

Как обмануть RS485

Для сбора данных с датчиков широко используется приборный интерфейс RS485, являющийся модификацией не менее известного RS232. К мультиплексной магистрали RS485 можно подключить до 32 устройств (и более, на практике). Протяженность магистрали - до 1200 м, типовой набор скоростей передачи данных – 9,6/19,2/38,4 кбит/с. Неплохо о специфике RS485 написано в статье «RS-485 для чайников» (Бень Е.А., <http://mayak-bit.narod.ru/rs485.html#gl10>) с рядом полезных ссылок. В статье затронуты в том числе вопросы подключения и согласования линии, защиты магистральных приемопередатчиков.

ПРОБЛЕМЫ

- Для передачи сигналов по шине RS485 обязательно прямое подключение к линии магистральных приемопередатчиков, которые из-за этого подвержены влиянию мощных наведенных помех, коротких замыканий, должны быть защищены от перекоса потенциалов оконечных устройств и пр. Случаи выхода из строя по этой причине дорогостоящих приборов, подключенных к магистрали через встроенный порт RS232/485, нередки.
- С целью защиты портов RS485/232 применяют схемы оптической развязки, которые лишь частично решают проблему, т. к. и в этом случае магистральные приемопередатчики оптически изолированной части напрямую подключены к магистрали, т.е. так же подвержены влиянию помех, всплесков напряжения и пр. При этом для питания выходных шинных формирователей необходим отдельный изолированный и защищенный источник питания, что очевидно повышает уровень сложности и стоимость таких адаптеров.
- Для подключения к магистрали RS485 каких-либо устройств и их отключения необходимо отключить на время все устройства, подключенные к линии, что довольно хлопотно и не всегда возможно.
- Для организации магистрали RS485 недостаточно витой пары - необходима трех- или четырехпроводная линия: пара проводников для передачи симметричных противофазных сигналов, «общий» и «экран».

Существуют вместе с тем мультиплексные каналы передачи данных с трансформаторной развязкой, распространенные в авиации, корабельных и спутниковых системах. Так, разработчикам бортовых электронных комплексов, хорошо знаком MIL-STD-1553B (ГОСТ 26765.52-87, ГОСТ Р 52070-2003). В качестве передающей магистрали здесь используется экранированная витая пара, к которой через согласующие импульсные трансформаторы подключены мастер-контроллер (К) и оконечные устройства – терминалы (Т), см. рис.1.

