

Как обмануть RS485 ;)

Промышленный интерфейс RS485, являющийся модификацией не менее известного RS232, использует для передачи данных согласованную двухпроводную линию, по которой передается противофазная пара сигналов. Это обеспечивает хорошую помехоустойчивость, но порождает другие проблемы, хорошо известные разработчикам. В этой заметке рассмотрен способ связи устройств с интерфейсами RS232-RS485-RS422-«токовая_петля» с помощью конверторов с трансформаторной развязкой.

ПРОБЛЕМЫ RS485

- а) Прямое подключение к линии RS485 магистральных приемо-передатчиков требует хорошей защиты от воздействия наведенных помех (синфазных и дифференциальных), коротких замыканий, а также защиты от перекоса потенциалов оконечных устройств. Известны случаи выхода из строя по этим причинам дорогостоящих приборов, подключенных к магистрали через встроенный порт RS485.
- б) С целью защиты портов RS485/232 применяют схемы оптической развязки, которые лишь частично решают проблему, т. к. и в этом случае магистральные приемо-передатчики оптически изолированной части напрямую подключены к магистрали, и, в меньшей степени, но все же подвержены влиянию помех, всплесков напряжения и пр. Для питания изолированных приемо-передатчиков необходим дополнительно DC-DC-конвертор с достаточным уровнем изоляции и защиты, что повышает уровень сложности и стоимость таких адаптеров и в целом снижает уровень надежности.
- в) Для подключения и отключения каких-либо дополнительных устройств к магистрали RS485 необходимо отключать на время монтажа все устройства, подключенные к линии, что довольно хлопотно и не всегда возможно.
- г) Для организации магистрали RS485 недостаточно просто витой пары - необходима трех- или четырехпроводная линия: пара проводников для передачи противофазных сигналов, «общий» проводник и «экран».

Для устранения этих проблем, повышения надежности обмена данными и защищенности оконечных устройств были разработаны мультимплексные каналы передачи данных с трансформаторной развязкой, распространенные в авиации, корабельных и спутниковых системах. Разработчикам бортовых электронных комплексов хорошо знаком MIL-STD-1553B (ГОСТ 26765.52-87, ГОСТ Р 52070-2003). В качестве передающей магистрали используется экранированная витая пара, к которой через согласующие импульсные трансформаторы подключены мастер-контроллер (К) и оконечные устройства – терминалы (Т), см. рис.1.

