

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО РОБОТОТЕХНИКЕ. 2017–2018 уч. г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9–11 КЛАССЫ



Задания и критерии оценивания

Задание 1

Операторский кран с телескопической стрелой собран из длинных тонкостенных труб.

Труба АВ закреплена в точке О с помощью цилиндрического шарнира. Труба ВС может полностью войти в трубу АВ, труба CD может полностью войти в трубу ВС, труба DE может полностью войти в трубу CD. Длины труб ВС, CD и DE равны L . Длина части трубы АО равна L_2 , длина части трубы ОВ равна L_1 .



Подвесы камеры и противовеса могут двигаться вдоль стрелы крана. Для того чтобы автоматически регулировать положение камеры и противовеса, в середине трубы ОВ размещено массивное управляющее устройство. Управляющее устройство неподвижно.

В начальный момент времени штатив раздвинут полностью. В точке Е подвешивают камеру. В точке А подвешивают противовес. При этом кран приходит в равновесие (см. рисунок 1).

Конец штатива Е вместе с камерой начинает двигаться в сторону точки О с постоянной скоростью V_2 . Определите, с какой скоростью V_1 должен двигаться противовес из точки А в сторону точки О, чтобы штатив оставался в равновесии.

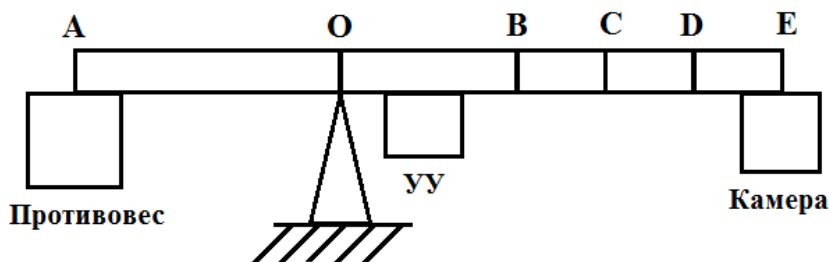
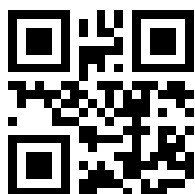


Рис. 1



После того как штатив полностью закрылся, то есть точки В, С, D и E совпали, для сохранения равновесия противовес должен находиться на расстоянии L_0 от точки O, так что

$$\frac{L_0}{L_1} = \alpha.$$

Трубы нерастяжимые, недеформируемые, и их массы пренебрежимо малы по сравнению с противовесом, камерой и управляющим устройством. Трением в соединительных элементах (стыках труб и шарнирах) можно пренебречь.

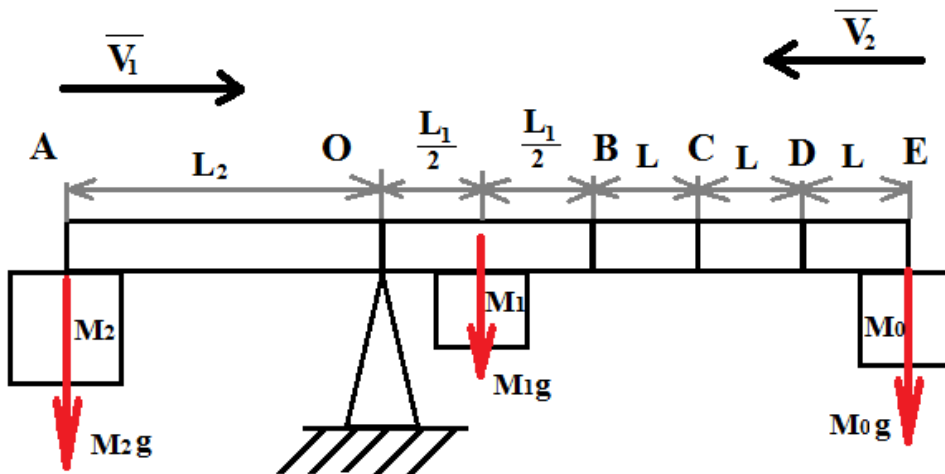
Ответ: $V_1 = \frac{L_2 - \alpha L_1}{3L} V_2.$

Решение:

Для удобства решения выполним чертёж и введём условные обозначения: обозначим массу камеры M_0 , массу управляющего устройства M_1 , а массу противовеса M_2 .

