

Константин Староверов

ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ USB-ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОИЗВОДСТВА STMICROELECTRONICS, MAXIM И TEXAS INSTRUMENTS



Интерфейс USB является фактическим стандартом для связи ПК и различного рода периферийных устройств. Чтобы облегчить разработчику реализацию функции USB-связи, в частности, компаниями STMicro, Maxim и TI выпускается достаточно большое число компонентов, в т.ч. контроллеры, трансиверы, коммутаторы. Разобраться во всем этом многообразии поможет данная статья.

С момента первых упоминаний об интерфейсе USB прошло уже пятнадцать лет. Само появление этого интерфейса явилось ответом на назревшую в те времена потребность в унификации протоколов передачи данных и конструктивных/электрических характеристик различного рода интерфейсов ПК, а также в расширении функциональных возможностей и пропускной способности этих интерфейсов. В типичный набор интерфейсов ПК тогда входили COM-порты с 9- и 25-выводными разъемами для подключения периферийных устройств по низкоскоростному каналу связи, LPT-порт с 40-выводным разъемом для подключения периферийных устройств по высокоскоростному каналу связи, интерфейсы PS/2 для подключения клавиатуры и мыши, а также игровой/MIDI-порт для подключения игровых манипуляторов и музыкальных инструментов. Использование такого системного блока создавало немало проблем, в том числе отсутствие свободных портов, разнородность и громоздкость кабельного хозяйства, обилие шнуров электропитания каждого периферийного устройства. Кроме того, непрерывно совершенствующиеся периферийные устройства нуждались в гораздо более высокой пропускной способности интерфейса, чем мог обеспечить, например, самый быстрый на тот момент LPT-порт. В конечном счете, как результат деятельности группы компаний в лице Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC и Philips, в 1996 году официально публикуются спецификации к интерфейсу USB версии 1.0, а позже, в 1998 году, выходит их исправленная версия 1.1. Данными спецификациями оговаривается работа в двух скоростных режимах:

- LS — низкоскоростной режим (1,5 Мбит/сек);
- FS — высокоскоростной режим (12 Мбит/сек).

В 2000 году публикуется еще одна спецификация версии 2.0, в которой оговаривается новый скоростной режим:

- HS — высокоскоростной режим (480 Мбит/сек).

За прошедшее время, интерфейс USB стал, по сути, стандартом для подключения компьютерной периферии. Этому способствовали следующие его преимущества: низкая стоимость, малое число проводов в интерфейсном кабеле, возможность питания внешнего устройства (5 В, 500 мА), поддержка возможностей «plug-&play» и «hot plug», расширяемость, встроенная поддержка большинством популярных операционных систем и др.

Под занавес 2001 года публикуется важное расширение к спецификации

принтеру для фотопечати, подключение мобильного телефона к плееру для копирования мелодий — вот примеры наиболее типичных ситуаций, когда оказывается полезным прямое подключение двух внешних устройств.

