

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНСТРУКТОР ЗНАТОК™

Рекомендовано УМО МПГУ Министерства образования и науки Российской Федерации

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ
«Физика»
«Электричество»
«Электротехника»
«Электроника»

3
уровня
сложности



- Лампочки и светодиоды
- Индикатор и измерительные приборы
- Диоды и транзисторы
- Динамик и микрофон
- Резисторы и конденсаторы
- Коммутирующие устройства
- Фоторезистор и сенсор
- Автоматические устройства
- Интегральные микросхемы
- Цифровой диктофон
- Радиоприёмники

Для
образовательных
учреждений
!

КНИГА **1**

АВТОМОБИЛЬ — ЭТО ТОЖЕ ФИЗИКА

Данный практикум поможет вам узнать о работе этих и других элементов

Транзисторы, тиристоры, диоды

- Системы зажигания
- Стабилизаторы напряжения
- Управление освещенностью
- Коммутаторы
- Климат-контроль

Лампы и светодиоды

- Фары и задние фонари
- Освещение салона
- Подсветка приборной панели
- Подсветка номерных знаков
- Освещение багажника
- Индикация неисправностей

Датчики и сенсоры

- Уровни жидкостей (масло, антифриз, тормозная жидкость)
- Температура
- Затемнение зеркал заднего вида
- ABS
- Дождь
- Климат-контроль

Переключатели и герконы

- Охранная сигнализация
- Управление отоплением, освещением, стеклоочистителями, светом, музыкой и пр.

Измерительные приборы

- Спидометр
- Тахометр
- Одометр
- Уровень топлива
- Уровень зарядки аккумулятора

Индуктивности и емкости

- Регулирующие клапаны
- Центральный замок
- Схемы фильтрации помех

Электромоторы и генератор

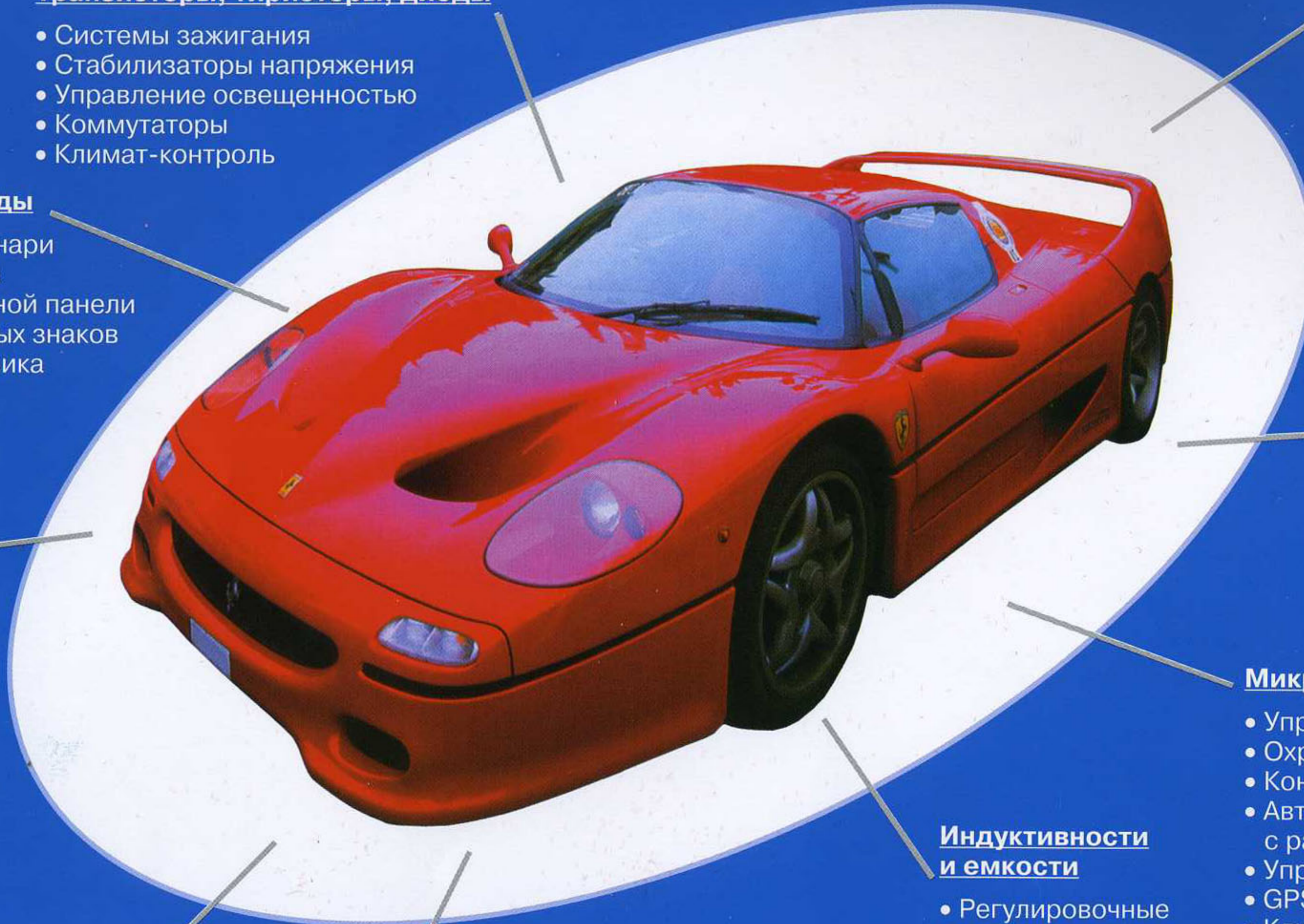
- Стеклоочистители
- Стеклоподъемники
- Регулировка сидений
- Система охлаждения двигателя
- Климат-контроль
- Зарядка аккумулятора
- Питание всех узлов во время езды

Динамики и пьезоизлучатели

- Воспроизведение музыки
- Предупреждающие звуковые сигналы
- Охранная сигнализация

Микросхемы

- Управление работой двигателя
- Охранная сигнализация
- Контроль датчиков
- Автомагнитола с радиоприемником
- Управление ABS, EBD, ETC и пр.
- GPS-навигация
- Климат-контроль



А.А. Бахметьев

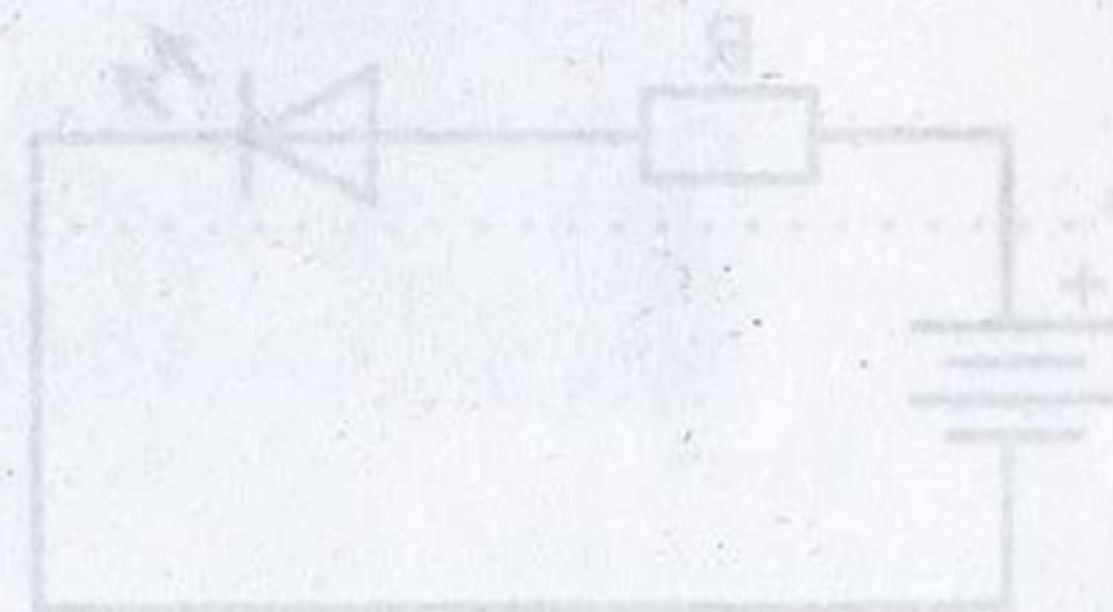
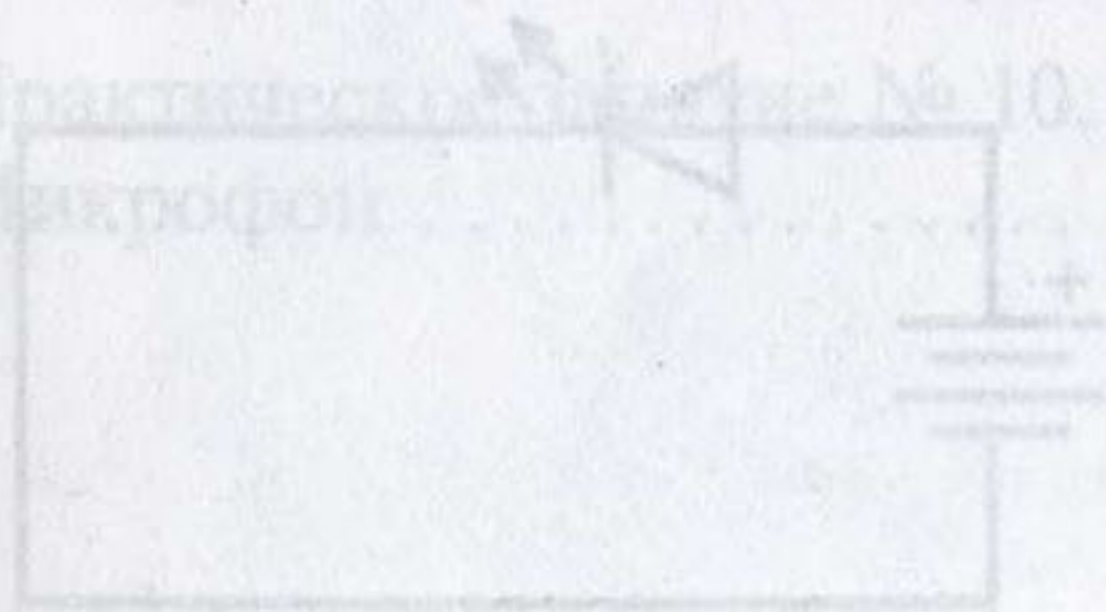
Электронный конструктор «ЗНАТОК»™

Практические занятия по физике

8, 9, 10, 11 классы

- электричество
- электротехника
- электроника

*Рекомендовано УМО МПГУ Министерства образования и науки Российской Федерации
для образовательных учреждений*



Москва
2005





Этот конструктор рассчитан не только для применения в образовательных учреждениях, он прекрасно подойдет и для изучения физики в спокойной домашней обстановке и будет интересен людям любого возраста.

Пожалуйста, внимательно прочитайте информацию справа, а также разделы «Введение» и «Методика сборки».

Надеюсь, что работа с этим конструктором, позволит Вам по-новому взглянуть на некоторые разделы физики и проникнуться, если не любовью, то симпатией к тяжелому труду под названием «учеба».

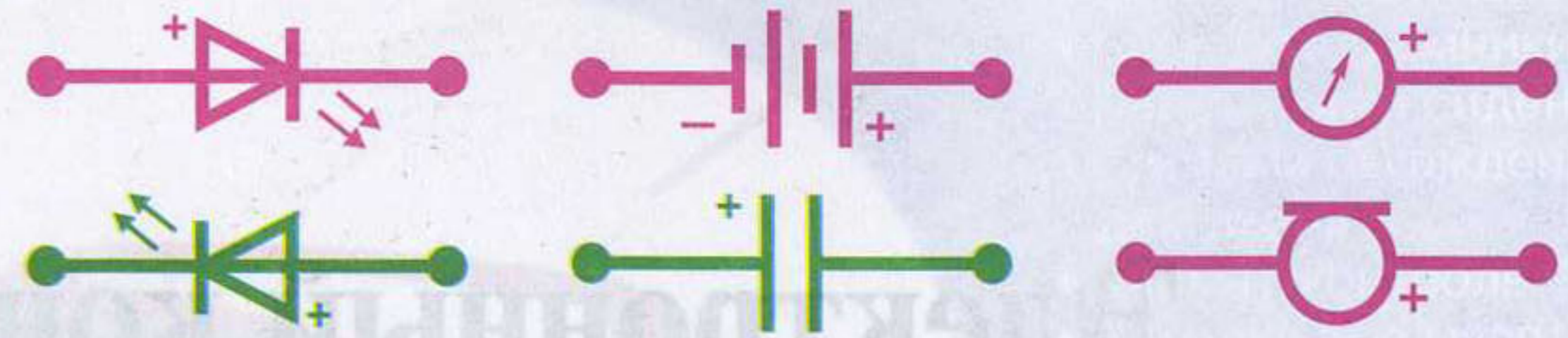
Хотелось бы выразить глубокую признательность людям, помогавшим в осуществлении этого проекта: Кориуновой Марии, Романову Игорю, Ушаковой Ольге, Чжану Тяньго, Передаскину Александру и моей семье – за сильную помощь и непосильное терпение.

*С уважением,
Андрей Бахметьев*

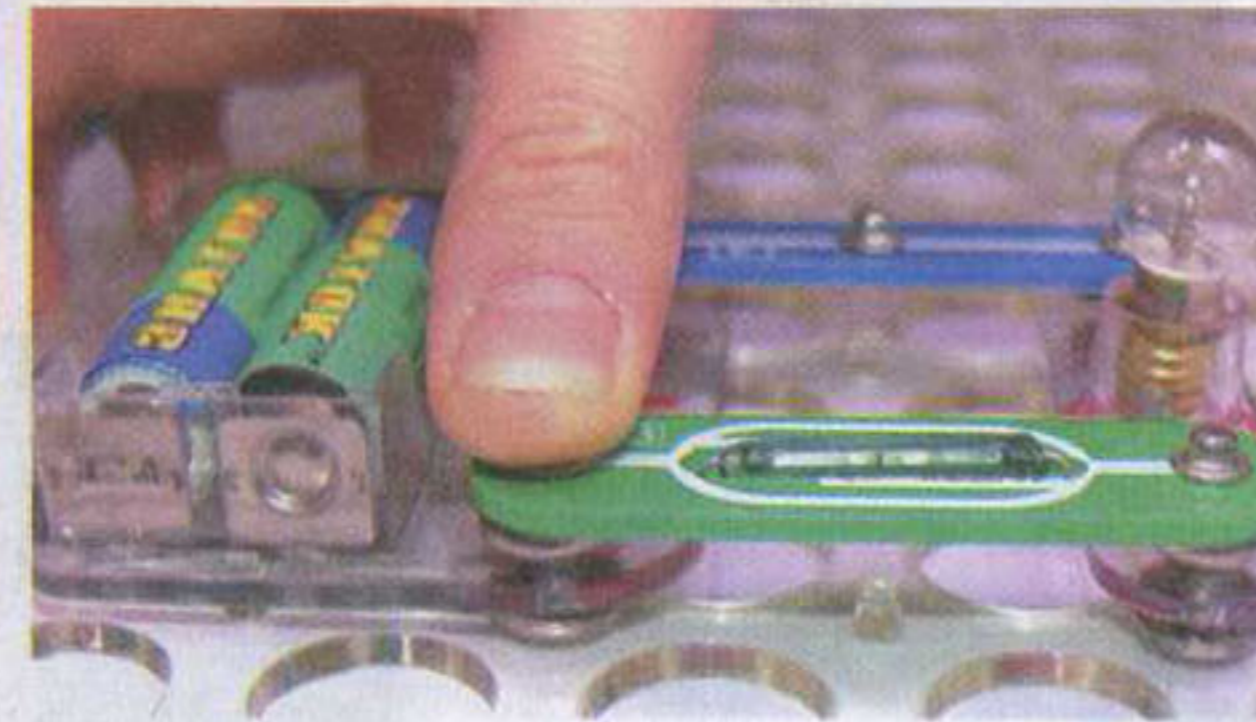
P.S. Более подробную информацию об обучающей серии «Знаток» можно найти на сайте www.znatokonline.ru

Внимание!

! Соблюдайте полярность! Многие элементы имеют в своей маркировке знак «+». При сборе схемы обязательно обращайтесь на это внимание. Несоблюдение полярности делает схему неработоспособной или может привести к повреждению электронного компонента.



! При сборе схемы надавливайте не в середину пластин, а по краям, в точках крепления. Например, геркон имеет стеклянный корпус и легко может треснуть.

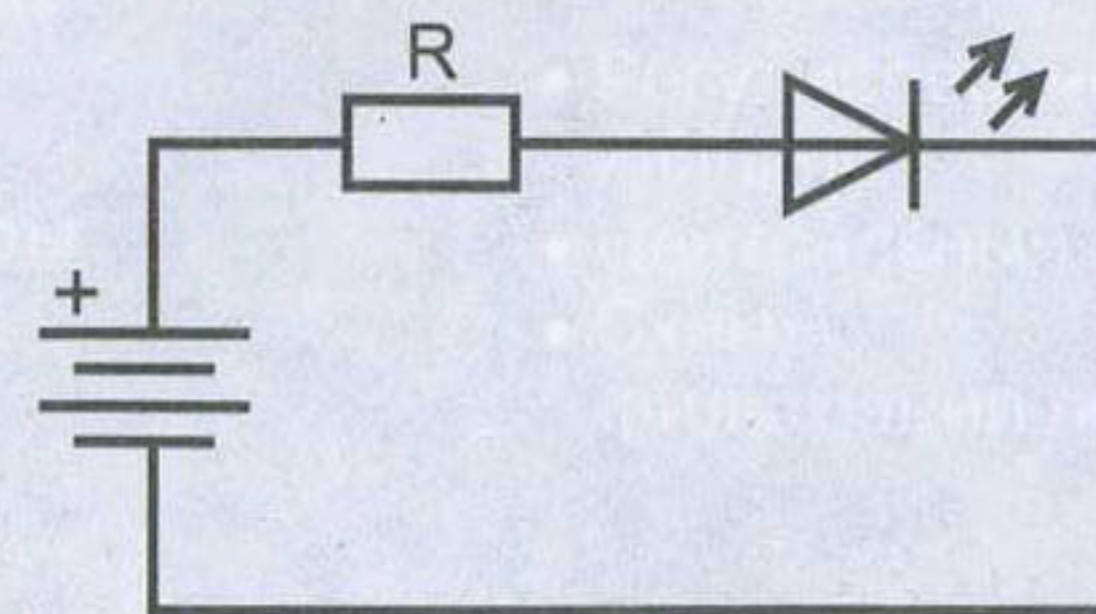


Правильно

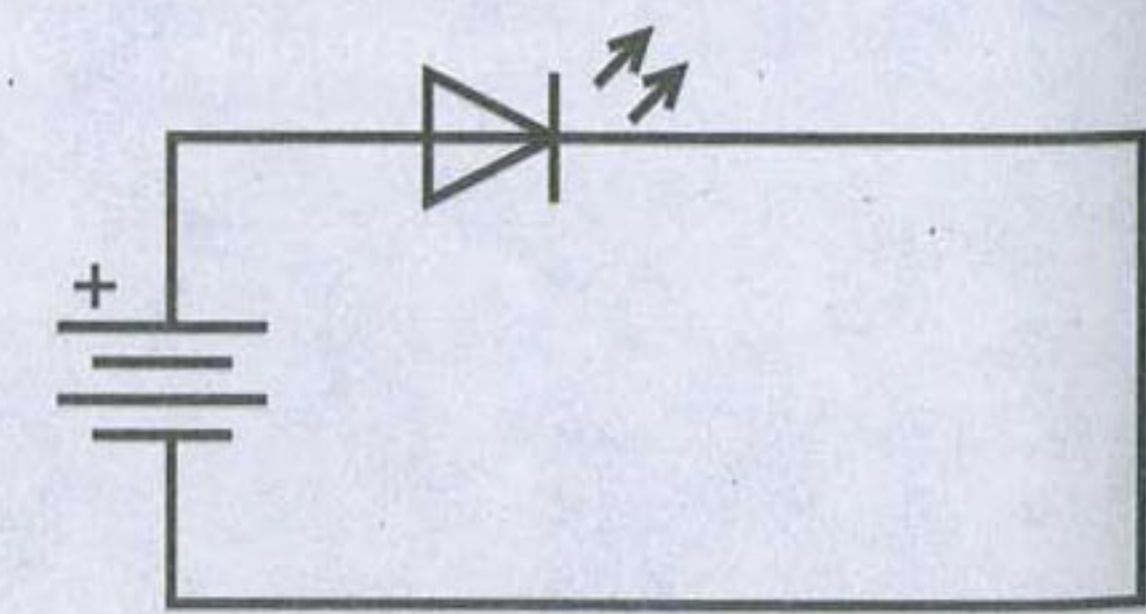


Неправильно

! Не подключайте светодиоды напрямую к батарее — это надо обязательно делать через токоограничивающий резистор. Светодиоды не лампочки, и при непосредственном подключении к батарее они быстро сгорают.



Правильно



Неправильно

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4	Практическое занятие № 11. ●	
Методика сборки	5	Громкоговорители	43
Перечень элементов	6	Практическое занятие № 12. ● ●	
Практическое занятие № 1. ● ●		Конденсаторы	45
Источники питания. Батарейки и аккумуляторы	8	Практическое занятие № 13. ● ●	
Практическое занятие № 2. ● ●		Диод.	49
Переключатели	14	Практическое занятие № 14. ●	
Практическое занятие № 3. ● ●		Биполярные транзисторы	51
Источники света. Лампы и светодиоды	17	Практическое занятие № 15. ●	
Практическое занятие № 4. ● ●		Тиристор	54
Электродвигатель и генератор	22	Практическое занятие № 16. ● ●	
Практическое занятие № 5. ● ●		Радиоприемники	55
Резисторы и реостаты	26	Практическое занятие № 17. ● ●	
Практическое занятие № 6. ● ●		Фоторезистор	58
Параллельное и последовательное соединение	30	Практическое занятие № 18. ●	
Практическое занятие № 7. ● ●		Интегральные микросхемы	62
Проводники и диэлектрики	33	Практическое занятие № 19. ● ●	
Практическое занятие № 8. ●		Цифровая техника. Семисегментный индикатор	64
Катушка индуктивности	35	Практическое занятие № 20. ●	
Практическое занятие № 9. ● ●		Цифровая техника. Логические элементы	66
Электроизмерительные приборы	37	Практическое занятие № 21. ●	
Практическое занятие № 10. ●		Цифровая техника. Диктофон	68
Микрофон	41	Дополнительная информация	70

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача данных практических занятий — показать связь между школьной программой и окружающей нас современной жизнью. Именно поэтому конструктор содержит элементы, которые присутствуют практически во всей окружающей нас технике — компьютерах, телефонах, автомобилях, фото- и видеокамерах, телевизорах, музыкальной аппаратуре и т.д.

Электронный конструктор включает в себя коробку с элементами и две книги. «Книга 1» содержит методические указания для выполнения практических занятий во время школьных уроков. В «Книге 2» приводятся схемы, которые ученики могут собирать во время дополнительных или факультативных занятий. Для удобства пользования на последней странице обложки приведена схема расположения и количество элементов в коробке.

В качестве элементов питания рекомендуется применять NiMH аккумуляторы (напряжение 1.2 В, емкость не менее 1800 мА·ч, размер АА) с соответствующим зарядным устройством. Вместо аккумуляторов можно применять батарейки размером АА и напряжением 1.5 В, но при этом, во время выполнения некоторых заданий, необходимо вводить поправку на разницу напряжений батареек и аккумуляторов.

Практические занятия согласуются с существующей школьной программой и учебниками физики для 8, 9, 10 и 11 классов. Но поскольку образование становится все более дифференцированным, то задания разбиты не по классам, а на 3 группы разного уровня сложности:

- синий — начальный уровень
- зеленый — средний уровень
- красный — уровень выше среднего

Эти цветные кружки размещены перед заданиями.

Практическое занятие содержит одно или несколько заданий. Преподаватель, в зависимости от уровня подготовленности и профориентации учеников, может требовать выполнение всех заданий или только их части.

Предлагаемые практические задания могут выполняться при изучении следующих тем и разделов:

- Электрические явления. Постоянный ток
- Электромагнитные явления
- Электростатика
- Электрический ток в различных средах. Полупроводниковые компоненты
- Механические колебания и волны. Звук
- Основы электроники. Интегральные микросхемы
- Цифровая техника. Логические схемы



МЕТОДИКА СБОРКИ

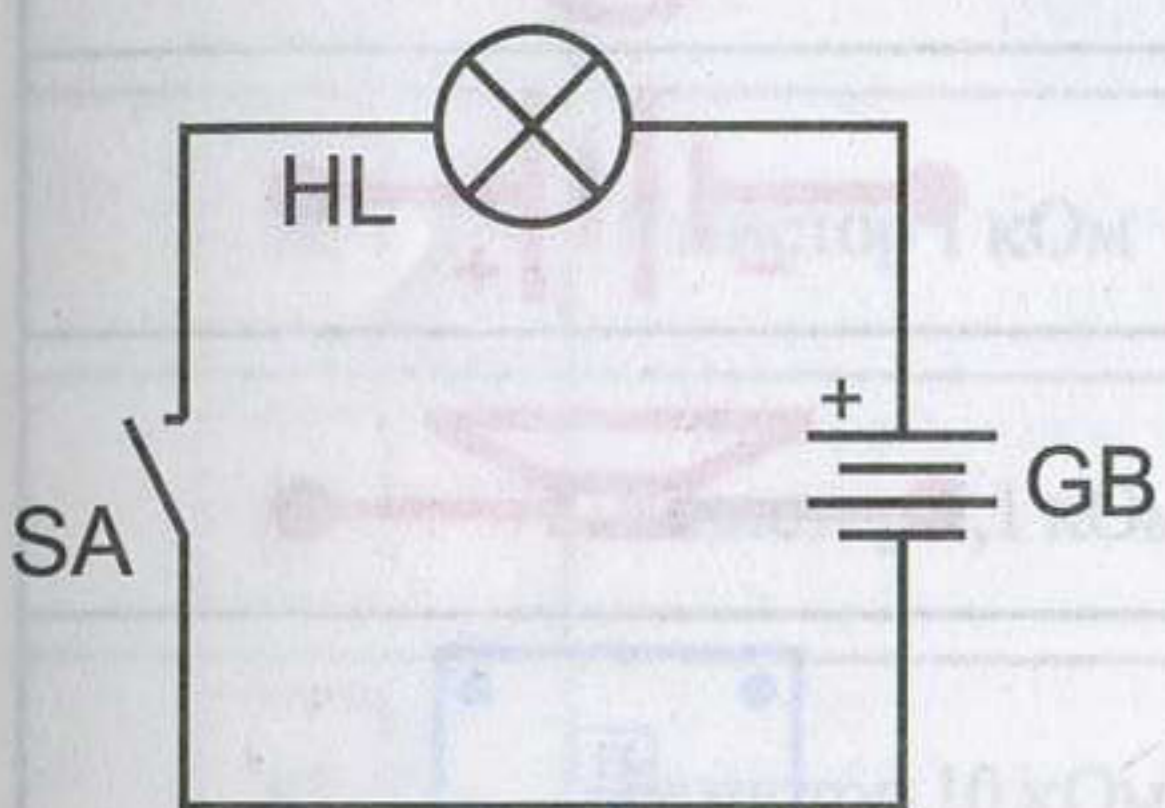


Рис. А. Принципиальная схема

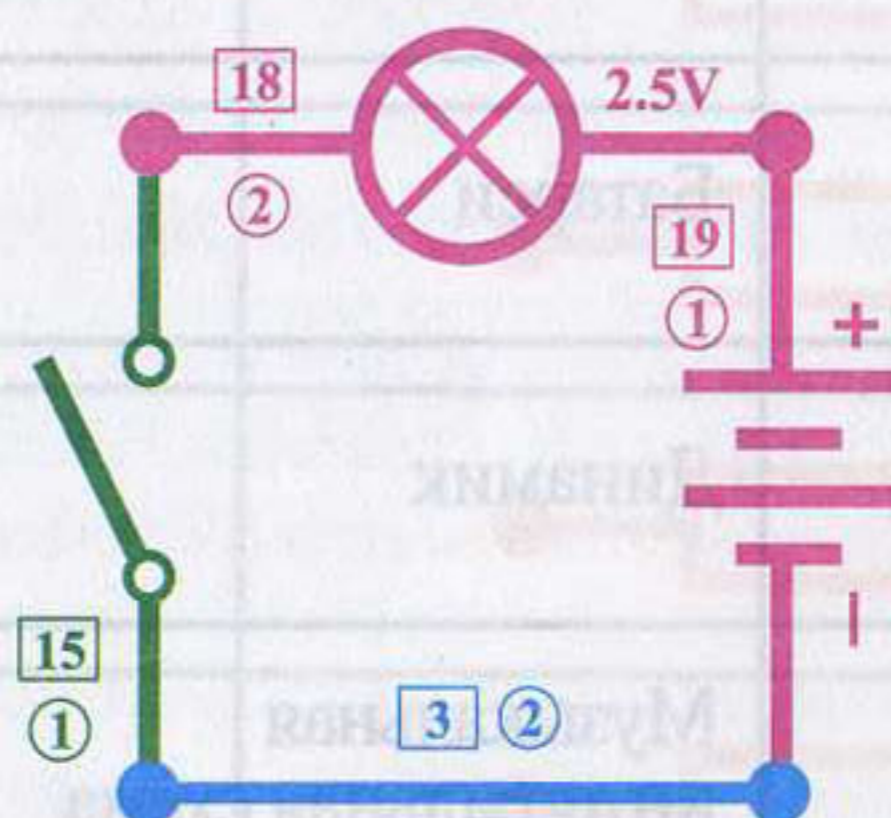


Рис. Б. Адаптированная принципиальная схема

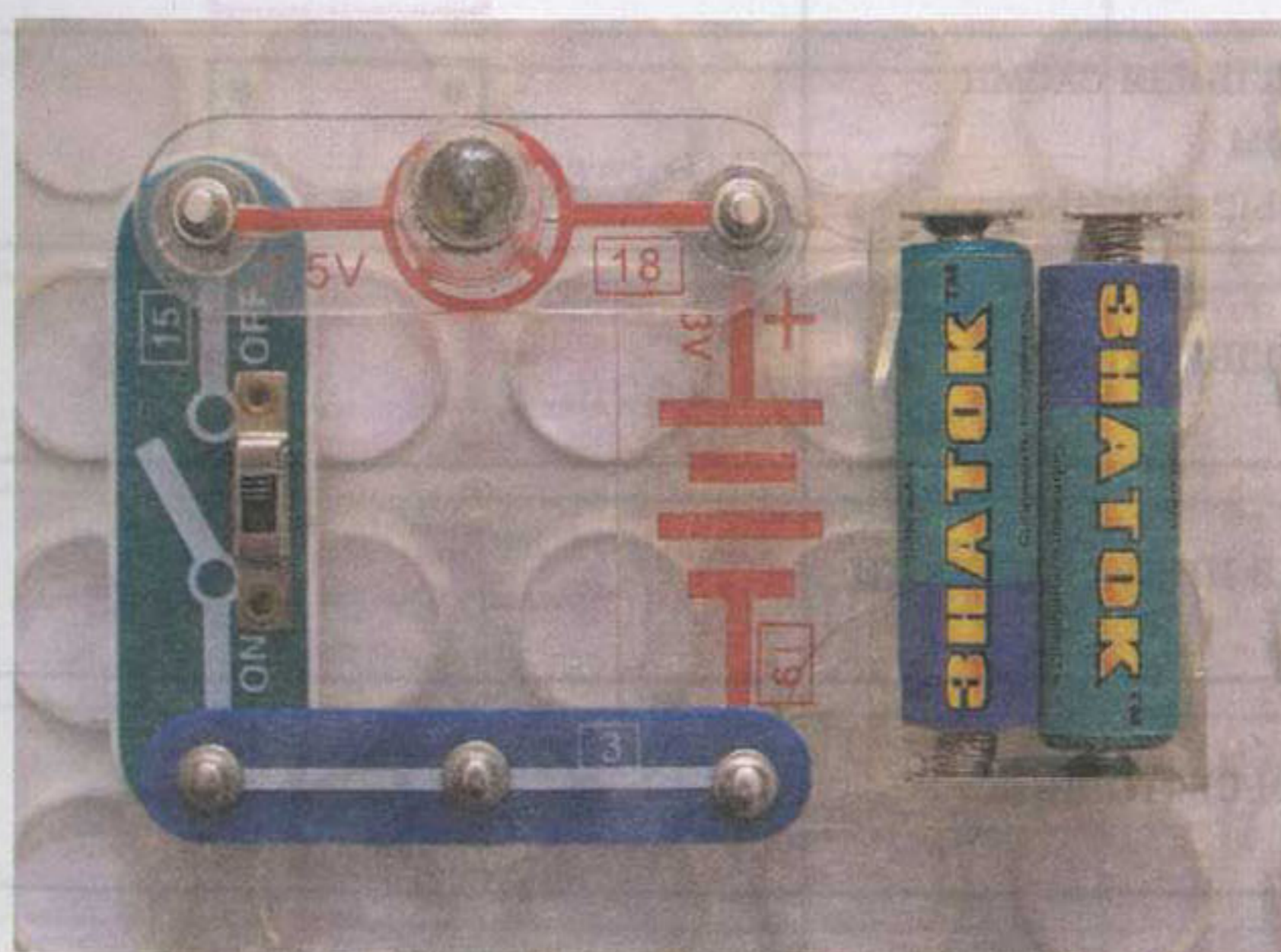


Рис. В.
Монтажная схема

1. Электронный конструктор ЗНАТОК состоит из ряда компонентов — электронных блоков и проводов различной длины, на каждом из которых имеется номер в рамке. Это и есть номер компонента. Например, [3] означает провод с тремя клеммами, а [18] означает лампу 2.5V. Эти компоненты могут располагаться в разных слоях, и для ускорения сбора схемы на рисунках рядом с компонентами, помимо его номера, помещаются цифры в кружочках ①, ②, ③ и ④, которые означают номера слоев. Поэтому надпись [3]① означает провод с тремя клеммами, установленный в слое ①, надпись [3]② — тот же провод, но в слое ②, а [18]② — лампу 2.5V, установленную в слое ②.

2. Пример сборки

Возьмем в качестве примера схему обычного карманного фонарика. Принципиальная электрическая схема такого фонарика приведена на рис. А. В данном конструкторе, для облегчения сборки, она может изображаться как на рис. Б. Как эта схема выглядит в собранном из деталей виде показано на рис. В.

3. Порядок сборки





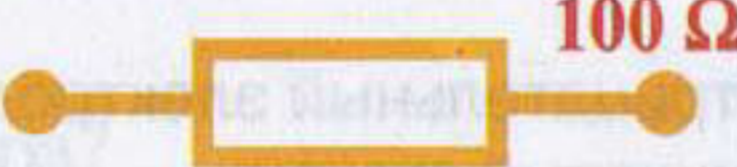

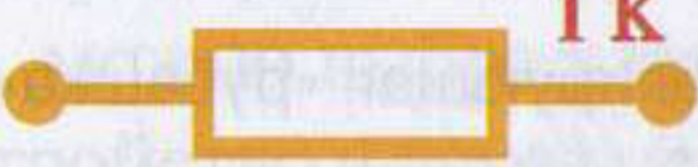
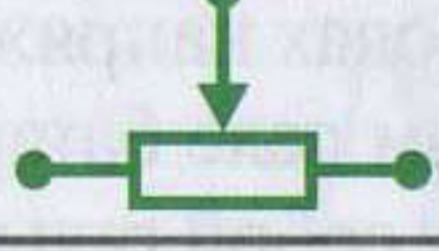









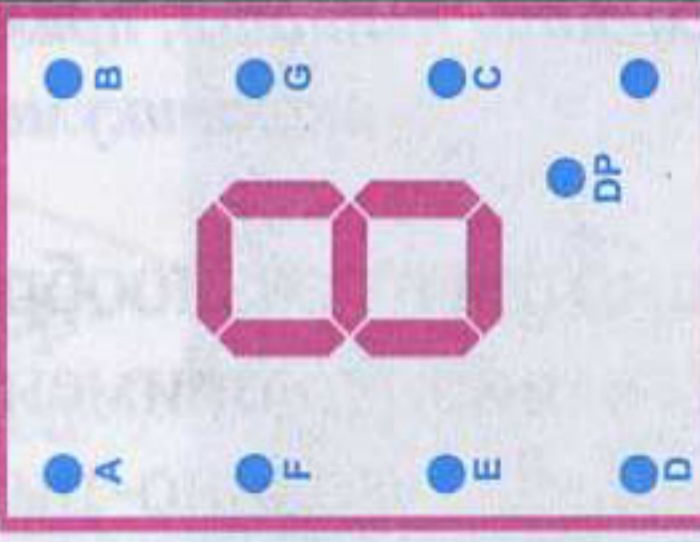





Согласно схеме на рис. Б найдите необходимые компоненты — выключатель [15], лампу 2.5V [18], батарею [19] и провод [3]. После этого выполните сборку электрической схемы — в слой ① установите элементы [15] и [19], затем в слой ② установите элементы [3] и [18]. Когда закончите сборку, замкните выключатель — и лампа загорится.

Примечание: у многих фонариков металлический корпус выполняет функцию провода идущего от минуса батареи к выключателю.

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Код	Название	Условное обозначение	Код	Название	Условное обозначение
1	Шайба с 1 соединительной клеммой		16	Фоторезистор	
2	Провод с 2 соединительными клеммами		17	Красный светодиод	
3	Провод с 3 соединительными клеммами		18	Лампа 2.5V	
4	Провод с 4 соединительными клеммами		19	Батареи	
5	Провод с 5 соединительными клеммами		20	Динамик	
6	Провод с 6 соединительными клеммами		21	Музыкальная интегральная схема	
7	Провод с 7 соединительными клеммами		22	Сигнальная интегральная схема	
11	Пьезоизлучатель		23	Интегральная схема со звуком «Звездные войны»	
12	Сенсорная пластина		24	Электродвигатель	
13	Геркон		25	Катушка индуктивности	
14	Кнопка		26	Зеленый светодиод	
15	Выключатель		27	Лампа 6V	

ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Код	Название	Условное обозначение	Код	Название	Условное обозначение
28	Микрофон		50	Усилитель высокой частоты	
29	Усилитель мощности		51	PNP-транзистор	
30	Резистор 100 Ом		52	NPN-транзистор	
31	Резистор 1 кОм		53	Переменный резистор	
32	Резистор 5,1 кОм		54	Переменный конденсатор	
33	Резистор 10 кОм		55	Высокочастотная интегральная схема FM-диапазона	
34	Резистор 100 кОм		56	Гальванометр	
40	Конденсатор 0,02 мкФ		57	Диод	
41	Конденсатор 0,1 мкФ		58	Семисегментный индикатор	
42	Конденсатор электролитический 10 мкФ				
43	Конденсатор электролитический 100 мкФ		59	Тиристор	
44	Конденсатор электролитический 470 мкФ		62	Интегральная схема цифровой записи	

Практическое занятие № 1. ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ. БАТАРЕЙКИ И АККУМУЛЯТОРЫ

Краткая теория

Современные батарейки и аккумуляторы применяются практически в одних и тех же областях, зачастую очень похожи внешне, но имеют существенные отличия, которые необходимо знать.

БАТАРЕЙКА (уменьшительно-ласкательное от слова батарея) — не корректное, но наиболее распространенное бытовое название одноразового, непerezаряжаемого *гальванического элемента*. Гальванический элемент — это химический источник тока (ХИТ), у которого возникающее на его выводах напряжение есть результат химической реакции.

На самом деле батареей можно называть только несколько соединенных между собой гальванических элементов.

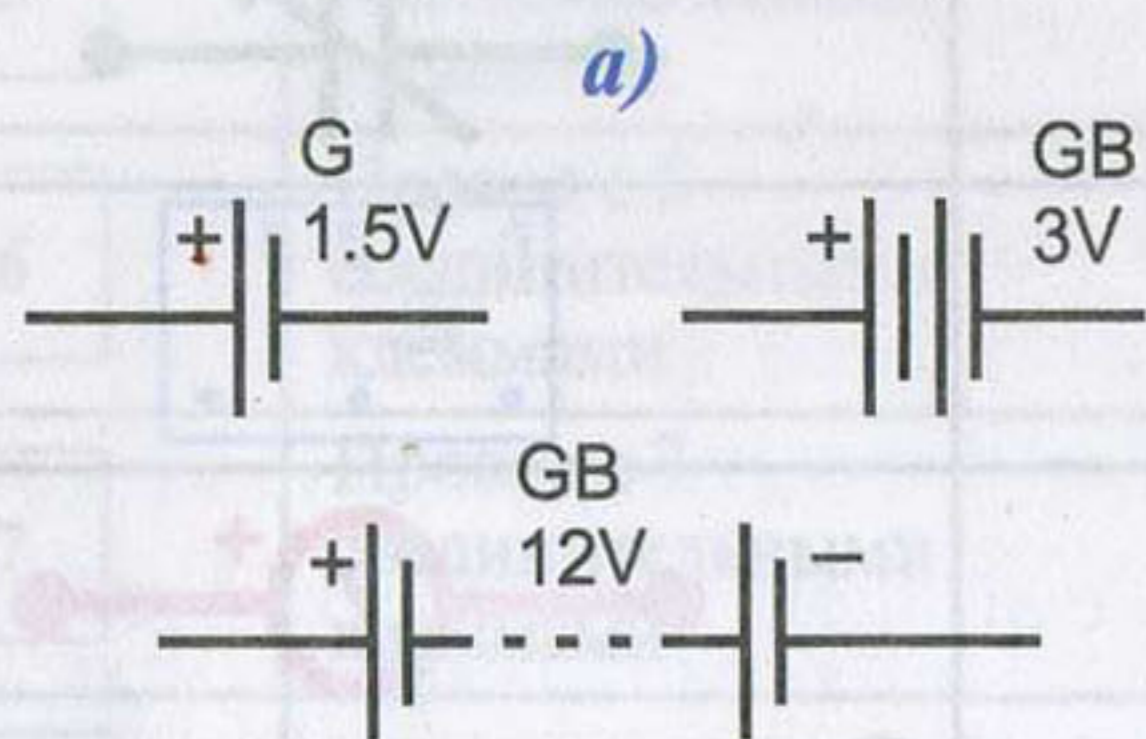


Рис. 1.1. Условные обозначения элементов питания, встречающиеся в принципиальных схемах (а) и элементы питания, применяемые в данном практикуме (б)

Несмотря на разнообразие размеров, цветов, надписей и форм, практически все широко применяемые батарейки делятся на три основных типа:

Солевые — угольно-цинковые с соевым электролитом, напряжение одного элемента 1,5 В (1.5V)

Щелочные (Alkaline) — марганцево-цинковые с щелочным электролитом, напряжение одного элемента 1,5 В (1.5V)

Литиевые — имеют форму диска, напряжение одного элемента 3 В (3V)



Рис. 1.2. Устройство простой солевой батарейки (элемента Лекланше). Щелочные (Alkaline) батарейки устроены по-другому (Разбирать их категорически запрещено — это опасно для здоровья!)

Вопрос: Откуда тогда берутся батарейки на которых написано 4,5; 9 и 12 В?

Ответ: Все очень просто — такие батареи состоят из нескольких последовательно соединенных гальванических элементов, помещенных в один корпус. В 1950-х годах для работы ламповых приемников батарейки делались напряжением от 45 до 90 В и весили соответственно.

АККУМУЛЯТОР — это перезаряжаемый *гальванический элемент* — химический источник тока многократного пользования, работоспособность которого может быть восстановлена путем зарядки, т.е. пропусканием тока в направлении, обратном направлению тока при разрядке.

В настоящее время в быту наибольшее распространение получили три вида аккумуляторов:

Никель-металлгидридные (обозначаются NiMH или MH-Ассу) — напряжение одного элемента 1,2 В (1.2V)

Никель-кадмиевые (обозначаются NiCd или NC-Ассу или NiCad) — напряжение одного элемента 1,2 В (1.2V)

Литий-ионные (обозначаются Li-Ion или Lithium Ion) — напряжение одного элемента 3,6 В (3.6V)

У каждого вида аккумуляторов есть свои достоинства и недостатки.

Одним из важнейших параметров гальванических элементов является *емкость* — энергия, которую может отдать гальванический элемент при разряде до некоторого минимально допустимого напряжения. Емкость выражают произведением тока в амперах на время работы в часах, т.е. в ампер-часах или миллиамперах-часах. Например, 1800 мА·ч (1800 mA·h). Чем больше емкость, тем дольше от этого элемента будет работать ваше устройство.

Вопрос: Чем отличается батарейка от аккумулятора?

Ответ: Напряжением, длительностью хранения заряда, возможностью перезарядки. Батарейку, после того как она «села», можно выбрасывать, а аккумулятор достаточно установить в зарядное устройство и через некоторое время (от 1 часа до 48 часов, в зависимости от типа и емкости) можно использовать дальше. Таких циклов перезарядки может быть от нескольких десятков до нескольких тысяч. Т.е. один аккумулятор может заменить тысячи батареек.

Вопрос: Зачем тогда нужны батарейки?

Ответ: Нужны. У них меньше цена при, зачастую, большей емкости. Они не так капризны, как аккумуляторы, их не надо периодически «тренировать» — полностью разряжать и снова заряжать. Они дольше хранятся. Срок годности у аккумуляторов обычно не превышает 2 лет, не зависимо от того, работал он или просто лежал. Есть устройства, где батарейка может работать несколько лет подряд, т.е. там аккумулятор просто не нужен — он состарится прежде, чем его надо будет перезаряжать.

Вопрос: Что такое «эффект памяти» аккумулятора?

Ответ: Это один из недостатков аккумуляторов. Если аккумулятор *частично разрядить* и оставить в таком виде на хранение, то в нем произойдут химические изменения части электролита. При следующей зарядке он «наберет» нужное напряжение, но разрядиться при работе будет до того уровня, с которого его начали заряжать. Т.е. он как бы «запомнил» тот уровень, с которого его начали заряжать и разрядиться будет именно до

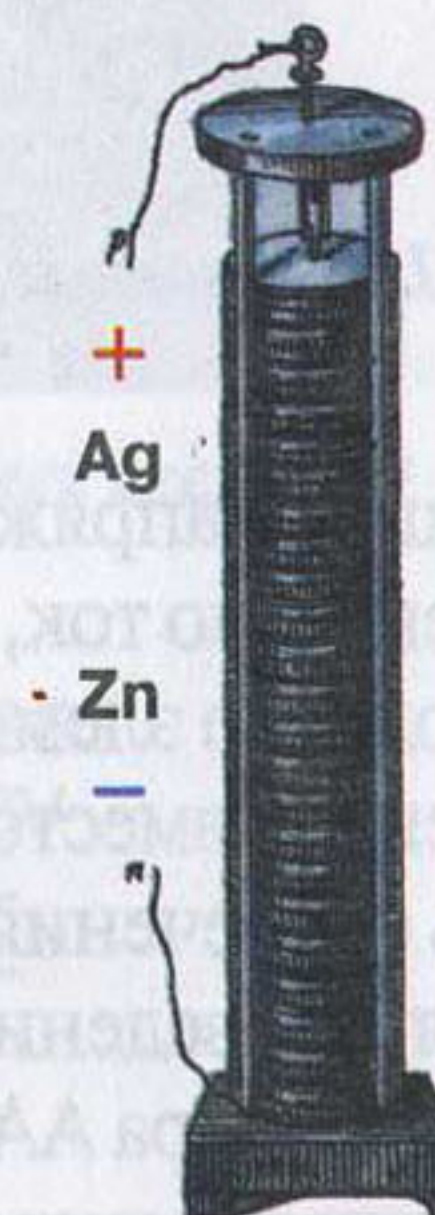
него. «Эффект памяти» уменьшает емкость аккумулятора. Наиболее сильно эффект проявляется у NiCd аккумуляторов, в гораздо меньшей степени у NiMH и практически отсутствует у Li-Ion.

Рекомендации по устранению этого недостатка:

- Хранить аккумуляторы в прохладном месте в полностью разряженном состоянии
- Раз в 3–6 месяцев проводить принудительные циклы зарядки — разрядки
- Перед зарядкой аккумулятора его необходимо полностью разрядить. Производители аккумуляторов постоянно работают над исключением в своих изделиях «эффекта памяти».

Историческая справка: Днем рождения батареи принято считать 1800 год, когда итальянский физик Алессандро Вольта продемонстрировал свое изобретение — серебряные (Ag) и цинковые (Zn) диски, между которыми находилась ткань, пропитанная кислотой. Это был первый химический источник тока — «вольтов столб» или «батарейка Вольта». В дальнейшем серебряные диски стали заменять на более дешевые медные, однако, и сегодня серебряно-цинковые дисковые элементы выпускаются в больших количествах и их можно обнаружить в часах, калькуляторах, слуховых аппаратах. Восемь дисковых батареек по 1,5 В помещенных в корпус образуют современный 12-вольтовый «вольтов столб».

В 1802 году профессор физики из Санкт-Петербурга Василий Владимирович Петров создал самую большую в мире батарею из 4200 медных и цинковых дисков и получил первую в мире «вольтову дугу». И сделал он это за семь лет до англичанина Хэмпри Дэви, которому ошибочно приписывается первенство в этом открытии.



Батарейка Вольта



Современные дисковые элементы

Практика Задание 1. Последовательное включение батарей

При правильном *последовательном* включении «+» одного гальванического элемента или батареи должен соединяться с «-» другого элемента или батареи.

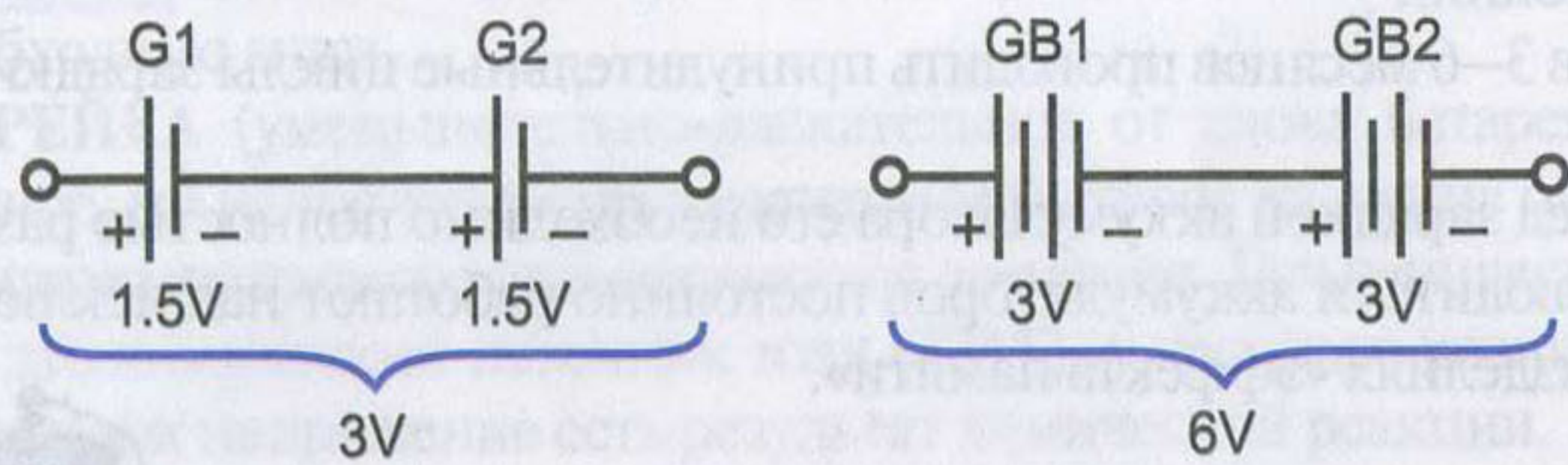


Рис. 1.3. Условные обозначения последовательного включения гальванических элементов и батарей

Общее напряжение такой батареи равно сумме напряжений каждого элемента, но ток, отдаваемый такой батареей в нагрузку, остается равным току одного элемента. Следовательно, при подключении к лампочке двух элементов вместо одного, лампочка будет гореть ярче, но продолжительность ее свечения не увеличится.

Для проведения практикума нам понадобятся 4 гальванических элемента размера AA — это либо 4 батарейки, напряжением 1,5 В, либо 4 аккумулятора напряжением 1,2 В (рекомендуется использовать NiMH аккумуляторы емкостью не менее 1800 мА·ч). Все четыре элемента должны быть одного типа и одинаковой степени заряженности.

Внимательно соблюдая полярность, вставьте в блок [19] батарейки или аккумуляторы. Таким образом, вы собрали батарею из двух последовательно соединенных гальванических элементов. При использовании батареек суммарное напряжение получившейся батареи [19] будет равно 3 В (1,5 В+1,5 В), а при применении аккумуляторов — 2,4 В (1,2 В+1,2 В).

Соберите схему на рис. 1.4а. Обратите внимание, что используется лампочка [27] 6V. Замкните выключатель — лампа будет гореть, но очень тускло.

Для того, чтобы лампочка горела ярче надо увеличить протекающий через нее ток, т.е. подключить последовательно еще одну батарею. Собе-

рите схему на рис. 1.4б. Замкните выключатель и убедитесь, что лампочка стала гореть гораздо ярче.

При *неправильном* последовательном включении «+» одной батареи соединяется с «+» другой батареи. При этом их напряжения вычитаются и суммарное напряжение равно нулю — лампочка гореть не будет. Убедимся в этом. В схеме на рис. 1.4б поменяйте полярность одной из батарей (можно использовать дополнительные провода). Замкните выключатель (не дольше, чем на 5 секунд) и убедитесь, что лампочка не горит.

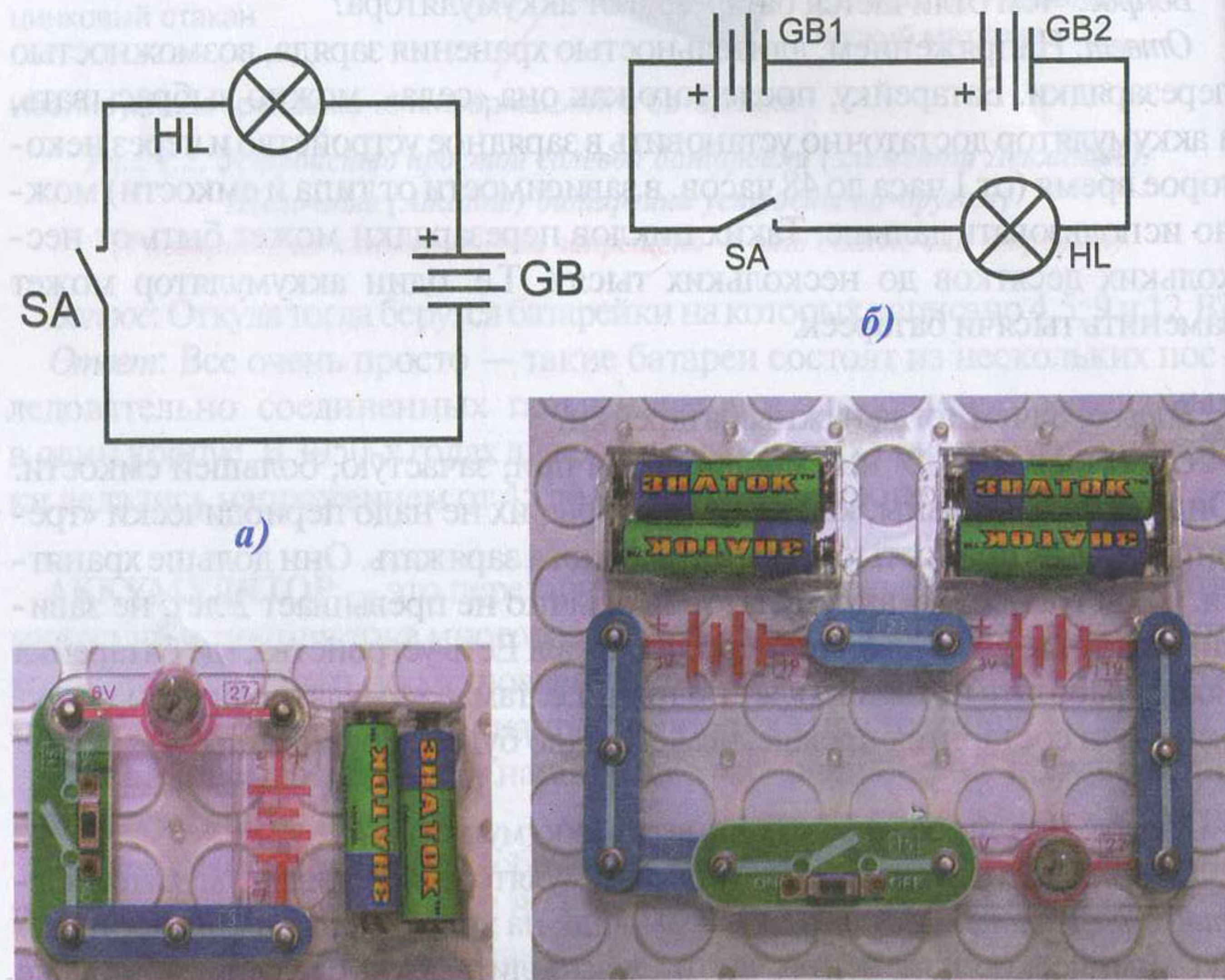
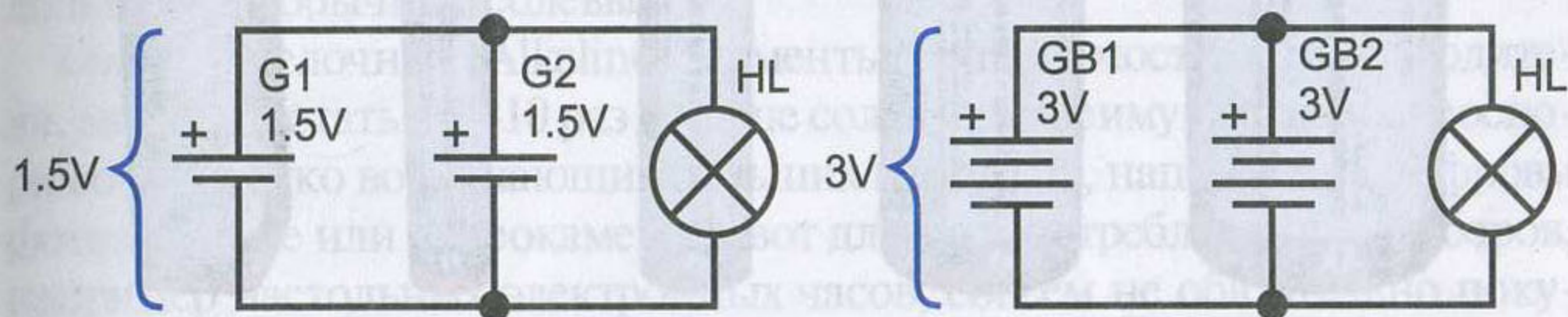


Рис. 1.4. Подключение лампы к двум последовательно соединенным гальваническим элементам, представляющим собой батарею (а) и к двум последовательно соединенным батареям (б)

Задание 2. Параллельное включение батарей

При правильном *параллельном* включении «+» одной батареи должен соединиться с «+» другой батареи, а «-» с «-» (см. *рис. 1.5а*). При таком подключении общее напряжение остается равным напряжению одной батареи, а ток, отдаваемый в нагрузку, увеличивается. Нельзя параллельно включать батарейку (1,5 В) и аккумулятор (1,2 В). **Все подключаемые батареи должны быть одного типа и иметь одинаковое напряжение!**



Условные обозначения параллельно включенных элементов питания к нагрузке (лампочке)

Соберите схему *рис. 1.5*. Обратите внимание, что левая батарея подключается поверх проводов [4] и используется лампочка [27] 6V. Замкните выключатель. Лампочка будет светить так же, как и в схеме на *рис. 1.4а*, где использовалась только одна батарея, но зато гореть она будет в два раза дольше.

При *неправильном параллельном* включении «+» одной батареи соединяется с «-» другой батареи. Напряжения батарей взаимно вычитаются и лампочка гореть не будет. Убедимся в этом. Соблюдая полярность, соберите схему *рис. 1.6*. Замкните выключатель [15]. Лампочка загорится. Теперь на короткое время замкните кнопку [14], при этом подключится вторая батарея и лампочка погаснет. Отпустите кнопку — лампочка снова загорится. В этом эксперименте можно использовать лампочку 2.5V.

! Несоблюдение полярности может привести к перегреву батарейки, ее протечке или взрыву. При этом может быть испорчено оборудование или получена травма. Соблюдайте полярность!

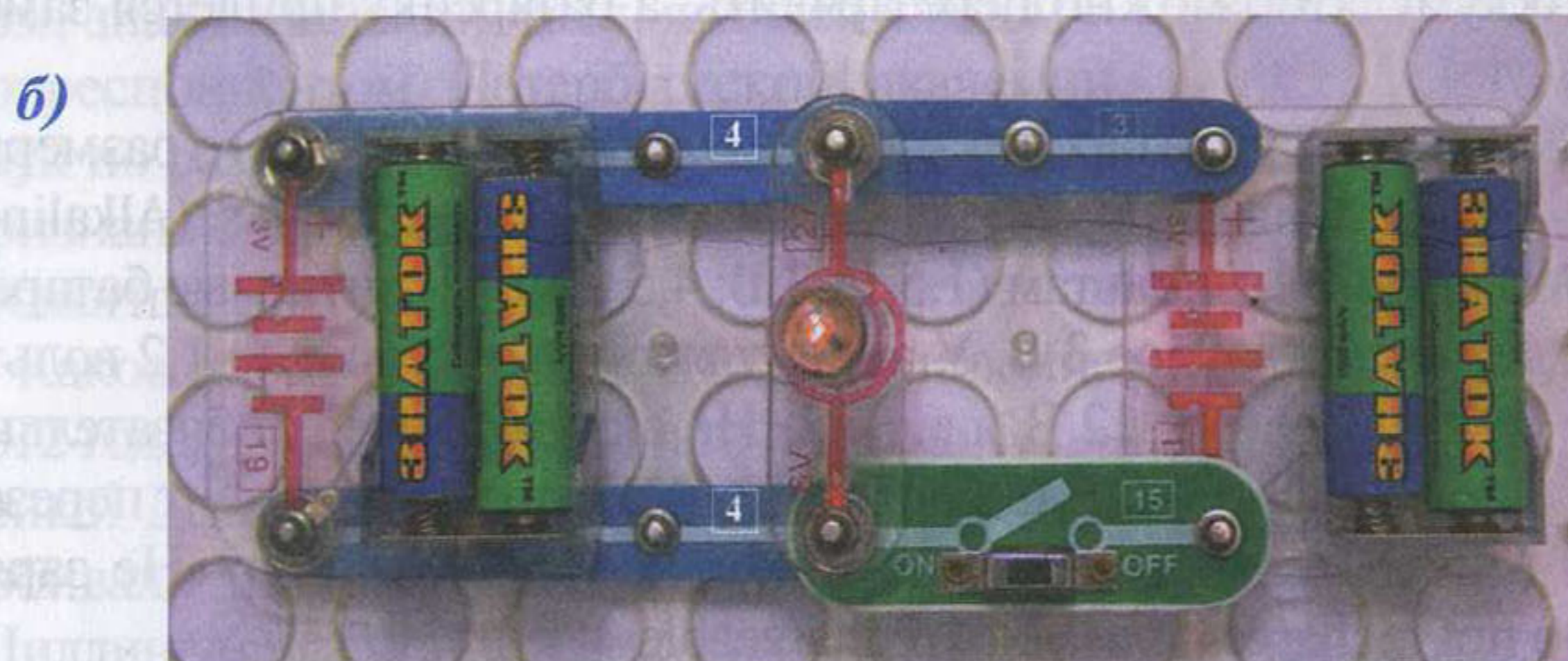
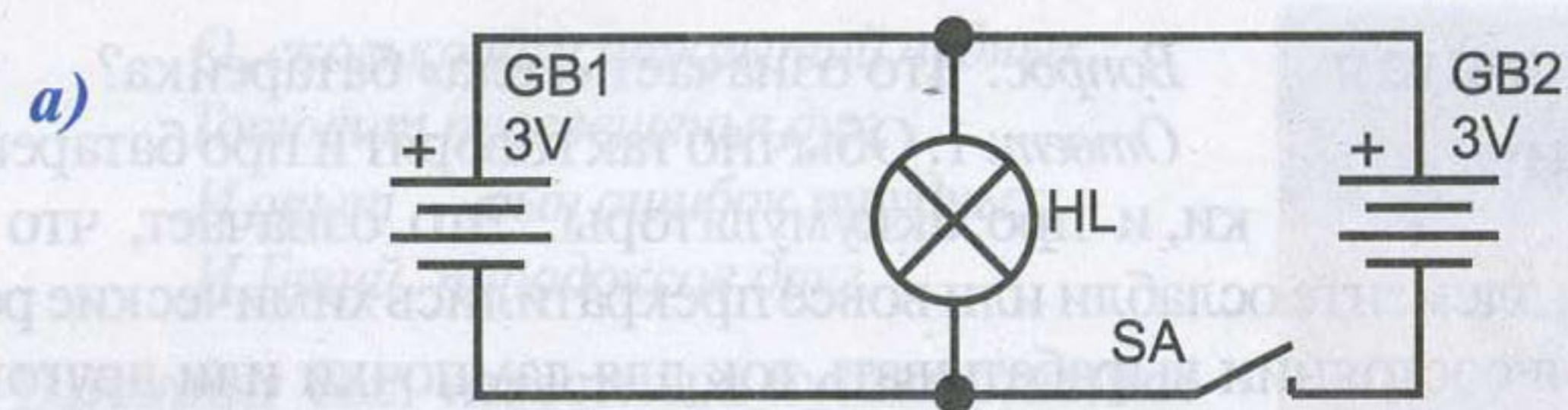


Рис. 1.5. Принципиальная схема (а) и собранная из деталей схема (б) параллельного соединения батарей

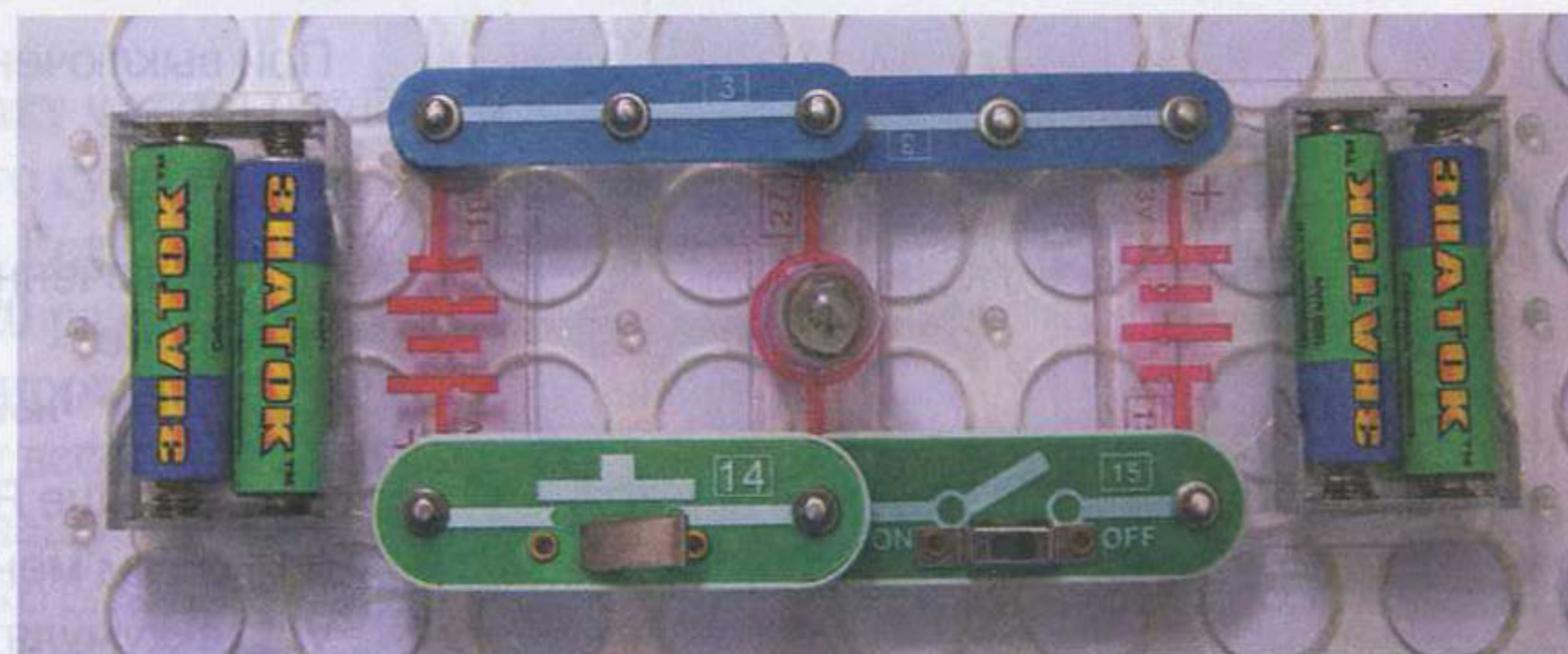
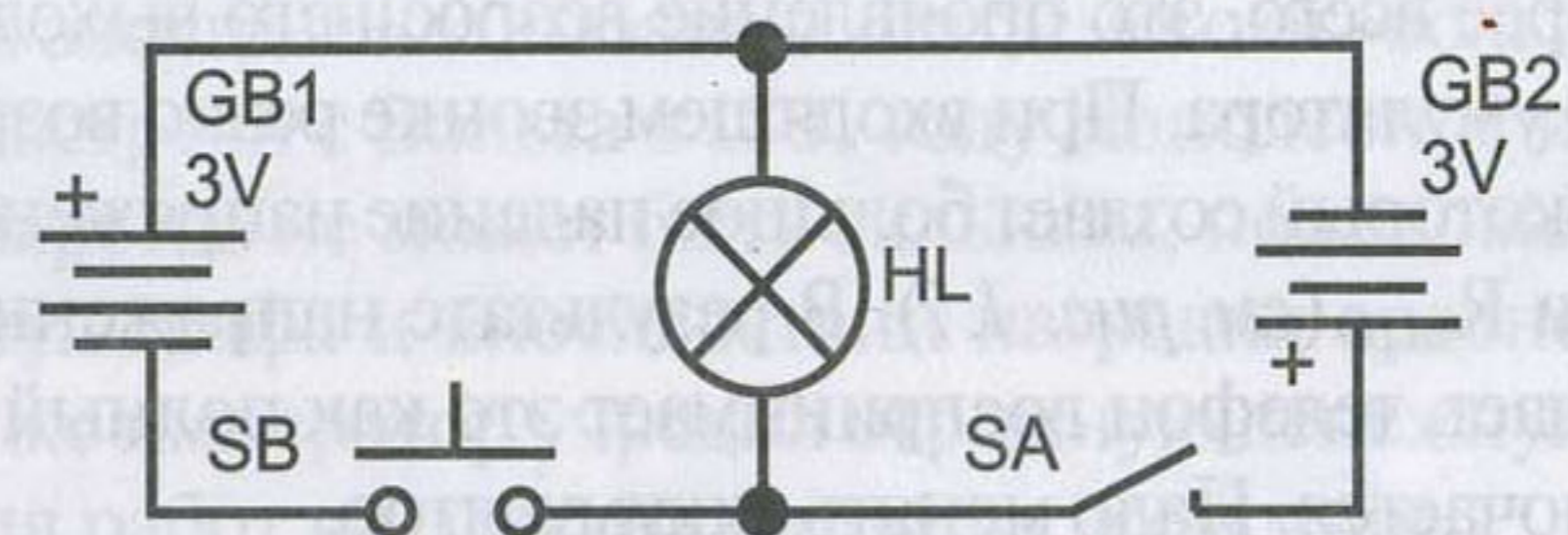


Рис. 1.6. Неправильное соединение батарей при параллельном включении

Дополнительная информация

Вопрос: Что означает «села» батарейка?