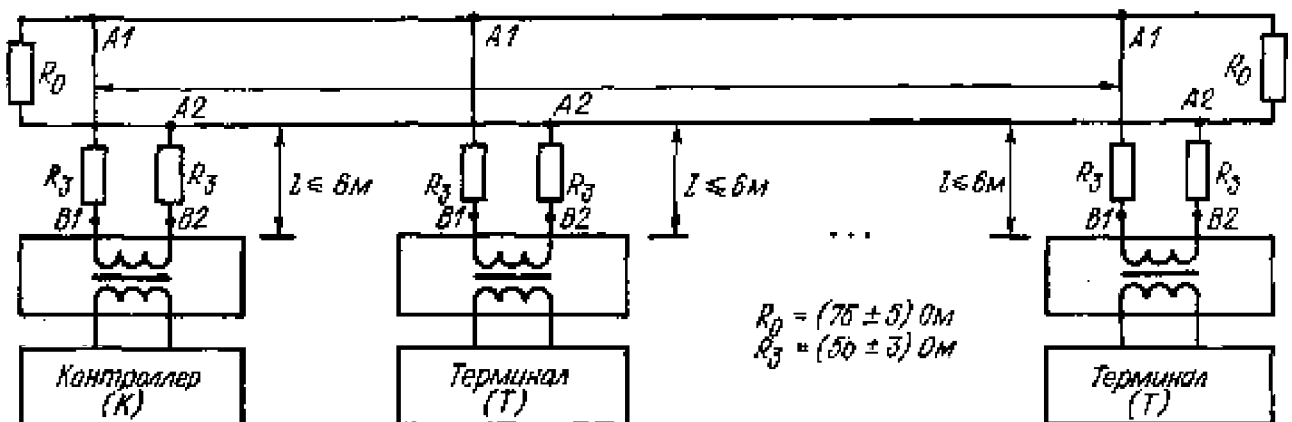


Рис.1

Импульсные трансформаторы обеспечивают гальваническую развязку оконечных устройств и отлично подавляют наведенные синфазные помехи. К линии не подключен напрямую ни один активный элемент – только защитные и согласующие резисторы. Это существенно снижает риск повреждения приемопередающих элементов от воздействия

синфазных помех, характерных для длинной линии, перекоса потенциалов оконечных устройств, а также при контакте линии с цепью повышенного потенциала.

По этим причинам решили отказаться от традиционных магистральных приемо-передатчиков, «священной коровы» RS485. Пусть простят нас трудолюбивые ребята из Maxim и Analog Devices - не стало проблем с выбором и защитой многочисленных МАХов, AD, DC-DC-конверторов и пр. Простота и эффективность решения превзошли все ожидания, о чем и будет рассказано ниже.

Для подключения устройств с портами RS232/RS485 к двухпроводной мультиплексной линии через развязывающий трансформатор (по аналогии с рис.1) был разработан набор недорогих конверторов (адаптеров).

Далее используется сокращение - MLTI (Multiplex Line with Transformer Isolation), мультиплексная линия с трансформаторной развязкой.

ПРИНЦИП РАБОТЫ КОНВЕРТОРА

Конвертор осуществляет преобразование сигналов формата RS232/485 (рис.2-А) к виду, пригодному для передачи через трансформатор связи. Для этого исходный сигнал (А) "дифференцируется", и в точках перехода 1\0 и 0/1 формируется биполярный импульсный сигнал (рис.2-Б), который не содержит постоянной составляющей. Количество положительных и отрицательных импульсов при этом одинаково.

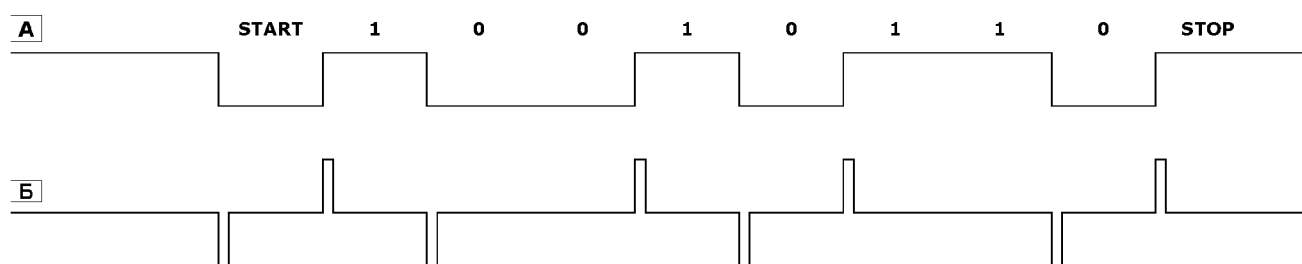


Рис.2

При типовой скорости передачи 9600 бит/с время передачи одного бита ~104 мкс. С учетом характеристик изолирующих импульсных трансформаторов и импеданса согласованной (120 Ом) двухпроводной линии выбрана оптимальная длительность импульсов (Б) ~5...8 мкс. При таком соотношении можно обеспечить передачу информации короткими мощными импульсами при небольшой средней мощности, потребляемой конвертором.

На приемной стороне биполярные импульсы через согласующий трансформатор и схему селекции поступают на входы триггера-формирователя, который восстанавливает исходный сигнал формата RS232/485. Схемная реализация конверторов прилагается.