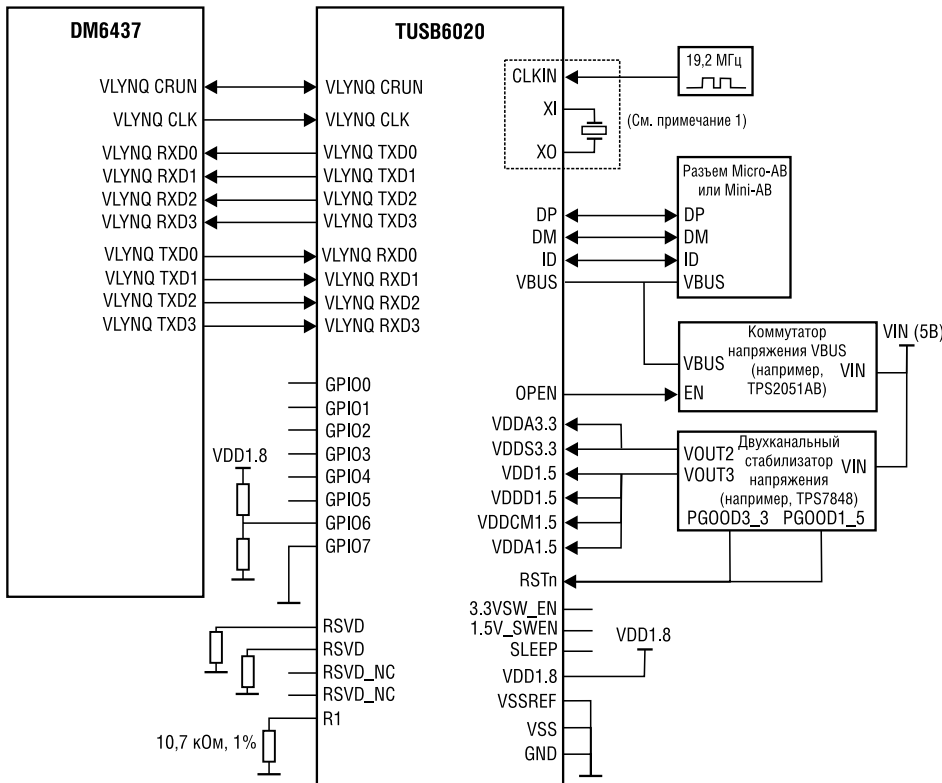
Появление спецификаций USB OTG затронуло не только функциональные возможности интерфейса USB, но и его конструктивные и электрические характеристики. В любом физическом USB-соединении участвует два объекта: сторона А (host порт или ведущий порт) и сторона В (device-порт или подчиненный порт). Таким же образом классифицируются и разъемы: на стороне А используются вилки и розетка типа Standard-A, Mini-A или Micro-A а на стороне В — Standard-B, Mini-B или Micro-B. С появлением интерфейса USB OTG, который может работать и как ведущий, и как подчиненный интерфейс, было предложено два новых типа розеток — mini-AB и micro-AB, которые допускают вставку вилок Mini-A, Mini-B и Micro-A, Micro-B, соответственно. Кроме того, у порта USB OTG задействован дополнительный пятый контакт, который необходим для идентификации типа подключенной вилки (mini-A или mini-B): то внешнее устройство, которое определит подключение к

Функция USB-связи реализуется при помощи специальных ИС, которые условно можно разделить на две группы: основную и вспомогательную. К основной группе относятся ИС USB-трансиверов и USB-контроллеров/трансиверов, к вспомогательной — различного рода коммутаторы, необходимые для мультиплексирования сигналов USB-шины с аудио/видеосигналами и управления подачей питания к шине USB (напряжение VBUS).

2.0 — USB On-The-Go (USB OTG), которым преодолевается один из недостатков архитектуры USB: прежде она не предусматривала возможность соединения двух внешних устройств без участия ПК, что стало актуальным с появлением разнообразной мультимедийной техники. Подключение фотоаппарата к

себе вилки mini-A, становится ведущим по умолчанию. В дальнейшем назначение устройств (ведущее или подчиненное) может изменяться. Для этого реализован специальный протокол: Host Negotiation Protocol (HNP-протокол).

Функция USB-связи реализуется при помощи специальных ИС, кото-



Примечание 1: Использовать для синхронизации можно либо CLKIN, либо XI/XO (выбранная конфигурация считывается через вывод GPIO6 при подаче питания)

Рис. 1. Пример совместного использования процессора TMS320DM6437 и USB-контроллера TUSB6020

рые условно можно разделить на две группы: основную и вспомогательную. К основной группе относятся ИС USB-трансиверов и USB-контроллеров/трансиверов, к вспомогательной — различного рода коммутаторы, необходимые для мультиплексирования сигналов USB-шины с аудио/видеосигналами и управления подачей питания к шине USB (напряжение VBUS).

USB трансиверы

ИС USB-трансиверов реализуют требования к физическому уровню в соответствии со спецификациями USB2.0/1.1 и предназначены для подключения USB-контроллера к физической шине USB. Информация по USB трансиверам STMicro, Maxim и TI представлена в таблице 1.

