

Пульт управления детской железной дорогой

Мало кто будучи мальчишкой не мечтал об игрушечной железной дороге. Читатель постарше может помнить это электрическое чудо в московском "Детском Мире", где на огромном макете с горами, лесами, тоннелями, семафорами, станционными строениями завораживающе сновали туда-сюда миниатюрные, но такие похожие на настоящие, разноцветные поезда. Автор не исключение, он можно сказать "простоял" свое детство возле того самого макета. Пятилетнему внуку повезло больше – на день рождения родители вручили ему подарок, который на несколько часов поглотил все его внимание. Далее – стоп. Сели батарейки. Уже после двух недель ежедневных покупок батареек взрослым стало ясно, что надо принять какое-то кардинальное решение. Но продающиеся в магазинах специальные питающиеся от сети пульты для управления игрушечной железной дорогой поражают либо своим убожеством, либо ценой, а то и тем и другим вместе взятыми. Тогда и родилась мысль сделать такой пульт своими руками.

Вообще говоря, при создании какой-либо игрушки для детей рекомендуется руководствоваться двумя принципами.

Принцип первый – игрушка должна быть ребенку интересной, а это возможно только в четырех случаях: если ребенок в процессе игры узнает что-то новое, если в процессе игры он имитирует действия взрослых, если в процессе игры он реализует свою волю, а именно – управляет кем-либо или чем-либо, и, наконец, если в процессе игры он совмещает первое, второе и третье.

Принцип второй, а может быть и первый – игрушка должна быть безопасной. Это особенно касается электрифицированных игрушек. Понятно, что существуют отработанные требования безопасности, изложенные в соответствующих нормативных документах, и если вы занялись самостоятельным изготовлением игрушки, то познакомьтесь с ними. Ну а если это по каким-то причинам невозможно, то по крайней мере не пренебрегайте собственными познаниями в этой области и элементарным здравым смыслом.

Стараясь следовать этим двум принципам, автор попытался создать устройство, которое также не противоречило бы здравому смыслу и в смысле его стоимости.

Описываемый ниже пульт предоставляет возможность выбора направления движения поезда – вперед/назад, заданная его скоростного режима – нормальный/экспресс, пуска и остановки состава – старт/стоп. В нем предусмотрена защита от перегрузок и короткого замыкания. Все управление кнопочное, а светодиодная индикация полностью отображает происходящее на железной дороге.

Пульт включает в себя собственно источник питания железной дороги и систему управления им. Источник питания собран на малогабаритном стандартном трансформаторе ТПП205-220/50 мощностью 3,25 Вт,

имеющем, что чрезвычайно важно, хорошую и надежную изоляцию между первичной и вторичными обмотками, поскольку именно эта изоляция и обеспечивает защиту от поражения электрическим током*. Каждая из вторичных обмоток в номинальном режиме рассчитана на ток 0,29 А, что является вполне достаточным для движения одного состава.

Сглаженное емкостью С1 напряжение питания для железной дороги подается от выпрямителя VD2...VD5 через резистор R1, транзистор VT2 и группу переключающих контактов K1.1 и K1.2. С помощью этих контактов при включении/выключении реле K1 производится переполюсовка напряжения питания, обеспечивающая изменение направления движения состава на обратное. Транзистор VT2 используется как ключевой элемент, с помощью которого производится подача напряжения при пуске и его отключение как в случае намеренной остановки поезда, так и при перегрузке источника питания или случайном коротком замыкании. Резистор R1 является элементом системы защиты источника питания от перегрузок и короткого замыкания, которая включает также резисторы R2...R5, транзистор VT1 и стабилизатор VD1.

Изменение величины питающего напряжения и, следовательно, скорости движения состава производится дополнительным подключением или отключением одной из вторичных обмоток трансформатора через контактную группу K2.2 реле K2.

