

回路図を描いて理解すること。

The English statements are written for overseas students. If you speak Japanese, you may skip them.

問．以下の命題について正誤を × で答えなさい。

1. 電気の世界¹ は双対² である。
2. 電圧源の内部インピーダンスは 0 である。
3. 電流源の内部インピーダンスは ∞ である。
4. 電圧源を殺す (電圧源が死ぬ) とは, 電圧源を短絡³ することである。
5. 電流源を殺す (電流源が死ぬ) とは, 電流源を開放⁴ することである。
6. 電圧源とインピーダンスの並列接続ではインピーダンスは無意味である。
7. 電流源とインピーダンスの直列接続ではインピーダンスは無意味である。
8. 電圧源とインピーダンスの直列接続による電源と電流源とインピーダンスの並列接続による電源を考える。両インピーダンスが等しく, 開放電圧または短絡電流が等しいとき, 両電源は等価である。これをテブナンの等価電源という。
8. Imagine two electric sources. One consists of a series of a voltage source and an impedance. The other consists of a parallel connection of a current source and an impedance. If both of the impedances are identical and if either the open-circuited voltages or the short-circuited currents are identical, two sources are equivalent. They are referred to as *Thevenin's equivalent sources*.
9. Z and Y stand for an impedance and its admittance, respectively. They are reciprocal to each other: $Y = \frac{1}{Z}$.
10. 電圧源とインピーダンスの直列接続による電源が複数並列に 1 つの節点と接地との間に接続されている。このとき, 枝電流の総和を枝アドミタンスの総和で除算すれば, 節点電位が求まる。これをミルマンの定理という。
10. There are multiple electric sources each of which is a series connection of a voltage source and an impedance. They are connected in parallel between a node and the ground. The node voltage is then given by a sum of the branch currents divided by a sum of admittances of the branches. This fact is referred to as *Millman's Theorem*.
11. 開放電圧がそれぞれ V_1, V_2, V_3 , 内部アドミタンスがそれぞれ Y_1, Y_2, Y_3 であるような 3 つの 2 端子回路がある。これらの 2 端子回路を並列接続するとき, 端子間電圧は $\frac{Y_1 V_1 + Y_2 V_2 + Y_3 V_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3}$ である。
11. We have n two-terminal circuits, each of which is made of a voltage source V_i in series with an admittance of Y_i . If these circuits are connected in parallel, the voltage difference between the terminals is $V = \frac{Y_1 V_1 + \dots + Y_n V_n}{Y_1 + \dots + Y_n}$.
12. 任意の節点について, そこに流れ込む電流の総和は 0 である。(KCL, Kirchhoff's Current Law)
12. 任意の閉路について, 各枝両端の電位差の総和は 0 である。(KVL, Kirchhoff's Voltage Law)
14. 電流が流れ込む端子を高電位と定める。このとき, インピーダンス Z に電流 I が流れて発生する電圧降下 V は $V = ZI$ である。(オームの法則)
14. Imagine that a current I flows an impedance Z . The potential at the incoming/outgoing terminal is defined to be high/low, respectively. The *voltage drop* across the impedance is given by $V = ZI$.
15. If n impedances of $\{Z_i\}$ are connected *in series*, the total impedance is $Z = Z_1 + \dots + Z_n$.⁵
16. If n impedances of $\{Z_i\}$ are connected *in parallel*, the total admittance is $Y = Y_1 + \dots + Y_n$.⁶
17. 周波数が十分に低いとき, キャパシタの交流応答は開放に等価である。
18. 周波数が十分に高いとき, キャパシタの交流応答は短絡に等価である。
19. 周波数が十分に低いとき, インダクタの交流応答は短絡に等価である。
20. 周波数が十分に高いとき, インダクタの交流応答は開放に等価である。
17. The ac⁷ response of a *capacitor* is equivalent to open-circuit, if the frequency is sufficiently low.
18. The ac response of a *capacitor* is equivalent to short-circuit, if the frequency is sufficiently high.
19. The ac response of an *inductor* is equivalent to short-circuit, if the frequency is sufficiently low.
20. The ac response of an *inductor* is equivalent to open-circuit, if the frequency is sufficiently high.

¹電磁気学 (electromagnetics) および電気回路の世界

²dual, duality

³short-circuit

⁴open-circuit

⁵This is it: the definition of a *series connection*.

⁶This is it: the definition of a *parallel connection*.