Необходимость применения USB-трансиверов возникает, когда разрабатываемое устройство выполняется на основе низковольтной СБИС (например, ASIC) со встроенным блоком USB-контроллера. У всех представленных в таблице 1 LS/FS-трансиверов для подключения к контроллеру используется системный интерфейс блока последовательного интерфейса SIE, который является «сердцем» USB-контроллера и описан в спецификациях USB. Кроме того, общей чертой всех этих трансиверов является интегрирование преобразователей логических уровней на

линиях системного интерфейса. Благодаря этому обеспечивается работоспособность системы при снижении напряжения питания управляющей СБИС до 1,6...1,65 В (1,4 В для MAX3349E). Многие из трансиверов интегрируют вспомогательные элементы, позволяющие упростить схему включения. К числу таких элементов относятся: стабилизатор напряжения для питания аналогового тракта трансивера от напряжения VBUS шины USB и подтягивающие резисторы к плюсу (на стороне B) или минусу (на стороне A) питания. Эти подтягивающие резисторы являются частью системы идентификации типа подключенного USB-устройства. В host-портах применяется подтяжка к минусу на линиях D+ и D- сопротивлением 15 кОм, в полноскоростных device-портах — к плюсу на линии D+, а в низкоскоростных device-портах — к плюсу на линии D- (сопротивление 1,5 кОм). В трансивер STUSB06E интегрирован иной коммутируемый подтягивающий резистор — сопротивлением 150 кОм. Он предназначен для реализации функции сигнализации о подключении к разъему стандартизованного зарядного устройства, питающегося от порта USB. Те трансиверы, у которых отмечена поддержка функции USB DETECT, содержат аналоговые компараторы, отслеживающие состояние напряжения VBUS. Данная функ-

ция позволяет более быстро реагировать на подачу/исчезновение напряжения VBUS. Некоторые трансиверы поддерживают режимы мультиплексирования сигналов шины USB с другими аналоговыми и/или цифровыми сигналами. Такая возможность актуальна в мобильных телефонах, где через один разъем необходимо подключаться к различным интерфейсам, т.е. не только к USB, но и, например, к аналоговому или цифровому интерфейсу автомобильного комплекта для громкой связи.

Представленные в таблице 1 OTG-трансиверы дополнительно интегрируют подтягивающие резисторы к минусу питания и емкостной преобразователь для формирования напряжения VBUS. Однако нагрузочная способность последнего — незначительная: 35 мА у STOTG04E и 8 мА у MAX3301/2E. Если требуется более высокая нагрузочная способность, у трансиверов предусмотрена возможность работы с внешним преобразователем напряжения. Завершает таблицу 1 трансивер, поддерживающий все скоростные режимы и все возможные варианты применения USB-трансивера, в т.ч. двухролевой порт OTG. Трансивер STULPI01A/B идеален для взаимодействия со СБИС, которая интегрирует ядро высокоскоростного USB-контроллера HOST, DEVICE или OTG, через высокоскоростной 12-выводной интерфейс ULPI 1.1. Недостатком данного трансивера является относительно невысокая стойкость к электростатическим разрядам на линиях D+/D- и VBUS, поэтому для получения надежного решения на этих линиях необходимо предусмотреть внешние защитные компоненты.

USB-контроллеры со встроенным трансивером

Для применений, где функцию USB-связи необходимо добавить к системному микроконтроллеру посредством параллельного или последовательного интерфейса, разработаны ИС USB-контроллеров со встроенным трансивером. Информация по таким трансиверам представлена в таблице 2.

Контроллеры Maxim полностью управляются через 26-мегагерцевый трех- или четырехпроводной интерфейс SPI. Благодаря этому, host- (только для MAX3421E) или device-функцию можно добавить даже 8-выводному микроконтроллеру, при этом, потерянные линии ввода-вывода будут с запасом компенсированы предусмотренными у трансиверов портами ввода/вывода общего назначения (4 входа + 4 выходы у MAX3420E и 8 входов + 8 выходов у MAX3421E). Кроме того, за счет низкой стоимости схемы гальванической развязки интерфейса SPI, на основе контроллера MAX3420/1E до-