Питание системы управления и индикации осуществляется от отдельного выпрямителя VD6...VD9. Это сделано для того чтобы, во-первых, максимально полезно использовать нагрузочные возможности вторичных обмоток относительно небольшого трансформатора, поскольку ток обмотки одного включенного реле может составлять 100 мА и более, а, во-вторых, простейшим образом исключить влияние на систему управления и индикации изменений выходного напряжения основно-

го источника.

Система управления и индикации содержит четыре триггера, два из которых, – DD2.1 и DD2.2 – представляют собой D-триггеры микросхемы K561TM2, а два других – RS-защелки – собраны на инверторах DD1.2, DD1.3 и DD1.4, DD1.5, в качестве которых использованы базовые элементы микросхемы K561ЛН2.

Первый триггер DD2.1 обеспечивает начальные установки системы и фиксирует сигнал со схемы защиты от перегрузок и короткого замыкания. Второй триггер DD2.2 выработывает сигналы для управления реле K2. Триггер на инверторах DD1.4 и DD1.5 делает то же для реле K1. И, наконец, триггером на инверторах DD1.2 и DD1.3 через инвертор DD1.1 осуществляется управление транзистором VT2 для пуска и остановки поезда, а также в случае перегрузки источника питания или короткого замыкания.

Выполнение двух триггеров на достаточно мощных инверторах, выходы которых по паспорту обеспечивают входящий ток не менее 8 мА, сделало возможной индикацию состояния этих триггеров путем непосредственного подключения светодиода с соответствующим токоограничивающим резистором к выходу каждого инвертора.

Светодиод HL6 загорается при подключении пульта к сети и гаснет при переводе пульта в рабочее состояние. Его повторное включение возможно лишь при срабатывании устройства защиты от перегрузок и короткого замыкания, о чем это включение и сигнализирует.

Свечение светодиода HL2 означает, что напряжение питания на железную дорогу подано, и поезд движется. Свечение светодиода HL3 означает, что напряжение питания отключено и поезд остановлен.

Свечение светодиодов HL4 и HL5 сообщает о той или иной полярности напряжения источника питания, которое может быть подано или подано в настоящий момент на железную дорогу. Иначе говоря светодиоды HL4 и HL5 индицируют условно "прямое" и "обратное" направления движения поезда.

В цепи питания светодиода HL1 имеет два резистора R7 и R6, причем последний коммутируется контактами K2.1 реле K2. Когда реле K2 выключено, его подвижные контакты находятся в верхнем по схеме положении. При этом к выпрямителю VD2...VD5 подключены лишь две вторичные обмотки трансформатора, резистор R6 включен последовательно резистору R7, и ток через светодиод HL1 не превышает 1,5 мА, светодиод горит тускло. При включении реле K2 к выпрямителю VD2...VD5 подключаются три вторичные обмотки трансформатора, напряжение источника питания увеличивается практически в полтора раза, резистор R6 отключается, а R7 соединяется непосредственно с общим проводом. Ток светодиода HL1 увеличивается приблизительно до 10...12 мА и соответствующим образом увеличивается его яркость. Таким образом индицируется скорость, с какой должен двигаться поезд.