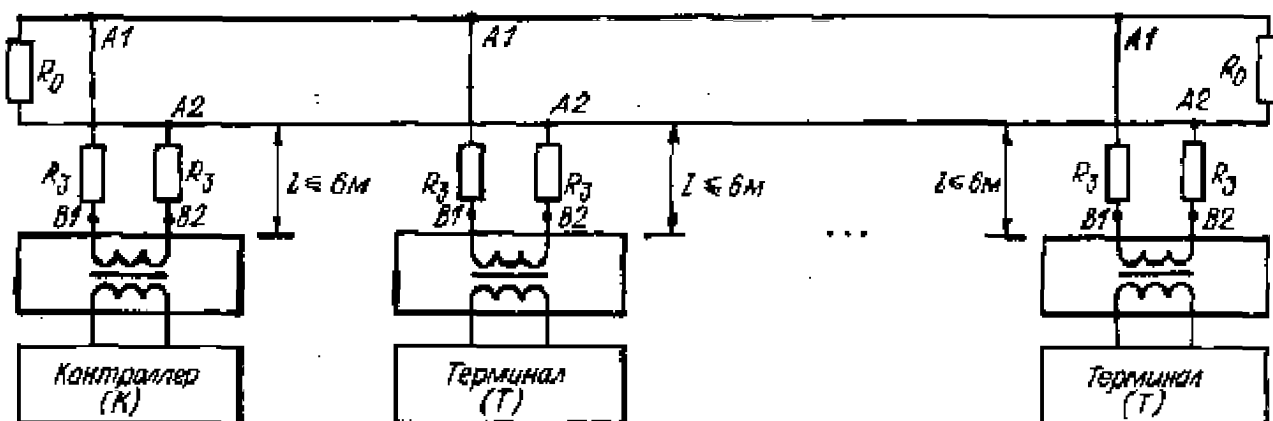


Рис.1

Причина такого решения проста: импульсный трансформатор – отличный дифференциальный приемник, практически не восприимчивый к синфазной помехе, к тому же элемент пассивный. Непосредственно к линии здесь не подключен ни один активный элемент – только выходные обмотки трансформаторов, защитные и согласующие резисторы. Такая развязка существенно уменьшает риск повреждения приемо-передающих элементов активной части под воздействием синфазных помех, перекоса потенциалов оконечных устройств, или при случайном контакте линии с цепью повышенного потенциала.

Эта идея была использована для того, чтобы в принципе отказаться от разнообразных магистральных приемо-передатчиков, а также унифицировать связь устройств с родственными интерфейсами RS232-RS485-RS422-«токовая_петля». И пусть нас простят трудолюбивые разработчики из Maxim и Analog Devices - не стало проблем с выбором и защитами многочисленных МАХов, AD, DC-DC-конверторов и пр. Простота и эффективность решения оправдали все ожидания, о чем и будет рассказано ниже.

Для подключения устройств с портами RS232-RS485-RS422-«токовая_петля» 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 в таком сигнале, как видим, одинаково.

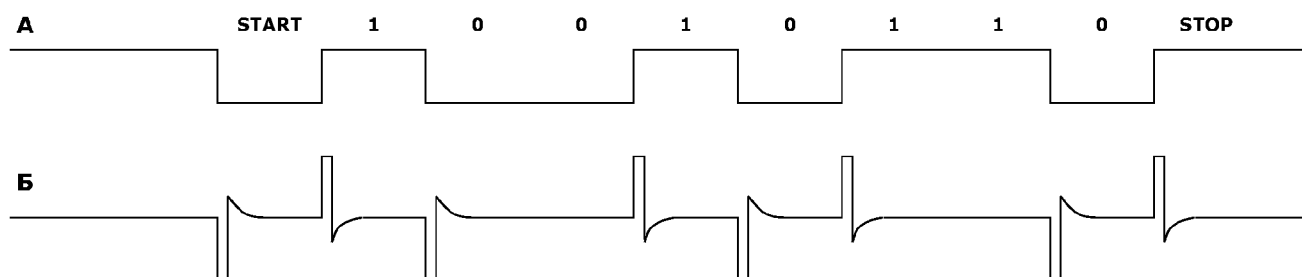


Рис.2

При типовой скорости передачи 9600 бит/с время передачи одного бита ~104 мкс. С учетом характеристик изолирующих импульсных трансформаторов и импеданса согласованной (110 Ом) двухпроводной линии выбрана оптимальная длительность импульсов (Б) ~5...8 мкс. При таком соотношении можно передавать по длинной низкоомной линии короткие импульсы 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. Обеспечивается автоматическое подавление эхо-сигнала во время передачи/приема. Схемная реализация конверторов прилагается.

ОСОБЕННОСТИ И ИСТОРИИ ИЗ ПРАКТИКИ

1. Подключение устройств к линии передачи данных через изолирующий трансформатор, как уже отмечалось, исключает риск повреждения приемо-передающих элементов от воздействия синфазных помех и перекоса потенциалов подключенных устройств. К линии (MLTI) непосредственно подключены только выходные обмотки трансформаторов, защитные и согласующие резисторы. Отпадает необходимость в дополнительных гальванически развязанных источниках питания.

История 1. На предприятии «А» смонтировали систему сбора данных, включающую 7 высокоточных датчиков-расходомеров, стоимостью \$5000 каждый. "Умельцы"-наладчики подключили датчики к магистрали RS485 напрямую 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 Европу и обратно оказалась сопоставима с их ценой.

2. В качестве магистрали MLTI используется обычная экранированная витая пара (или без экрана – почему бы и нет :)).

