



① 11

② 12

③ 13

④ 14

정답 1번

간단한 해설

입력이 (+) 단자에 연결된 **비반전 구성**이므로, 음귀환에 의해 (–) 단자 전압도 V_i가 된다. T형 회로의 중앙 접점 전압은 $3V_i$이고, 두 접점에 전류 법칙을 적용하면 폐루프 전압 이득은 $A_V = 11$이다.

NoteBase

계산 과정

발문에는 '반전증폭기'라고 되어 있지만, 그림에서는 입력 V_i가 (+) 단자에 연결되어 있어 비반전 구성이다. 그림의 실제 연결을 기준으로 계산한다. **음귀환이 걸린 이상적인 연산증폭기의 선형 동작**에서는 두 입력 단자의 전압이 같고 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다. 따라서 (−) 단자 전압은 $V_- = V_i$이다. T형 회로의 두 2R 저항과 접지 방향 R 저항이 만나는 중앙 접점의 전압을 V_c라 둔다.

1. (−) 입력 접점: 접지로 연결된 R에 흐르는 전류는 $\frac{V_i}{R}$이다. 연산증폭기의 입력 전류가 0이므로, 이 전류는 중앙 접점에서 왼쪽 2R을 거쳐 공급된다. 따라서 $\frac{V_c - V_i}{2R} = \frac{V_i}{R}$이고, 정리하면 $V_c = 3V_i$이다. 이는 **중앙 접점 전압이 입력 전압의 3배**임을 뜻한다.

2. 중앙 접점: 출력에서 오른쪽 2R을 통해 들어온 전류는 **접지 방향 R과 왼쪽 2R로 나뉜다**. 키르히호프 전류 법칙을 적용하면 $\frac{V_o - V_c}{2R} = \frac{V_c}{R} + \frac{V_c - V_i}{2R}$이다. 양변에 2R을 곱하면 $V_o - V_c = 2V_c + V_c - V_i$이므로 $V_o = 4V_c - V_i$이다.

3. 폐루프 이득: $V_c = 3V_i$를 대입하면 $V_o = 4 \cdot 3V_i - V_i = 11V_i$이다. 따라서 $A_v = \frac{V_o}{V_i} = 11$이며, 전압끼리의 비이므로 무차원이다. 계산값 11은 ①에 해당한다.

NoteBase

문 11. 제너 다이오드에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 역방향 항복영역을 이용한다.

② 넓은 역방향 전류범위에서 매우 작은 전압변동을 갖는다.

③ 역방향 항복영역에서 등가저항이 매우 크다.

④ 정전압을 만들기 위한 회로나 장치에 사용된다.

정답 3번

간단한 해설

제너 다이오드는 역방향 항복영역에서 전류가 크게 변해도 전압 변화가 작으므로 **동저항이 작다**. '등가저항이 매우 크다'는 설명은 이 특성과 반대이다.

선지별 해설

① O: 제너 다이오드는 **역방향 항복영역**에서 사용하도록 설계된 다이오드이다. 역방향 전압이 항복전압에 이르면 역방향 전류가 급격히 증가하며, 회로에서는 전류를 제한하여 허용 전류와 전력 범위 안에서 동작시킨다.

② O: 항복 후 정전압 동작에 적합한 전류 범위에서는 **전류 변화에 비해 전압 변화가 매우 작다**. 따라서 역방향 전류가 달라져도 다이오드 양단 전압은 제너 전압 부근으로 유지된다. 다만 항복이 시작되는 무릎 부근이나 정격을 벗어나는 범위까지 같은 특성이 보장되는 것은 아니다.

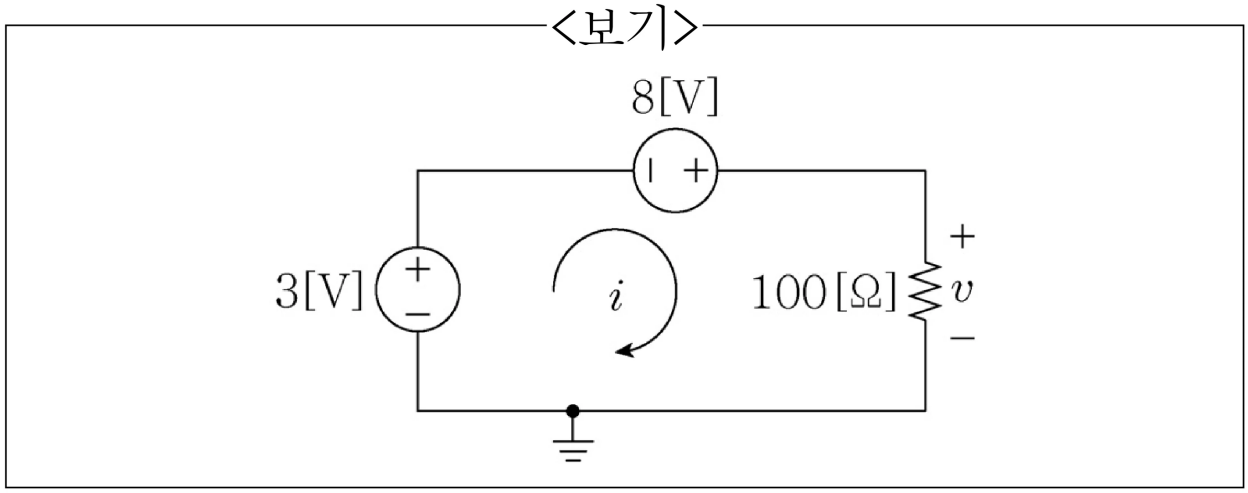
③ X: 항복영역의 등가저항은 **매우 작은 동저항**으로 나타낸다. 동저항은 동작점 부근에서 전류 변화량에 대한 전압 변화량의 비이며, $r_z \approx \frac{\Delta V_z}{\Delta I_z}$로 표현한다. 전류가 크게 변해도 전압이 조금만 변하므로 이 비가 작다. 따라서 '등가저항이 매우 크다'는 '등가저항이 매우 작다'로 고쳐야 한다.