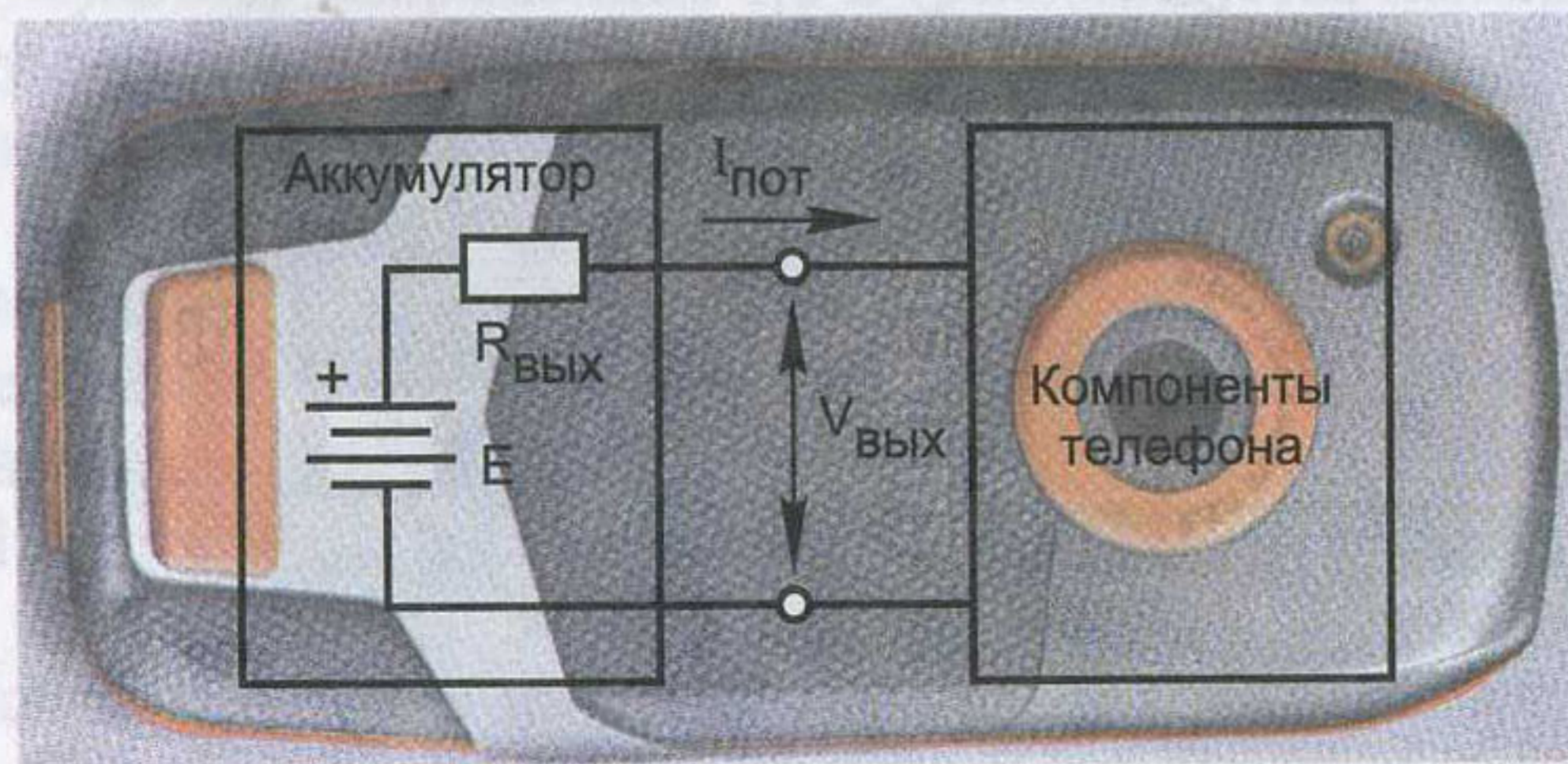
Ответ: 1. Обычно так говорят и про батарейки, и про аккумуляторы. Это означает, что в гальваническом элементе ослабли или вовсе прекратились химические реакции, и он не в состоянии вырабатывать ток для лампочки или другого прибора. Аккумулятор можно перезарядить, а батарейку придется заменить на новую.

Вопрос: Как отличить батарейку от аккумулятора одинакового размера?

Ответ: 1. По напряжению. У солевых (обычных) и щелочных (Alkaline) батареек оно кратно 1,5 вольтам (1,5 В; 3 В; 4,5 В; 9 В), литиевые батареи имеют напряжение кратно 3 В. У аккумуляторов оно кратно 1,2 вольта (1,2 В; 3,6 В; 7,2 В; 9,6 В; 12 В и т.д.). 2. На аккумуляторах обязательно указывают тип (NiCd, NiMH, Li-ion и т.п.) и то, что этот элемент перезаряжаемый («Rechargeable»). На батарейках наоборот, пишут «Не заряжать!» («Do not recharge» или «Not rechargeable»).

Вопрос: Аккумулятор на мобильном телефоне полностью заряжен, но при первом же входящем звонке телефон полностью выключается?

Ответ: Скорее всего, это проявление возросшего выходного сопротивления $R_{\text{вых}}$ аккумулятора. При входящем звонке резко возрастает ток потребления $I_{\text{пот}}$, который создает большое падение напряжения на выходном сопротивлении $R_{\text{вых}}$ (см. рис. 1.7). В результате напряжение аккумулятора $V_{\text{вых}}$ резко падает, телефон воспринимает это как полный разряд аккумулятора и выключается. Надо менять аккумулятор.



При выключенном телефоне

$$V_{\text{вых}} = E$$

При включенном телефоне

$$V_{\text{вых}} = E - I_{\text{пот}} R_{\text{вых}}$$

Чем больше $R_{\text{вых}}$ и $I_{\text{пот}}$, тем меньше $V_{\text{вых}}$ аккумулятора

Рис. 1.7. Влияние выходного сопротивления аккумулятора на работу телефона

Вопрос: На что ориентироваться при выборе батареек и аккумуляторов?

Ответ: Размер (см. таблицу 1.1), тип элемента (солевые или щелочные для батареек и NiMH или NiCd для аккумуляторов), напряжение и емкость.

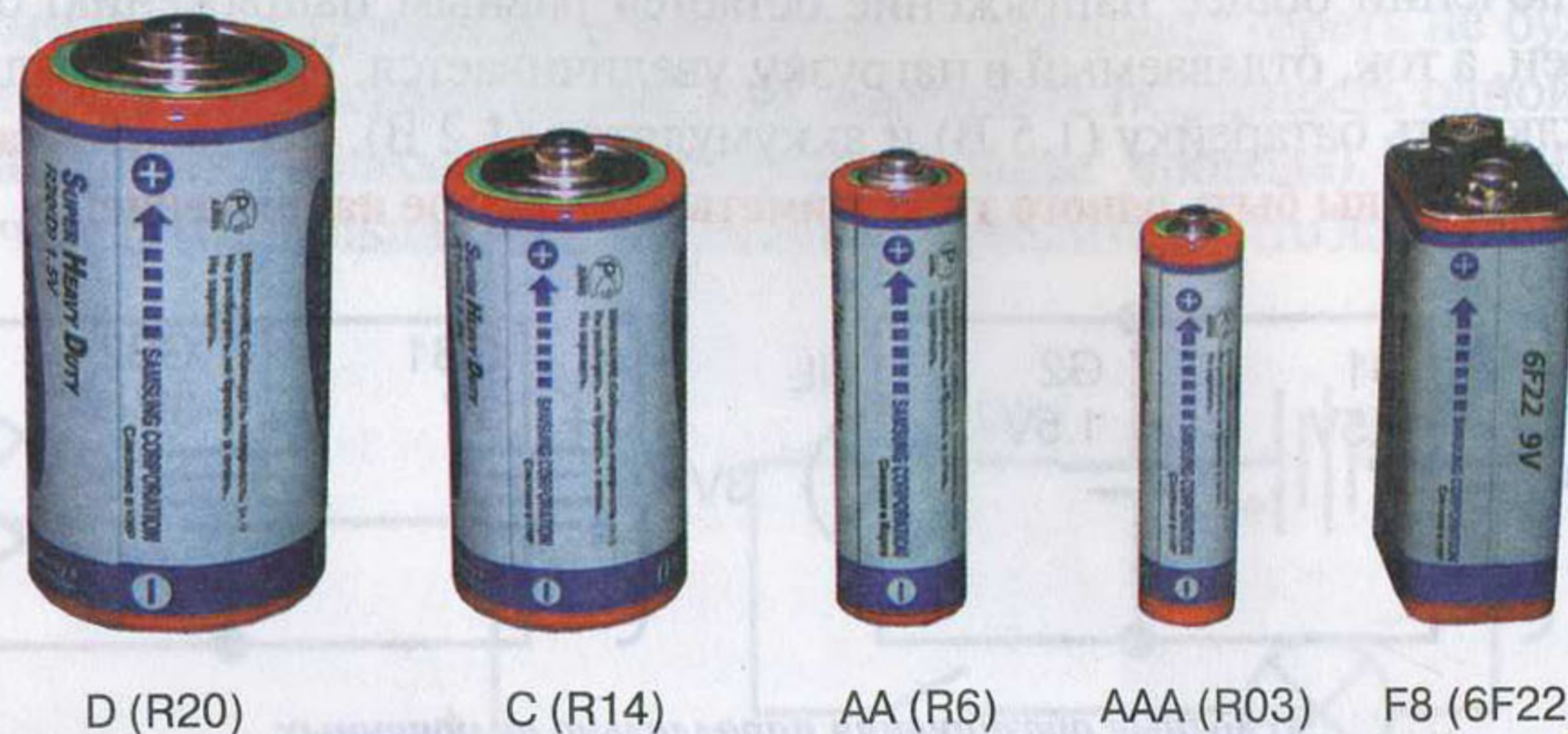


Таблица 1.1

Обозначение размеров по разным стандартам наиболее распространенных батареек и аккумуляторов

Обозначение ANSI (США)	Обозначение IEC (Европа)	Обозначение ГОСТ (Россия)	Размер (мм)
AAA	R03	286	11 × 45
AA	R6	316	15 × 51
C	R14	343	26 × 50
D	R20	373	34 × 62
F8	6F22	Крона или Корунд	26,5 × 17,5 × 48,5

Если батарейка щелочная (alkaline), то перед буквой R ставится буква L, например, LR03 или LR6. Всего в мире выпускается более 500 типоразмеров батареек и аккумуляторов, применяемых в фонарях, портативных радиоприемниках, часах, видеокамерах, игрушках, фототехнике, радиотелефонах, сотовых телефонах. Причем, каждая фирма вводит свое обозначение.

! Не путайте литиевую батарейку с литиевым аккумулятором — это два совершенно разных устройства!

Не пытайтесь заряжать одноразовые батарейки — это может привести к травмам и порче оборудования!

Не вставляйте в устройство гальванические элементы разных типов или с разной степенью заряда!

Вопрос: Действительно «алкалайновые» батарейки работают до 10 раз дольше, чем обычные солевые?

Ответ: Щелочные (Alkaline) элементы, в зависимости от производителя, могут работать в 3–10 раз дольше солевых. Преимущество их неоспоримо при редко возникающих больших нагрузках, например, в цифровом фотоаппарате или видеокамере, а вот для малопотребляющих приборов, например настольных электронных часов, совсем не обязательно покупать дорогие «алкалайновые» батарейки.

Работа над совершенствованием батареек и аккумуляторов не прекращается ни на минуту, и характеристики все время улучшаются. Новая химическая формула — никель-цинк (Nickel-Zinc), позволяет, по словам разработчиков, увеличить емкость в три раза по сравнению с существующими щелочными батарейками.

При расчете выгоды от использования аккумуляторов помимо стоимости самого аккумулятора надо учитывать цену зарядного устройства (обычно окупается через 10 перезарядок) и стоимость потребляемой зарядным устройством электроэнергии.

Это интересно

Что общего между Отечественной войной 1812 года с Наполеоном, А.С. Пушкиным, Алессандро Вольта и батарейками? Это общее — Шиллинг. Не шиллинг — мелкая английская монета, а Павел Львович Шиллинг — крупная фигура в российской истории и друг Александра Сергеевича Пушкина.

По мнению ученых, именно Шиллинг вдохновил Пушкина написать строки:

*О, сколько нам открытий чудных
Готовит просвещенья дух,
И опыт — сын ошибок трудных,
И Гений, парадоксов друг.*

Шиллинг был известным путешественником, знал китайский язык, являлся членом — корреспондентом Петербургской академии наук по разряду изящной словесности и был признан во всем мире как изобретатель электромагнитного телеграфа.

Какое отношение имеет Шиллинг к войне 1812 года, к Аллесандро Вольта и нашей батарейке? Дело в том, что когда русские войска добивали наполеоновскую армию, барон Шиллинг, продемонстрировал в Санкт-Петербурге на реке Неве императору Александру I противокорабельную мину, которую он взорвал при помощи электрического запала, питаемого от «вольтового столба».

А ведь после встречи с Вольта в 1801 году Наполеон, считающий, что без науки государство не может быть сильным, пожаловал итальянскому ученому титул графа и впоследствии наградил орденом Почетного легиона. Тогда же император учредил огромную денежную премию для стимулирования работ по электричеству во всем мире.

Факт уже из нашей жизни. Одна известная японская фирма за 70 лет своего существования с 1931 года выпустила более 100 миллиардов батареек! Если их положить друг за другом, то они обогнут Землю по экватору 120 раз. На кого не производят впечатления земные масштабы, может оперировать космическими — это 6 раз до Луны и обратно. Если на одну чашу весов положить все эти батарейки (в среднем 22 гр./шт.), то на другую чашу весов надо поставить 440 000 слонов (по 5 тонн каждый). И это только одна фирма! Другая известная фирма производит более 6 млрд. батареек в год! *Вопрос об утилизации* этого небезопасного химического продукта становится острее каждый год.



Рисунок П.Л. Шиллинга, сделанный А.С. Пушкиным

Практическое занятие № 2. ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

Краткая теория

Трудно представить себе какую-либо область нашей жизни, где не использовались бы устройства, коммутирующие электрический ток — выключатели, кнопки, ключи, реле, тумблеры, коммутаторы и т.д. Все они могут быть объединены одним словом — *переключатели*. В данном занятии мы рассмотрим работу четырех таких устройств (рис. 2.1).

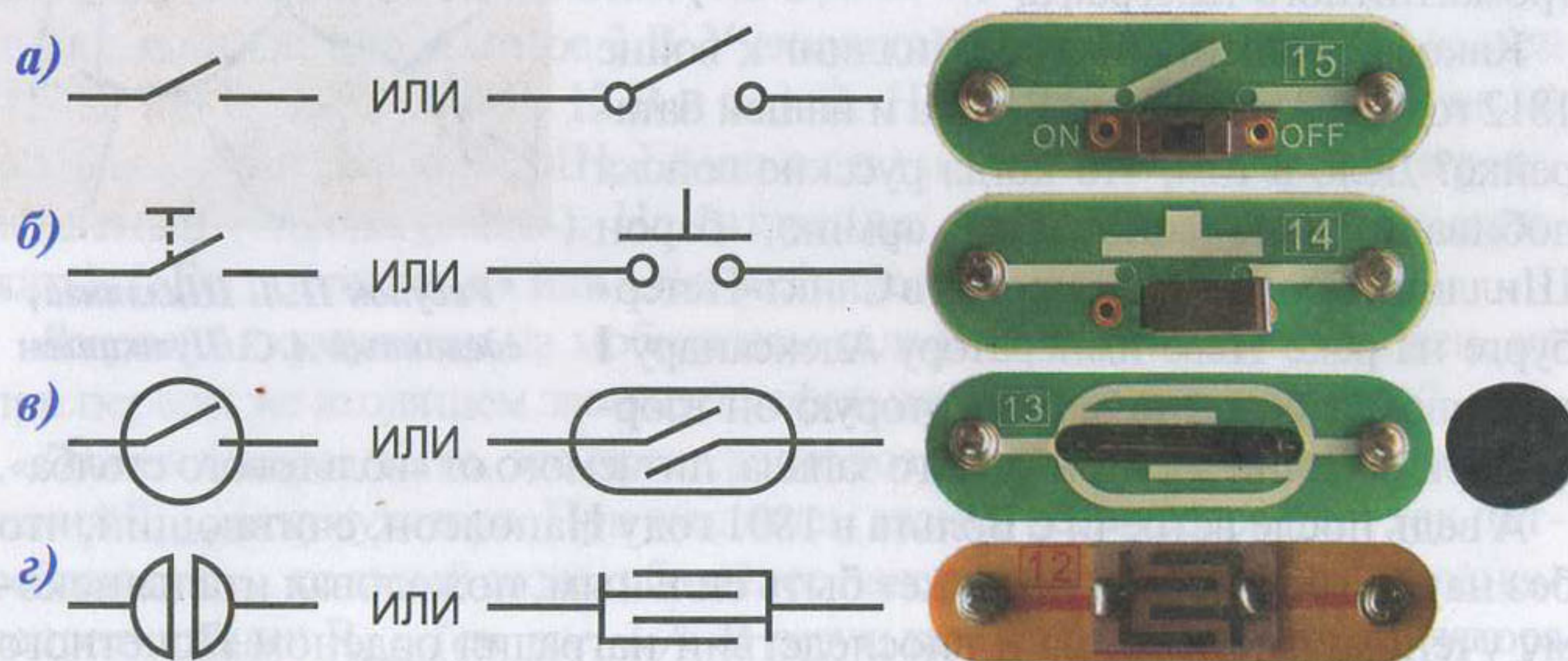


Рис. 2.1. Переключатели и их условные обозначения, встречающиеся в принципиальных схемах. Выключатель (а), кнопка (б), геркон с магнитом (в) и сенсорная пластина (г)

Движковый переключатель (в дальнейшем *выключатель*) — движок в положении OFF (выключен или ключ разомкнут) в цепи ток не течет, в положении ON (включен или ключ замкнут) по цепи начинает течь ток.

Кнопочный переключатель (в дальнейшем *кнопка*) — применяется в компьютерах, автомобилях, дверных звонках, лифтах и т.п. Бывают кнопки с фиксацией, т.е. при нажатии на кнопку цепь замыкается и при отпуске кнопки остается замкнутой. Для размыкания цепи необходимо еще раз нажать на кнопку. Наша кнопка без фиксации.

Геркон (ГЕРметизированный КОНтакт) — магнитоуправляемый переключатель с пружинными контактами из ферромагнитного материала, помещенными в герметизированный стеклянный баллон. Контакты нашего геркона изначально разомкнуты, для того чтобы их замкнуть, к нему необходимо поднести магнит. Замыкание сопровождается легким щелчком. При удалении магнита контакты снова разомкнутся. Применяется в охранных сигнализациях, телефонии, бытовой технике, игрушках, спортивных товарах, реле, датчиках положения, датчиках уровня, автомобилях, компьютерах.

Сенсорный переключатель (контактный датчик) — действие простейшего сенсорного переключателя основано на способности человеческой кожи, воды или другого материала проводить электрический ток. При прикосновении к пластине между ее контактами начинает протекать ток. Применяется в пультах дистанционного управления, мобильных телефонах, калькуляторах, детекторах лжи и т.п. Зачастую вы давите на кнопку, под которой находится токопроводящая резина, замыкающая контакты на пластине (см. рис. 2.2). Существуют более сложные сенсорные переключатели, применяемые в домофонах, банковских автоматах и т.д.

токопроводящая резина
сенсорная площадка

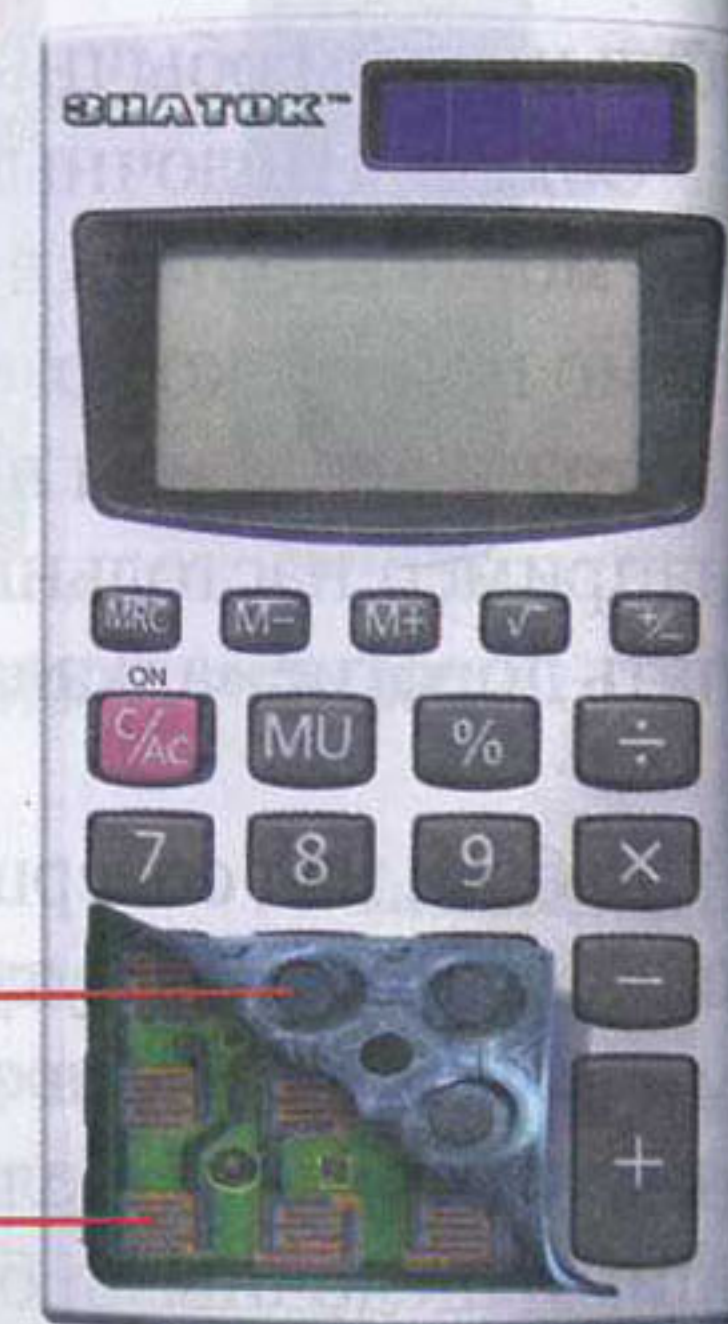


Рис. 2.2. Сенсорные площадки на плате калькулятора. Сверху расположен слой токопроводящей резины, которая при нажатии на кнопку прогибается и замыкает контакт



При сборе схемы категорически запрещается надавливать на стеклянный баллон геркона!

Практика

Задание 1. Последовательное и параллельное включение переключателей

Соберите схему *рис. 2.3*. Для уверенного срабатывания геркона магнит лучше подносить не по центру, а к одному из краев стеклянного баллона. Чтобы лампочка зажглась, необходимо замкнуть все переключатели — кнопку, выключатель и геркон. Сделайте это. Если один из ключей не будет замкнут, лампочка не загорится. Такая особенность последовательного включения используется, например, при запуске баллистических ракет. Сначала дается общая разрешающая команда (выключатель), затем два человека, находящиеся достаточно далеко друг от друга, должны одновременно замкнуть свои ключи (кнопку и геркон в нашем случае). Правда, после этого могут погаснуть лампочки во всем мире.

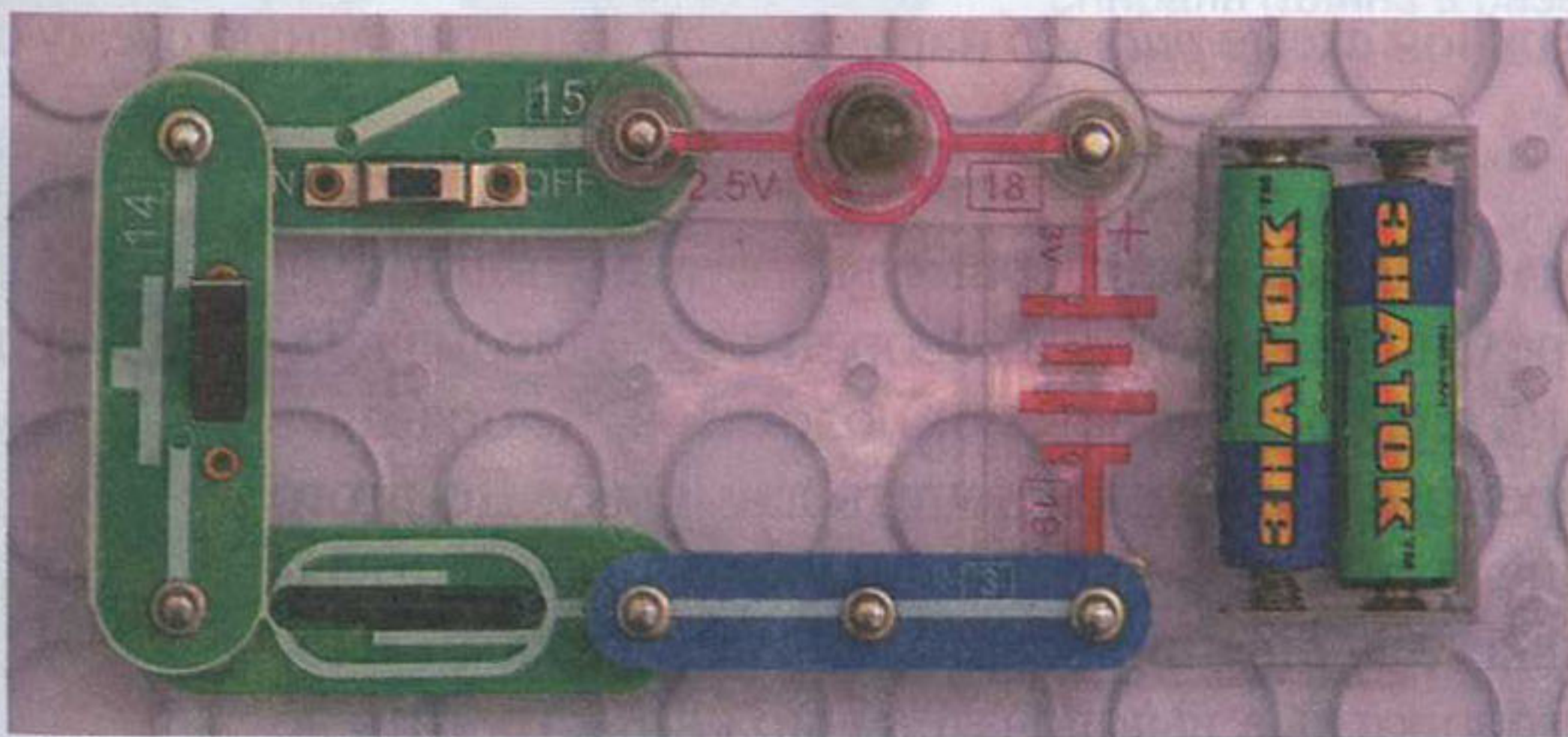
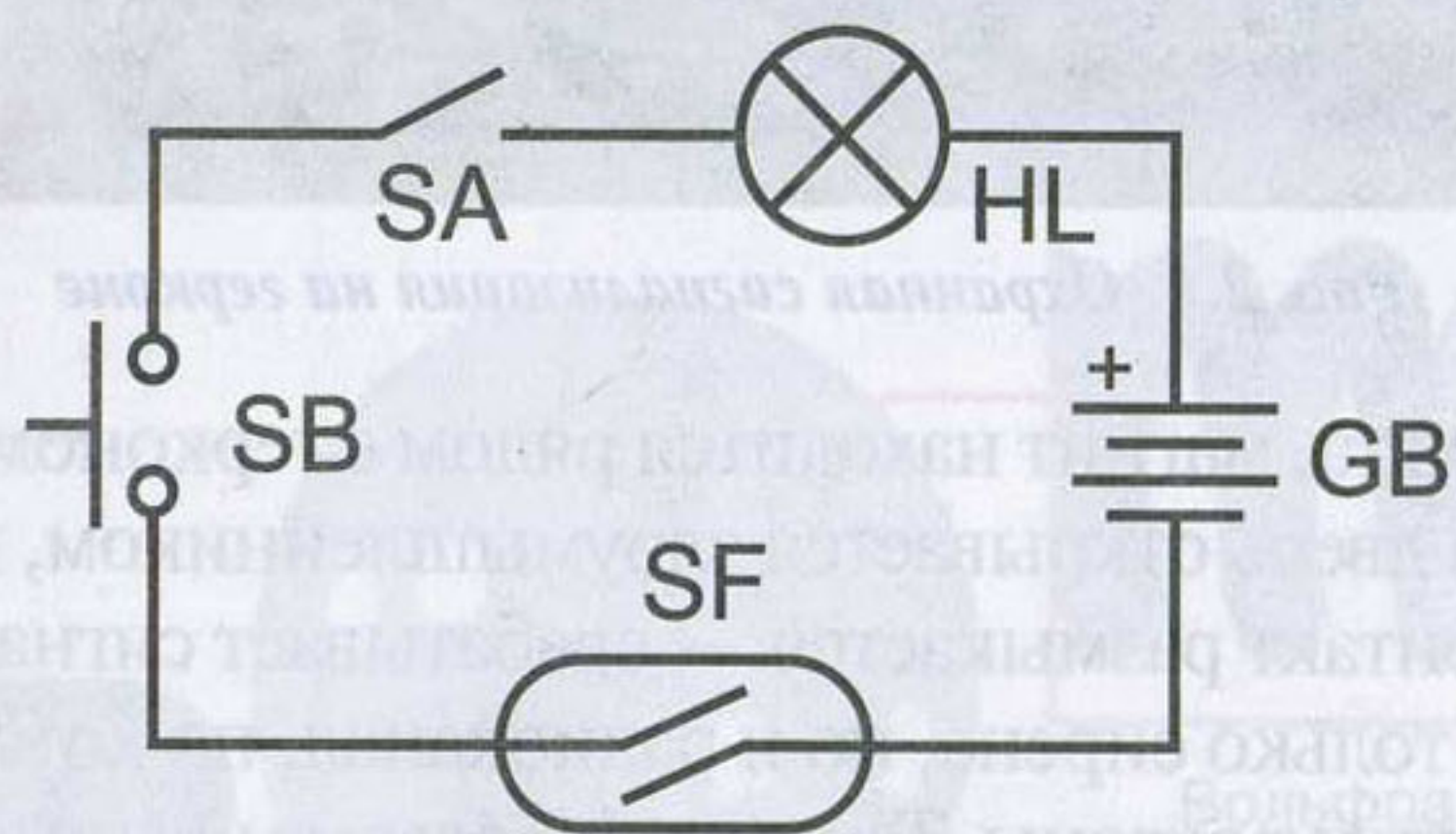


Рис. 2.3. Последовательное включение различных переключателей

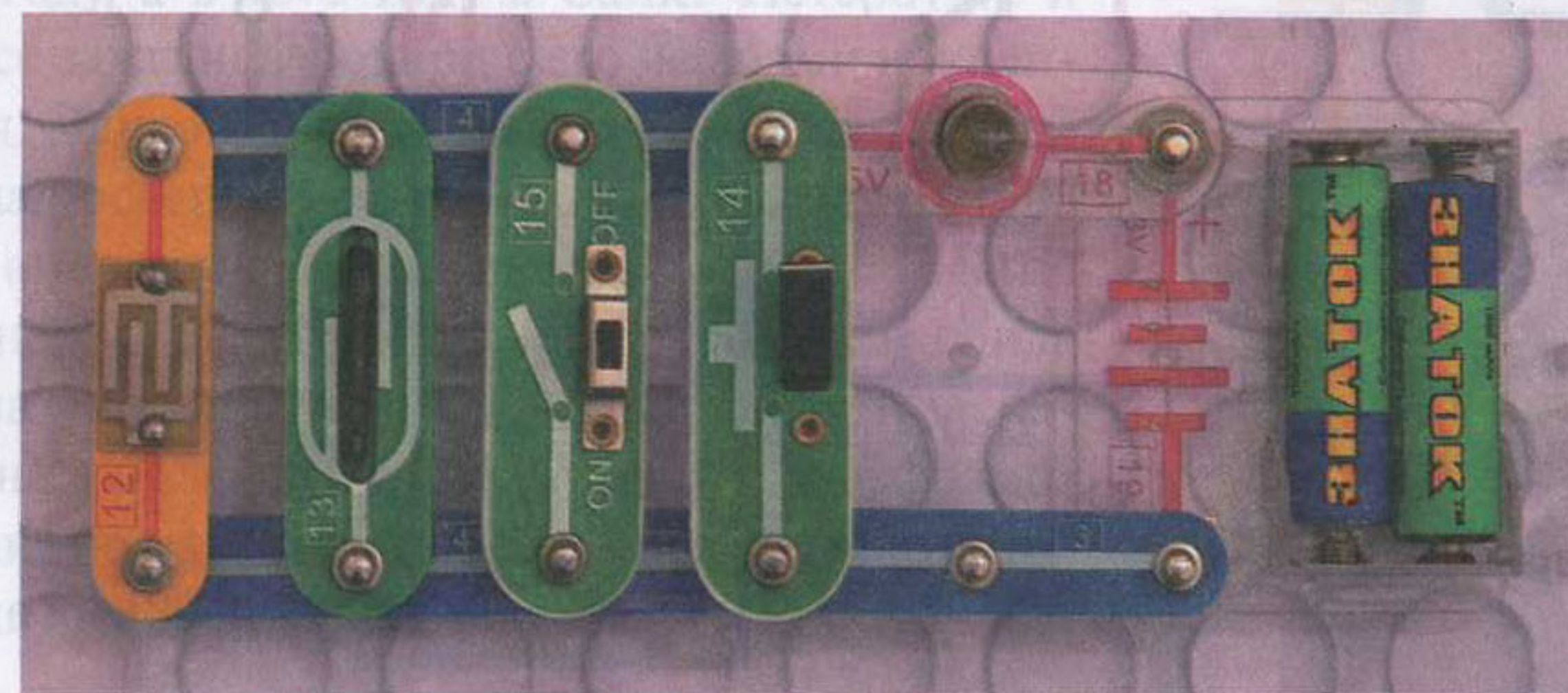
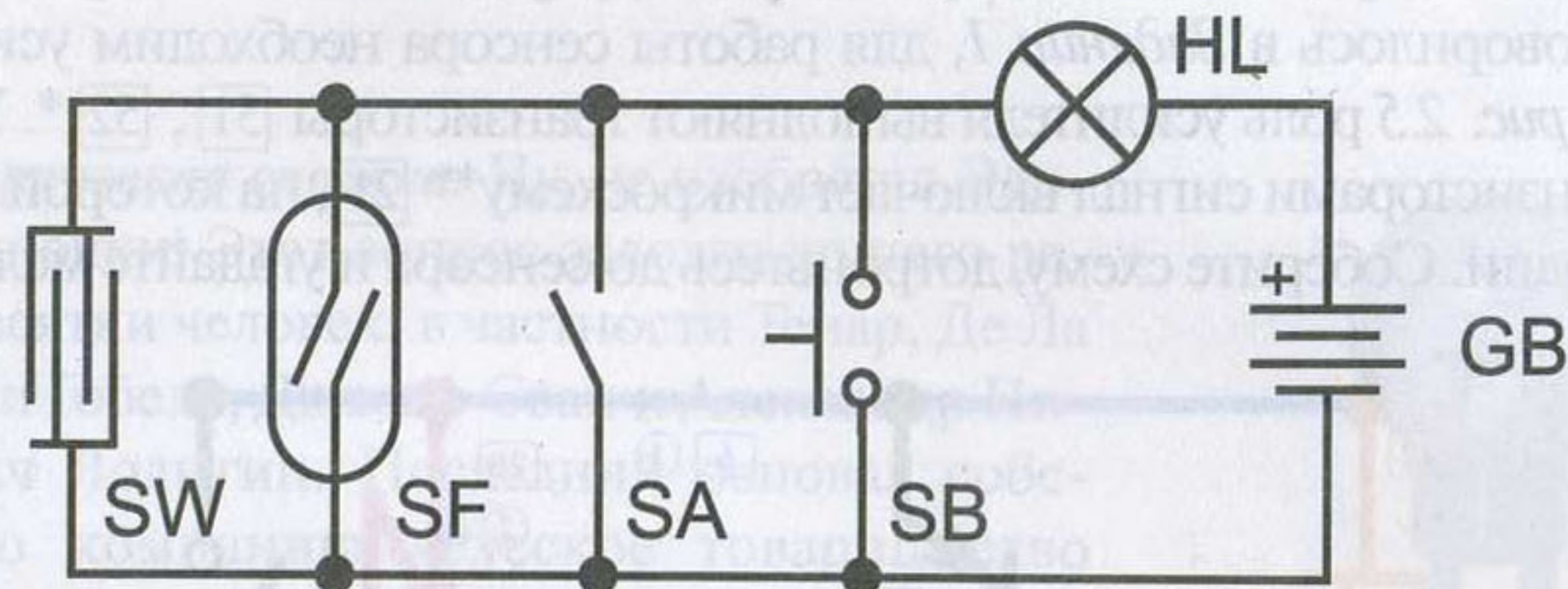


Рис. 2.4. Параллельное включение различных переключателей

Соберите схему *рис. 2.4*. Все коммутирующие элементы у нас подсоединены параллельно. Достаточно замкнуть один из переключателей, чтобы лампочка зажглась. Прodelайте это. При замыкании выключателя, кнопки и геркона лампочка загорается, а вот при касании пальцем сенсорной пластины — нет. Дело в том, что сенсор нельзя использовать как простой выключатель. В кнопке, выключателе и герконе замыкаются металлические контакты, хорошо проводящие ток, а в сенсоре проводником тока выступает ваша кожа. Силы тока, протекающего по вашей коже (около 1 мкА), не хватит даже для свечения светодиода. Для работы сенсора необходим усилитель. В том, что наш сенсор работоспособен, мы убедимся, выполнив *Задание 2*.

Задание 2. Музыкальный дверной звонок, управляемый сенсором

Как говорилось в *Задании 1*, для работы сенсора необходим усилитель. В схеме *рис. 2.5* роль усилителя выполняют транзисторы [51], [52]*. Усиленный транзисторами сигнал включает микросхему** [21], на которой записаны мелодии. Соберите схему, дотроньтесь до сенсора и угадайте мелодию.

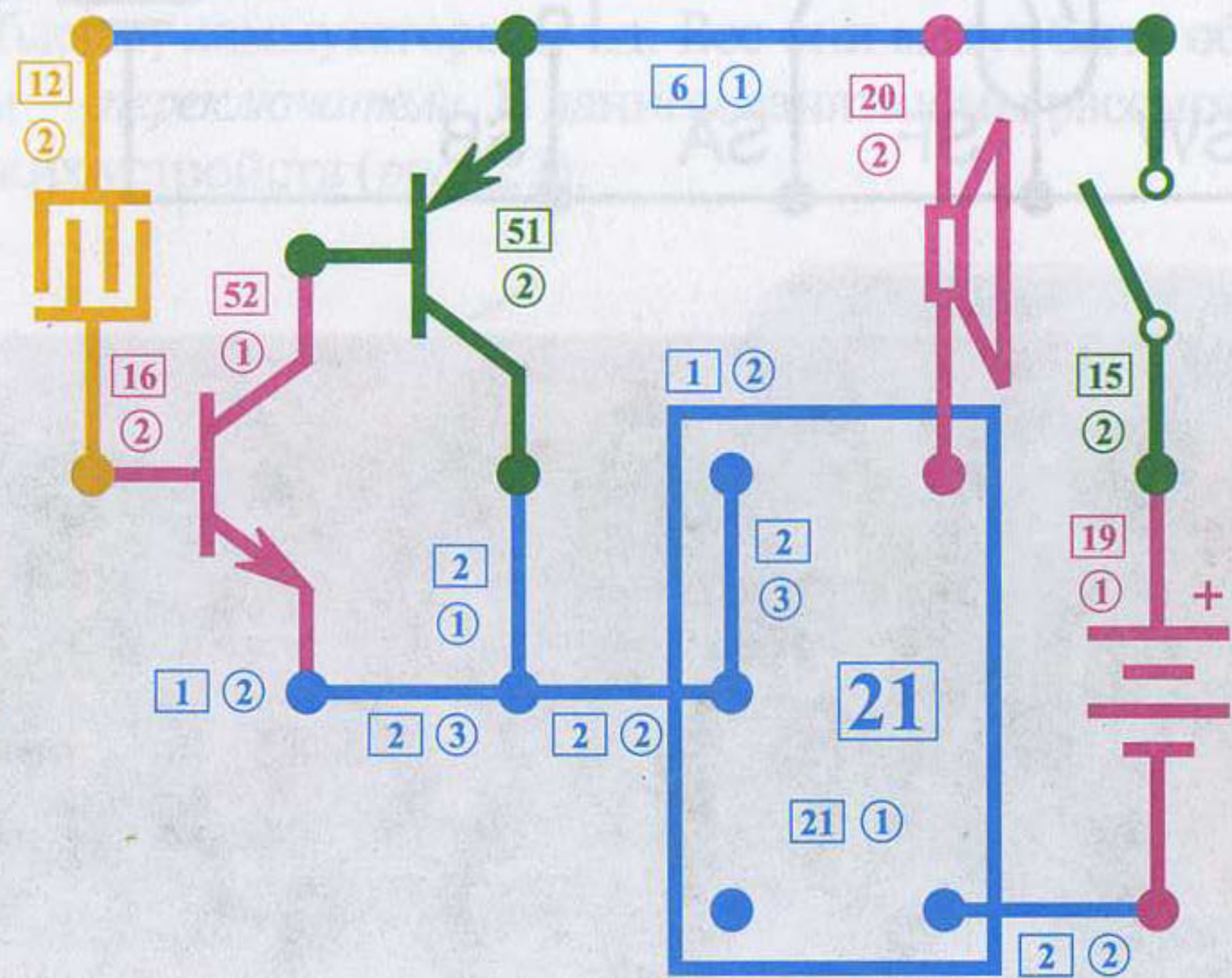


Рис. 2.5. Музыкальный дверной звонок, управляемый сенсором

Задание 3. Охранная сигнализация на герконе

Соберите схему *рис. 2.6*. Обратите внимание на исходное положение магнита — он должен лежать на одном из краев геркона — при этом геркон будет находиться в замкнутом состоянии. Замкните выключатель [15] — на схему подается питание и она переходит в дежурный режим. Уберите магнит — из динамика раздастся сигнал тревоги. Прекратить звук можно, поднеся магнит к геркону или выключив питание.

В реальной жизни геркон с подведенными к нему проводами от схемы крепится к дверному косяку, а к двери напротив него крепится магнит.

* подробнее в Практическом занятии №15. «Транзисторы».

** подробнее в Практическом занятии №18. «Интегральные микросхемы».

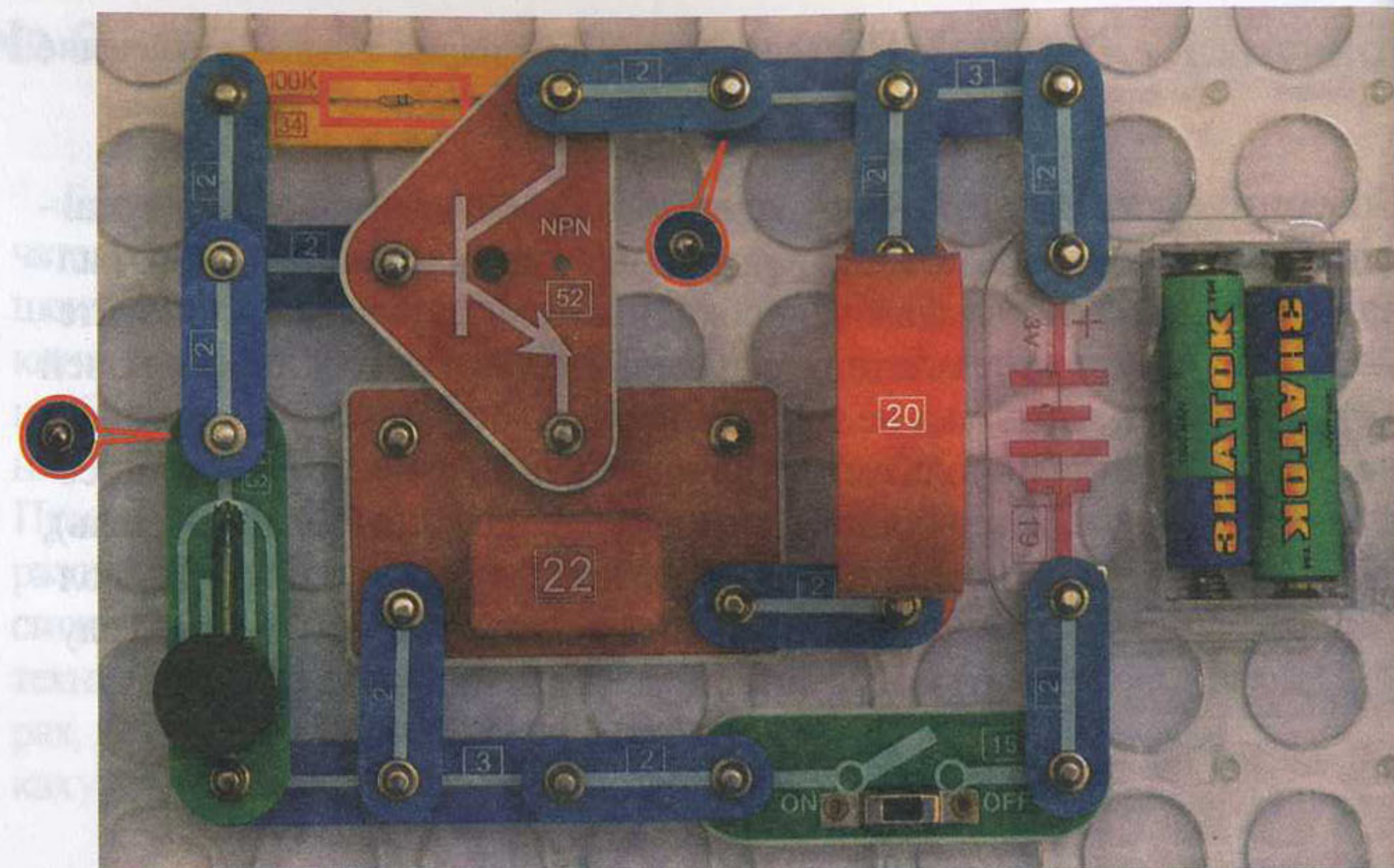
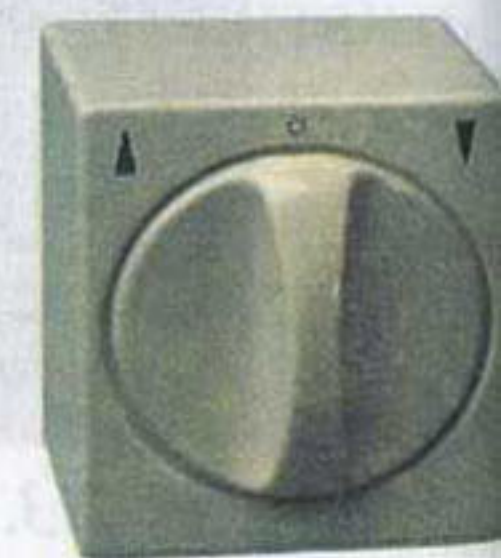


Рис. 2.6. Охранная сигнализация на герконе

Когда дверь закрыта, магнит находится рядом с герконом и его контакты замкнуты. Когда дверь открывается злоумышленником, магнит удаляется от геркона, контакт размыкается — срабатывает сигнализация. Включаться может не только сирена, но и радиоканал, по которому информация поступит на пульт охраны. Таким же образом можно защитить и окна. По монтажной схеме *рис. 2.6* нарисуйте принципиальную схему сигнализации.

Историческая справка. Первый выключатель для включения освещения в квартире был разработан в лаборатории Эдисона в 1879 году и произвел настоящий фурор — любой мог подойти и, не опасаясь быть ударенным током, включить лампочку. До этого включение и выключение электричества осуществлялось только квалифицированными электриками. Подобные поворотные выключатели можно встретить до сих пор.



Практическое занятие № 3. ИСТОЧНИКИ СВЕТА. ЛАМПОЧКИ И СВЕТОДИОДЫ

Краткая теория

В данном занятии речь пойдет о наиболее распространенных источниках света — лампах накаливания и светодиодах, постепенно вытесняющих лампы накаливания из нашей жизни.

Лампочка — уменьшительно-ласкательное от слова *лампа* (рис. 3.1). Слово *лампа* происходит от греческого *lampas* — светильник. Принцип работы: при прохождении электрического тока через вольфрамовую нить она нагревается и начинает светиться. Нить накала держится на специальных держателях, температурный коэффициент расширения которых совпадает с коэффициентом расширения стекла. Для уменьшения испарения нити колбу наполняют инертным газом.



Рис. 3.1. Внешний вид, устройство и условное обозначение ламп накаливания

Историческая справка. Ну, не изобретал Эдисон лампочки! Этот вопрос задолго до него решали десятки человек, в частности Тенар, Де Ла Ру, Генри Гобель, Джозеф Сван и Александр Николаевич Лодыгин. Последний основал собственную компанию «Русское товарищество электрического освещения Лодыгин и К°» в 1872 году, а в 1873 году в Санкт-Петербурге и Одессе зажглись фонари с его лампами накаливания. Эдисон приступил к своим экспериментам над освещением только в 1878 году. В 1906 году американская компания General Electric (Дженерал Электрик), в которую уже входила фирма Эдисона, купила у А.Н. Лодыгина патент на электрическую лампочку с вольфрамовой нитью накаливания, которую он запатентовал еще в 1897 году.

Гений Эдисона заключался в другом — помимо того, что он сам был великим изобретателем, он сумел создать лабораторию, в стенах которой родилась не только лампочка с цоколем, пригодная для домашней эксплуатации, но и вся система электрического освещения — мощные генераторы, счетчики электроэнергии, предохранители, безопасные выключатели, патрон к лампочке и множество других «мелочей», позволивших сделать электрическое освещение доступным каждому. К сожалению, почти все это было рассчитано на постоянный ток и не выдержало конкуренцию с переменным.



Лампа Лодыгина (1874 г.)



Лампа Эдисона (1879 г.)

Светодиод (светоизлучающий диод или LED — Light Emitting Diode) — это не лампочка, это электронный полупроводниковый прибор с *p-n* переходом, который начинает светиться при прохождении через него электрического тока (см. рис. 3.2). Обычный диапазон рабочих токов 5–20 мА, но выпускаются сверхяркие светодиоды с рабочим током 60–200 мА. Светодиод обязательно нужно подключать к батарее с соблюдением полярности и обязательно через токоограничивающий резистор! Падение напряжения на светодиодах, в зависимости от их типа и протекающего тока, от 1,5 до 4 В (см. рис. 3.3), следовательно подключать светодиод надо к напряжению большему этой величины хотя бы на 0,3 вольта.

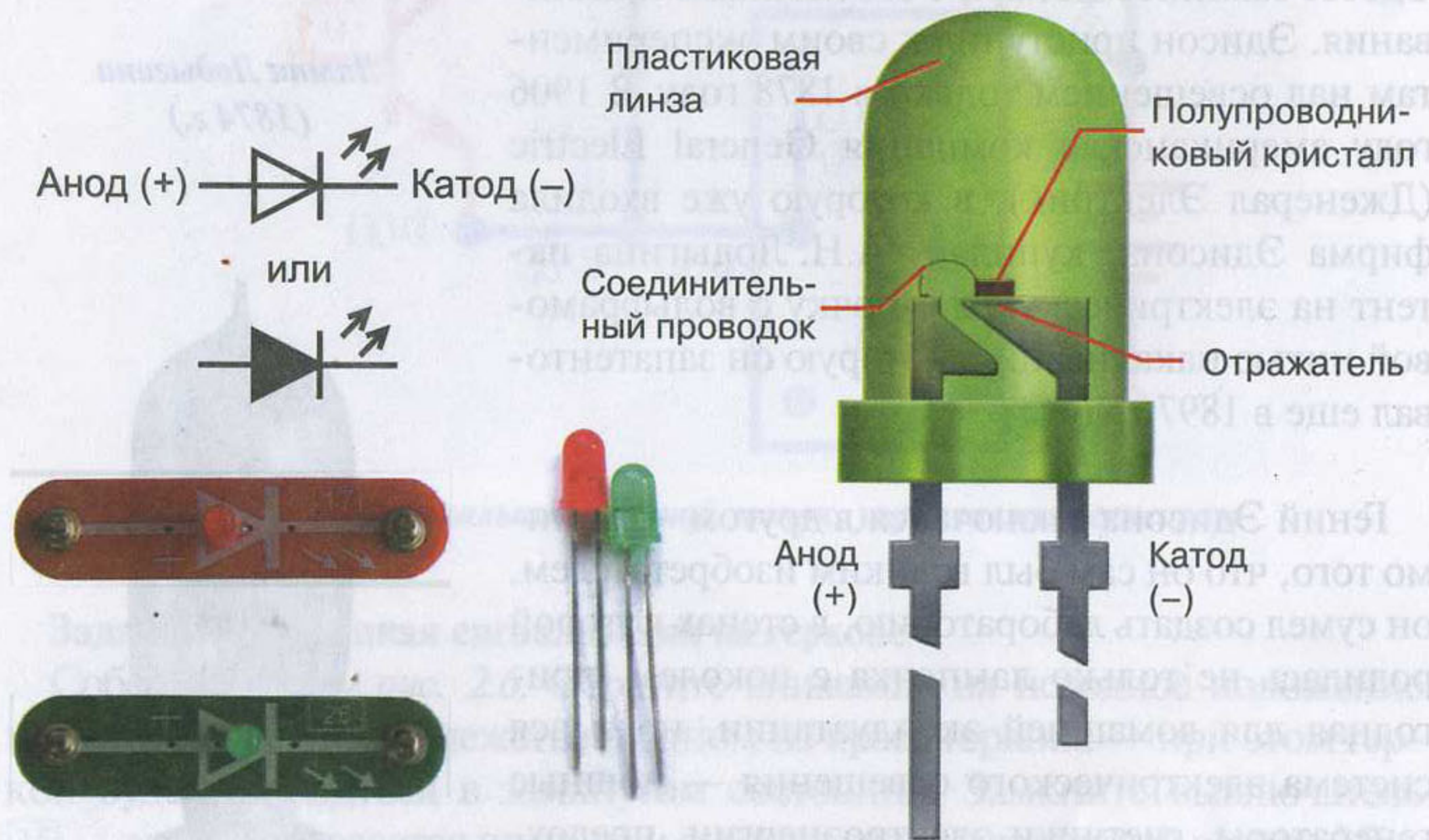


Рис. 3.2. Внешний вид, устройство и условные обозначения светодиодов, встречающиеся в принципиальных схемах

Светодиоды из нашего конструктора имеют классическую форму и диаметр 5 мм, но промышленность выпускает светодиоды самых разнообразных форм и размеров.



Рис. 3.3. Вольт-амперные характеристики светодиодов [17] и [26]

Историческая справка. Впервые свечение полупроводников (кристаллов карборунда) наблюдал и исследовал в 1923 году Олег Владимирович Лосев. Первые имеющие промышленное значение светодиоды были созданы Ником Холоньяком (США) в 1962 году. Разработка многопроходных двойных гетероструктур Жоресом Ивановичем Алферовым (Нобелевская премия 2000 года) в 1970-е годы позволила японцу Сюдзи Накамуре в 1993 году создать синий светодиод, что сделало возможным при помощи красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue) светодиодов получать любой цвет (RGB). Зачастую три таких кристалла помещаются в один корпус с четырьмя выводами для регулировки яркости каждого кристалла в отдельности.



Категорически запрещается подключать светодиоды к батарее без токоограничивающего резистора или другого токоограничивающего элемента!

Практика

Задание 1. Основные схемы включения

Для включения лампочки достаточно подсоединить ее к батарее (рис. 3.4). Сделайте это. Затем поменяйте полярность батареи и убедитесь, что свечение лампочки не зависит от полярности подключения. Эта особенность дает возможность включать лампочки накаливания как в цепь постоянного, так и переменного тока.



Рис. 3.4. Включение лампочки

Совершенно иная ситуация с подключением светодиодов. Здесь нужно соблюдать два основных правила: соблюдать полярность подключения, т.е. «+» светодиода должен приходиться на «+» батареи, и необходимо ограничивать ток, протекающий через светодиод. Проще всего ограничить ток можно при помощи резистора*. Основная схема включения светодиода приведена на рис. 3.5. Остается вопрос: как выбрать величину резистора? Для этого нужно знать напряжение батареи E , величину падения напряжения на светодиоде V_{LED} при протекании через него рабочего тока I_{LED} . Значение резистора вычисляется по формуле $R = (E - V_{LED}) / I_{LED}$. Рабочий ток для наших светодиодов $I_{LED} = 10$ мА. Из графика на рис. 3.2. видно, что при этом токе падение напряжения V_{LED} на зеленом светодиоде около 2 вольт. Подставив эти значения в формулу, получаем приблизительно 100 Ом. Резистор с таким номиналом в нашем конструкторе имеет номер [30].

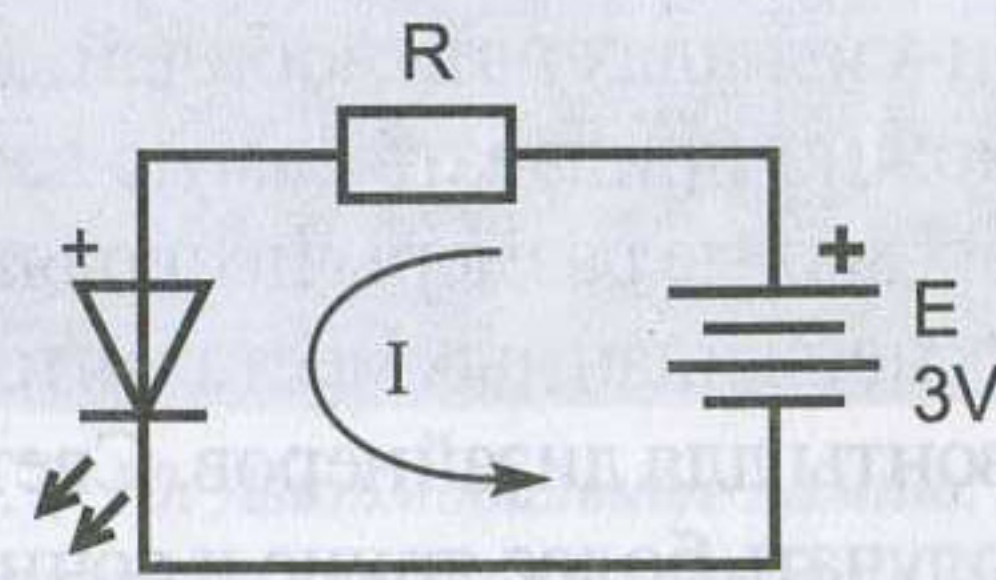


Рис. 3.5. Основная схема включения светодиода

Соберите схему рис. 3.6. Замкните выключатель — светодиод загорится. Поменяйте полярность светодиода, снова замкните выключатель — светодиод гореть не будет — не соблюдена полярность подключения.

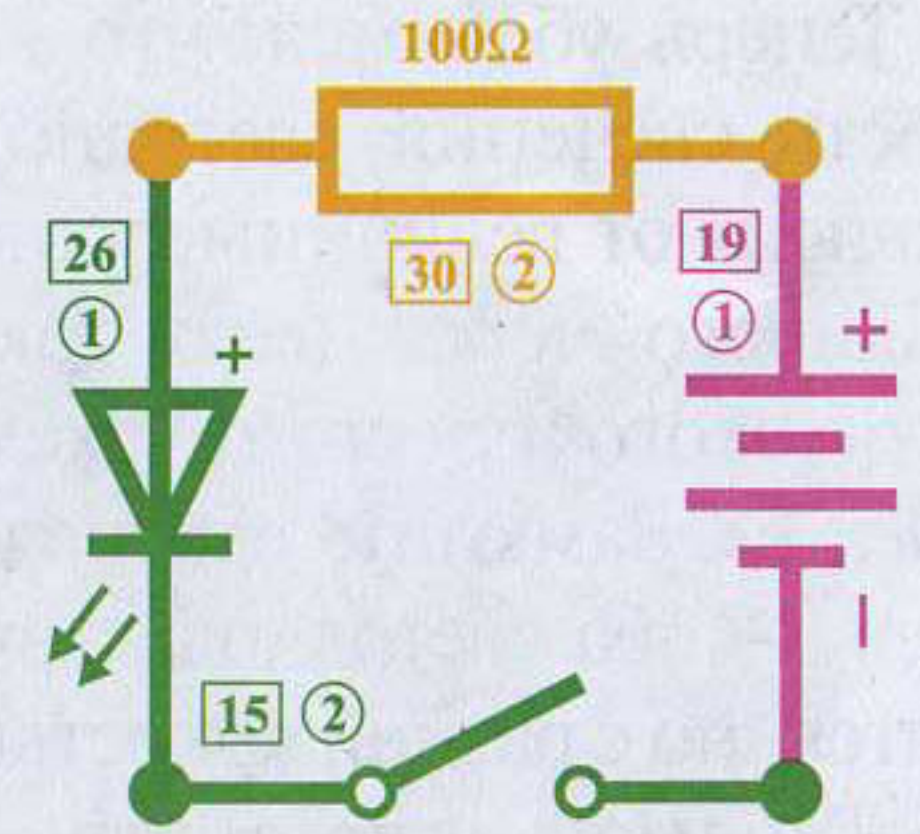


Рис. 3.6. Схема включения светодиода

Соберите схему на рис. 3.7а. В ней два светодиода включены последовательно. Замкните выключатель — светодиоды не горят. Почему? Дело в том, что на каждом светодиоде должно падать напряжение около 2 вольт (см. рис. 3.3), а это больше, чем напряжение используемой батареи. Для того, чтобы светодиоды загорелись надо увеличить напряжение.

Соберите схему рис. 3.7б. Замкните выключатель и убедитесь, что оба светодиода зажглись. Так как ток I , протекающий через светодиоды, одинаков, то и яркость их свечения одинакова. Разомкните выключатель. Поменяйте полярность одного из светодиодов и снова замкните выключатель — светодиоды гореть не будут — не соблюдена полярность подключения.

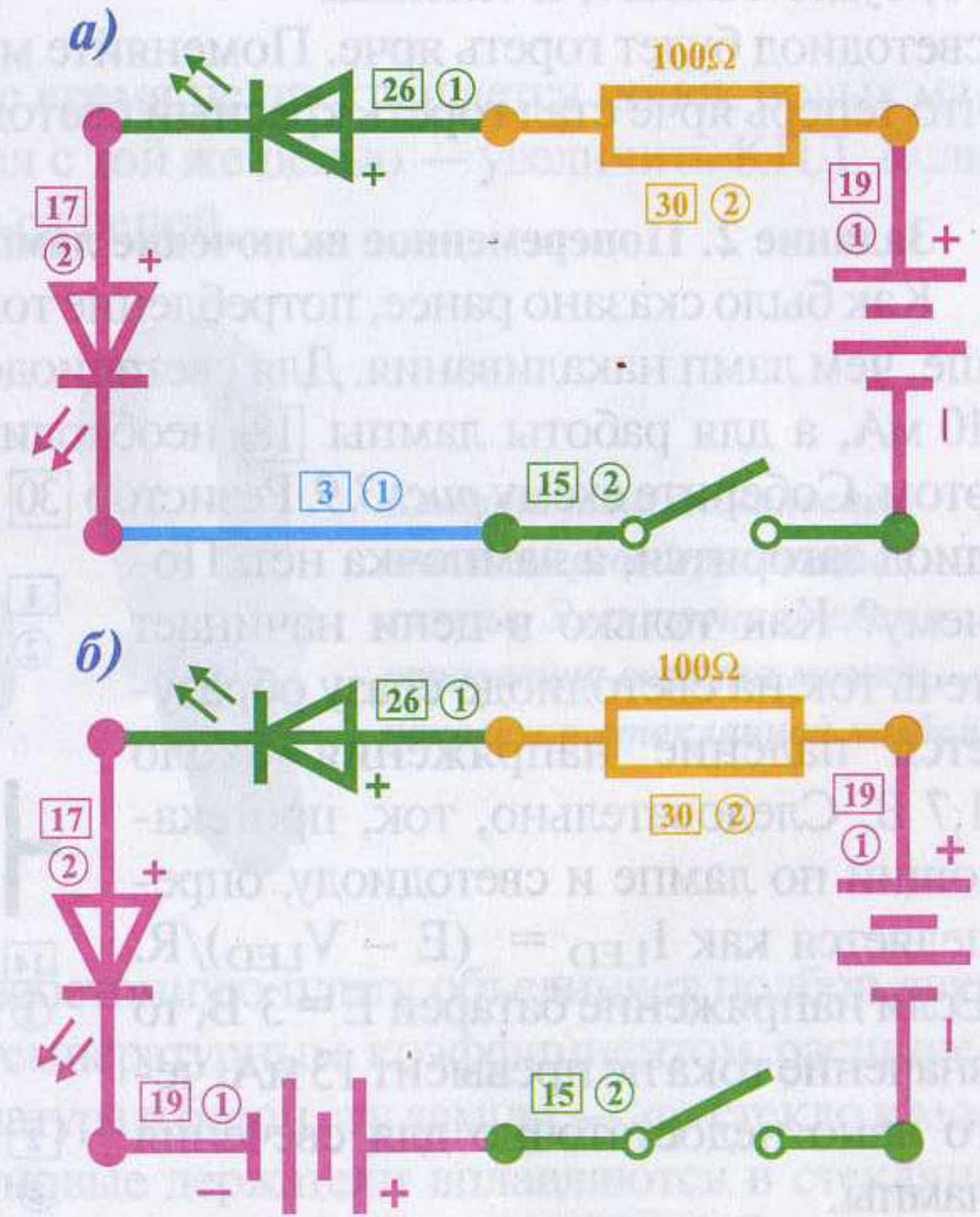


Рис. 3.7. Последовательное включение светодиодов

* подробнее смотри Практическое занятие №5 «Резисторы и реостаты».

Теперь убедимся, что яркость свечения светодиода зависит от величины протекающего через него тока. Для этого соберите схему рис. 3.8. Замкните выключатель — оба светодиода загорятся, но с разной яркостью. Поскольку сопротивление резистора [30] меньше, то ток, протекающий через него, будет больше, и зеленый светодиод будет гореть ярче. Поменяйте местами резисторы и убедитесь, что теперь ярче стал гореть красный светодиод.

