

1. Булева функция сравнения $L(x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_n)$ равна 1 тогда и только тогда, когда $(\overline{x_1}, \dots, \overline{x_n})_2 < (\overline{y_1}, \dots, \overline{y_n})_2$. Постройте схему размера $O(n)$, которая вычисляет $L(x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_n)$.
2. Пусть $n = k + 2^k$. Указательная функция $f(x_1, \dots, x_k, y_0, \dots, y_{2^k-1})$ равна y_x , где x — число, двоичная запись которого $x_1 \dots x_k$. Постройте схему полиномиального размера для указательной функции.
3. Постройте схему размера $O(n)$, которая вычисляет сумму n -битовых двоичных чисел.
4. Постройте схему размера $O(n^2)$, которая вычисляет произведение n -битовых двоичных чисел.
5. Рассмотрим вход функции $CONN: \{0, 1\}^{\binom{n}{2}} \rightarrow \{0, 1\}$ как неориентированный граф на n вершинах и положим $CONN(G) = 1$ тогда и только тогда, когда G связан. Постройте схему, которая вычисляет функцию $CONN$
 - а) размера $O(n^4)$;
 - б) размера $O(n^3 \log n)$.
6. Булева функция $f: \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}$ называется монотонной, если для всяких $x, y \in \{0, 1\}^n$ верно

$$x \leq y \Rightarrow f(x) \leq f(y),$$

где векторы x и y сравниваются в покоординатном порядке. Булева схема называется монотонной, если в ней не используются отрицания. **а)** Докажите, что монотонная схема вычисляет монотонную булеву функцию. **б)** Докажите, что всякую монотонную булеву функцию можно вычислить монотонной булевой схемой.

7. Докажите, что всякую функцию $f: \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}$ можно вычислить булевой схемой размера $O(2^n)$.
8. Постройте схему логарифмической глубины, вычисляющую функцию $PARITY = x_1 \oplus x_2 \oplus \dots \oplus x_n$.
9. Постройте схему размера $O(n)$ и глубины $O(\log n)$, которая вычисляет функцию сравнения $L(x_1, \dots, x_n; y_1, \dots, y_n)$.
10. Постройте схему, которая вычисляет сумму n -битовых двоичных чисел
 - а) полиномиального размера и глубины $O(\log n)$;
 - б) размера $O(n)$ и глубины $O(\log n)$.

1. Треугольником в графе называется тройка вершин, попарно соединенных между собой. Постройте схему полиномиального размера, которая по графу выдает 1 тогда и только тогда, когда в нем нет треугольников.
2. Постройте схему полиномиального размера, вычисляющую функцию MAJ . Функция $MAJ(x_1, \dots, x_n)$ равна 1 тогда и только тогда, когда $\sum_i x_i > n/2$.
3. Постройте схему полиномиального размера, вычисляющую функцию MAJ и не использующую отрицаний.
4. Докажите, что функцию XOR_3 можно вычислить, используя лишь одно отрицание (и много конъюнкций и дизъюнкций).
5. Постройте схему полиномиального размера для функции $f: \{0, 1\}^{\binom{n}{2}} \rightarrow \{0, 1\}$, равной единице, тогда и только тогда, когда данный на вход граф содержит эйлеров цикл (т. е. замкнутый маршрут, проходящий по каждому ребру графа ровно один раз).
6. Постройте схему полиномиального размера для функции $f: \{0, 1\}^{\binom{n}{2}} \rightarrow \{0, 1\}$, равной единице, тогда и только тогда, когда данный на вход граф раскрашиваем в два цвета.
7. Докажите, что всякую булеву схему размера s с n переменными можно переделать в булеву схему, в которой все отрицания применяются только к переменным, и при этом размер новой схемы не превышает $p(s, n)$, где p – некоторый фиксированный полином.