

УСТРОЙСТВО АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ ОТЛАДКИ ЧЕРЕЗ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

Рассматривается разработка принципиальной схемы устройства аппаратно-программной отладки. Предлагается реализация приёмопередатчика CAN.

Введение

Современная разработка встроенных систем невозможна без эффективных инструментов отладки и диагностики. Промышленные и автомобильные электронные блоки управления (ЭБУ) используют множество интерфейсов связи: CAN, LIN, UART, SPI, I2C, RS485, а в ряде унаследованных систем по-прежнему востребован интерфейс RS232. Для полноценной отладки разработчику требуется набор специализированных адаптеров, совокупная стоимость которых делает их приобретение экономически нецелесообразным для небольших лабораторий или индивидуальных инженеров.

I. Структура устройства отладки и описание его работы

В основе архитектуры устройства отладки лежит высокопроизводительный микроконтроллер (МК), выполняющий функции центрального управляющего звена. Он обеспечивает протокольную обработку, маршрутизацию пакетов данных и управление периферийными узлами. Структурно устройство можно разделить на три ключевые подсистемы: подсистему питания и изоляции, подсистему связи с ЭВМ и подсистему физических интерфейсов.

Подсистема питания и изоляции. Питание устройства осуществляется от порта USB отладочной ЭВМ. Для обеспечения безопасности и надежности входная цепь оснащена блоком защитных цепей, куда входят защиты от перенапряжения и ограничения потребляемого тока. Ключевой особенностью разрабатываемого комплекса является наличие полной гальванической развязки со стороны ЭВМ. Блок гальванической развязки питания (на базе изолирующего DC–DC преобразователя) формирует независимое питание для микроконтроллера и трансиверов. Вторичные напряжения формируются линейным стабилизатором (3,3 В для питания логики) и повышающим DC–DC преобразователем, генерирующим высокое напряжение 12/24 В, необходимое для работы драйвера шины LIN.

Подсистема связи с ЭВМ. Передача управляющих команд и пакетов данных между ПК и устройством осуществляется по интерфейсу USB в режиме FS. Информационные линии шины USB изолируются с помощью специализированного цифрового изолятора (Гальваническая развязка USB), что гарантирует защиту хост-системы от синфазных помех, коротких замыканий и высоковольтных выбросов со стороны отлаживаемого оборудования.

Подсистема физических интерфейсов. Микроконтроллер обменивается данными с объектами от-

ладки через семь поддерживаемых интерфейсов: CAN (включая протокол FD), LIN, RS485, RS232, SPI, I2C и UART. Поскольку МК не оснащен встроенными драйверами физического уровня для промышленных сетей, согласование сигналов осуществляется с помощью внешних микросхем (шинных формирователей).

Данные от внешних интерфейсов поступают на соответствующие приемопередатчики, где преобразуются из дифференциальных или высоковольтных уровней в стандартные уровни логики ТТЛ/КМОП, после чего передаются в микроконтроллер через внутреннюю периферию (аппаратные модули UART, SPI, I2C и FDCAN). Обратный поток данных проходит в противоположном направлении.

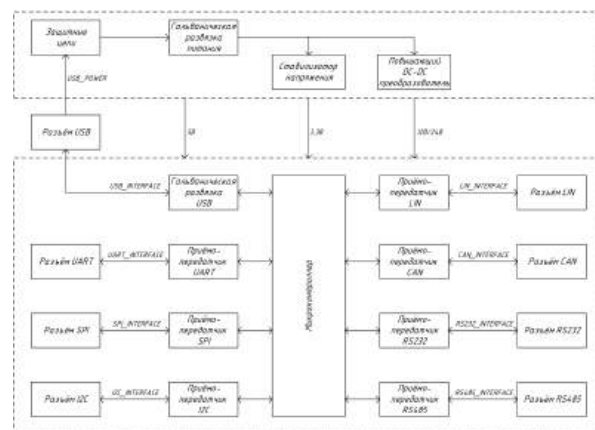


Рис. 1 – Структурная схема устройства отладки

II. Схемотехника диагностического узла CAN

В рамках проекта особое внимание уделено разработке узла приемопередатчика CAN с поддержкой высокоскоростной передачи (CAN FD). В отличие от типовых конвертеров уровней, разработанная аппаратная часть (рис. 2) решает три диагностические задачи: безопасное подключение к шине, измерение аналоговых параметров в реальном времени и управление согласованием линии.

В схеме используется драйвер, поддерживающий режим аппаратного отключения передатчика. Это позволяет программно определять скорость шины перебором без генерации кадров ошибок, не нарушая работу целевой системы. Защита от электростатических разрядов и высоковольтных импульсов реализована на базе двунаправленных TVS-диодов и синфазного дросселя.

Для диагностики состояния шины в реальном времени к дифференциальным линиям подключены

высокоимпедансные резистивные делители напряжения. Входное сопротивление измерительной цепи соответствует требованиям стандарта ISO 11898-2 и исключает нагрузку сети.