Таблица 1. USB-трансиверы

Наименование	Область примен. Н/D/O ¹⁾	Производитель	Напряжение питания, В		Стабилизатор VBUS	Встроенные подтягивающие резисторы			Функция «USB DETECT» (порог, В)	Режим мультиплексирования	ESD D+/D- ²⁾ , В
			аналог.	логич.		R _{PU_D+}	R _{PU_D-}	R _{PD_D+/D-}			
LS/FS-трансиверы											
STUSB02E	D	STMicro	4...5,5	1,6...3,6	√				√ (н.д.) ⁴⁾		±14
STUSB03E	D	STMicro	4...5,5	1,6...3,6	√	√			√ (н.д.) ⁴⁾		±14
STUSB06E	D	STMicro	3...3,6	1,6...3,6							± 9
MAX3344E	D	MAXIM	4...5,5	1,65...3,6	√	√			√ (3,6...4)		±15
MAX3345E	D	MAXIM	4...5,5	1,65...3,6	√	√			√ (1...2,8)		±15
MAX3346E	D	MAXIM	4...5,5	1,65...3,6	√	√	√				±15
MAX3349E	D	MAXIM	4...5,5	1,4...2,75	√	√				UART	±15
MAX3453E	D	MAXIM	4...5,5	1,65...3,6	√	√			√ (>4)		±15
MAX3454E	D	MAXIM	3...5,5	1,65...3,6	√	√	√				±15
MAX3455E	D	MAXIM	4...5,5	1,65...3,6	√				√ (>4)		±15
MAX3456E	D	MAXIM	3...5,5	1,65...3,6	√						±15
MAX13481E	D	MAXIM	4...5,5	1,6...3,6	√						±15
MAX13482E	D	MAXIM	4...5,5	1,6...3,6	√	√ ³⁾	√ ³⁾		√ (>3,6)		±15
MAX13483E	D	MAXIM	4...5,5	1,6...3,6	√				√ (>3,6)		±15
TUSB1105	D, H	TI	4...5,5	1,65...3,6	√						±15
TUSB1106	D, H	TI	4...5,5	1,65...3,6	√						±15
TUSB2551	D	TI	4...5,25	1,65...3,6	√						±15
STOTG04E	O	STMicro	2,7...5,5	1,6...3,6	√	√	√	√	√ (4,4...4,8)	I ² C/ UART/ Audio	±8
MAX3301E	O	MAXIM	3...4,5	1,65...3,6	√	√	√	√	√ (4,4...4,8)		±15
MAX3302E	O	MAXIM	3...4,5	1,65...3,6	√	√	√	√	√ (4,4...4,8)		±15
HS-трансиверы											
STULPI01A/B	D, H, O	STMicro	3...4,5	1,65...1,95	√	√	√	√	√ (4,4...4,75)	UART	±2

Примечания:

- 1) 'H' указывает на возможность применения в HOST-интерфейсе, 'D' – в DEVICE-интерфейсе, 'O' – в OTG-интерфейсе.
- 2) Защита от электростатических разрядов на выводах D+/D- по модели человеческого тела (HBM).
- 3) Один внутренний подтягивающий резистор, который можно внешне подключить к линии D+ и D-.
- 4) 'н.д.' означает нет данных.

стигается очень выгодная по стоимости реализация оптоизолированного USB-интерфейса.

Компания TI применила несколько иные подходы к построению своих USB-контроллеров. Контроллеры **TUSB3210**, **TUSB3410** и **TUSB6250** выполнены на основе 8051-совместимого микроконтроллерного ядра, которое дополнено ОЗУ и ПЗУ памяти программ, ОЗУ памяти данных, универсальными таймерами-счетчиками, портами ввода-вывода, интерфейсом I²C (может использоваться для загрузки кода программы из внешнего EEPROM во внутреннее ОЗУ памяти программ) и др. ИС TUSB3210 является USB-контроллером общего назначения и может использоваться в клавиатурах, считывателях штрих-кода, считывателях flash-памяти и т.п. TUSB3410 и TUSB6250 имеют более узкую специализацию. Они предназначены для реализации преобразователей интерфейсов и дополнены всей необходимой для этого функциональностью. Например, TUSB6250 поддерживает USB-класс «mass storage device», что облегчает ре-