④ O: 제너 다이오드는 항복영역에서 전압을 거의 일정하게 유지하므로 **정전압 회로**에 사용된다. 예를 들어 전류제한용 직렬저항과 함께 부하에 병렬로 연결하면, 동작 범위 안에서 제너 전류가 변하면서 부하 양단 전압을 제너 전압 부근으로 유지한다.

NoteBase

문 12. <보기>와 같이 두 전압원과 하나의 저항을 갖는 회로에서 전압 v[V]와 전류 i[mA] 값은?

<보기>



① v [V]: 5, i [mA]: 50

② v [V]: 11, i [mA]: 110

③ v [V]: −5, i [mA]: −50

④ v [V]: −11, i [mA]: −110

정답 2번

간단한 해설

두 전압원은 표시된 전류 방향을 따라 각각 전위를 높이므로 **저항 양단 전압은 3 + 8 = 11 V**이다. 이 전압을 100 Ω 저항에 적용하면 전류는 110 mA이다.

계산 과정

전압 v 계산: 아래쪽 접지 노드의 전위를 0 V로 둔다. 왼쪽 3 V 전압원은 위쪽이 +이므로 왼쪽 위 노드의 전위는 3 V이다. 위쪽 8 V 전압원은 오른쪽이 +이므로 저항 위쪽 노드의 전위는 여기서 8 V 더 높다. 따라서 저항의 위쪽 +, 아래쪽 −를 기준으로 한 전압은 v = 11 V이다. 두 전압원은 **전위 상승이 더해지는 방향**으로 연결되어 있으며, 키르히호프 전압 법칙으로도 $3 + 8 - v = 0$을 얻는다.

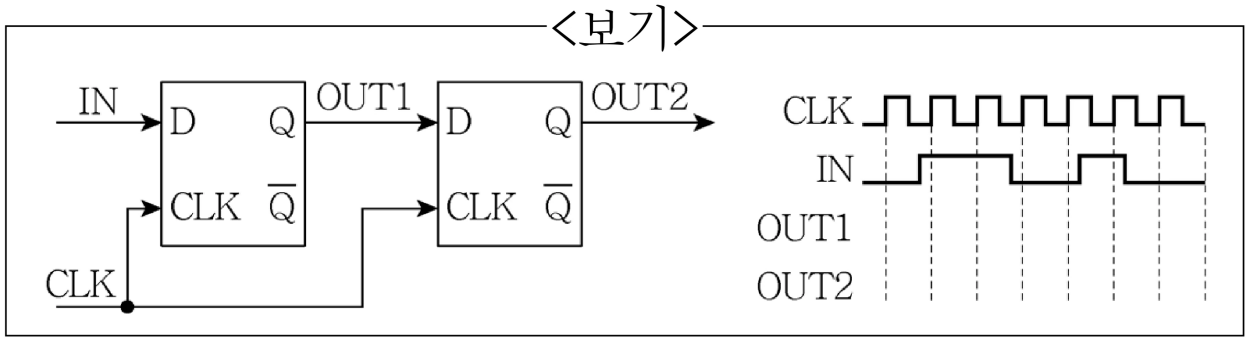
전류 i 계산: 저항값은 R = 100 Ω이며, 표시된 시계 방향 전류는 저항의 위쪽에서 아래쪽으로 흐른다. 이는 **저항 전압의 +단자로 들어가는 방향**이므로 옴의 법칙 $i = \frac{v}{R}$을 적용한다. 값을 대입하면 $i = \frac{11}{100}\text{A} = 0.11\text{A}$이다. 1 A = 1000 mA이므로 i = 110 mA이며, 양수이므로 실제 전류 방향도 표시된 시계 방향과 같다.

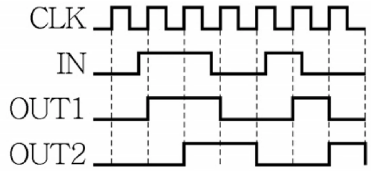
계산한 값은 v = 11 V, i = 110 mA로, ②의 값과 일치한다.

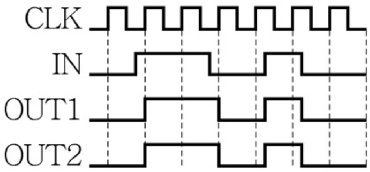
NoteBase

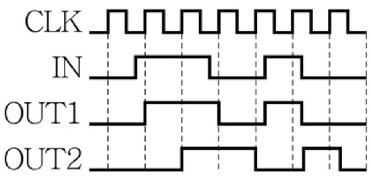
문 13. <보기> 회로에 두 입력신호(CLK, IN)가 인가되었을 때 출력파형(OUT1, OUT2)으로 가장 옳은 것은?

