

Задание 11.2. Черная звезда. В черном ящике с четырьмя выводами находятся четыре элемента, соединенные звездой. В каждом луче звезды содержится только один элемент. Этими элементами могут быть: резисторы, диоды, конденсаторы, катушки индуктивности, батарейки.

- 1) Определите, какие элементы находятся в лучах звезды, и, в случае обнаружения резисторов, определите их сопротивления.
- 2) Определите внутреннее сопротивление мультиметра в режиме вольтметра (диапазон 20 В)
- 3) Определите напряжение на выходе мультиметра, включенного в режиме омметра в диапазоне 2000 кОм.

Приборы и оборудование: черный ящик, мультиметр.

Рекомендации для организаторов

- Внутри черного ящика (рис. 1) следует соединить три резистора с сопротивлениями $R_1 = 810 \text{ кОм}$, $R_2 = 270 \text{ кОм}$, $R_3 = 540 \text{ кОм}$ и конденсатор (проще всего взять полярный) емкостью $C = 20 \text{ мкФ}$. Сопротивление резисторов может незначительно отличаться от указанных.

Выводы из черного ящика должны быть короткими, чтобы исключить их закорачивание участниками олимпиады.

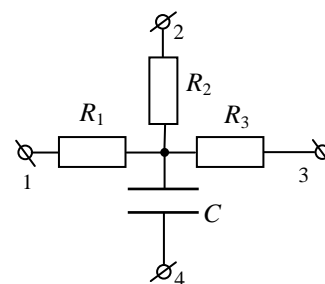
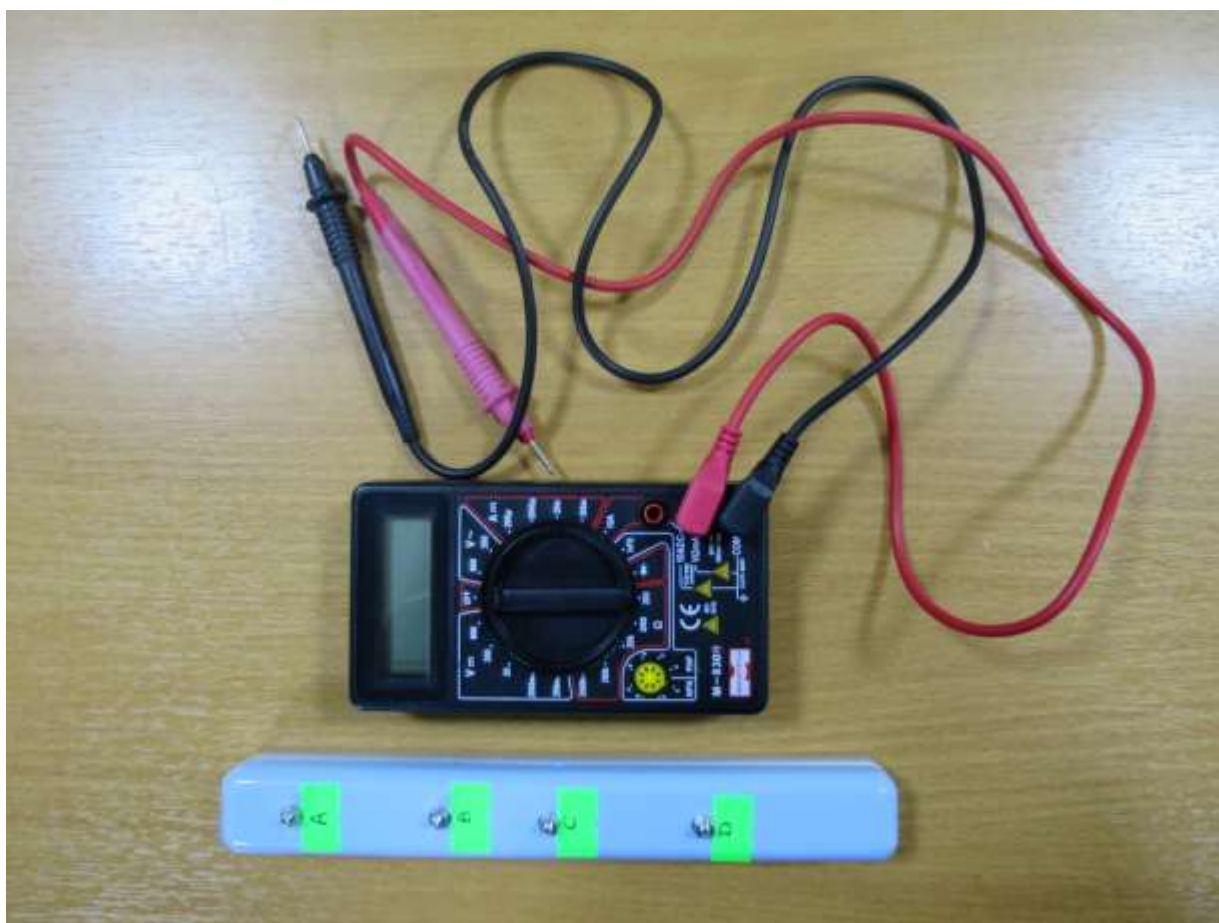


Рис. 1



Возможное решение (Замятнин М., Слободянин В.)

1. Мультиметром в режиме вольтметра проверяем попарно все выводы и убеждаемся в отсутствии источников тока.
2. Измеряем омметром (в режиме 2000 k) сопротивления между выводами и заносим результаты в таблицу.

кОм	1	2	3	4
1		1080	1350	$\approx \infty$
2	1080		810	$\approx \infty$
3	1350	810		$\approx \infty$
4	$\approx \infty$	$\approx \infty$	$\approx \infty$	

Обращаем внимание, что показания омметра при подключении к контакту 4 постепенно увеличиваются и через 10-20 с выходят за диапазон измерений. Так может себя вести только конденсатор. По мере зарядки, ток через него уменьшается, и омметр фиксирует бесконечное сопротивление. Катушка индуктивности вела бы себя иначе – ее сопротивление в установившемся режиме должно стремиться к нулю. Диод также вел бы себя иначе, его сопротивление в открытом состоянии было бы мало (но постоянно), а в закрытом – бесконечно велико (но тоже постоянно).

Обнаружив конденсатор, не забываем его разряжать после каждого измерения, и контролируем этот процесс с помощью вольтметра.

Значения сопротивлений резисторов, определим, решая совместно систему уравнений:

$$R_{12} = R_1 + R_2;$$

$$R_{23} = R_2 + R_3;$$

$$R_{13} = R_1 + R_3;$$

получим:

$$R_1 = \frac{R_{13} + R_{12} - R_{23}}{2}; \quad R_2 = \frac{R_{12} + R_{23} - R_{13}}{2}; \quad R_3 = \frac{R_{13} + R_{23} - R_{12}}{2}.$$

Примечание: Для ускорения процесса разрядки конденсатора, к нему можно подключать омметр в обратной полярности, дожидаясь обращения в ноль его показаний.

Существенное искажение в результате измерений больших сопротивлений может внести прикосновение двумя руками к контактам омметра.

Критерии оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Проведена проверка на отсутствие источников | 1 балл |
| 2. Результаты измерений сопротивлений R_{ij} | 3 балла |
| 3. Обнаружен конденсатор | 2 балла |
| 4. Обосновано отсутствие катушки и диода | 2 балла |
| 5. Определены сопротивления резисторов | 6 баллов |
| за каждое значение в диапазоне $\pm 5\%$ | 2 балла |
| за каждое значение в диапазоне $\pm 10\%$ | 1 балл |
| 6. Оценка погрешности результатов | 1 балл |