Так как управляющее устройство расположено в середине участка OB, то можно утверждать, что плечо силы тяжести M_1g будет равно половине длины OB, то есть $L_1/2$. Управляющее устройство неподвижно, поэтому плечо этой силы меняться не будет на протяжении всей задачи.

Рассмотрим распределение сил, действующих на рычаг, до начала движения.



Плечо силы тяжести M_2g будет равно L_2 .

Плечо силы тяжести M_0g будет равно $L_1 + 3L$.

Поскольку перед началом движения штатив находится в состоянии равновесия, то мы можем записать следующее уравнение равновесия:

$$M_2g L_2 = M_1g \frac{L_1}{2} + M_0g(L_1 + 3L).$$



Разделим обе части уравнения на g :

$$M_2 L_2 = M_1 \frac{L_1}{2} + M_0 (L_1 + 3L).$$

Поскольку мы должны выразить скорость противовеса через скорость камеры, то выгодно исключить из рассмотрения управляющее устройство, выразив его момент из уравнения через моменты камеры и противовеса:

$$M_1 \frac{L_1}{2} = M_2 L_2 - M_0 (L_1 + 3L).$$

Рассмотрим равновесие штатива при условии того, что подвес и камера начинают двигаться равномерно со скоростями V_1 и V_2 соответственно:

$$M_2 g (L_2 - V_1 t) = M_1 g \frac{L_1}{2} + M_0 g (L_1 + 3L - V_2 t).$$

Разделим выражение на g :

$$M_2 (L_2 - V_1 t) = M_1 \frac{L_1}{2} + M_0 (L_1 + 3L - V_2 t).$$

Заменяем выражение $M_1 \frac{L_1}{2}$ на равное ему выражение, содержащее M_0 и M_2 :

$$M_2 (L_2 - V_1 t) = M_2 L_2 - M_0 (L_1 + 3L) + M_0 (L_1 + 3L - V_2 t).$$

Упростим выражение:

$$M_2 (L_2 - V_1 t) - M_2 L_2 = M_0 (L_1 + 3L) - M_0 V_2 t - M_0 (L_1 + 3L)$$

$$M_2 L_2 - M_2 V_1 t - M_2 L_2 = -M_0 V_2 t$$

$$-M_2 V_1 t = -M_0 V_2 t$$

$$M_2 V_1 t = M_0 V_2 t.$$

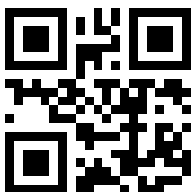
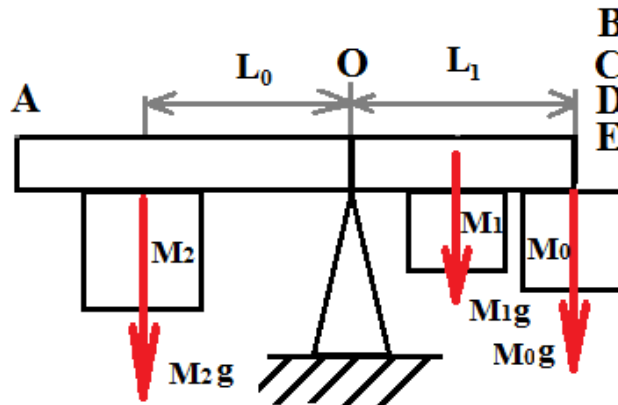
Разделим равенство на $t > 0$:

$$M_2 V_1 = M_0 V_2.$$

Поделим равенство на M_2 и получим выражение для V_1 :

$$V_1 = \frac{M_0}{M_2} V_2.$$

Рассмотрим случай, когда штатив полностью закрылся, то есть точки В, С, D и E совпали:



Получим выражение:

$$M_2 g L_0 = M_1 g \frac{L_1}{2} + M_0 g L_1.$$

Разделим выражение на g :

$$M_2 L_0 = M_1 \frac{L_1}{2} + M_0 L_1.$$

Учтём, что $\frac{L_0}{L_1} = \alpha$, тогда $L_0 = \alpha L_1$. Подставим в получившееся выражение:

$$\alpha M_2 L_1 = M_1 \frac{L_1}{2} + M_0 L_1.$$

Заменим $M_1 \frac{L_1}{2}$ на равное ему выражение:

$$\alpha M_2 L_1 = M_2 L_2 - M_0(L_1 + 3L) + M_0 L_1.$$

Раскроем скобки:

$$\alpha M_2 L_1 = M_2 L_2 - M_0 L_1 - 3M_0 L + M_0 L_1.$$

Упростим выражение:

$$\alpha M_2 L_1 = M_2 L_2 - 3M_0 L$$

$$3M_0 L = M_2 L_2 - \alpha M_2 L_1$$

$$3M_0 L = M_2(L_2 - \alpha L_1).$$

Выразим отношение $\frac{M_0}{M_2}$:

$$\frac{M_0}{M_2} = \frac{L_2 - \alpha L_1}{3L}.$$

Подставим получившееся выражение в соотношение для скорости и получим:

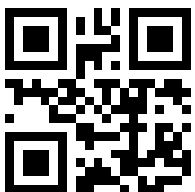
$$V_1 = \frac{L_2 - \alpha L_1}{3L} V_2.$$

Ответ: $V_1 = \frac{L_2 - \alpha L_1}{3L} V_2$.

Критерии оценивания

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – **8 баллов**, при этом:

- верно записано условие равновесия стрелы крана до начала движения – **2 балла**;
- верно записано условие равновесия стрелы крана при равномерном движении камеры и противовеса в момент времени t – **2 балла**;
- выполнено верное преобразование математических выражений – **2 балла**;
- дан правильный ответ – **2 балла**.



Задание 2

При выезде с парковки установлен автоматический шлагбаум, который открывается при подъезде автомобиля к шлагбауму и закрывается, когда автомобиль отъезжает.

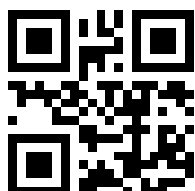
По обе стороны от шлагбаума установлено по датчику, которые детектируют наличие или отсутствие объекта около шлагбаума.

Наличие объекта перед датчиком соответствует логической единице. Если хотя бы один из датчиков детектирует наличие объекта, то сигнальная лампа горит, а сам шлагбаум находится в состоянии «открыт». В случае, если оба датчика не детектируют наличие объекта, сигнальная лампа не горит и шлагбаум находится в состоянии «закрыт».

1. Разработайте принципиальную электрическую схему управления таким шлагбаумом с использованием микросхемы на логических элементах «ИЛИ-НЕ» (начертите схему).
2. Объясните логику работы приведённой Вами схемы.
3. Опишите тип датчика, детектирующего объект, который может быть использован в Вашей схеме. Объясните принцип его действия.

В схеме могут быть использованы:

- источник питания – 1 шт.,
- интегральная микросхема КР1533ЛЕ1 – 1 шт.,
- сигнальная лампа – 1 шт.,
- датчик детектирования объекта – 2 шт.,
- другие электронные компоненты.

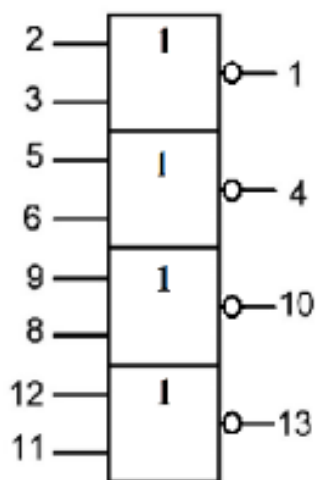


Справочная информация:

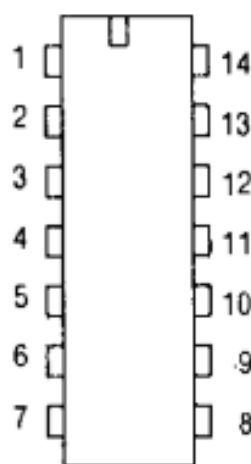
Микросхема КР1533ЛЕ1 представляет собой объединение четырёх логических элементов «ИЛИ-НЕ» с двумя входами каждый.