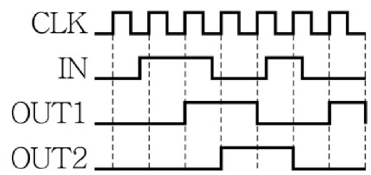
<보기>



① 

② 

③ 

④ 

정답 2번

간단한 해설

두 소자는 CLK가 높은 동안 입력을 통과시키는 **D 래치**로 동작한다. 두 래치에 같은 CLK가 인가되므로, 전파지연을 무시하면 OUT1과 OUT2는 같은 파형이며 **CLK가 높은 도중의 IN 변화도 반영**한다.

NoteBase

계산 과정

동작 기준: 그림의 CLK 단자에는 에지 동작을 나타내는 삼각형 기호가 없으므로, D 소자는 **CLK가 1인 동안 입력 D를 출력 Q에 전달**하는 래치로 해석한다. CLK가 0이면 직전 출력을 유지한다. 따라서 상승 순간만 확인하지 않고 CLK가 높은 구간 전체에서 IN의 변화를 추적해야 한다. 시간 눈금과 전파지연 값은 주어지지 않았으므로, 전파지연을 무시하고 논리값 0과 1의 변화 시점을 비교한다.

OUT1의 첫 번째 펄스: 첫 CLK의 높은 구간에는 IN이 0이므로 OUT1은 0이 된다. 이후 CLK가 낮은 동안 IN이 1로 바뀌어도 OUT1은 0을 유지하다가, 두 번째 CLK 상승 시점에 1이 된다. IN이 다시 0으로 내려가는 시점도 CLK가 낮은 구간이므로 OUT1은 계속 1을 유지하며, **네 번째 CLK 상승 시점**에 0이 된다.

OUT1의 두 번째 펄스: 다섯 번째 CLK 상승 시점에는 IN이 아직 0이므로 OUT1도 0이다. 그러나 그 CLK가 높은 동안 IN이 1로 바뀌면 **다음 상승 에지를 기다리지 않고** OUT1도 1이 된다. 이후 CLK가 낮아져도 1을 유지하고, 여섯 번째 CLK가 높은 동안 IN이 0으로 내려가면 OUT1도 그 시점에 0으로 내려간다. 이후에는 IN이 계속 0이므로 OUT1도 0이다.

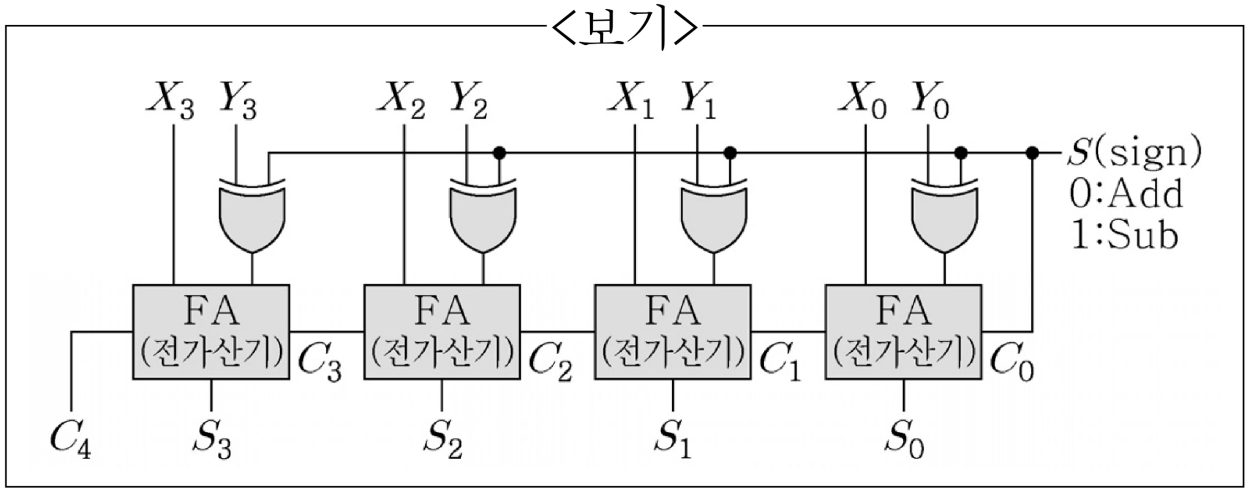
OUT2의 파형: 두 번째 래치의 입력은 OUT1이며, 두 래치의 CLK는 서로 같다. CLK가 높은 동안에는 두 래치가 모두 입력을 통과시키므로 IN의 변화가 OUT1을 거쳐 OUT2까지 전달된다. CLK가 낮으면 두 래치가 각각 값을 유지한다. 따라서 전파지연을 무시한 OUT2는 **OUT1과 같은 시점에 같은 값으로 변한다**. 두 번째 단계를 지났다고 해서 한 주기 늦어지는 것은 아니다.

