

И.Б. ИСУПОВ, Р.В. ДИКОВ
(Волгоград)

ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРАВНОВЕШЕННОСТИ НЕРВНЫХ ПРОЦЕССОВ ЧЕЛОВЕКА

Описывается электронный прибор, позволяющий определять характер реакции обследуемого на движущийся объект, что необходимо для оценки уравновешенности нервных процессов человека. Прибор, демонстрирующий работу мультивибратора, RS- и D-триггера, реверсивного двоичного счетчика импульсов, дешифратора двоичных кодов, может быть использован как в вузе на практических занятиях по микроэлектронике и физиологии, так и на уроках по биологии и физике в средней общеобразовательной школе.

Ключевые слова: *уравновешенность нервных процессов, автоколебательный трехэлементный мультивибратор, RS-триггер, D-триггер, реверсивный двоичный счетчик импульсов.*

При изучении курса «Основы микроэлектроники» будущий преподаватель физики и информатики осваивает принципы функционирования основных элементов цифровой техники: генераторов импульсов, триггеров, счетчиков импульсов, дешифраторов информации, цифровых устройств индикации. К сожалению, в ряде случаев хорошо освоенный (по стандартным, формальным критериям оценки) материал остается абстрактным, «оторванным» от реального применения набором специальных сведений. Лишь единичные студенты – будущие педагоги, творчески увлекаясь радиотехникой и электроникой *еще до поступления в вуз*, способны применить полученные знания для модернизации учебного процесса в средней школе. В значительной степени так происходит потому, что на завершающем этапе изучения курса «Основы микроэлектроники» недостаточно внимания уделяется практическим вопросам *обобщения* полученных студентом-старшекурсником знаний с целью развития у него навыков самостоятельного конструирования электронных устройств, имеющих прикладное значение, в том числе и за пределами его собственной специальности.

Схожая проблема возникает при подготовке будущего преподавателя биологии. Скудость специализированного приборного парка при изучении важнейших вопросов биологии и физиологии человека в учреждениях высшего и среднего образования, недостаточная наглядность выполнения практических исследований функций органов и систем человека, невозможность полноценной замены реального биологического эксперимента виртуальными компьютерными моделями биологических процессов – все это вносит элементы отвлеченности, нередко схоластичности в образовательный процесс. В итоге знания биологии приобретают у старшеклассника, с одной стороны, абстрактный, с другой – фрагментарный, «разорванный» характер.

Примером, иллюстрирующим изложенное выше, является экспериментальное подтверждение концепции И.П. Павлова о типах высшей нервной деятельности человека, характеризующихся силой, уравновешенностью, подвижностью нервных процессов в коре больших полушарий головного мозга. Специализированные приборы, позволяющие в реальных условиях исследовать силу, уравновешенность, подвижность нервных процессов человека, являются редкостью как в вузовском, так и в школьном практикуме. Следствия этого – формирование абстрактных, не связанных с реальным миром знаний старшеклассника, формальное, не творческое отношение молодого человека к важному разделу современной биологии, медицины, психологии.

В связи с изложенным мы предприняли попытку создания электронного прибора, позволяющего исследовать уравновешенность нервных процессов в коре больших полушарий головного мозга человека с помощью методики оценки реакции обследуемого на движущийся объект (РДО) (1). Данное устройство позволяет существенно усовершенствовать методику оценки уравновешенности нервных процессов, предложенную Н.С. Лейтесом, и одновременно продемонстрировать некоторые возможности применения цифровых электронных микросхем.

При разработке прибора для оценки РДО были определены *две цели*: прибор должен быть 1) *наглядным пособием* для студентов-старшекурсников, будущих преподавателей физики и информатики, содержащим ряд схмотехнических решений современных микроэлектронных цифровых устройств; 2) *удобным инструментом исследований* в руках студентов-старшекурсников, будущих преподавателей биологии, позволяющим экспериментально определять уравновешенность нервных процессов конкретного человека.

Принцип действия прибора – имитация движения материального объекта (точечного источника света, иначе – «бегущего огня») посредством электронной коммутации источника тока, обеспечивающего последовательное свечение светоизлучающих диодов матричного кольцеобразного табло-циферблата.

Перед выполнением работы обследуемый получает словесную инструкцию: остановить движение «бегущего огня» в строго определенной точке светодиодного табло-циферблата, напротив какого-либо числа или цифры, по усмотрению экспериментатора. Скорость движения «бегущего огня» и направление его перемещения (по часовой стрелке или против нее) экспериментатор может изменять согласно методике выполнения работы.