Например, если подать определённое напряжение на входы («ножки») № 8 и № 9, то на выходе № 10 будет результат логической операции «ИЛИ-НЕ», выполненной для входов № 8 и № 9.

Условное графическое обозначение микросхемы КР1533ЛЕ1
Входы: 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 12. Выходы: 1, 4, 10, 13.



Расположение выходов микросхемы



Примечание:

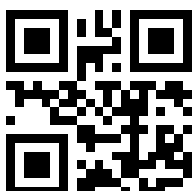
На ножку № 14 подаётся напряжение +5 В, необходимое для обеспечения работы схемы, а ножка № 7 соединяется с минусом источника питания. При этом обычно на принципиальных схемах это не обозначается.

Таблица истинности для операции ИЛИ-НЕ

Первый вход	Второй вход	Выход
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Условное обозначение элементов электрической цепи

источники тока	потребители	управляющие элементы	провода
гальванический элемент	лампочка	кнопка	соединение проводов
батарея элементов	звонок	ключ	клеммы
	резистор	реостат	пересечение проводов
	двигатель	предохранитель	



Решение:

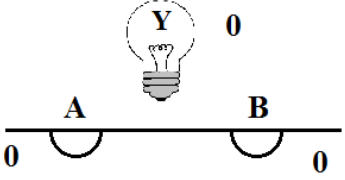
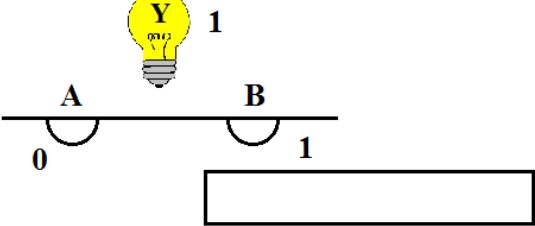
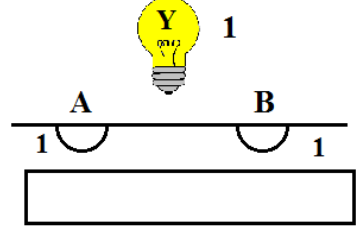
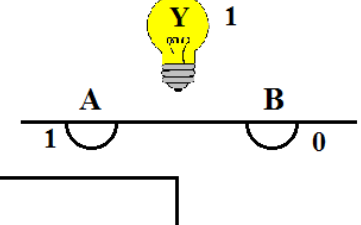
Прежде всего определим, какую логику работы должно реализовывать наше устройство.

Договоримся обозначать наличие объекта перед датчиком за логическую единицу, а отсутствие препятствия перед датчиком за логический ноль.

Договоримся, что если лампочка горит, то это означает логическую единицу, а если лампочка не горит, то логический ноль.

Обозначим один из датчиков А, а второй –В, а лампочку –У.

Сопоставим условие и требуемые состояния датчиков и лампочки:

	<p>Датчик А не детектирует наличие объекта.</p> <p>Датчик В не детектирует наличие объекта.</p> <p>Лампа У не горит</p>
	<p>Датчик А не детектирует наличие объекта.</p> <p>Датчик В детектирует наличие объекта.</p> <p>Лампа У горит</p>
	<p>Датчик А детектирует наличие объекта.</p> <p>Датчик В детектирует наличие объекта.</p> <p>Лампа У горит</p>
	<p>Датчик А детектирует наличие объекта.</p> <p>Датчик В не детектирует наличие объекта.</p> <p>Лампа У горит</p>



Перепишем полученные результаты в виде таблицы истинности:

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Исходя из таблицы истинности, можно утверждать, что наша система должна реализовывать логическую функцию «ИЛИ», то есть $Y = A \cup B$.

Поскольку у нас есть микросхема *KP1533LE1*, реализующая логику «ИЛИ-НЕ», то нам следует, используя логические элементы «ИЛИ-НЕ» построить один логический элемент «ИЛИ».

Вспомним закон двойного отрицания для операции «ИЛИ»:

$$\overline{\overline{A \cup B}} = A \cup B.$$

То есть, чтобы получить искомую функцию «ИЛИ», нам следует инвертировать результат операции «ИЛИ-НЕ».