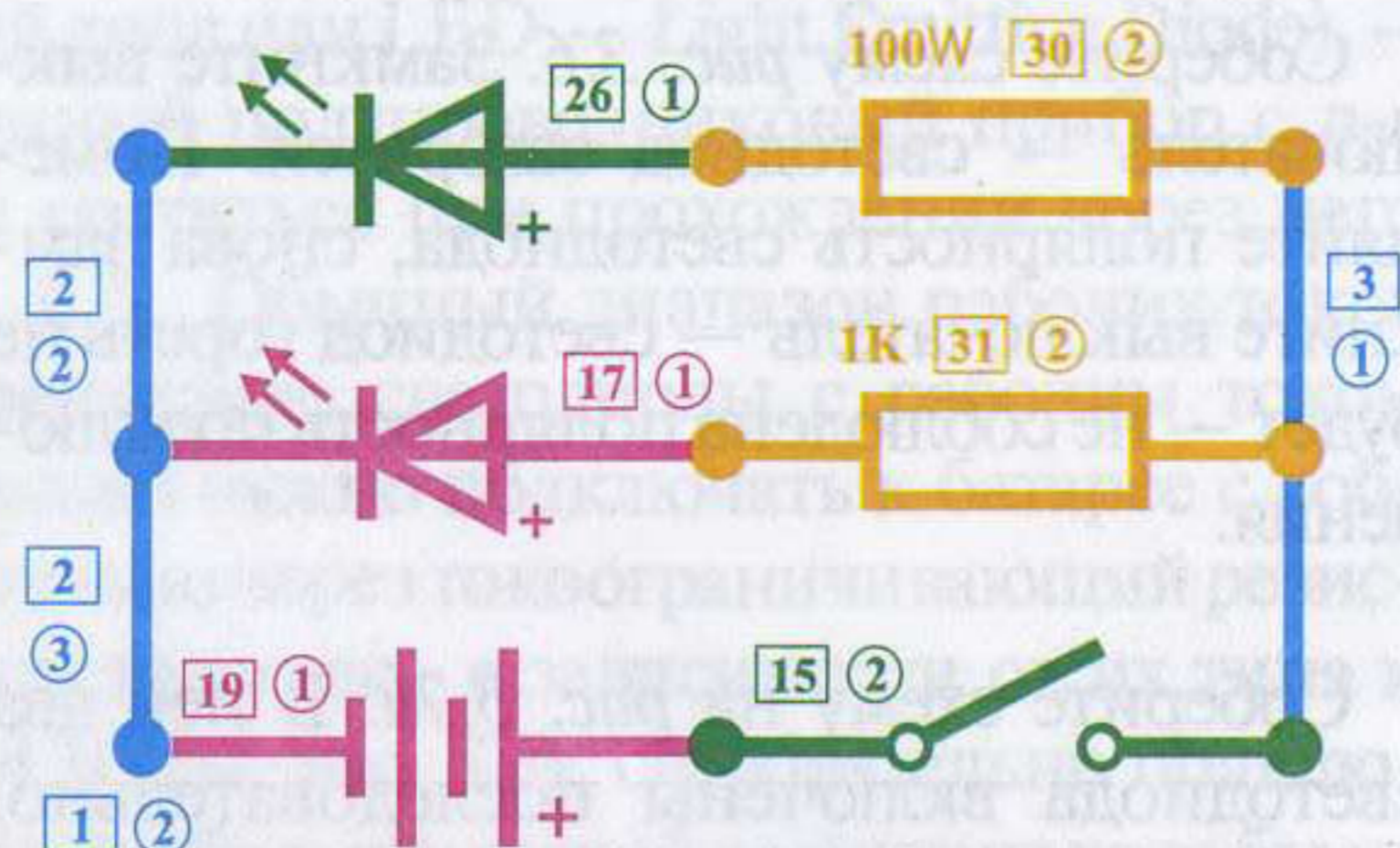


Рис. 3.8. Влияние силы тока на яркость светодиодов

Задание 2. Попеременное включение лампы и светодиода

Как было сказано ранее, потребление тока светодиодами гораздо меньше, чем ламп накаливания. Для светодиодов [17] и [26] требуется ток около 10 мА, а для работы лампы [18] необходимо около 300 мА. Убедимся в этом. Соберите схему рис. 3.9. Резистор [30] установите последним. Светодиод загорится, а лампочка нет. Почему? Как только в цепи начинает течь ток, на светодиоде сразу образуется падение напряжения около 1,7 В. Следовательно, ток, протекающий по лампе и светодиоду, определяется как $I_{LED} = (E - V_{LED})/R$. Если напряжение батареи $E = 3$ В, то значение тока не превысит 13 мА, чего явно недостаточно для свечения лампы.

Замкните кнопку [14] — светодиод погаснет, а лампа загорится. Почему? Ток течет по пути наименьшего

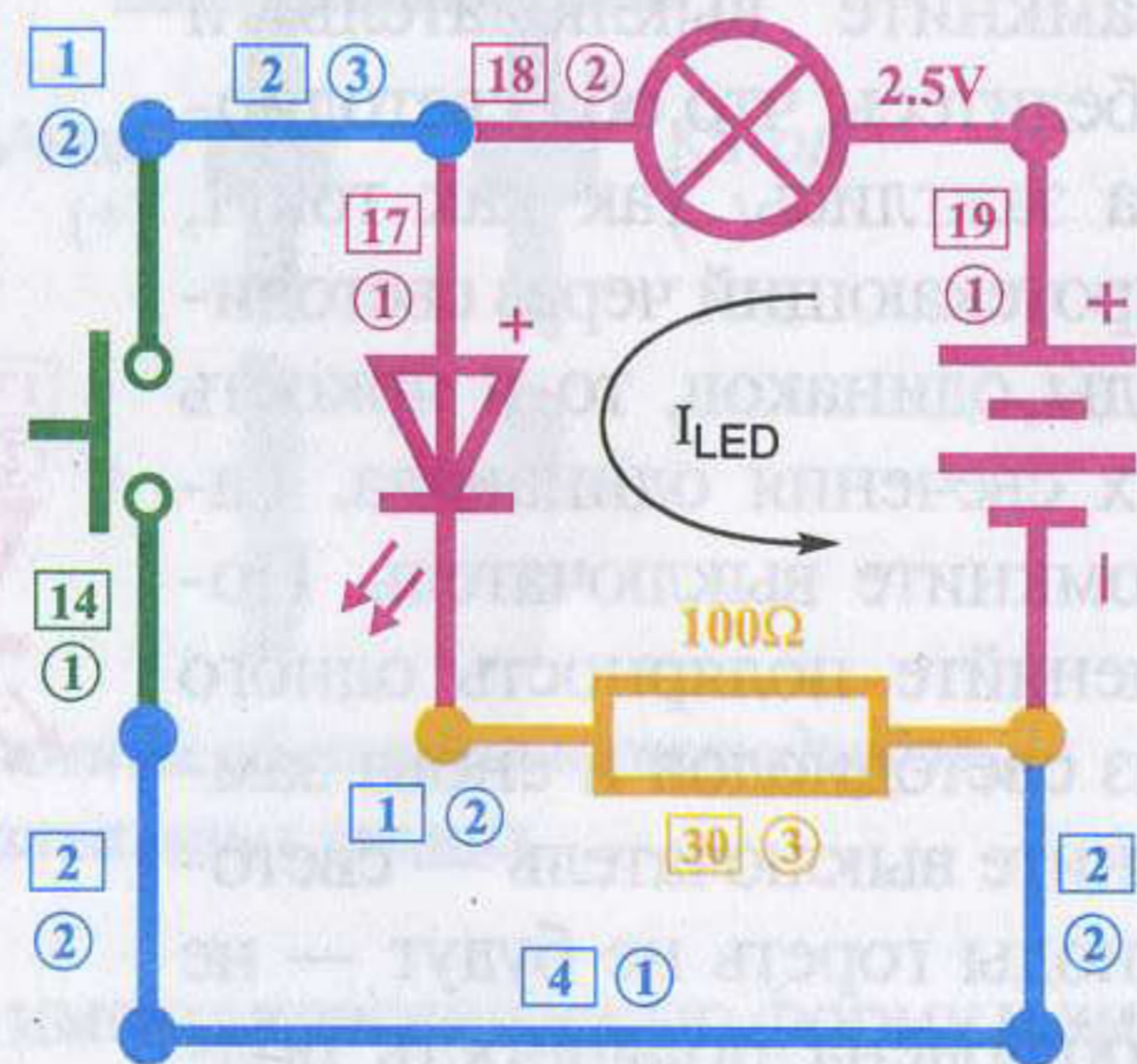


Рис. 3.9. Попеременное включение лампы и светодиода

сопротивления, и когда Вы замкнули кнопку, имеющую почти нулевое сопротивление, весь ток устремился через нее, мимо светодиода (мысленно светодиод и резистор можно убрать из схемы). В результате через лампу потек ток, ограниченный только ее внутренним сопротивлением и она, естественно, зажглась.

Это интересно

Вопрос: Чем светодиоды лучше ламп накаливания?

Ответ: Преимуществ достаточно много. Срок службы светодиодов до 100 тысяч часов, против 1000 часов у ламп. Отсутствие стеклянной колбы — отсюда высокая механическая прочность и надежность. Малое потребление энергии — мощность светового излучения ламп накаливания около 5% от потребляемой, т.е. лампы накаливания скорее не осветительный, а обогревательный прибор. Светодиод же практически не нагревается во время работы, имея КПД на порядок выше. Светодиоды не боятся частых включений и выключений — режима, который быстро выводит лампы накаливания из строя. У них шире диапазон рабочих температур. Мгновенное включение светодиодов делает их незаменимыми в стоп-сигналах автомобилей. Линзам светодиодов можно придавать самую замысловатую форму, а их малые размеры позволяют размещать их в самых неожиданных местах, что открывает новые горизонты для дизайнеров. Светодиоды позволяют получать более яркие и сочные цвета по сравнению с лампами накаливания с цветными фильтрами. Невысокое напряжение и потребляемый ток делают их безопасными для человека и животных.



Светодиодный светофор

? Что общего между лампой накаливания и железобетонной плитой? Посчитай, сколько лет непрерывно может гореть светодиод? Сколько раз за это время нужно будет менять лампочку, например, в светофоре?

Вопрос: Где применяются светодиоды?

Ответ: Все световые индикаторы в компьютерах и бытовой технике. В автомобилях — задние фонари, поворотные огни, фары, свет в салоне (рис. 3.10). В мобильных телефонах — подсветка клавиш и дисплея, фотовспышка. Современные светофоры и дорожные знаки. Информационные табло на вокзалах, стадионах и других общественных местах. Различные фонари и фонарики, велосипедные фары. Подсветка некоторых зданий, памятников и фонтанов (низковольтные, слаботочные светодиоды намного безопаснее при эксплуатации в воде чем любые лампы). С каждым годом список применений светодиодов будет только увеличиваться.



Светодиодные фары и указатели поворотов



Рис. 3.10. Автомобильные лампы. Классические лампы накаливания (а) и их светодиодные заменители (б).

Токоограничивающий резистор в маленькой лампочке скрыт внутри цоколя

Вопрос: Что такое энергосберегающие лампы?

Ответ: Это современные люминесцентные лампы с электронным управлением (рис. 3.11). Такие лампы потребляют в 3–5 раз меньше электроэнергии и работают в 8–10 раз дольше обыкновенных ламп накаливания.

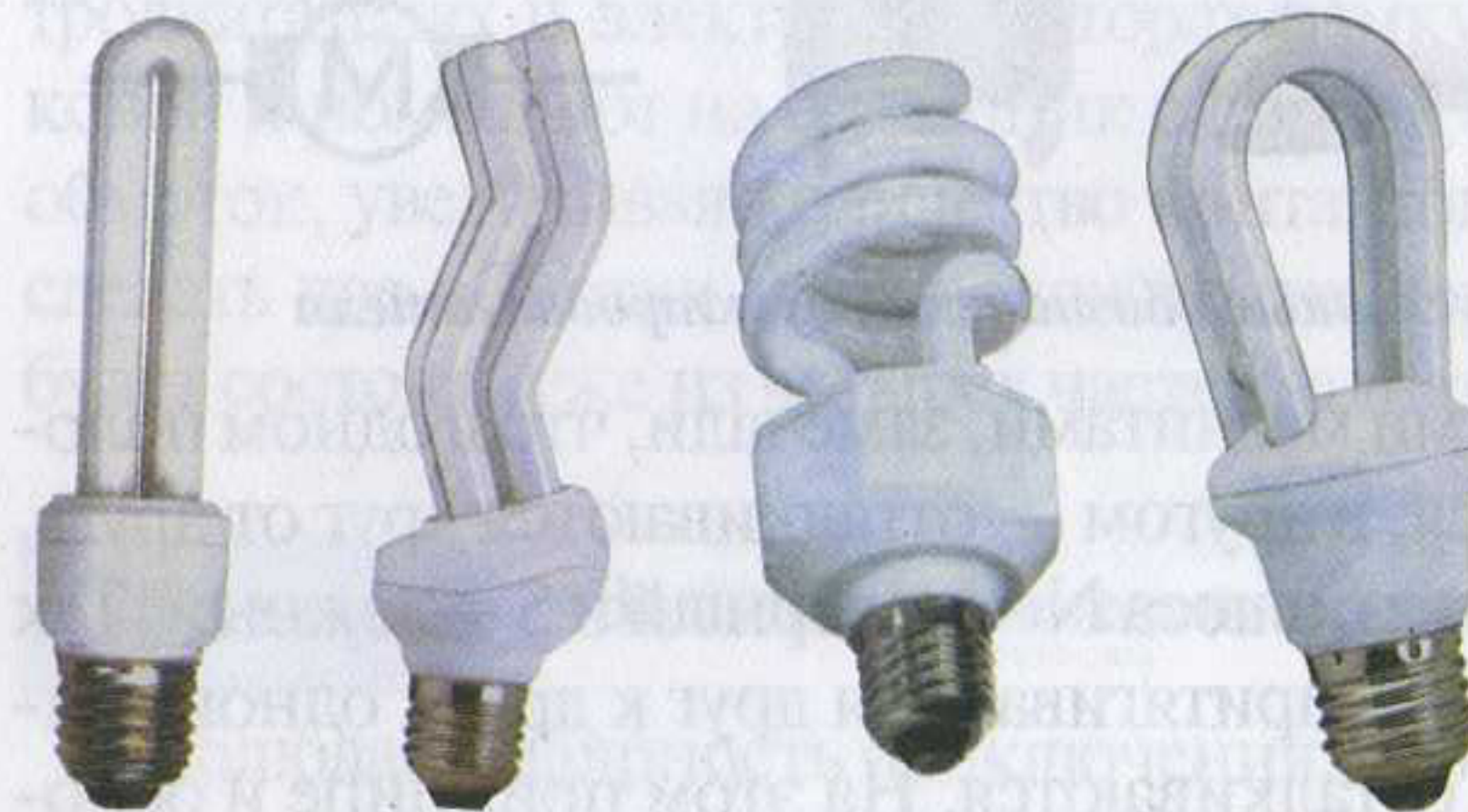
Вопрос: Может получиться, что лампы накаливания скоро исчезнут?

Ответ: Может быть. А может, и нет. В свое время Эдисон за год поставил 6000 экспериментов, с целью повысить КПД своей лампочки. Как не



Рис. 3.11. Лампа накаливания и ее энергосберегающий аналог (а). Энергосберегающая лампа в разобранном виде (б)

парадоксально, но даже в наше время не прекращается поиск новых материалов для нити накаливания с той же целью — увеличить КПД. Если удастся — все будет определяться ценой.



Компактные люминесцентные энергосберегающие лампы. Электронная схема управления скрыта между цоколем и стеклянной колбой

Лампу накаливания и железобетонную плиту объединяет подбор двух компонентов с одинаковым температурным коэффициентом расширения. У плиты это железная арматура и бетон, а у лампы — это стекло и молибден (или ковар). Молибденовые держатели вплавляются в стеклянную колбу, и по ним ток поступает к нити накала. При изменении температуры железо и бетон, стекло и молибден одинаково сжимаются или расширяются, что не приводит к разрушению изделия.

Практическое занятие № 4. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР

Краткая теория

Электродвигатель (электромотор) — электрическая машина, преобразующая электрическую энергию в механическую (рис. 4.1). Основной характеристикой электродвигателя является его мощность. Существуют электродвигатели постоянного и переменного тока. Электродвигатель [24] является двигателем постоянного тока. *Область применения:* автомобили — «дворники», стеклоподъемники и т.п.; электроинструмент — аккумуляторные дрели, шуруповёрты и т.п.; игрушки; плееры; видеомэгнитофоны; DVD-проигрыватели; бытовая техника, роботы и пр.

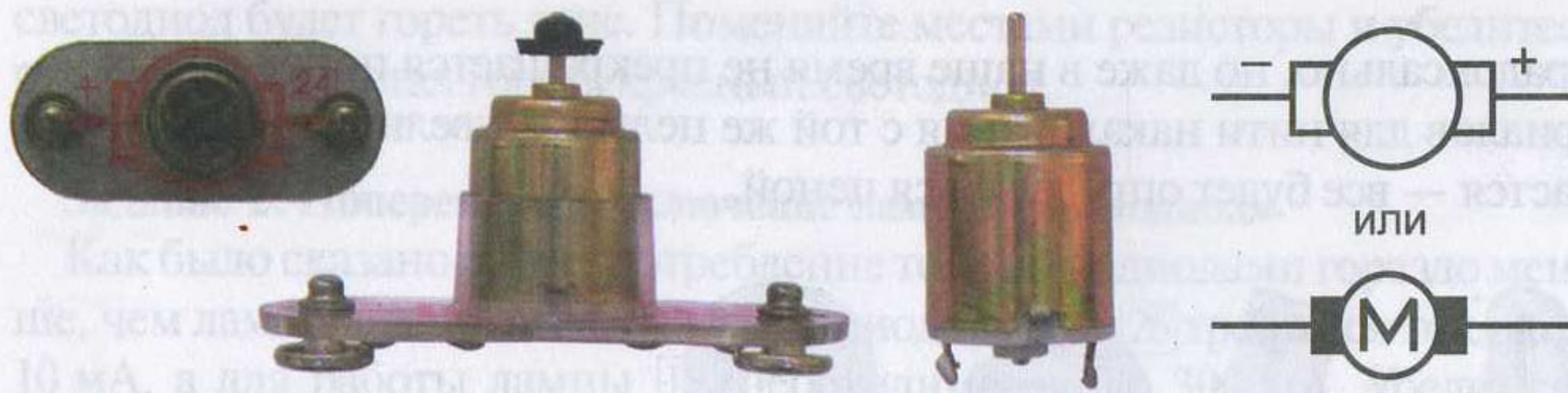


Рис. 4.1. Внешний вид и условные обозначения электродвигателя

Многие, играя с постоянными магнитами, замечали, что в одном положении магниты притягиваются, в другом — отталкиваются друг от друга. Дело в том, что магнит имеет два полюса N — северный и S — южный. Так вот, разноименные полюса N—S притягиваются друг к другу, одноименные полюса N—N или S—S — отталкиваются. На этом принципе и основана работа электродвигателя.

При протекании по рамке электрического тока она превращается в электромагнит — вокруг нее образуется направленное магнитное поле — с северным (N) и южным (S) полюсами, как и у постоянного магнита (рис. 4.2а). Одноименные полюса начинают отталкиваться, а разноименные притягиваться, и рамка начинает поворачиваться (рис. 4.2б). Если бы не было коллектора, то рамка повернулась бы на 90° и, немного поколебавшись, остановилась (N рамки прочно установился бы напротив S постоянного

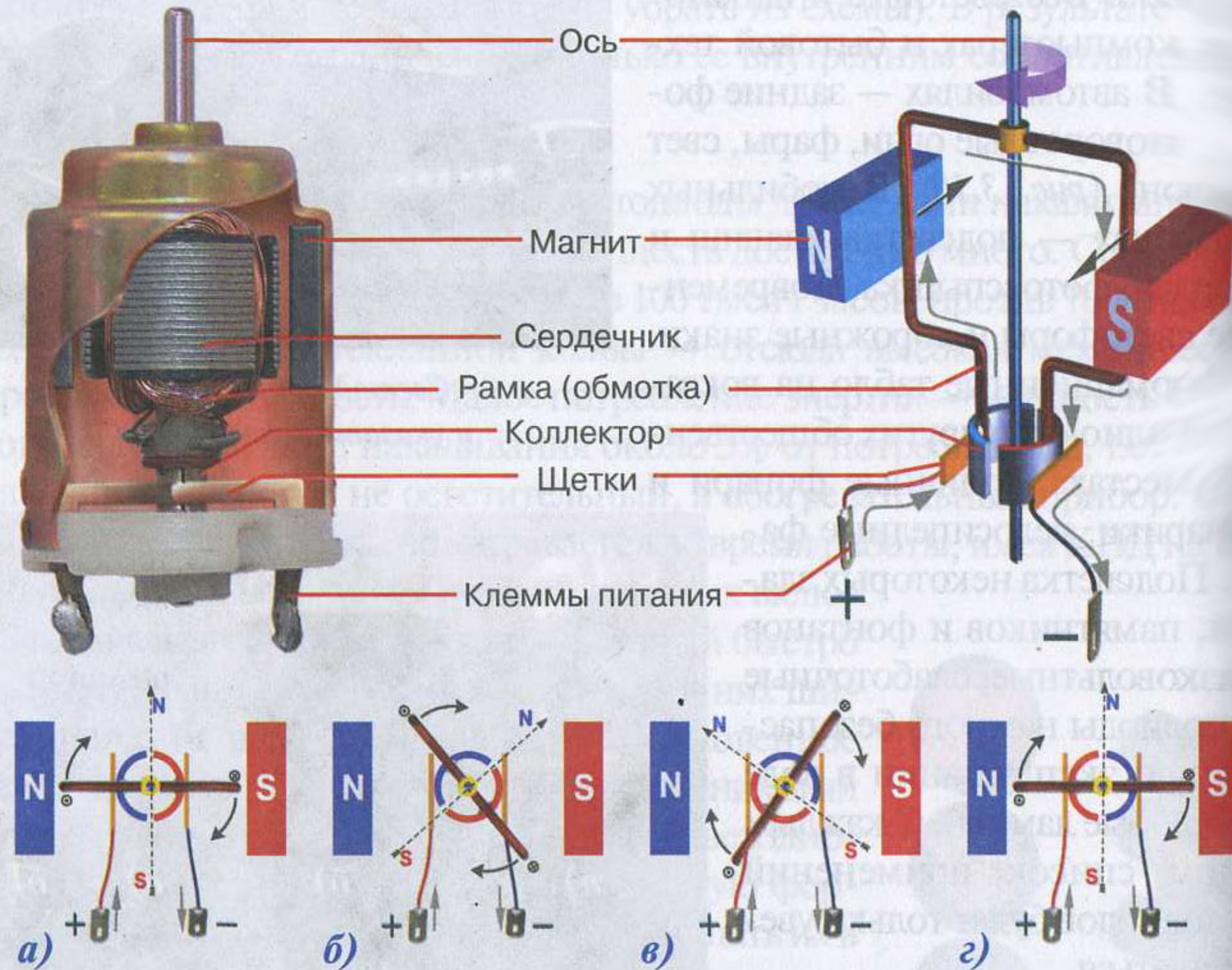


Рис. 4.2. Устройство и принцип действия электродвигателя

магнита). Но по инерции она проскакивает эту точку, и этого достаточно, чтобы коллектор поменял направление тока в рамке. При этом меняются и полюса электромагнита, т.е. рамки (рис. 4.2в). И снова — одноименные полюса начинают отталкиваться, а разноименные притягиваться, и так раз за разом, пока присутствует напряжение питания, двигатель вращается.

Простейший коллектор представляет собой два металлических полукольца, жестко скрепленные с рамкой (обмоткой) и осью. Роль коллектора заключается в переключении направления тока в рамке на противоположное при постоянном токе питания двигателя. Для наглядности работы полукольца окрашены в разные цвета.

Электрогенератор — электрическая машина, преобразующая механическую энергию в электрическую. Существуют электрогенераторы постоянного и переменного тока. *Область применения:* автомобили — для зарядки аккумулятора и питания бортовой сети, бензиновые и дизельные миниэлектростанции и пр. Принцип действия электрогенератора основан на явлении *электромагнитной индукции* — когда в проводнике, пересекающем линии магнитного поля, возникает электрический ток, называемый *индукционным*. На *рис. 4.3.* изображена упрощенная схема электрогенератора постоянного тока. Внешний механический привод вращает рамку в поле магнита. При пересечении линий магнитного поля в ней будет индуцироваться ток. Дважды за период (360°) ток в рамке будет менять направление, но благодаря коллектору, столько же раз меняются полукольца у

каждой щетки, и ток на выходных клеммах будет течь в одном направлении. На самом деле, на выходных зажимах такого генератора будет не постоянный ток, а «однополярный» ток (график на *рис. 4.3.*), который еще нужно превратить в «постоянный» при помощи стабилизатора напряжения и сглаживающего фильтра. Чем выше скорость вращения рамки (обмотки), тем больше отдаваемый генератором ток.

Как видно, устройство электрогенератора очень похоже на электродвигатель, изображенный на *рис. 4.2.*, что позволяет в ряде случаев использовать электродвигатель в качестве генератора.

Если бы использовался не один коллектор из двух полуколец, а два кольцевых коллектора, то на выходе такого генератора возникал бы переменный синусоидальный ток.

Подвижная часть электродвигателя и электрогенератора — обмотка, коллектор и сердечник называются — *ротор*. Неподвижная часть двигателя — магниты и корпус с держателями оси — *статор*.

Для усиления крутящего момента и плавности хода в реальных электродвигателях и электрогенераторах рамку (обмотку) делают многовитковой и помещают на сердечник сложной формы или делают несколько обмоток, увеличивая количество контактов коллектора. Например, если сделать две обмотки и расположить их перпендикулярно, то коллектор будет состоять уже из четырех частей, а щеток останется две.

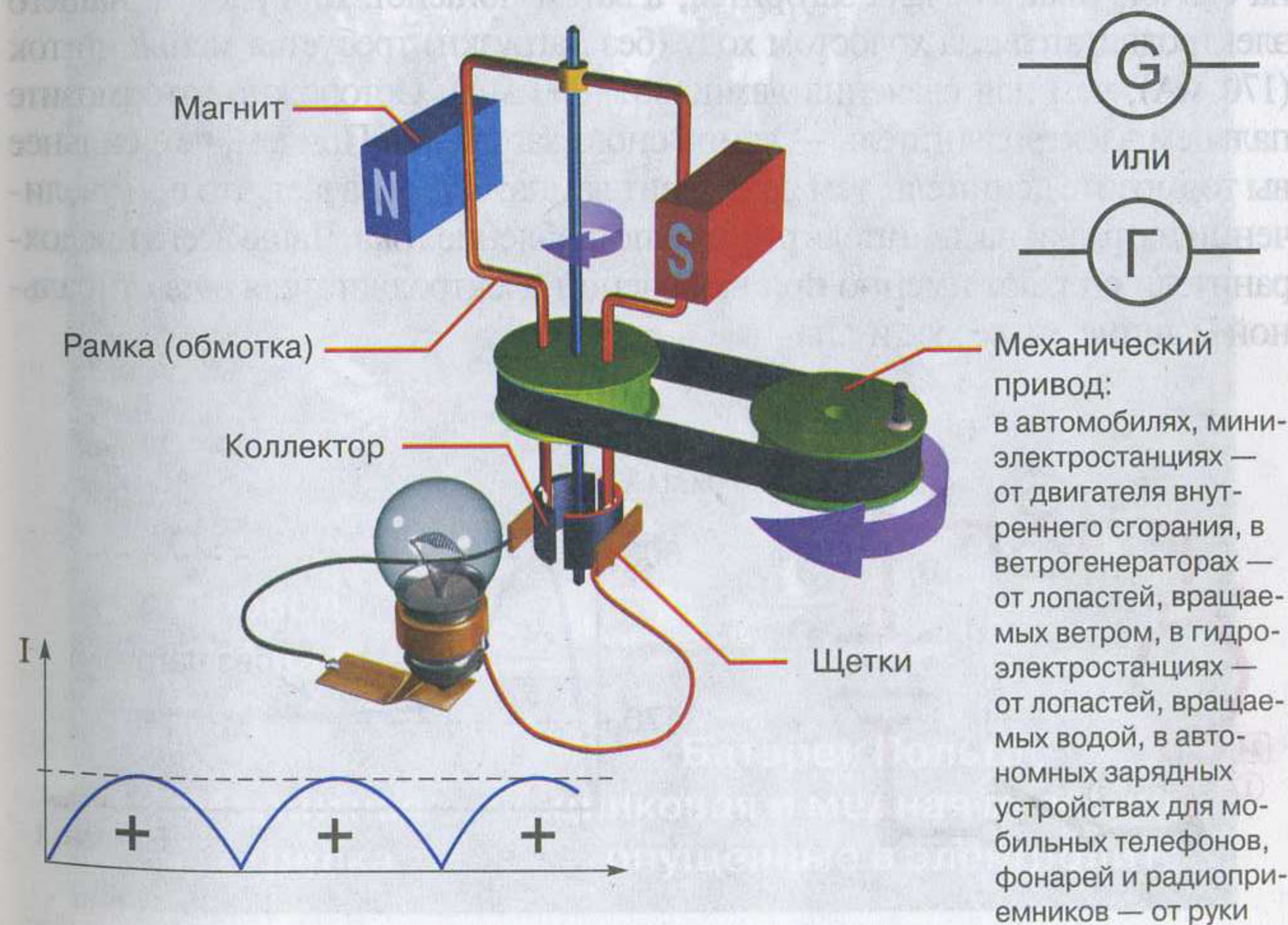


Рис. 4.3. Принцип действия и условные обозначения генератора постоянного тока. График тока на выходных клеммах генератора

Практика Задание 1. Изменение скорости вращения двигателя

Соблюдая полярность подключения, соберите схему *рис. 4.4а.* Замкните кнопку и держите ее замкнутой 5 секунд, затем отпустите. Пропеллер взлетит на определенную высоту h . Запомните эту высоту. Теперь соберите схему *рис. 4.4б.* Напряжение питания двигателя в этой схеме увеличено в два раза. Снова замкните кнопку на 5 секунд и отпустите ее. Убедитесь, что на этот раз пропеллер взлетел гораздо выше. Следовательно, чем больше напряжение питания, тем выше скорость электродвигателя.

! Будьте осторожны, не наклоняйтесь над пропеллером, он взлетает быстро и высоко!

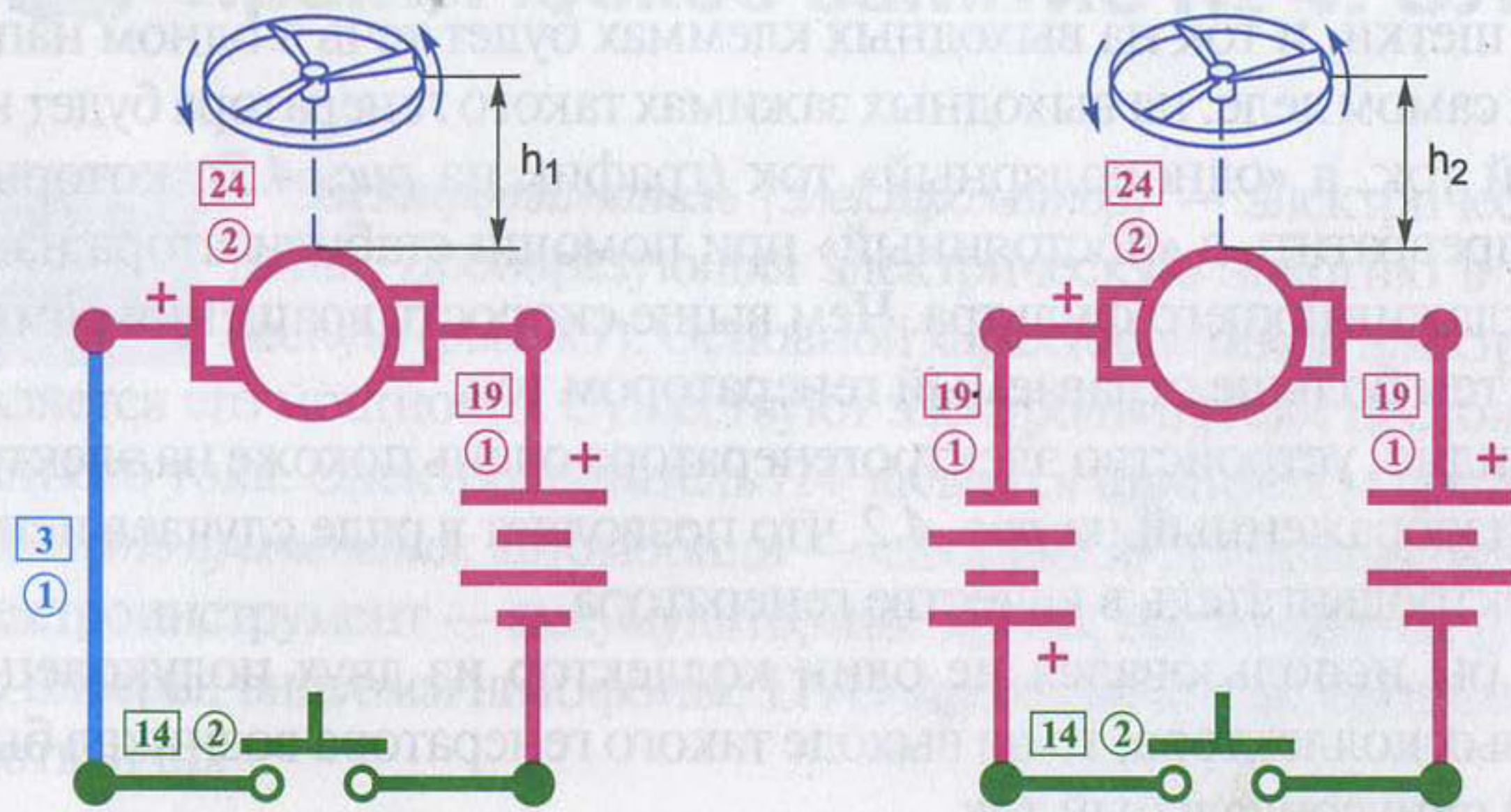


Рис. 4.4. Зависимость скорости вращения двигателя от напряжения

Можно плавно изменять напряжение при помощи реостата, при этом так же плавно будет меняться скорость вращения двигателя. Соберите схему рис. 4.5. Замкните выключатель. Плавно изменяя положение ползунка реостата, регулируйте скорость вращения двигателя.

Поменяйте полярность подключения электродвигателя и убедитесь, что изменилось и направление вращения оси.

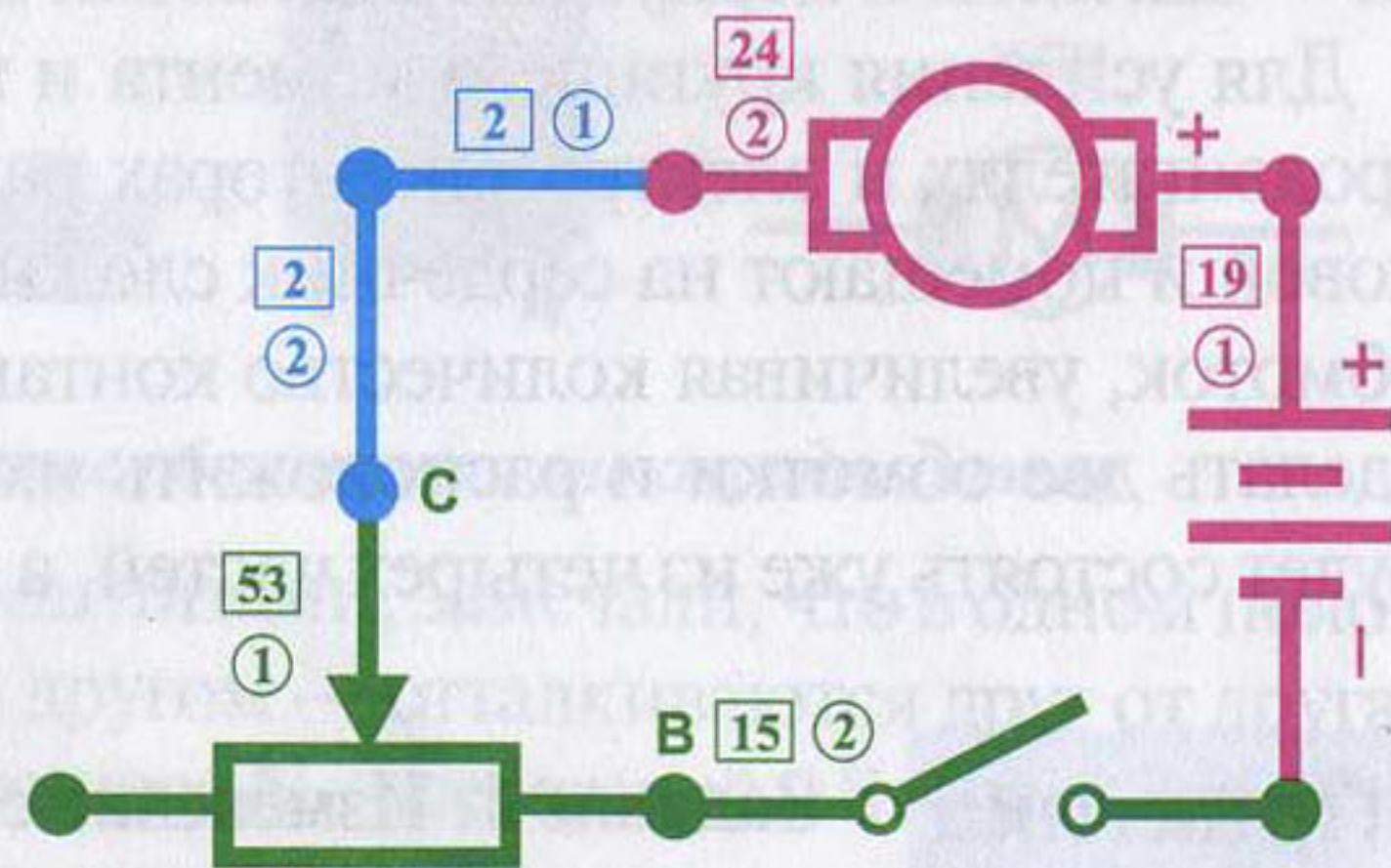


Рис. 4.5. Плавное изменение скорости вращения двигателя

Задание 2. Электродвигатель в качестве электрогенератора

То, что электродвигатель может работать в качестве генератора тока можно убедиться, собрав схему рис. 4.6. Обратите внимание на полярность подключения гальванометра и электродвигателя. Быстро вращайте ось по часовой стрелке — стрелка гальванометра под воздействием возникающего в обмотке индукционного тока будет отклоняться. Если поме-

нять полярность подключения электродвигателя, то стрелка начнет отклоняться при вращении оси против часовой стрелки. Прodelайте это и убедитесь.

Задание 3. Потребление тока электродвигателем

При включении двигателя в первый момент происходит скачок тока, затем ток стабилизируется и меняется только при изменении нагрузки на двигатель. Убедитесь в этом можно, собрав схему рис. 4.7. Замкните выключатель, лампа, реагирующая на скачок тока, сначала загорится, а затем погаснет. Для работы нашего электродвигателя на холостом ходу (без нагрузки) требуется меньший ток (170 мА), чем для свечения лампочки (300 мА). Осторожно затормозите пальцем электродвигатель — лампа снова загорится. Причем, чем сильнее вы тормозите двигатель, тем ярче горит лампа. Это означает, что при увеличении нагрузки на двигатель растет и потребление тока. Чаще всего предохранители сгорают именно при включении электродвигателя — в стиральной машине, пылесосе и т.п.

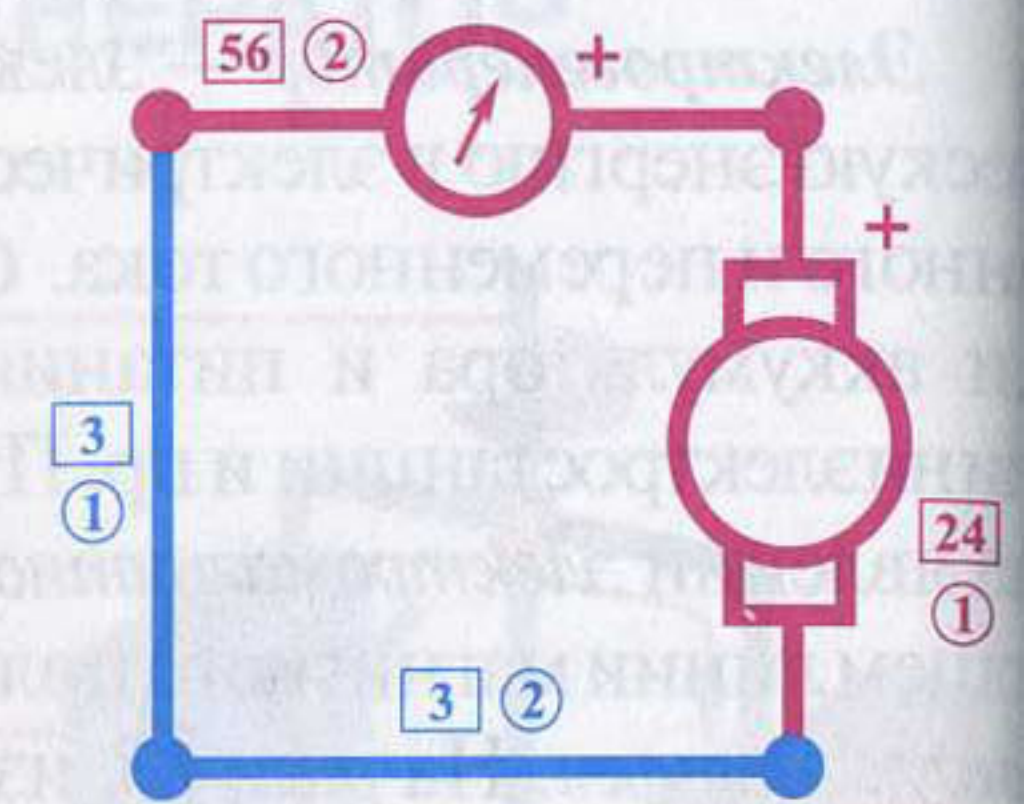


Рис. 4.6. Электродвигатель в качестве электрогенератора

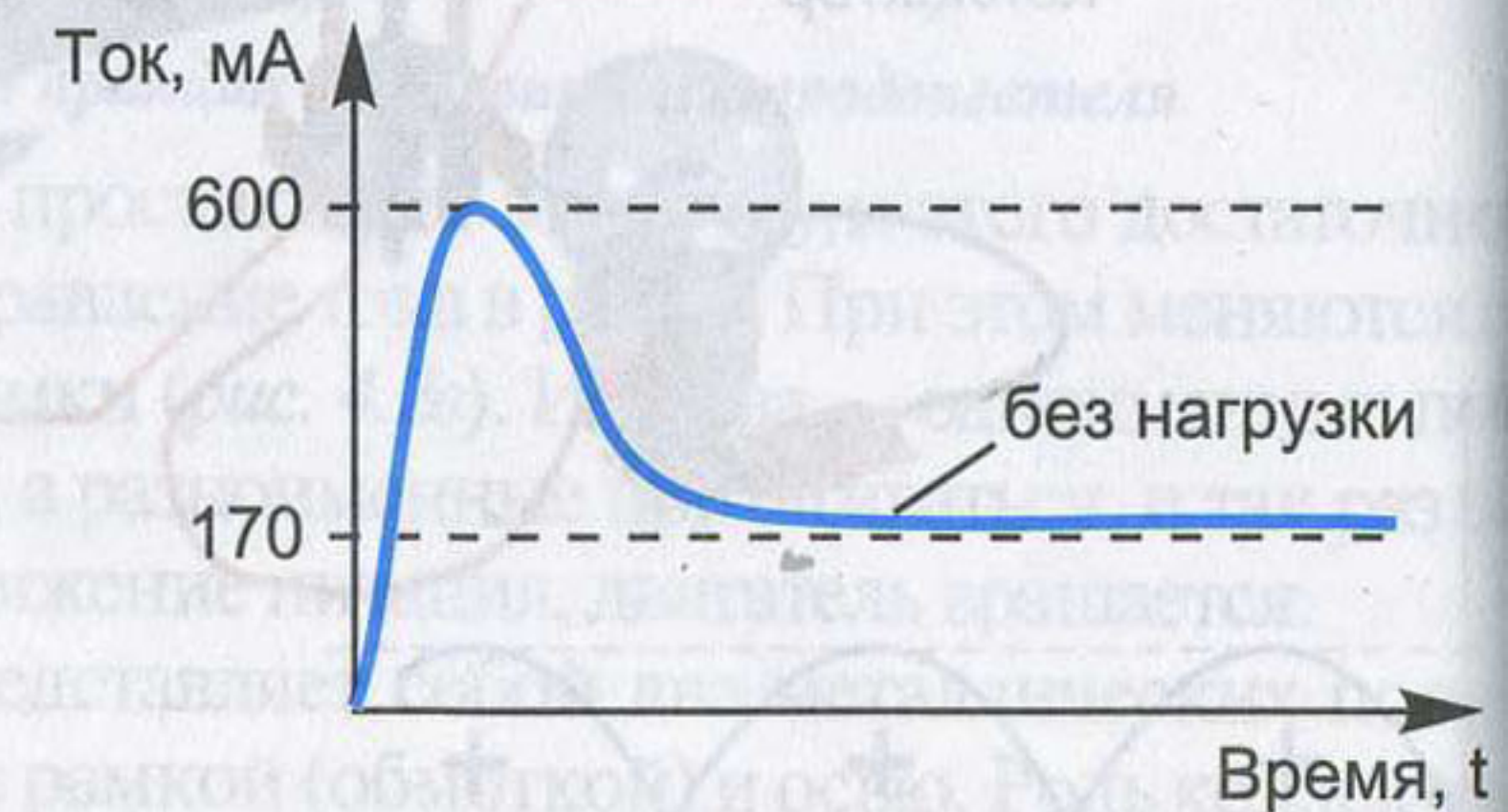
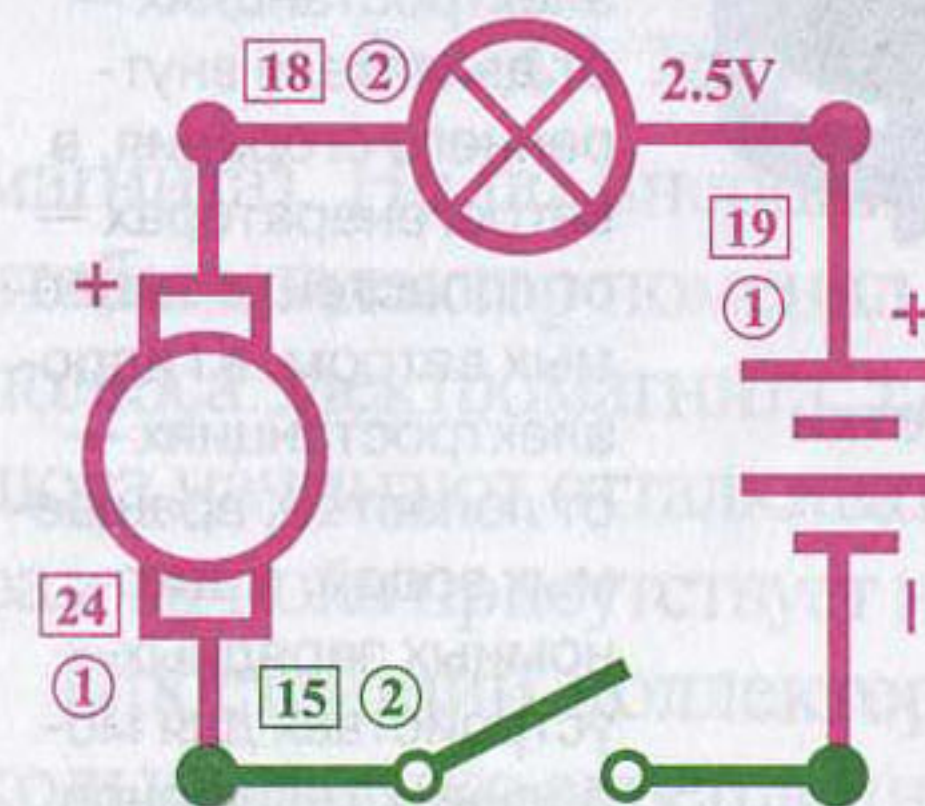


Рис. 4.7. Схема эксперимента и график потребления тока электродвигателем в момент включения

Историческая справка. 15 февраля 1820 года датский профессор Ганс Христиан Эрстед читал лекцию студентам и, замкнув цепь, состоящую из батареи Вольта и проводника, обнаружил, что стрелка, лежащего на столе компаса, повернулась. Это было первое экспериментальное подтверждение связи электричества и магнетизма, получившее в дальнейшем название *электромагнетизм*. Правда, злые студенческие языки утверждали, что компас на столе оказался случайно, и Эрстеду указали на поворот стрелки именно они, а он просто хотел нагреть провод при по-



Эрстед демонстрирует своим коллегам взаимодействие проводника с током и магнитной стрелки

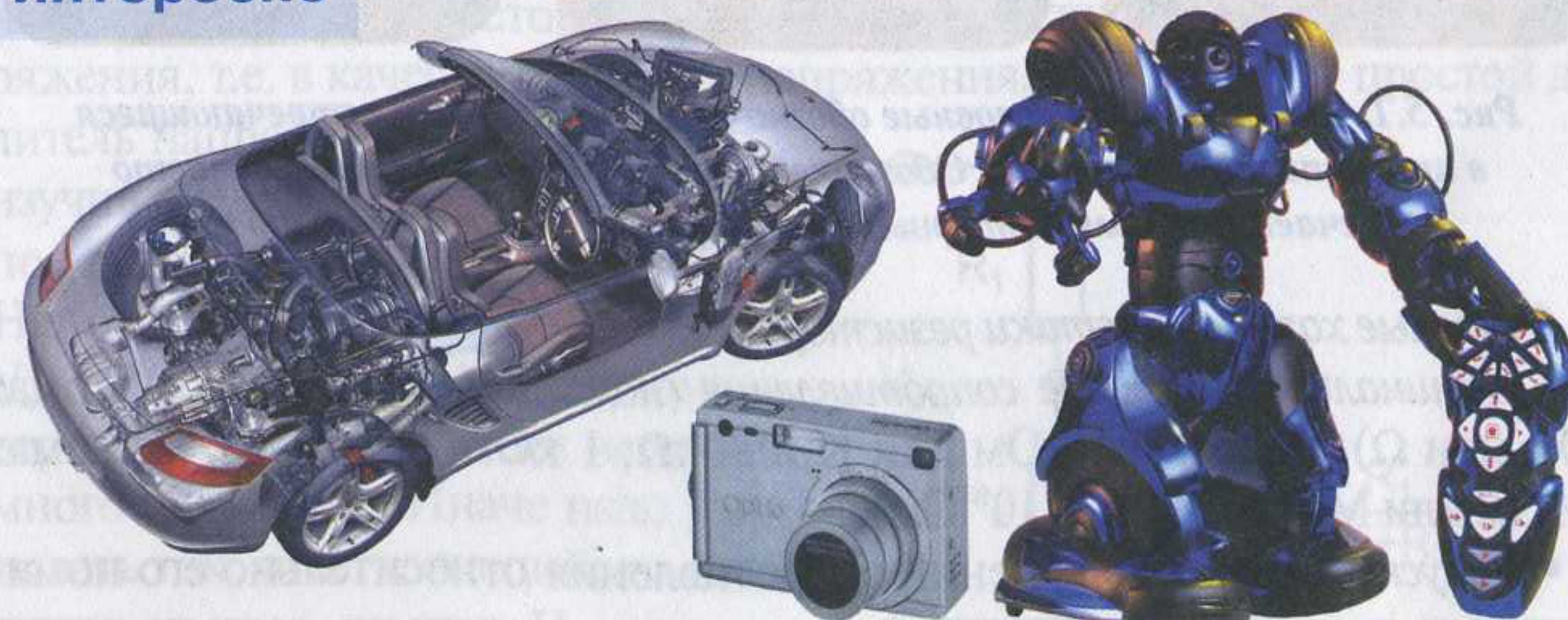
моши электричества. Но как бы там ни было, этот эксперимент сделал Эрстеда знаменитым.

Став знаменитым и богатым Эрстед, не только основал Датское общество для поощрения занятий наукой и Политехнический институт, но и помогал своему тезке будущему великому сказочнику Гансу Христиану Андерсену.

Одновременно с Эрстедом аналогичные опыты проводил и француз Андре Мари Ампер. Работы Ампера и Эрстеда, а позже и Майкла Фарадея* позволили нам сегодня пользоваться электромагнитами, электродвигателями, электрогенераторами, измерительными приборами и т.п.

Это интересно

Электродвигатели можно встретить практически в любой технике.



В фотоаппарате стоит 1 или 2 электродвигателя

В этом роботе-игрушке 14 электродвигателей

В современном автомобиле установлено более 20 электродвигателей

Один из самых маленьких серийно выпускаемых электродвигателей имеет диаметр 1,9 миллиметра, а длину — 5,5 миллиметра. Этот моторчик развивает скорость вращения до ста тысяч оборотов в минуту. Он используется в медицинских зондах для исследования кровеносных сосудов. Для сравнения, в 1935 году самый маленький в мире электродвигатель имел диаметр 4 мм.

* подробнее смотри Практическое занятие №8 «Катушка индуктивности»

Практическое занятие № 5. РЕЗИСТОРЫ И РЕОСТАТЫ

Краткая теория

Резистор (англ. resistor, от лат. resisto — сопротивляюсь) — элемент, основное функциональное назначение которого, оказывать известное сопротивление электрическому току с целью регулирования тока и напряжения. Чем выше сопротивление резистора, тем меньший ток по нему протекает.



Рис. 5.1. Внешний вид и условные обозначения резисторов, встречающиеся в принципиальных схемах. Обозначение резистора в виде «пилы» часто встречается в компьютерных программах по моделированию схем

Основные характеристики резистора:

- **Номинальное значение сопротивления (номинал).** Указывается в омах (Ом или Ω), килоомах (кОм или К, или $k\Omega$; $1 \text{ кОм} = 10^3 \text{ Ом}$), мегаомах (МОм или $M\Omega$; $1 \text{ МОм} = 10^6 \text{ Ом}$).
- **Допуск** — разброс значений сопротивления относительно его номинального значения. Указывается в процентах. Например, если на резисторе указано $1 \text{ кОм} \pm 10\%$, это означает, что реальное значение сопротивления может лежать в диапазоне от 900 Ом до 1,1 кОм.

• **Максимальная рассеиваемая мощность** — определяет максимально допустимое значение тока, протекающего по резистору. Вычисляется как $P = I^2 R$. При превышении этой величины резистор может сгореть.

• **Температурный коэффициент сопротивления (ТКС)** — указывает на изменение номинального значения сопротивления при изменении температуры. Очень важный параметр. Например, температура на поверхности Луны меняется от минус 160°C до $+120^\circ\text{C}$, следовательно, не каждый резистор можно устанавливать на космический аппарат.

Переменный резистор — предназначен для регулирования силы тока или напряжения в электрической цепи. Имеет три вывода А–В–С (рис. 5.2). Сопротивление между точками А–В постоянное (в вашем случае 50 кОм). При перемещении ползунка сопротивление между точками А–С и В–С меняется. В крайнем левом положении ползунка сопротивление А–С равно 0, а сопротивление В–С максимально — 50 кОм. В крайнем правом положении ползунка — наоборот. Переменный резистор имеет две основные схемы включения — *реостатную* (рис. 5.2а) и *потенциометрическую* (рис. 5.2б). При этом его называют «реостатом» и «потенциометром» соответственно. Переменные резисторы применяются для регулировки яркости света, громкости звука, скорости вращения и т.п.

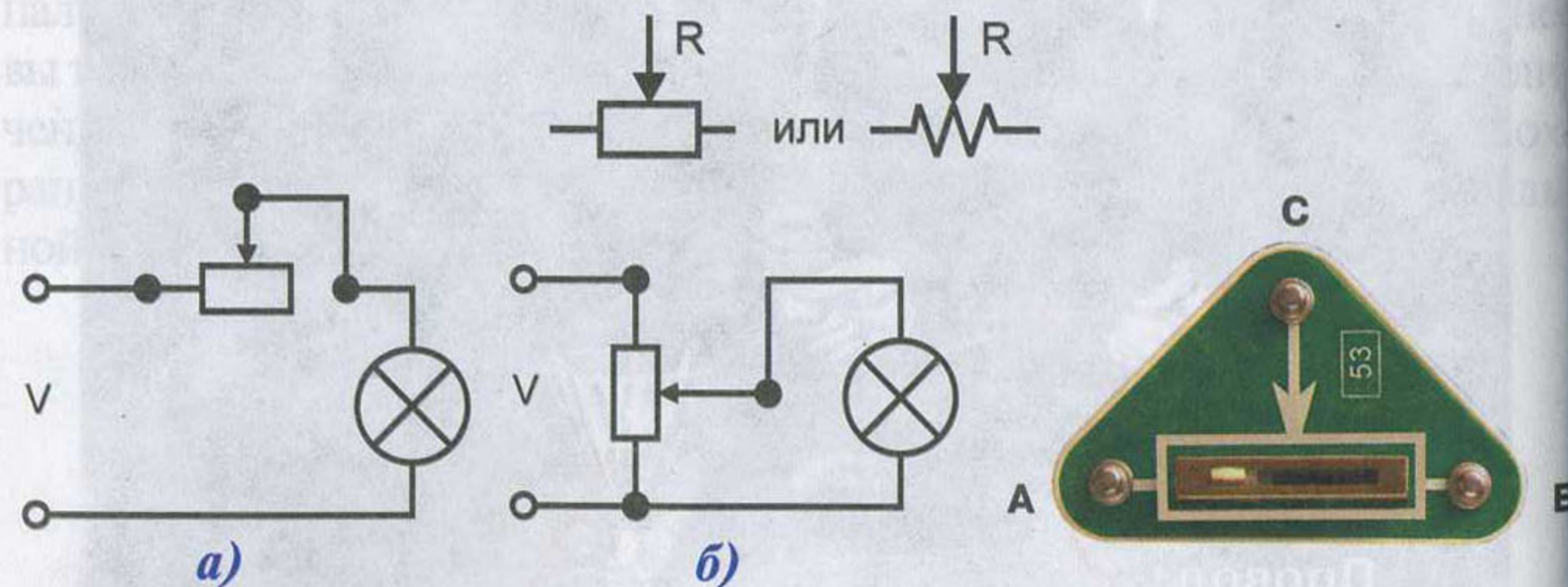


Рис. 5.2. Внешний вид и условные обозначения переменных резисторов, встречающиеся в принципиальных схемах. Схемы реостатного (а) и потенциометрического (б) включения переменного резистора и нагрузки (лампы)

Историческая справка. Реостат был изобретен в 1843 году известнейшим английским изобретателем в области электротехники и средств связи Чарльзом Уитстоном. Кстати, первое его изобретение было концертно — кнопочный пневматический музыкальный инструмент.

Практика

Задание 1. Резистор как ограничитель тока

Мы уже сталкивались с резисторами как ограничителями тока в Практическом занятии №3 (рис. 3.9) и убедились, что чем больше сопротивление, тем меньше ток и яркость свечения светодиода. Теперь убедимся в этом при помощи измерительного прибора — гальванометра*. Соберите схему рис. 5.3. Замкните выключатель и запишите показания гальванометра [56] в делениях (округлять результат до 1/2 деления). Замените резистор [33] резистором [34], который имеет сопротивление в 10 раз больше — 100 кОм. Замкните выключатель и запишите новое показание гальванометра, оно должно быть в 10 раз меньше предыдущего.

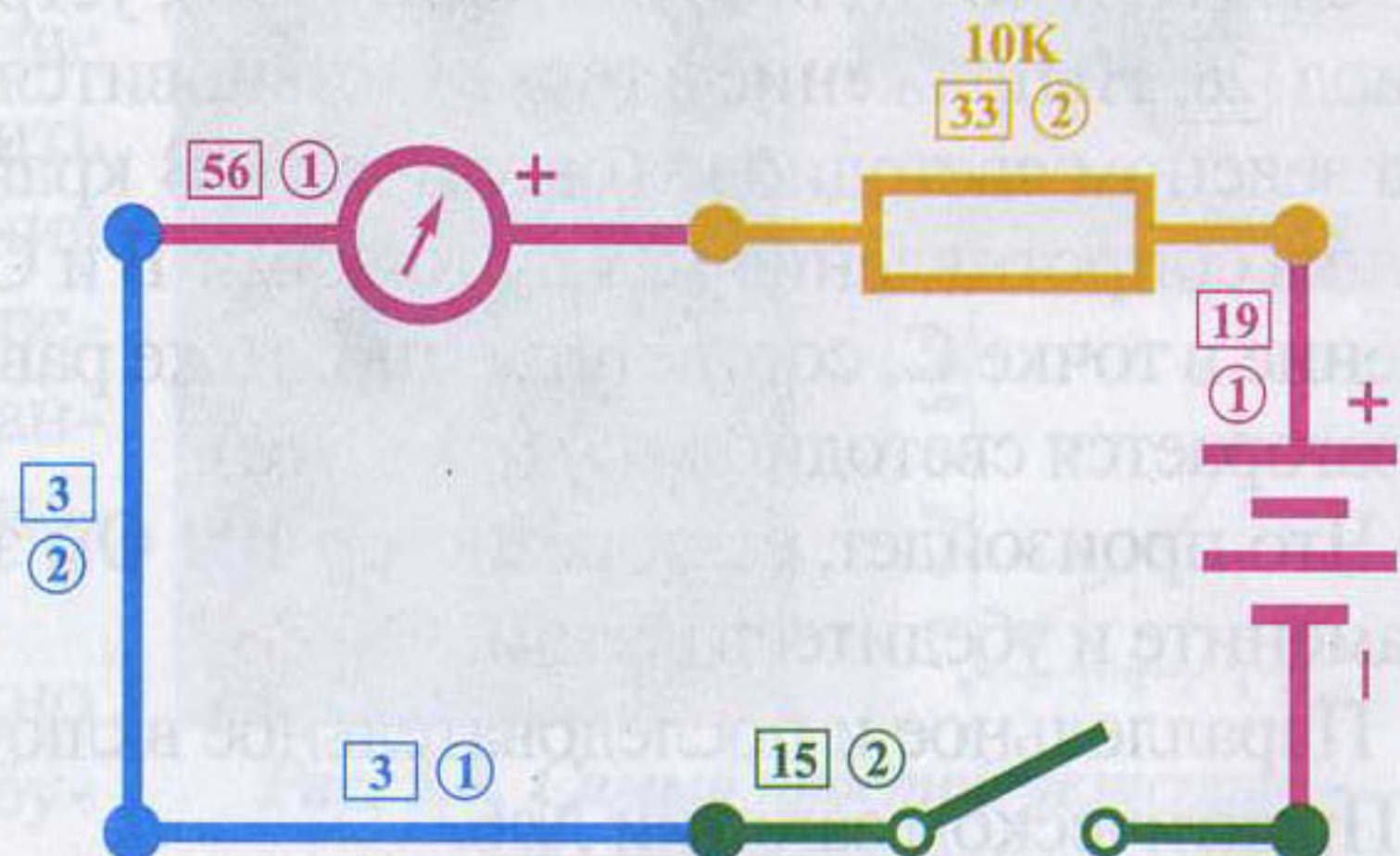


Рис. 5.3. Изменение тока в цепи при помощи резисторов

Изучите схему рис. 5.4. В ней применяется реостатное включение переменного резистора, которое используется для регулировки силы тока в це-

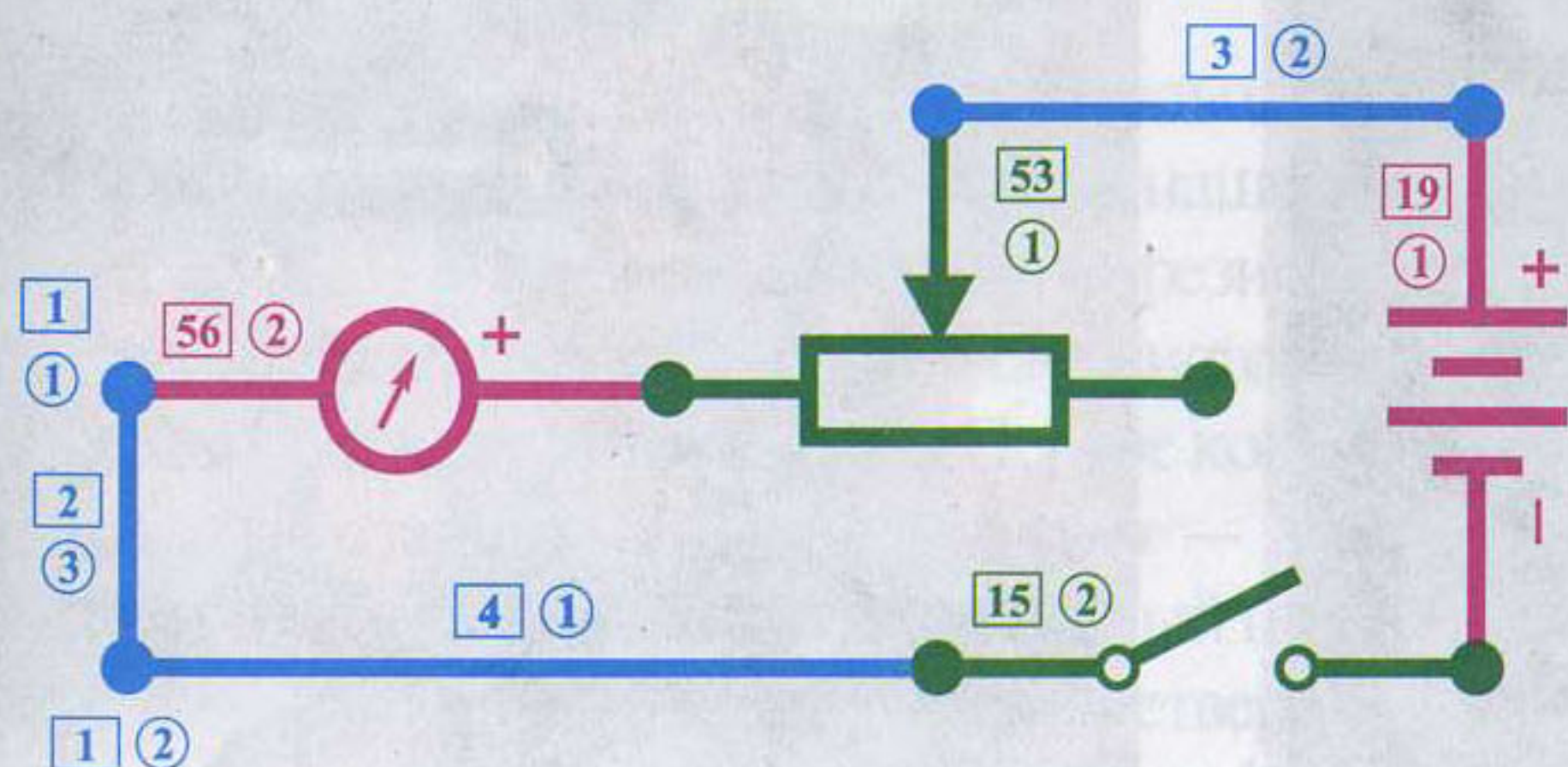


Рис. 5.4. Регулировка силы тока переменным резистором в реостатном включении

* подробнее смотри Практическое занятие №9 «Измерительные приборы»

пи. Чтобы гальванометр [56] случайно не сгорел, рекомендуем провод [3] заменить резистором [33] 10 кОм или не помещать ползунок в крайнее левое положение (стрелка гальванометра не должна уходить за отметку 10 на шкале). Соберите схему рис. 5.4, установите ползунок в среднее положение, замкните выключатель. Изменяя положение ползунка, убедитесь, что стрелка гальванометра реагирует на изменение тока в цепи — чем больше сопротивление, тем меньше ток и меньшее отклонение стрелки гальванометра. Если вместо гальванометра подсоединить электродвигатель, то при помощи реостата можно будет менять скорость его вращения.

Задание 2. Переменный резистор как делитель напряжения

Если переменный резистор в реостатном включении используется для регулировки тока (Задание 1, рис. 5.4), то потенциометрическое включение переменного резистора зачастую используется для регулировки напряжения, т.е. в качестве делителя напряжения. Как работает простой делитель напряжения можно понять, изучив рис. 5.5. Ток I протекающий по цепи равен $I = V_{\text{вх}} / (R_1 + R_2)$. Напряжение $V_{\text{вых}} = I \cdot R_2$, откуда $V_{\text{вых}} = V_{\text{вх}} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$. Эта формула верна при сопротивлении нагрузки много больше R_2 . Иначе надо учитывать ток, ответвляющийся в нагрузку.

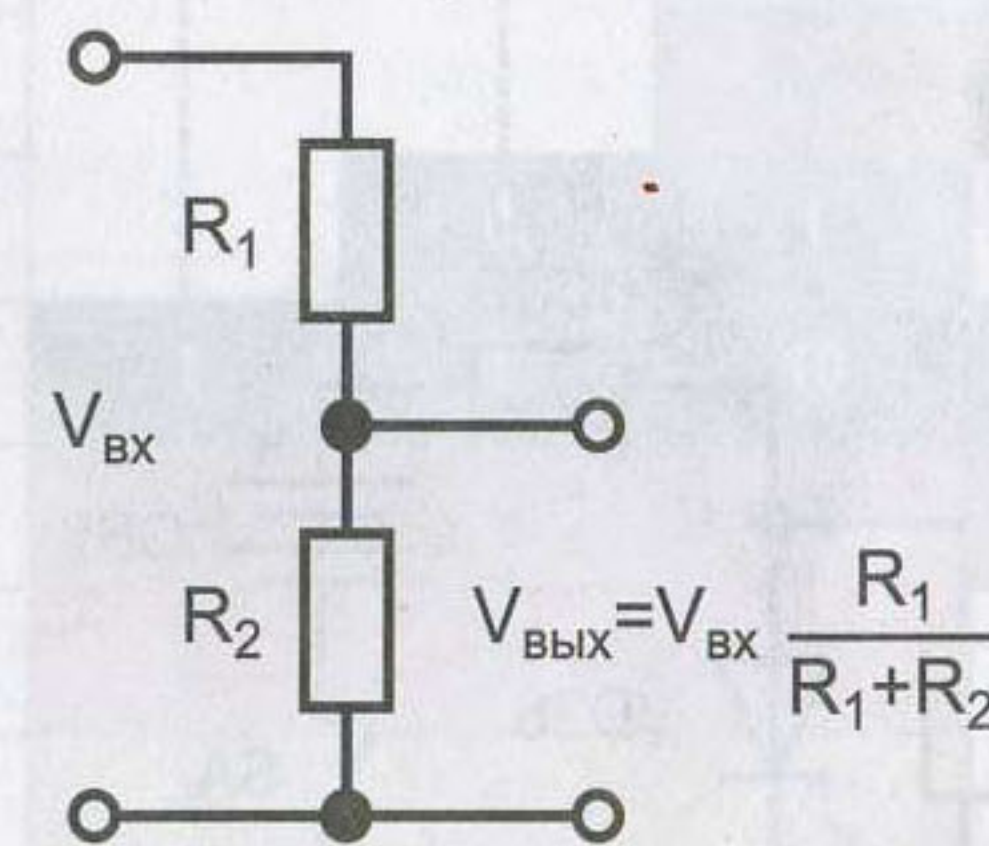


Рис. 5.5. Схема простейшего делителя напряжения

Теперь рассмотрим, как делитель работает в реальной схеме. Соберите схему рис. 5.6. Установите ползунок переменного резистора в среднее положение. Прежде чем включить питание, подумайте, как работает эта схема. Замкните выключатель. Плавно переместите ползунок в верхнее положение, затем в нижнее положение.