ОСОБЕННОСТИ И ИСТОРИИ ИЗ ПРАКТИКИ

1. Подключение устройств к линии передачи данных через изолирующий трансформатор, как уже отмечалось, снижает риск повреждения входных и выходных каскадов приемопередатчиков от воздействия наведенных помех в линии, особенно синфазных. К линии *MLTI* непосредственно подключены только оконечные согласующие и защитные резисторы. Отпадает необходимость в гальванически развязанных источниках питания.

История 1. На предприятии «А» смонтировали систему сбора данных, включающую 7 интеллектуальных датчиков, стоимостью \$5000 каждый. Датчик подключили напрямую к магистрали RS485 через встроенный порт RS485. При наладке системы на линию RS485 случайно попала фаза ~220 В. Выгорели шинные приемо-передатчики портов RS485... Стоимость ремонта датчиков с доставкой в Англию и обратно оказалась сопоставима с их ценой.

2. В качестве магистрали *MLTI* используется обычная экранированная витая пара (или без экрана – "в виде исключения").

История 2. На предприятии «В», где организовали опрос датчиков с помощью конверторов MLTI, в качестве двухпроводной линии временно (и долго) использовался существующий телефонный кабель-"лапша" длиной около 400 м. Во время грозы от близкого разряда молнии выгорели несколько телефонных аппаратов, подключенных к местной АТС. На работе канала передачи данных (MLTI) это никак не отразилось.

3. Магистраль *MLTI* допускает подключение и отключение приборов в «горячем» режиме без риска повреждения работающих устройств.

История 3. На предприятии «А» при организации сети для опроса датчиков применили конверторы MLTI. Экранированная витая пара длиной около 300 м проходит через ряд производственных помещений, часть из которых закрыта. В процессе монтажа и наладки кабель разрезали и подключали датчики в горячем режиме - при работающей системе. Однажды случайно пережгли кабель электросваркой, поврежденный отрезок кабеля на ходу заменили. После всех этих манипуляций система и датчики продолжали функционировать.

4. Средний ток, потребляемый конвертором MLTI, не превышает единиц мА. Конвертор при этом может работать от цепей COM-порта (RS232) без внешнего источника питания – проверено на практике.

ПРИМЕЧАНИЕ

Скорость передачи данных ограничивается предельным соотношением времени передачи одного бита и длительности биполярных импульсов (бит/импульс). При скорости 38,4 кбит/с и длительности импульса 5...8 мкс соотношение бит/импульс ~3...5 - это предельная величина скорости при таких условиях.

На форму биполярных импульсов влияет качество согласования линии, ее секций и шлейфов, от чего зависит переходной процесс на фронтах импульсов. Впрочем, такие же требования, предъявляются и к магистрали RS485. В разработанных конверторах это обстоятельство учтено - предусмотрена защита от всплесков на фронтах импульсов при неточном согласовании линии.

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ КОНВЕРТОРА RS232-MLTI (схема А)

Схема КОНВЕРТОРА RS232-MLTI, связывающая порт RS232 прибора (компьютера) с мультиплексной трансформаторной линией (MLTI) представлена на рис.А. Конвертор поддерживает полудуплексный режим обмена данными.

Цепи интерфейса RS232:

TxD – выходной сигнал «Передача данных»

RxD - входной сигнал «Прием данных»

DTR – служебный сигнал «Готовность приемника»

RTS – служебный сигнал «Запрос на передачу»

GND – «Общий»

При скорости передачи 9,6 кбит/с конвертор потребляет ток около 4 мА. Это позволяет использовать для питания схемы сигнальные цепи DTR и RTS, которые при активизации порта RS232 устанавливаются в активное состояние $U = +9...12V$. Цепи имеют достаточную нагрузочную способность для питания схемы конвертора (достаточно только DTR).

Выход «Передача данных» TxD порта RS232 в исходном состоянии имеет потенциал -9...-12V и через цепочку VD4-C2 формирует отрицательное напряжение питания для схемы формирователя входного сигнала RxD (VT1, VT2).

Цепочка VD5-R3 – ограничивает сигнал TxD до уровней логического сигнала 0/12V.