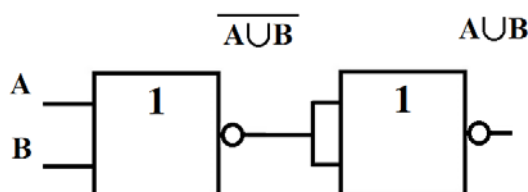
Рассмотрим таблицу истинности операции «ИЛИ-НЕ»:

Таблица истинности для операции ИЛИ-НЕ

Первый вход	Второй вход	Выход
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

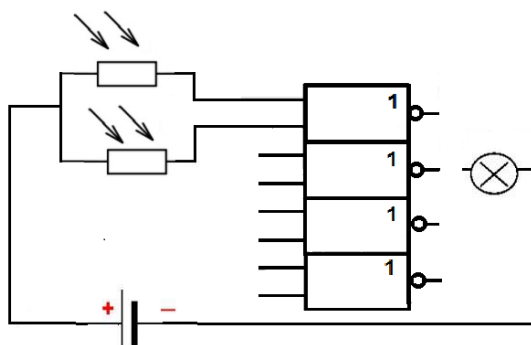
Заметим, что если подать на вход логического элемента «ИЛИ-НЕ» два логических нуля, то на выходе мы получим логическую единицу, а если подать на вход логического элемента «ИЛИ-НЕ» две логические единицы, то на выходе мы получим логический нуль.

То есть, если на входы логического элемента «ИЛИ-НЕ» подать одинаковые логические значения, то на выходе мы получим инвертированный сигнал. Значит, чтобы построить из элементов «ИЛИ-НЕ» элемент «ИЛИ», нам нужно следующим образом соединить элементы «ИЛИ-НЕ»:

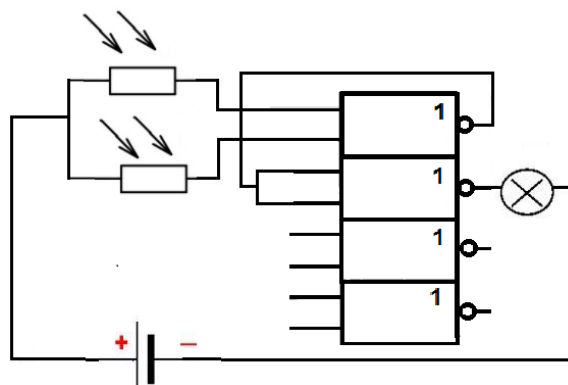


Построим нашу схему в два шага.

Шаг № 1. Соединим датчики со входами первого логического элемента «ИЛИ-НЕ»:



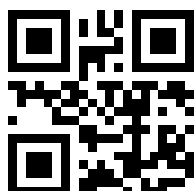
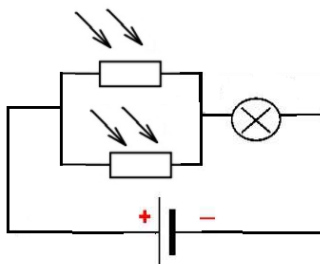
Шаг № 2. Соединим выход первого логического элемента «ИЛИ-НЕ» со входами второго логического элемента «ИЛИ-НЕ». Выход второго логического элемента соединим с лампочкой. Получим:



Наша принципиальная схема с использованием микросхемы *KP1533LE1* построена.

В данной схеме можно использовать датчики, которые определяют наличие или отсутствие объекта по детектированию излучённого датчиком сигнала: если отражённого сигнала нет – объекта нет. В качестве таких датчиков можно назвать, например, ультразвуковой датчик, инфракрасный датчик и датчик, измеряющий интенсивность отражённого света.

Данная задача может быть решена и без использования микросхемы, но данное решение может быть засчитано как частичное.



Критерии оценивания

Максимальная оценка за правильно выполненное задание – **8 баллов**, при этом:

- верно описана логика соотношения состояний сигнальной лампы и состояний датчиков – **2 балла**;
- приведено верное построение элемента «ИЛИ» с помощью двух элементов «ИЛИ-НЕ» – **2 балла**;
- приведена верная схема с использованием микросхемы – **2 балла**;
- приведена верная схема без использования микросхемы (параллельное соединение) – **1 балл**;
- приведено описание датчиков детектирования объекта, удовлетворяющих логике работы устройства, – **2 балла**.