В среднем положении ползунка (рис. 5.6а) резистор [53] как бы разделен на две равные части по 25 кОм. В этом положении напряжение, прикладываемое к точкам А и В, делится ровно в два раза, и мы получаем в

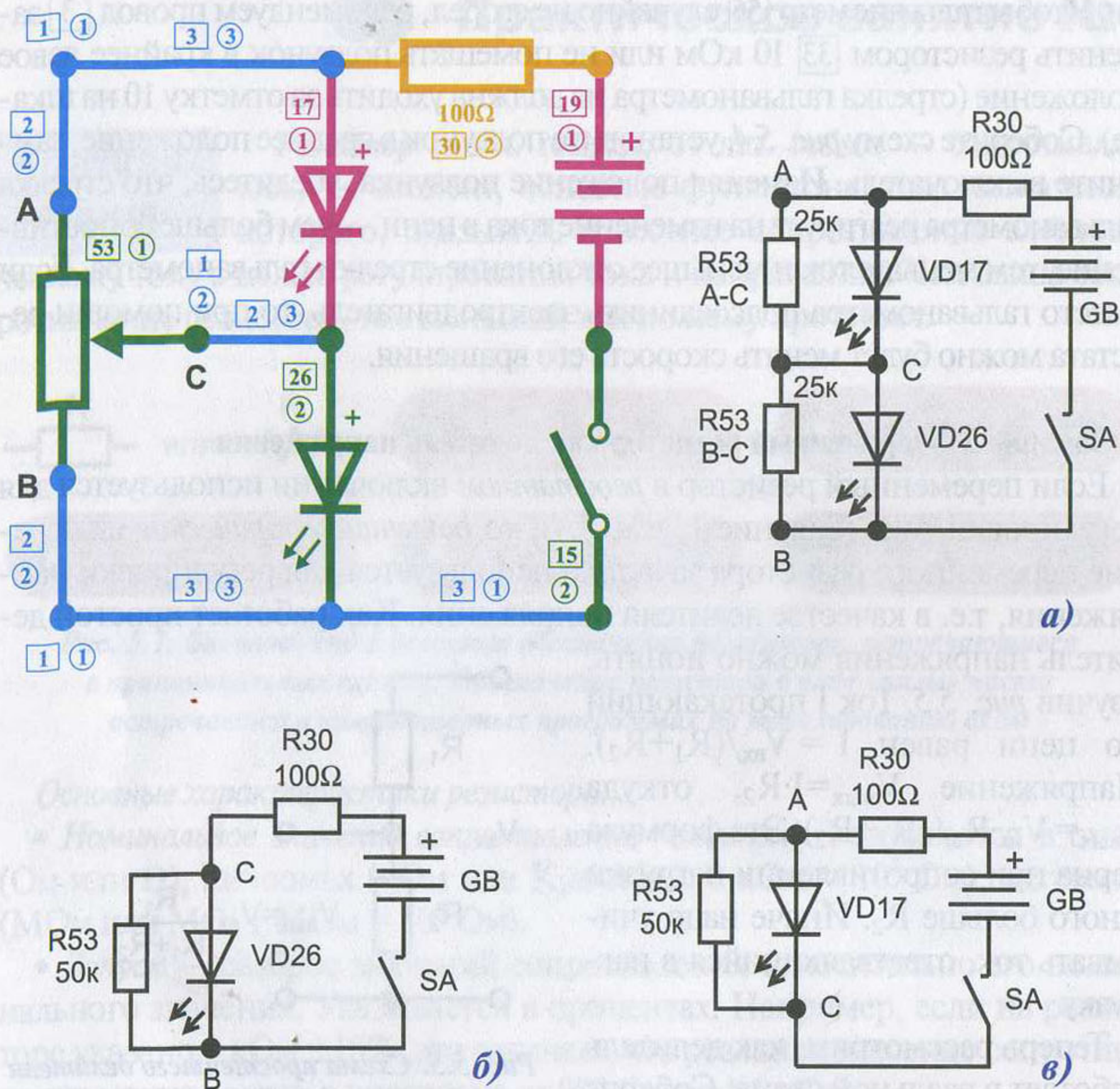


Рис. 5.6. Регулировка яркости светодиодов при потенциометрическом включении переменного резистора. Эквивалентные схемы при среднем положении ползунка (а), при верхнем положении ползунка (б) и при нижнем положении ползунка (в)

точке С напряжение около 1,5 В (при условии использования батареи 3 В и при пренебрежении резистором [30]). Меняя положение ползунка, вы меняете соотношение между сопротивлениями А–С и В–С, тем самым меняя напряжение в точке С и ток, протекающий через светодиоды.

В крайнем верхнем положении ползунка сопротивление между точками А и С равно 0 (рис. 5.6б). Красный светодиод [17] как бы исключается из схемы, и почти весь ток, минуя его, устремляется через зеленый светодиод [26]. Напряжение в точке С становится равным падению напряжения на зеленом светодиоде (около 2 В). В крайнем нижнем положении ползунка сопротивление между точками В и С становится равным 0. Напряжение в точке С, соответственно, тоже равно 0 — светодиод [26] не горит, а загорается светодиод [17] (рис. 5.6в).

Что произойдет, если резистор 100 Ом заменить на резистор 5,1 кОм? Замените и убедитесь в этом.

Параллельное и последовательное включение резисторов рассмотрено в Практическом занятии №6.

Множество других схем с применением резисторов вы можете найти в «Книге 2» из данного конструктора.

Это интересно

Свойство графита проводить электрический ток используется давно, например, в электродвигателях используются графитовые щетки*. Как известно, грифель



Рис. 5.7. Сопротивление гриффеля в простом карандаше больше, чем у металлов, но тоже мало — около 10 Ом (а). Его вполне можно использовать как резистор или проводник (б)

простого карандаша сделан из графита. На рис. 5.7. показано, что грифель современного карандаша имеет малое сопротивление и через него может проходить ток, достаточный для свечения лампочки. Поэтому крайне не рекомендуется ковыряться карандашом в розетке, надеясь на диэлектрические свойства дерева.

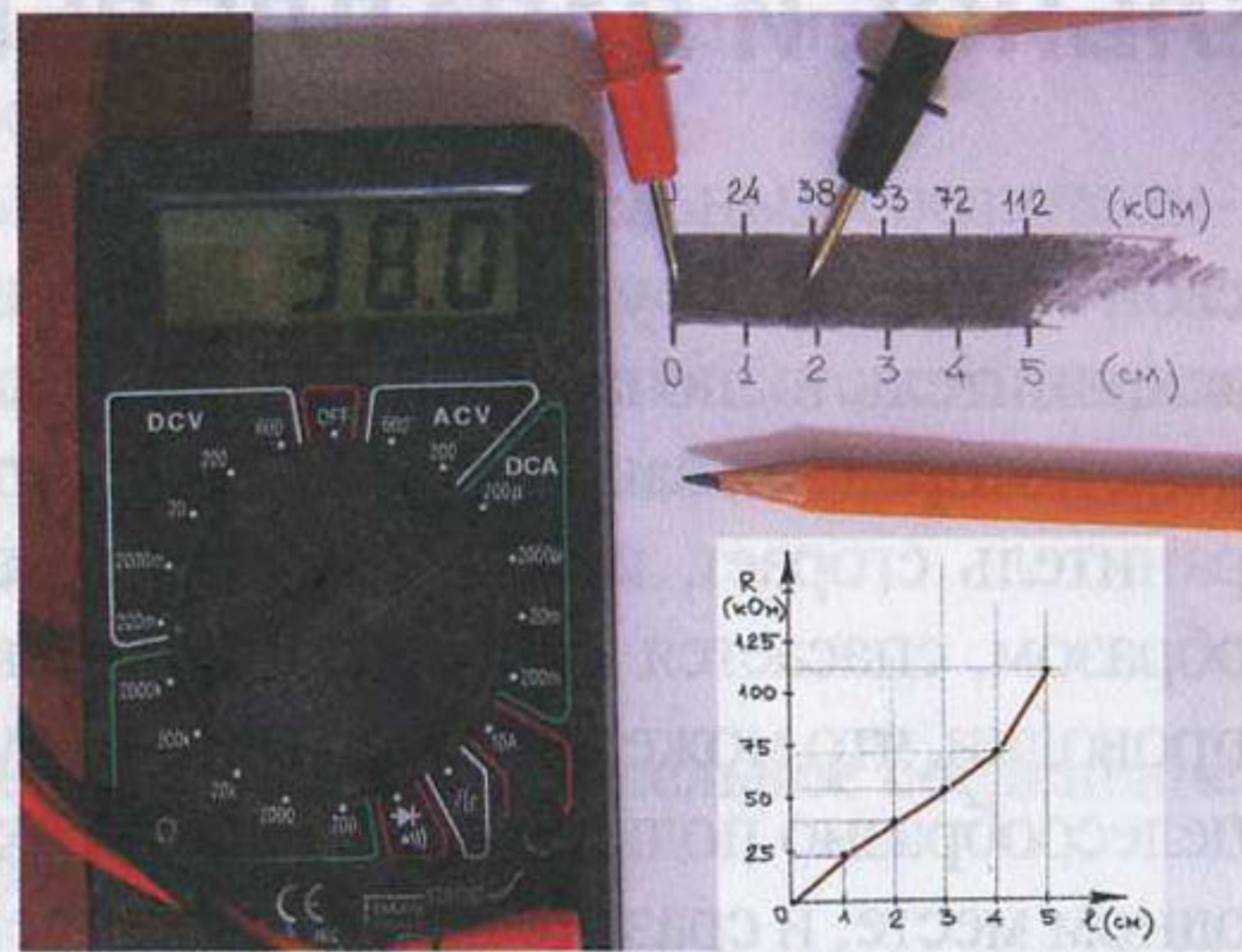


Рис. 5.8. Самый простой резистор — лист бумаги заштрихованный простым карандашом

Простейший резистор можно изготовить самому. Возьмите бумагу и простой карандаш, желательно с мягким грифелем. Нарисуйте прямоугольник и равномерно закрасьте его карандашом — резистор готов. На рис. 5.8. показан такой резистор и небольшой эксперимент с измерением зависимости сопротивления графитового прямоугольника от его длины.

При помощи карандаша можно ремонтировать графитовые реостаты — достаточно натереть износившуюся графитовую полосу, по которой скользит ползунок, простым карандашом. Кстати, реостат [53] из нашего конструктора — графитовый.

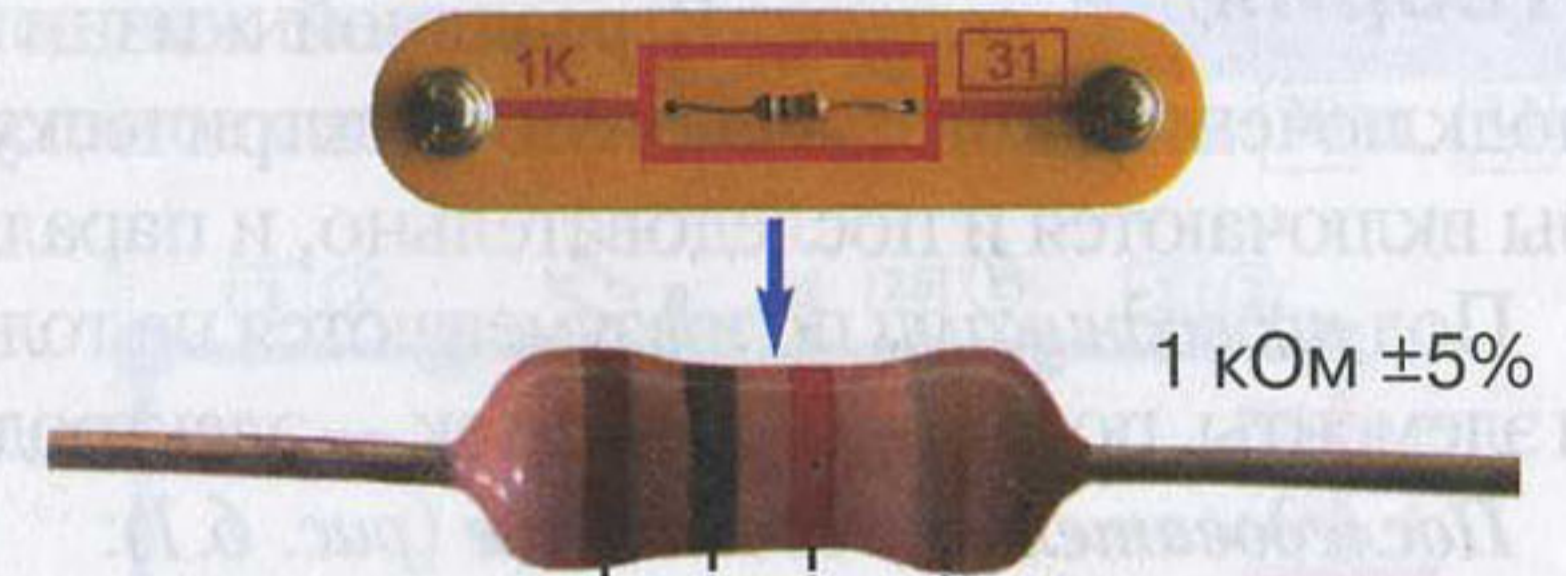
Дополнительная информация

Четыре цветных кольца, которые можно увидеть на резисторах из нашего конструктора несут информацию об этих резисторах. Какую именно, можно понять, внимательно изучив рис. 5.9. На резисторе [31] нанесены коричневое, черное, красное и золотистое кольца. Первое кольцо соответствует первой цифре номинала резистора (коричневый цвет — 1), второе кольцо соответствует второй цифре номинала резистора (черный цвет — 0), третье кольцо указывает на множитель (красный цвет — 100), четвертое кольцо обозначает допуск (золотистый — ±5%). В результате получаем $10 \times 100 = 1000$ Ом или 1 кОм, что соответствует указанному в описании номинальному сопротивле-

нию. С учетом указанного 5% допуска реальное сопротивление данного резистора лежит в диапазоне от 0,95 кОм до 1,05 кОм. Проверьте остальные резисторы из конструктора с помощью таблицы на рис. 5.9 и рассчитайте диапазон их сопротивлений с учетом допуска. Если резистор имеет три кольца, то это означает, что допуск на этот резистор ±20%. Встречаются резисторы, на которые нанесены 5 или 6 колец, которые несут дополнительную информацию. Для того чтобы определить, откуда начинать отсчет, кольца должны быть сдвинуты к одному из выводов резистора или ширина первого кольца должна быть вдвое больше. Но на практике, к сожалению, это выдерживается не всегда.

Закон Ома устанавливает, что сила постоянного электрического тока I в проводнике сопротивлением R прямо пропорциональна напряжению U между двумя фиксированными точками этого проводника: $U = IR$. То есть, 1 Ом — сопротивление такого проводника, по которому протекает ток равный 1 амперу при напряжении на его выводах 1 вольт:

1 Ом = 1 В/1А



Серебряный			0.01	10%
Золотой			0.1	5%
Черный		0	1	
Коричневый	1	1	10	1%
Красный	2	2	10 ²	2%
Оранжевый	3	3	10 ³	
Желтый	4	4	10 ⁴	
Зеленый	5	5	10 ⁵	0.5%
Голубой	6	6	10 ⁶	0.25%
Фиолетовый	7	7	10 ⁷	0.1%
Серый	8	8	10 ⁸	0.05%
Белый	9	9	10 ⁹	

Цвет 1-я цифра 2-я цифра Множитель Допуск

Рис. 5.9. Цветовая маркировка резисторов

* - подробнее смотри Практическое занятие №4 «Электродвигатель и генератор»

Практическое занятие № 6. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

Краткая теория

Существует два основных вида подключения различных приборов и элементов — *последовательное* и *параллельное*. В реальной жизни также встречается *смешанное* подключение, когда в единую электрическую цепь элементы или приборы включаются и последовательно, и параллельно.

Под *проводниками* подразумеваются не только провода, но и все приборы и элементы, по которым течет ток — электродвигатель, лампа, резистор и пр.

Последовательное соединение (рис. 6.1):

- По всей цепи протекает одинаковый ток: $I_{\text{общ}} = I_1 = I_2 = I_3$
- Общее напряжение равно сумме падений напряжений на каждом проводнике: $U_{\text{общ}} = U_1 + U_2 + U_3$
- Напряжение на проводниках прямо пропорционально значениям их сопротивлений: $U_1/U_2 = R_1/R_2$, т.е. чем больше сопротивление, тем больше падение напряжения на нем
- Общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений всех проводников: $R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3$

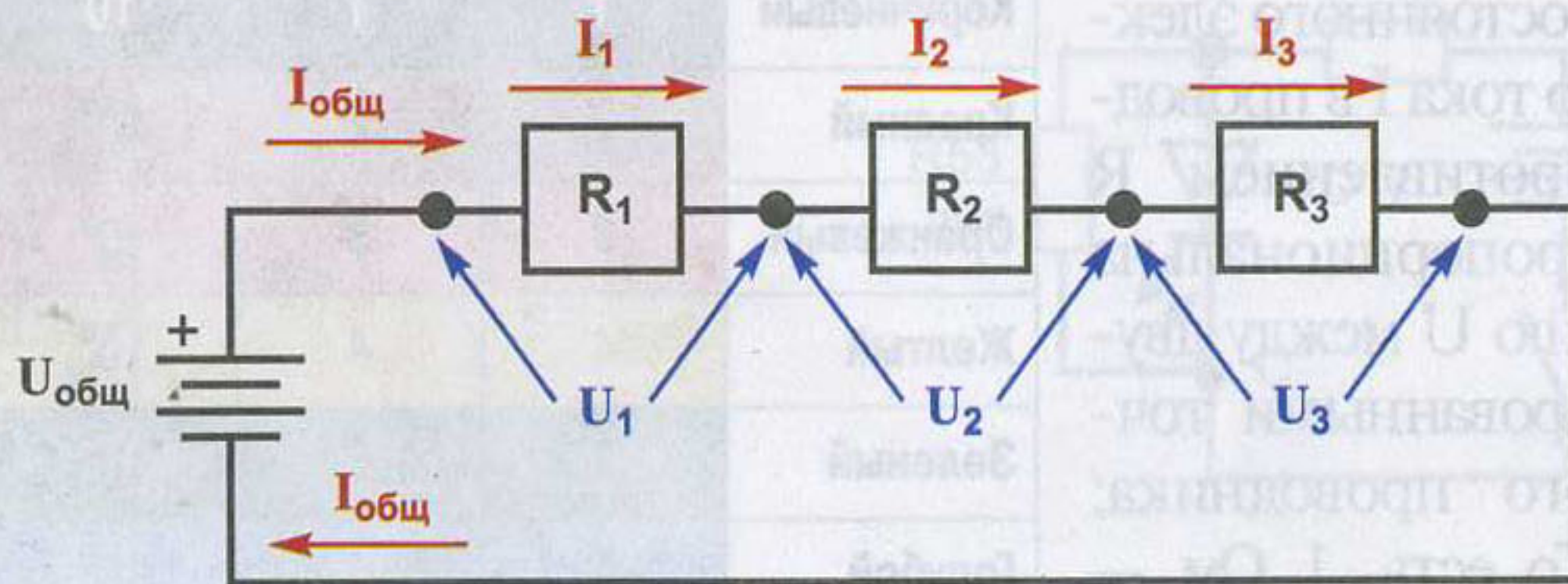


Рис. 6.1. Последовательное соединение проводников

Особенностью такого включения является потеря работоспособности всей цепи при неисправности или выключении одного из проводников. Например, включать в елочную гирлянду лампочки последовательно нецелесообразно. Если перегорит одна лампочка, то потухнет вся гирлянда, и искать перегоревшую лампочку для замены будет утомительно. Но есть и

свои применения у такого включения. Например, предохранитель включается последовательно с тем прибором, который он защищает. При перегрузке сети предохранитель сгорает, и ток в цепи перестает течь. Таким образом, спасается прибор и не допускается возгорание проводки, что может привести к пожару. Таким способом целесообразно подключать системы охраны — разрыв в одном месте, и сразу общий сигнал тревоги.

Параллельное соединение (рис. 6.2):

- Напряжение, прикладываемое к каждому проводнику одинаково: $U_1 = U_2 = U_3 = U_{\text{общ}}$
- Общий ток равен сумме токов потребления каждого проводника: $I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + I_3$
- Ток в проводниках обратно пропорционален их сопротивлениям: $I_1/I_2 = R_2/R_1$. Чем больше сопротивление проводника, тем меньше ток по нему течет
- Общее сопротивление цепи определяется по формуле: $R_{\text{общ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$

Если вернуться к примеру с елочной гирляндой, то в этом случае перегорание одной лампочки никак не отразится на работе других, и искать пере

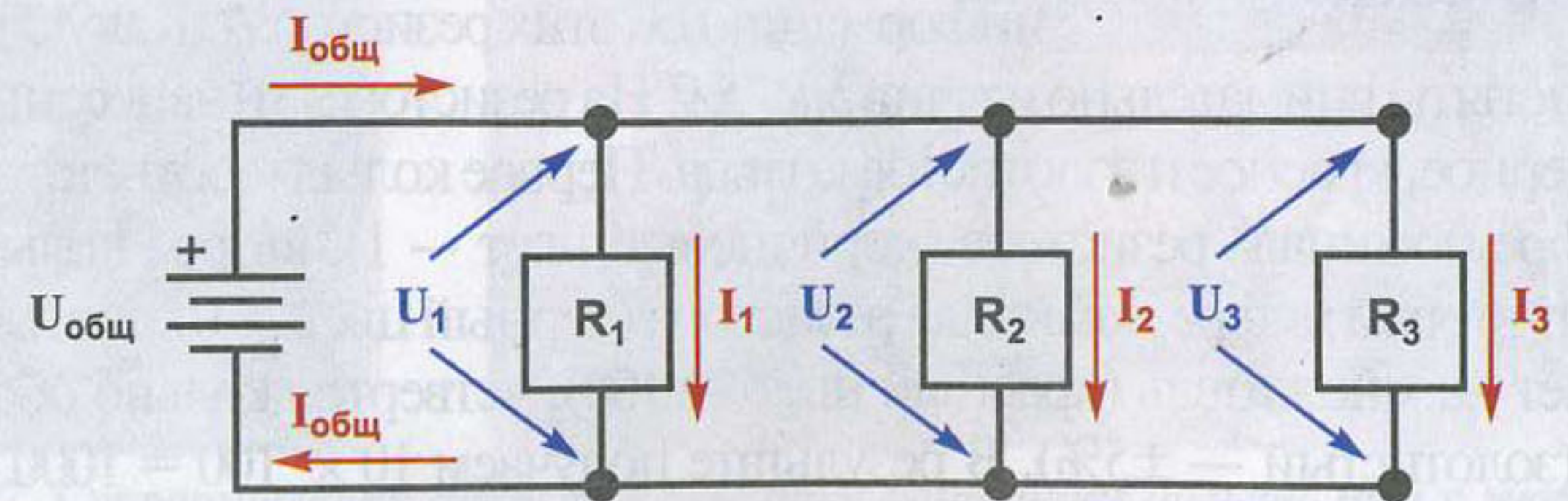


Рис. 6.2. Параллельное соединение проводников



горевшую лампочку не составит большого труда. Но для такого подключения может потребоваться больше проводов.

Мы уже сталкивались с параллельным и последовательным соединением различных элементов в предыдущих занятиях: батарей (Практическое занятие №1), переключателей (Практическое занятие №2), светодиодов (Практическое занятие №3). Нижеприведенные задания являются логическим продолжением этих занятий.

Практика **Задание 1. Последовательное и параллельное соединение резисторов**

При последовательном соединении резисторов (рис. 6.3а) общее сопротивление равно сумме сопротивлений $R_{общ} = R_1 + R_2$, т.е. общее сопротивление больше сопротивления каждого из подключенных резисторов. Убедимся в этом. Соберите схему рис. 6.3б. Когда кнопка разомкнута, ток протекает по двум последовательно включенным резисторам [30] и [31]. Величина тока, протекающего через светодиод, определяется суммарным сопротивлением этих резисторов (1,1 кОм). При замыкании кнопки ток устремляется через нее, минуя резистор [31] (его можно мысленно исключить из схемы). Величина тока теперь определяется только резистором [30] 100 Ом, следовательно, ток возрастает и светодиод начинает светить ярче.

При параллельном соединении резисторов (рис. 6.4а) общее сопротивление вычисляется как $R_{общ} = 1/R_1 + 1/R_2$ или $R_1R_2/(R_1 + R_2)$, т.е. общее

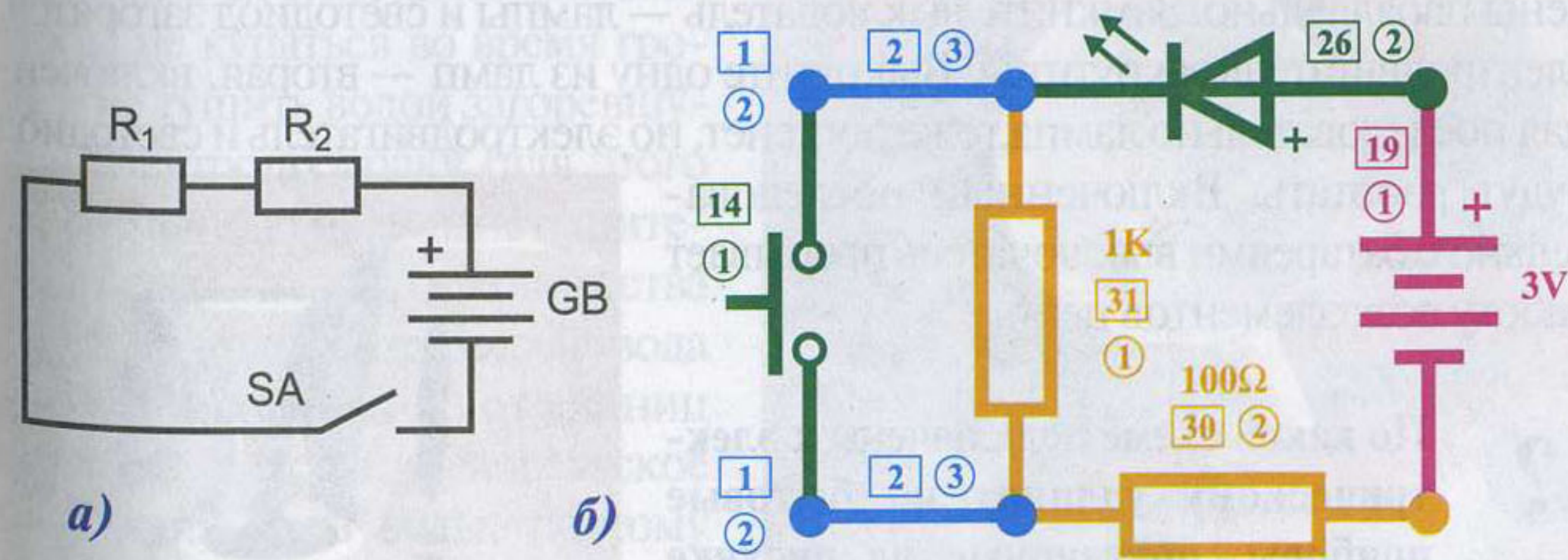


Рис. 6.3. Последовательное соединение резисторов (а) и схема эксперимента (б)

сопротивление меньше сопротивления каждого из подключенных резисторов. Убедимся в этом, собрав схему рис. 6.4б. Рекомендуется резистор [31] подключать к схеме последним. Когда кнопка разомкнута, ток течет по резистору [31] 1 кОм. При нажатии кнопки к нему параллельно подключается резистор [30] 100 Ом. При этом общее сопротивление уменьшается, ток возрастает и светодиод начинает гореть ярче.

Посчитайте чему равно параллельное сопротивление резисторов [30] и [31].

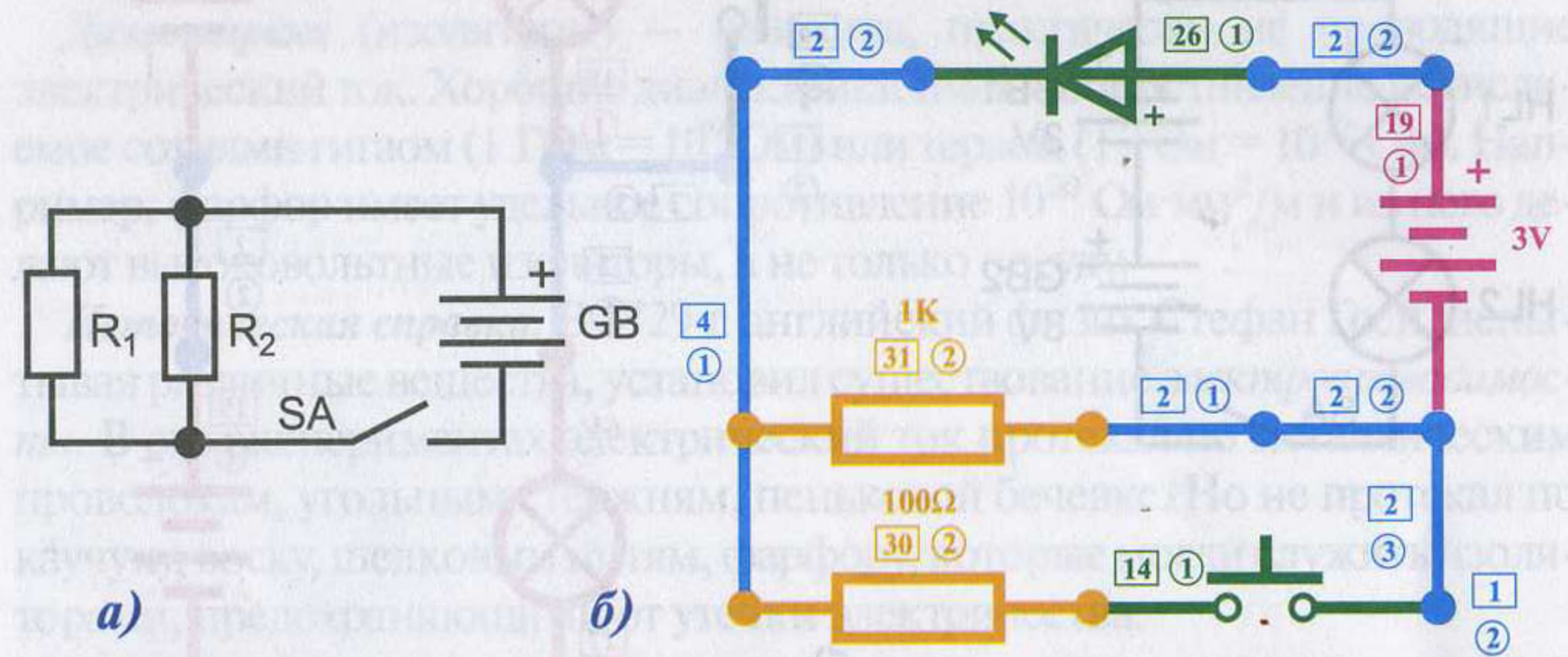


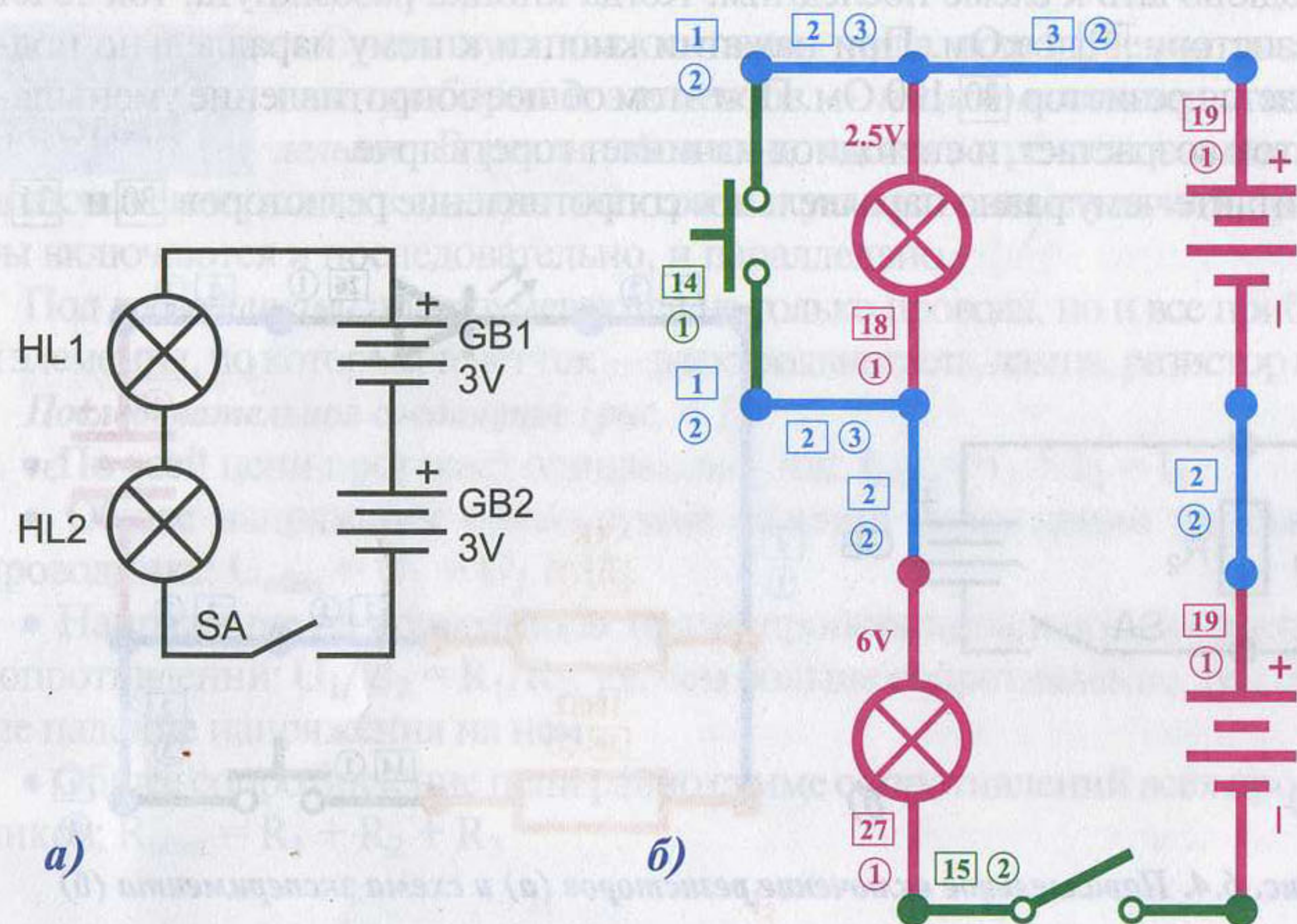
Рис. 6.4. Параллельное включение резисторов (а) и схема эксперимента (б)

Задание 2. Последовательное и параллельное включение ламп

Последовательное включение ламп показано на рис. 6.5. Соберите схему рис. 6.5б. Замкните выключатель [15] — обе лампы загорятся, причем сначала вспыхнет лампа 2.5V, затем загорится лампа 6V, а у лампы 2.5V яркость уменьшится. Выкрутите одну из ламп — погаснет и вторая лампа. Вкрутите лампу обратно и замкните кнопку [14] — при этом лампа [18] 2.5V погаснет, а яркость другой лампы увеличится. Попробуйте объяснить все эти явления. Подсказки: сопротивление у лампы [18] 2.5V меньше, чем у лампы [27] 6V и сопротивление нити накала лампы в холодном состоянии гораздо меньше, чем в горячем, когда она горит.

Параллельное включение ламп показано на рис. 6.6. Соберите схему рис. 6.6б. Замкните выключатель [15] — обе лампы загорятся, причем сначала вспыхнет лампа 2.5V, затем загорится лампа 6V. Выкрутите одну из

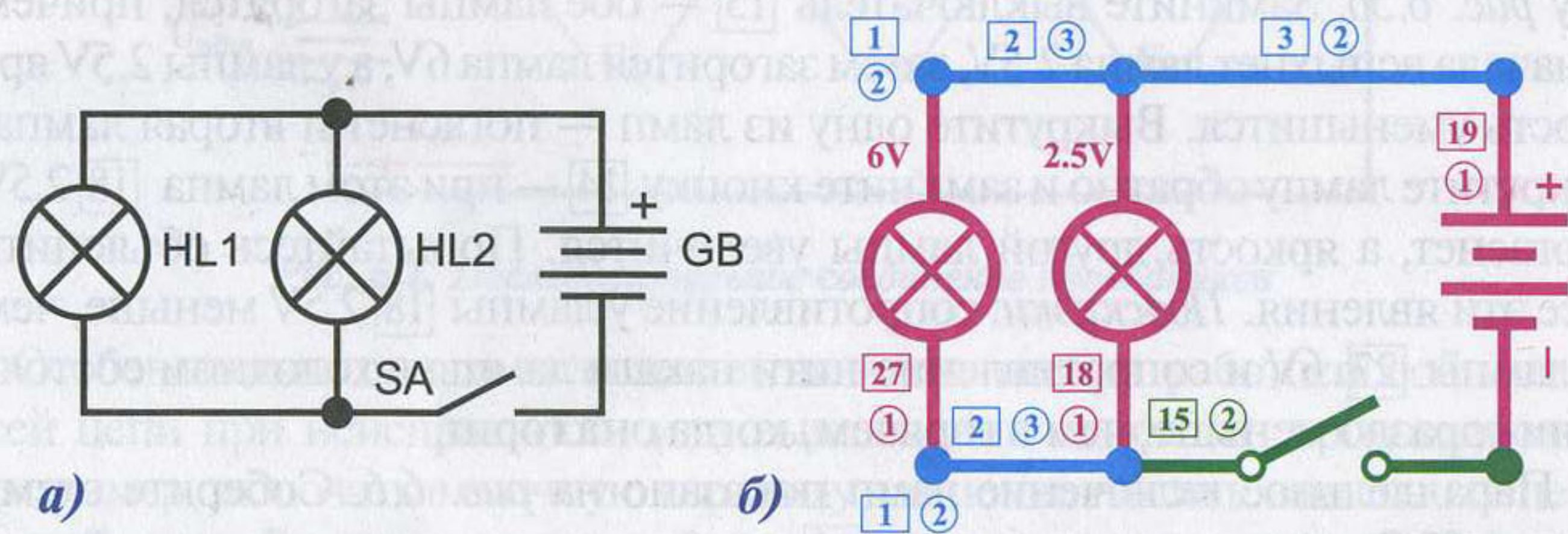
ламп — вторая лампа будет продолжать гореть. Попробуйте объяснить все эти явления.



а)

б)

Рис. 6.5. Последовательное (а) включение ламп и схема эксперимента (б)



а)

б)

Рис. 6.6. Параллельное включение ламп (а) и схема эксперимента (б)

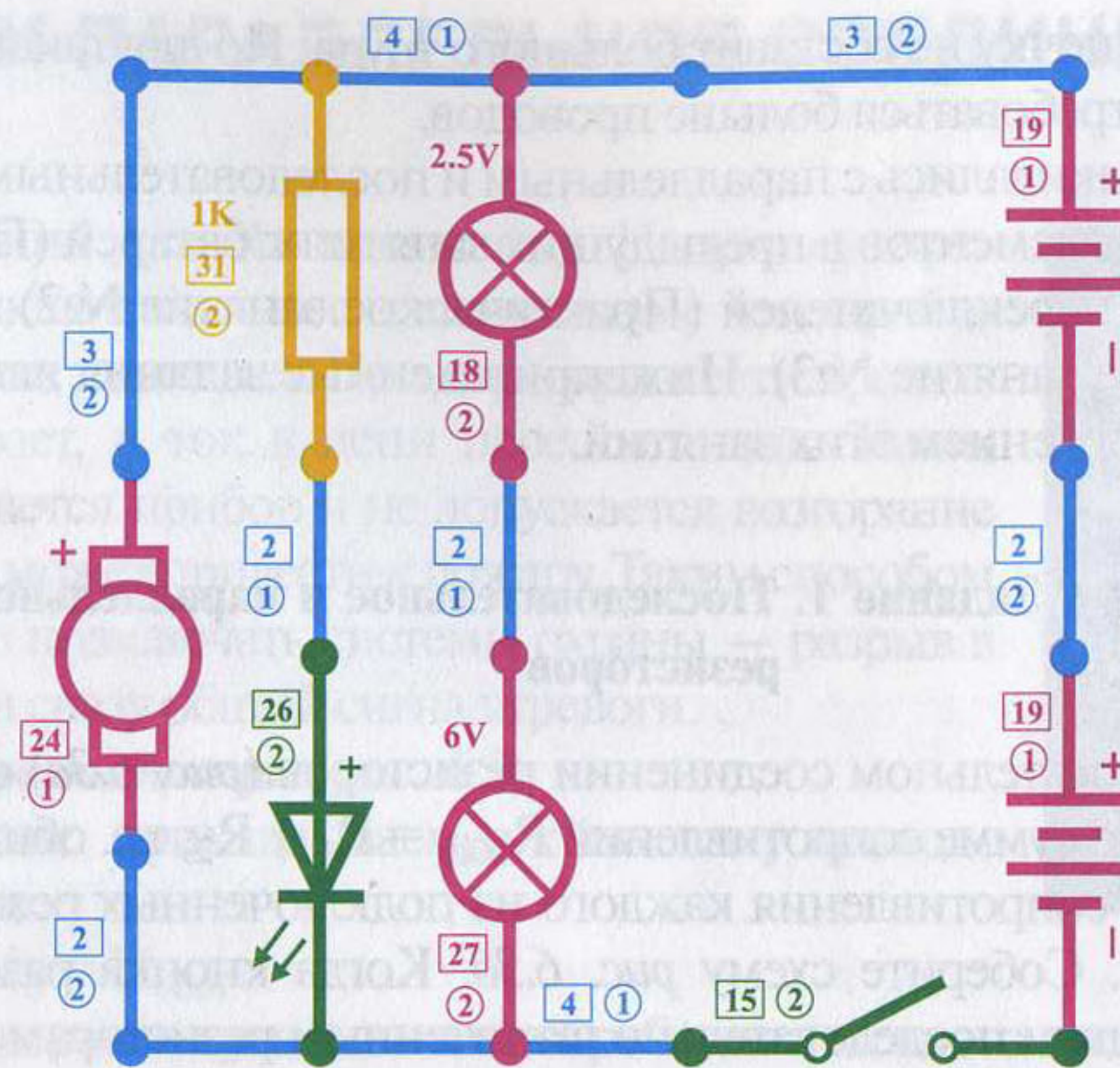


Рис. 6.7. Смешанное включение элементов

Задание 3. Смешанное включение элементов

На рис. 6.7 показано смешанное включение двух батарей, выключателя, двух ламп, электродвигателя, резистора и светодиода. Две лампы включены последовательно, резистор и светодиод тоже включены последовательно. Но между собой лампы, светодиод с резистором и электродвигатель включены параллельно. Замкните выключатель — лампы и светодиод загорятся, электродвигатель закрутится. Выкрутите одну из ламп — вторая, включенная последовательно лампа, тоже погаснет, но электродвигатель и светодиод будут работать. Включенный последовательно с батареями выключатель прерывает работу всех элементов цепи.



По какой схеме подключены к электрическому удлинителю бытовые приборы, показанные на рисунке справа?



Практическое занятие № 7. ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ

Краткая теория

Проводники — вещества, хорошо проводящие электрический ток, т.е. обладающие очень низким удельным сопротивлением. Хорошими проводниками считаются металлы и

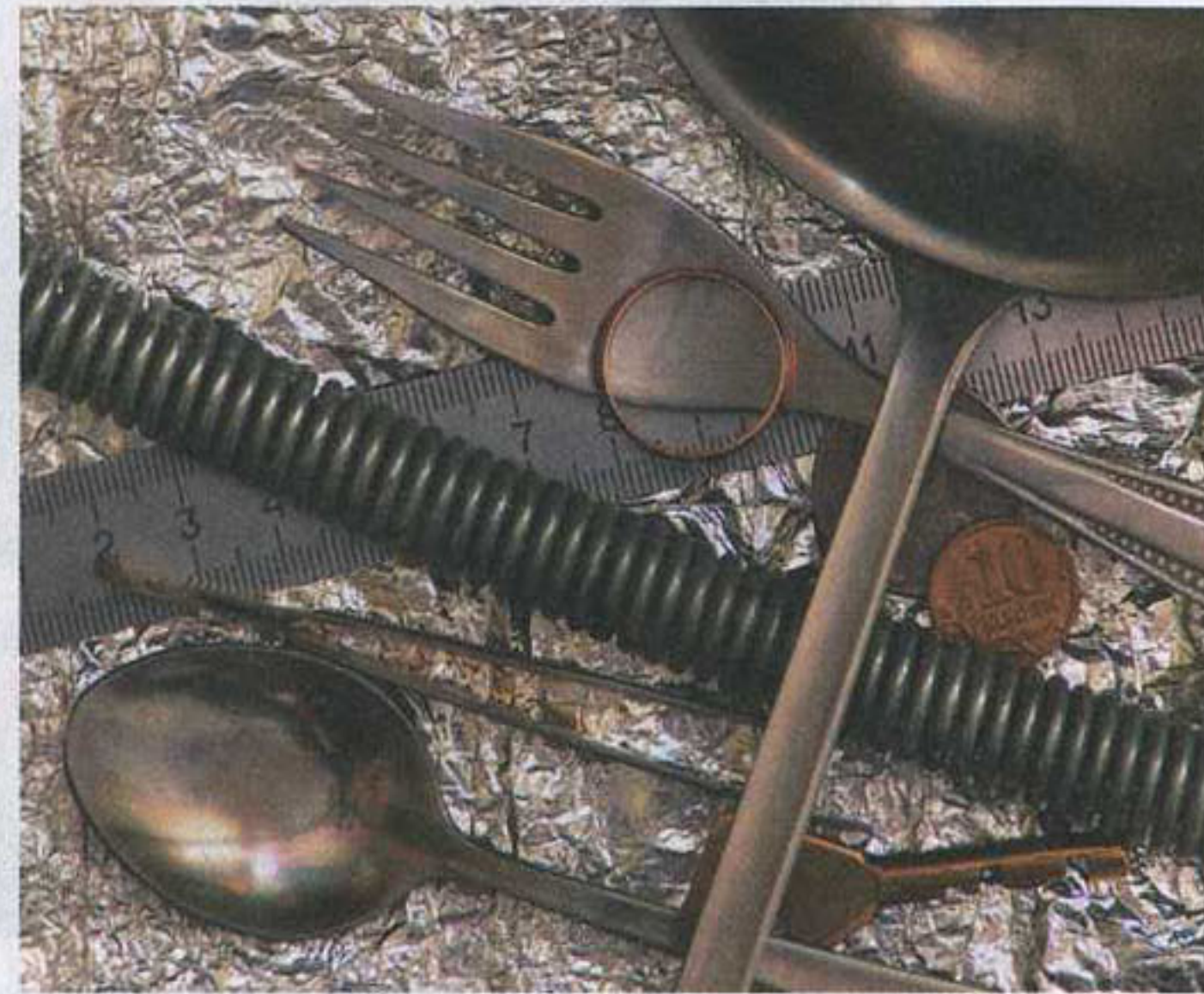


Рис. 7.1. Проводники



Рис. 7.2. Диэлектрики

их сплавы. Но не все металлы имеют низкое сопротивление. Например, медь имеет удельное сопротивление $0,017 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$, и из нее делают сетевые провода, а вот нихром (сплав двух металлов, никеля и хрома) имеет уже $1,1 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ и, следовательно, в 65 раз хуже проводит электрический ток. Из нихромовой проволоки делают спирали в нагревательных приборах, т.к. при пропускании тока она раскаляется докрасна.

Вода не очень хороший проводник, но проводит электрический ток в достаточной степени, чтобы не купаться во время грозы и не тушить водой загоревшуюся электропроводку (для этого есть специальные огнетушители). В зависимости от количества солей и других примесей вода имеет сопротивление от единиц до сотен килоом. Человеческое тело состоит из воды, поэтому тоже пропускает ток, который может привести к смертельному

исходу. Для увеличения сопротивления человека при работе с высоким напряжением рекомендуется использовать специальные перчатки и обувь. В нашем конструкторе нет высоких напряжений и поэтому можно спокойно работать без перчаток.

Диэлектрики (изоляторы) — вещества, практически не проводящие электрический ток. Хорошие диэлектрики имеют сопротивление исчисляемое сотнями гигаом ($1 \text{ ГОм} = 10^9 \text{ Ом}$) или тераом ($1 \text{ ТОм} = 10^{12} \text{ Ом}$). Например, фарфор имеет удельное сопротивление $10^{20} \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ и из него делают высоковольтные изоляторы, а не только посуду.

Историческая справка. В 1729 г. английский физик Стефан Грей, испытывая различные вещества, установил существование *электропроводности*. В его экспериментах электрический ток протекал по металлическим проволокам, угольным стержням, пеньковой бечевке. Но не протекал по каучуку, воску, шелковым нитям, фарфору, которые могли служить изоляторами, предохраняющими от утечки электричества.

Практика

Задание 1. Тестеры электропроводности

В данном задании необходимо проверить какие вещи и материалы вокруг вас хорошо, плохо или совсем не проводят электрический ток. На рис. 7.3а изображена схема тестера электропроводности с плохой чувствительностью, т.к. для того чтобы лампочка зажглась необходим ток около 300 мА. На рис. 7.3б изображена схема тестера электропроводности со средней чувствительностью, т.к. для зажигания светодиода достаточно около 3 мА. Самую высокую чувствительность имеет схема рис. 7.3в, т.к. вся шкала гальванометра* соответствует 0,3 мА или 300 мкА. Т.е. можно уверенно разглядеть отклонение стрелки на одно деление, что будет соответствовать протекающему току 0,03 мА или 30 мкА.



А магнит из конструктора проводит ток?

* подробнее в Практическом занятии №9 «Измерительные приборы»

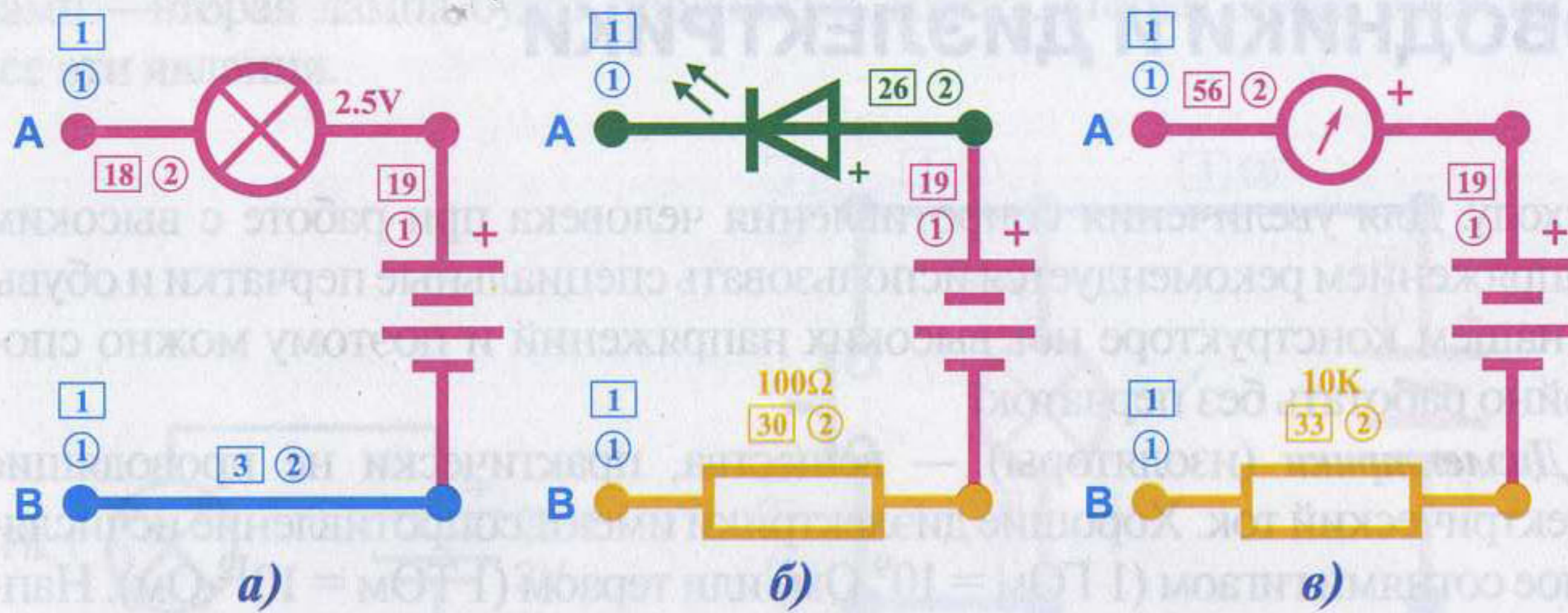


Рис. 7.3. Тестеры электропроводимости: с плохой (а), средней (б) и высокой (в) чувствительностью

Соберите одну из представленных на рис. 7.3 схем. Подсоединяя к зажимам А и В различные предметы, оцените их электропроводимость. Можно, как в Практическом занятии №5, изготовить самодельный резистор (закрасить кусочек бумаги простым карандашом, см. рис. 7.4) и подсоединить его к зажимам А и В схемы с гальванометром. Сам грифель карандаша (графит) проводит электрический ток достаточный для свечения светодиода от одной батареи (рис. 7.5). Некоторые предметы могут, в зависимости от влажности, менять свою электропроводимость. Например, сухой носовой платок или деревянная палочка не проводят электрический ток, но если их намочить, то они становятся проводниками тока.

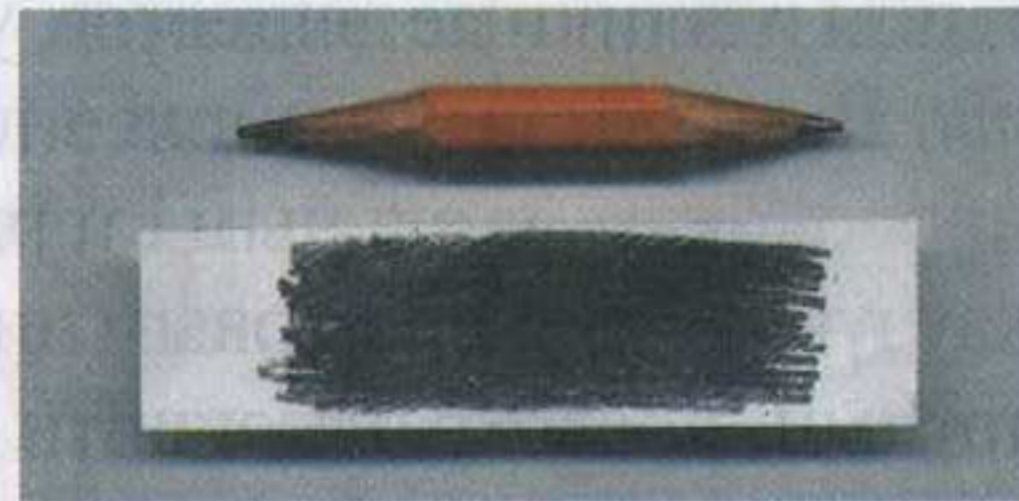


Рис. 7.4. Простейший резистор

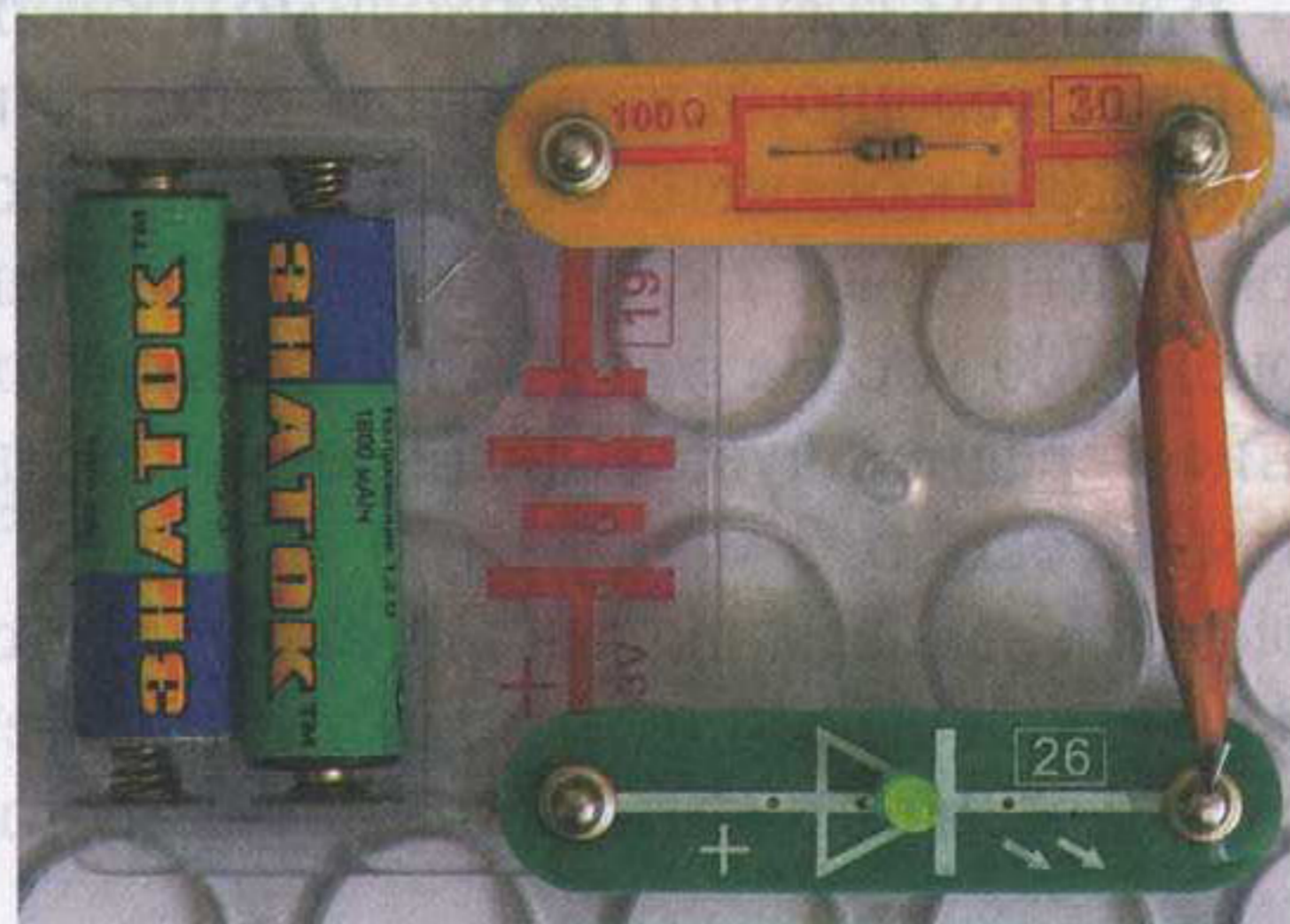


Рис. 7.5. Грифель карандаша хорошо проводит электрический ток



Какие предметы, изображенные на рис. 7.6, на ваш взгляд, хорошо проводят электрический ток, а какие плохо?



Рис. 7.6. Предметы с различной электропроводимостью

Это интересно

В 1844 году изобретатель Чарльз Гудийр (Charles Goodyear) случайно нагрел смесь каучука и серы на кухонной плите. Новая технология получила название *вулканизации* и позволила изготавливать резину, которая не размягчается в жару и не становится хрупкой на морозе. Открытие процесса вулканизации резины стало толчком для развития электропромышленности — резина сразу стала использоваться для изоляции проводов. Изобретение Гудийра также сделало возможным появление шин современного автомобиля.

Шина современного автомобиля является прекрасным диэлектриком, способным защитить пассажиров от удара молнии — нет электрического контакта с землей.



Рис. 7.7. Шина автомобиля — диэлектрик

● Практическое занятие № 8. КАТУШКА ИНДУКТИВНОСТИ

Краткая теория

Катушка индуктивности представляет собой тонкий изолированный провод, плотно намотанный на каркас. Для увеличения индуктивности внутрь каркаса помещают железный сердечник (рис. 8.1). При протекании через катушку электрического тока она превращается в **электромагнит** — вокруг нее образуется направленное магнитное поле — с северным (N) и южным (S) полюсами, как у постоянного магнита. При смене направления тока полюса меняются местами. Эти свойства катушки имеют массу применений. Например, в электродвигателях и генераторах (Практическое занятие №4), в электроизмерительных приборах (Практическое занятие №9), в микрофонах и динамиках (Практические занятия №10 и №11) и т.д.



Рис. 8.1. Внешний вид, устройство и условное обозначение катушки индуктивности с сердечником

Практика

К выполнению этого практикума необходимо подготовиться заранее. Помимо деталей из конструктора нам понадобятся туристический компас и булавка. Вместо булавки подойдет небольшой кусок выпрямленной металлической скрепки.

Задание 1. Получение электричества при помощи катушки индуктивности и постоянного магнита

Соберите схему на рис. 8.2. Положите круглый магнит на катушку. Стрелка гальванометра не отклонилась. Возьмите магнит и начните водить им вдоль катушки. Стрелка гальванометра начнет отклоняться (дергаться) —

это означает, что в цепи протекает импульсный ток, возникший в результате пересечения проводником силовых линий поля магнита. Это явление носит название **электромагнитной индукции**, а ток, наведенный (индуцированный) таким образом — **индукционным** (наведенным). По такому принципу работают динамо-машины, стоящие на велосипедах и питающие велосипедную фару.



В них вращение колеса передается на магнит, который вращается рядом с катушкой индуктивности. Наводимый магнитом ток в катушке и питает лампочку.

То, что сейчас кажется очевидным, потребовало 10 лет упорного труда великого Майкла Фарадея, которому 17 октября 1831 г. удалось доказать связь между магнитом и проводником.

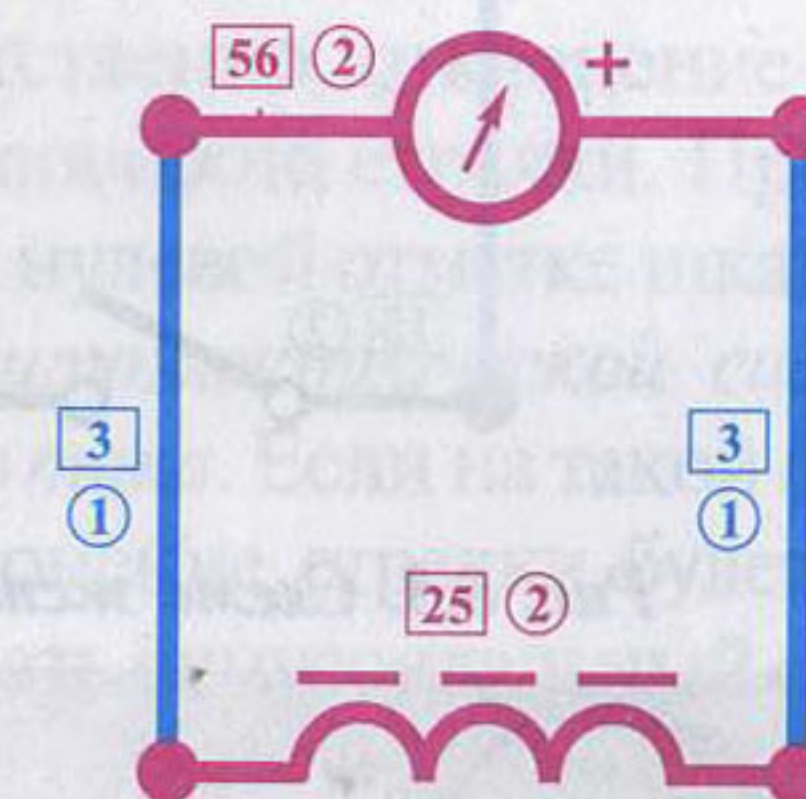


Рис. 8.2. Влияние перемещающегося магнита на проводник. Получение электрического тока

Задание 2. Электромагнит

Соберите схему рис. 8.3. Подобный опыт дал всемирную славу датскому профессору Эрстеду (см. также Практическое занятие №4) — он открыл влияние проводника с током на магнитную стрелку. Поместите компас рядом с катушкой индуктивности точно по центру. Поверните монтажную плату так, чтобы стрелка компаса была перпендикулярна катушке (рис. 8.4a). Замкните выключатель [15] — лампа загорится, а стрелка отклонится (рис. 8.4б). Зафиксируйте новое положение стрелки. Выключите питание. Аккуратно (стрелка должна оставаться перпендикулярно катушке) сместите компас влево. Снова замкните выключатель и зафиксируйте новое положение стрелки. Проведите аналогичную операцию, перемес-

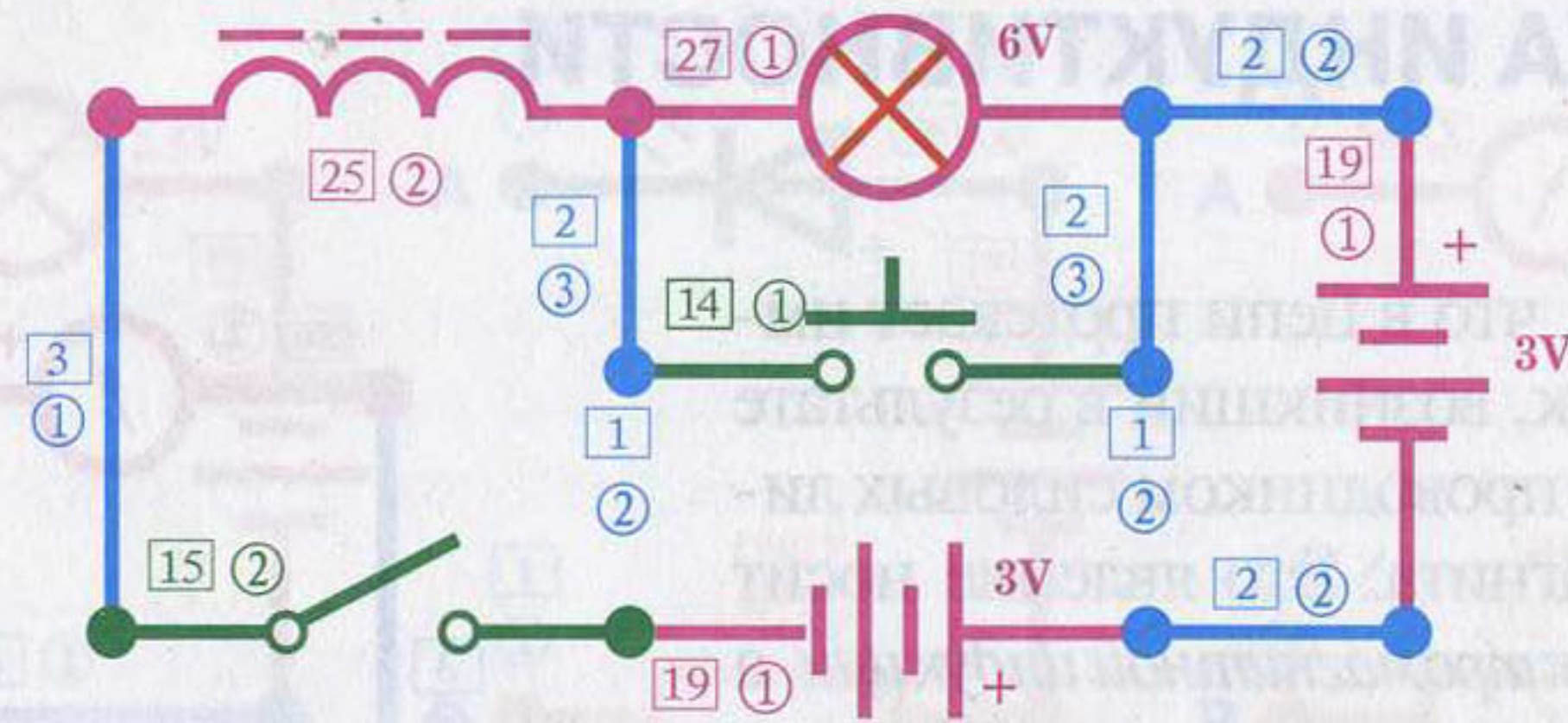


Рис. 8.3. Схема экспериментов с катушкой индуктивности



Рис. 8.4. Влияние проводника с током на магнитную стрелку и булавку

тив компас вправо. Попробуйте объяснить получившиеся результаты. Перемещая компас вокруг магнита, можно получить картину магнитного поля катушки.

