

【解答】
[設問 1] aーア
[設問 2] bーア, cーエ
[設問 3] dーア, eーイ, fーカ (d, e, fは順不同)

【解説】
JK フリップフロップに関する問題である。フリップフロップの問題は過去に出題されていない。午前試験の用語としてもウェイトが低く、知らない受験者が多かったように推測している。しかし、論理演算（論理回路を含む）の出題頻度は高いので、新傾向という意味において、今後は注意が必要かもしれない。

レジスタや SRAM などの基本回路では、1 ビットの情報を記憶できるフリップフロップが利用されている。フリップフロップ（以下、FF という）には、RS-FF、D-FF、JK-FF、T-FF などの種類がある。教科書などでフリップフロップを説明する場合、RS-FF を取り上げることが多いので、この機会に RS-FF の内容を理解しておくとい

簡単に RS-FF と JK-FF の違い及び用語の説明を行い、問題の解説を行う。

- RS-FF：RS は、Reset（リセット）と Set（セット）のことである。ビット 0 を記憶させる場合、リセット（S=0, R=1）が、1 を記憶させる場合、セット（S=1, R=0）が行われる。

表 A RS-FF の入力値と結果

S	R	Q（現在の値）	Q（次の結果）
1	0	0 又は 1	1（常に 1 となる）
0	1	0 又は 1	0（常に 0 となる）
0	0	0 又は 1	0 又は 1（前の状態を保持）
1	1	0 又は 1	入力が禁止されているため意味なし（不定）

- JK-FF：JK の名称の由来は不明であるが、集積回路の発明で有名なジャック・キルビー（Jack Kilby）が、セット用、リセット用の入力端子の名前に J と K を割り当てたことから命名されたとの説がある。RS-FF との違いは、RS-FF では R=S=1 の入力が禁止されているが、JK-FF では入力が許可されていることである。その場合、表 1 の真理値表にあるとおり、現在の値が反転（1→0, 0→1）する。（区分⑦、⑧）

なお、問題の解説のため、表 1 と等価な内容を表 B で示す。

表 B JK-FF の入力値と結果

区分	J ₁	K ₁	Q ₁ （現在の値）	Q ₂ （次の結果）
①	0	0	0	0
②	0	0	1	1
③	0	1	0	0
④	0	1	1	0
⑤	1	0	0	1
⑥	1	0	1	1
⑦	1	1	0	1
⑧	1	1	1	0

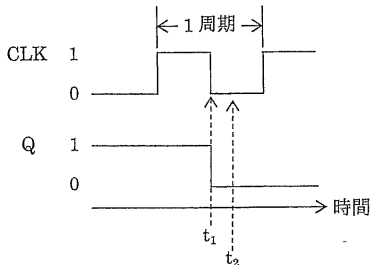
注記：表 1 との整合性から、現在の値（状態）を J₁、K₁、Q₁、次の結果を Q₂ で示す。

- 組合せ回路：現在の入力だけで出力が決まる回路で、OR 回路、AND 回路などを想定すればよい。
- 順序回路：前の状態を記憶しておき、その状態が出力に影響する回路で、フリップフロップが利用される。

問題解決のポイントは、JK フリップフロップが何かを知らなくても、表 1 が示す真理値表の意味を理解し、設問の内容を推測、理解できるかどうかである。

参考までに、本問のように CLK の立ち下がり（又は立ち上がり）で、Q の値が決定される順序回路を、エッジトリガ方式の（同期式）順序回路という。コンピュータをはじめ大部分のデジタル回路では、このエッジトリガ方式の順序回路が使用されている。一方、CLK の 1 と 0 で Q の値が変化する方式をレベルトリガ方式という。

【設問 1】
最初に図 2 及び表 1（表 B を含む）の意味を図 A で説明する。



注記：時刻 t_1 において CLK の値は 1 から 0 に変化している。これが立ち下がり（1→0）である。この時点で Q の値も 1 から 0 に変化していることが分かる。時刻 t_1 から微小時間進んだ時刻 t_2 では、時刻 t_1 で変化した CLK 及び Q の値がともに 0 であることが分かる。

図 A 図 2 の説明図

表 1 で示されている真理値表は、図 A で示したように、時刻 t_1 の J、K、Q の値を J₁、K₁、Q₁、変化後の時刻 t_2 の Q の値を Q₂ で示し、まとめたものである。（表 B 参照）

設問文から、「J と Q、K と \bar{Q} をそれぞれ同一の値の信号とする回路」なので、J=Q、K= \bar{Q} が成立することになる。また、Q の初期値は 0 であるから、J=Q=0、K= \bar{Q} =1 が成立する。CLK の立ち下がり時で、J₁=Q₁=0、K₁= \bar{Q}_1 =1 の場合を表 B で確認すると、区分③が該当することが分かる。このとき、その後の Q の変化（Q₂）は 0 であるから、現在の値 0 をそのまま維持することが分かる。したがって、正解は「0 のままである」の（ア）である。なお、他の選択肢は 0→0 の場合がないので誤りである。

【設問 2】
Q₁ から Q₂ への変化に着目し、そのときの J₁、K₁ との関係をまとめたものが表 2 である。表 2 で既知となっている 3 行目及び 4 行目の内容をヒントとして表 1（表 B）との関係を読み取ればよい。