⁷alternating current

21. 利得 A の理想増幅器の出力信号 y を帰還係数 H の帰還路を介して入力部に供給し, 入力信号 x に加算する帰還増幅器を考える. すると, 出力信号は $y = \frac{Ax}{1-AH}$ と表わされる. もし $|AH| \gg 1$ ならば, $y \simeq -\frac{1}{H}x$ となる. 驚くべきことに, y は A に無関係となる. したがって, 帰還路を受動回路で構成すれば, 温度変化に対して安定な動作を保証できる.
21. Assume that the output signal y of an ideal amplifier having the gain of A is fed to its input through a feedback circuit of which feedback gain is H and is added to the input signal x to form a *feedback amplifier*. The output signal of the feedback amplifier is given by $y = \frac{Ax}{1-AH}$. If $|AH| \gg 1$, one obtains $y \simeq -\frac{1}{H}x$. Surprisingly, y is independent of A . Hence, as far as the feedback circuit is passive, a stable operation is guaranteed against temperature variations.
22. 信号源, 増幅器の入力端子対, 及び帰還回路を直列接続して負帰還増幅回路を作るとき, この負帰還増幅回路の入力インピーダンスは増加する.
23. 信号源, 増幅器の入力端子対, 及び帰還回路を並列接続して負帰還増幅回路を作るとき, この負帰還増幅回路の入力インピーダンスは減少する.
24. 負荷抵抗, 増幅器の出力端子対, および帰還回路を直列接続して負帰還増幅回路を作るとき, この負帰還増幅回路の出力インピーダンスは増加する.
25. 負荷抵抗, 増幅器の出力端子対, および帰還回路を並列接続して負帰還増幅回路を作るとき, この負帰還増幅回路の出力インピーダンスは減少する.
22. If a signal source, the input port of an amplifier, and a feedback circuit are connected *in series* to make a feedback amplifier, the input impedance of the feedback amplifier *increases* than that of the simple amplifier by a factor of $1 + AH$.
23. If a signal source, the input port of an amplifier, and a feedback circuit are connected *in parallel* to make a feedback amplifier, the input impedance of the feedback amplifier *decreases* than that of the simple amplifier: $Z_{in} = \frac{Z_i}{1 + AH}$.
24. If a load, the output port of an amplifier, and a feedback circuit are connected *in series* to make a feedback amplifier, the output impedance of the feedback amplifier *increases* than that of the simple amplifier by a factor of $1 + AH$.
25. If a load, the output port of an amplifier, and a feedback circuit are connected *in parallel* to make a feedback amplifier, the output impedance of the feedback amplifier *decreases* than that of the simple amplifier: $Z_{out} = \frac{Z_o}{1 + AH}$.

26. 静電容量 C は電極面積 S に比例し, 電極間隔 d に反比例する.
27. 容量 C のキャパシタを電圧 V , 周波数 f ヘルツで充放電⁸するとき, 平均消費電力 P は

$$P = \frac{1}{2}CV^2f$$

である. したがって, 小面積・低電圧が低電力⁹ デジタル集積回路への道である.

28. 鉛筆の軸径の半分くらいの大きさの個別部品トランジスタ¹⁰では, $I_E = 1\text{mA}$ 程度の直流バイアス電流を流すことが多い.
29. 常温では¹¹ $r_e = \frac{0.026}{I_E}$ Never forget it!
30. $g_m r_e = 1$
31. $g_m R_L \gg 1$
32. $\alpha \simeq 1$
33. $\beta \gg 1$, very large.
34. $r_b \simeq 200\Omega$
35. $r_c \simeq 5\text{M}\Omega$
36. $r_e \ll R_L < r_c(1 - \alpha)$
37. FET のゲート電流はほぼ 0 である.

38. 関数はベクトルだ. A function is a vector.¹²
39. The *Fourier transform* of a function $f(t)$ is defined by a *projection*¹³ of $f(t)$ onto the basis vector $e^{j\omega t}$. The projection is computed by an *inner product* between $e^{j\omega t}$ and $f(t)$:

$$F(\omega) = \langle e^{j\omega t}, f(t) \rangle.$$

40. The *Laplace transform* of a function $f(t)$ is defined by a projection of $f(t)$ onto the basis vector e^{st} . The projection is given by an inner product:

$$F(s) = \langle e^{st}, f(t) \rangle.$$

41. A *steady-state response* is treated by the Fourier transform. A *transient response* is treated by the Laplace transform.
42. $e^{j\omega t}$ is the *eigen vector* of *differentiation* with respect to t , and $j\omega$ is the *eigen value*:

$$\frac{d}{dt}e^{j\omega t} = j\omega e^{j\omega t}.$$

Also, as you see,

$$F(\omega) = F(s)|_{s=j\omega}.$$

The two equations tell what is $j\omega$.

答. Everyone is correct.

⁸charge and discharge, cycles of them

⁹low power dissipation

¹⁰discrete transistors, not in an integrated circuit

¹¹around the absolute temperature of $T \simeq 300\text{K}$

¹²However, a vector is not always a function.

¹³If $P^2x = Px$ for $\forall x$, P is referred to as a projection.