Положите булавку поперек катушки индуктивности. Замкните выключатель — булавка повернется вдоль катушки. Наклоните монтажную плату — булавка соскользнет на стол. Это означает, что булавка «чувствует» магнитное поле катушки — она встала вдоль линий магнитного поля, но этого поля не достаточно для удержания булавки. Снова положите булавку на катушку. Теперь замкните не только выключатель [15], но и кнопку [14], при этом ток в цепи возрастет в несколько раз. Не отпуская кнопки, наклоните монтажную плату — булавка «примагнитилась» и не соскальзывает. **Внимание!** Так как при замыкании кнопки в цепи резко возрастает сила тока, для сохранения работоспособности батареек не рекомендуется удерживать кнопку в нажатом состоянии дольше 5—10 секунд.

На силу магнитного поля электромагнита влияют: сила тока в обмотке электромагнита, форма и материал сердечника, число витков в обмотке и плотность их намотки — чем их больше и они плотнее навиты, тем магнит «сильнее».

Это интересно

Принцип получения электричества, открытый Фарадеем и опробованный нами в Задании 1, прекрасно работает и сейчас. Например, автономный светодиодный фонарь, не нуждающийся в батарейках (рис. 8.5). Достаточно потрясти его около минуты и перемещающийся внутри корпуса вдоль катушки индуктивности постоянный магнит наведет в катушке ток, достаточный для зарядки встроенного конденсатора. Этого заряда хватит для достаточно продолжительной работы светодиодов.



Рис. 8.5. Фонарь, работающий по принципу генератора Фарадея

Первые электромагниты представляли собой железный стержень, обмотанный не пропускающим ток шелком, поверх которого не очень плотно, для избежания замыкания витков, навивали проволоку. Электромагниты получались не очень сильными. В 1827 г. американец Д. Генри предложил изолировать не сердечник, а проволоку, навиваемую на него, что позволило наматывать витки более плотно и в несколько слоев. В результате был создан магнит, удерживавший груз весом 936 кг. Современные электромагниты удерживают десятки тонн груза.

Практическое занятие № 9. ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Краткая теория

Гальванометр — высокочувствительный электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения малых сил тока, напряжений и количества электричества (рис. 9.1). В зависимости от подключаемых внешних элементов может выполнять функции *амперметра*, *вольтметра*, *омметра*, *спидометра*, *тахометра* и пр.



Рис. 9.1. Внешний вид гальванометра и условные обозначения гальванометра (а), амперметра (б) и вольтметра (в)

Положение стрелки на условном обозначении гальванометра указывает, в какую сторону будет отклоняться реальная стрелка прибора при подаче входного сигнала. Если стрелка расположена вертикально, то реальная стрелка прибора может отклоняться в обе стороны.

Устройство и принцип действия гальванометра показаны на рис. 9.2. Между полюсами дугообразного магнита находится многовитковая рамка, удерживаемая в нулевом положении пружиной. Рамка крепится к полуосям и может свободно вращаться вокруг неподвижного сердечника. К полуоси прикреплена стрелка, движущаяся вдоль шкалы. Измеряемый ток подходит к рамке по проводам. Протекая по рамке, ток создает вокруг нее направленное магнитное поле. Это поле, взаимодействуя с полем

магнита, вызывает поворот рамки и, соответственно, отклонение стрелки. Чем больше сила тока, тем больше угол поворота стрелки. При выключении тока пружина возвращает стрелку к нулевой отметке шкалы. По такому принципу работают приборы *магнитоэлектрической системы*, предназначенные для измерения *постоянного тока*. Если на такой гальванометр подать переменный сигнал, то отклонение стрелки будет соответствовать среднему значению, т.е. если подать синусоидальный сигнал, то гальванометр покажет «0».



Рис. 9.2. Устройство и принцип действия гальванометра

? Что общего между гальванометром и электродвигателем из Практического занятия №4?

Амперметр — прибор для измерения силы тока. Представляет собой гальванометр с дополнительным калиброванным резистором, включенным *параллельно* с рамкой гальванометра (рис. 9.3а). Такие калиброванные резисторы называются *шунтами*. От сопротивления шунта зависит диапазон измерения амперметра — чем меньше сопротивление шунта,

тем больше диапазон измерения. Сопротивление шунта подбирается по формуле: $R_{ш} = R_{Г} / (n - 1)$, где $R_{Г}$ — сопротивление рамки гальванометра (900 Ом), n — множитель расширения диапазона, т.е. во сколько раз мы хотим увеличить диапазон. В электрическую цепь амперметр включается *последовательно* с элементом, в котором он измеряет силу тока (рис. 9.3б) и поэтому в идеальном случае должен иметь *нулевое сопротивление*. Шкала градуируется в мкА, mA или А.

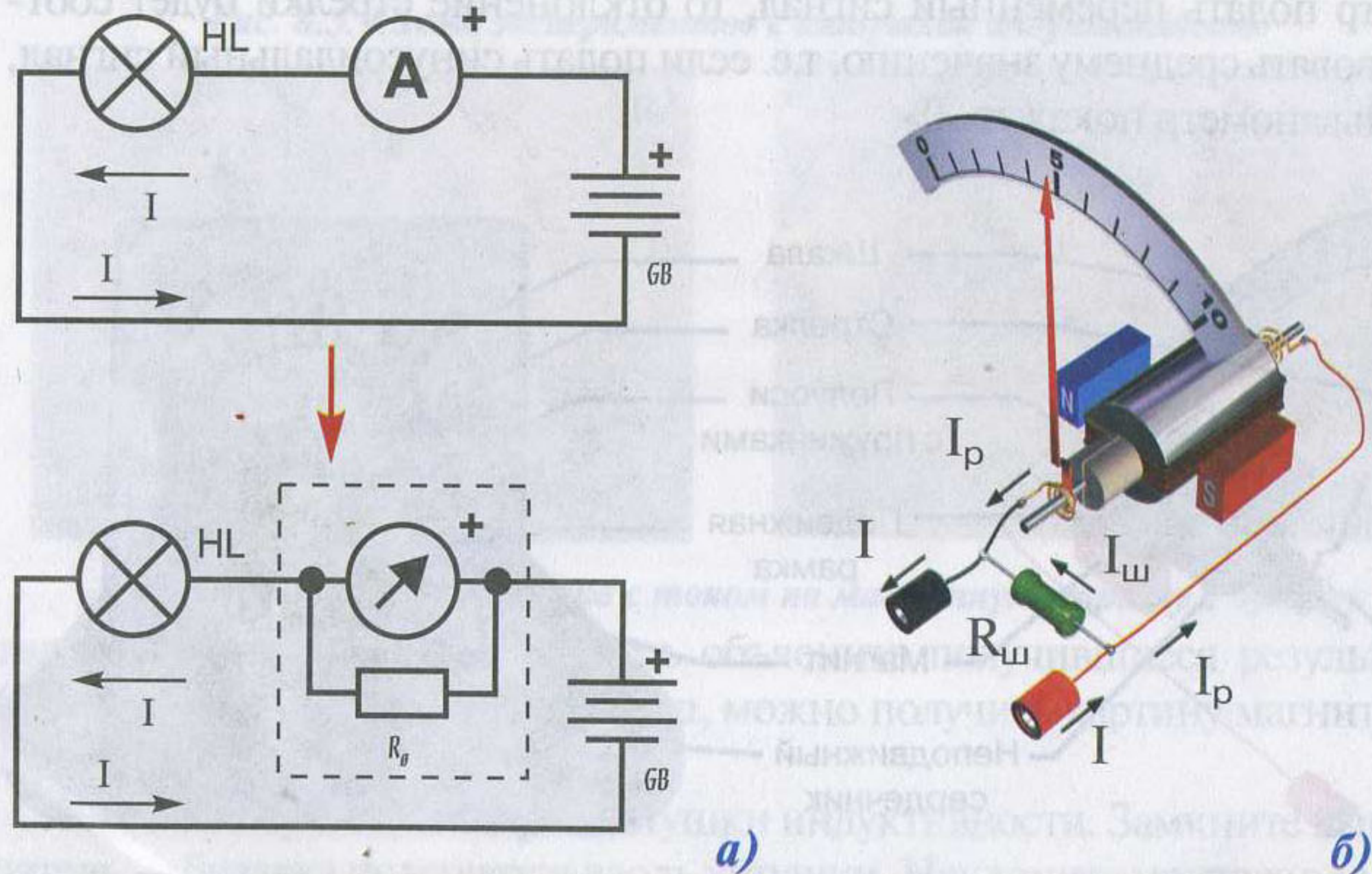


Рис. 9.3. Устройство и принцип действия амперметра (а), схема включения в электрическую цепь (б)

Вольтметр — прибор для измерения эдс или напряжения. Представляет собой гальванометр с *добавочным резистором*, включенным *последовательно* с рамкой гальванометра (рис. 9.4а). В электрическую цепь включается *параллельно* с элементом, на котором он измеряет падение напряжения, или источником питания (рис. 9.4б), и поэтому в идеальном случае должен иметь *бесконечно большое сопротивление*. Шкала градуируется в мкВ, мВ, В или кВ.

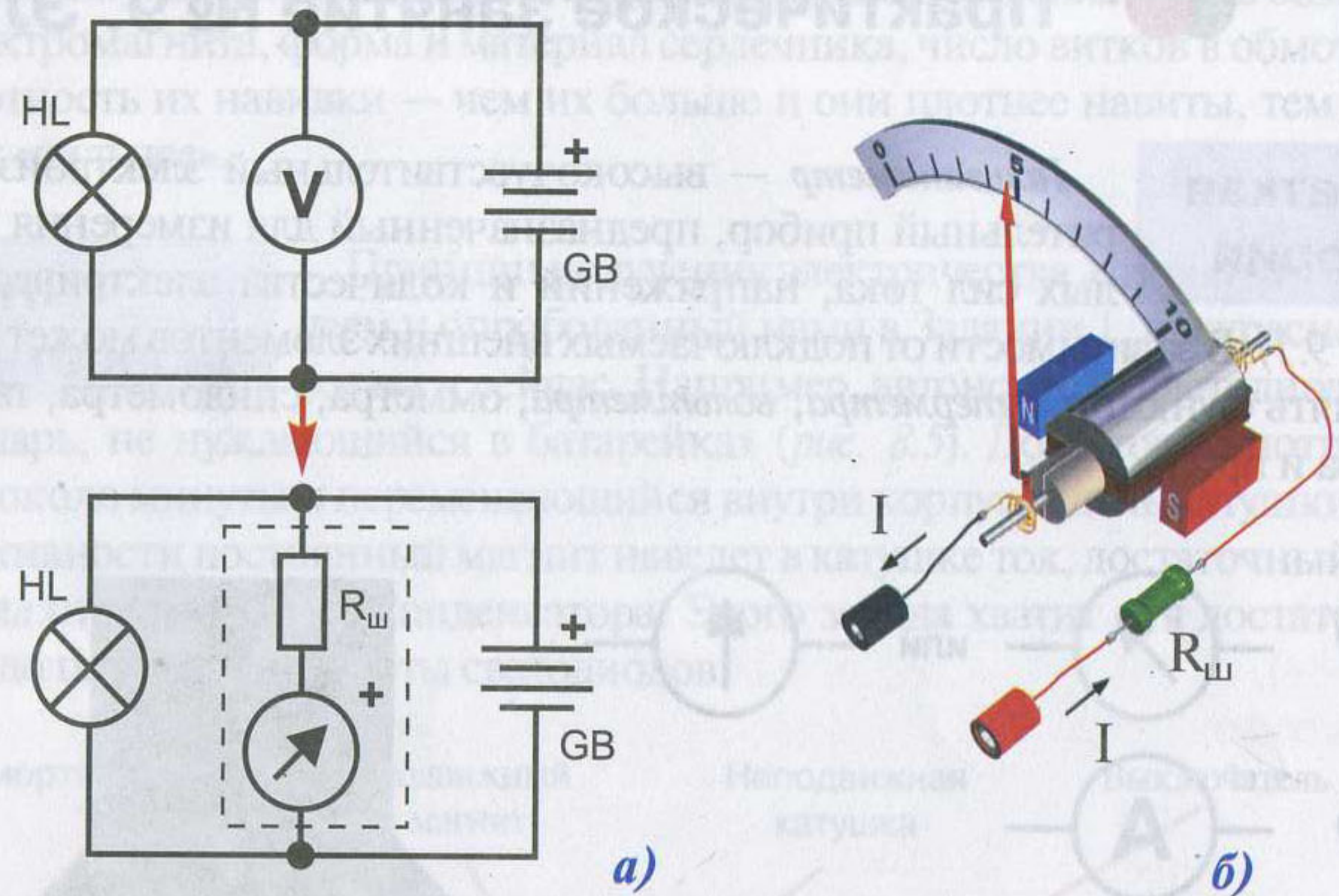


Рис. 9.4. Устройство и принцип действия вольтметра (а), схема включения в электрическую цепь (б)

По форме представления информации электроизмерительные приборы делятся на *аналоговые* (стрелочные) и *цифровые*, в которых информация выводится на цифровой дисплей.

Вопрос: Что такое цена деления прибора?

Ответ: Цена деления прибора определяется как отношение диапазона измерения к количеству делений на шкале прибора. Возьмем наш гальванометр [56]. Его диапазон измерений равен 300 мкА, и шкала имеет 10 делений, следовательно, одно деление равно 30 мкА — это и есть его «цена». Если к гальванометру [56] подключить шунт, то изменится диапазон измерения и, следовательно, цена деления. Показания прибора определяются как произведение цены деления на количество делений, на которое отклонилась стрелка. Например, если стрелка отклонилась на 3 деления, а цена деления 30 мкА, то показания прибора — 90 мкА.

Практика **Задание 1. Изучение работы гальванометра**

Соберите схему на рис. 9.5. Резистор [32] подключайте к схеме в последнюю очередь. После подключения резистора стрелка гальванометра отклонится от нулевой отметки. Определите силу тока в цепи учитывая, что диапазон измерения гальванометра 300 мкА. Используя закон Ома и зная сопротивление резисторов (5,1 кОм и 10 кОм) и напряжение питания (3 В — при применении батареек, 2,4 В — при применении аккумуляторов), рассчитайте силу тока в цепи и сравните с показаниями прибора. Попробуйте объяснить разницу в получившихся значениях.

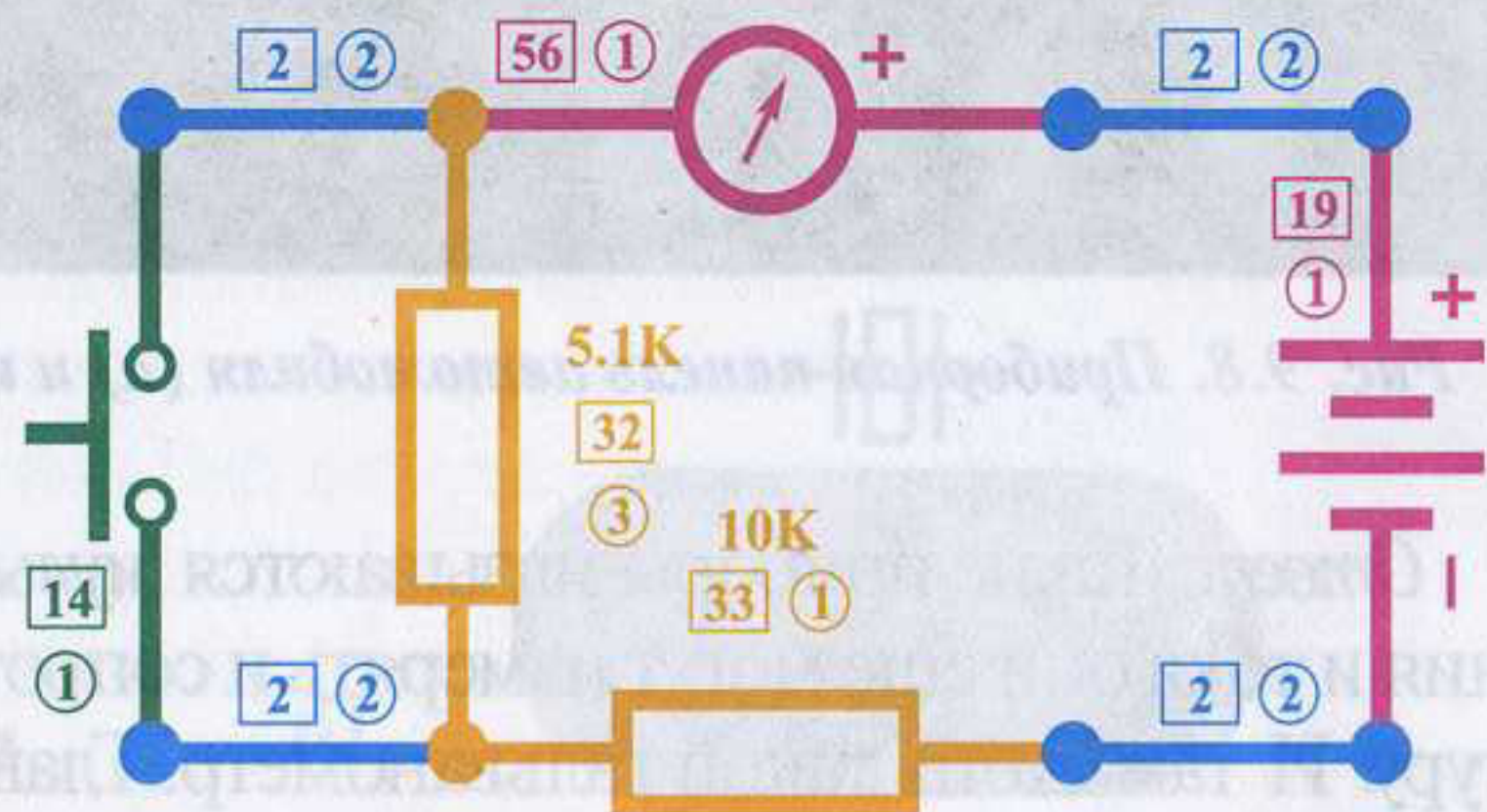


Рис. 9.5. Изучение работы гальванометра

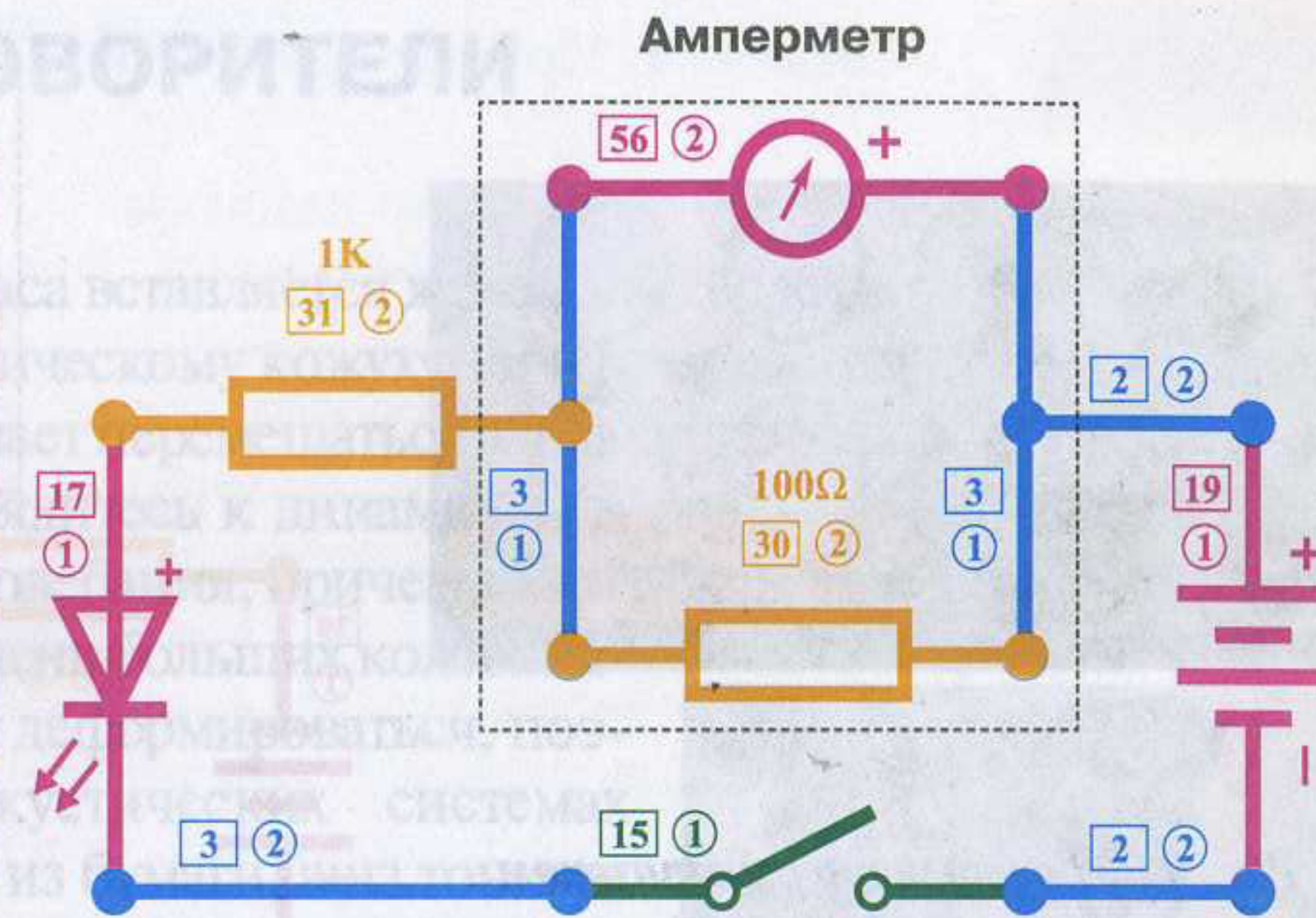
Замкните кнопку — общее сопротивление цепи уменьшится, ток увеличится и стрелка гальванометра еще сильнее отклонится от 0. Определите новые показания прибора.

Задание 2. Построение амперметра на базе гальванометра

Фактически гальванометр и без каких-либо дополнительных элементов работает как амперметр, но с очень маленьким диапазоном измерения (0–300 мкА, т.е. микроамперметр). Для большинства измерений этого недостаточно. Допустим, надо увеличить диапазон измерения в 10 раз. Подставив в формулу значения сопротивления рамки гальванометра $R_{Г} = 900 \text{ Ом}$ и коэффициент расширения диапазона $n = 10$, получим: $R_{Ш} = R_{Г}/(n - 1) = 900/(10 - 1) = 100 \text{ Ом}$. Вместо шунта мы будем использовать обычный резистор из конструктора. Гальванометр с параллельно включенным резистором 100 Ом превращается в миллиамперметр с диапазоном измерения от 0 до 3 мА (рис. 9.6а). Теперь при помощи получившегося «амперметра» измерим ток, протекающий через светодиод. Соберите схему рис. 9.6б. Замкните выключатель. Рассчитайте цену деления и определите показания прибора.



а)



б)

Рис. 9.6. Амперметр с диапазоном измерения 0–3 мА (а), схема измерения тока, протекающего через светодиод (б)

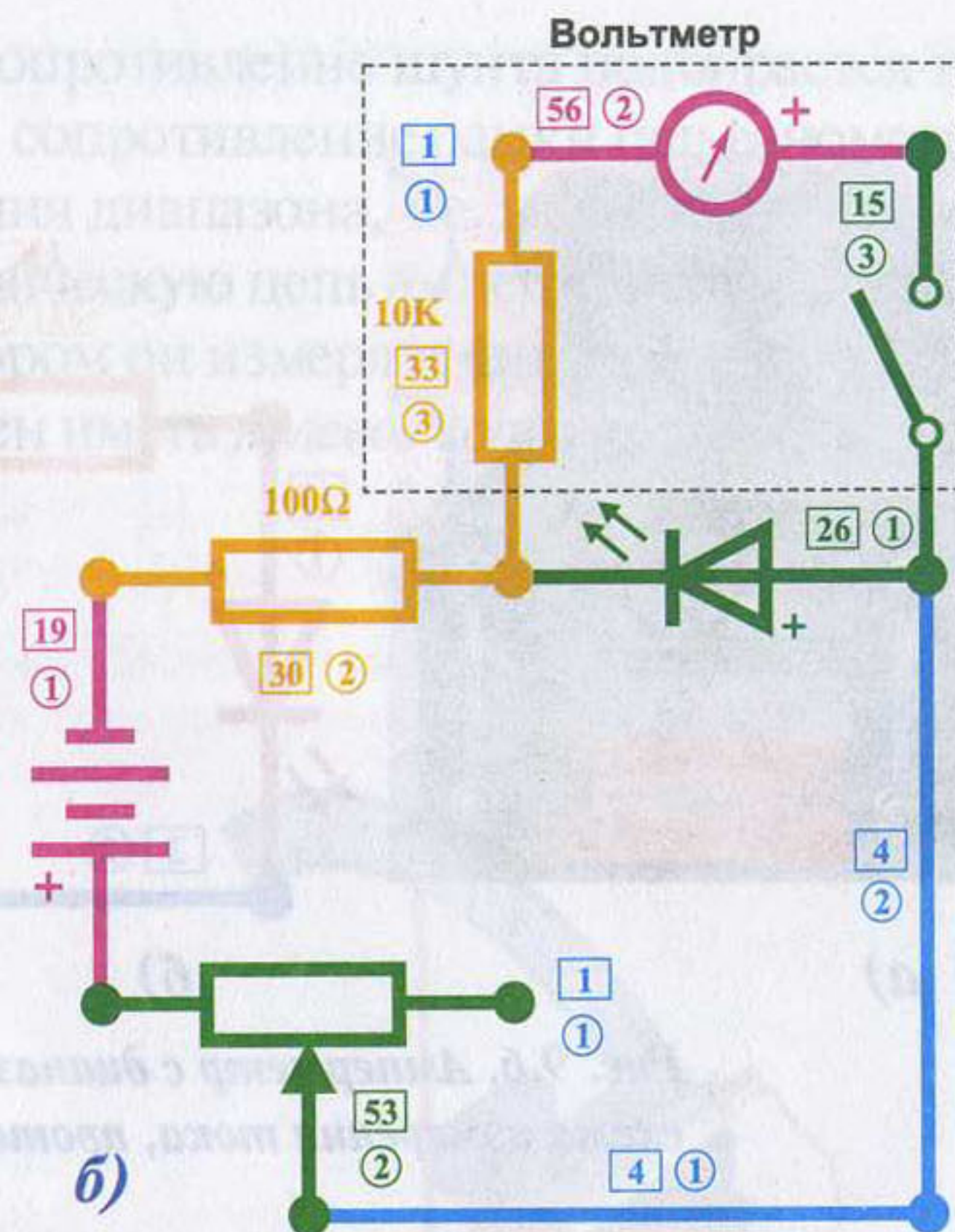
Задание 3. Построение вольтметра на базе гальванометра

Гальванометр с последовательно включенным резистором 10 кОм превращается в вольтметр с диапазоном измерения от 0 до 3 В (пренебрегая сопротивлением рамки гальванометра, $300 \text{ мкА} \cdot 10 \text{ кОм} = 3 \text{ В}$) (рис. 9.7а). На рис. 9.7б показано, как при помощи получившегося «вольтметра» измерить падение напряжения на светодиоде. Установите ползунок реостата в крайнее правое положение. Замкните выключатель. Стрелка «вольтметра» отклонится, но светодиод не горит. Это означает, что через светодиод течет ток, но недостаточный для его свечения. Наблюдая за стрелкой прибора и светодиодом, плавно переместите ползунок реостата в крайнее левое положение. Светодиод засветится, а стрелка отклонится на максимальное значение. Рассчитайте цену деления прибора и определите величину падения напряжения на светодиоде. Замените зеленый светодиод [26] красным [17]. Показания будут отличаться. Определите падение напряжения на красном светодиоде [17]. Сравните полученные данные с графиком на стр. 18, рис. 3.3 (Практическое занятие №3) с учетом протекающего тока около 10 мА.



а)

Рис. 9.7. Вольтметр с диапазоном измерения 0—3 В (а), схема измерения падения напряжения на светодиодах (б)



б)

Дополнительная информация

Вопрос: На цифровом приборе все сразу понятно, не надо делать никаких вычислений. Почему до сих пор аналоговые приборы выпускаются в огромных количествах?

Ответ: Тут две причины. Первая — это простота и, следовательно, высокая надежность и низкая цена. Вторая причина — это кажущаяся наглядность цифровых приборов. Существует большое количество применений, где человеку оценить положение нескольких стрелок приборов и сделать соответствующие выводы гораздо проще, чем оценить показания скачущих цифр на нескольких дисплеях цифровых приборов. Например, в кабине пилота самолета, на панели приборов автомобиля и т.д.

В современной технике аналоговые и цифровые приборы мирно уживаются. Достаточно посмотреть на приборную панель современного автомобиля и шкалу измерительного прибора (рис. 9.8)

Вопрос: Есть приборы, которые могут измерять и постоянное напряжение, и переменное. Там тоже стоит магнитоэлектрический гальванометр?

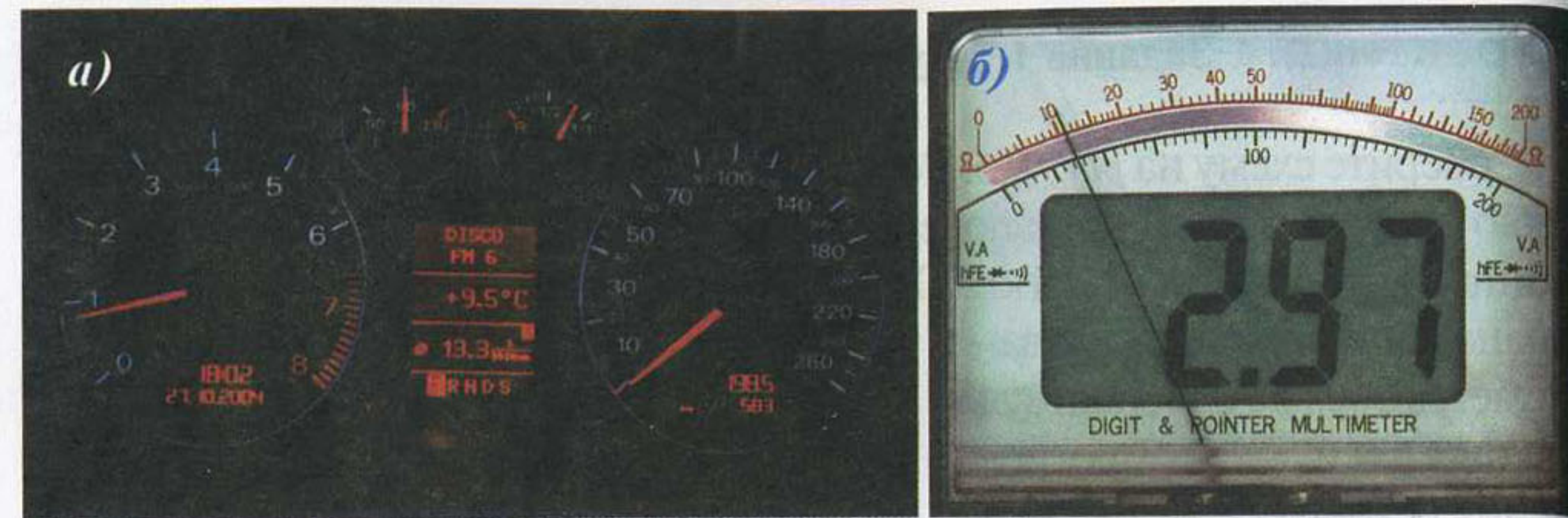


Рис. 9.8. Приборная панель автомобиля (а) и шкала измерительного прибора (б)

Ответ: Такие приборы называются *мультиметрами*, и помимо напряжения и тока они еще могут измерять и сопротивление, и емкость, и температуру. И там стоит такой гальванометр. Главное преобразовать измеряемую величину в ток, который будет отклонять стрелку, и проградуировать шкалу в соответствующих единицах. Как работают такие приборы можно понять из рис. 9.9. Вращая центральный поворотный переключатель, вы, в зависимости от выбранного режима, подключаете соответствующие элементы к гальванометру. Остается только правильно выбрать одну из шкал на приборе и получить результат. А для измерения переменных сигналов на вход гальванометра, помимо шунтов, подключается диодный выпрямительный мост*, который преобразует переменный сигнал в постоянный.

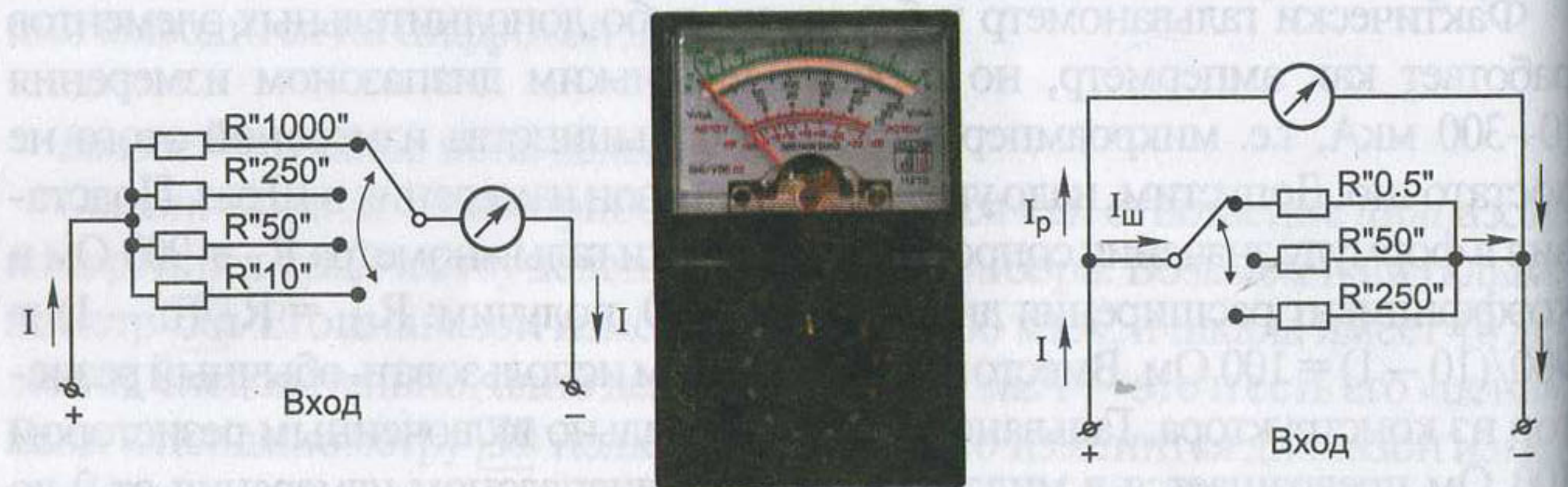


Рис. 9.9. Внешний вид и устройство простейшего мультиметра. Режимы многодиапазонных вольтметра (а) и амперметра (б)

* подробнее смотри Практическое занятие №14 «Диод»

● Практическое занятие № 10. ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Краткая теория

Громкоговорители — устройства для преобразования электрических колебаний в звуковые колебания. Наибольшее распространение получили *электродинамические* и *пьезоэлектрические* громкоговорители. Основные характеристики: сопротивление, диапазон воспроизводимых частот, мощность.



Рис. 10.1. Внешний вид и условные обозначения электродинамического (а) и пьезоэлектрического (б) излучателей

Электродинамический громкоговоритель (динамик) состоит из конического диффузора, к которому приклеен каркас звуковой катушки (рис. 10.2). Катушка помещается внутрь кольцевого магнита. Для создания равномер-



Рис. 10.2. Устройство электродинамического громкоговорителя (динамика)

ного поля внутрь каркаса вставляется железный сердечник. Вся конструкция крепится к металлическому кожуху. При протекании переменного тока в катушке она начинает перемещаться вдоль сердечника и колебать диффузор. Если вы приглядитесь к динамикам в звуковых колонках, то без проблем увидите эти колебания, причем, чем больше громкость, тем сильнее колебания. При очень больших колебаниях диффузор начинает деформироваться, поэтому в мощных акустических системах диффузоры делают не из бумаги, а из тонкого металла или полимерных материалов.

Так как сделать динамик, воспроизводящий весь звуковой диапазон от 20 Гц до 20 000 Гц очень сложно, то в акустических системах применяют несколько динамиков с разными частотными характеристиками, перекрывающими весь звуковой диапазон (рис. 10.3).



Рис. 10.3. Многополосные акустические системы

Пьезоэлектрический громкоговоритель (пьезоизлучатель) представляет собой два металлических контакта, между которыми помещена пьезоэлектрическая керамическая пластинка. Если к металлическим контактам приложить переменный ток звуковой частоты, то керамическая пластинка будет колебаться и издавать звук, соответствующий силе и частоте тока. Практически не может воспроизводить низкочастотные сигналы, за что в народе был прозван «пищалкой». Применяется в часах (рис. 10.4), музыкальных открытках (рис. 10.5), мобильных телефонах и т.п.



Рис. 10.4

Рис. 10.5

Практика

Задание 1. Проверка работоспособности динамика

Соберите схему *рис. 10.6*. При нажатии кнопки раздастся легкий щелчок. Это протекающий в цепи ток сместил катушку динамика и, следовательно, бумажный диффузор, который и воспроизвел звуковую волну. Нажимая и отпуская кнопку, можно воспроизводить звуки, похожие на шумы пустого радиоэфира. Если заменить кнопку электродвигателем, то легкое жужжание электродвигателя превратится в солидный рокот. Аккуратно притормаживая двигатель пальцем, можно менять тональность звука. Попробуйте объяснить это.

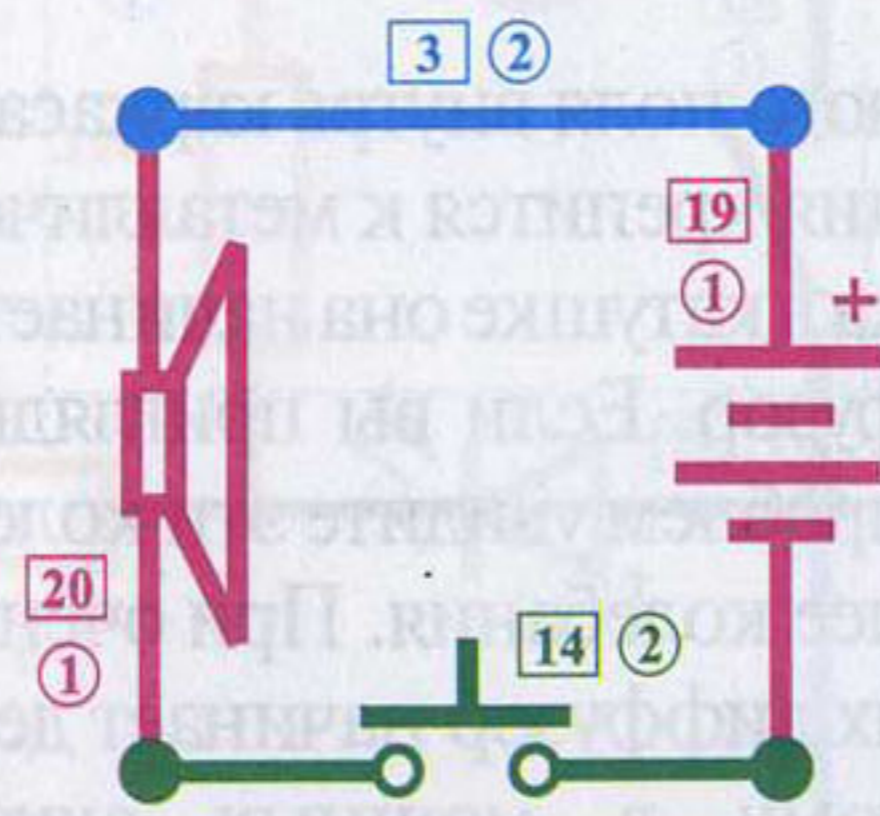


Рис. 10.6. Проверка работоспособности динамика

Задание 2. Воспроизведение различных звуков

Соберите схему *рис. 10.7*. Замкните выключатель — из динамика послышатся звуки сирены. Замкните кнопку [14], звуки сирены сменятся зву-

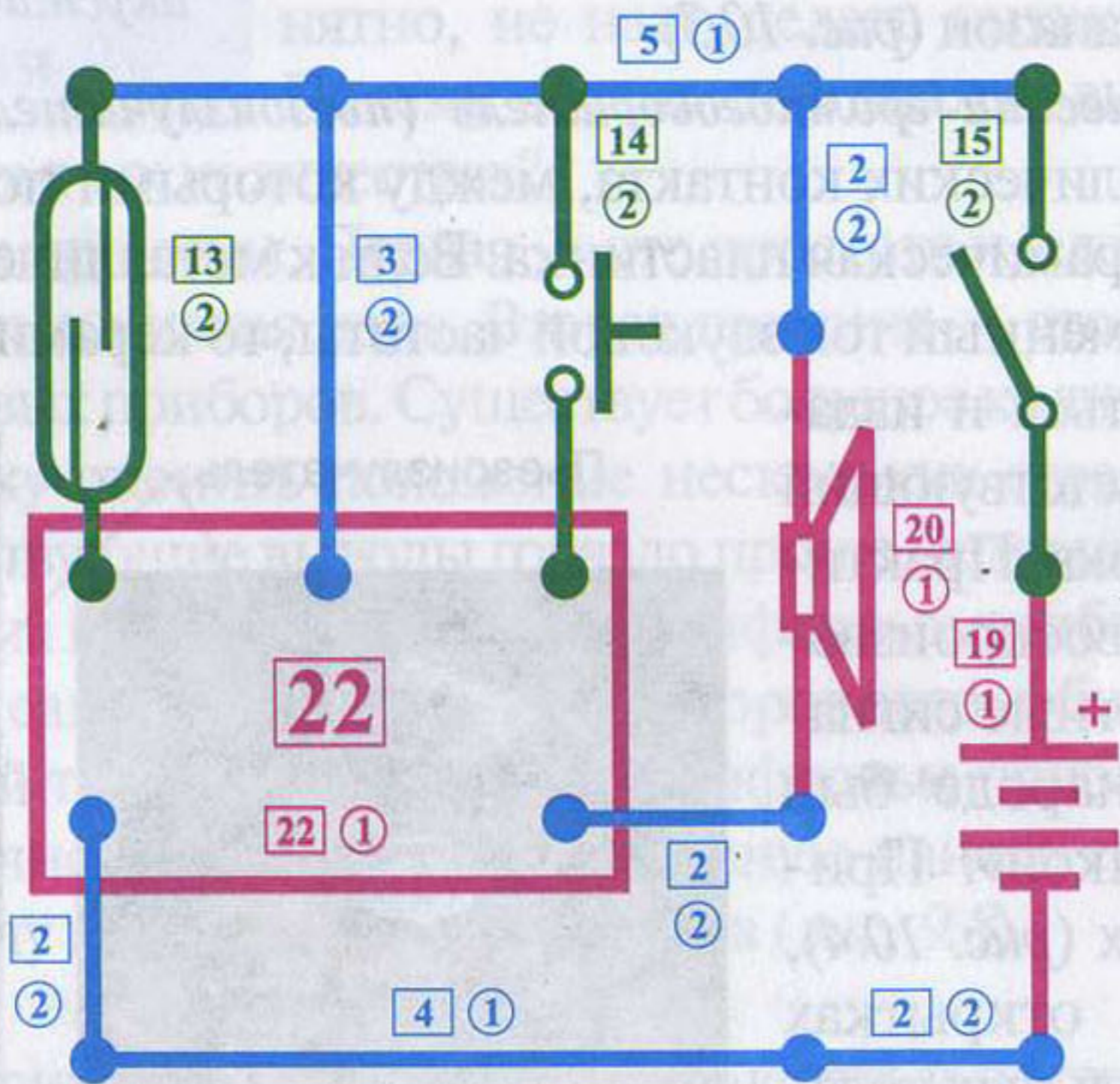


Рис. 10.7. Воспроизведение различных звуков

ками пулеметной очереди. Отпустите кнопку и поднесите магнит к геркону [13] — раздадутся звуки протяжной сирены. Попробуйте запомнить уровень громкости и качество воспроизведения. Замените динамик [20] пьезоизлучателем [11]. Для увеличения громкости прямо поверх пьезоизлучателя подключите резистор 100 Ом. Замкните выключатель — из пьезоизлучателя послышатся уже знакомые звуки. Сравните уровень громкости и качество воспроизведения с предыдущим опытом.

Это интересно

Как и в динамике в электродвигателе есть обмотка, находящаяся в поле постоянного магнита. При протекании тока по катушке она начинает перемещаться в поле постоянного магнита в соответствии с величиной и частотой протекаемого тока. Если вместо динамика поставить электродвигатель, он тоже будет издавать звуки. Не так качественно как динамик, но можно легко угадать мелодию или распознать речь. Замените в схеме *рис. 10.7* динамик электродвигателем и убедитесь в этом. До сих пор в некоторых домах сохранились розетки для подключения громкоговорителей (*рис. 10.8*), которые были очень похожи на сетевые розетки, и человек, решивший побриться и по ошибке включивший свою электробритву в радиорозетку, с удивлением обнаруживал, что его бритва поет ему песню или рассказывает новости.



Рис. 10.8

В Японии огромные динамики использовались при испытании устойчивости зданий для создания воздушных волн, имитирующих землетрясение.

Вопрос: В Практическом занятии №8 «Катушка индуктивности» мы перемещали магнит и катушку относительно друг друга для получения электрического тока. В динамике тоже есть катушка и магнит, которые перемещаются относительно друг друга. Это можно использовать для получения электрического тока?

Ответ: Да. И это свойство используется в динамических микрофонах. Более того, в качестве источника электричества можно использовать и пьезоизлучатель, но об этом в следующем Практическом занятии №11.

● Практическое занятие № 11. МИКРОФОН

Краткая теория

Микрофон — преобразователь звуковых колебаний в электрические. Микрофоны бывают угольные, *электродинамические*, электромагнитные, *пьезоэлектрические* и электростатические (конденсаторные и *электретные*). Каждый из микрофонов обладает своими достоинствами и недостатками. *Основные характеристики микрофонов*: чувствительность, импеданс (комплексное сопротивление), диапазон рабочих частот, характеристика направленности (всенаправленный, узконаправленные и т.д.). *Область применения*: телефония, телевидение, звукозапись и т.д.

Микрофон [28] в нашем конструкторе — электретный (рис. 11.1).

Электростатические (конденсаторные и электретные) микрофоны. Принцип их действия основан на изменении электрической емкости двух проводящих пластин при изменении расстояния между ними. Одна из этих пластин жестко закреплена в корпусе микрофона, а вторая выступает в роли мембраны. Колебания этой мембраны, вызванные звуковыми волнами, приводят к изменению емкости, что в конечном итоге приводит к изменению выходного напряжения микрофона.

Для работы конденсаторного микрофона на его пластины необходимо подать дополнительное электрическое напряжение, а в электретных микрофонах, которые по принципу работы являются теми же конденсаторными, постоянное напряжение обеспечивается зарядом *электрета*, тонким слоем нанесенного на мембрану и сохраняющим этот заряд свыше 30 лет.

В 95% современных телефонных аппаратах и практически во всех мобильных телефонах применяются электретные микрофоны.

Электродинамические (динамические) микрофоны (иначе называемые микрофонами с подвижной катушкой). Звуковые волны вызывают коле-



Рис. 11.1. Внешний вид и условное обозначения микрофона



бания мембраны, которая соединена с катушкой индуктивности, а при перемещении катушки в поле постоянного магнита в ней наводится ток, амплитуда которого пропорциональна перемещению мембраны. По конструкции они очень похожи на электродинамический громкоговоритель (динамик)*, что и позволяет в ряде случаев использовать динамик в качестве микрофона, а микрофон в качестве громкоговорителя.

Пьезоэлектрические микрофоны. Звуковые волны вызывают колебания мембраны, которая жестко соединена с пьезоэлементом, деформирующимся под воздействием этих колебаний. В результате деформации на выходе пьезоэлемента образуется электрическое напряжение, амплитуда которого пропорциональна перемещению мембраны. В нашем конструкторе нет специального пьезоэлектрического микрофона, но есть пьезоизлучатель [11]*, который прекрасно справится с функцией микрофона.

Практика Задание 1. Проверка работоспособности микрофона

Микрофон преобразует воздушные колебания в очень маленький электрический сигнал. Для того чтобы убедиться в наличии этого сигнала, его необходимо усилить. Для усиления сигнала мы воспользуемся усилителем мощности [29]. Соберите схему рис. 11.6. Замкните выключатель. Подуйте или громко что-то скажите (например, раз-два-три) прямо в микрофон [28]. Стрелка гальванометра отклонится, а светодиод чуть-чуть засветится. В предыдущем занятии мы уже говорили, что динамик и пьезоизлучатель могут выполнять функцию микрофона, убедимся в этом. Замените микрофон [28] динамиком [20], громко скажите что-нибудь в динамик и убедитесь, что стрелка отклонилась. Замените динамик [20] пьезоизлучателем [11] и убедитесь в этом. **Вывод:** динамик и пьезоизлучатель могут использоваться в качестве электродинамического и пьезоэлектрического микрофонов.

* подробнее смотри Практическое занятие №10 «Громкоговорители»



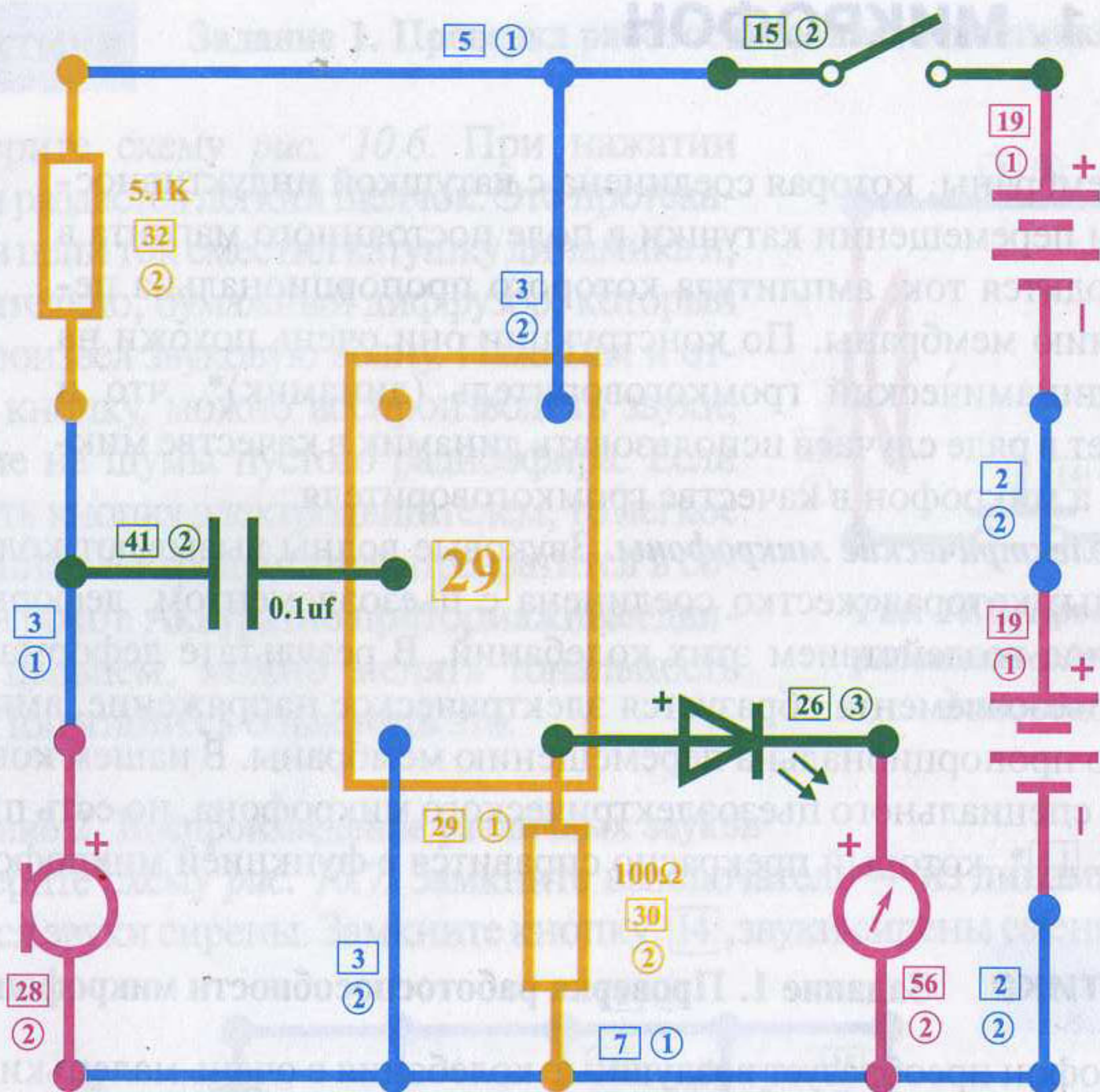


Рис. 11.2. Проверка работоспособности микрофона

Задание 2. Микрофон, управляющий воспроизведением звука

Цели данного эксперимента: убедиться, что электрического сигнала, вырабатываемого микрофоном, достаточно для управления микросхемой; что динамик и пьезоизлучатель могут заменить микрофон. Соберите схему рис. 11.7. Замкните выключатель — из динамика послышится музыка. После того, как музыка прекратится, громко хлопните в ладоши рядом с микрофоном [28] или дуньте в него — музыка зазвучит снова. Не обязательно дослушивать мелодию до конца, иначе к концу практического занятия вы ее можете невзлюбить, а мелодия хорошая. Главное убедиться, что микрофон выработал электрический сигнал, достаточный для вклю-

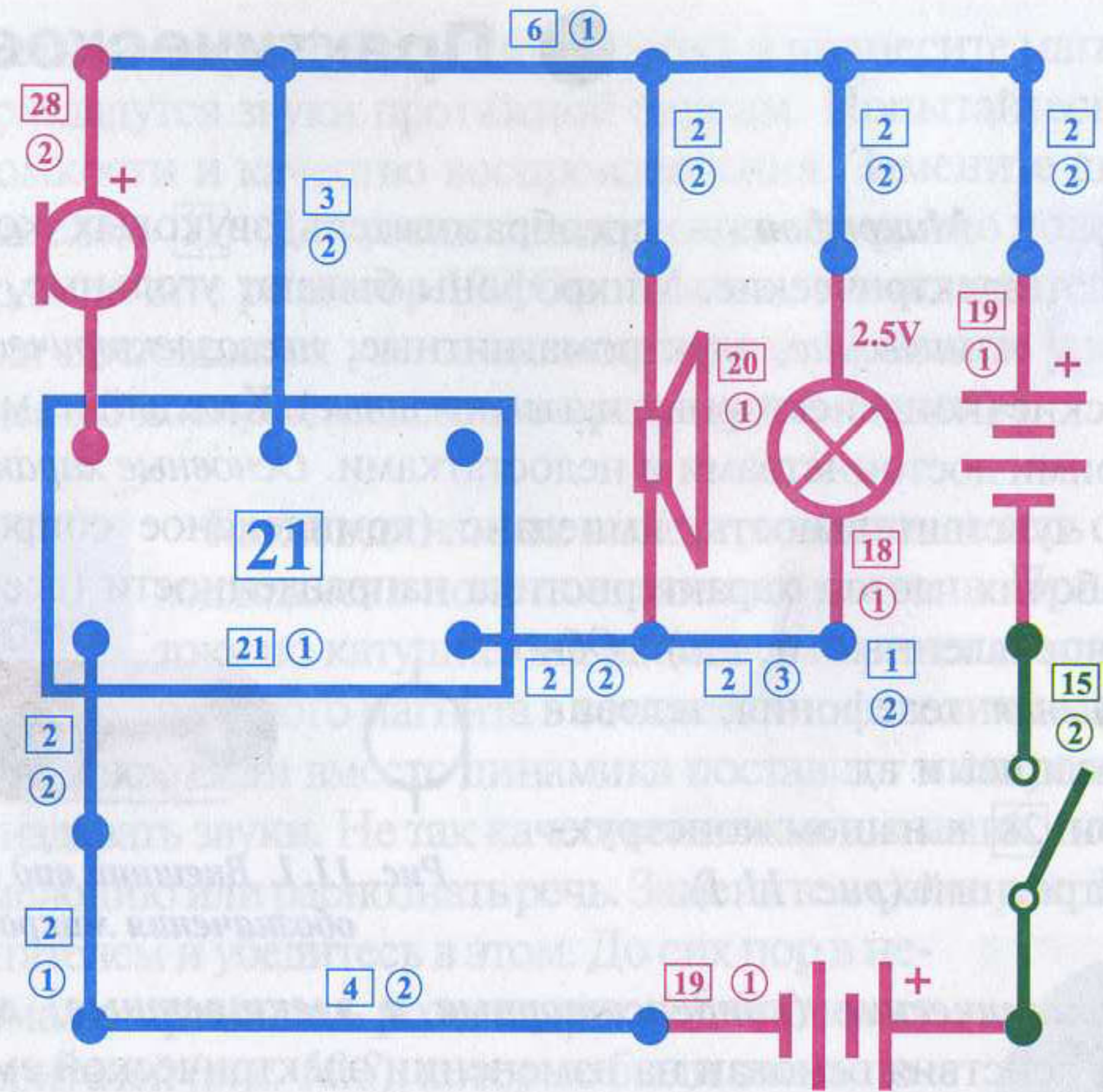


Рис. 11.3. Микрофон, управляющий воспроизведением звука

чения микросхемы [21]. По такому принципу можно построить охранную сигнализацию, реагирующую на звук. Замените микрофон [28] пьезоизлучателем [11]. Снова хлопните в ладоши или дуньте в пьезоизлучатель — снова зазвучит музыка. Теперь убедимся в том, что и динамик может запустить мелодию. Поменяйте местами динамик [20] и пьезоизлучатель [11] и повторите все действия, как и в предыдущих опытах.

Это интересно

На сегодняшний день различными фирмами разработано огромное количество микрофонов, причем многие модели специально ориентированы на то или иное конкретное применение — например, на снятие звука большого барабана или на запись звуков природы.

Многие эстрадные артисты приходят на концерт со своим микрофоном, наиболее подходящим под их голос.

Практическое занятие № 12. КОНДЕНСАТОРЫ

Краткая теория

Конденсатор — устройство из двух электродов (обкладок), разделенных слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок. Обладает способностью накапливать электрические заряды. Накопленный конденсатором заряд может быть столь велик, что с его помощью можно обездвигивать преступников или проводить точечную сварку металлов. Основные характеристики: электрическая емкость, рабочее напряжение, температурный коэффициент емкости (ТКЕ), тангенс угла потерь. Практически все современные электронные приборы содержат конденсаторы. В нашем конструкторе используются два типа конденсаторов — *керамические* [40], [41] и *электролитические* [42], [43], [44]. При использовании электролитических конденсаторов необходимо соблюдать полярность при подключении.

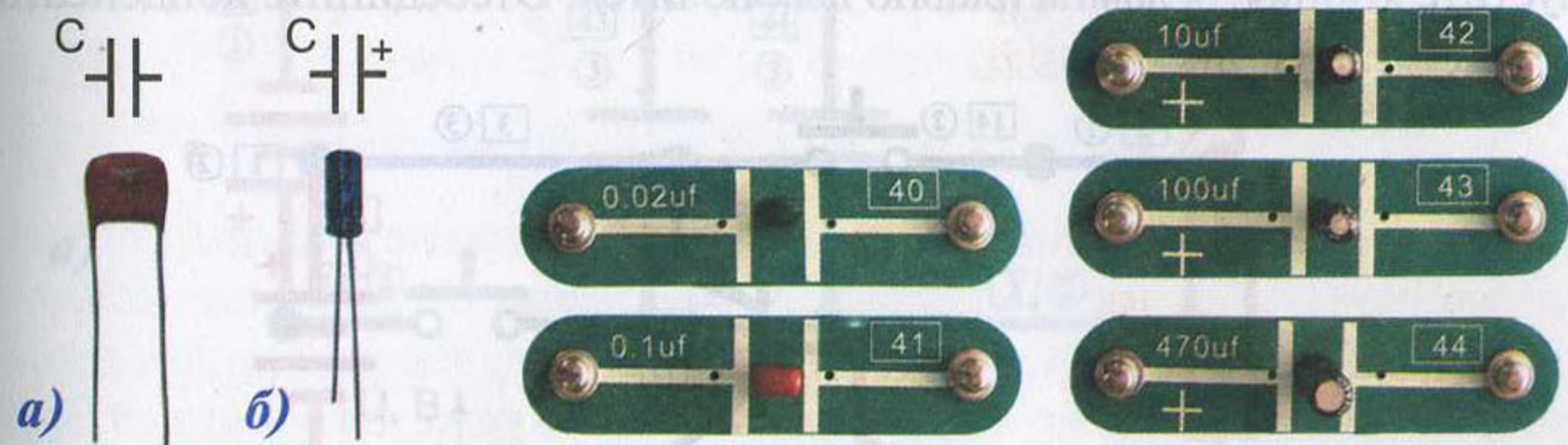


Рис. 12.1. Внешний вид и условные обозначения конденсаторов. Керамический конденсатор (а), электролитический конденсатор (б)

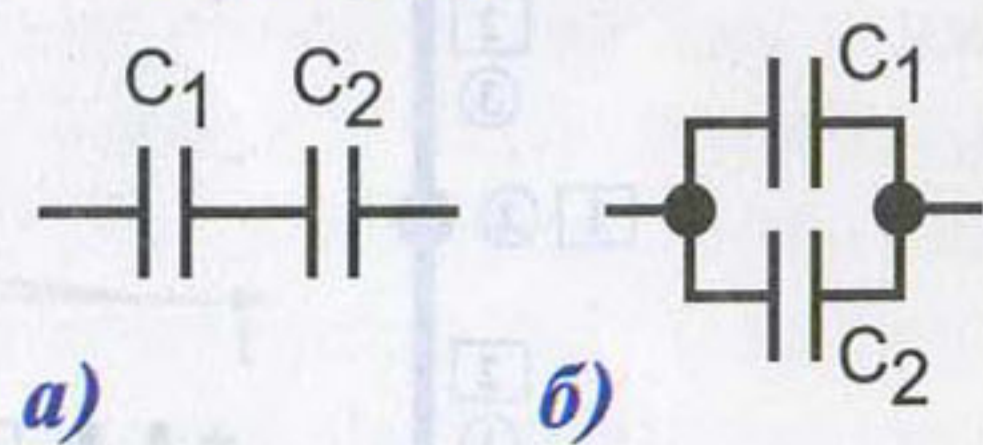


Рис. 12.2. Последовательное (а) и параллельное (б) включение конденсаторов

При *последовательном* соединении конденсаторов (рис. 12.2а) общая емкость вычисляется как $C_{\text{общ}} = 1/C_1 + 1/C_2$ или $C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$, т.е. общая емкость меньше емкости каждого из подключенных конденсаторов.

При *параллельном* соединении конденсаторов (рис. 12.2б) общая емкость равна сумме емкостей $C_{\text{общ}} = C_1 + C_2$, т.е. общая емкость больше емкости каждого из подключенных конденсаторов.

Сопротивление конденсатора зависит от частоты протекающего тока f и определяется по формуле $X_C = 1/(2\pi f C)$. Из формулы видно, что при нулевой частоте (постоянном токе) сопротивление конденсатора стремится к *бесконечности*, а при увеличении частоты f стремится к *нулю*.

Существует шуточное объяснение этого явления, позволяющее легче запомнить этот факт. Постоянный ток упирается в обкладку конденсатора и не может пройти, а переменный ток через нее перескакивает и поэтому свободно проходит по цепи (рис. 12.3).

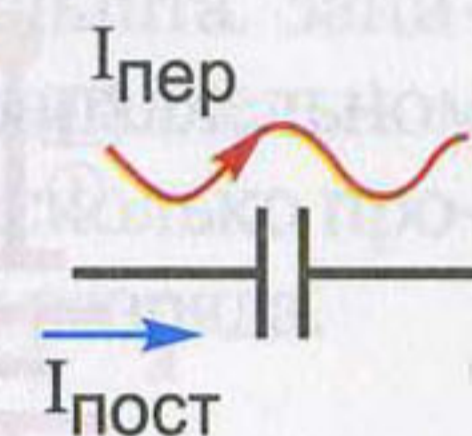


Рис. 12.3

Переменный конденсатор — состоит из двух или более подвижных обкладок, перемещающихся относительно друг друга при вращении ручки. При перемещении обкладок меняется емкость конденсатора. Обкладки разделены тончайшими пленками диэлектрика.

Чаще всего мы сталкиваемся с такими конденсаторами, когда крутим ручку настройки радиостанций в радиоприемнике (рис. 12.4).

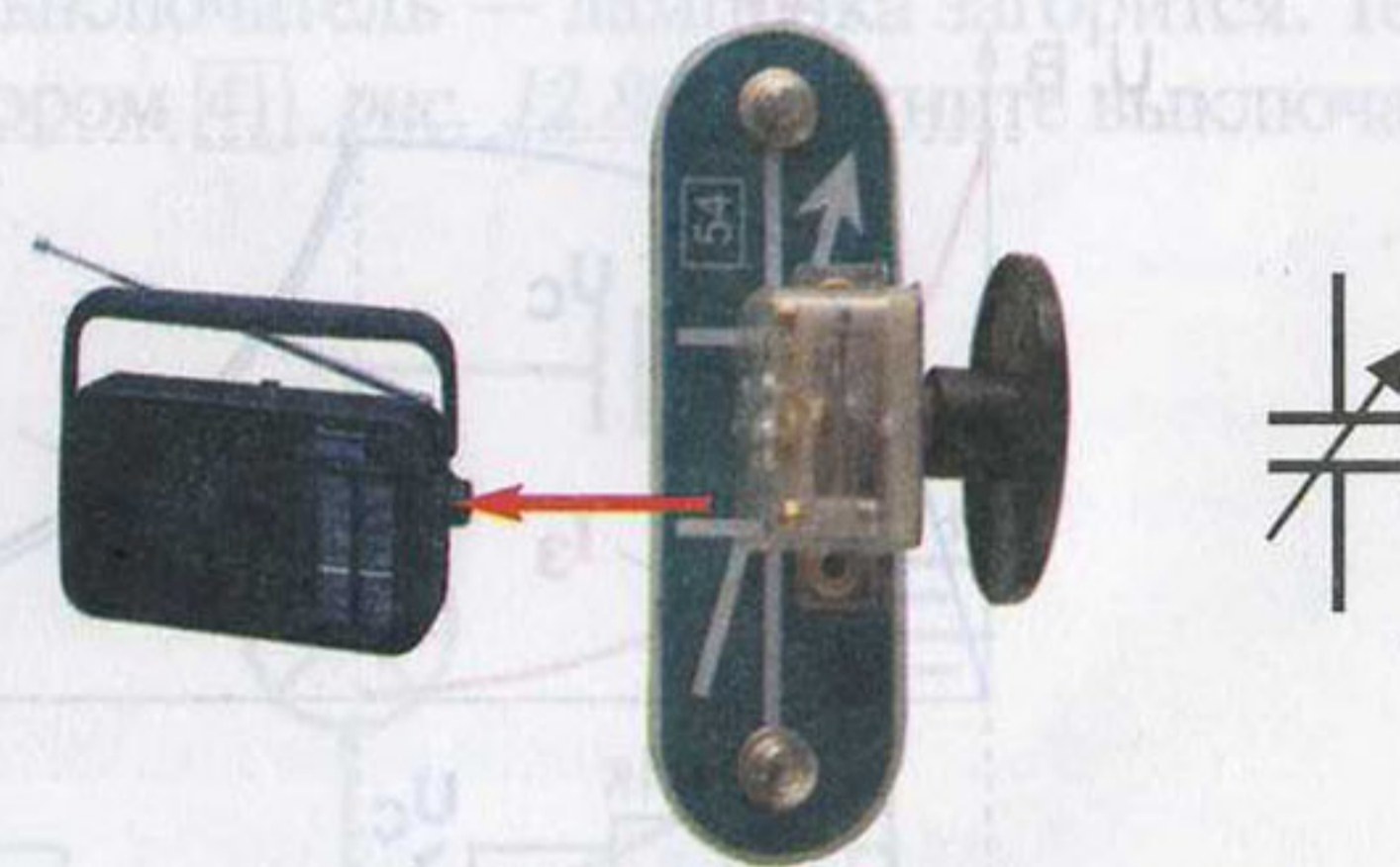


Рис. 12.4. Внешний вид и условное обозначение переменного конденсатора. Расположение переменного конденсатора в радиоприемнике — настройка на радиостанцию

Практика

Задание 1. Зарядка и разрядка конденсатора

Соблюдая полярность, соберите схему рис. 12.5а. Замкните кнопку [14] — конденсатор начнет заряжаться (рис. 12.5б), напряжение на нем будет расти, а ток в цепи будет уменьшаться, следовательно, светодиод сначала загорится, а затем, по мере заряда конденсатора, погаснет. Отпустите кнопку и замкните выключатель [15] — стрелка гальванометра сильно отклонится, а затем плавно, по мере разряда конденсатора через гальванометр и резистор 10 кОм, вернется к 0.