DD1 (A, B, D, E) – двухканальный формирователь дифференциального сигнала по фронту и спаду входного сигнала TxD. C3-R5 и C4-R6 – цепочки для дифференцирования перепадов входного сигнала. При указанных номиналах длительность импульсов на выходе DD1 (D, E) ~5 мкс.

VT3, VT4 – выходные ключи для формирования импульсных сигналов на первичной обмотке трансформатора связи Т1.

Импульсный трансформатор Т1 (ТИМ230В) имеет симметричные обмотки (2-2, 1-1), и снижает амплитуду сигнала 2:1 для лучшего согласования с низкоомной линией. Соответственно, при приеме повышает 1:2. По паспорту ТИМ230В предельное напряжение гальванической развязки ~250V – в обычной практике для защиты этого хватало. Сейчас можно подобрать более качественный импульсный трансформатор (ти ~ 8...15 мкс) с напряжением изоляции до ~1000V и, кроме того, в SMD-корпусе.

VD9, VD10 – диоды для защиты ключей VT3, VT4.

R15, R16 – балластные резисторы для защиты от КЗ на линии.

При этих параметрах выходные биполярные импульсы в согласованной двухпроводной линии имеют амплитуду около 4V и длительность 7...8 мкс.

VT5, VT6 – входные ключи селектора-формирователя для приема сигнала с линии. Диод VD8 повышает порог срабатывания ключей для увеличения помехозащищенности схемы – около 1,2V с учетом перехода "база-эмиттер". На практике этого достаточно, но можно увеличить порог на 0,6V, добавив еще один диод.

Диод VD7 – блокирует прием обратного эхо-сигнала в момент передачи.

Триггер DD2 (B, C), R13, R14 (см. книгу Шило по цифровой схемотехнике) управляется ключами VT5, VT6 - восстанавливает сигнал формата RS232. Триггер переключается по фронту принимаемого импульса, а RC-цепочка (R11-C5, R12-C6) блокирует ложное переключение на время завершения переходного процесса ~12 мкс.

DD2(A), VT2, VT1 – преобразователь уровня – формирователь стандартного сигнала RxD ($\pm 8V$) интерфейса RS232.

Светодиоды H1 (красный), H2 (зеленый) – индикация режима передачи-приема.

Для питания схемы, как упоминалось, можно использовать цепи DTR и RTS порта RS232 или источник +9...12V с выходным током до 10 мА.

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ КОНВЕРТОРА RS485-MLTI (схема B)

Схема КОНВЕРТОРА RS485-MLTI (рис.В) похожа на предыдущую (рис.А), но имеет отличия, связанные с подключением RS485.

Цепи интерфейса RS485:

GND – "общий"

"DATA–", "DATA+" – цепи для передачи противофазного сигнала.

+12 В – внешний источник питания (до 50 мА)

Интегральный стабилизатор DA1 (+5V, 40 мА) формирует напряжение питания ключей VT1, VT3, формирующих выходную пару сигналов "DATA–", "DATA+". *Внимание! Выходы "DATA–", "DATA+" этой схемы имеют ограниченную нагрузочную способность и рассчитаны на подключение к порту RS485 по короткому шлейфу - не более 1 м.*

При приеме сигнала из порта RS485 ключ-формирователь VT2 преобразует входную пару сигналов в сигнал логического уровня 0/12V, поступающий на вход DD2A (2) и далее в MLTI.

При приеме из MLTI выход триггера DD2C (10) через цепочку VD5-R10 подключен к DD2A (2) для блокировки обратного эхо-сигнала.

В остальной части работа схемы аналогична описанной выше схеме конвертора RS232-MLTI.

ОПИСАНИЕ СХЕМЫ КОНВЕРТОРА RS232/485-MLTI (схема C)

Схема КОНВЕРТОРА RS232/485-MLTI (рис.С) - компиляция предыдущих схем (рис.А, рис.В), позволяет подключать два прибора с разными интерфейсами (RS232, RS485) к магистрали MLTI. Конвертор удобно использовать как универсальный адаптер для подключения любого прибора с портом RS232/RS485.