두 출력은 모두 두 번째 CLK 상승 시점부터 네 번째 CLK 상승 시점까지 1을 유지하고, 다섯 번째와 여섯 번째 CLK의 높은 구간에서는 IN의 변화 시점에 맞추어 각각 상승·하강한다. 이 두 출력 파형을 함께 나타낸 것이 ②이다.

NoteBase

문 14. <보기> 논리회로의 기능을 나타낸 이름으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① 인코더

② 디코더

③ 전가산기

④ 병렬가감산기

정답 4번

간단한 해설

제어 신호 S가 0이면 Y를 그대로 더하고, 1이면 Y의 각 비트를 반전한 뒤 1을 더해 **2의 보수를 이용한 뺄셈**을 수행한다. 같은 4비트 회로에서 덧셈과 뺄셈을 선택하므로 **병렬가감산기**이다.

NoteBase

도식 해설

회로의 구성: 각 자리의 전가산기(FA)는 X의 한 비트, XOR 게이트를 거친 Y의 한 비트, 입력 캐리를 더한다. 네 전가산기는 오른쪽 최하위 자리부터 왼쪽 최상위 자리까지 캐리로 연결되어 4비트 연산을 수행한다. 제어 신호 S는 모든 XOR 게이트와 **최하위 입력 캐리**에 함께 연결되어 있으며, $C_0 = S$이다.

S = 0일 때: XOR 게이트는 Y_i를 그대로 통과시키고 입력 캐리는 0이 된다. 따라서 회로는 두 4비트 수 X와 Y의 덧셈을 수행하며, 합의 각 비트를 S_3, S_2, S_1, S_0으로 출력한다.

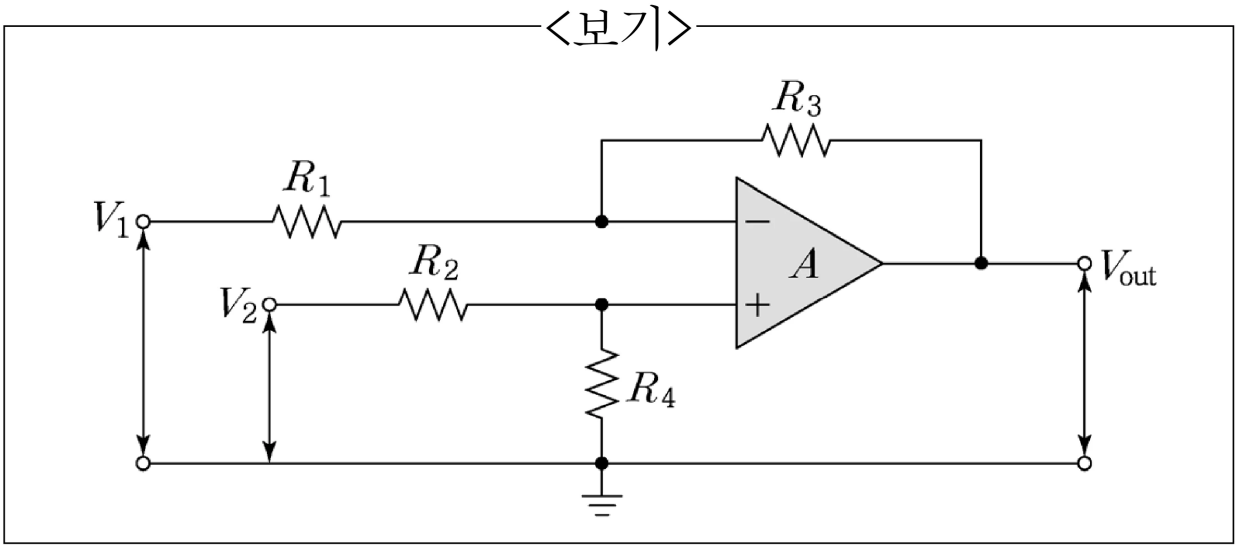
S = 1일 때: XOR 게이트는 Y_i를 반전시키고 입력 캐리는 1이 된다. 따라서 회로는 $X + \overline{Y} + 1$을 계산한다. 여기서 $\overline{Y}$는 Y의 각 비트를 반전한 값이며, 여기에 1을 더하는 것은 **Y의 2의 보수를 만드는 과정**이다. 이 덧셈의 하위 4비트는 X에서 Y를 뺀 결과의 4비트 표현이 된다.

명칭의 구분: 전가산기 하나는 한 자리의 덧셈을 담당하는 구성 요소이다. 그림 전체는 여러 자리의 입력을 함께 받아 제어 신호에 따라 덧셈과 뺄셈을 수행하므로 ④ **병렬가감산기**에 해당한다.

NoteBase

문 15. <보기>에서 “A”로 표시된 부분을 이상적인 OP−AMP라고 할 때, 회로의 각 저항들이 $R_1 = R_2, R_3 = R_4$의 조건을 만족할 경우 입력 전압 V_1, V_2와 출력 전압 V_{out}의 관계식으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① $V_{out} = \frac{R_3}{R_1}(V_1 - V_2)$
② $V_{out} = \frac{R_3}{R_1}(V_2 - V_1)$
③ $V_{out} = \frac{R_1}{R_3}(V_1 - V_2)$
④ $V_{out} = \frac{R_1}{R_3}(V_2 - V_1)$

정답 2번

간단한 해설

비반전 입력의 전압분배와 이상적인 OP-AMP의 **가상단락**을 적용하면 $V_{out} = \frac{R_3}{R_1}(V_2 - V_1)$이 된다. 즉, 출력은 **두 입력 전압의 차**를 저항비만큼 증폭한 전압이다.