Если обследуемый точно выполняет задание, вовремя останавливая «бегущий огонь» в нужной точке табло-циферблата, уравновешенность нервных процессов в коре больших полушарий данного лица высока. Если обследуемый торопится, останавливая «бегущий огонь» преимущественно раньше времени, – нервные процессы неуравновешенны, с преобладанием *возбуждения*. Если испытуемый опаздывает, останавливая «бегущий огонь», как правило, позже времени, неуравновешенность нервных процессов в коре больших полушарий его головного мозга характеризуется преобладанием процессов *торможения*. Для получения достоверных результатов обследуемый должен выполнить серию заданий – 30 попыток.

Основные технические характеристики прибора РДО

1. Тип логики используемых микросхем: транзисторно-транзисторная (ТТЛ), транзисторно-транзисторная с матрицами диодов Шотки (ТТЛШ).
2. Шкала табло-циферблата: кольцеобразная, матричная, реализованная на светоизлучающих диодах красного свечения.
3. Число знакомест табло-циферблата – 16.
4. Направление движения «бегущего огня» – по часовой стрелке, против часовой стрелки и попеременно чередуемое.
5. Выбор направления движения «бегущего огня» – ручной или автоматический.
6. Диапазон изменений периода свечения каждого светоизлучающего диода, определяющего скорость движения «бегущего огня» в любом направлении, – 10 мс/дискр – 300 мс/дискр.
7. Изменение периода свечения светодиодов осуществляется плавно, вручную. Период свечения светодиодов при движении «бегущего огня» в каждом направлении регулируется двумя отдельными органами управления.
8. Энергопотребление прибора: напряжение источника питания 5,0 В + 0,2 В, при токе потребления не более 0,2 А.

Прибор РДО имеет выход для подключения электронносчетного частотомера – периодомера (ЧЗ-33, ЧЗ-35А), используемого в качестве цифровой шкалы – отсчетного устройства периода свечения светодиодов.

Описание схемы прибора

Изделие имеет моноблочную конструкцию (рис. 2), выполнено на семи интегральных микросхемах (ИМС) (рис. 1). В состав схемы изделия входят два идентичных генератора прямоугольных импульсов, функционирующих независимо друг от друга, система электронных клапанов (логических вентилей), реверсивный двоичный счетчик импульсов, двоичный дешифратор-демультиплексор «4 на 16», схема управления, выполненная на RS- и D-триггерах, матричное табло-циферблат.

Генератор прямоугольных импульсов повышенной стабильности частоты следования, обеспечивающий движение «бегущего огня» (объекта) по часовой стрелке, реализован по схеме трехэлементного мультивибратора на транзисторе VT1 и двух элементах 2И-НЕ ИМС К155ЛА3 (DD1.1, DD1.2). Генератор прямоугольных импульсов, обеспечивающий движение «бегущего огня» (объекта) против часовой стрелки, выполнен по идентичной схеме на транзисторе VT2 и элементах DD2.1 и DD2.2 ИМС DD2 (К155ЛА3).

На элементах DD1.3 и DD2.3 выполнены электронные клапаны, обеспечивающие блокировку прохождения импульсов с выходов генераторов, что необходимо для предотвращения последствий преждевременного действия обследуемого до начала движения «бегущего огня».

Прямоугольные импульсы с выходов элементов DD1.3 и DD2.3 проходят дифференцирующие RC-цепи и далее поступают на входы электронных клапанов DD1.4 (с выхода DD1.3) и DD2.4 (с выхода DD2.3). Электронные клапаны DD1.4 и DD2.4 обеспечивают остановку работы реверсивного счетчика импульсов при нажатии кнопки «стоп» обследуемым.

Через инвертор DD4.1 импульсы с выхода электронного клапана DD1.4 поступают на электронный клапан DD4.2. Через инвертор DD4.4 импульсы поступают с выхода электронного клапана DD2.4 на электронный клапан DD4.3. Микросхема DD4 – К155ЛА3.

Электронные клапаны DD4.2 и DD4.3 являются частью схемы *селекции – распределения импульсов* с выходов обоих генераторов на вход «CU» (счет на увеличение, движение «бегущего огня» по часовой стрелке) либо на вход «CD» (счет на уменьшение, движение «бегущего огня» против часовой стрелки) двоичного реверсивного счетчика К555ИЕ7 (DD6). Клапаны открываются попеременно: когда открыт электронный клапан DD4.2 (и закрыт клапан DD4.3), импульсы поступают на вход «CU» реверсивного счетчика; когда открыт клапан DD 4.3 (и закрыт клапан DD4.2), импульсы поступают на вход «CD».