История 2. На предприятии «В», где организовали опрос датчиков с помощью конверторов MLTI, в качестве двухпроводной линии временно (но долго) использовался штатный телефонный кабель-"лапша" длиной около 400 м. Во время грозы от близкого

разряда молнии выгорели несколько телефонных аппаратов, подключенных к местной АТС. На работе системы передачи данных (MLTI) это 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 прошла через ряд производственных помещений, в часть из которых доступ ограничен. 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. Схемы конверторов, представленные ниже, предельно просты и потребляют средний ток не более единиц мА. Конвертор RS232-MLTI, например, может быть запитан от сигнальных цепей COM-порта и нормально функционировать – 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 и ограничивает максимальную скорость на уровне 38,4 кбит/с.

На форму биполярных импульсов влияет качество согласования линии, ее секций и шлейфов - от этого зависит переходной процесс на фронтах импульсов. Впрочем, такие же требования по согласованию, предъявляются и к магистрали RS485. В разработанных конверторах схема формирователя срабатывает по началу приходящего импульса и далее блокируется на время переходного процесса на "хвосте" импульса.

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 (А, В, D, Е) – 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, Е) ~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 ($t_i \sim 8...15$ мкс) с напряжением изоляции до $\sim 1000V$ 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. В.Л.Шило «Цифровые микросхемы») 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.

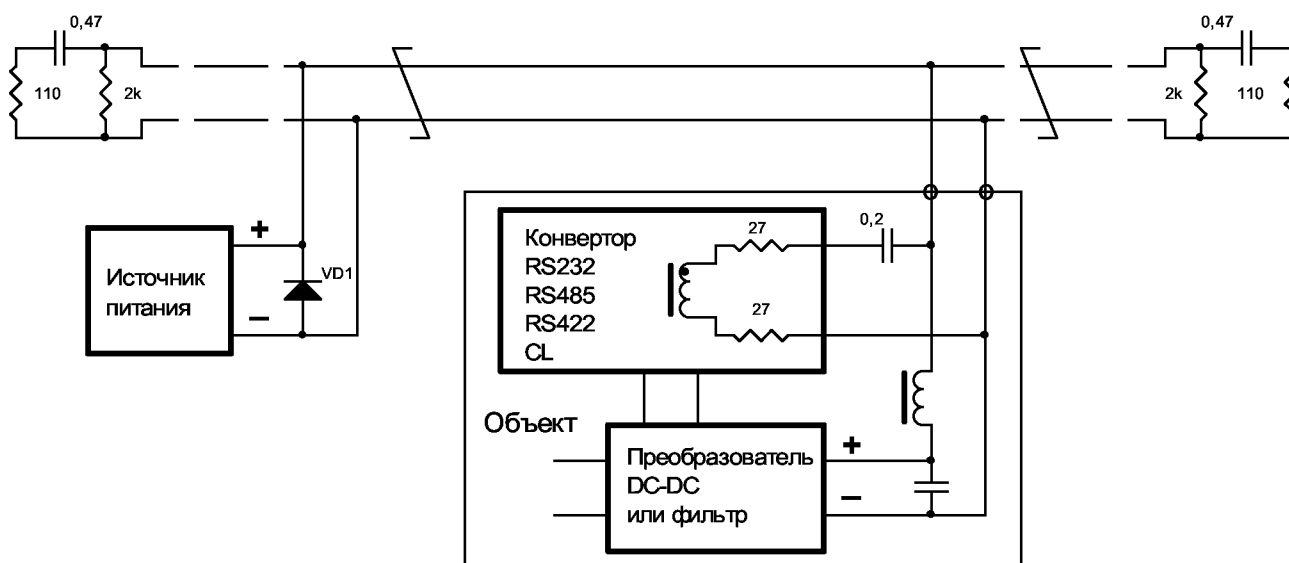
СХЕМА КОНВЕРТОРА «ТОКОВАЯ ПЕТЛЯ» (формата RS232) – MLTI

Аналогична схеме на рис. А, с небольшой доработкой.

Михалыч

kursa@ukr.net

PS – Способ одновременного обмена сигналами и снабжения питанием по двухпроводной линии разнесенных объектов с интерфейсом RS232-RS485-RS422-«токовая_петля» с использованием конверторов, описанных выше.