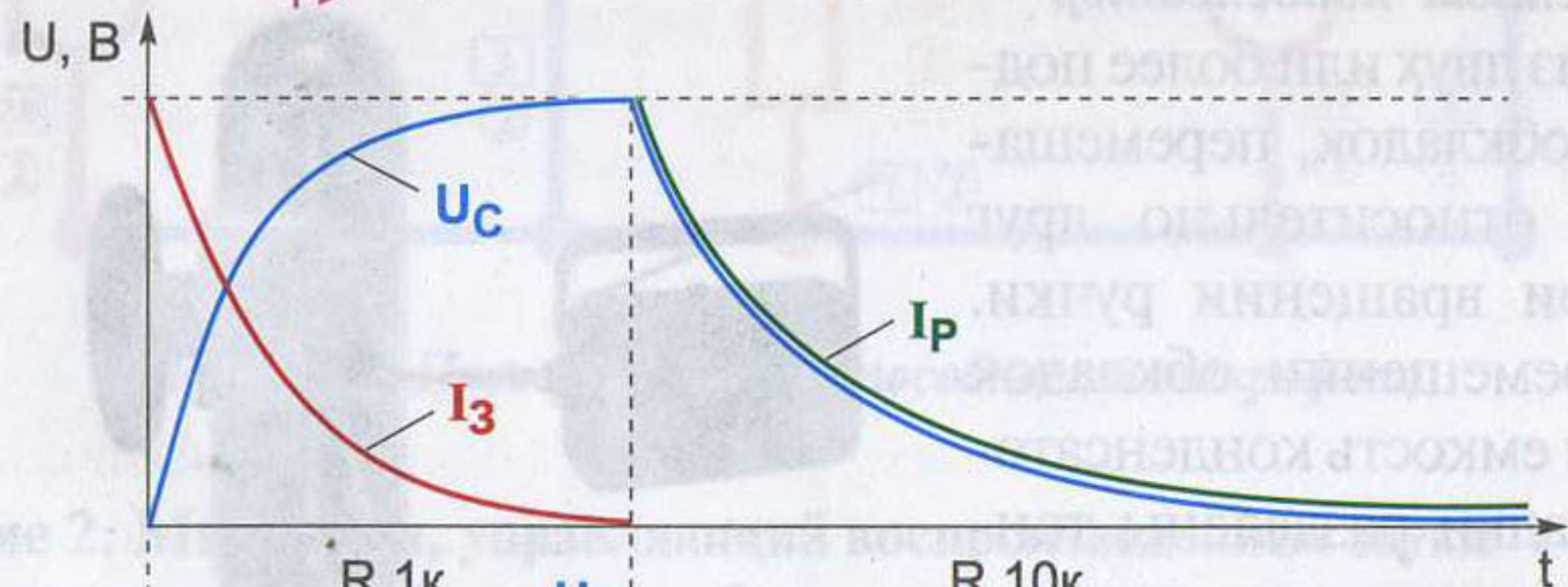
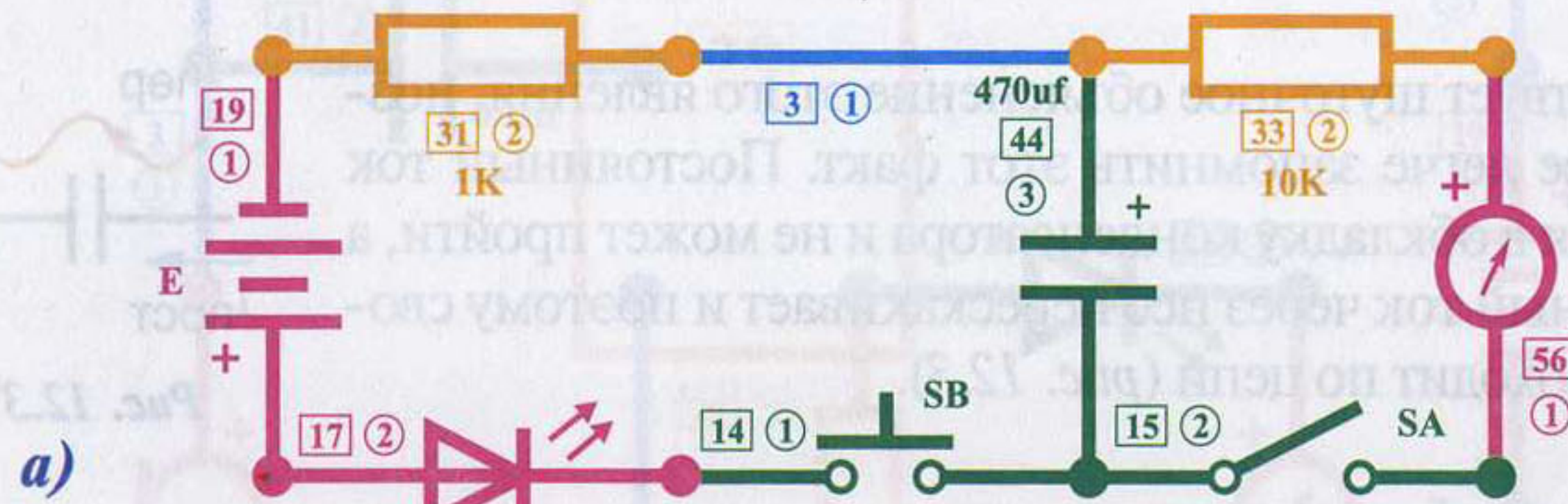


Рис. 12.5. Схема зарядки и разрядки конденсатора (а), график изменения напряжения и тока (б)

Вопрос: Из занятия №5 «Электроизмерительные приборы» мы знаем, что гальванометр [56] с последовательно включенным резистором 10 кОм представляет собой вольтметр с диапазоном измерения 0–3 В. Почему он показывает, что конденсатор заряжается не до напряжения батареи?

Ответ: Дело в том, что последовательно с конденсатором включен светодиод, на котором падает напряжение около 1,5 В. Так что к конденсатору прикладывается не все напряжение питания, и вольтметр показывает разность напряжения питания E и падения напряжения на светодиоде V_{LED} . Если убрать светодиод и резистор 1 кОм, то вольтметр будет показывать напряжение батареи E . Убедиться в справедливости этих рассуждений можно в процессе выполнения Задания 3.

Задание 2. Плавное выключение света

Способность конденсатора накапливать заряд используется, например, в схемах плавного выключения света в салонах дорогих автомобилей. Соберите схему рис. 12.6. Замкните кнопку — загорится лампа. Отпустите кнопку — лампа плавно выключится. Отсоедините конденсатор,

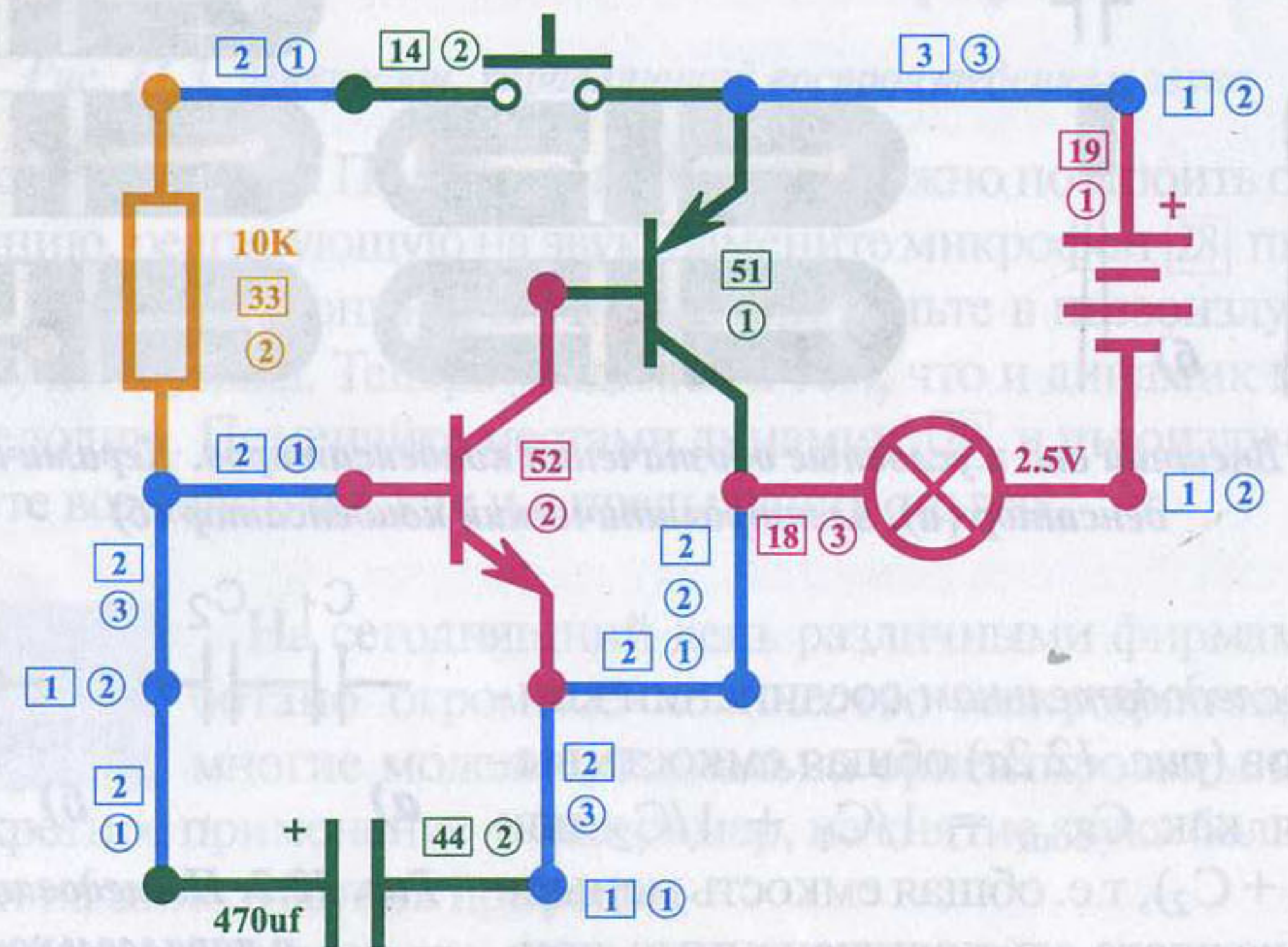


Рис. 12.6. Схема плавного выключения света

снова замкните и отпустите кнопку. Теперь лампа гаснет сразу после отпущения кнопки. Плавность гашения лампы зависит от емкости подключаемого конденсатора — чем больше емкость, тем плавней лампа будет гаснуть. Для увеличения емкости конденсаторов их включают параллельно между собой по несколько штук.

Задание 3. Параллельное включение конденсаторов

Так как на практике, для увеличения общей емкости, в основном используется параллельное включение конденсаторов, мы будем исследовать именно его. Соберите схему *рис. 12.7а*. Замкните и удерживайте кнопку, конденсаторы начнут заряжаться и стрелка вольтметра будет отклоняться пока напряжение на конденсаторах не сравняется с напряжением батареи E . Вольтметр (гальванометр плюс резистор 10 кОм) имеет диапазон измерений $0\text{--}3\text{ В}^*$.

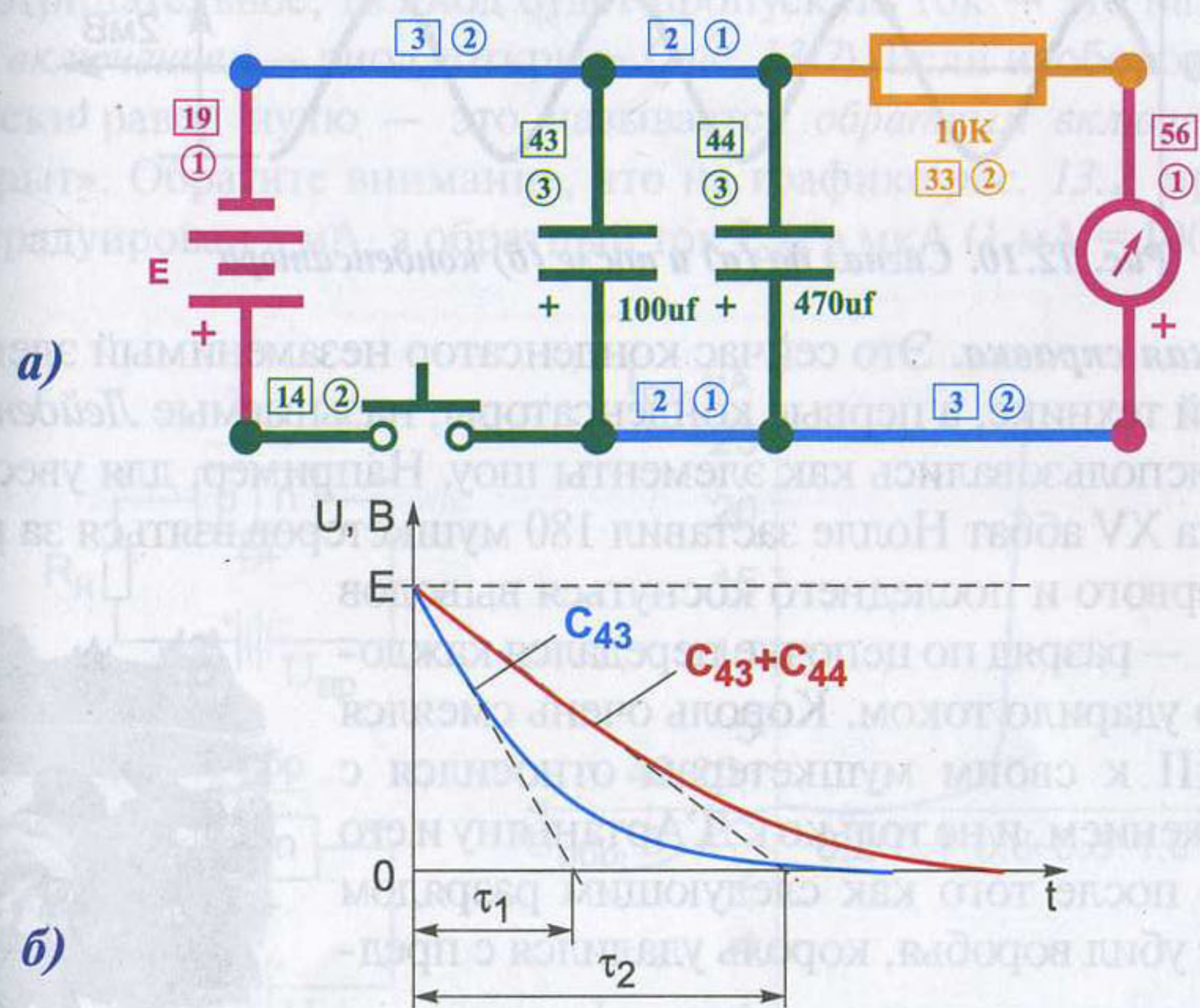


Рис. 12.7. Параллельное включение конденсаторов (а), график изменения напряжения на конденсаторах при разрядке через гальванометр и резистор 10 кОм (б)

После отпущения кнопки конденсаторы начнут разряжаться через гальванометр и резистор 10 кОм с постоянной времени $\tau = RC$, где R — общее сопротивление гальванометра и резистора, C — общая емкость конденсаторов. Это означает, что чем больше емкость C , тем медленнее будет возвращаться стрелка к нулевой отметке. Засеките время (можно просто считать), которое необходимо стрелке, чтобы опуститься до нулевой отметки. Отсоедините конденсатор 44 . Емкость уменьшилась, и процесс разрядки должен убыстриться. Снова замкните и удерживайте кнопку до достижения стрелкой своего максимального значения. Отпустите кнопку и засеките новое время, за которое стрелка достигнет 0 — это время должно быть существенно меньше предыдущего результата. Запишите оба временных значения. Рассчитайте емкость при параллельном включении конденсаторов и произведите сопоставление, насколько пропорционально уменьшение емкости и уменьшение времени разряда.

Задание 4. Зависимость сопротивления конденсатора от частоты

Убедимся в том, что конденсатор не пропускает постоянный ток. Соберите схему *рис. 12.8а*. Замкните выключатель — лампочка загорится. Теперь замените провод конденсатором 41 *рис. 12.8б*. Замкните выключатель — лампа не горит.

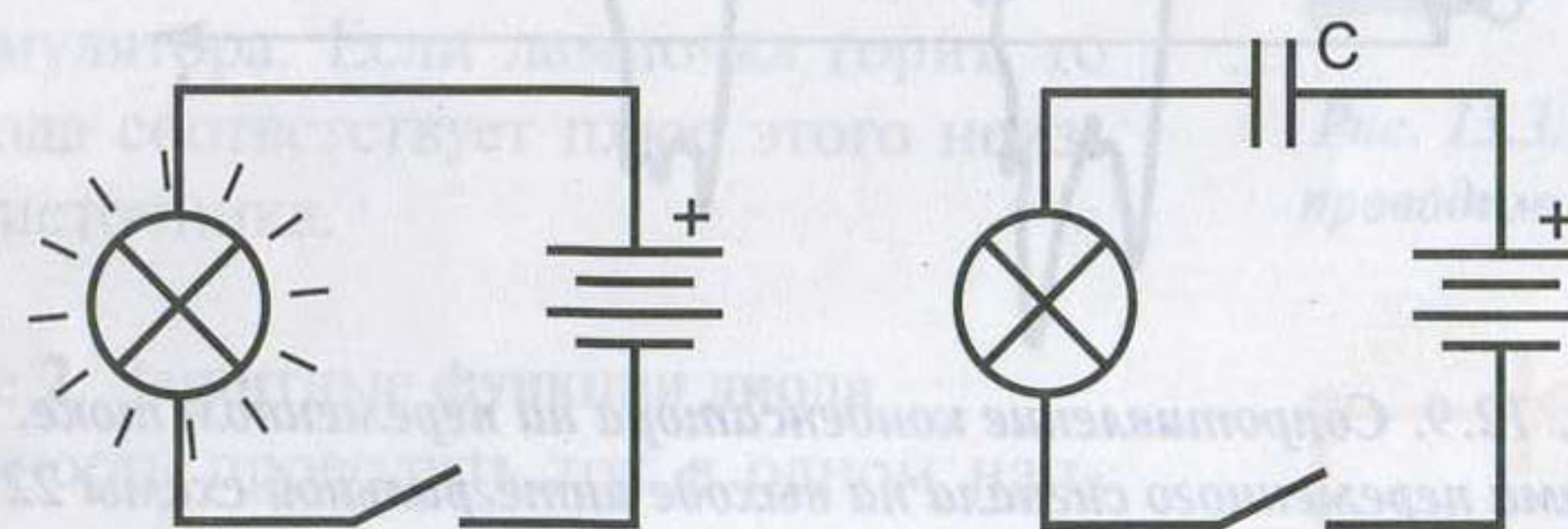


Рис. 12.8. Сопротивление конденсатора на постоянном токе

Теперь проверим, пропускает ли конденсатор переменный ток. Соберите схему *рис. 12.9а*. На выходе микросхемы** 22 присутствует переменный сигнал сложной формы (*рис. 12.9б*) Замыкайте и размыкайте

* подробнее смотри Практическое занятие №9 «Электроизмерительные приборы»
 ** подробнее смотри Практическое занятие №18 «Интегральные микросхемы»

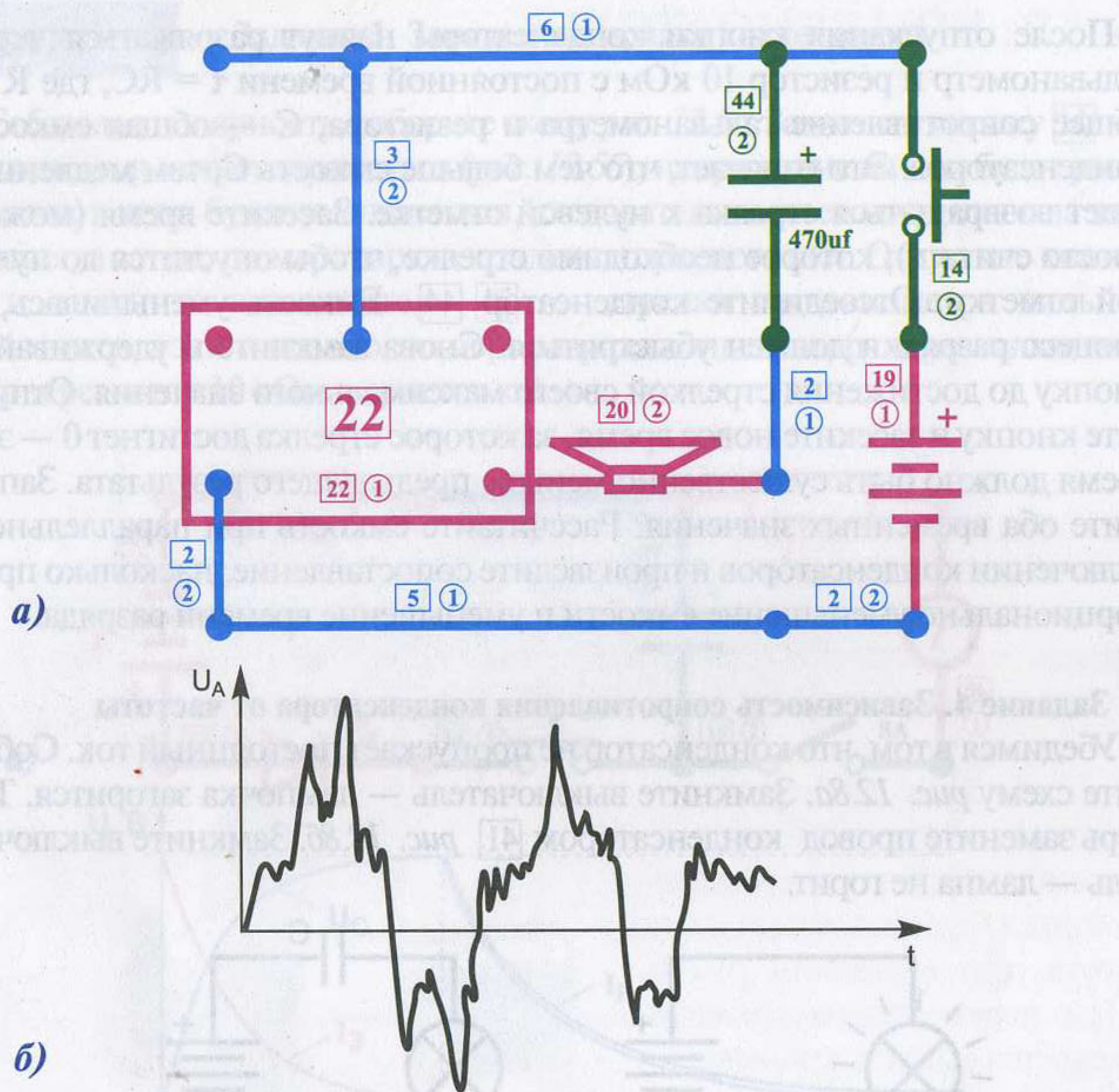


Рис. 12.9. Сопротивление конденсатора на переменном токе. Форма переменного сигнала на выходе интегральной схемы 22

кнопку — из динамика будут раздаваться забавные звуки. Это означает, что через динамик проходит ток и, следовательно, ток проходит и через последовательно с ним включенный конденсатор [44].

Очень часто конденсатор включается последовательно в цепь для отсеечения постоянной «неинформативной» составляющей сигнала и пропускания несущей полезную информацию переменной составляющей, которая может быть очень мала. Например, на рис. 12.10а на постоянный сигнал

10 В наложен переменный синусоидальный сигнал с размахом 2 мВ. После конденсатора, не пропускающего постоянный ток, останется только синусоидальный сигнал с размахом (двойной амплитудой) ± 1 мВ. Теперь можно усиливать именно этот «полезный» сигнал.

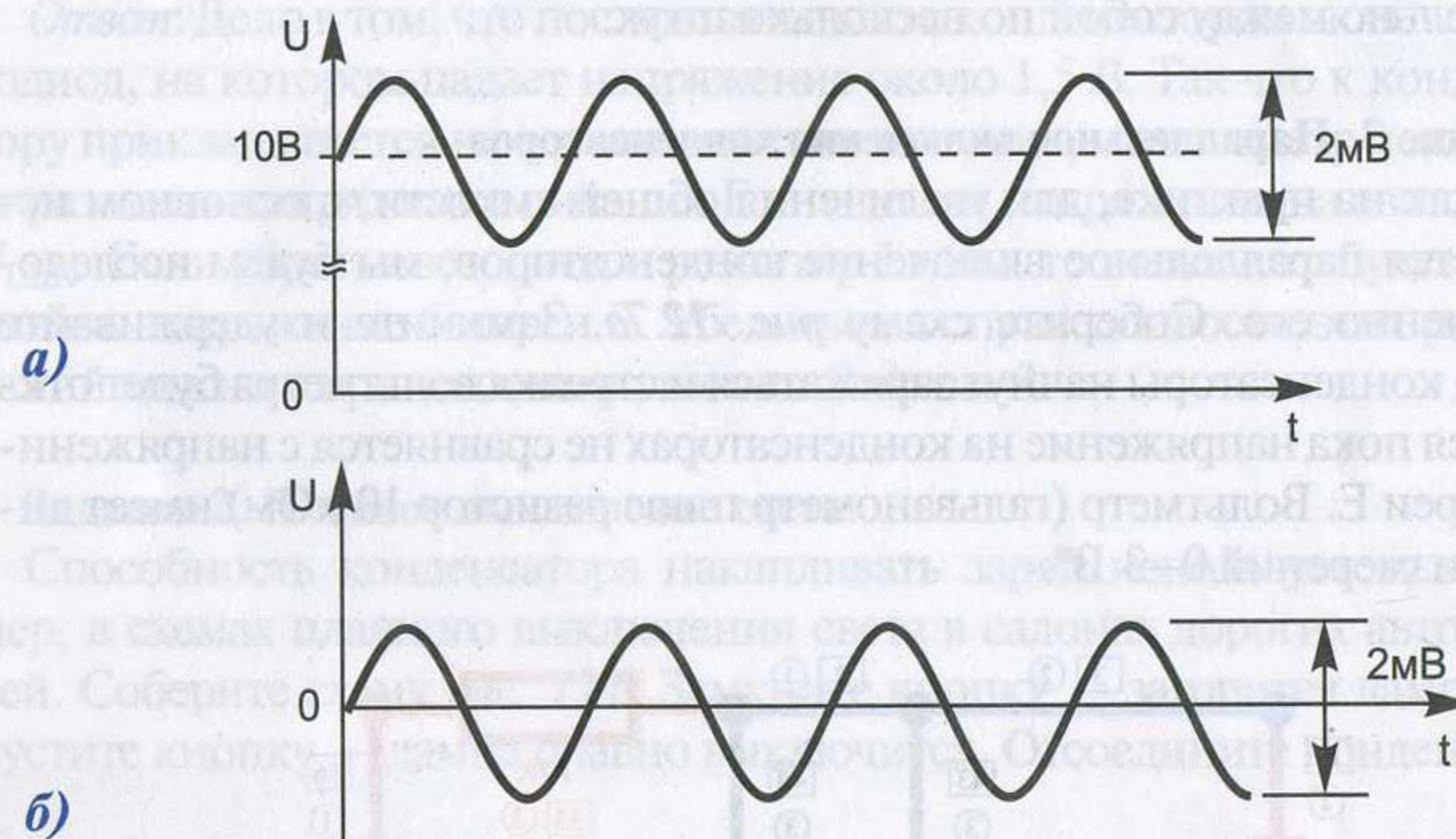


Рис. 12.10. Сигнал до (а) и после (б) конденсатора

Историческая справка. Это сейчас конденсатор незаменимый элемент в электронной технике, а первые конденсаторы, называемые *Лейденскими банками*, использовались как элементы шоу. Например, для увеселения Людовика XV аббат Нолле заставил 180 мушкетеров взяться за руки по кругу и первого и последнего коснуться выводов конденсатора — разряд по цепочке передался каждому, и каждого ударило током. Король очень смеялся (Людовик XIII к своим мушкетерам относился с большим уважением, и не только к Д'Артаньяну и его друзьям). Но после того как следующим разрядом ученый аббат убил воробья, король удалился с представлением.

В нашем конструкторе все абсолютно безопасно и для людей, и для воробьев.



Практическое занятие № 13. ДИОД

Краткая теория

Диод — полупроводниковый прибор, имеющий два вывода, положительный — анод (А) и отрицательный — катод (К). Основу выпрямительного диода составляет электронно-дырочный переход (*p-n* переход), см. рис. 13.1.

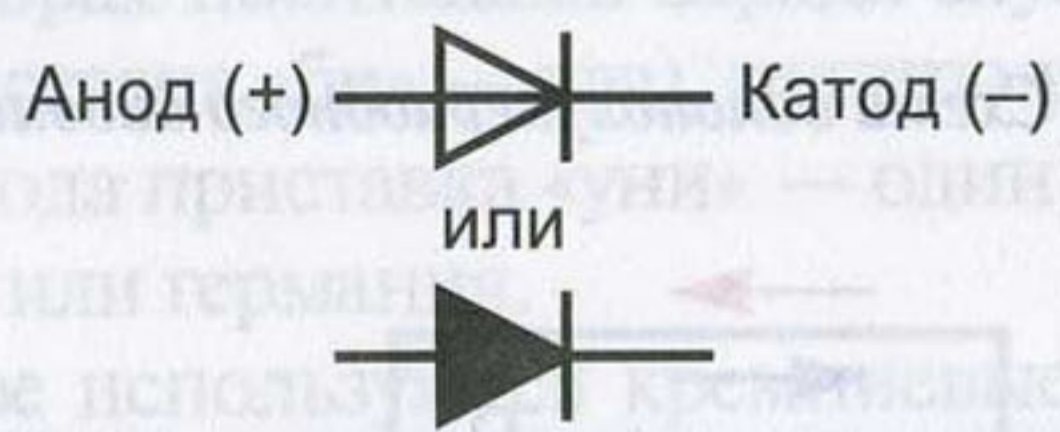
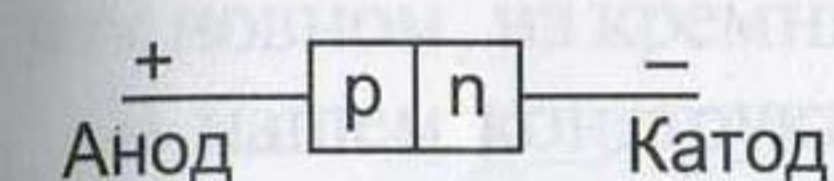


Рис. 13.1. Внешний вид, устройство и условные обозначения диодов



Если к аноду (А) приложить положительное напряжение, а к катоду (К) отрицательное, то диод будет пропускать ток — это называется *прямым включением* — диод «открыт» (рис. 13.2). Если наоборот, то ток практически равен нулю — это называется *обратным включением* — диод «закрит». Обратите внимание, что на графике рис. 13.2 прямой ток $I_{пр}$ проградуирован в мА, а обратный ток $I_{обр}$ в мкА ($1 \text{ мА} = 1000 \text{ мкА}$). Фак-

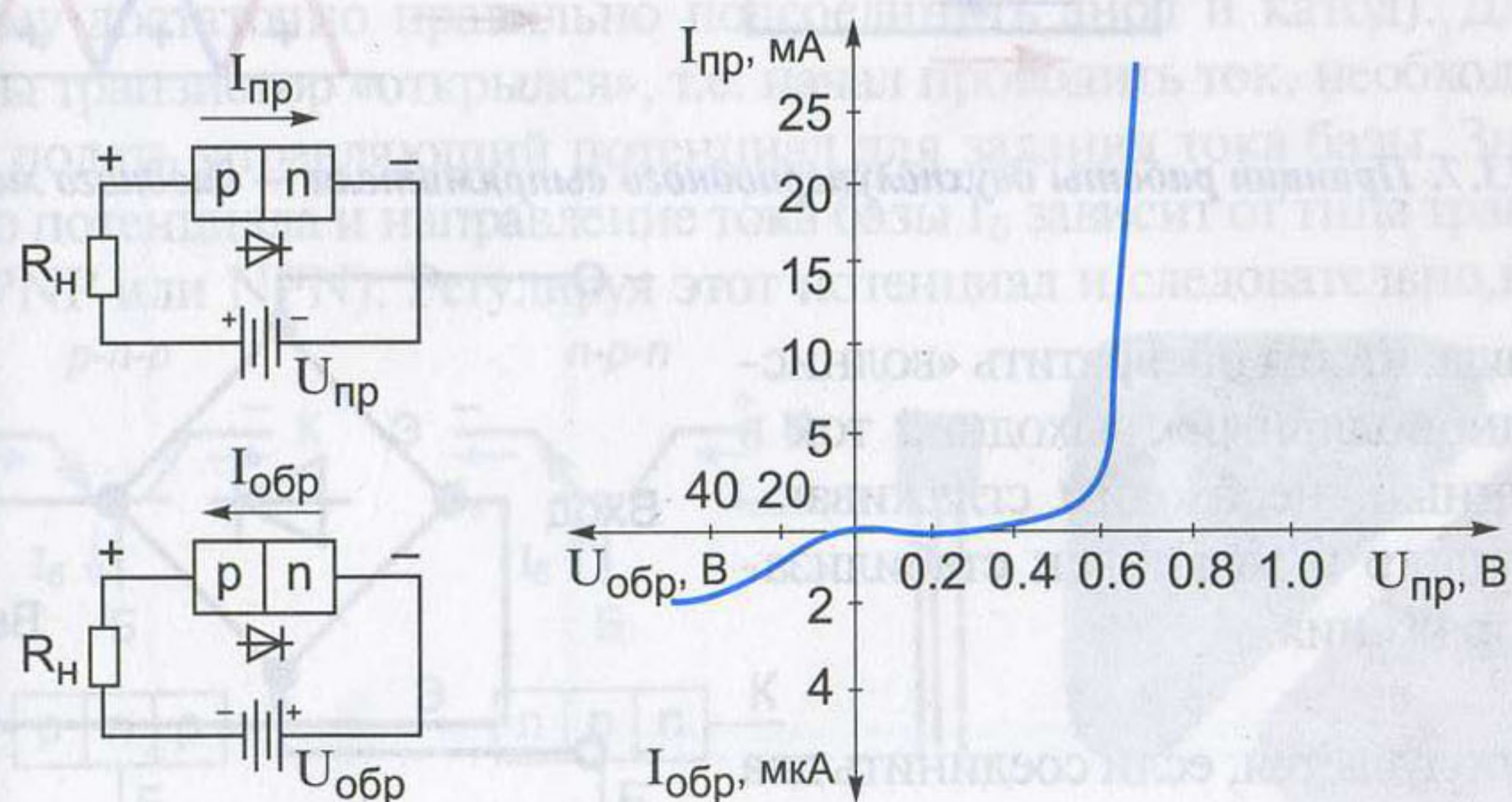


Рис. 13.2. Принцип работы и вольт-амперная характеристика диода 57

тически обратным током можно пренебречь и считать, что при приложении обратного напряжения $U_{обр}$ диод закрыт и ток не пропускает.

? Что общего между диодом и футбольным мячом?

Практика Задание 1. Проверка проводимости диода

Соблюдая полярность, соберите схему рис. 13.3. Так как диод имеет прямое включение, то при подаче питания через него должен протекать ток и лампочка должна загореться. Замкните ключ и убедитесь в этом. Теперь поменяйте полярность включения диода (обратное включение). Замкните выключатель и убедитесь, что диод не проводит и лампочка не горит.

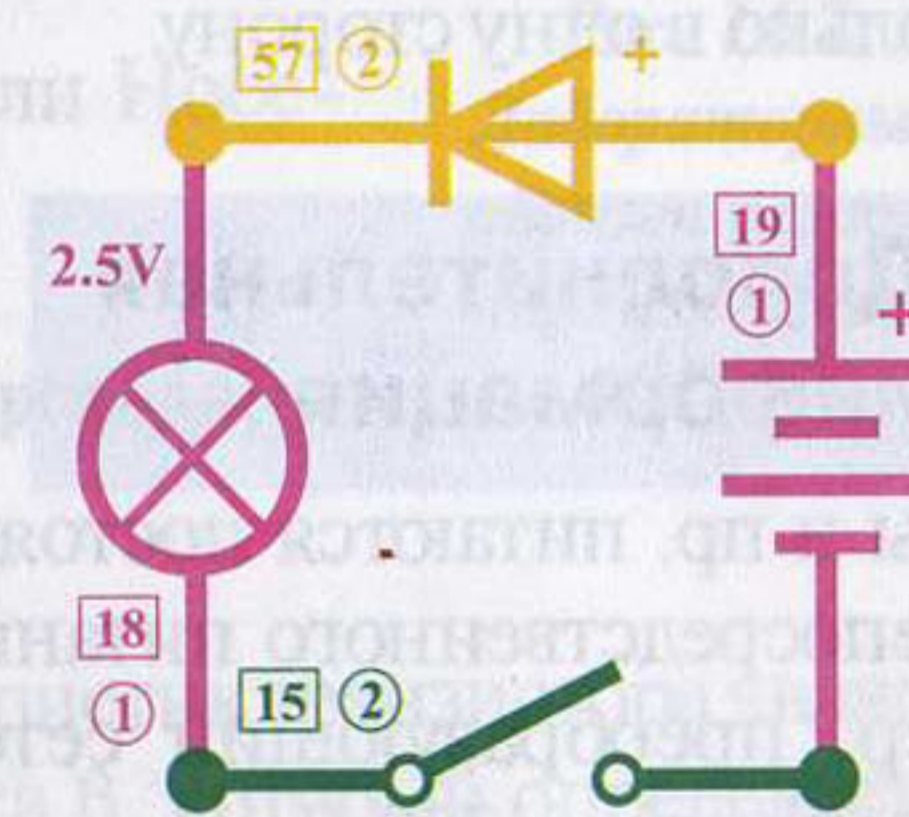


Рис. 13.3. Проверка проводимости диода

Используя диод и лампочку, рассчитанную на соответствующее напряжение, можно проверять полярность неизвестной батареи или аккумулятора. Если лампочка горит, то аноду диода соответствует плюс этого неизвестного источника.

Задание 2. Защитные функции диода

Особенность проводить ток в одном направлении дает возможность использовать диод в качестве защиты устройств от неправильного подключения полярности источника питания. Например, нам требуется, чтобы электродвигатель вращался *только по часовой стрелке*. Для защиты от неправильного подключения надо последовательно с двигателем включить диод (рис. 13.4). Если поменять по-

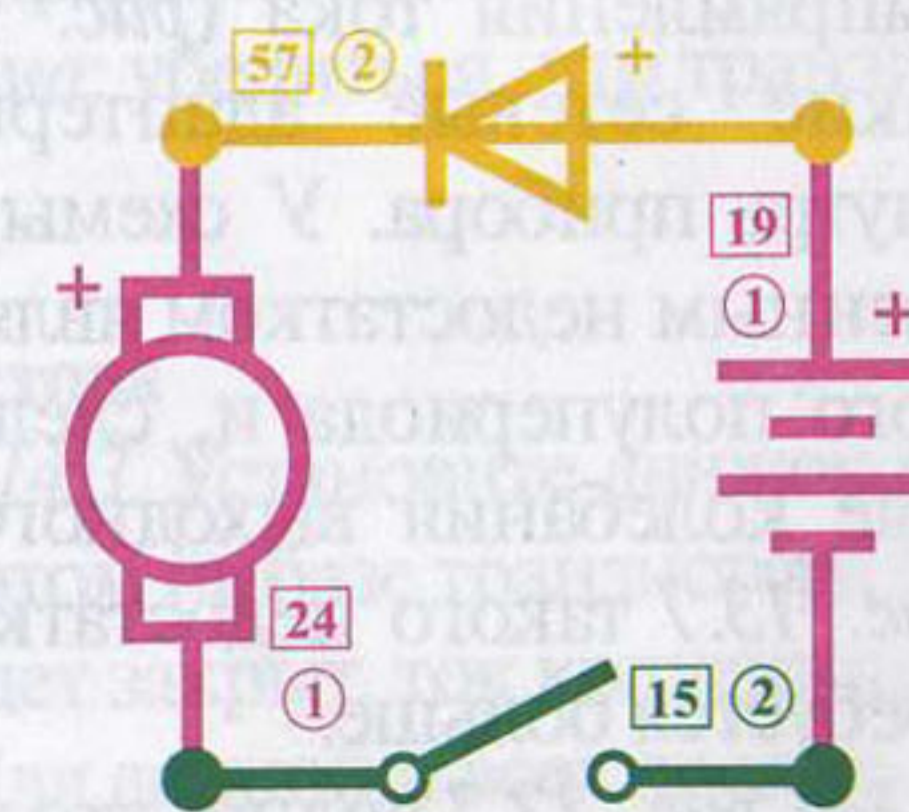


Рис. 13.4. Защита электродвигателя

лярность батареи, то двигатель не начнет вращаться против часовой стрелки, как это было бы при отсутствии диода, а просто не будет работать, т.к. диод не будет пропускать ток.

Задание 3. Падение напряжения на диоде

Соберите схему *рис. 9.7б* из практического занятия №9 «Измерительные приборы» заменив в ней светодиод [26] диодом [57]. Измерьте падение напряжения на диоде и сравните полученные данные с графиком *рис. 13.2*.

В футбольном мяче стоит ниппель, который пропускает воздух только в одну сторону, диод тоже пропускает ток только в одну сторону.



Дополнительная информация

Практически все компактные электронные приборы — плееры, фотоаппараты, видеокамеры, игровые приставки, мобильные телефоны и пр. питаются постоянным током. Для зарядки аккумуляторов или непосредственного питания перечисленных приборов необходим адаптер, преобразующий сетевое переменное напряжение 220 В в постоянное (*рис. 13.5*). В каждом таком адаптере находится несколько диодов, выполняющих функцию выпрямления тока (*рис. 13.6–13.8*). Часто такие сетевые адаптеры встраиваются внутрь прибора. У схемы *рис. 13.6* существенным недостатком является пропуск одного полупериода и, следовательно, сильные колебания выходного тока. У схемы *рис. 13.7* такого недостатка нет, но диодов требуется больше.



Рис. 13.5. Внешний вид сетевых адаптеров

На *рис. 13.7* видно, что при смене полярности входного сигнала, ток, протекающий через нагрузку, свое направление не меняет. При протекании одной полуволны работают диоды D_2 и D_3 , а при другой D_1 и D_4 .

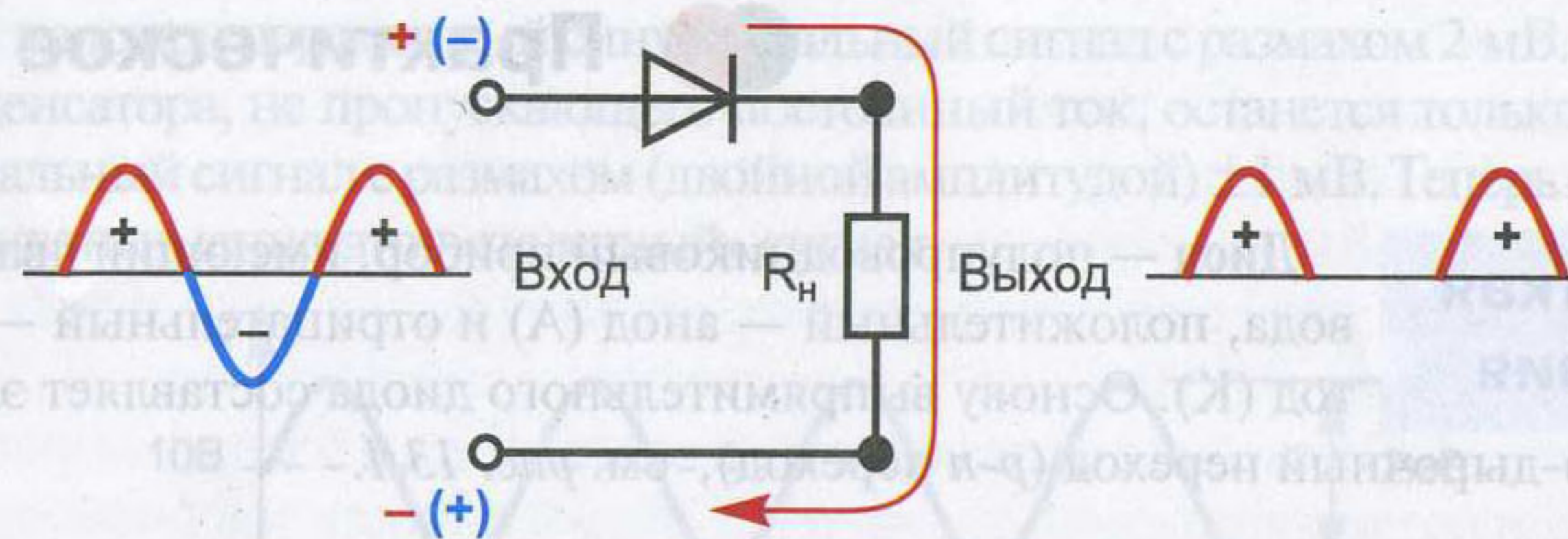


Рис. 13.6. Схема однополупериодного диодного выпрямителя

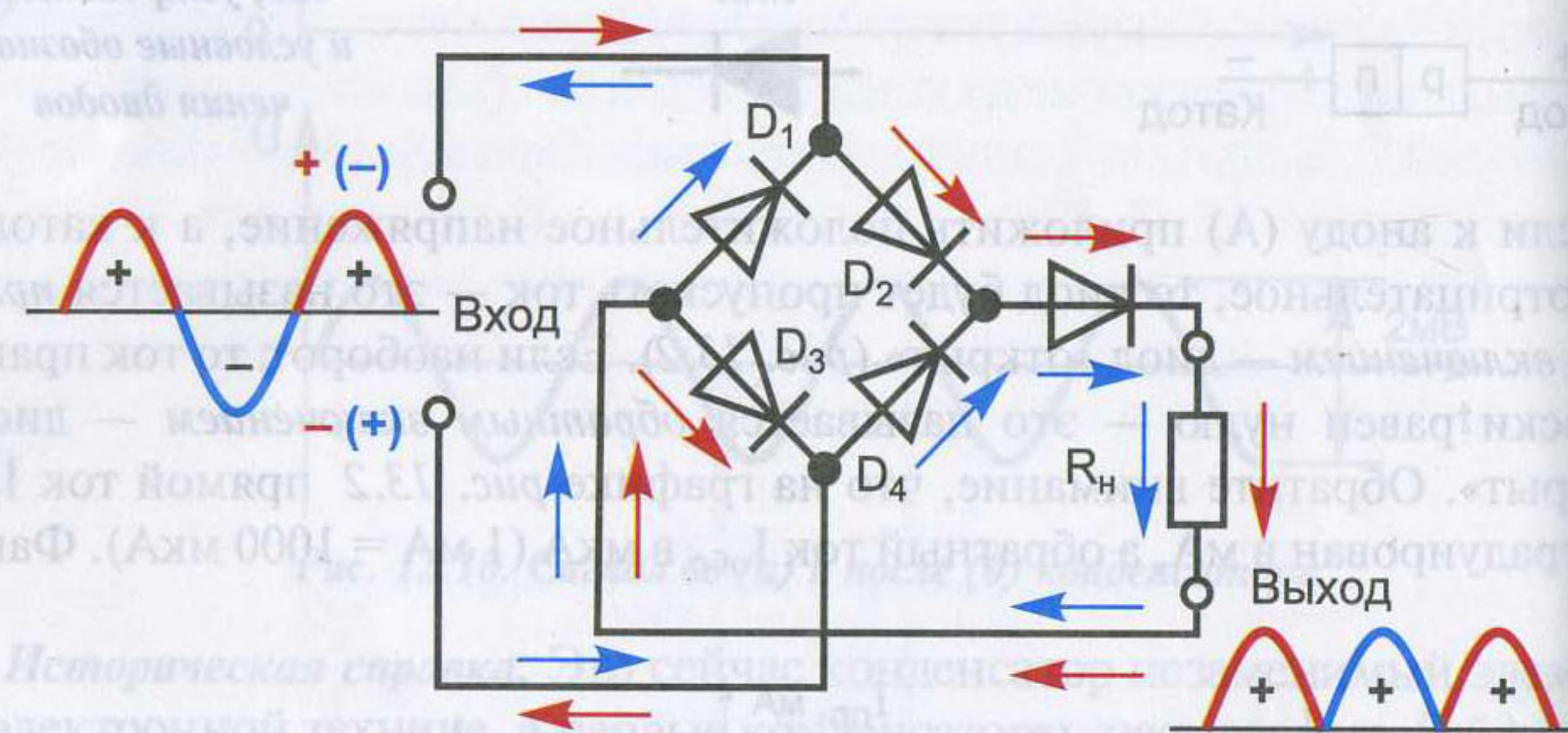


Рис. 13.7. Принцип работы двухполупериодного выпрямителя — диодного моста

Правда, чтобы превратить «волнистый однополярный» выходной ток в постоянный, необходим сглаживающий фильтр и желателен стабилизатор напряжения.

Что получается, если соединить два p-n перехода, можно узнать в следующем Практическом занятии №15.

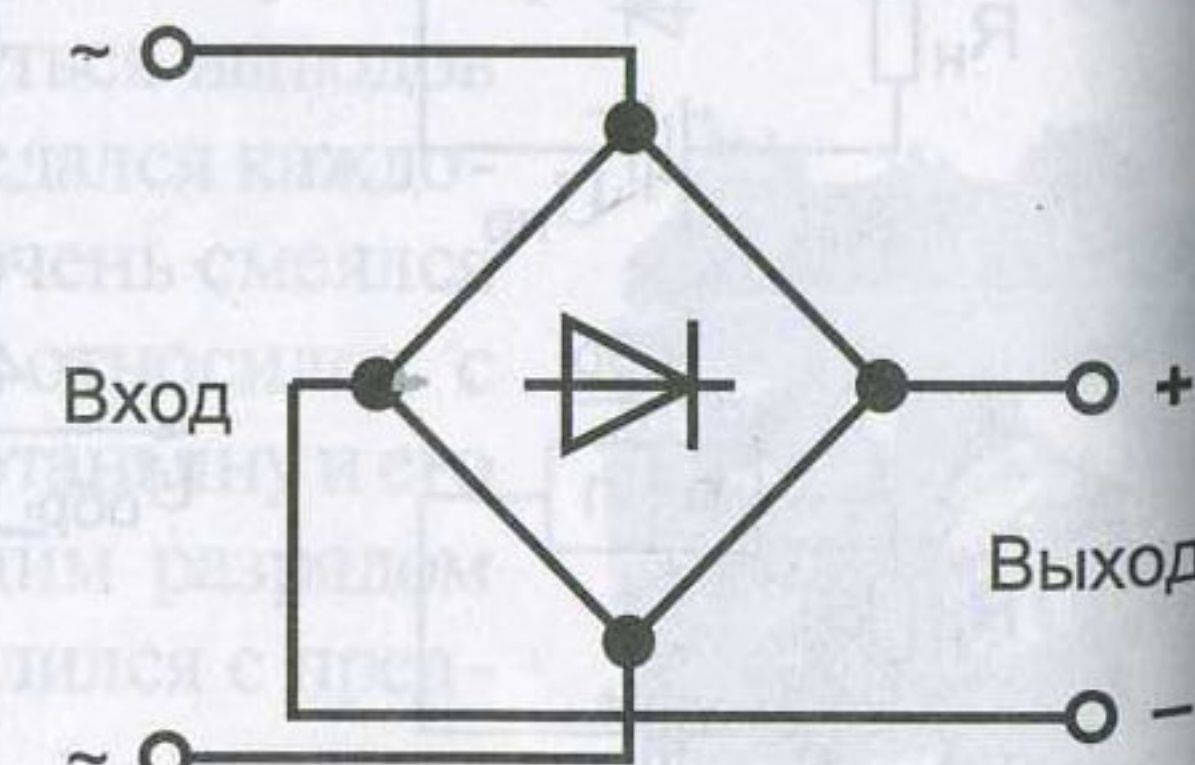


Рис. 13.8. Условное обозначение диодного моста

● Практическое занятие № 14. БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ

Краткая теория

Транзисторы — полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления, генерирования и преобразования электрических сигналов. Транзисторы делятся на два класса: *биполярные* транзисторы и *униполярные* (полевые) транзисторы. В биполярных транзисторах носителями заряда служат как электроны, так и дырки (отсюда приставка «би» — два), в униполярных — либо электроны, либо дырки (отсюда приставка «уни» — один). Изготавливаются, в основном, из кремния или германия.

В нашем конструкторе используются кремниевые биполярные транзисторы.

Биполярный транзистор — полупроводниковый прибор, имеющий три вывода, — *эмиттер* (Э), *базу* (Б) и *коллектор* (К). Основу биполярного транзистора составляют два *p-n* перехода. В зависимости от взаиморасположения *p-n* переходов транзисторы разделяются на *p-n-p* (PNP) и *n-p-n* (NPN) типа (рис. 14.1). Если просто подсоединить соответствующие напряжения к эмиттеру (Э) и коллектору (К), то транзистор не будет проводить ток, т.е. будет «закрыт» (в отличие от диода, которому достаточно правильно подсоединить анод и катод). Для того чтобы транзистор «открылся», т.е. начал проводить ток, необходимо на базу подать управляющий потенциал для задания тока базы. Значение этого потенциала и направление тока базы I_B зависит от типа транзистора (PNP или NPN). Регулируя этот потенциал и, следовательно, неболь-

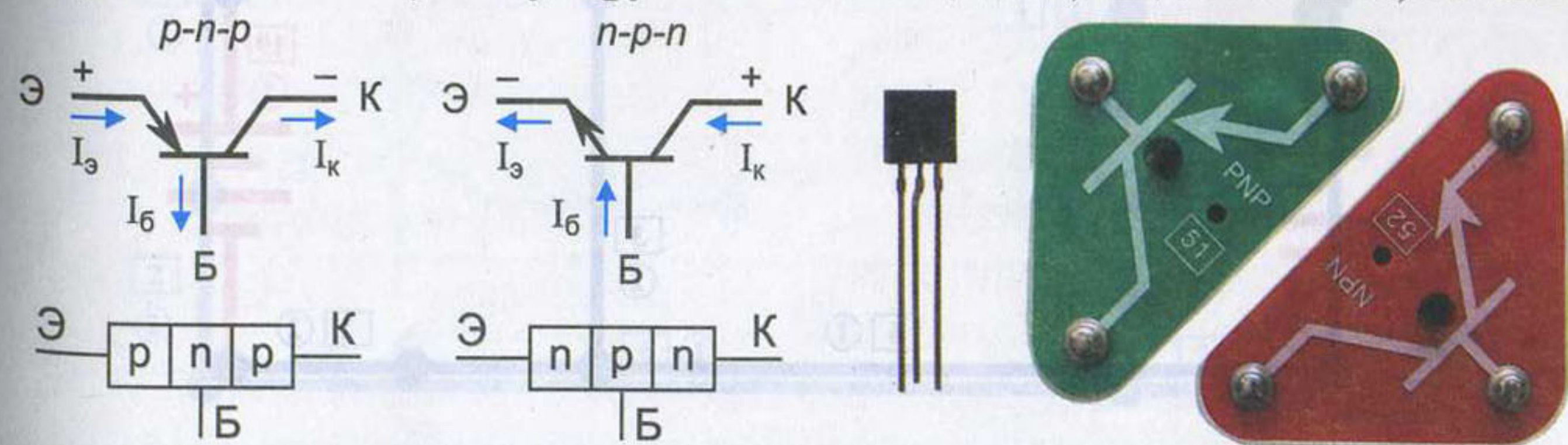


Рис. 14.1. Внешний вид, устройство и условные обозначения транзисторов

шой базовый ток, можно регулировать большой ток, протекающий через транзистор (коллектор и эмиттер).

Историческая справка. В декабре 1947 году американцы Джон Бардин, Уолтер Братгайн и Уильям Шоклей разработали первый германиевый транзистор (рис. 14.2). Около 6 месяцев, до тех пор, пока транзистор не был усовершенствован, изобретение сохранялось в тайне. Первое публичное объявление прозвучало 30 июня 1948 года.

За это изобретение в 1956 году они получили Нобелевскую премию по физике.



Рис. 14.2. Лабораторный образец первого транзистора, 1947 год

? Что общего между транзистором и водопроводным краном?

Практика Одной из основных характеристик транзистора является коэффициент усиления тока β , который определяется как I_C/I_B . Исходя из того, что $I_E = I_C + I_B$, видно, что чем меньше ток базы I_B , тем лучше и, следовательно, чем больше β , тем транзистор качественнее. У современных транзисторов β лежит в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен. **Задача практикума:** убедиться, что транзистор может усиливать ток.

Задание 1. Усиление с помощью PNP транзистора

Соблюдая полярность, соберите схему рис. 14.3. Установите движок реостата [53] в крайнее верхнее положение. При этом на базе транзистора будет положительный потенциал, транзистор будет закрыт, ток коллектора и базы близки к нулю, и лампа гореть не будет. Для данной и всех последующих схем входной величиной является ток базы I_B , а выходной — ток коллектора I_C , который протекает через нагрузку — лампу 6V. Резистор [30] под-

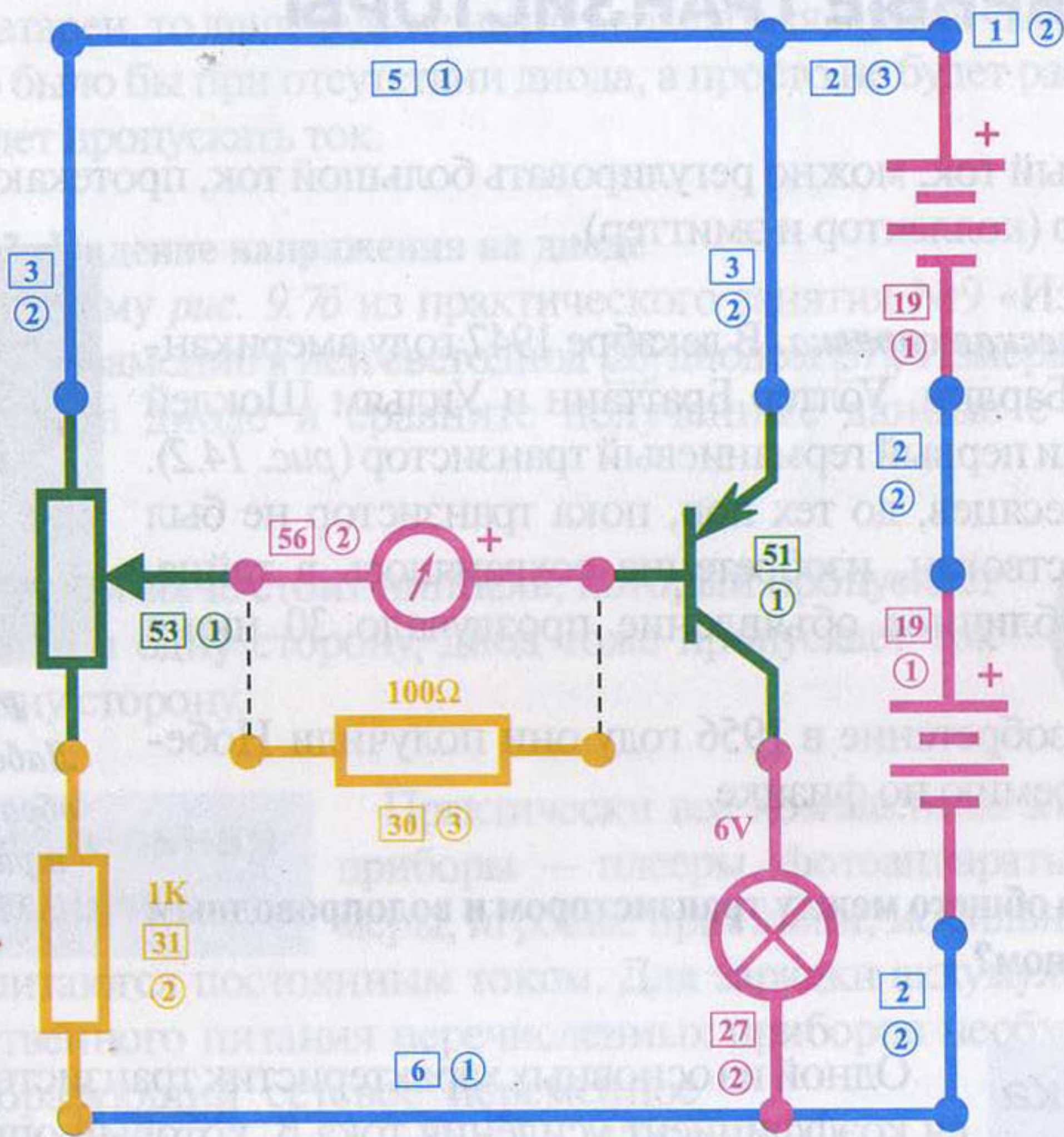


Рис. 14.3. Проверка коэффициента усиления по току PNP транзистора

соедините непосредственно к контактам гальванометра [56]. Как мы знаем из Практического занятия №9 «Электроизмерительные приборы», такое подсоединение резистора превращает гальванометр в «миллиамперметр» с диапазоном измерения 0–3 мА. Наблюдая за стрелкой «миллиамперметра», плавно перемещайте движок реостата (стрелка не должна уходить за отметку 10 на шкале) до уверенного свечения лампы. Ток базы у нас не превышает 3 мА, а для свечения лампы необходим ток около 200 мА, т.е. управляя небольшим током базы, мы регулируем достаточно большой ток коллектора — это и есть токоусилительная функция транзистора.

Установите стрелку прибора на 5 делений и попытайтесь запомнить яркость свечения лампы.

Задание 2. Усиление с помощью NPN транзистора

Все рассуждения из Задания 1 применимы и к этому заданию. Соберите схему рис. 14.4. Движок реостата надо поместить в крайнее нижнее положение. Обратите внимание на полярность подключения гальванометра (он окажется в перевернутом состоянии, но на его работе это никак не отразится). Смена полярности гальванометра означает, что в этом эксперименте ток базы потечет в другом направлении. Наблюдая за стрелкой «миллиамперметра» и плавно перемещая движок реостата (стрелка не должна уходить за отметку 10 на шкале), добейтесь плавного увеличения яркости лампы.

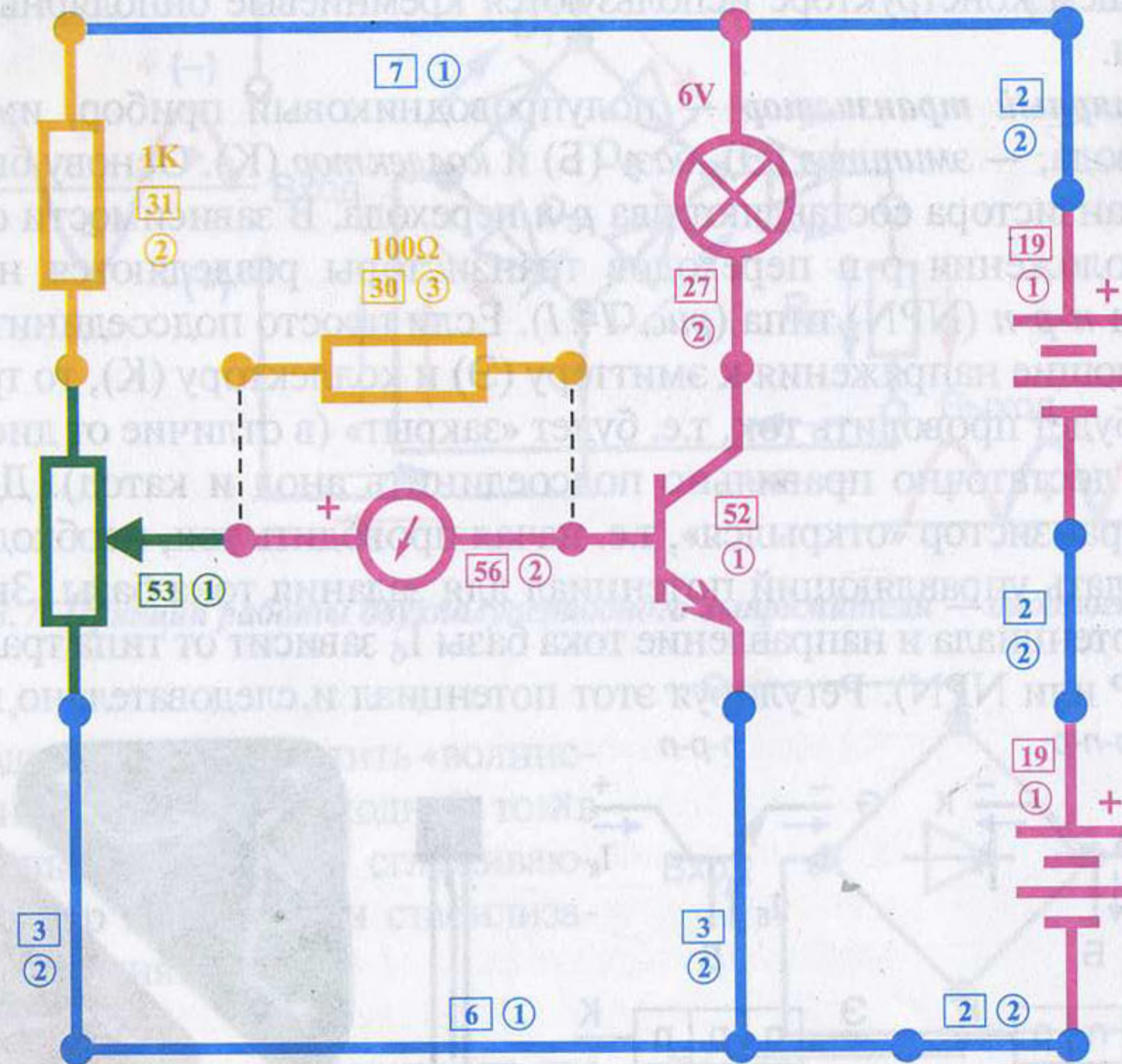


Рис. 14.4. Проверка коэффициента усиления по току NPN транзистора

Задание 3. Составной транзистор

Как было сказано ранее, одним из основных параметров транзисторов является коэффициент усиления тока β , и чем больше этот параметр, тем лучше. Так вот, если включить транзисторы по схеме *рис. 14.5*, то общий коэффициент усиления будет равен произведению β каждого из транзисторов: $\beta_{\Sigma} = \beta_1 \cdot \beta_2$. Такая схема включения носит название «составной транзистор». Если $\beta_1 = \beta_2 = 50$, то коэффициент усиления составного транзистора будет 2500. Следовательно, если коэффициент усиления увеличивается в 50 раз по сравнению со схемами *рис. 14.3* *рис. 14.4*, то мы вправе ожидать, что для зажигания лампы потребуется в 50 раз меньший

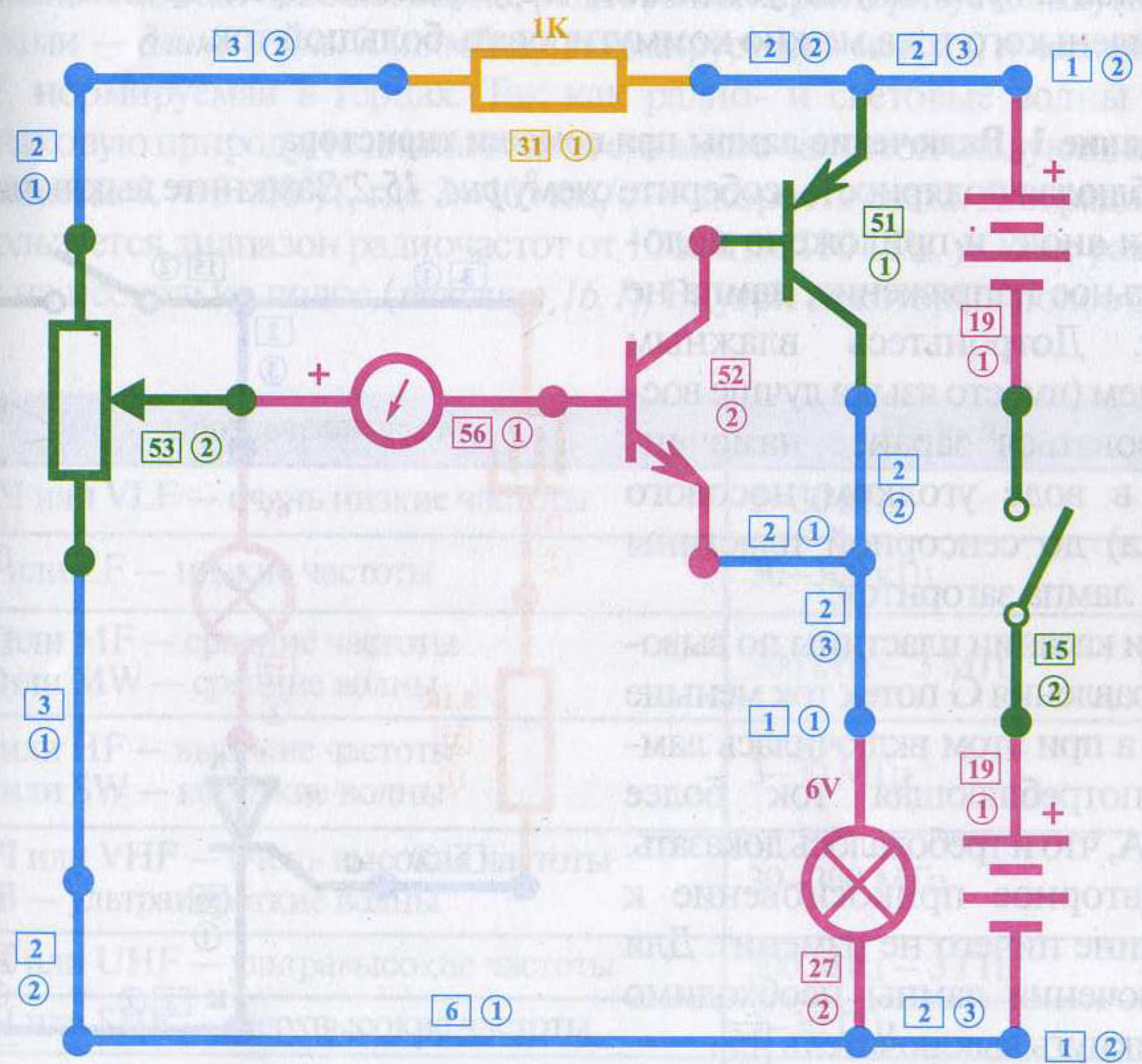


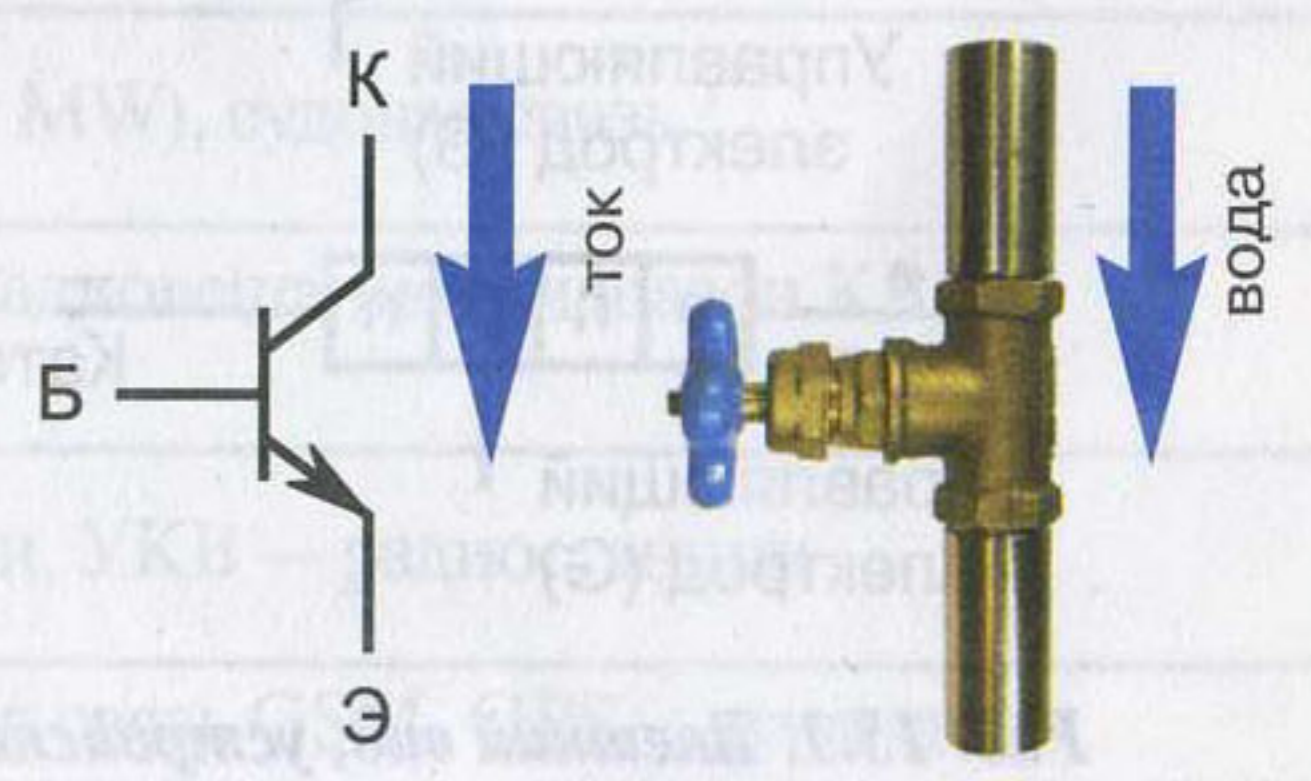
Рис. 14.5. Проверка коэффициента усиления по току составного транзистора

ток базы, чем в предыдущих экспериментах. Убедимся в этом. Соблюдая полярность, соберите схему *рис. 14.5*. Обратите внимание, что гальванометр подключен без шунтирующего резистора, т.е. диапазон измерения у него теперь 300 мкА, в 10 раз меньше, чем в Заданиях 1 и 2, и он фактически работает как «микроамперметр». Установите движок реостата [53] в крайнее нижнее положение. Замкните выключатель. Наблюдая за стрелкой и плавно перемещая движок реостата, добейтесь яркости свечения лампы как в Заданиях 1 и 2 при отклонении стрелки «миллиамперметра» на 5 делений. Стрелка прибора лишь немного отклонится от нуля, что подтверждает все вышесказанное об увеличении коэффициента усиления. По показаниям гальванометра приблизительно оцените величину тока базы. Используя данные, полученные при выполнении Задания 1 и этого задания, рассчитайте во сколько раз коэффициент усиления составного транзистора больше коэффициента усиления транзистора [51].