ализацию устройств для подключения к ПК через порт USB внешних ATA/ATAPI-совместимых жестких дисков или лазерных приводов. У остальных USB-контроллеров TI для управления и мониторинга предусмотрен параллельный интерфейс. У высокоскоростных USB-контроллеров TUSB6015 (DEVICE) и TUSB6010B (HOST/OTG) применен интерфейс, идентичный тому, что используется у NOR Flash-памяти (16-битная шина с мультиплексированием данных и адреса). Таким образом, данные контроллеры выгодно использовать в применениях с интенсивным использованием внешних устройств с аналогичной параллельной шиной. Потерю линий ввода-вывода управляющего микроконтроллера в некоторой степени компенсируют встроенные в USB-контроллеры восьмибитные порты ввода-вывода общего назначения. Последним представителем семейства USB-контроллеров TI является новинка 2008 года – **TUSB6020**. Он представляет собой высокоскоростной двухролевой OTG-контроллер в миниатюрном корпусе с размерами 5x5 мм и ориентирован

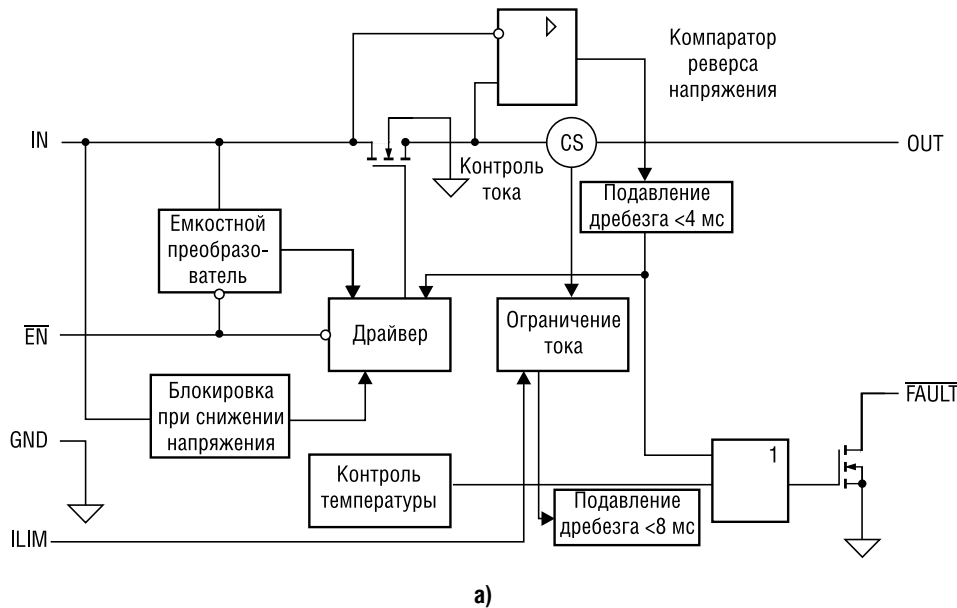
на применение в портативной электронике, нуждающейся в высокой пропускной способности USB-канала. К их числу относятся современные мобильные телефоны, медиа-плееры и видео-приложения. Важной особенностью этого контроллера является использование у него разработанного компанией TI последовательного интерфейса VLYNQ™. Вследствие этого область применения контроллера сужается до совместной работы со СБИС, оснащенных таким интерфейсом. К их числу относятся процессоры **TMS320DM643x DaVinci™**. Пример совместного использования процессора **TMS320DM6437** и USB-контроллера TUSB6020 показан на рисунке 1 [1].

Коммутаторы сигналов шины USB

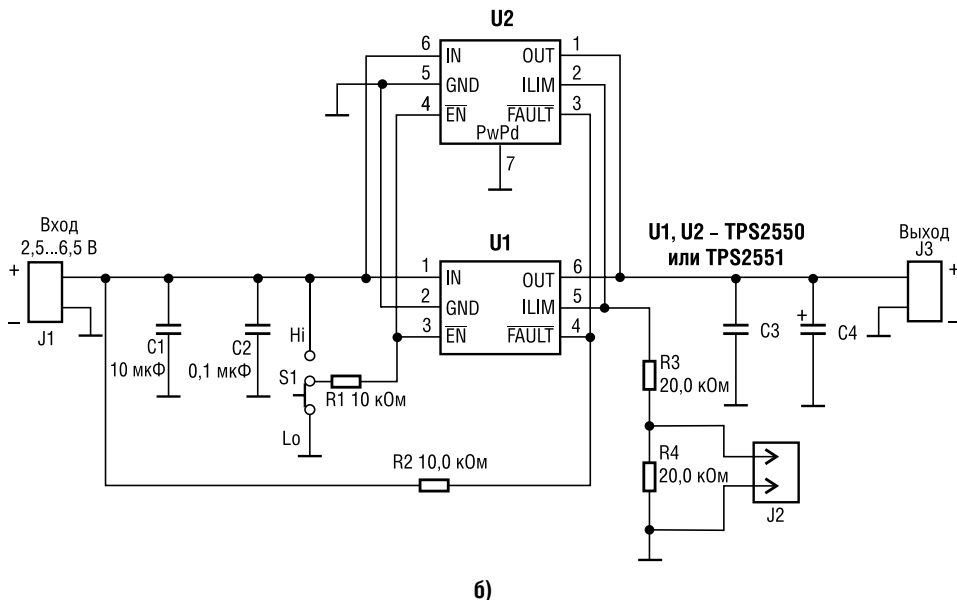
В применениях, где, кроме интерфейса USB, применяются прочие аналоговые или цифровые интерфейсы, но нет возможности размещения отдельных разъемов, может использоваться решение с общим разъемом и коммутатором интерфейсных сигналов. Такие коммутаторы выпускает Maxim и

