

Андрей Никитин

КОМПОНЕНТЫ POWER-OVER-ETHERNET КОМПАНИИ TEXAS INSTRUMENTS В СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ



Power-over-Ethernet (PoE) — технология, позволяющая передавать удаленному устройству данные и одновременно обеспечивать его электропитание через стандартную витую пару в сети Ethernet. Данная технология предназначается для IP-телефонии, точек доступа беспроводных сетей, Web-камер, сетевых концентраторов и других устройств, к которым нежелательно или по техническим причинам невозможно проводить отдельный кабель сетевого питания. В статье рассматриваются электронные компоненты и решения технологии PoE, предлагаемые компанией **Texas Instruments**, а также некоторые аспекты их применения в системах безопасности.

Технология PoE стандартизована нормативным документом Института инженеров по электротехнике и электронике IEEE 802.3af-2005 — Питание через Ethernet (Power-over-Ethernet).

Стандарт описывает два типа устройств PoE:

- Питающее устройство или инжектор (*Power Sourcing Equipment — PSE*), которое предназначено для подачи электропитания в сеть Ethernet;
- Устройство, запитываемое через Ethernet (*Powered Device — PD*). Запитываемым устройством может быть либо само удаленное устройство, поддерживающее технологию PoE, либо разделитель (сплиттер — *Splitter*), который выполняет функции разделения каналов передачи информационных данных Ethernet и каналов питания. Сплиттер используется для сетевых устройств, не поддерживающих технологию PoE.

Рисунок 1 иллюстрирует различные варианты использования технологии PoE.

В сети Ethernet могут использоваться два типа питающего оборудования PSE:

- Оконечные (*endspan*) питающие устройства (или PoE-коммутаторы), которые представляют собой сетевые коммутаторы с интегрированной схемой подачи питания через Ethernet;
- Промежуточные (*midsan*) питающие устройства, которые располагаются между стандартным сетевым коммутатором и запитываемым прибором. Они подают в кабель связи электропитание и не влияют на передачу данных. Промежуточное PSE-оборудование обычно используется в тех случаях, когда нуж-

но лишь добавить в существующую сеть функции PoE.

Как видно из рисунка 1, в обоих случаях постоянное напряжение с питающих устройств подается на запитываемые устройства.

В зависимости от мощности в нагрузке стандарт определяет пять классов устройств, питаемых по PoE:

- **Класс 0.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 0,44...12,95 Вт;
- **Класс 1.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 0,44...3,84 Вт;
- **Класс 2.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 3,84...6,49 Вт;
- **Класс 3.** Мощность, потребляемая запитываемым устройством — 6,49...12,95 Вт;
- **Класс 4.** Зарезервирован для будущих применений (предполагается ис-

пользовать для запитываемых устройств мощностью до 25 Вт).

Стандарт IEEE 802.3af-2005 определяет питание удаленного устройства постоянным током с номинальным напряжением 48 В (допустимые пределы 36...57 В). Поскольку длина витой пары между питающим (PSE) и запитываемым (PD) устройствами может достигать 100 метров, то падение напряжения на ней будет существенным. Соответственно, выходная мощность PSE-устройства должна превышать максимальную мощность PD-устройств. Минимальная выходная мощность PSE-устройства определяется как 4,0 Вт для класса 1; 7,0 Вт для класса 2 и 15,4 Вт для класса 3.

Технология PoE предполагает два варианта питания удаленных устройств с использованием оконечного PSE-оборудования и один вариант с использованием промежуточного PSE-оборудования.

Вариант А. Использование свободных пар кабеля для подачи питания. Кабель категории 5, используемый в сетях 100Base-TX, состоит из четырех пар проводников, две из которых не задействованы. Эти пары могут использоваться для подачи напряжения. Данный вариант представлен на рис. 2а.