Нарисуйте принципиальную схему *рис. 14.5*.

Используя вольтметр, можно построить карту потенциалов схем (*рис. 14.3, 14.4, 14.5*) для разных положений движка реостата.

Прикладывая *небольшое* усилие при открывании и закрывании водопроводного крана, можно регулировать очень *сильный* поток воды в трубопроводе. Так и в транзисторе — подавая *небольшой* ток в базу транзистора можно регулировать очень *сильный* ток, протекающий в электрической цепи.



● Практическое занятие № 15. ТИРИСТОР

Краткая теория

Тиристор — полупроводниковый прибор, предназначенный, в основном, для регулировки и коммутации больших токов, например, в цветомузыкальных установках, кодовых замках, схемах регулировки освещенности, терморегуляторах, сварочных аппаратах, мощных электродвигателях и пр. Тиристор имеет три вывода — *анод А*, *катод К* и *вывод управления G*. Основу тиристора составляют три электронно-дырочных перехода (три *p-n* перехода) (рис. 15.1). Если просто подсоединить положительное напряжение к аноду А (относительно катода К), то тиристор не будет проводить ток (в отличие от диода). Для того чтобы тиристор проводил ток, необходимо к выводу управления G подключить положительный импульсный сигнал. Даже после отключения сигнала от вывода G тиристор по-прежнему будет проводить ток. Повторная подача сигнала на вывод управления ситуацию не изменит. Для выключения тиристора необходимо снять напряжение с анода (А). Это является недостатком по сравнению с транзисторами, но этот недостаток компенсируется сверхмалыми токами управления (на порядок меньше, чем ток базы транзистора) и малой рассеиваемой мощностью.

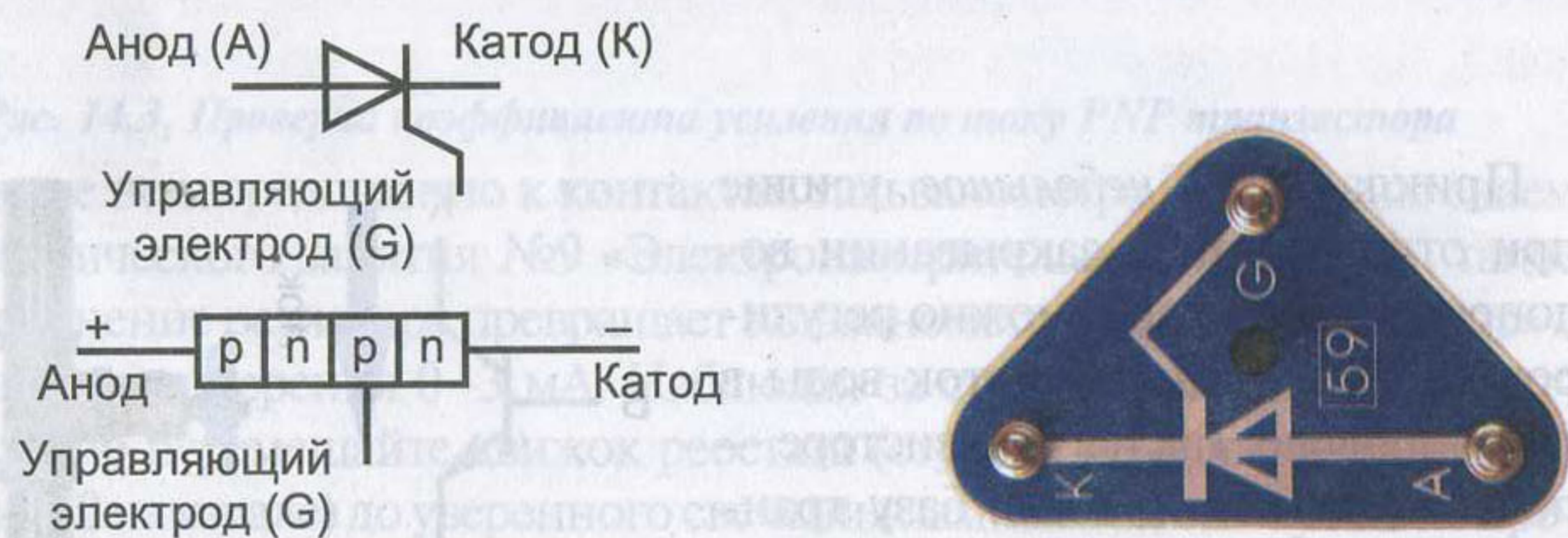


Рис. 15.1. Внешний вид, устройство и условное обозначение тиристора

Историческая справка. Американский ученый, профессор Иллинойского университета Ник Холокьяк в 1956 году разработал вместе с сотрудниками лаборатории «Белл Телефон» первый тиристор. Первые серийные тиристо-

ры увидели свет в 1957 г. За эту работу, а также за работы над современными светодиодами Н.Холокьяк был удостоен в 2000 году Нобелевской премии.

Практика

Применение тиристорov позволяет добиться значительной экономии энергии, поэтому примерно 30% всей электроэнергии, вырабатываемой в мире, проходит через тиристоры.

Одно из основных применений тиристорov коммутация больших токов. **Задача практикума:** убедиться, что управляя тиристором при помощи маленького тока, можно коммутировать большой ток.

Задание 1. Включение лампы при помощи тиристора

Соблюдая полярность, соберите схему рис. 15.2. Замкните выключатель. Хотя к аноду и приложено положительное напряжение, лампа не горит. Дотроньтесь влажным пальцем (вместо языка лучше воспользоваться заранее намоченным в воде уголком носовой платки) до сенсорной пластины [12] — лампа загорится.

При касании пластины по выводу управления G потек ток меньше 1 мА, а при этом включилась лампа, потребляющая ток более 200 мА, что и требовалось доказать.

Повторное прикосновение к пластине ничего не изменит. Для выключения лампы необходимо разомкнуть выключатель [15].

Нарисуйте принципиальную схему рис. 15.2.

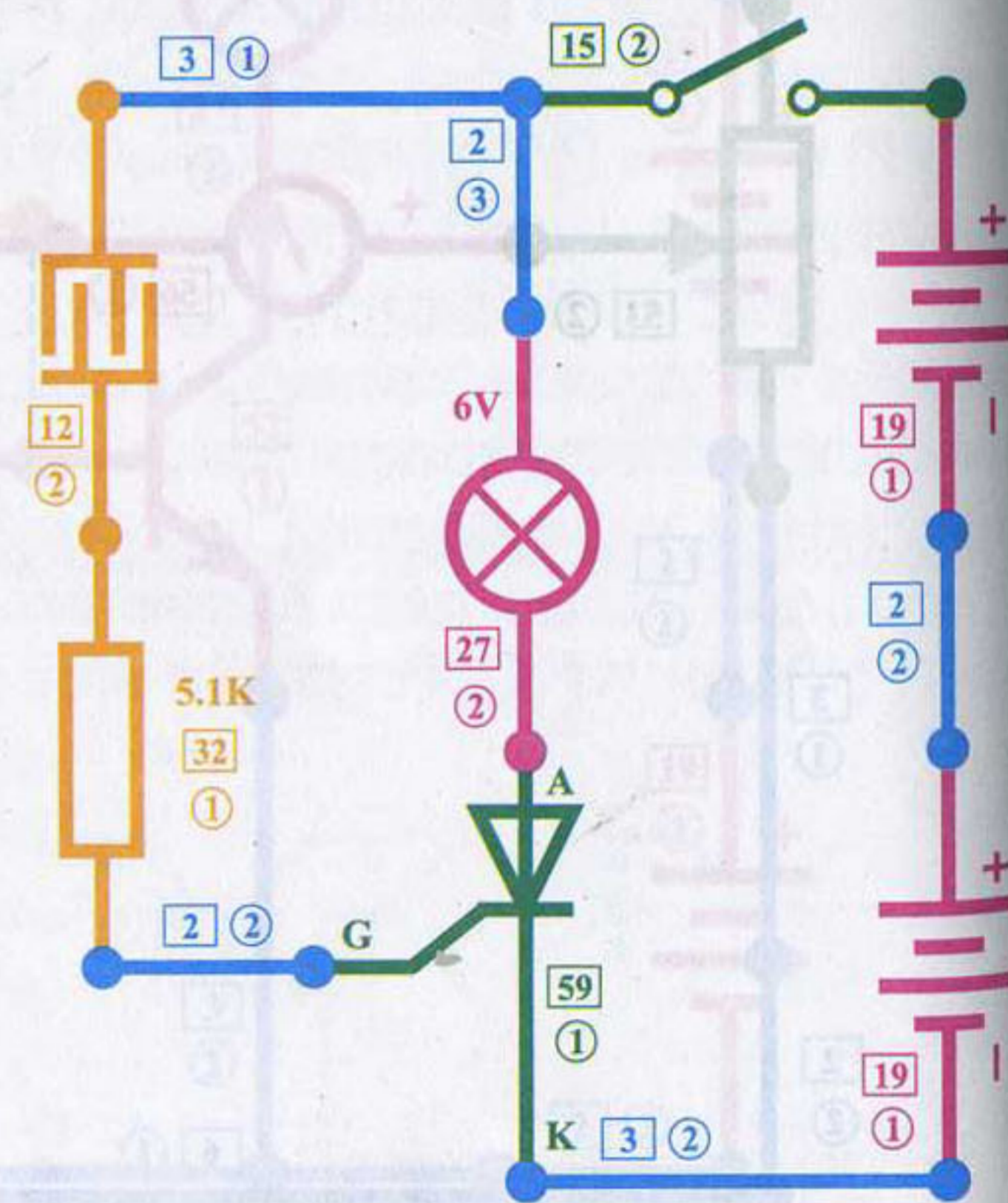


Рис. 15.2. Включение лампы при помощи тиристора



Практическое занятие № 16. РАДИОПРИЕМНИКИ

Краткая теория

Радиоприемники — устройства, осуществляющие преобразование *радиоволн* в звуковые колебания. Основные характеристики: диапазон принимаемых частот, чувствительность, выходная мощность. Современные радиоприемники, как и все изделия электроники, стремительно уменьшаются в размерах, которые ограничиваются удобством использования.

Радиоволны — один из диапазонов бесконечного спектра электромагнитных волн. Как и любая волна, радиоволна характеризуется двумя параметрами — *длина волны λ* (лямбда), нормируемая в метрах, и *частота волны f* , нормируемая в герцах. Так как радио- и световые волны имеют одинаковую природу, то длина волны связана с частотой следующим соотношением: $\lambda = 3 \cdot 10^8 / f$, где $3 \cdot 10^8$ км/с — скорость света. Для радиосвязи используется диапазон радиочастот от 10 кГц до 100 ГГц, условно разделенный на несколько полос (таблица 16.1). Внутри некоторых полос отдель-

но выделяются поддиапазоны частот для спецслужб, скорой помощи и т.п.

FM — радиостанции вещают в диапазоне 88–108 МГц, но одна и та же радиостанция может выходить в разных городах на разных частотах, т.е. приезжая в другой город, вы можете не найти свою любимую радиостанцию на привычной частоте. «Расширенный FM диапазон» у радиоприемников подразумевает возможность прослушивания радиостанций, вещающих и в диапазоне УКВ 65.8–73 МГц (рис. 16.1). Обычно на радиоприемниках диапазоны принимаемых частот (band) указывается либо по типу применяемой модуляции — AM и FM и шкала градуируется в герцах, либо по длине волны — СВ (MW), КВ (SW), УКВ, при этом шкала проградуирована тоже в герцах. Правда встречаются



Таблица 16.1

Обозначение частот	Полоса	Использование
ОНЧ или VLF — очень низкие частоты	3–30 кГц	Связь на большие расстояния, навигация, подводная связь
НЧ или LF — низкие частоты	30–300 кГц	Связь на большие расстояния, длинноволновое радиовещание (диапазон ДВ или LW)
СЧ или MF — средние частоты СВ или MW — средние волны	300 кГц — 3 МГц	Средневолновое радиовещание (диапазон СВ или MW), судовая связь
ВЧ или HF — высокие частоты КВ или SW — короткие волны	3–30 МГц	Связь на большие расстояния, коротковолновое радиовещание (диапазон КВ), радиолобительский диапазон*
ОВЧ или VHF — очень высокие частоты УКВ — ультракороткие волны	30–300 МГц	Мобильная связь, ТВ каналы, FM — радиостанции, УКВ — радиостанции
УВЧ или UHF — ультравысокие частоты	300 МГц — 3 ГГц	Переносные радиостанции, ТВ каналы, мобильная связь GSM, GPS — навигация
СВЧ или SHF — сверхвысокие частоты	3–30 ГГц	Радиолокация, спутниковая связь
КВЧ или EHF — крайне высокие частоты	30–100 ГГц	Межспутниковая связь, микросотовая радиотелефонная связь

* в этом диапазоне работают радиоуправляемые модели — самолеты, автомобили и пр., но при этом мощность передатчика должна быть небольшой

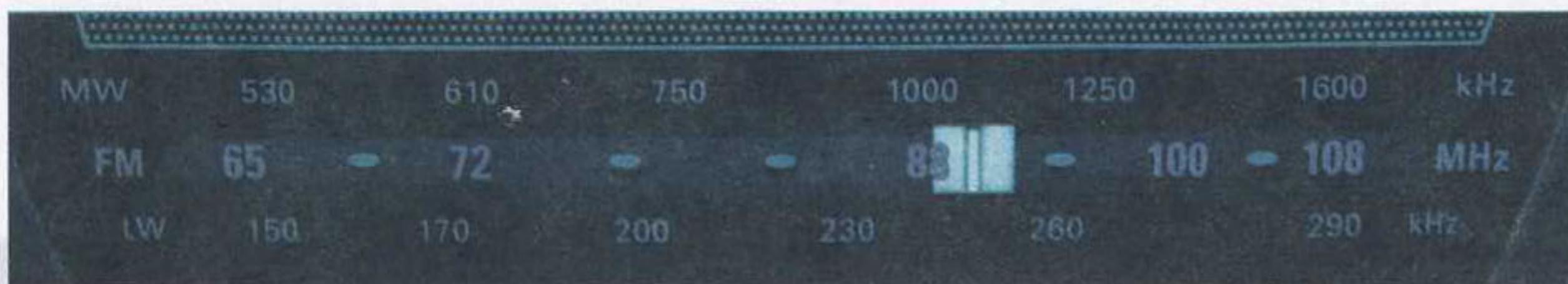


Рис. 16.1. Шкала радиоприемника со смешанным обозначением диапазонов

ся радиоприемники, в которых применяется смешанное обозначение диапазонов — по виду модуляции и по длине волны (рис. 16.1). MW (Medium Wave) — средние волны, LW (Low Wave) — длинные волны, FM (Frequency Modulation) — частотная модуляция, подразумевая часть диапазона ультракоротких волн. Название «FM-диапазон», по сути своей, неправильно, но прижилось в народе и обозначает диапазон 88–108 МГц.

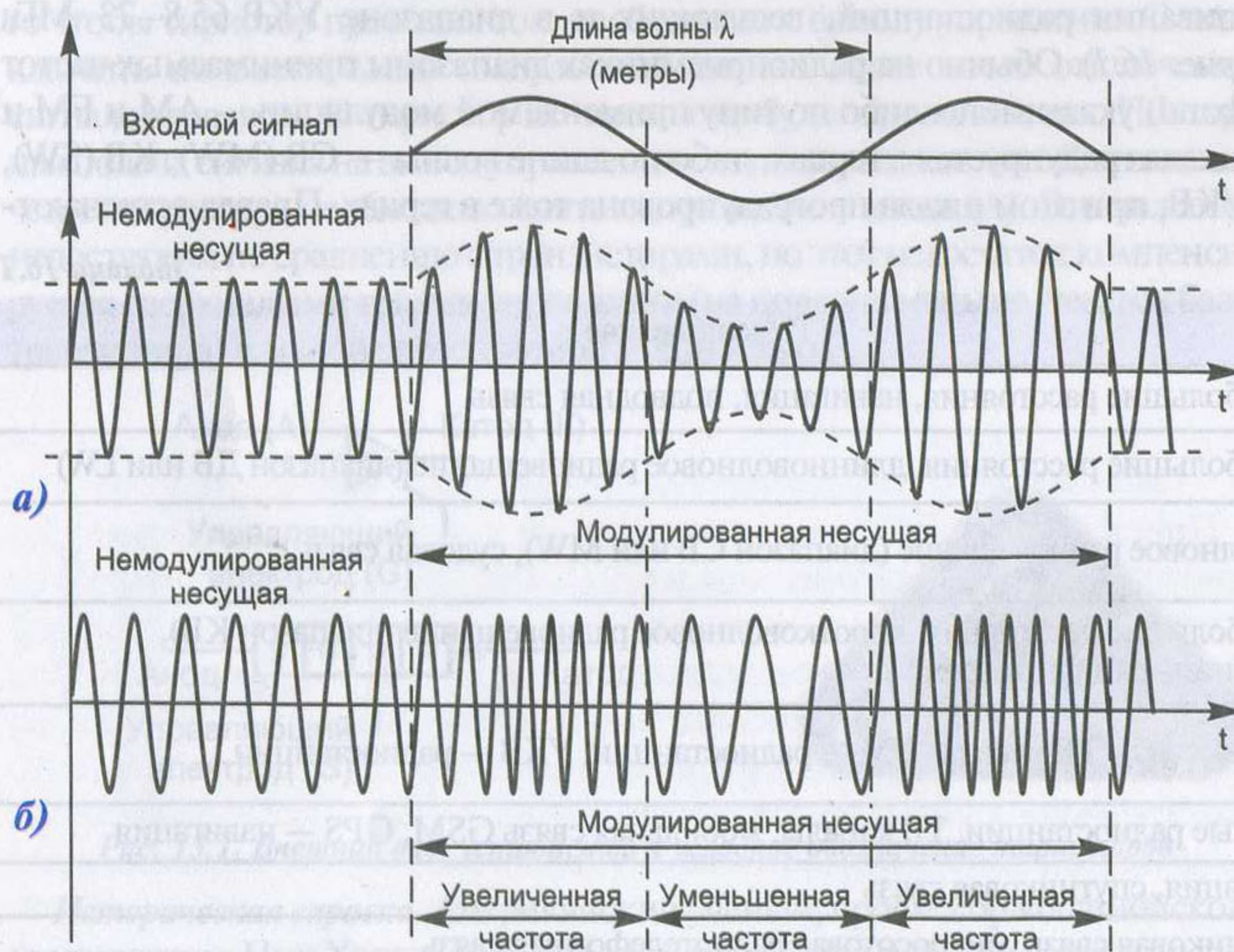


Рис. 16.2. Принцип амплитудной модуляции (а) и частотной модуляции (б) сигнала

В 1900 году канадский инженер Реджинальд А. Фессенден разработал принцип «наложения волн звуковой частоты на постоянную радиочастоту, чтобы модулировать амплитуду радиоволны в форму звуковой волны» (рис. 16.2а). Принцип был назван *амплитудной модуляцией* (АМ). В этом же году он провел эксперимент по передаче голоса по радио. В 1906 году осуществил первую официальную радиопередачу голоса. Такой принцип модуляции применяется при радиовещании на средних (СВ или MW) и длинных (ДВ или LW) волнах, обеспечивает хорошую дальность передачи, но не очень хорошее качество.

При *частотной модуляции* (FM) сигнала изменяют частоту несущей, а не ее амплитуду (рис. 16.2б). При положительной полуволне входного сигнала частота несущей увеличивается, при отрицательной — уменьшается. Такой принцип модуляции применяется при радиовещании на ультракоротких волнах (УКВ или FM радиостанции) и обеспечивает хорошее качество передачи, но на не очень большие расстояния..

Практика Задание 1. Радиоприемник СВ (MW)-диапазона

Соберите схему на рис. 16.3. Так как схема занимает много места, батареи на монтажную плату надо устанавливать максимально близко к правому краю. Установите движок потенциометра (ручка громкости) в среднее положение. Замокните выключатель. Вращая ручку переменного конденсатора (настройка на станцию) и поворачивая весь радиоприемник в разных плоскостях, настройтесь на радиостанцию. В последнее время в этом диапазоне вещает не очень большое количество станций, и эта задача может оказаться не простой.

Попытайтесь составить функциональную схему данного радиоприемника, т.е. определить функциональные блоки в данной схеме.

Задание 2. Цифровой радиоприемник FM-диапазона

К сожалению, ультракороткие волны имеют небольшой радиус распространения, и поэтому данный приемник будет работать только в местах, где работают станции FM-диапазона (крупные города и их окрестности).

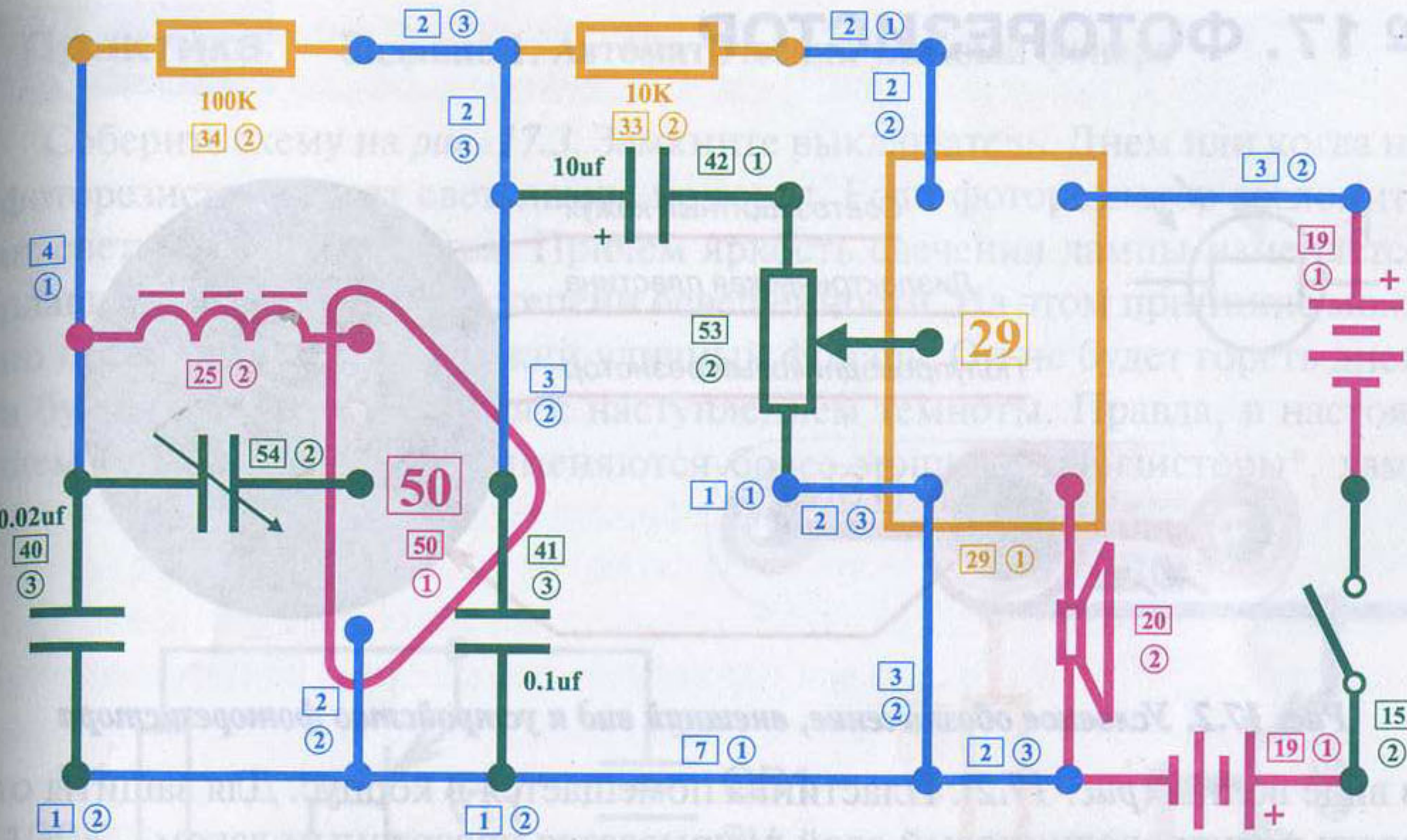


Рис. 16.3. Радиоприемник СВ (MW) — диапазона

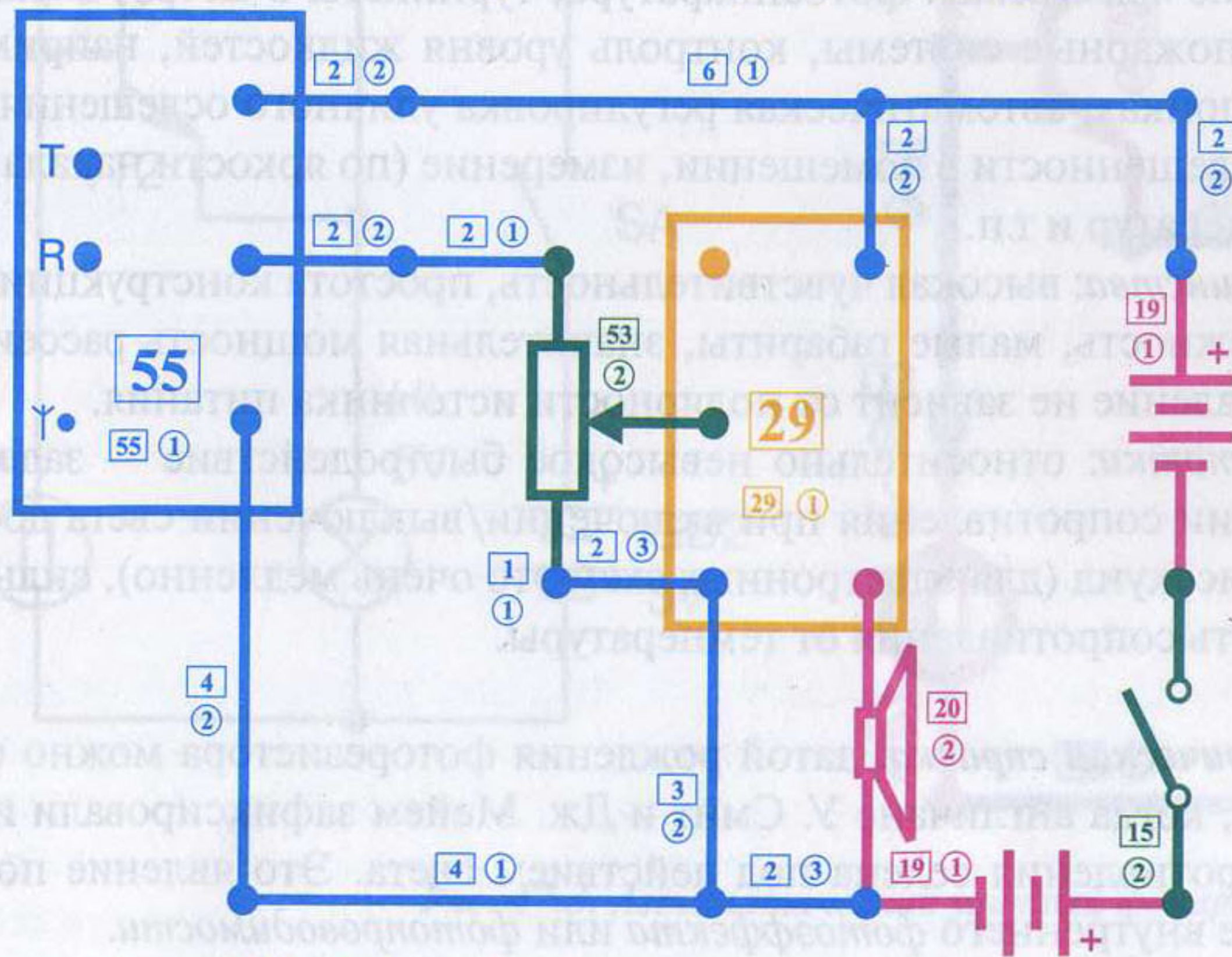
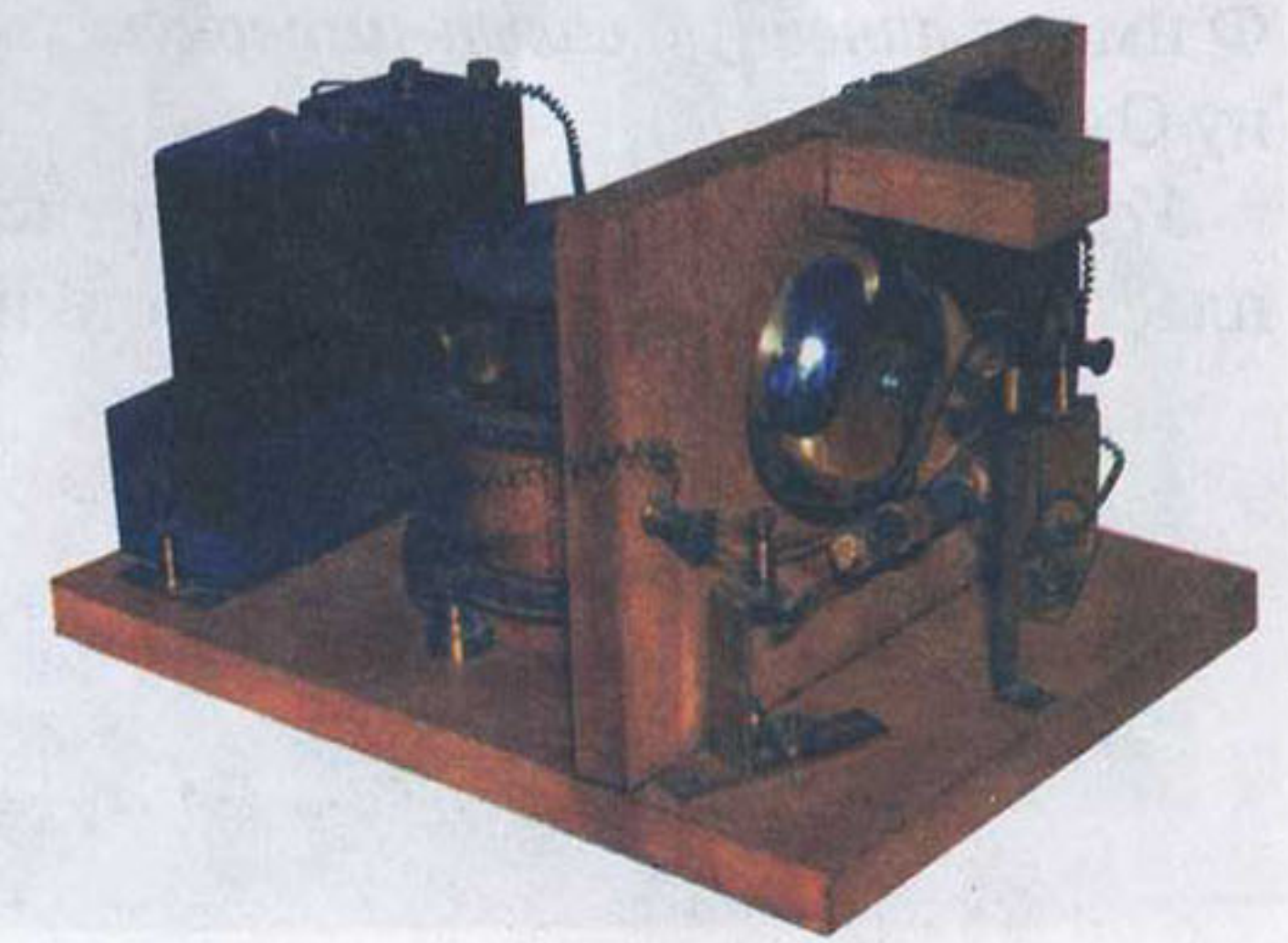


Рис. 16.4. Цифровой радиоприемник FM — диапазона

Соберите схему на рис. 16.4. Один раз нажмите и отпустите кнопку «Т». Нажатие приведет к автоматической настройке на станцию и запоминанию этой станции в памяти приемника. Нажимайте кнопку «Т» снова и снова, пока не настроитесь на все станции в диапазоне 88–108 МГц. После настройки на последнюю станцию нажмите кнопку возврата в исходное положение «R». Теперь, нажимая на кнопку «Т», вы будете переходить от радиостанции к радиостанции, зафиксированным в памяти приемника. Положение проволочной антенны сильно влияет на качество приема.

Историческая справка. На вопрос, кто же первым изобрел радио — Попов или Маркони, можно ответить словами самого А.С.Попова, которые он написал Петербургской газете «Новое время»: «Заслуга открытия явлений, послуживших Маркони, принадлежит Герцу и Бранли, затем идет целый ряд приложений, начатых Минчиным, Лоджем и многими после них, в том числе и мною, а Маркони первый имел смелость стать на практическую почву и достиг в своих опытах больших расстояний усовершенствованием действующих приборов».

Кстати, в выдаче патентов на изобретение Маркони было отказано не только в России, но и в Германии, Франции, США. Не признавал приоритет Маркони и его учитель профессор А.Риги, написавший об этом в своей книге, изданной в 1903 году. Энциклопедия Britannica признает за Поповым приоритет в демонстрации беспроводной телеграфии, но... поставить радиосвязь на промышленную основу и внедрить ее в повседневную жизнь удалось именно Маркони, за что в 1909 году он был удостоен Нобелевской премии.



Радиоприемник А.С. Попова

Практическое занятие № 17. ФОТОРЕЗИСТОР

Краткая теория

Фоторезистор (светочувствительный резистор) — полупроводниковый элемент, сопротивление которого зависит от уровня освещенности. Под действием света электрическое сопротивление фоторезистора уменьшается в тысячи раз. При этом сила тока в цепи возрастает, достигая значения достаточного для включения или работы какого-либо устройства. У фоторезистора [17] из данного конструктора сопротивление в темноте превышает 20 МОм, а при ярком освещении оно уменьшается до 250 Ом.

Если к фоторезистору приложить постоянное напряжение и менять его освещенность, то обнаружится, что ток, протекающий через фоторезистор, изменяется нелинейно. Это означает, что *световая характеристика* — зависимость тока I от светового потока Φ при неизменном приложенном напряжении U — *нелинейна* (рис. 17.1а).

Ток, протекающий через фоторезистор, зависит не только от освещенности, но и от приложенного напряжения. Если фоторезистор освещать неизменным светом и менять приложенное напряжение, то протекающий по нему ток будет меняться пропорционально изменению напряжения. Это означает, что фоторезисторы при неизменном световом потоке Φ имеют *линейную вольт-амперную характеристику* и подчиняются закону Ома (рис. 17.1б).

Устройство: фоторезистор представляет собой диэлектрическую* пластинку, на которую нанесен тонкий слой полупроводника с границей

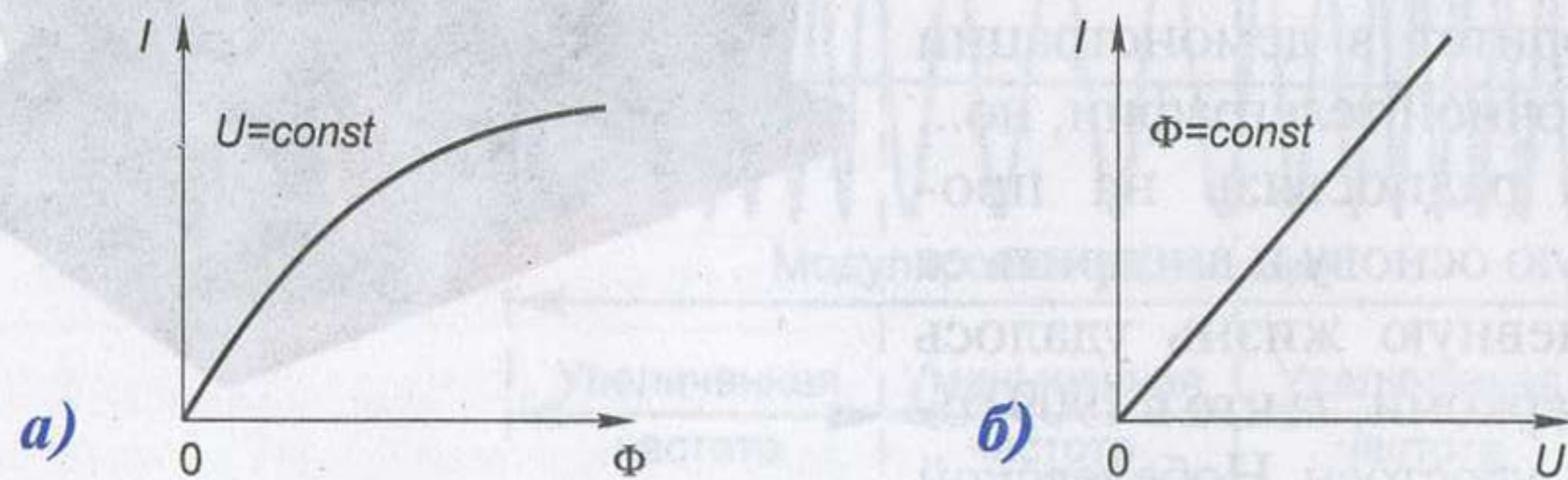


Рис. 17.1. Световая (а) и вольт-амперная (б) характеристики фоторезистора



Рис. 17.2. Условное обозначение, внешний вид и устройство фоторезистора

в виде волны (рис. 17.2). Пластинка помещается в корпус. Для защиты от влаги полупроводниковый слой покрывается прозрачным лаком.

Область применения: фотоаппаратура, турникеты в метро, охранные и противопожарные системы, контроль уровня жидкостей, например, на бензоколонках, автоматическая регулировка уличного освещения, измерение освещенности в помещении, измерение (по яркости накала) высоких температур и т.п.

Достоинства: высокая чувствительность, простота конструкции, высокая надежность, малые габариты, значительная мощность рассеивания, сопротивление не зависит от полярности источника питания.

Недостатки: относительно невысокое быстродействие — задержка в изменении сопротивления при включении/выключении света достигает 50 миллисекунд (для электронных схем это очень медленно), сильная зависимость сопротивления от температуры.

Историческая справка: датой рождения фоторезистора можно считать 1873 год, когда англичане У. Смит и Дж. Мейем зафиксировали изменение сопротивления селена под действием света. Это явление получило название внутреннего *фотоэффекта* или *фотопроводимости*.

* подробнее в Практическом занятии № 7 «Проводники и диэлектрики»

Практика **Задание 1. Автоматический уличный фонарь**

Соберите схему на рис. 17.3. Замкните выключатель. Днем или когда на фоторезистор падает свет, лампа не горит. Если фоторезистор заслонить от света, лампа загорится. Причем яркость свечения лампы изменяется плавно в зависимости от степени освещенности. На этом принципе можно построить автоматический уличный фонарь. Он не будет гореть днем и будет плавно включаться с наступлением темноты. Правда, в настоящем уличном фонаре применяются более мощные транзисторы*, лам-

пы** и питание организовано от сети. Если поменять местами резистор 100 К и фоторезистор, то схема станет работать «наоборот» — при свете лампа будет гореть, а в темноте она погаснет.

? Придумайте применение такой схеме

А теперь, когда мы убедились, что фоторезистор весьма полезная вещь, перейдем к его исследованию.

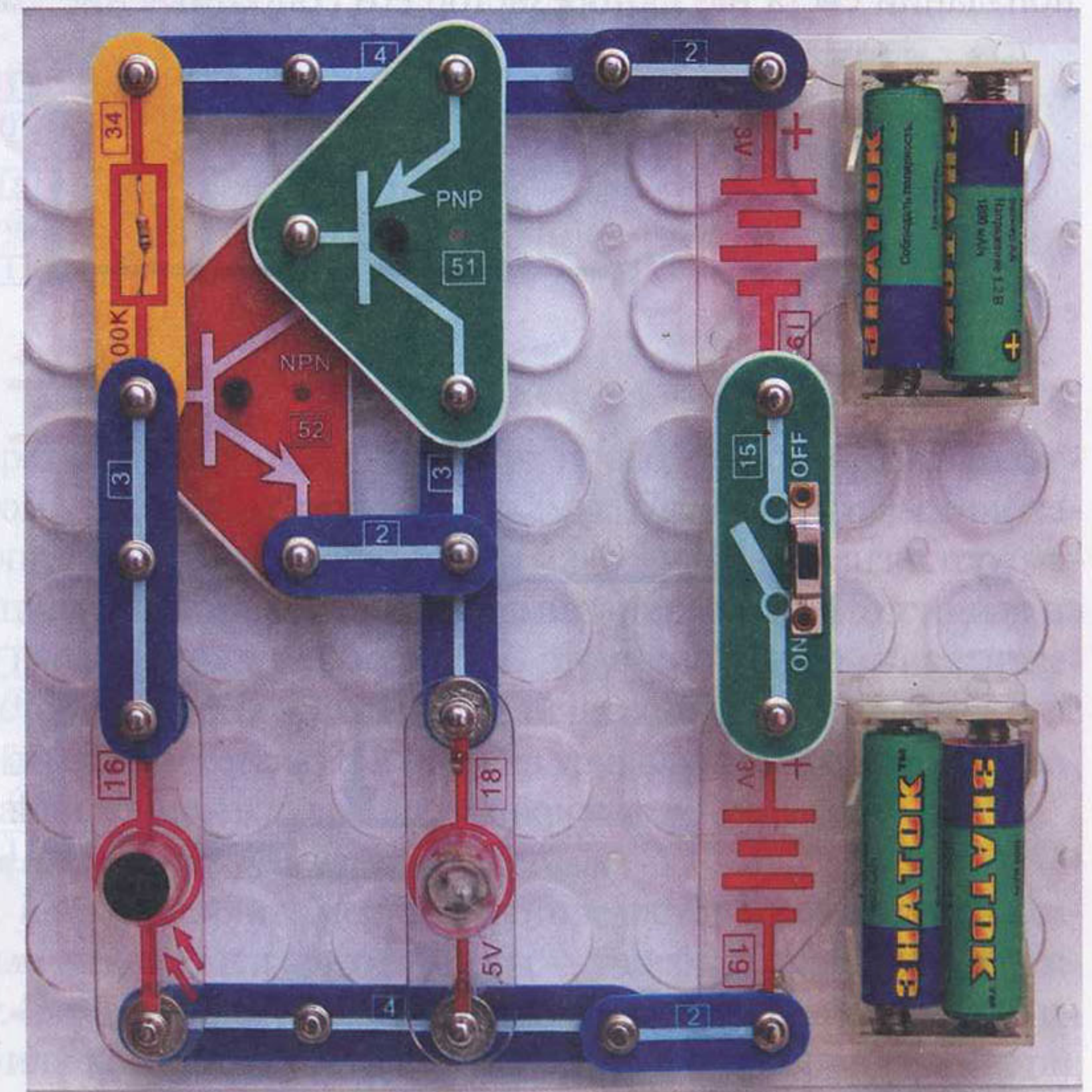
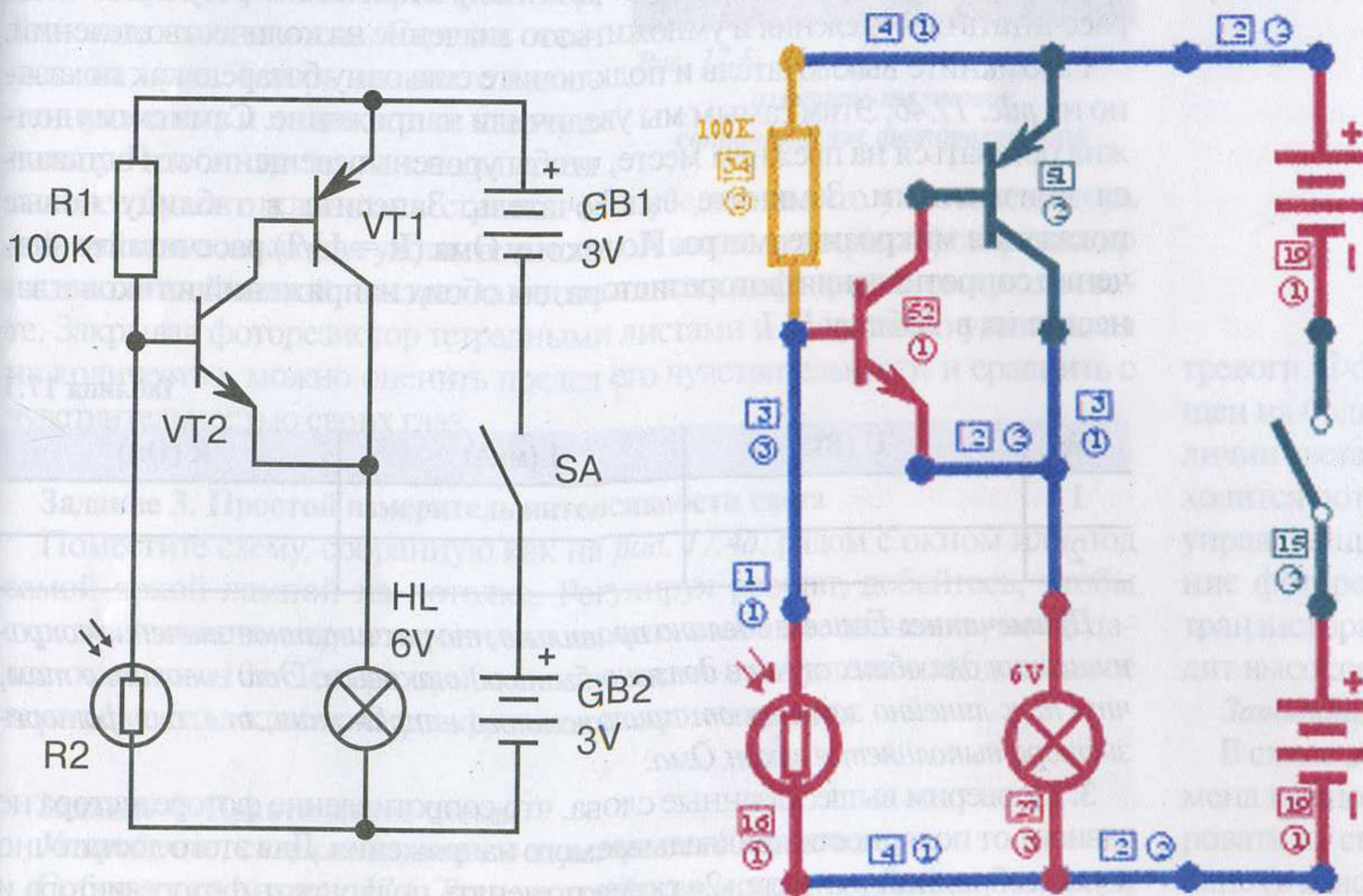


Рис. 17.3. Автоматический уличный фонарь. Принципиальные схемы и схема, собранная из реальных деталей

* подробнее в Практическом занятии № 15 «Биполярные транзисторы»; ** подробнее в Практическом занятии № 3 «Источники света. Лампы и светодиоды»

Задание 2. Исследование свойств фоторезистора

1. Убедимся, что ток, протекающий через фоторезистор, зависит от уровня освещенности. Для этого соберите схему *рис. 17.4а*. Так как освещенность в разных точках комнаты разная, то необходим реостат для регулировки тока через гальванометр. Регулируя реостат, добейтесь, чтобы стрелка гальванометра отклонилась на максимальное значение, но не далее отметки «10».

Закройте фоторезистор рукой, при этом его сопротивление резко возрастет, ток уменьшится и стрелка гальванометра устремится к нулю. При попадании света на фоторезистор его сопротивление уменьшится, ток

возрастет и стрелка снова отклонится от «0». Мы убедились в том, что сопротивление фоторезистора и, следовательно, ток в цепи действительно зависят от освещенности.

2. Теперь проверим как ток, протекающий через фоторезистор, зависит от приложенного напряжения. Перерисуйте *Таблицу 17.1* к себе в тетрадь.

В собранной схеме гальванометр работает как микроамперметр с диапазоном измерения 300 мкА. Отрегулируйте реостат так, чтобы стрелка гальванометра (микроамперметра) находилась на одном из делений в первой половине шкалы. Занесите в таблицу показания микроамперметра, соответствующее этому делению. Для получения этого результата надо рассчитать цену деления и умножить это значение на количество делений.

Разомкните выключатель и подключите еще одну батарею как показано на *рис. 17.4б*. Этим самым мы увеличили напряжение. Сама схема должна оставаться на прежнем месте, чтобы уровень освещенности оставался неизменным. Замкните выключатель. Занесите в таблицу новые показания микроамперметра. По закону Ома ($R = U/I$) рассчитайте значение сопротивления фоторезистора для обоих напряжений и токов и занесите их в *Таблицу 17.1*.

Таблица 17.1

№	U (В)	I (мкА)	R (Ом)
1			
2			

Примечание: Если все сделано правильно, то рассчитанное значение сопротивления для обоих случаев должно быть одинаковым. Это говорит о том, что ток линейно зависит от приложенного напряжения, т.е. для фоторезистора выполняется закон Ома.

3. Проверим вышесказанные слова, что сопротивление фоторезистора не зависит от полярности прикладываемого напряжения. Для этого достаточно в уже собранной в пункте «2» схеме поменять полярность фоторезистора и убедиться, что показания гальванометра остались прежними. Сделайте это.

4. Одной из основных характеристик фоторезистора является темновое сопротивление R_T , т.е. сопротивление в полной темноте. Как его измерить?

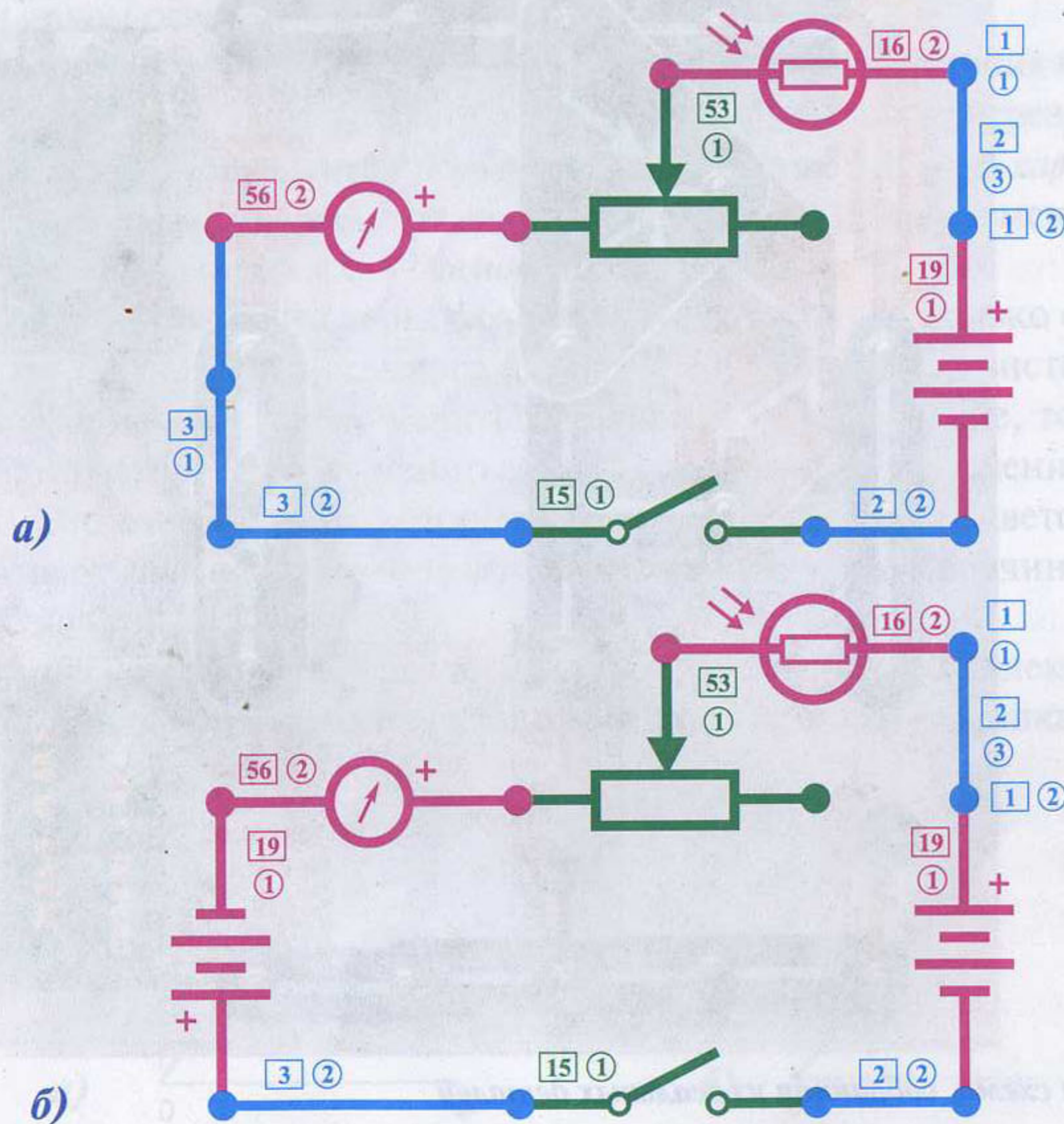


Рис. 17.4. Схемы исследования свойств фоторезистора

Казалось бы, чего проще — закрыть пальцем сверху фоторезистор, вот и темнота. Но это не совсем так. Верните схему в состояние как на *рис. 17.4а*. К освободившимся аккумуляторам подсоедините лампу 2,5 В и заслоните лампу пальцем (см. *рис. 17.5*). Палец просвечивает. А почувствует ли фоторезистор свет, проходящий сквозь палец? Закройте пальцем фоторезистор, замкните выключатель. Стрелка осталась на нуле. Теперь возьмите включенную лампу и поднесите ее сверху к пальцу. Чем ближе лампа к пальцу, тем сильнее будет отклоняться стрелка. Мы убедились, что у фоторезистора действительно высокая чувствительность. А вот если закрыть фоторезистор ластиком или книгой, то стрелка не отклонится даже при самом ярком свете. Закрывая фоторезистор тетрадными листами и постепенно увеличивая их количество, можно оценить предел его чувствительности и сравнить с чувствительностью своих глаз.

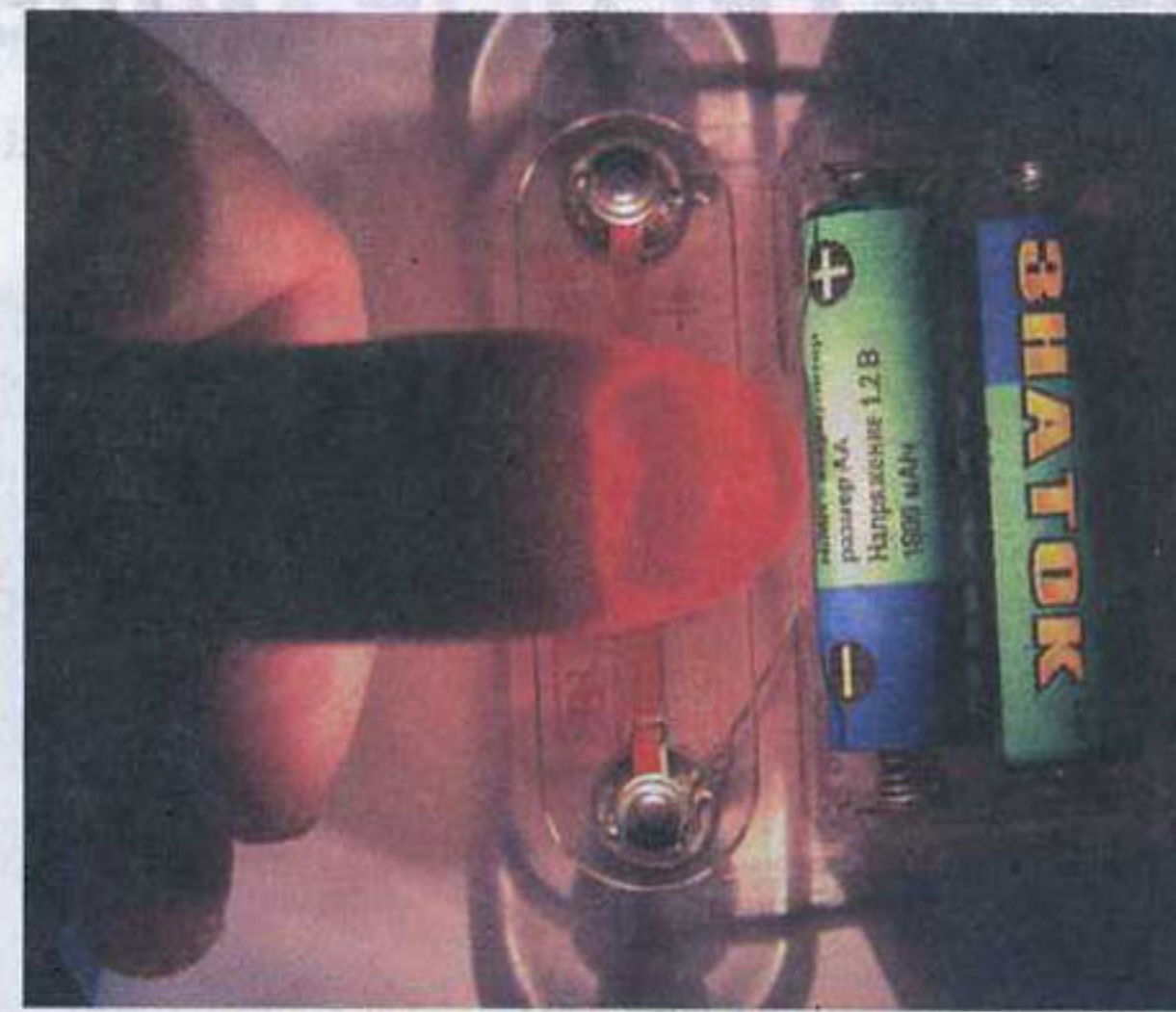


Рис. 17.5. При помощи пальца нельзя измерять темновое сопротивление фоторезистора

Задание 3. Простой измеритель интенсивности света

Поместите схему, собранную как на *рис. 17.4а*, рядом с окном или под самой яркой лампой на потолке. Регулируя реостат, добейтесь, чтобы стрелка гальванометра отклонилась на максимальное значение, но не далее отметки «10». Теперь при помощи этого измерителя найдите самое темное место в классе. В шкафу и под столом не в счет.

Задание 4. Практические схемы

Устройство, сигнализирующее о перегоревшей лампочке

Соберите схему *рис. 17.6*. Такое устройство можно применять в местах, где постоянно необходим свет, например, в теплице или в каком-то помещении без естественного освещения. При наличии света динамик будет молчать. Как только лампочка перегорит, из динамика зазвучит сигнал

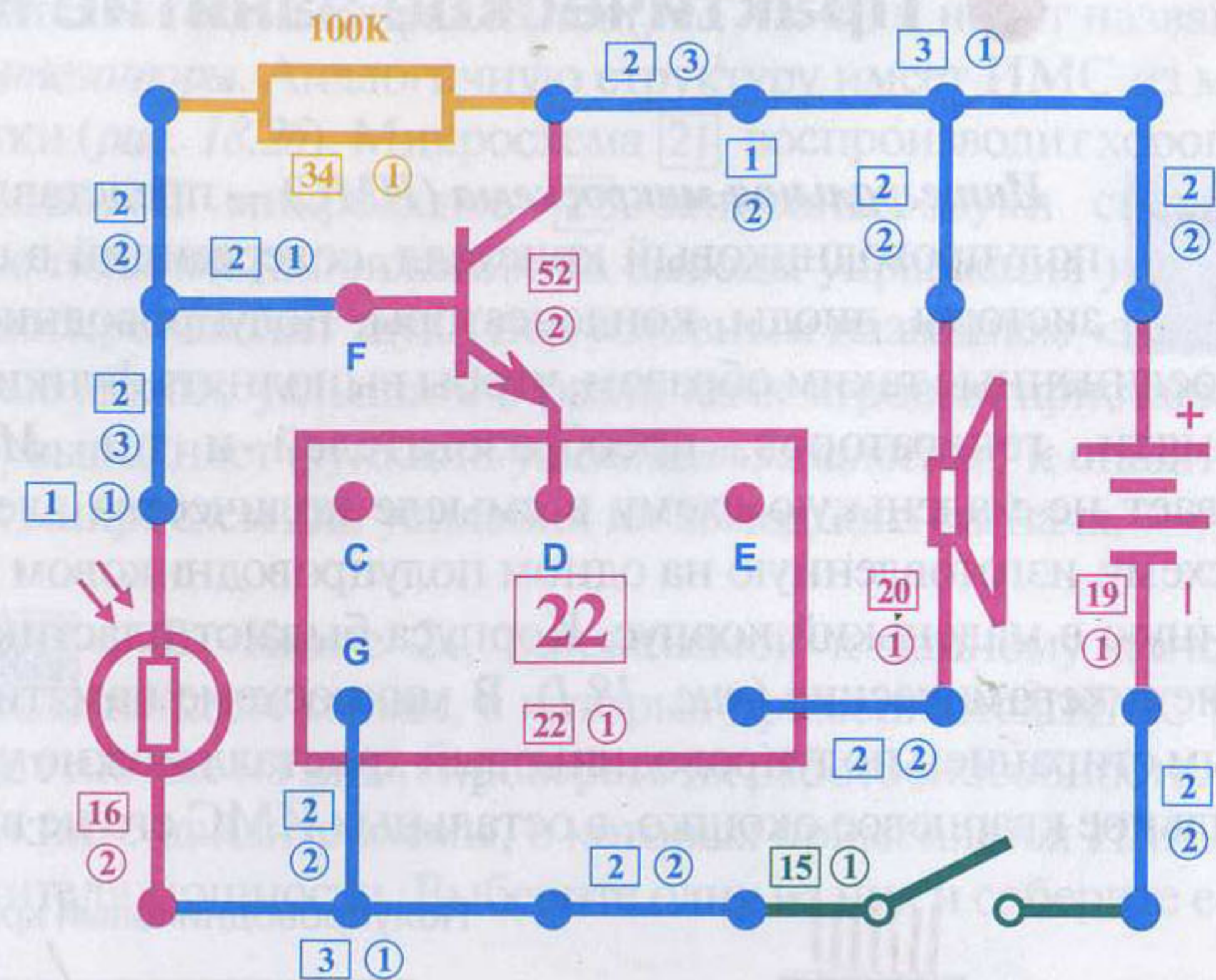


Рис. 17.6

тревоги. Фоторезистор при помощи гибких проводов может быть размещен на большом удалении от остальной схемы. *Принцип работы:* при наличии света сопротивление фоторезистора мало и на базе транзистора находится потенциал близкий к нулю, который запирает его. Потенциал на управляющем входе D тоже невысокий. В отсутствии света сопротивление фоторезистора резко возрастает, увеличивается потенциал на базе транзистора и он открывается. При этом на управляющий вход D приходит высокое напряжение, включающее микросхему.

Защитная сигнализация, реагирующая на свет

В схеме *рис. 17.6* поменяйте местами фоторезистор и резистор. Эта замена полностью изменит алгоритм работы — теперь схема станет реагировать на свет. Поместите эту схему в темном месте, нуждающемся в охране (в классе или комнате достаточно заслонить фоторезистор от света). Если вор войдет в помещение и включит свет или свой фонарик, раздадутся звуки сирены.

В этой схеме заложена подсказка к вопросу в *Задании 1*.

● Практическое занятие № 18. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Краткая теория

Интегральная микросхема (ИМС) — представляет собой полупроводниковый кристалл, содержащий в себе транзисторы, диоды, конденсаторы, полупроводниковые резисторы, соединенные таким образом, чтобы выполнять функции усилителей, памяти, генераторов, преобразователей и т.п. *Микросхема* подразумевает не маленькую схему в смысле количества элементов, а большую схему, изготовленную на одном полупроводниковом кристалле и помещенную в маленький корпус. Корпуса бывают пластиковые, металлические и керамические (рис. 18.1). В микросхеме памяти с ультрафиолетовым стиранием полупроводниковый кристалл можно увидеть через специальное кварцевое окошко, в остальных ИМС его не видно.