Источник питания может быть отдельным, или в составе одного из объектов. На приемной стороне (объекте) – простой фильтр или преобразователь DC-DC для питания схемы, и конвертор интерфейса (RS232-RS485-RS422-«токовая_петля»). Диод VD1 желателен - для дистанционного контроля полярности и защиты от переполюсовки при монтаже.

X1 - RS485

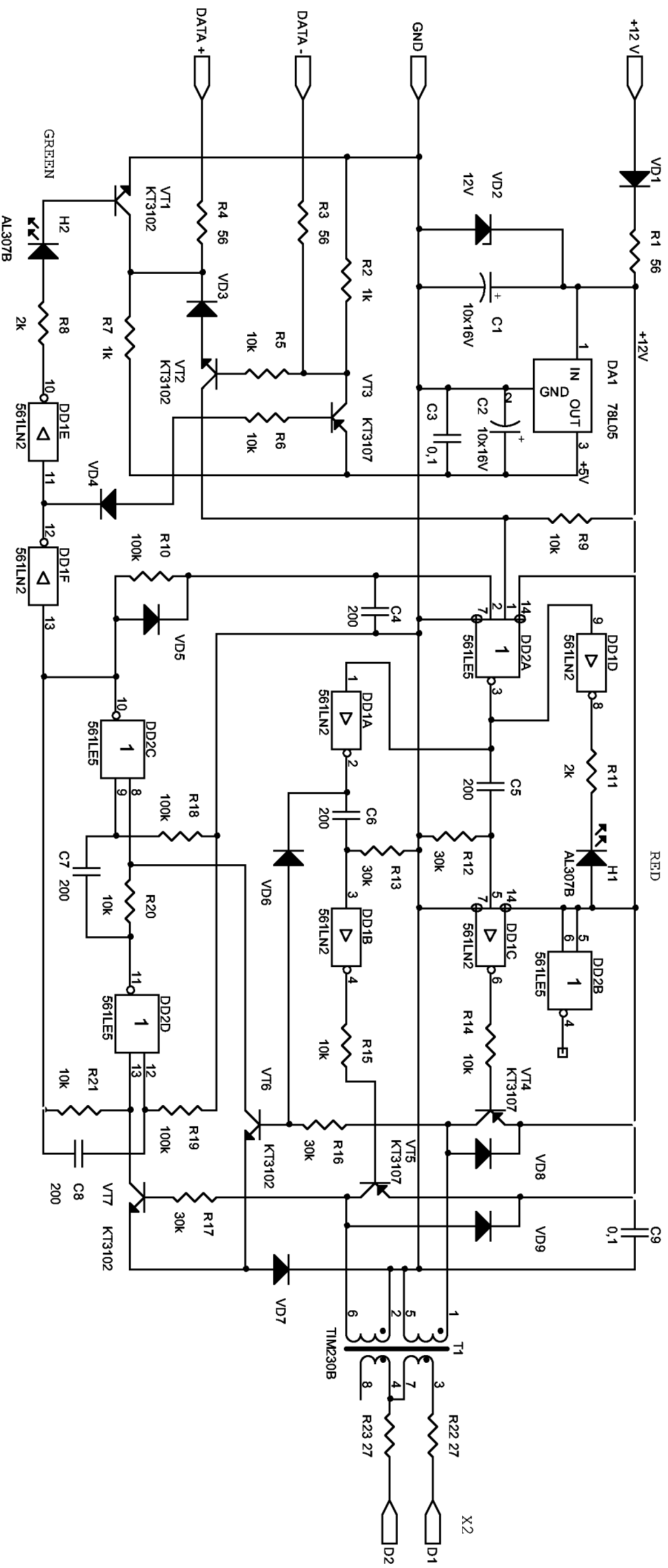


Схема В ДА1 - стабилизатор напряжения 5В (до 30 мА)

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

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 аналог.

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

Транзисторы указанного типа или аналогич.

Микросхемы указанного типа или аналог.