NoteBase

계산 과정

1. 이상적인 OP-AMP의 조건: 반전·비반전 입력 단자의 전압을 각각 V_-, V_+라 하자. 두 입력 단자로 흐르는 전류는 0이다. 출력이 R_3를 통해 반전 입력으로 되돌아오는 **음의 되먹임이 걸린 선형 동작**에서는 가상단락이 성립하므로 $V_- = V_+ = v$로 놓을 수 있다. 여기서 v는 접지에 대한 두 입력 단자의 공통 전압이다.

2. 비반전 입력 전압: 비반전 입력으로 전류가 흐르지 않으므로 R_2와 R_4에는 같은 전류가 흐른다. 따라서 V_2가 두 저항에 분배되며, 비반전 입력 전압은 **접지 쪽 저항에 걸리는 전압**이다. 즉, $v = \frac{R_4}{R_2 + R_4} V_2$이다. 주어진 $R_1 = R_2$, $R_3 = R_4$를 대입하면 $v = \frac{R_3}{R_1 + R_3} V_2$가 된다.

3. 반전 입력 노드의 전류 관계: OP-AMP로 들어가는 전류가 0이므로 R_1을 통해 노드로 들어오는 전류와 R_3를 통해 출력 쪽으로 나가는 전류가 같다. 키르히호프 전류 법칙을 쓰면 $\frac{V_1 - v}{R_1} = \frac{v - V_{\text{out}}}{R_3}$이다. 이를 출력 전압에 대해 정리하면 $V_{\text{out}} = \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) v - \frac{R_3}{R_1} V_1$이다.

4. 전압분배 결과 대입: 앞에서 구한 v를 대입하면 $\left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) v = \frac{R_3}{R_1} V_2$가 된다. 따라서 $V_{\text{out}} = \frac{R_3}{R_1}(V_2 - V_1)$이며, 이는 ②의 식과 일치한다. 저항비는 무차원이고, 입력과 출력 전압의 단위는 V이다.

NoteBase

문 16. 도체에서 일초당 도체의 단면을 통과하는 자유전자의 개수를 n [1/sec]이라 했을 때, 도체에 흐르는 전류(*I*) [A]값은? (단, e 는 도체의 단면을 통과하는 자유전자 1개의 전하량이다.)

① en [A]

② $e^2n[A]$

③ e/n [A]

④ n/e [A]

정답 1번

간단한 해설

전류의 크기는 **1초 동안 도체 단면을 통과하는 전하량**이다. 전자 한 개의 전하량이 e이고 초당 통과하는 전자 수가 n이므로 전류는 $I = en$ [A]이다.

공통 해설

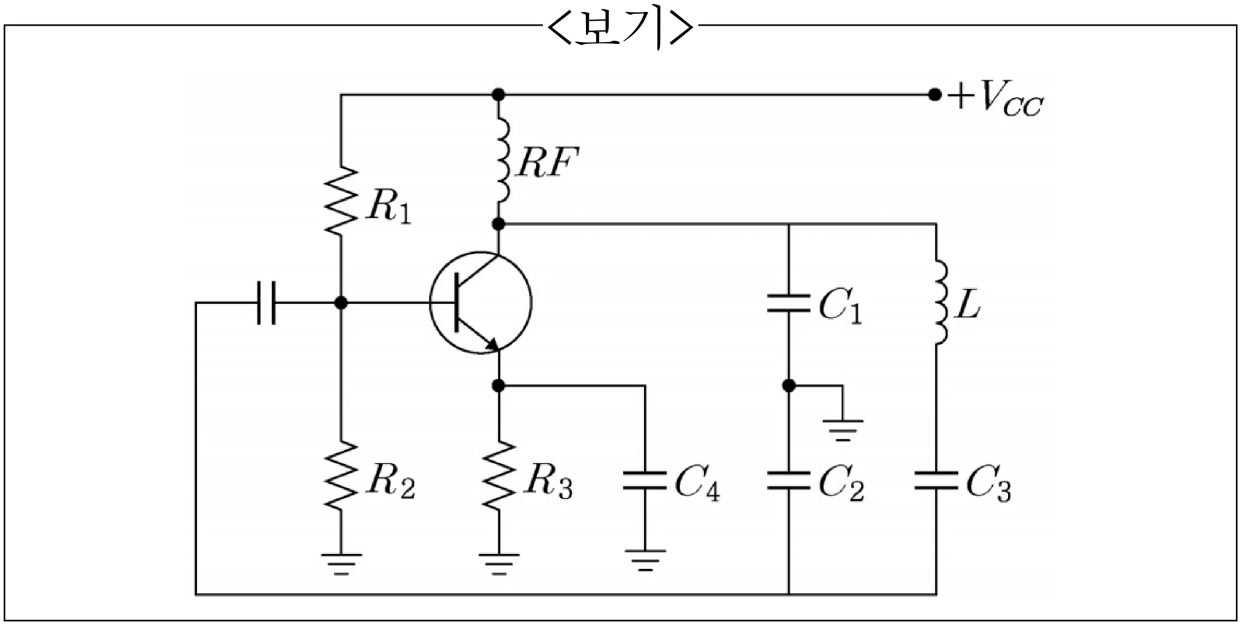
전류의 크기는 도체의 한 단면을 단위 시간에 통과하는 전하량이다. 따라서 **전자 한 개의 전하량에 초당 통과하는 전자 수를 곱한다**. 이 문제에서 n은 전체 전자 수가 아니라 1초당 통과하는 전자 수이고, e는 전자 한 개의 전하량의 크기이다. 이에 따라 전류는 $I = en$ [A]이다.