Вариант В. Развязка напряжения питания и информационных сигналов осуществляется с помощью высокочастотных трансформаторов на обоих

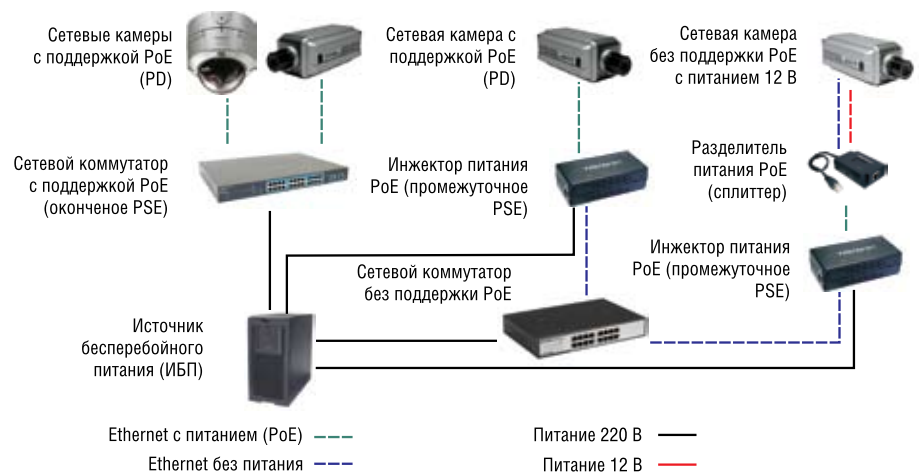


Рис. 1. Варианты применения технологии PoE

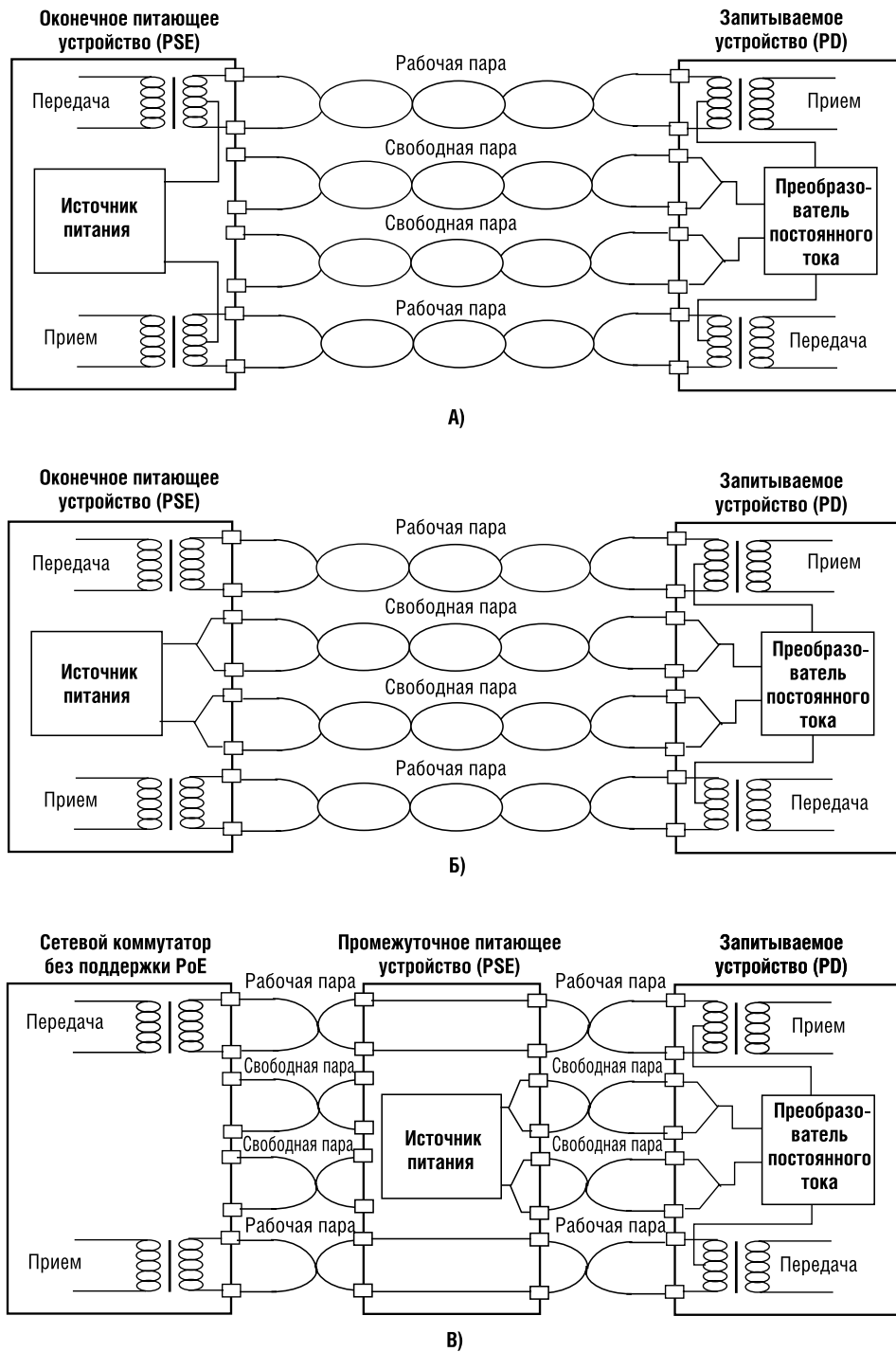


Рис. 2. Варианты питания PD-устройств технологии PoE

концах линии с центральным отводом от обмоток. Постоянное напряжение питания подается на центральные выводы вторичных обмоток этих трансформаторов и снимается также с центральных отводов на приемной стороне. Такое решение позволяет без взаимного влияния передавать по одной паре проводов высокочастотные данные и постоянное напряжение питания (рис. 26).

При использовании промежуточного питающего элемента может использоваться только свободная пара (рис. 2в), то есть, по сути – вариант А.

Стандарт предполагает, что запитываемые устройства, поддерживающие технологию PoE, должны быть уни-

версальными, то есть допускать питание как по варианту А, так и по варианту В.

Важным является то обстоятельство, что PSE-устройство подает рабочее питание в кабель только в том случае, если подключаемое устройство является устройством типа PD. Благодаря этому оборудованию, не поддерживающему стандарт PoE и случайно подключенное к устройству PSE, не будет выведено из строя. Процедура подачи и отключения питания на кабель состоит из нескольких этапов.

Этап определения подключения служит для того чтобы определить, поддерживает ли устройство, подклю-

ченное на противоположном конце кабеля, технологию PoE, то есть является устройством типа PD. На этом этапе PSE-устройство последовательно подает на кабель напряжение: сначала 2,8 В и затем 10 В. При этом определяется значение входного сопротивления подключаемого устройства. Для PD-устройства – это сопротивление в диапазоне 23,75...26,25 кОм (25 кОм ±1%). PSE-устройство также определяет