С выходов Q0–Q3 счетчика DD6 двоичный код 1-2-4-8 поступает на входы А0–А3 дешифратора-демультиплексора DD7 (КР1533ИД3), реализующего запись лог. 0 по схеме «4 на 16». К каждому из шестнадцати выходов дешифратора DD7 подключен катод соответствующего светоизлучающего диода дискретной матрицы HL1 – HL16 табло-циферблата. Аноды светодиодов объединены между собой и через ограничительный резистор подключены к положительному полюсу источника напряжения питания 5В.

Таким образом, при формировании двоичного кода «0000» на выходах счетчика лог. 0 устанавливается на первом выходе дешифратора – горит светодиод HL1, остальные погашены; при формировании кода «0001» на выходах счетчика лог. 0 устанавливается на втором выходе дешифратора – горит светодиод HL2, остальные погашены и т.д. Иначе говоря, последовательно загорается каждый из 16 светодиодов матричного табло-циферблата.

Описанный фрагмент схемы позволяет просто и надежно реализовать оптический эффект «бегущий огонь», легко изменяя направление движения (аверс – реверс) точечного светящегося объекта, не используя сложные, имеющие недостаточное для методики РДО количество разрядов (4 или 8), реверсивные регистры сдвига.

Схема управления прибором РДО выполнена на двух ИМС КМ555ТМ2 (DD3 и DD5), представляющих собой двоянные универсальные D-триггеры с расширенной логикой действия (RS-, D-, D-тактируемый триггер – делитель на «2») (2).

RS-триггер (DD3.1) формирует сигнал «стоп» при нажатии соответствующей кнопки обследуемым, предотвращая «дребезг» ее контактов, а D-триггер DD3.2, получив сигнал «стоп», блокирует прохождение импульсов с генераторов через клапаны DD1.4 и DD2.4, что приводит к мгновенной остановке «бегущего огня» в нужной точке табло-циферблата.

При нажатии экспериментатором кнопки «сброс-старт» RS-триггер DD5.1 обеспечивает асинхронный сброс триггера DD3.2 в исходное состояние и его блокировку, а также обнуление реверсивного счетчика – загорается светодиод HL1, система готовится к старту. При отпускании кнопки «сброс-