Для защиты АЦП микроконтроллера от переходных процессов применена схема ограничения на диодах Шоттки с токоограничивающими резисторами. Данный узел позволяет непрерывно измерять синфазное напряжение и выявлять смещение потенциалов земли или короткие замыкания.

Для нейтрализации отраженного сигнала предусмотрена отключаемая разделенная терминатация (Split-termination) на базе двухканального телекоммуникационного реле. А для контроля состояния терминаторов сети внедрен прецизионный омметр. С целью минимизации влияния импульсных шумов силовой подсистемы, измерительная цепь запитана от выделенного источника опорного напряжения. Дополнительный канал АЦП непрерывно отслеживает

напряжение инъекции, реализуя ратиометрический метод измерений.

III. Выводы

Описанная реализация устройства аппаратно-программной отладки через промышленные интерфейсы выводит его из класса простых конвертеров интерфейсов в класс диагностического оборудования. Предложенное решение обеспечивает безопасный наблюдение высокоскоростных шин CAN FD и позволяет программно выявлять физические дефекты сети при минимальных габаритах и стоимости аппаратной платформы.

Список литературы

1. Hardware design guideline power supply and voltage measurement – AN4218 [Электронный ресурс] : Application Note / STMicroelectronics. – Режим доступа: https://www.st.com/resource/en/application_note/an4218-hardware-design-guideline-power-supply-and-voltage-measurement-stmicroelectronics.pdf. Дата доступа: 10.04.2026.

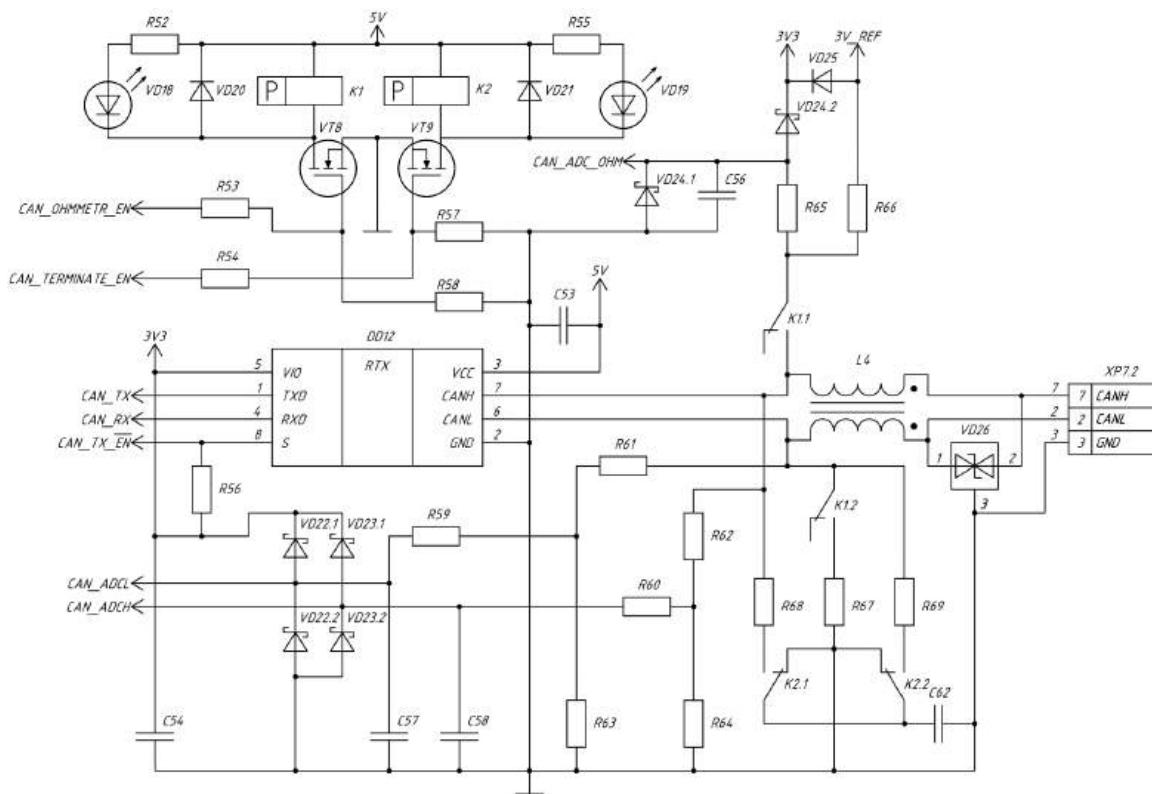


Рис. 2 – Принципиальная схема приёмопередатчика CAN

Ламака Евгений Александрович, студент кафедры теоретических основ электротехники БГУИР, lamaka.evgeny@yandex.ru.

Научный руководитель: Пикуза Анна Владимировна, ассистент кафедры теоретических основ электротехники, a.pikuza@bsuir.by.