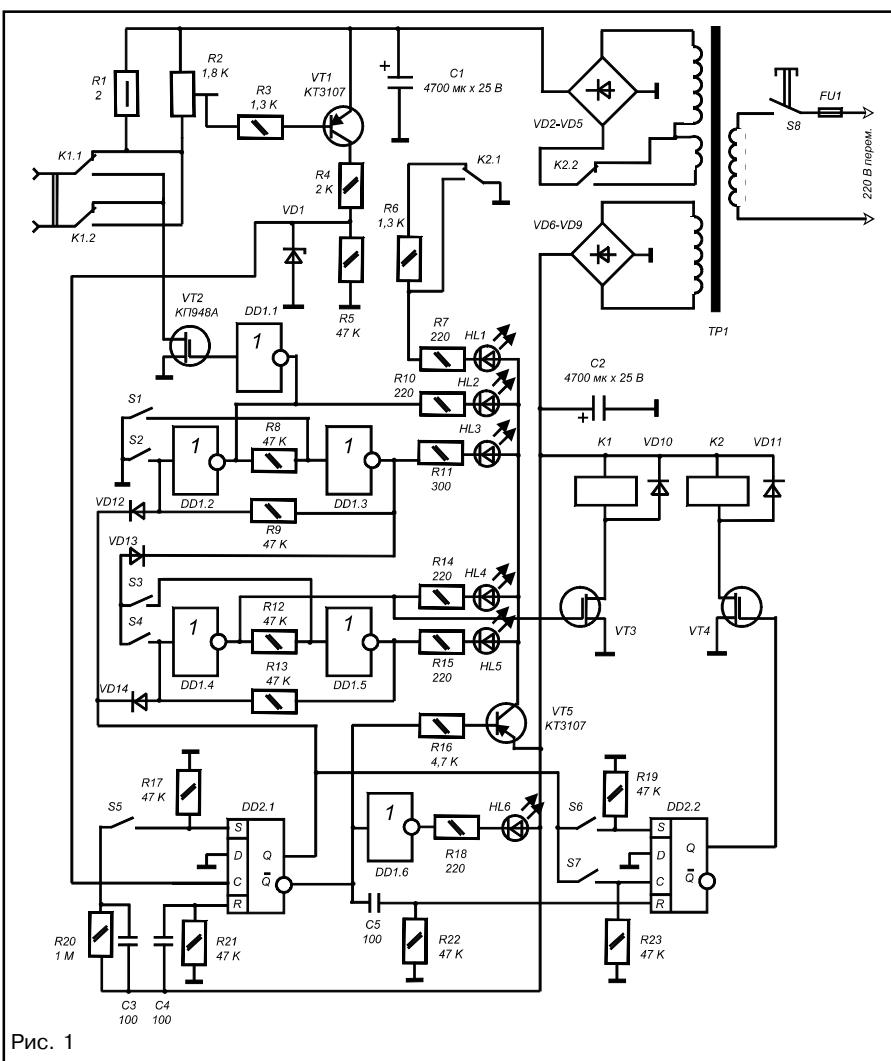


Рис. 1

Пульт работает следующим образом. При включении вилки в сеть на асинхронный вход R триггера DD2.1 через цепочку C4, R21 подается импульс начальной установки. В результате на инверсном выходе Q# триггера DD2.1 появляется логическая единица (далее "1"). Этой "1" запирается транзистор VT5, и светодиоды HL1...HL5 оказываются выключенными вне зависимости от того, каковы состояния выходов остальных триггеров. А светодиод HL6 наоборот включается, так как при этом на выходе инвертора DD1.6 оказывается логический 0 (далее "0"). Этой же "1" через цепочку C5, R22 производится установка в "0" выхода Q триггера DD2.2. При этом транзистор VT4 запирается, и реле K2 остается в обесточенном состоянии, его подвижные контакты в верхнем по схеме положении, а действие кнопок S6 и S7, подключенных к выходу Q триггера DD2.1, оказывается заблокированным. С этого же выхода Q "0" через диоды VD12 и VD14 подается на входы инверторов DD1.2, DD1.4 и жестко фиксирует их выходы, являющиеся управляющими выходами соответствующих триггеров, в состоянии "1", блокируя таким образом действие кнопок S1...S4. При этом транзистор VT3 отпирается, реле K1 срабатывает, и его подвижные контакты переходят в нижнее по схеме положение,

подключая вывод источника питания железной дороги положительной полярности к нижнему по схеме гнезду. Транзистор VT2 благодаря инвертору DD1.1 наоборот оказывается заперт.

Таким образом, при подключении пульта к сети напряжение питания на железную дорогу не поступает, горит один единственный светодиод HL6, а действие всех управляющих кнопок заблокировано.