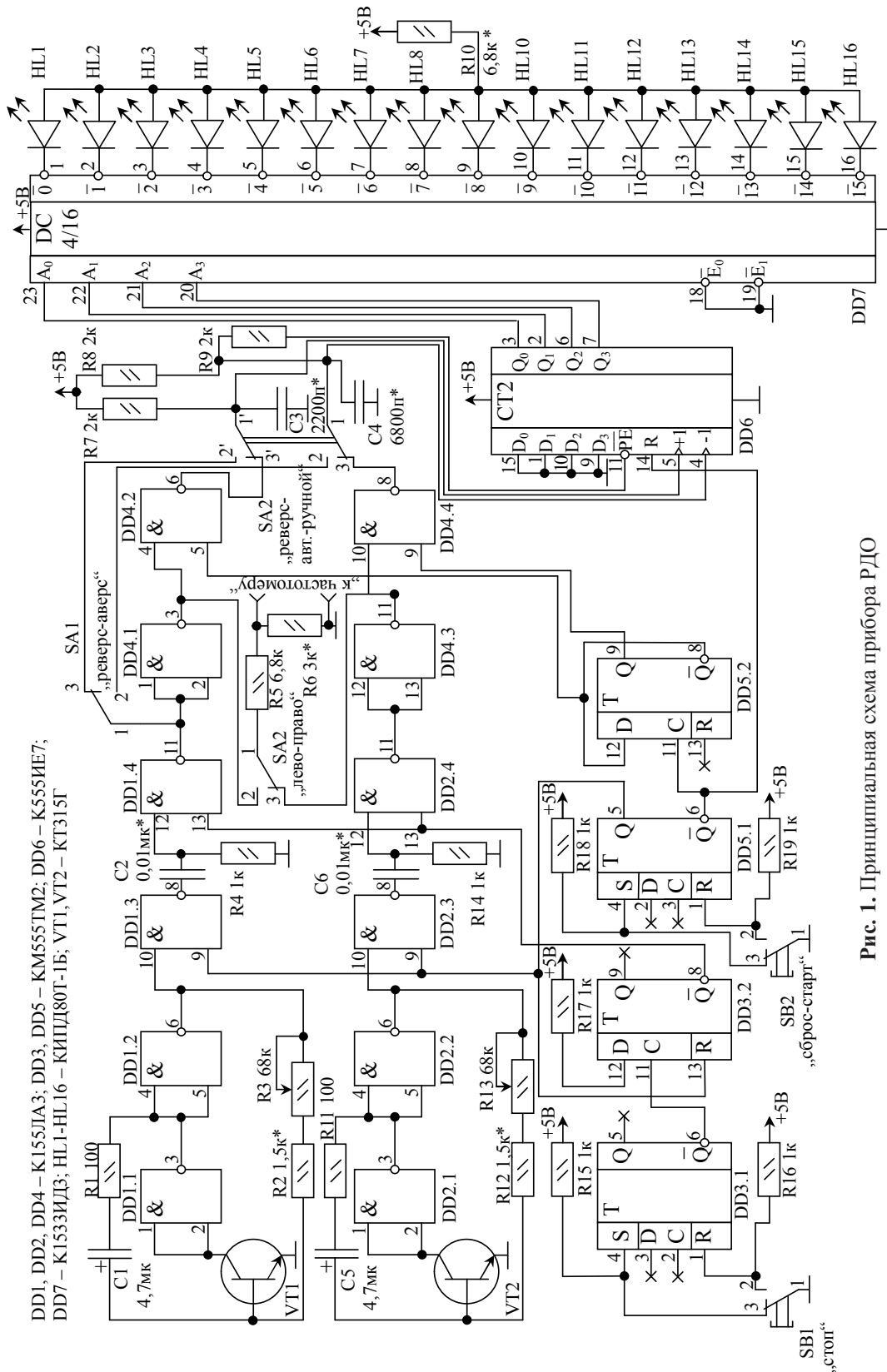


Рис. 1. Принципиальная схема прибора РДО

старт» триггер DD3.2 оказывается разблокирован, а D-триггер со счетным входом (DD5.2) изменяет свое логическое состояние на противоположное, что приводит к открыванию либо клапана DD4.2 и движению «бегущего огня» по часовой стрелке, либо клапана DD 4.3 и движению «бегущего огня» в обратном направлении. *Таким образом, реализуется попеременно чередующееся направление движения светового объекта, причем направление его движения меняется при каждом последующем старте системы на противоположное.*

В случае необходимости упростить методику исследования уравновешенности нервных процессов импульсы с генератора VT1, DD1.1, DD1.2 с помощью тумблера «ручн. – авт.» направляются на один из входов двоичного счетчика («CU» или «CD») напрямую, минуя электронные клапаны селекции направления движения объекта. В этом случае выбор определенного, *не изменяющегося* (при каждой новом старте системы) направления движения светящегося объекта, осуществляется экспериментатором вручную – тумблером «прав. – лев.».

Таким образом, прибор РДО позволяет демонстрировать студентам педагогических вузов – будущим преподавателям физики и информатики – работу генераторов прямоугольных импульсов – трехэлементных мультивибраторов, действие RS-, D- и D-триггера со счетным входом, логику функционирования базового элемента ТТЛ 2И-НЕ, действие двоичного реверсивного счетчика импульсов и дешифратора-демультиплексора двоичных кодов, а также принцип организации матричного светодиодного табло-циферблата. При этом перечисленные схмотехнические элементы являются составными частями целостного, функционально законченного цифрового электронного устройства, имеющего прикладное значение в биологии.

Старшекурсник, будущий преподаватель биологии получает специализированный прибор, пригодный как для использования на практических занятиях в вузе и уроках биологии в средней общеобразовательной школе, так и для выполнения фрагментов серьезной научно-исследовательской работы старшеклассниками и студентами-исследователями. Небольшие габариты прибора РДО (рис. 2), надежность работы, простота в обращении позволяют использовать его во внелабораторных условиях при выполнении научно-исследовательской работы студентами.



Рис. 2. Общий вид прибора РДО

Литература

1. Смирнов В.М., Будылина С.М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность : учеб пособие для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., стереотип. М. : Академия, 2004.
2. Цифровые интегральные микросхемы : справочник / М.И. Богданович, И.Н. Грель, В.А. Прохоренко [и др.]. Минск : Беларусь, 1991.



Device for determining the steadiness of human neural processes

There is described the electronic device for determining the subject's reaction at the moving object, which is necessary for estimation of the steadiness of human neural processes. The equipment which demonstrates the work of three-element multivibrator, RS- and D-trigger, binary reverse counter, binary decoder can be used both at high school and secondary school at workshops on microelectronics, physiology, biology and physics.

Key words: *steadiness of human neural processes, three-element multivibrator, RS- and D-trigger, binary reverse counter, binary decoder.*