СХЕМА КОНВЕРТОРА «ТОКОВАЯ ПЕТЛЯ» (формата RS232) - MLTI

Аналогична схеме на рис. А, с нехитрой доработкой.

И было все это сделано в середине 90-х, клянусь дипломом!

«Михалыч»

kursa@ukr.net

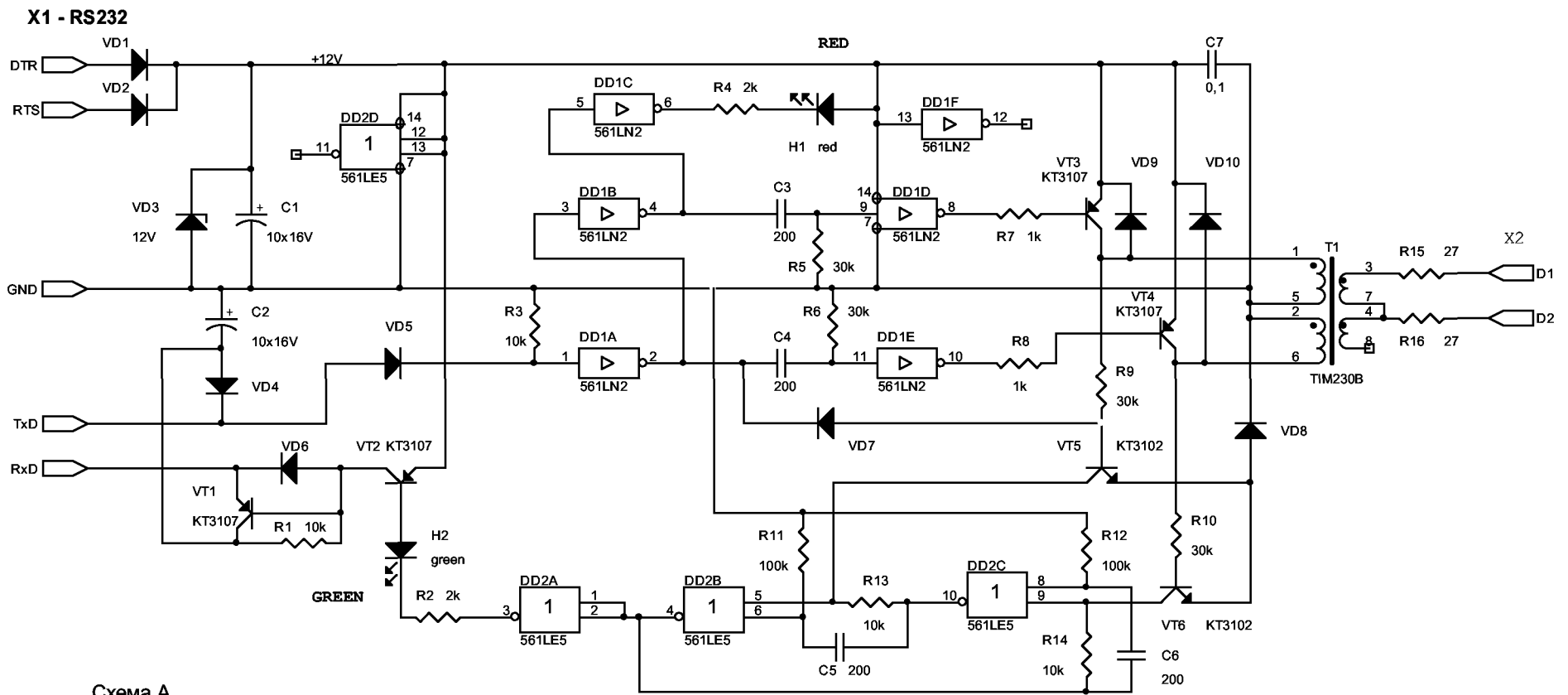


Схема А

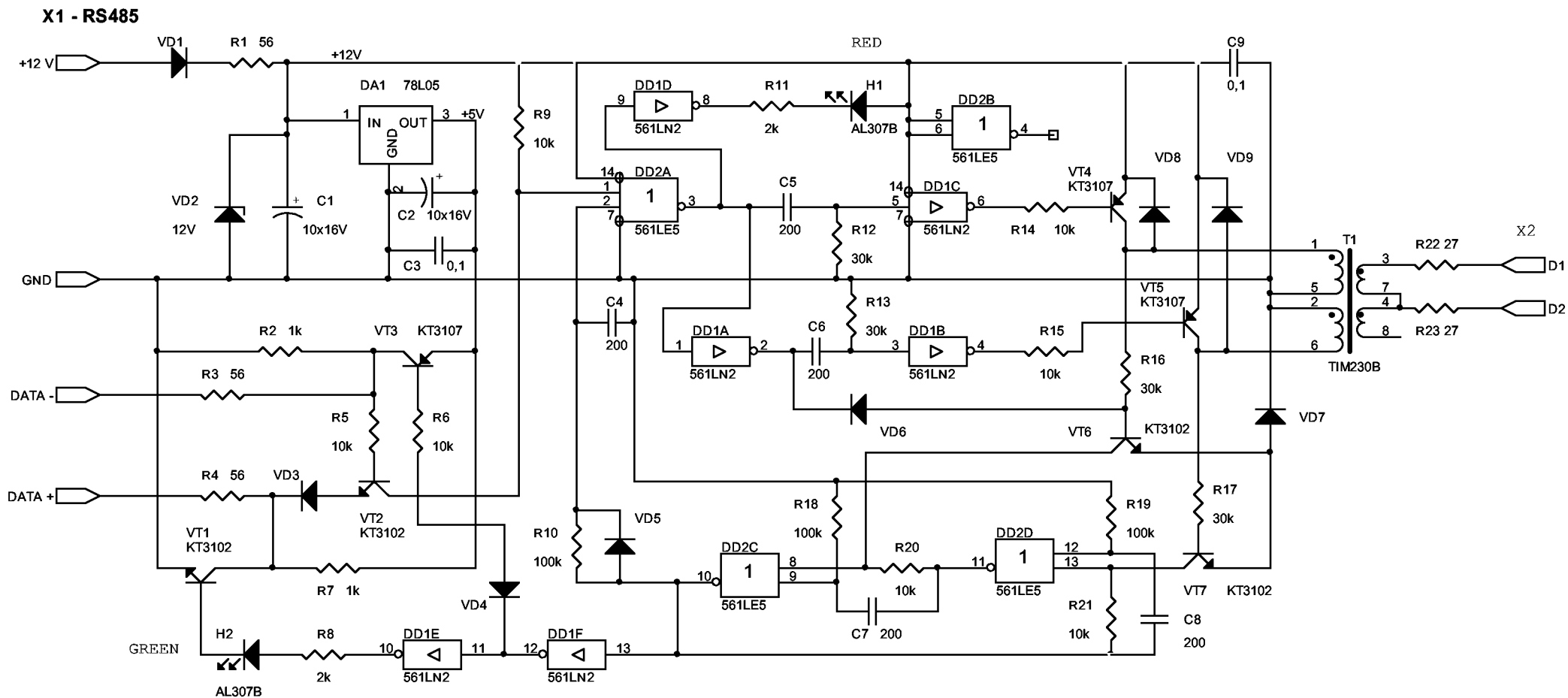


Схема В DA1 - стабилизатор напряжения 5В (до 30 мА)

Трансформатор импульсный ТИМ230В - обмотки 2:2-1:1, допустимое напряжение изоляции 250 В.

Предпочтительно выбрать более современный импульсный трансформатор с напряжением изоляции до 1000 В и корпусом для SMD монтажа.

Диоды импульсные типа КД522 или аналоги.

Светодиоды-индикаторы : "красный" - передача, "зеленый" - прием

Транзисторы указанного типа или аналоги.

Микросхемы указанного типа или аналоги.