전자 수를 전하량으로 바꾸려면 전자 한 개당 전하량 e를 한 번 곱해야 하며, 초당 전자 수 n으로 나누는 것이 아니다. 단위도 $C \cdot s^{-1} = C/s = A$로 전류의 단위와 일치한다.

NoteBase

문 17. <보기>의 클랩 발진기에서 공진주파수 계산에 사용되는 등가커패시턴스(C)와 회로 발진시동에 필요한 전압이득(A_V)의 수식으로 가장 옳은 것은?

<보기>



① $C = \frac{1}{1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3}, A_V = \frac{C_2}{C_1}$

② $C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}, A_V = \frac{C_3}{C_1 + C_2}$

③ $C = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + C_3 + C_4, A_V = \frac{C_3}{C_1 + C_2} + C_4$

④ $C = \frac{C_3 + C_4}{C_1 + C_2}, A_V = \frac{C_3}{C_1 + C_2}$

정답 1번

간단한 해설

공진주파수에 쓰는 커패시턴스는 C_1, C_2, C_3의 **직렬 등가값**이다. 귀환 전압비가 C_1/C_2이므로 이를 보상하는 **최소 전압이득**은 C_2/C_1이다.

NoteBase

구성 요소별 해설

결합·바이패스 커패시터는 발진주파수에서 충분히 작은 리액턴스를 가지며, 트랜지스터의 부하 효과와 기생 커패시턴스는 무시하는 이상적인 회로로 해석한다.

C — 공진용 등가커패시턴스: 그림에서 L과 C_3가 직렬로 연결되어 있고, 공진 순환전류는 C_1, C_2를 거쳐 되돌아온다. 따라서 공진주파수를 계산할 때는 **세 커패시터의 직렬 등가값**을 사용한다. 직렬 커패시터에는 같은 크기의 전하가 축적되고 전체 전압은 각 전압의 합이므로 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$이다. 이를 정리하면 $C = \frac{1}{1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3}$이고, 공진주파수는 $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$이다. C_4는 R_3와 병렬로 연결되어 이미터를 교류적으로 접지하는 바이패스 커패시터이므로 이 직렬 등가식에 넣지 않는다.

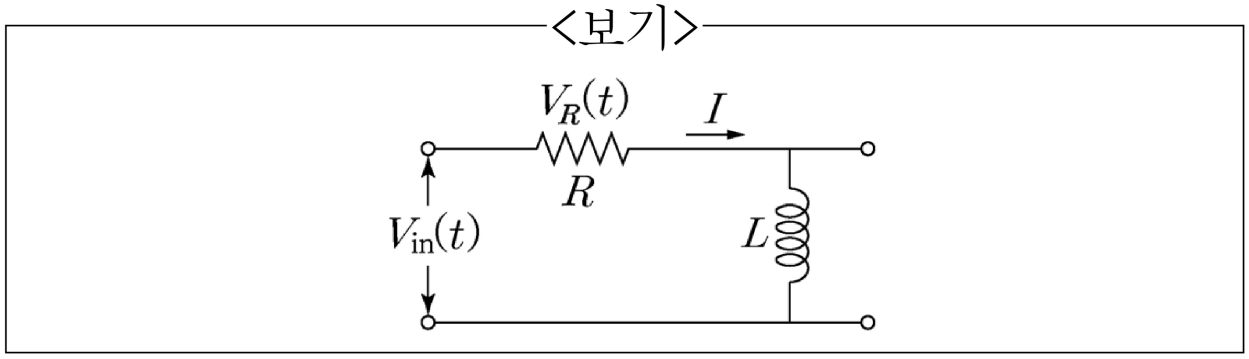
A_V — 발진에 필요한 전압이득: 출력 전압은 C_1 양단에, 베이스로 돌아가는 귀환 전압은 C_2 양단에 걸린다. 공진 순환전류가 같을 때 커패시터 전압의 크기는 용량에 반비례하므로 귀환율의 크기는 $\beta = \left|\frac{V_f}{V_o}\right| = \frac{C_1}{C_2}$이다. 두 전압은 접지된 중간점을 기준으로 반대 위상이며, 공통 이미터 증폭기의 위상 반전과 합쳐져 양귀환이 된다. 한 바퀴 돌아온 신호가 원래 크기를 유지하는 경계는 $A_V\beta = 1$이므로 $A_{V,\min} = \frac{C_2}{C_1}$이다. **실제로 발진이 시동되어 진폭이 커지려면** $A_V\beta > 1$, 즉 $A_V > \frac{C_2}{C_1}$이어야 한다. 선택지의 등식은 이때 기준이 되는 최소 이득을 나타낸다.