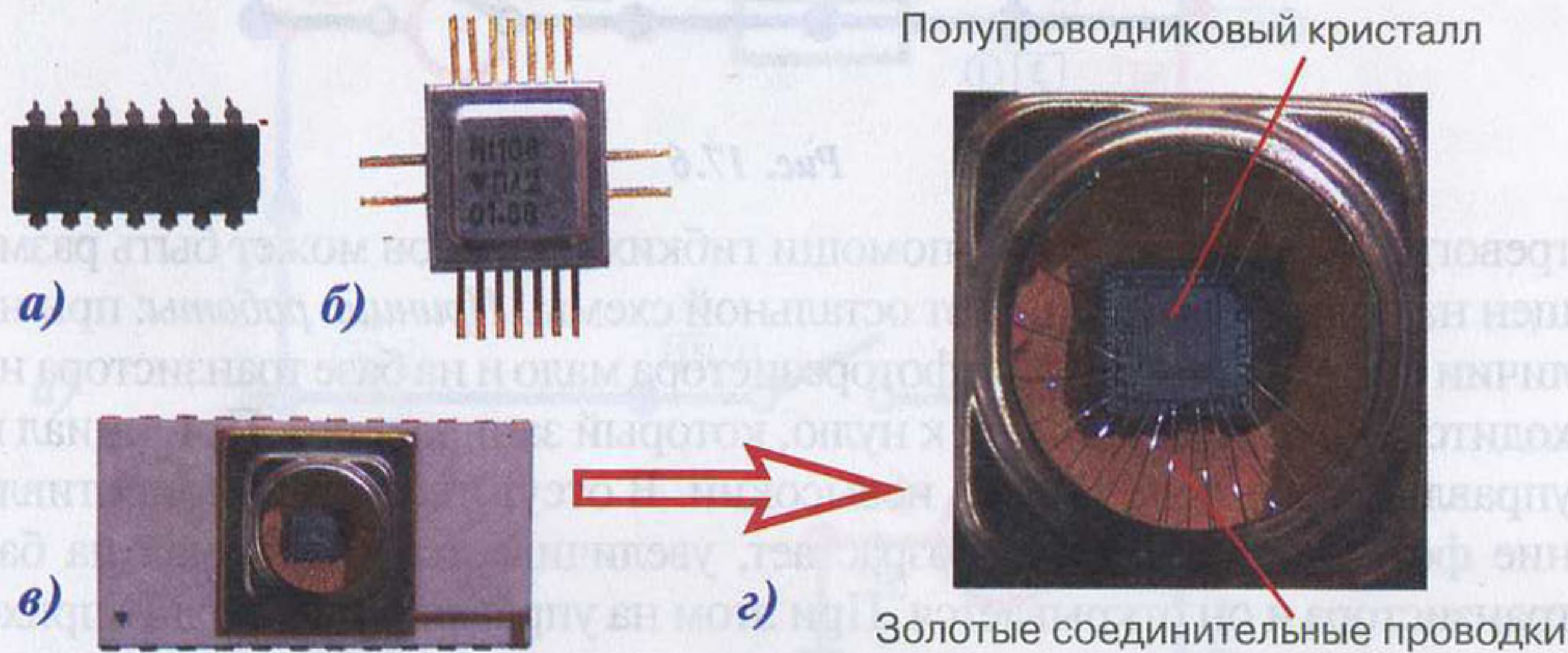


Рис. 18.1. Микросхемы в пластмассовом (а), металлическом (б) и керамическом (в) корпусах. Полупроводниковый кристалл, находящийся внутри ИМС (г)

Можно встретить бескорпусные микросхемы (рис. 18.2). Они представляют собой каплю «черной смолы» на плате, из-под которой выходят печатные провода. Но и внутри такой «капли» находится полупроводниковый кристалл. Микросхема в светодиодном фонарике задает различные режимы работы светодиодов (моргающий, экономный и пр.), регулирует напряжение питания светодиодов, увеличивая его и оставляя неизмен-



Рис. 18.2. Бескорпусные микросхемы в светодиодном фонарике (а) и в музыкальной открытке (б)

ным на всем протяжении работы батареи. Благодаря микросхеме и небольшому количеству внешних элементов, стало возможно питать несколько светодиодов* от одной 1,5 вольтовой батарейки.

Микросхемы из нашего конструктора (рис. 18.3), как смерть Кощея (иголка в яйце, яйцо в утке и т.д.), вместе с необходимыми для ее работы внешними элементами — резисторами, конденсаторами и др., запрятаны внутри пластикового блока (рис. 18.4а).

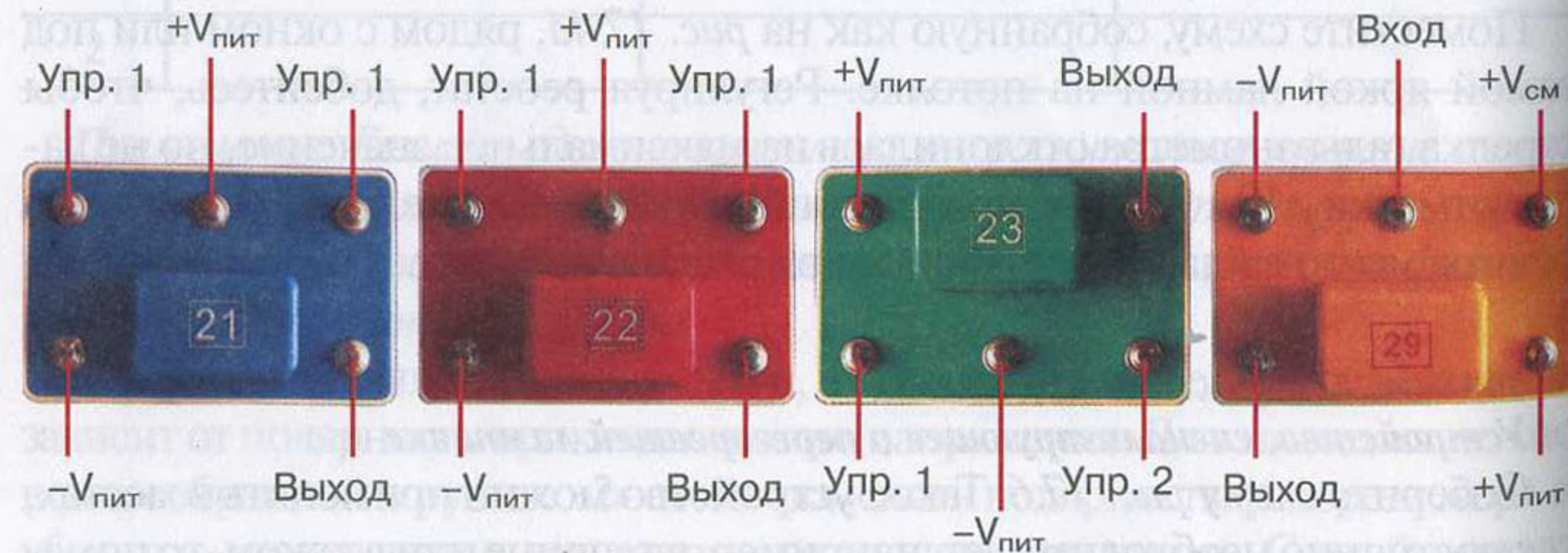


Рис. 18.3. Микросхемы, применяемые в конструкторе

* подробнее смотри Практическое занятие №3 «Источники света. Лампы и светодиоды»

Микросхемы [21], [22] и [23] состоят из постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), формирователей длительности и тональности (частоты)

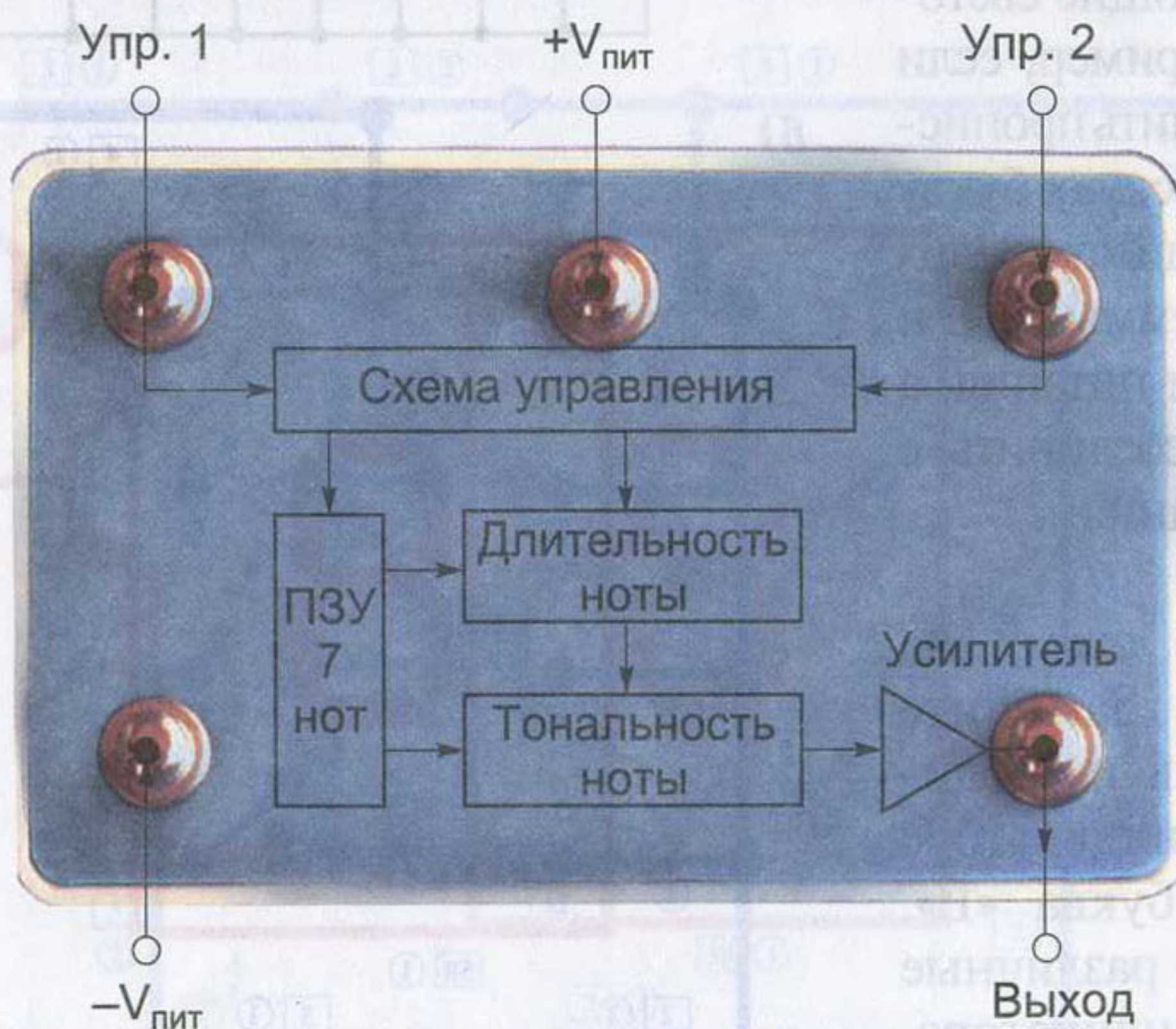


Рис. 18.4. Устройство (а) и функциональная схема (б) ИМС одного из музыкальных синтезаторов

ноты, усилителя и схемы управления (рис. 18.4б) и носят название *музыкальные синтезаторы*. Аналогичную структуру имеет ИМС из музыкальной открытки (рис. 18.2б). Микросхема [21] воспроизводит хорошо знакомую мелодию. В микросхеме [22] записаны звуки спецсигналов, выбираемые подачей напряжения на выходы управления *упр. 1* и *упр. 2*. ИМС [23] воспроизводит звуки под условным названием «звездные войны», которые можно услышать в различных игровых приставках. Микросхема [29] выполняет функции *усилителя мощности** и ставится на выходе других микросхем для усиления их выходного сигнала.

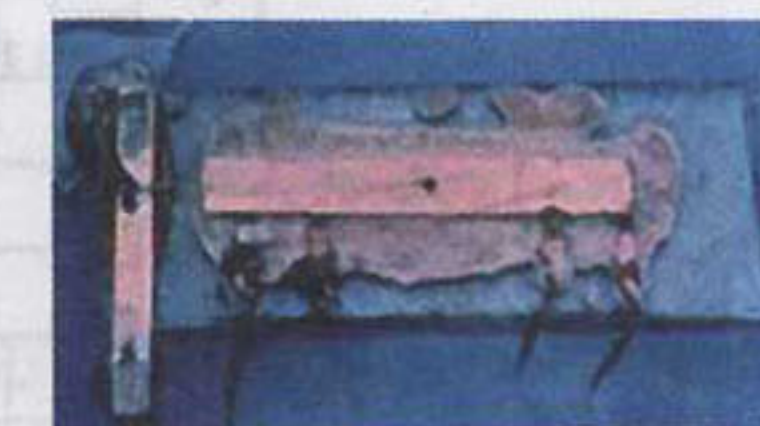
Практика

В «Книге 2», прилагаемой к данному конструктору, найдите схемы, в которых применяются ИМС [21], [22] и [23]. Соберите любые из них и проверьте их работоспособность.

В той же книге найдите схемы, в которых применяется ИМС [29] в качестве усилителя мощности. Выберите одну из них и соберите ее.

С интегральной микросхемой цифрового радиоприемника [55] мы подробно ознакомились в Практическом занятии №16. Микросхема, предназначенная для цифровой записи и воспроизведения звука [62], подробно описана в Практическом занятии №21.

Историческая справка. Годом рождения полупроводниковой микросхемы принято считать 1959 год, хотя первый работающий экземпляр появился в 1958 году. Авторами изобретения стали американские инженеры Джек Килби и будущий основатель корпорации Intel Роберт Нойс. Первое коммерческое использование микросхем началось в 1961 году. В 1971 году появился первый микропроцессор, а через десять лет — первый персональный компьютер.



Лабораторный образец первой ИМС, 1958 год

* усилитель мощности построен на базе микросхемы типа LM386N (1,25 Вт)

Практическое занятие № 19. СЕМИСЕГМЕНТНЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ ИНДИКАТОР

Краткая теория

Семисегментный светодиодный индикатор — элемент, основное функциональное назначение которого, отображать цифры от 0 до 9 и некоторые буквы в часах, измерительных приборах, индикаторах бытовой техники (СВЧ-печах, стиральных машинах, холодильниках и т.п.). Состоит из корпуса с встроенными светодиодами*. Как и обычные светодиоды, светодиоды, встроенные в индикатор, нуждаются в токоограничивающих резисторах. Индикаторы бывают красного, зеленого и желто-зеленого цвета. Помимо индикаторов с одной цифрой выпускаются многоцифровые индикаторы с встроенной схемой управления.

Практика

Задание 1. Изучение принципа работы индикатора

Семисегментный индикатор состоит из 7 частей — сегментов (А–G), внутри каждого из них находится светодиод, и на месте точки (DP) еще один. Всего 8 светодиодов. В данном индикаторе все плюсы (аноды) этих светодиодов объединены (рис. 19.2а). Такой индикатор называется индикатором с общими анодами и управляется подачей нулевого потенциала на катоды.

Так же существуют индикаторы с общими катодами. Для составления различных цифр и букв нужно включить соответствующие светодиоды. Например, если хотите получить прописную английскую букву «L», необходимо соединить три клеммы D, E и F с минусом питания, а вывод «+» соединить с плюсом питания.

Соберите схему на рис. 19.2б. Замкните выключатель и убедитесь, что на индикаторе появилась буква «L». Подключая различные сегменты индикатора, добейтесь показаний цифр от 0 до 9.

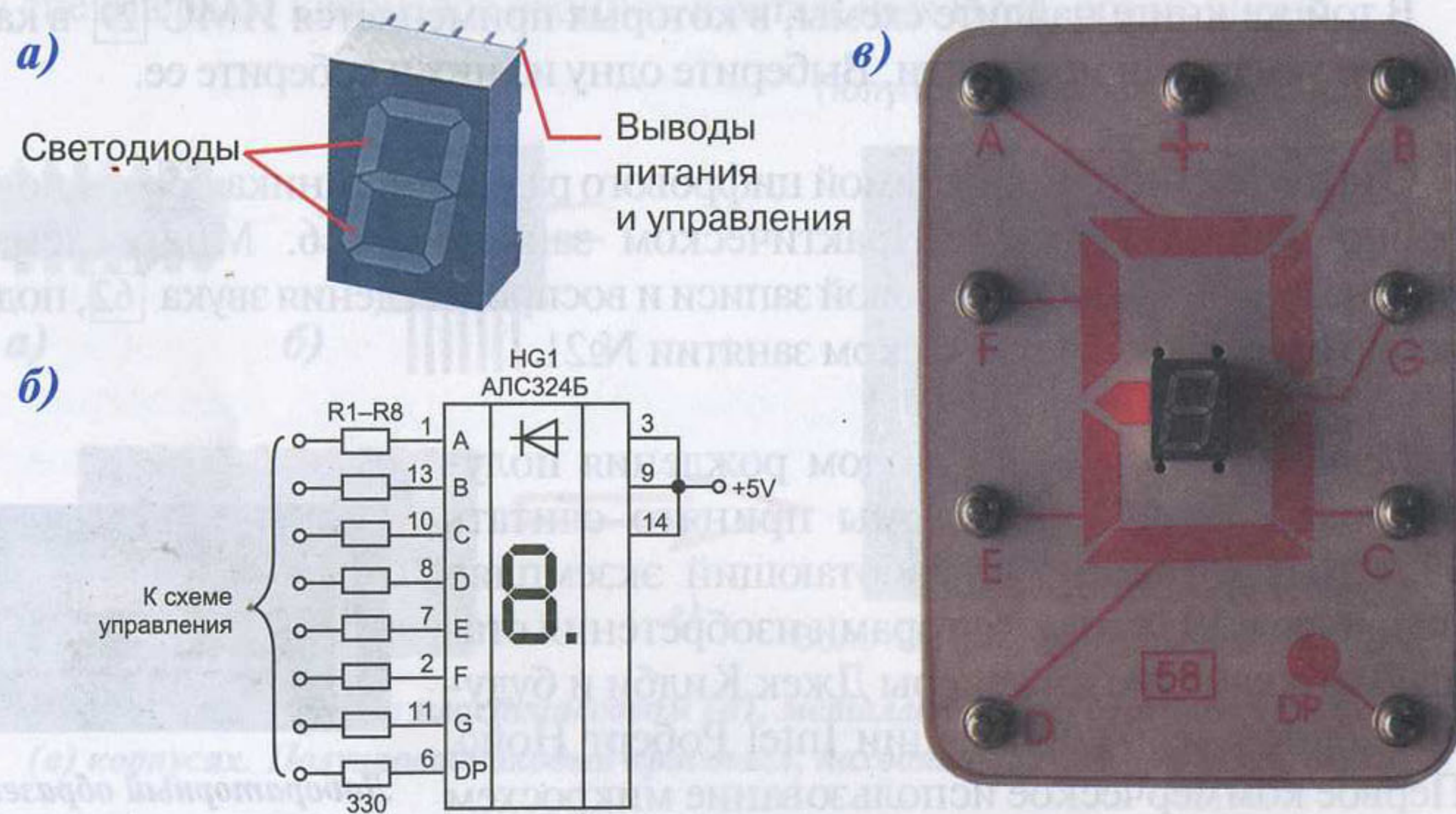


Рис. 19.1. Внешний вид (а) и принципиальная схема включения (б) семисегментного индикатора. Показаны токоограничивающие резисторы R1-R8, которые встроены в пластиковый корпус индикатора [58] (в)

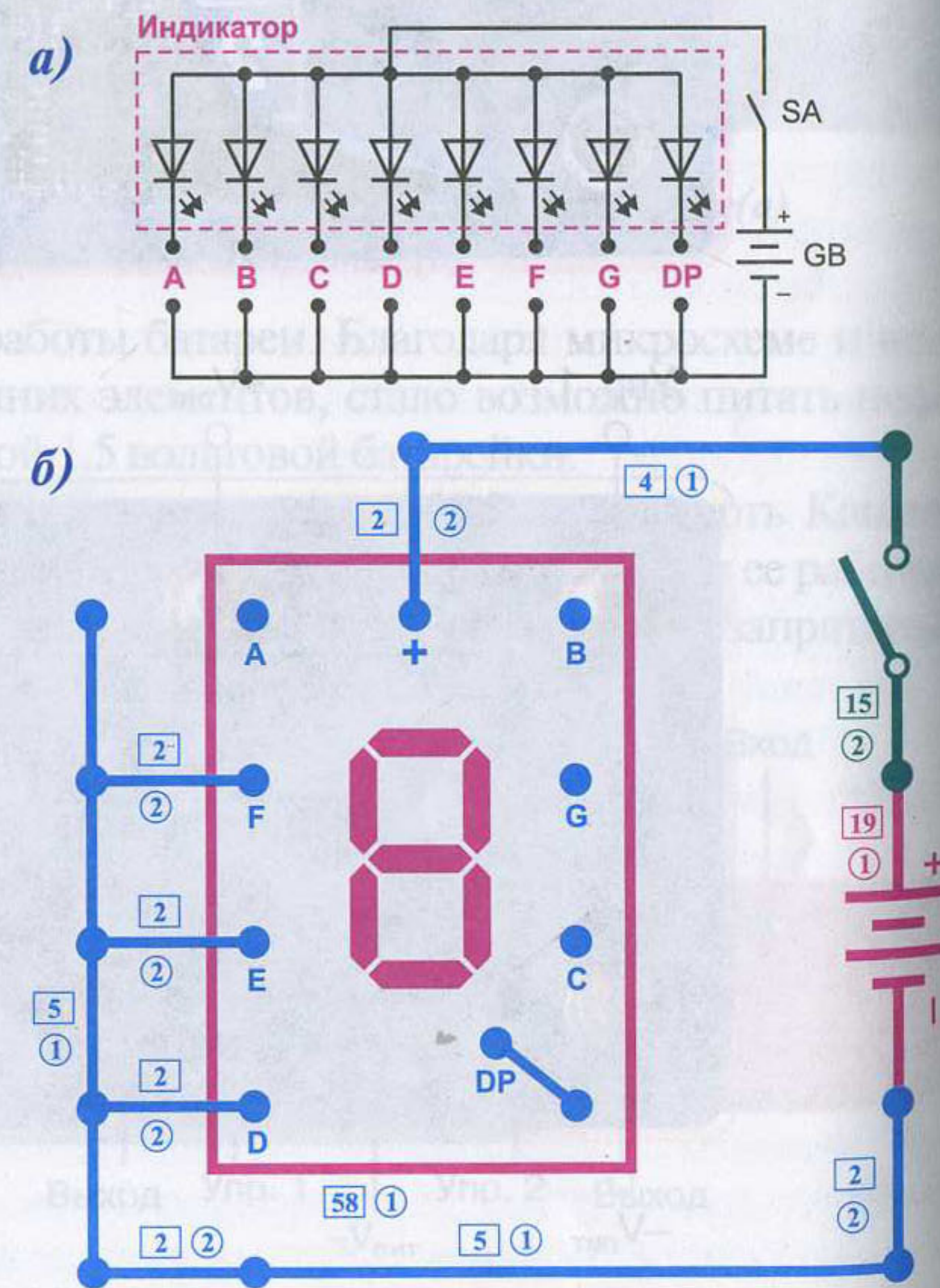


Рис. 19.2. Изучение принципа работы индикатора

* подробнее смотри Практическое занятие №3 «Лампочки и светодиоды».

Какие буквы русского и английского алфавита невозможно отобразить на семисегментном индикаторе? А какие возможно?

Задание 2. Способы управления индикатором

В Практическом занятии №17 мы изучили принцип работы фоторезистора, в Практическом занятии №15 мы познакомились с транзисторами. Теперь попробуем при помощи фоторезистора и транзистора управлять работой индикатора. Соберите схему рис. 19.3. Замкните выключатель. При попадании света на фоторезистор индикатор будет показывать «0». Если заслонить фоторезистор от света рукой, индикатор сменит показания с «0» на «1». Фоторезистор, в зависимости от освещения, открывает и закрывает транзистор, изменяя потенциал на его базе. В свою очередь транзистор включает или выключает светодиоды (сегменты), подключенные к его коллектору. Как на ваш взгляд изменяется потенциал на коллекторе транзистора при освещении и затемнении фоторезистора?

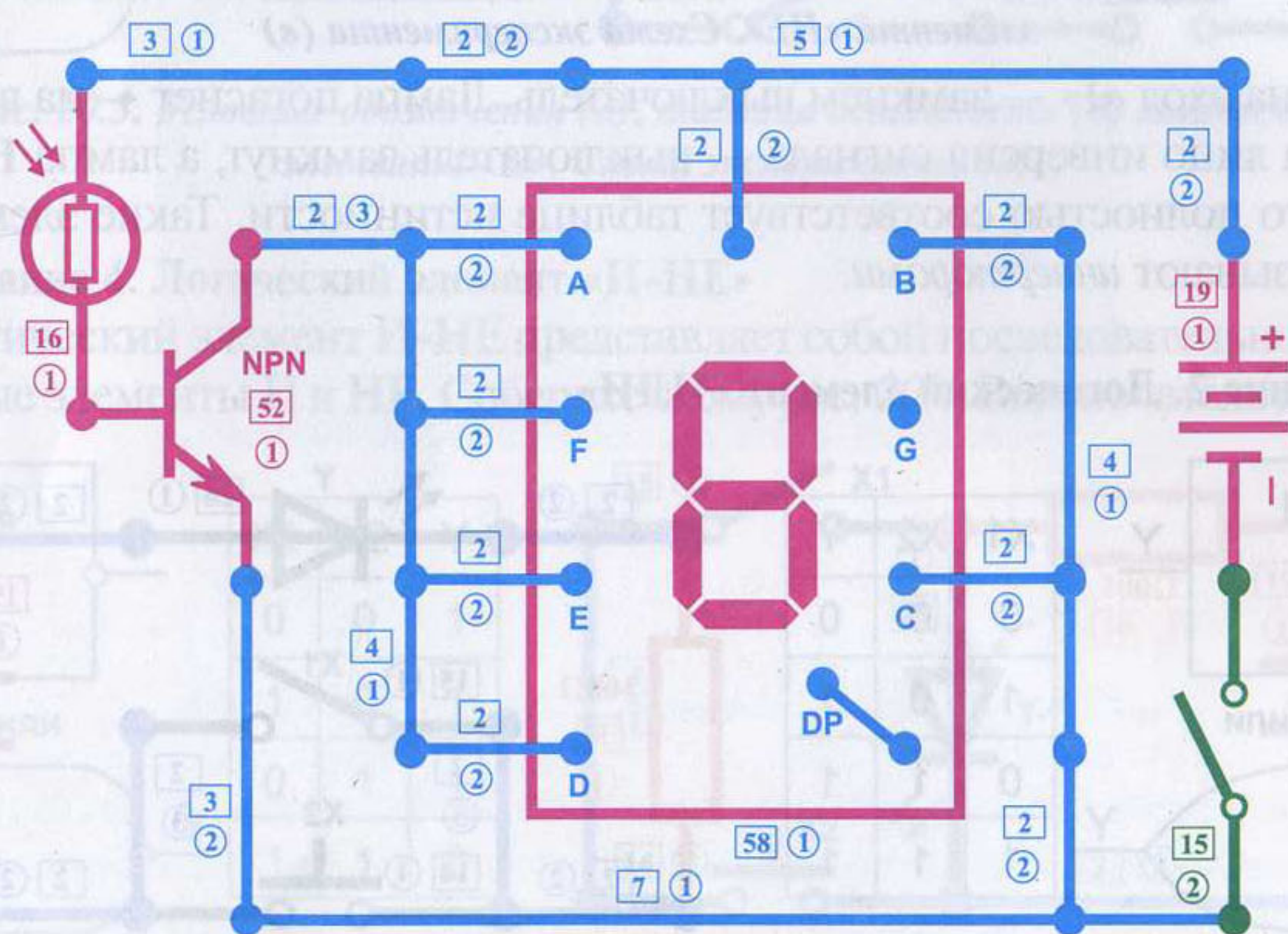


Рис. 19.3. Управление индикатором

Замените фоторезистор [16] сенсорной пластиной (контактным датчиком) [12]**. Теперь смена цифр будет происходить при прикосновении к сенсорной пластине.

Дополнительная информация

Так как семи сегментов недостаточно для воспроизведения всех букв и знаков, были разработаны более сложные, но более универсальные индикаторы: *шестнадцатисегментные* и *матричные*. Внешний вид и принцип отображения информации на таких индикаторах показан на рис. 19.4.

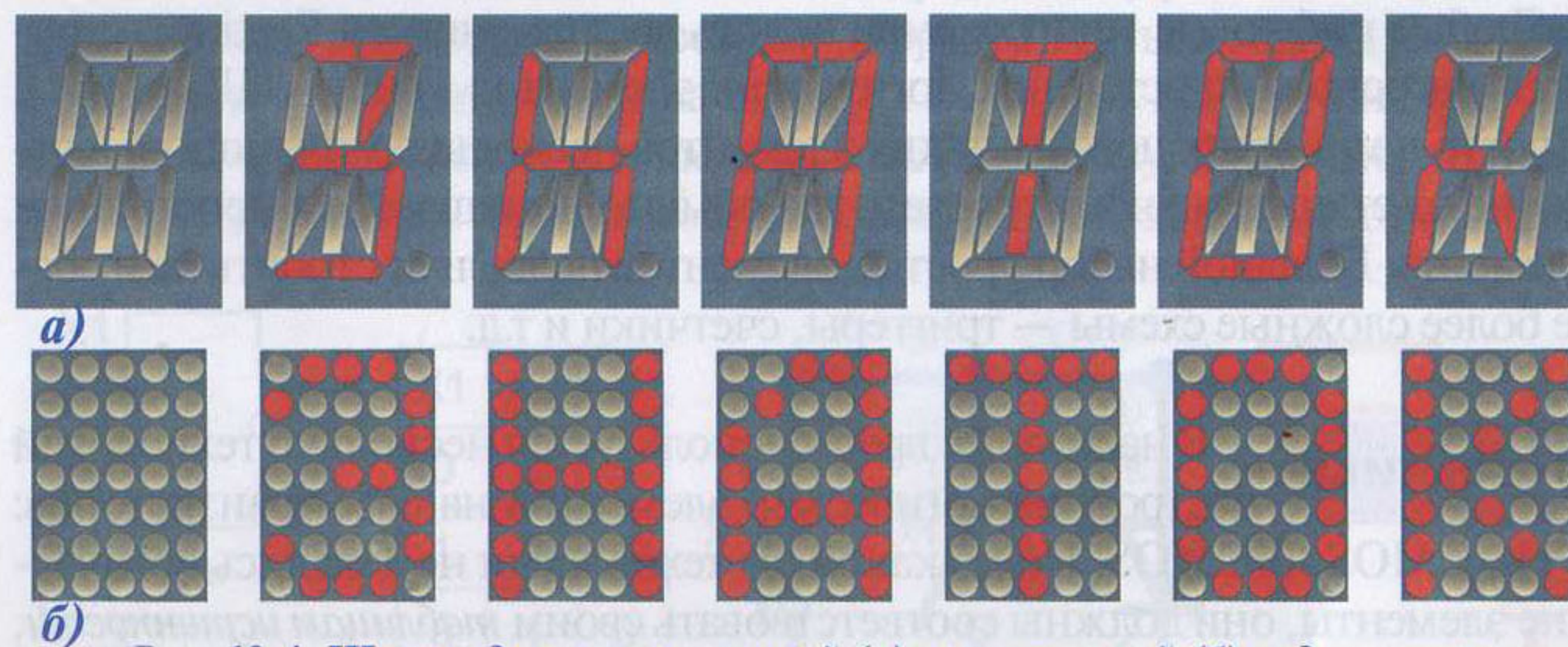


Рис. 19.4. Шестнадцатисегментный (а) и матричный (б) индикаторы

Какие буквы в слове «Знатор» невозможно отобразить при помощи семисегментного индикатора?

Вопрос: Выпускаются жидко-кристаллические индикаторы (ЖКИ или LCD), которые потребляют гораздо меньше энергии, имеют меньшие размеры. Зачем нужны светодиодные индикаторы?

Ответ: Дело в том, что светодиодные индикаторы имеют более высокую механическую надежность, у них шире диапазон рабочих температур и они гораздо контрастнее — их лучше видно. К тому же, иногда требуется индикация всего одной цифры, а это проще и дешевле сделать на светодиодном индикаторе.

** подробнее смотри Практическое занятие №2 «Переключатели»

Практическое занятие № 20. ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Краткая теория

Существует два основных класса электронных схем: *аналоговые* и *цифровые*. Если аналоговые схемы работают с напряжениями и токами различных уровней, изменяющихся во времени не прерываясь, то цифровые схемы работают только с логическими уровнями, т.е. оперируют логическими «нулями» и «единицами». В простейшем случае: логический «0» — *отсутствие напряжения или тока*; логическая «1» — *наличие напряжения или тока* определенной величины.

Любые цифровые микросхемы, вплоть до знаменитого Pentium, строятся на основе простейших логических элементов «НЕ», «ИЛИ», «И». Просто в микропроцессоре таких элементов несколько миллионов, в отличие от стандартных микросхем, где обычно помещается 4 простейших элемента. Большой набор простых элементов позволяет строить на их базе более сложные схемы — триггеры, счетчики и т.д.

Практика

В настоящее время используется несколько технологий построения логических элементов на базе транзисторов: TTL, CMOS, BiCMOS. Но по какой бы технологии не делались логические элементы, они должны соответствовать своим *таблицам истинности*, т.е. какие логические уровни должны быть на выходе элементов при заданных входных уровнях. Мы попытаемся построить все логические элементы на базе тех компонентов, которые имеются в нашем конструкторе, поэтому договоримся о следующем:

1. Входные сигналы «X» — это кнопка [14] или выключатель [15]. Замыкание кнопки или выключателя мы будем принимать за «1», размыкание кнопки и выключателя — за «0».
2. Выходные сигналы «Y» — это светодиод или лампа. Горящее состояние — это «1», потухшее состояние — «0».

Задание 1. Логический элемент «НЕ»

Соберите схему *рис. 20.1*. Выключатель разомкнут (OFF), а лампа горит. То есть, на входе X нашего элемента «0», а на выходе Y — «1». Теперь по-

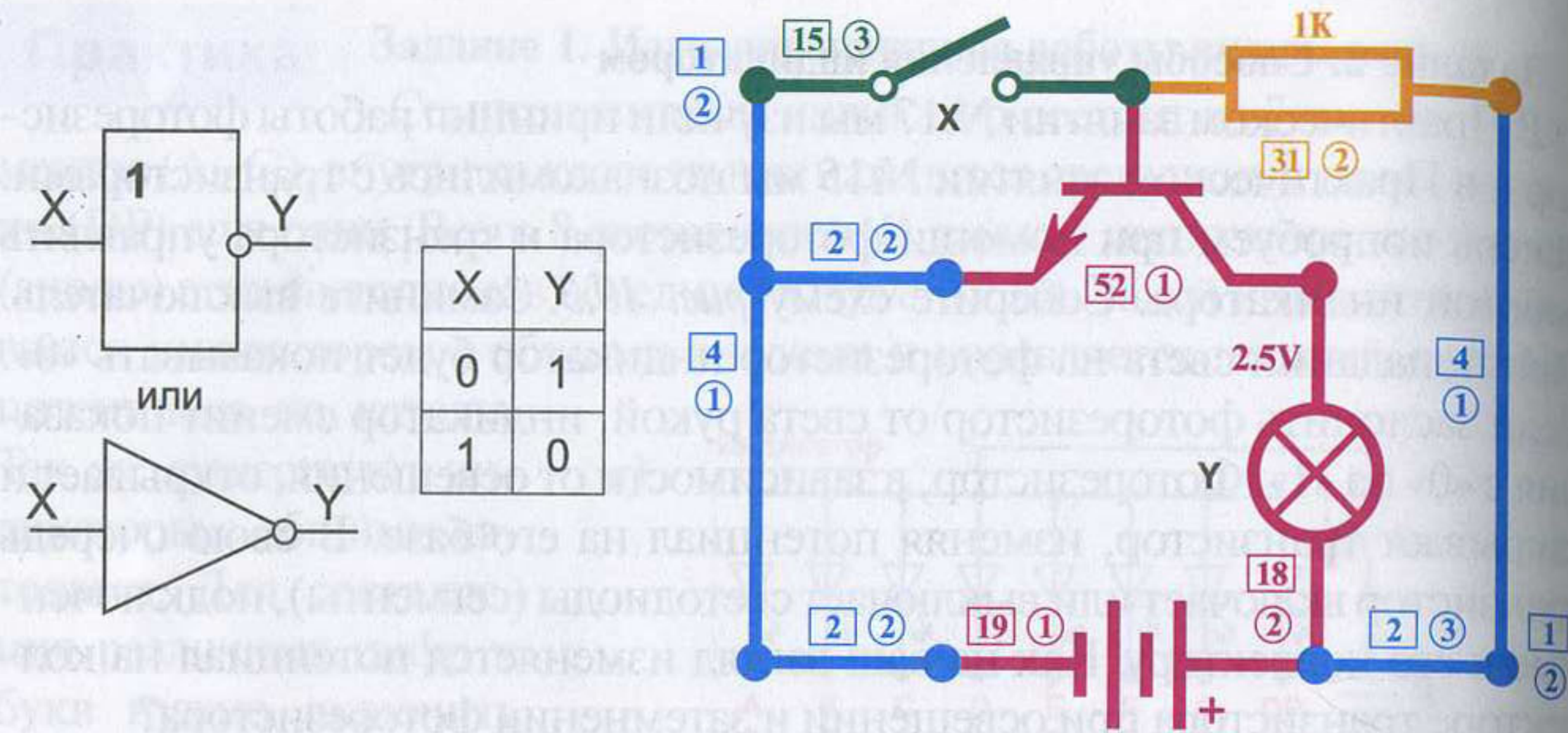


Рис. 20.1. Условные обозначения (а), таблица истинности (б) логического элемента «НЕ». Схема эксперимента (в)

дадим на вход «1» — замкнем выключатель. Лампа погаснет — на выходе «0». На лицо инверсия сигнала — выключатель замкнут, а лампа НЕ горит. Это полностью соответствует таблице истинности. Такие элементы еще называют *инверторами*.

Задание 2. Логический элемент «ИЛИ»

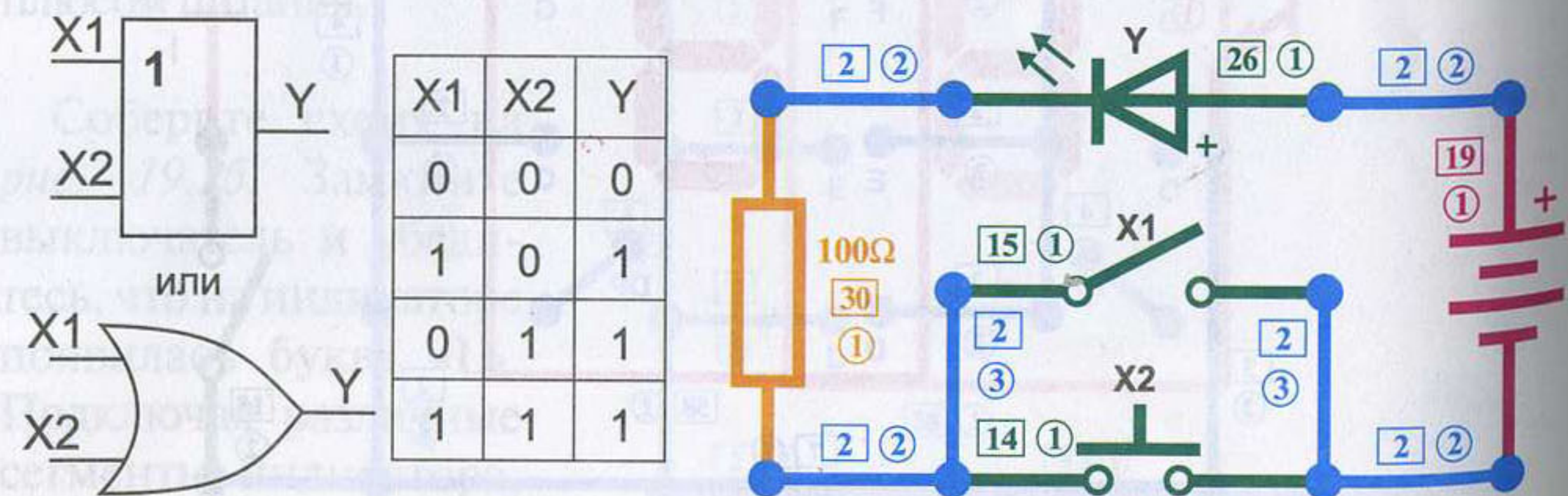


Рис. 20.2. Условные обозначения (а), таблица истинности (б) логического элемента «ИЛИ». Схема эксперимента (в)

Соберите схему рис. 20.2. Светодиод загорится, если замкнуть кнопку **ИЛИ** выключатель. То есть, на выходе Y образуется «1», если на любой из входов X1 **ИЛИ** X2 подать «1». Это полностью соответствует таблице истинности.

Задание 3. Логический элемент «И»

Соберите схему рис. 20.3. Светодиод загорится только, если замкнуть кнопку **И** выключатель. То есть, на выходе Y образуется «1», если на вход X1 **И** вход X2 подать «1». Это полностью соответствует таблице истинности.

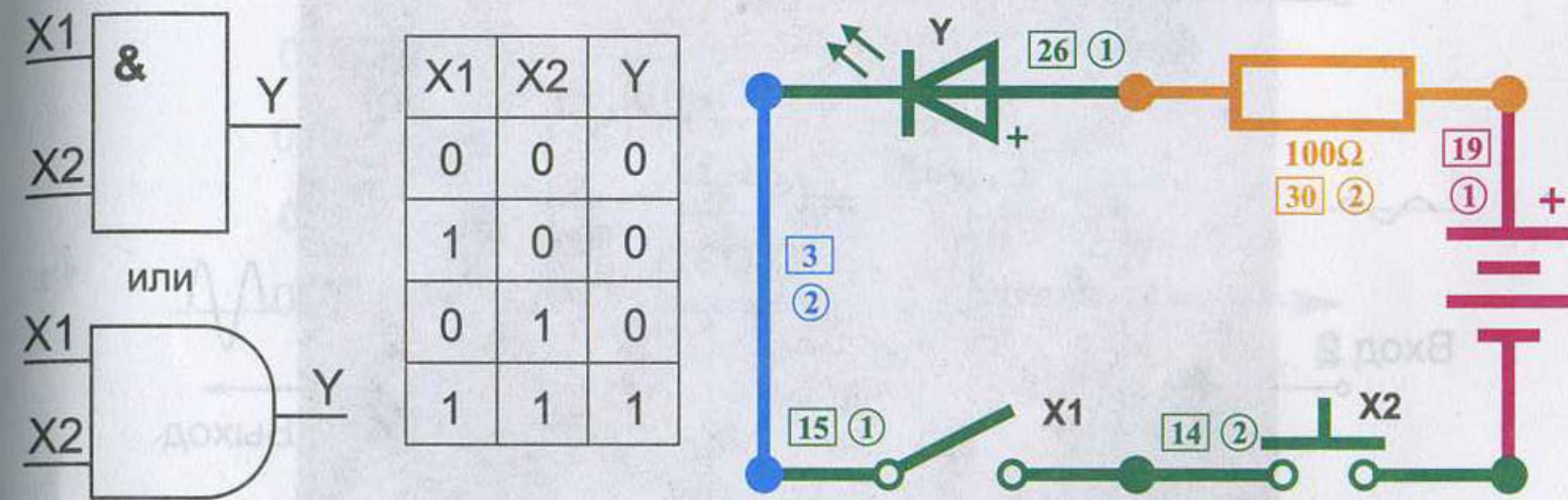


Рис. 20.3. Условные обозначения (а), таблица истинности (б) логического элемента «И». Схема эксперимента (в)

Задание 4. Логический элемент «И-НЕ»

Логический элемент И-НЕ представляет собой последовательно включенные элементы И и НЕ. Соберите схему рис. 20.4. Выключатель и кнопка

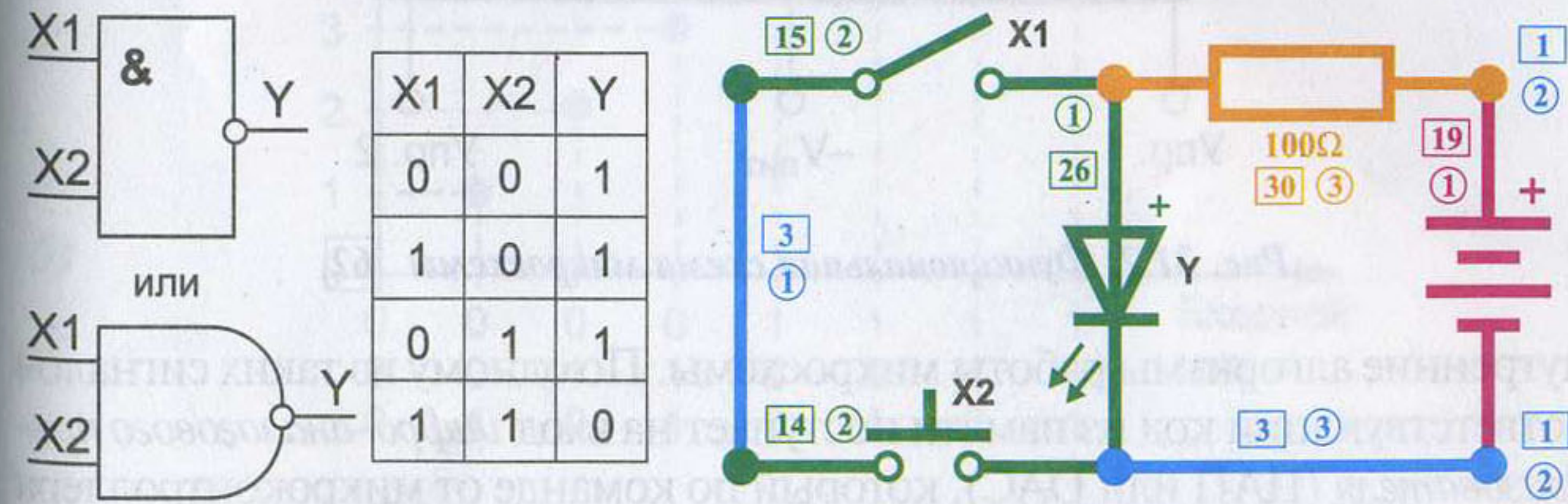


Рис. 20.4. Условные обозначения (а), таблица истинности (б) логического элемента «И-НЕ». Схема эксперимента (в)

ка разомкнуты, а светодиод горит. То есть, на обоих входах X1 и X2 нашего элемента «0», а на выходе «1». Теперь подадим на один из входов «1» — замкнем выключатель. Светодиод по-прежнему горит — на выходе «1». Разомкнем выключатель и замкнем кнопку — светодиод горит — на выходе «1». Теперь замкнем выключатель **И** кнопку — светодиод **НЕ** горит — на выходе «0». Это полностью соответствует таблице истинности.

Задание 5. Логический элемент «ИЛИ-НЕ»

Логический элемент ИЛИ-НЕ представляет собой последовательно включенные элементы ИЛИ и НЕ. Соберите схему рис. 20.5. Выключатель и кнопка разомкнуты, а светодиод горит. То есть, на обоих входах X1 и X2 нашего элемента «0», а на выходе «1». Теперь подадим на один из входов «1», т.е. замкнем выключатель **ИЛИ** кнопку. Светодиод **НЕ** горит — на выходе «0». Это полностью соответствует таблице истинности.

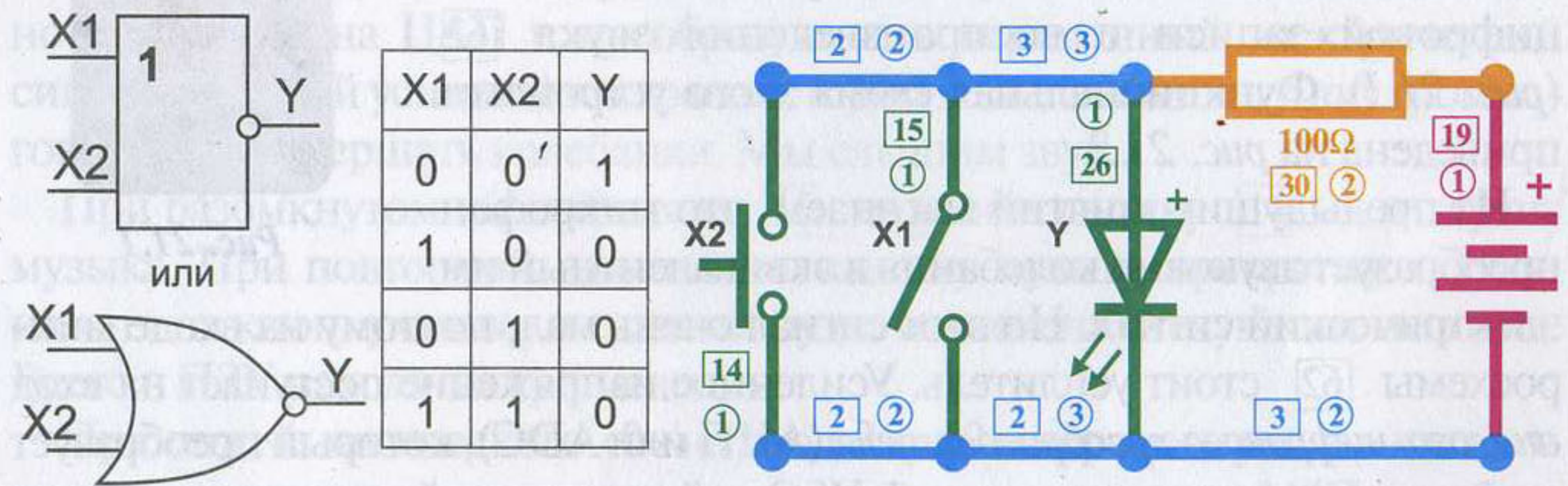


Рис. 20.5. Условные обозначения (а), таблица истинности (б) логического элемента «ИЛИ-НЕ». Схема эксперимента (в)

Дополнительная информация.
Что будет на выходе схемы, «0» или «1» при заданной кодовой комбинации на входах (рис. 20.6).

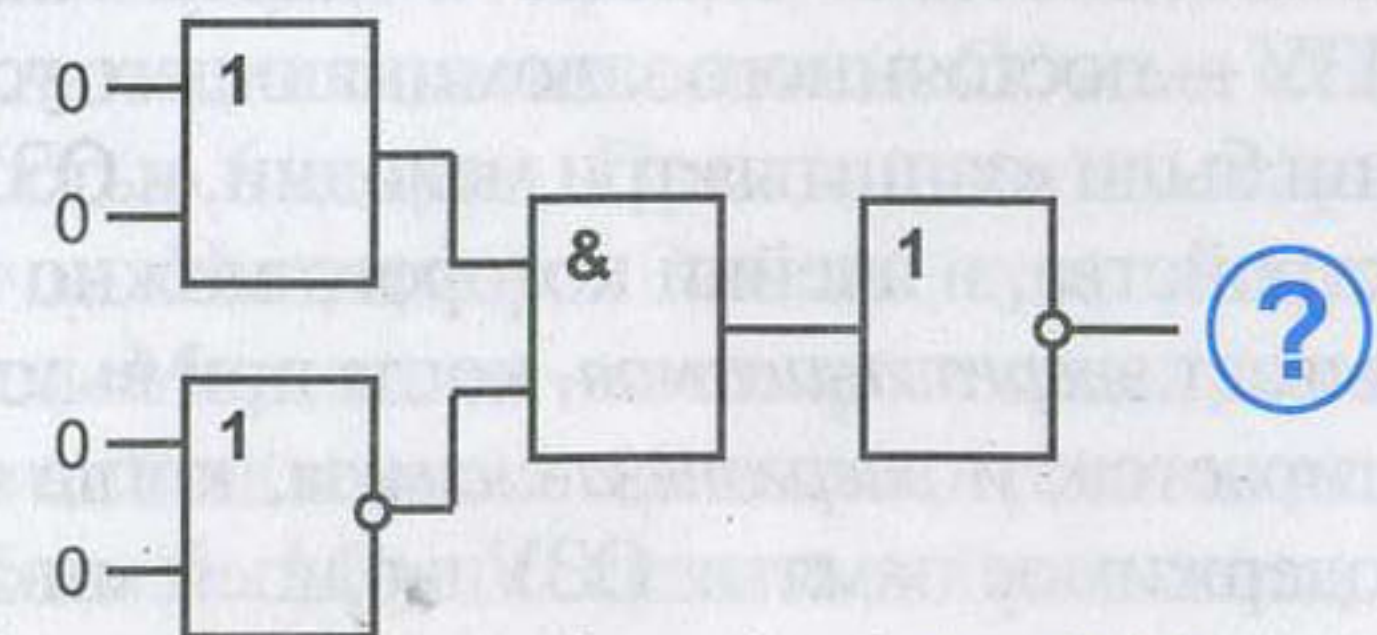


Рис. 20.6

● Практическое занятие № 21. ЦИФРОВОЙ ДИКТОФОН

Краткая теория

Диктофон — устройство, осуществляющее запись и воспроизведение звука. В отличие от магнитофона диктофон работает в узком частотном диапазоне, рассчитанном на разборчивую запись речи (100 Гц — 5 кГц), и имеет ряд специфических функций, например, автоматическое включение записи при появлении звука и выключение при достаточно продолжительном отсутствии звука. В аналоговых диктофонах запись осуществляется на кассету с магнитной пленкой, в цифровых диктофонах запись осуществляется на встроенную полупроводниковую память.

Основой нашего диктофона служит микросхема цифровой записи и воспроизведения звука [62] (рис. 21.1). Функциональная схема этого устройства приведена на рис. 21.2.

Из предыдущих занятий мы знаем, что микрофон преобразует звуковые колебания в эквивалентный им электрический сигнал. Но этот сигнал очень мал, поэтому на входе микросхемы [62] стоит усилитель. Усиленное напряжение поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП или ADC), который преобразует по команде от микроконтроллера входной аналоговый сигнал в соответствующий цифровой двоичный код — «нули» и «единицы». Характеристика 3-х разрядного АЦП приведена на рис. 21.3а. Далее код записывается в ячейки памяти. Память в нашей микросхеме состоит из двух частей: ПЗУ — постоянного запоминающего устройства, в которое при изготовлении были «записаны» три мелодии, и ОЗУ — оперативного запоминающего устройства, в ячейки которого можно заносить различные коды. Память бывает *энергозависимая*, когда при выключении питания вся информация стирается, и *энергонезависимая*, когда отключение питания не влияет на содержимое памяти. ОЗУ в нашей микросхеме энергонезависимое. Микроконтроллер имеет два внешних входа управления, которые определяют



Рис. 21.1

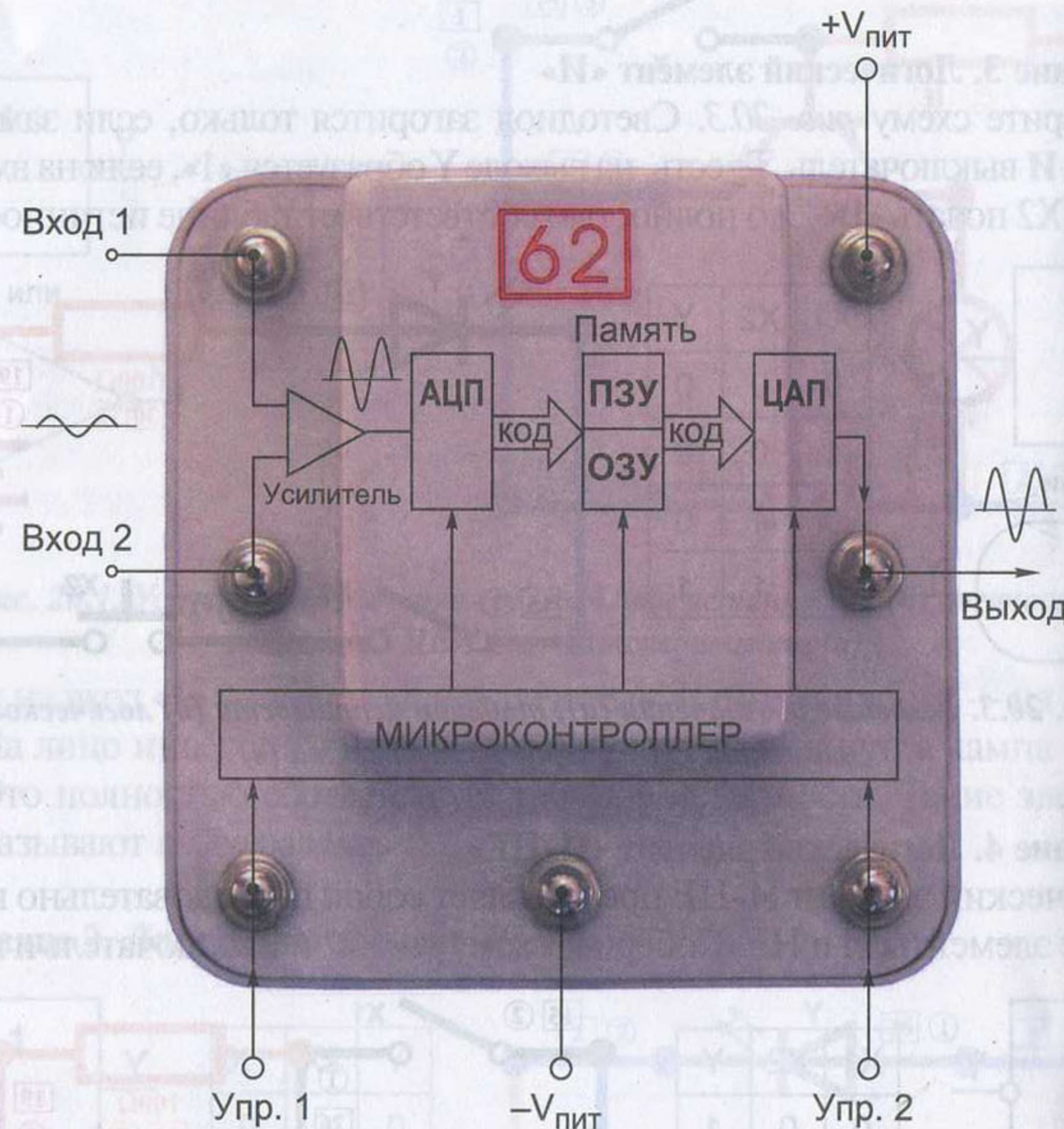


Рис. 21.2. Функциональная схема микросхемы [62]

внутренние алгоритмы работы микросхемы. По одному из таких сигналов соответствующий код из памяти поступает на вход цифро-аналогового преобразователя (ЦАП или DAC), который по команде от микроконтроллера преобразует двоичный код в соответствующее напряжение. Характеристика 3-х разрядного ЦАП приведена на рис. 21.3б. Если на входе ЦАП быс-

a)



b)

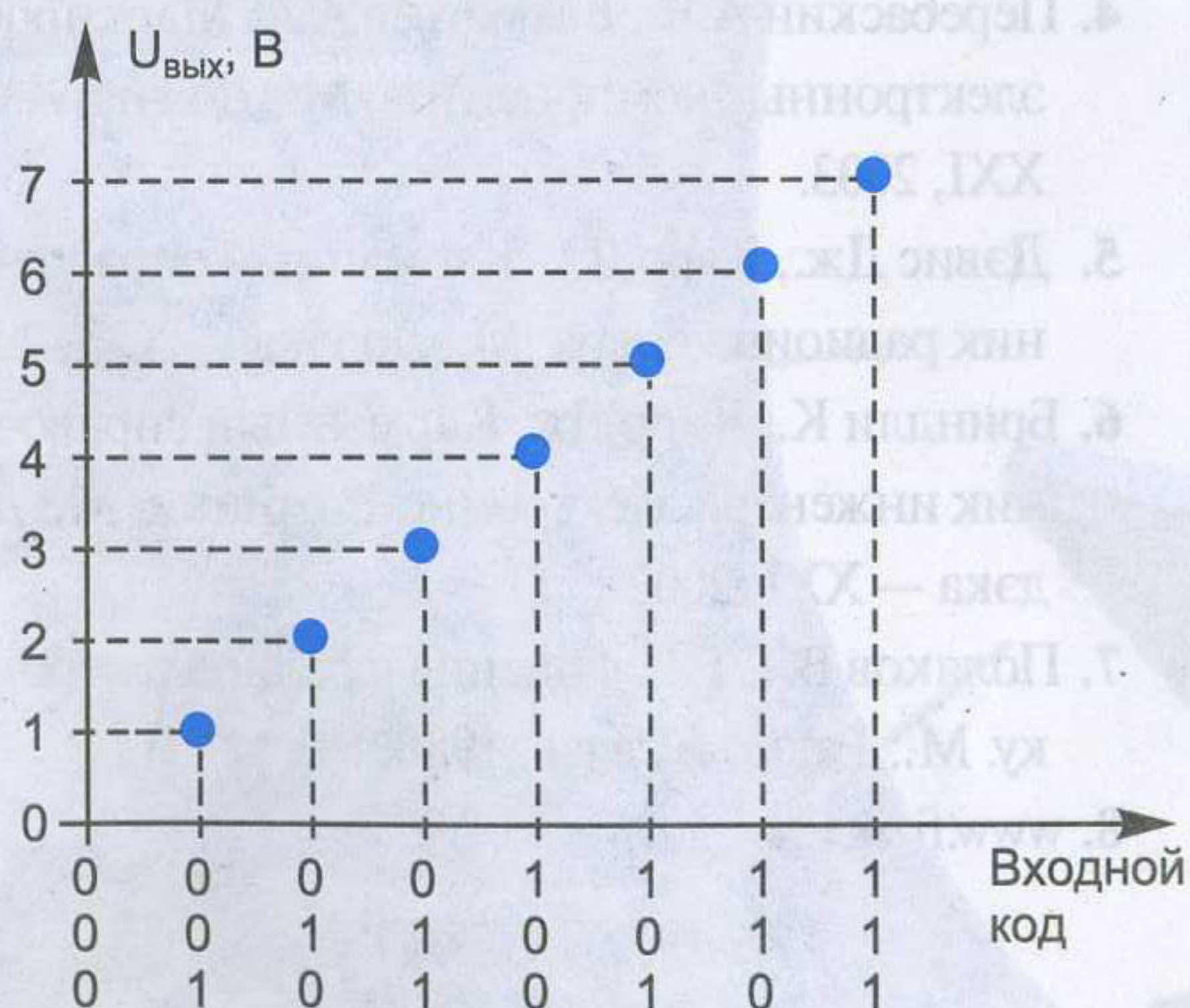


Рис. 21.3. Характеристики преобразования 3-х разрядного АЦП (a) и 3-х разрядного ЦАП (б) из микросхемы [62]

тро менять коды, то на его выходе будет быстро меняться напряжение, которое в дальнейшем может быть усилено и подано на громкоговоритель.

Устройства, кодирующие и декодирующие аналоговый сигнал, называются *кодеками* (CODEC). Такие кодеки стоят не только в диктофонах, но и в мобильных телефонах, современных цифровых фото- и видеокамерах с записью звука и пр.

Практика Задание 1. Запись и воспроизведение звуков

Соблюдая полярность микрофона, диода и батарей, соберите схему рис. 21.4. Диод необходим для защиты микросхемы по питанию. Роль выходного усилителя выполняет транзистор [52]. Управление осуществляется кнопкой и выключателем. Алгоритм работы схемы такой: при подаче логического «0» на вход *Упр. 1* микроконтроллер дает команду на извлечение из ПЗУ записанных туда кодов мелодий. Эти коды последовательно поступают на ЦАП и преобразуются в переменный электрический сигнал, который усиливается транзистором и заставляет катушку громкоговорителя совершать колебания. Мы слышим звук.

При разомкнутом выключателе [15] нажмите кнопку [14] — зазвучит музыка. При повторном нажатии на кнопку музыка прекратится. Если нажать на кнопку снова, из памяти будет извлечена следующая мелодия. Всего в ПЗУ находятся три мелодии.

При подаче логического «0» на вход *Упр. 2* микроконтроллер дает команду на запись входного сигнала в ОЗУ. Это означает, что АЦП преобразует переменный входной сигнал в коды, которые записываются в оперативную память. При этом микроконтроллер дает команду, и из ПЗУ извлекаются коды, соответствующие звуку «ди», предупреждающие о начале записи, и «ди-ди», предупреждающие о конце записи. Объем ОЗУ хватает для записи речи длительностью 6 секунд. Прежде, чем замкнуть выключатель [15], подготовьте «речь». Например, «Раз, два, три, четыре, пять — вышел зайчик погулять» или «Мощность — это произведение тока на напряжение». Если вы говорите медленно, то можно ограничиться фразой «Пэ — это произведение И на У». Можно сказать добрые слова в адрес друзей, родителей, учителей.

Запись. Замкните выключатель (положение ON). Из динамика послышится звук «ди» и запись начнется. Поднесите микрофон поближе ко рту и скажите заготовленную фразу. Через 6 секунд раздастся звук «ди-ди» и запись прекратится. Разомкните выключатель (положение OFF).

Воспроизведение. Нажмите и отпустите кнопку [14], из громкоговорителя послышится записанный звук. По окончании воспроизведения вашей «речи» автоматически начнется воспроизведение мелодии из ПЗУ. Еще раз нажмите кнопку — музыка прекратится.

Проверка энергонезависимости памяти. Отсоедините на 10–15 секунд провод, соединяющий между собой батареи. При этом на микросхему перестает поступать напряжение питания. Установите провод на прежнее место — схема снова готова к работе. Нажмите кнопку и убедитесь, что ваша «речь» сохранилась в памяти.

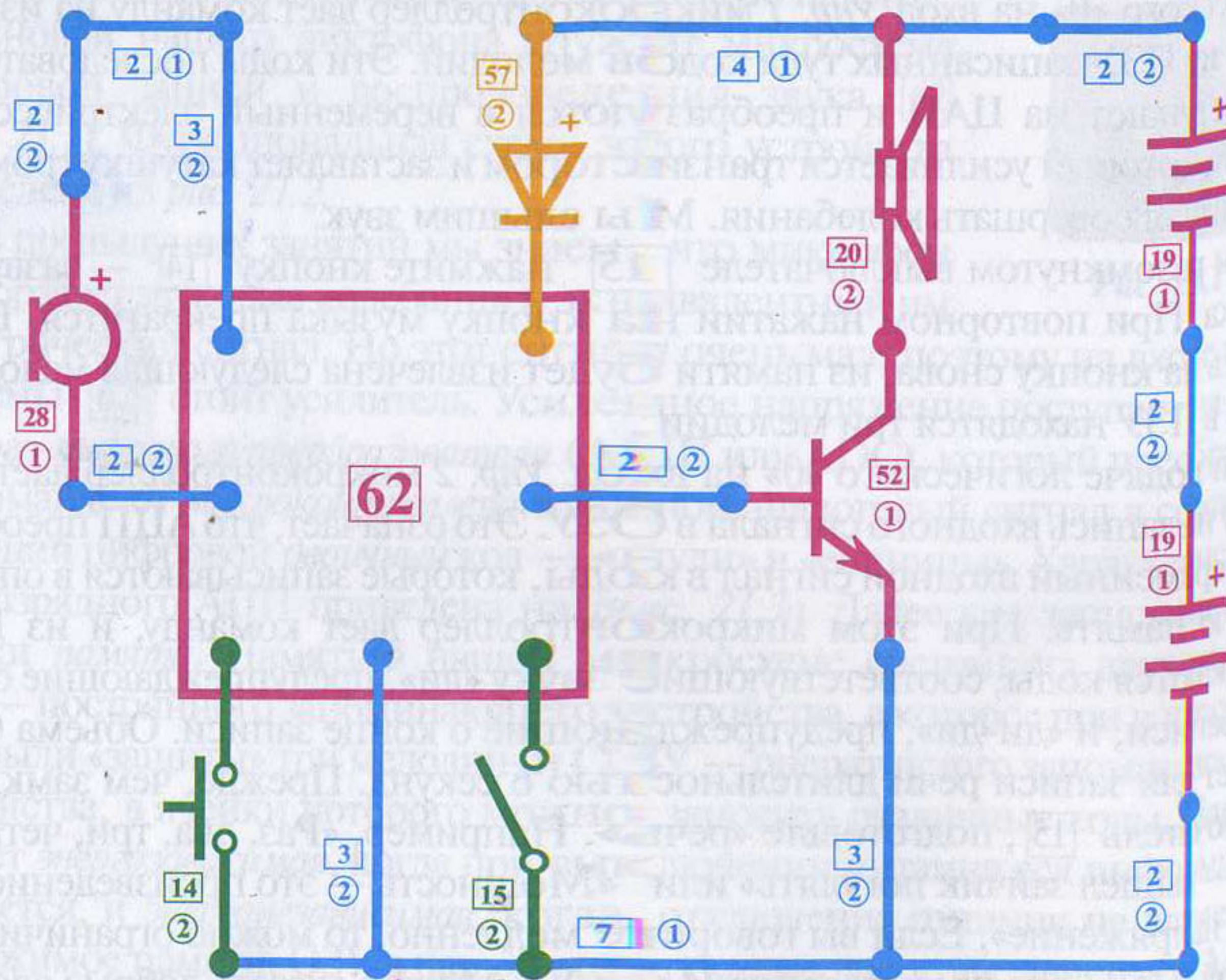


Рис. 21.4. Цифровой диктофон

Дополнительная информация

1. Хоровиц П., Хилл В. Искусство схемотехники. М.: Мир, 1983. Т. 1, 2
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1983.
3. Дэвид Маколи. От плуга до лазера. Интерактивная энциклопедия науки и техники. Компакт-диск. www.nd.ru.
4. Перебаскин А.В., Бахметьев А.А. Маркировка электронных компонентов. М.: Додэка — XXI, 2003.
5. Дэвис Дж., Карр Дж. Карманный справочник радиоинженера. М.: Додэка — XXI, 2002.
6. Бриндли К., Карр Дж. Карманный справочник инженера электронной техники. М.: Додэка — XXI, 2002.
7. Поляков В.Т. Посвящение в радиоэлектронику. М.: Радио и связь, 1988.
8. www.fizika.ru

МОБИЛЬНЫЙ ТЕЛЕФОН — ЭТО ТОЖЕ ФИЗИКА

Данный практикум поможет вам узнать о работе этих и других элементов

FM-радиоприемник

- Микросхемы
- Индуктивности
- Резисторы
- Конденсаторы
- Кнопки переключения
- Реостаты
- Транзисторы
- Диоды

Цифровой диктофон и MP3-плеер

- Микросхемы
- Резисторы
- Конденсаторы
- Кнопки переключения
- Транзисторы
- Диоды

Цифровая фото- и видеокамера

- Микросхемы
- Светодиоды (вспышка)
- Резисторы
- Конденсаторы
- Кнопки переключения
- Транзисторы
- Фотоэлементы

Клавиатура

- Светодиоды (подсветка клавиш и экрана)
- Сенсорные пластины

Виброзвонок

- Электромотор
- Транзисторы
- Микросхемы

Звук

- Динамик
- Наушники
- Микрофон
- Пьезоизлучатель

Управление

- Микроконтроллеры
- Схемы памяти
- Интерфейс для соединения с компьютером
- Кнопки и переключатели

Питание

- Аккумулятор
- Батарейки
- Подключаемый мини-генератор



Расположение элементов в коробке