X1 - RS232

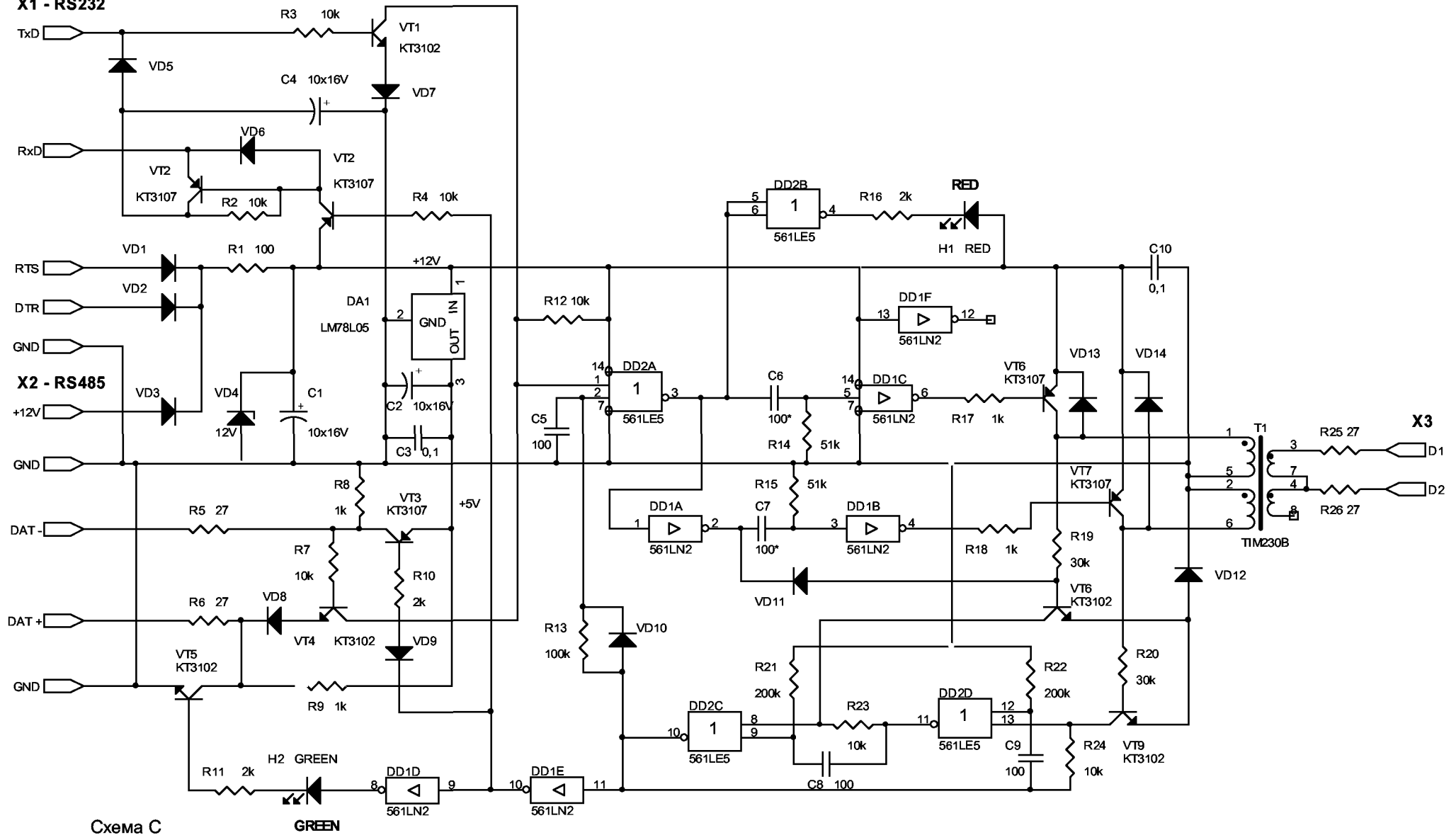


Схема С