Таблица 2. USB-контроллеры со встроенным трансивером

Наименование	Производитель	Описание	Область применения					Интерфейс управления
			FS	HS	HOST	DEVICE	OTG	
MAX3420E	MAXIM	контроллер общего назначения	√			√		SPI
MAX3421E	MAXIM	контроллер общего назначения	√		√	√		SPI
TUSB3210	TI	контроллер общего назначения	√			√		—
TUSB3410	TI	контроллер преобразователя интерфейсов USB-UART	√			√		RS232/IrDA
TUSB6015	TI	контроллер общего назначения	√			√		NOR Flash
TUSB6250	TI	контроллер преобразователя интерфейсов USB-ATA/ATAPI	√	√		√		ATA/ATAPI
TUSB6020	TI	контроллер для платформы DaVinci	√	√			√	VLYNC 2.0
TUSB6010B	TI	контроллер общего назначения		√	√		√	NOR Flash



а)



б)

Рис. 2. Функциональная схема (а) и пример использования (б) коммутаторов TPS2550/TPS2551

TI (см. табл. 3). Помимо представленных в таблице различий, коммутаторы отличаются логикой работы выводов управления каналами, рабочими характеристиками и конструкцией. При выборе коммутатора важно обратить

внимание на следующие характеристики: полоса пропускания, изоляция каналов, коэффициент искажений сигналов, совместимость входов управления с используемыми в схеме логическими уровнями, размеры и конструкцию кор-

пуса. Кроме того, необходимо обратить внимание на характеристики стойкости к электростатическим разрядам, особенно тех выводов ИС, которые подключаются непосредственно к разъему порта USB. В коммутатор **MAX4850** дополнительно интегрированы два аналоговых компаратора с фиксированным порогом срабатывания. Они предназначены для обнаружения подключения к разъему USB-наушников. Коммутаторы Maxim с суффиксом F в наименовании оснащены защитой от повреждения при попадании на некоторые выводы ИС напряжения VBUS.

Коммутаторы питания шины USB

Применение данной категории USB-продукции позволяет решить ряд важных задач:

- управление подачей/снятием напряжения VBUS;
- обеспечение безопасности конечного пользователя в соответствии с требованиями стандарта UL;
- защита нагрузки и каскадов электропитания от токовых перегрузок;
- сигнализация контроллеру об аварийных состояниях.

Применение коммутаторов питания типично для любой продукции, где используются HOST-порты или OTG-порты USB.

Информация по выпускаемым Maxim и TI коммутаторам питания представлена в таблице 4. При их выборе необходимо руководствоваться следующими характеристиками: количество каналов и их коммутационные свойства, поддержка функции ограничения тока и возможность регулировки порога ограничения тока, логика работы функции ограничения тока, поддержка возможности блокировки протекания тока в обратном направлении, наличие сертификата на соответствие требованиям USB, оснащенность защитами от перегрева и коротких замыканий и, наконец, конструкция, размеры и тепловые характеристики корпуса. Важно обратить внимание на то, что используемое в таблице 4 разделение по максимальному току канала не отражает возмож-