входную емкость ПУ при помощи измерения нарастания напряжения на нагрузке. Измеренная емкость должна быть в пределах 0,05 и 0,12 мкФ. Только после проверки соответствия этих параметров нормативам для PD-устройства, питающее PSE-устройство переходит к следующему этапу – этапу классификации.

Этап классификации служит для определения диапазона мощности, которую может потреблять PD-устройство, чтобы затем контролировать эту мощность. Классификация выполняется путем подачи в кабель PSE-устройством напряжения 14,5...20,5 В и измерения тока в линии.

Этап подачи рабочего напряжения. После прохождения этапов определения и классификации устройство PSE подает в кабель напряжение 48 В с фронтом нарастания не быстрее 400 мс. После подачи полного напряжения на PD-устройство, PSE-устройство осуществляет контроль над его работой, который заключается в следующем: если PD-устройство в течение 400 мс будет потреблять ток меньше 5 мА, то PSE-устройство снимает питание с кабеля (PSE-устройство непрерывно следит за потребляемой мощностью); если потребляемая PD-устройством мощность будет в течение 75 мс превышать максимальную для своего класса мощность (которая определена на этапе классификации), то PSE-устройство также снимет питание с кабеля.

Этап отключения. Когда PSE-устройство определит, что PD-устройство отключено от кабеля или произошла перегрузка потребляемого тока PD-устройством, происходит снятие напряжения с кабеля за время не меньше 500 мс.

На рис. 3 представлена циклограмма процедуры подачи и отключения питания на кабель. При этом следует иметь в виду, что описанная выше (и приведенная на рисунке) процедура является наиболее типовой. Стандарт допускает повторение этапов определения подключения и классификации при определенных ситуациях. С исчерпывающей диаграммой процедуры включения можно ознакомиться в разделе 33 стандарта [1].