Перевод пульта в рабочее состояние производится кнопкой S5. При ее нажатии на асинхронный вход S триггера DD2.1 через цепочку R17, C3, R20 подается короткий импульс и триггер DD2.1 переключается, на его инверсном выходе Q# появляется "0", который отпирает транзистор VT5. В результате, поскольку состояния остальных триггеров не изменились, включаются светодиоды HL1...HL5, а светодиод HL6 гаснет, так как на выходе инвертора DD1.6 появляется "1". В то же время "1", появившаяся на выходе Q триггера DD2.1, запирает диоды VD12, VD14 и разблокирует кнопки S1...S4, а также делает доступным переключение триггера DD2.2 кнопками S6 и S7. Пульт готов к работе.

Теперь при нажатии на кнопку S1 триггер на инверторах DD1.2, DD1.3 переключается, на выходе инвертора DD1.2 появляется "0", транзистор VT2 через инвер-

тор DD1.1 отпирается и на железную дорогу подается напряжение источника питания, равное приблизительно 6...6,5 В, что соответствует "нормальной" скорости движения поезда.

Для ускорения движения поезда следует нажать кнопку S6, при этом по асинхронному входу S переключается триггер DD2.2, отпирается транзистор VT4 и срабатывает реле K2. В результате подаваемое на железную дорогу напряжение становится 9,5...10 В, а яркость светодиода HL1 увеличивается в 4...5 раз. Перевод триггера DD2.2 в начальную установку и возврат к прежнему скоростному режиму производится нажатием кнопки S7, при котором положительным фронтом на счетном входе C на выход Q записывается "0", постоянно присутствующий на информационном входе D.

Для смены направления движения поезда следует нажать кнопку S3, при этом переключается триггер на инверторах DD1.4, DD1.5, транзистор VT3 запирается и обесточивает реле K1. В результате контактные группы K1.1 и K1.2 переполсовывают источник питания так, что его вывод положительной полярности оказывается подключенным к верхнему по схеме гнезду. При этом светодиод HL5 гаснет, а HL4 включается. Возврат к прежнему направлению движения производится нажатием кнопки S4, которое приводит триггер в исходное состояние. Здесь следует заметить, что последние эволюции разрешены только при "остановленном поезде", то есть после нажатия кнопки S2, когда на выходе инвертора DD1.3 фиксируется "0". В противном случае на катод диода VD14 подается "1" и он оказывается запертым, вследствие чего нажатие кнопок S3, S4 не может изменить текущее состояние триггера на инверторах DD1.4, DD1.5.

Система защиты от перегрузок и короткого замыкания работает следующим образом. Ток, потребляемый движущимся поездом, протекая по резистору R1, создает на нем падение напряжения, часть которого с движка подстроечного резистора R2 через токоограничивающий резистор R3 подается на базу транзистора VT1. Если потребляемый ток в норме, напряжение на базе невелико, транзистор заперт, и напряжение на резисторе R5 отсутствует. Если же потребляемый ток превысит некоторое заданное значение, транзистор VT1 откроется и на резисторе R7 появится напряжение, величина которого ограничена стабилитроном VD1 таким образом, чтобы оно не превысило напряжение питания схемы управления и индикации при любых напряжениях на выходе выпрямителя VD2...VD5. Фронтом этого напряжения по счетному входу C на Q выход триггера DD2.1 запишется "0", постоянно присутствующий на его информационном входе D. На инверсный же выход Q# соответственно запишется "1", и пульт перейдет в исходное состояние, соответствующее моменту его подключения к сети. После устранения неисправности, вызвавшей перегрузку или короткое

замыкание, перевод пульта в рабочее состояние производится также кнопкой S5. Упоминутая ранее цепочка C3, R17 не позволяет подавать напряжение на выходные гнезда пульта при перегрузке или коротком замыкании в нагрузке на время, превышающее ее постоянную времени $t=C3R17$. При указанных на схеме номиналах это время не превышает 500 мкс, что абсолютно безопасно для источника питания. Резистор же R20 служит для разрядки конденсатора C3 после размыкания кнопки S5.