Таблица 3. Аналоговые коммутаторы для интерфейсов USB

Наименование	Схема	Rmax, Ом	Типы коммутируемых сигналов	Напряжение питания, В	Варианты схем
MAX4717	A	4.5/4.5	FS, LS USB/аудио	1,8...5,5	
MAX4718	A	4.5/20		1,8...5,5	
MAX4850/H	A+1	3.5		2...5,5	
MAX4852/H	A	3.5/7		2...5,5	
MAX4906/F	B	7	HS, FS, LS USB 10/100 Ethernet	3...3,6	
MAX4907/F	C	7		3...3,6	
MAX4906EF	C	7		2,7...3,6	
TS3USB30	B	10	HS, FS, LS USB MIPI ¹⁾	3...4,3	
TS3USB30E	B	10		3...4,3	
TS3USB31	D	10		3...4,3	
TS3USB221/A	E	10		3...4,3	

Примечание:

1) MIPI – аббревиатура от Mobile Industry Processor Interface.

Таблица 4. Коммутаторы питания для интерфейсов USB

Количество каналов	Максимальный ток канала, А								
	0,25	0,5	0,9	1,0	1,2	1,4...1,5	1,75	2,0	4,0
4	TPS2048A	TPS2058A		TPS2044B TPS2054B					
3		MAX1940 TPS2057A TPS2047B		TPS2043B TPS2053B	MAX1564	TPS2063 TPS2067			
2	MAX895L	MAX894L TPS2056A TPS2046B	MAX1812 MAX1823	TPS2042B TPS2052B	MAX1838	MAX1558 TPS2062 TPS2066		TPS2060 TPS2064	
1	MAX892L	MAX891L MAX1946 TPS2045A TPS2055A TPS2049	MAX1607 MAX1693/4 MAX1931	MAX890L TPS2041B TPS2051B TPS2550 TPS2551	MAX8586	TPS2061 TPS2065	MAX1922 MAX1930	MAX869L TPS2068 TPS2069	MAX1562 MAX1563

Примечание: Новинки выделены красным цветом.

ностей длительного пропускания тока. Для окончательного выбора коммутатора необходимо выполнить тепловой расчет для заданных условий нагружения, методика которого, как правило, приводится в документации на коммутатор.

В заключение остановимся на одной из новинок прошлого года – коммутаторах **TPS2550/1** компании TI. Они интегрируют один коммутатор (n-канальный MOSFET-транзистор, 85 мОм) и поддерживают возможность регулировки порога ограничения тока в диапазоне от 100 мА до 1,1 А (см. рисунок 2а). Коммутаторы рассчитаны на работу с входным напряжением 2,5...6,5 В, размещены в миниатюрных шестивыводных корпусах SON (2x2 мм) и SOT-23 и оптимизированы для совместной работы с большими емкостными нагрузками за счет управления длительностью нарастания/спада напряжения. Комму-

таторы поддерживают важные защитные функции: быстродействующая (задержка до 2 мкс) защита от токовых перегрузок и короткого замыкания, а также блокировка коммутатора при присутствии на выходе более высокого напряжения, чем на входе (реверс напряжения). Для сигнализации о срабатывании этих защит предусмотрен логический выход /FAULT. Единственным отличием TPS2550 и TPS2551 является логика работы входа управления коммутатором – она у них инверсная по отношению друг к другу. Пример схемы включения TPS2550/TPS2551 показан на рисунке 2б [2]. Здесь демонстрируется параллельная работа двух коммутаторов с целью повышения общей нагрузочной способности. В схеме предусмотрена возможность выбора одной из двух уставок ограничения тока: 0,5 или 1 А (выбирается переключкой J2).

Дополнительная информация о рассмотренной продукции может быть найдена на сайтах ее производителей [3].

Литература:

1. TUSB6020 Evaluation Model (EVM) Compatible With TMS320C6437 DaVinci LC EVM//User’s Guide, Texas Instruments, lit. num. SLAU242, February 2008 – 18 p.
2. Power-Distribution Switch With Adjustable Current-Limit EVM//User’s Guide, Texas Instruments, lit. num. SLVU229, February 2008 – 9 p.
3. Техническая информация и документация с сайтов производителей: www.maxim-ic.com, www.st.com, www.ti.com.

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: analog.vesti@compel.ru