- 3 行目：Q₁→Q₂ が 1→0 の場合なので、表 B では区分④、⑧が該当する。このとき、K₁ の値はどちらも 1 であるが、J₁ の値は 0 と 1 の 2 通りがあるため、J₁ の値は任意（0 又は 1 のいずれの値もあり得る）としている。
- 4 行目：Q₁→Q₂ が 0→1 の場合なので、表 B では区分⑤、⑦が該当する。このとき、J₁ の値はどちらも 1 であるが、K₁ の値は 0 と 1 の 2 通りがあるため、K₁ の値は任意としている。

同様な観点で、2 行目（空欄 b）及び 5 行目（空欄 c）について読み取ると次のようになる。

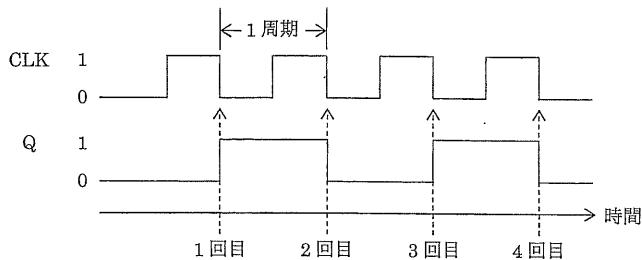
- 2 行目（空欄 b）：Q₁→Q₂ が 0→0 の場合なので、表 B では区分①、③が該当する。

このとき、J₁ の値はどちらも 0 であるが、K₁ の値は 0 と 1 の 2 通りがあるため、任意ということになる。

- 5 行目（空欄 c）：Q₁→Q₂ が 1→1 の場合なので、表 B では区分②、⑥が該当する。このとき、J₁ の値は 0 と 1 の 2 通りがあるため任意、K₁ の値はどちらも 0 となる。

以上から、空欄 b の正解は「0 任意」の（ア）、空欄 c の正解は「任意 0」の（エ）である。

【設問 3】
2 進カウンタの内容である。カウンタとは数を数えるものであるが、2 進数の場合 0 と 1 しかないため、カウンタを進めると結果的には 0→1 と 1→0 を繰り返すことになる。その様子を示したものが図 4 であるが、その内容を図 C で示す。



注記 1：CLK の立ち下がり（1→0）は、1 回目から 4 回目までである。
注記 2：1 回目の CLK の立ち下がり（1→0）で、Q の値は 0→1 と変化している。
注記 3：2 回目の CLK の立ち下がり（1→0）で、Q の値は 1→0 と変化している。
注記 4：2 回目以降、3 回目、4 回目では、Q の値は 0→1、1→0 と変化を繰り返すことが分かる。

図 C 図 4 の説明図

表 3 は、表 2 の Q₁→Q₂ の変化に着目すると、0→1（表 2 の 4 行目）、1→0（表 2 の 3 行目）の内容であると理解できる。

この表 3 を基に、2 進カウンタの構成例を示したものが図 5 である。図 5 では、J の入力を Q としているため、J=Q が成立する。また、K の入力は常に 1 であるから、K=1 である。この内容を表 3 で確認すると、1 回目と 2 回目のどちらの条件も満たしていることが分かる。

- 1 回目の CLK の立ち下がり（1→0）：Q=0 なので、 \bar{Q} =1 である。したがって、J= \bar{Q} =1 である。K=1 であるが、表 3 の K の値は任意（任意_K）なので、0 でも 1 でもよく、条件を満たす。
- 2 回目の CLK の立ち下がり（1→0）：Q=1 なので、 \bar{Q} =0 である。したがって、J= \bar{Q} =0 である。表 3 の J の値は任意（任意_J）なので、0 でも 1 でもよい。K=1 なので条件を満たす。

このような観点で、選択肢で示されている J、K の値が、表 3 の条件を満たすかどうかを吟味していく。その結果を表 C で示す。なお、任意は 0 でも 1 でもよいことに留意する。

表 C 選択肢（ア）～（カ）の吟味

CLK の立ち下がり→	1 回目				2 回目			
論理変数→	J	K	Q	\bar{Q}	J	K	Q	\bar{Q}
値（条件）→	1	任意 _K	0	1	任意 _J	1	1	0
ア：(J, K)=(1, 1)	○	○			○	○		
イ：(J, K)=(1, Q)	○	○			○	○		
ウ：(J, K)=(1, \bar{Q})	○	○			○	×		
エ：(J, K)=(Q, 1)	×	○			○	○		
オ：(J, K)=(Q, \bar{Q})	×	○			○	×		
カ：(J, K)=(\bar{Q} , Q)	○	○			○	○		

注記：○は条件を満たす場合、×は条件を満たさない場合を示す。

したがって、正解は（ア）、（イ）、（カ）であり、解答は順不同である。なお、選択肢（ウ）～（オ）の誤りの内容を補足しておく。

ウ：K= \bar{Q} としたとき、2 回目の CLK の立ち下がりでは \bar{Q} =0 のため K=0 となるが、K は 1 でなければならない条件を満たさない。

エ：J=Q としたとき、1 回目の CLK の立ち下がりでは Q=0 のため J=0 となるが、J は 1 でなければならない条件を満たさない。

オ：J=Q としたとき、1 回目の CLK の立ち下がりでは Q=0 のため J=0 となるが、J は 1 でなければならない条件を満たさない。同様に、K= \bar{Q} のとき、2 回目の CLK の立ち下がりでは \bar{Q} =0 のため K=0 となるが、K は 1 でなければならない条件を満たさない。