직렬 등가커패시턴스와 최소 전압이득의 두 관계식을 함께 제시한 것은 ①이다.

NoteBase

문 18. <보기>와 같은 $R-L$ 회로에서 입력 전압 $V_{\text{in}}(t)$와 저항 양단의 전압 $V_R(t)$에 대한 Laplace 변환을 각각 $V_{\text{in}}(s)$, $V_R(s)$라 할 때, 전달함수 $H(s)=\frac{V_R(s)}{V_{\text{in}}(s)}$를 구한 것으로 가장 옳은 것은? (단, 초기 조건은 모두 0이라고 가정한다.)

<보기>



① $H(s)=\frac{R}{R+Ls}$
② $H(s)=\frac{1}{R+Ls}$
③ $H(s)=\frac{L}{R+Ls}$
④ $H(s)=\frac{s}{R+Ls}$

정답 1번

간단한 해설

저항과 인덕터가 직렬이므로 **저항에 걸리는 전압의 비**는 저항의 임피던스를 전체 임피던스로 나눈 값이다. 초기 조건이 0일 때 인덕터의 임피던스는 sL이므로 $H(s)=\frac{R}{R+Ls}$이다.

계산 과정

회로에서 저항 R과 인덕터 L에는 같은 전류가 흐른다. R은 저항값, L은 인덕턴스, s는 라플라스 변환의 복소 주파수 변수이다. **초기 조건이 모두 0**이므로 저항과 인덕터의 임피던스는 각각 $Z_R=R$, $Z_L=sL$로 나타낸다.

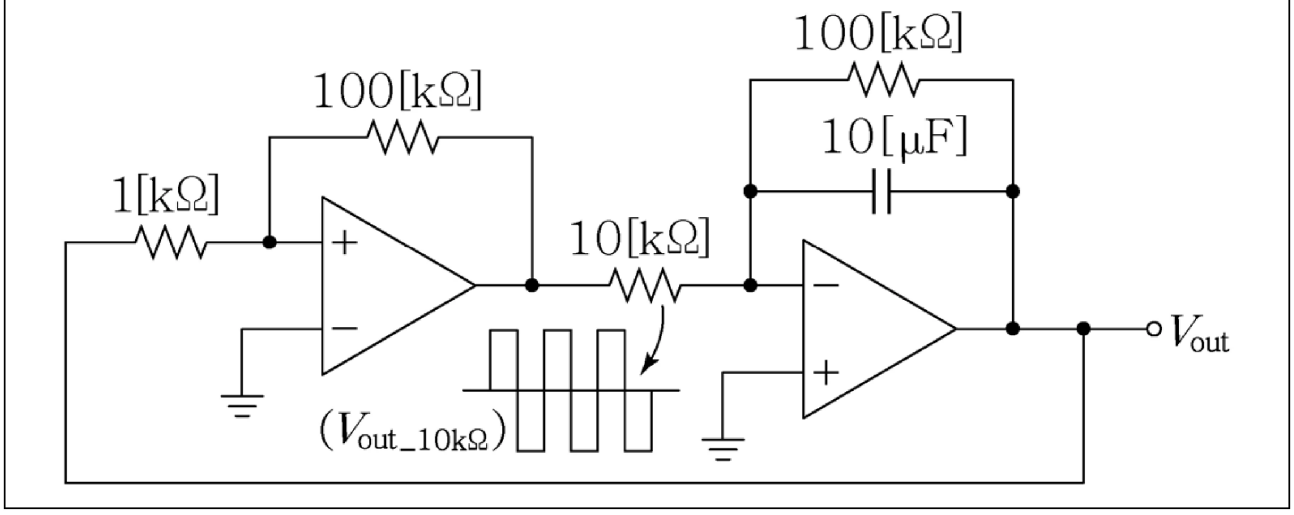
직렬회로의 전체 임피던스는 $R+sL$이다. 전류의 라플라스 변환을 $I(s)$라 하면 $V_{\text{in}}(s)=(R+sL)I(s)$이므로 $I(s)=\frac{V_{\text{in}}(s)}{R+sL}$이다. 이 식은 입력 전압에 의해 회로에 흐르는 전류를 나타낸다.

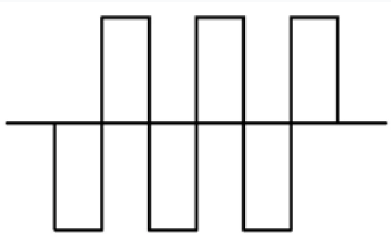
구하려는 출력은 **저항 양단의 전압**이므로 $V_R(s)=RI(s)$이다. 따라서 전달함수는 $H(s)=\frac{V_R(s)}{V_{\text{in}}(s)}=\frac{R}{R+sL}$이며, 이는 ①의 식과 같다. 입력과 출력이 모두 전압이므로 전달함수는 무차원이다.