Правильно собранный из исправных деталей пульт не требует никакой регулировки, кроме установки порога срабатывания защиты. В данном случае рекомендуется в качестве порога выбрать величину тока на 10% превышающую номинальное значение тока вторичных обмоток, а именно 0,32 А.

Что касается компонентов, то в описанной конструкции применены биполярные транзисторы КТ3107 (VT1, VT5) и полевые КП948А (VT2...VT4). Стабилитрон VD1 типа 2С139В можно заменить на КС139А, при этом нужно только проверить, чтобы его напряжение стабилизации было не более 4 В при токе около 5 мА. Для индикации направления (светодиоды HL4, HL5) использованы мнемонические светоизлучающие диоды красного цвета КИПМОЗБ-1К со светящейся площадкой в форме равнобедренного треугольника. Они установлены на панели пульта горизонтально рядом друг с другом как две стрелки, указывающие противоположные направления. Остальные светодиоды HL1 – АЛ307ЕМ желтого цвета свечения, HL2

и HL3 – АЛ307ГМ и АЛ307КМ соответственно зеленого и красного цветов, а HL6 – оранжевый. В выпрямительных мостах (VD2...VD9) использованы диоды Шоттки 1N5819₁ для шунтирования реле – кремниевые диоды 1N4001 (VD10, VD11), остальные диоды – КД521 или КД522 с любым буквенным индексом. Реле К1 и К2 – РЭС9 (паспорт РС4.529.029-10 или РС4.529.029-15). Тут следует заметить, что если в случае отсутствия диодов Шоттки их можно вполне безболезненно заменить в выпрямителе VD2...VD5 соответствующими кремниевыми диодами или, например, мостом КЦ407А, то с выпрямителем VD6...VD9 не все так просто. Дело в том, что указанные реле имеют сопротивление обмотки $36 \pm 3,6$ Ом и по паспорту должны работать при напряжении питания 6 В. Реле типа РЭС9, да и прочих и других типов, предназначенных для широкого применения, вообще не выпускались на напряжения ниже 6 В. Они, однако, если не требуется их паспортного быстродействия, чрезвычайно надежно работают и при 4 В, что многократно проверено. Но при более низких напряжениях часто возникают проблемы. Замена диодов Шоттки на кремниевые в выпрямителе VD6...VD9 уменьшает выходное напряжение источника питания схемы управления и индикации с 4,2 до 3,7 В. Поэтому далеко не каждое реле при этом будет работать. Если же существует возможность произвести их отбор, то можно найти реле, которые надежно работают и при 3,5 В (примерно одно реле из десяти) и таким образом решить проблему. С другой стороны диоды Шоттки

уже давно стали постоянной позицией фирм, торгующих компонентами, а их цена вплотную приблизилась к ценам обычных кремниевых диодов.

В заключение замечу, что на первый взгляд приведенная схема хотя и весьма проста, может показаться несколько перегруженной. Необходимо, однако, помнить, что терзать ее будет маленький ребенок, который может одновременно нажимать несколько разных кнопок и держать их так сколько угодно долго, или класть на рельсы любимого оловянного солдатика, или бог знает что ему, пытливому, еще взбредет в голову. При всем при этом для него не должно возникнуть опасных ситуаций, а пульт должен остаться цел, и десяток “лишних” резисторов не слишком высокая плата за надежность.

**При самостоятельном изготовлении трансформатора следует знать, что в соответствии с ГОСТ 27570.0–87 “Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов” изоляция между первичной и вторичной обмотками должна выдерживать испытательное напряжение 3750 В. Поэтому для катушки с обмотками необходимо обязательно применять секционированный каркас, на котором первичная обмотка наматывается на одной секции, а вторичные на другой, или использовать стержневую конструкцию сердечника с двумя катушками на каждом из стержней. Очень хороший результат дает заливка уже собранного трансформатора силиконовым герметиком, а также пропитка готовой катушки цирезином.*