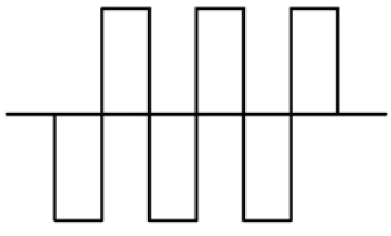
NoteBase

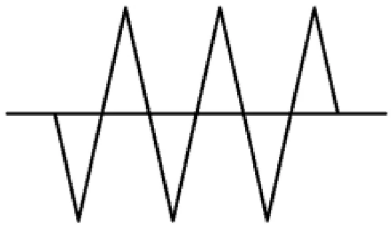
문 19. <보기> 회로의 10[kΩ]에서 ($V_{out_10k\Omega}$) 구형파가 출력되었을 때, V_{out}에서 출력되는 파형의 모양과 주파수로 가장 옳은 것은?

<보기>



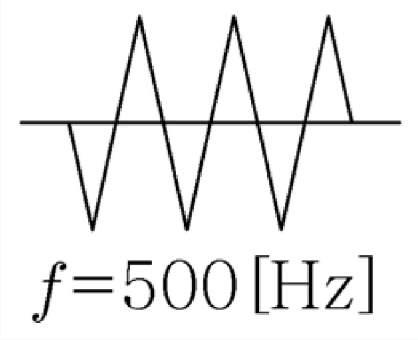
① 

② 

③ 

NoteBase

④



정답 3번

간단한 해설

오른쪽 회로는 **반전 적분기**이므로 구형파의 양·음 구간을 각각 하강·상승하는 삼각파로 바꾼다. 왼쪽 비교기의 저항비로 정해지는 전환 문턱과 적분 기울기를 이용하면 주기는 약 4 ms이며, 주파수는 **250 Hz**이다.

계산 과정

회로와 파형: 왼쪽 연산증폭기는 양의 되먹임을 갖는 슈미트 비교기이고, 오른쪽은 입력 저항 R = 10 kΩ과 되먹임 커패시터 C = 10 μF를 갖는 반전 적분기이다. 구형파가 양의 전압일 때 출력은 감소하고, 음의 전압일 때 증가하므로 최종 출력은 **삼각파**가 된다. 그림처럼 양·음이 대칭인 구형파의 전압을 $u = \pm V_s$, 최종 출력 전압을 v로 둔다.

전환 문턱: 왼쪽 비교기의 비반전 입력에 연결된 1 kΩ을 R_a, 양의 되먹임 저항 100 kΩ을 R_b라 하자. 반전 입력이 접지되어 있으므로 비반전 입력 전압이 0 V를 지날 때 구형파 출력이 반전된다. 입력 전류를 무시하면 그 순간 $\frac{v}{R_a} + \frac{u}{R_b} = 0$이므로 $v = -\frac{R_a}{R_b}u$이다. 따라서 삼각파의 위·아래 전환 전압은 $\pm 0.01 V_s$이고, 한쪽 문턱에서 반대쪽 문턱까지의 **전압 변화량**은 $\Delta v = 0.02 V_s$이다.

적분 기울기: 오른쪽 반전 입력은 가상 접지이므로 입력 저항의 전류 크기는 $\frac{V_s}{R}$이다. 커패시터와 병렬인 100 kΩ의 전류는 위 전환 전압 범위에서 입력 전류의 최대 0.1%에 불과하므로, 이를 무시하는 **적분기 근사**를 적용한다. 커패시터의 전류·전압 관계에 따라 $\frac{dv}{dt} \approx -\frac{u}{RC}$이며, 기울기 크기는 $\frac{V_s}{RC}$이다. 여기서 RC = 10 kΩ × 10 μF = 0.1 s이다.

주기와 주파수: 한쪽 문턱에서 반대쪽 문턱까지 이동하는 시간은 **반주기**이므로 $\frac{T}{2} \approx \frac{0.02 V_s}{V_s/(RC)} = 0.02RC$이다. 구형파의 진폭은 약분되므로 별도의 전원 전압이 없어도 주기를 구할 수 있다. 따라서 T ≈ 0.04 × 0.1 s = 0.004 s = 4 ms이고, $f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{0.004\text{s}} = 250\text{Hz}$이다. 삼각파와 250 Hz를 함께 나타낸 선택지는 ③이다.

NoteBase

문 20. 8진수 45.3을 10진수로 나타낸 것은?

① 25.6

② 37.3

③ 37.375

④ 43.25

정답 3번

간단한 해설

8진수는 각 숫자에 **자리별로 8의 거듭제곱을 곱해 더한다**. 45.3의 정수부는 37이고 소수부는 $\frac{3}{8} = 0.375$이므로, 10진수로는 37.375이다.

계산 과정

8진수 45.3의 각 자리 값은 소수점을 기준으로 정한다. 정수부의 4와 5에는 각각 8^1, 8^0을 곱하고, 소수 첫째 자리의 3에는 8^{-1}을 곱한다.

정수부: 4는 8이 4개 있다는 뜻이고, 5는 1이 5개 있다는 뜻이다. 따라서 정수부의 10진수 값은 $4 \times 8 + 5 \times 1 = 37$이다.

소수부: 8진수의 **소수 첫째 자리 값은 1/8**이므로, 0.3에 해당하는 10진수 값은 $3 \cdot 8^{-1} = \frac{3}{8} = 0.375$이다.

정수부와 소수부를 더하면 37 + 0.375 = 37.375이다. 따라서 8진수 45.3은 10진수 37.375이며, ③의 값과 일치한다.

NoteBase