Кратко рассмотрим основные преимущества технологии PoE:

- Один кабель для подключения удаленного устройства – экономия тру-

Таблица 1. Контроллеры интерфейса PD-устройств с внешним DC/DC-контроллером

Модель	Попыток определения подключения	Классы	U _{вх} макс., В	Рабочий диапазон температур, °С	Ток нагрузки, мА	Действия при ошибке	UVLO, В	Управление DC/DC-контроллером
TPS2375	4	0...3	100	-40...85	450	Выключение	30,6...39,4	Power Good
TPS2375-1	4	0...3	100	-40...85	450	Перезапуск	30,6...39,4	Power Good
TPS2376	4	0...3	100	-40...85	450	Выключение	Регулир.	Power Good
TPS2376-Н	4	0...4	100	-40...85	600	Перезапуск	Регулир.	Power Good
TPS2375	4	0...3	100	-40...85	450	Выключение	30,5...35,0	Power Good
TPS2375-1	4	0...3	100	-40...85	450	Перезапуск	30,5...35,0	Power Good

дозатрат на прокладку и монтаж, а также экономия за счет стоимости самого кабеля сетевого питания;

- Повышение безопасности — уменьшается число точек подключения сети переменного тока и количество цепей, находящихся под соответствующим этой сети напряжением;
- Простота перемещения удаленных устройств — повышение мобильности сети и ее гибкости в плане расширения. Например, Wi-Fi точку доступа можно ставить в месте наилучшего приема сигнала, даже если там нет электрических розеток, или установить IP камеру в наиболее удобном для обзора месте.

Номенклатура PoE-изделий компании Texas Instruments

Перейдем к рассмотрению микросхем компании Texas Instruments, поддерживающих технологию Power-over-Ethernet. В номенклатуре этих изделий можно выделить три направления [2]:

- Контроллеры интерфейса PD-устройств с внешним DC/DC-контроллером;
- Контроллеры PD-устройства со встроенным DC/DC-контроллером;
- Контроллеры PSE-устройств.

Обратим внимание, что, по устоявшейся терминологии, под DC/DC-регулятором (стабилизатором) понимают преобразователь со встроенным коммутирующим элементом (как правило, полевым транзистором). В свою очередь, DC/DC-контроллер — тот же DC/DC-регулятор, но с внешним коммутирующим элементом, то есть максимальный ток нагрузки преобразователя определяется параметрами внешнего транзистора.

Контроллеры интерфейса PD-устройств с внешним DC/DC-контроллером

Номенклатура и технические характеристики контроллеров интерфейса PD-устройств представлены в таблице 1. Типовая схема включения микросхем TPS237x представлена на рисунке 4.

Внешние элементы выпрямителя (диодные мосты, конденсатор, варистор) обеспечивают формирование постоянного напряжения (VDD-VSS) номиналом 48 В с защитой от бросков напряжения свыше 58 В. Как отмечалось выше, контроллеры интерфейса PD-устройств не содержат DC/DC-контроллера и, следовательно, не отвечают за формирова-

ние вторичных напряжений, питающих полезную нагрузку, а выполняют только две функции:

- Поддержку операций определения подключения устройства, классификации и контроля тока в нагрузке. Параметры этих операций задаются внешними резисторами RDET, RCLASS и RILIM соответственно.
- Управление внешним DC/DC-контроллером с выхода PG (Power Good), который подключается к входу разрешения (Enable/Disable) внешнего контроллера.

Вторичные напряжения формируются после успешного завершения процедуры включения и после достижения напряжения VDD порога UVLO (under voltage lockout).

Рассмотрим различия между модификациями микросхем TPS237x:

- В зависимости от значения порога UVLO. В модификациях **TPS2375** и **TPS2375-1** используются значения, оговоренные стандартом IEEE 802.3af-2005, а именно 39,4 В при включении и 30,6 В соответственно. В модификациях **TPS2377** и **TPS2377-1** используются значения 35 и 30,5 В соответственно, которые применялись в PoE-устройствах до принятия указанного стандарта (т.н. Legacy). В модификациях **TPS2376** и **TPS2376-Н** эти значения регулируются путем подачи соответствующего напряжения на вход UVLO.

• В зависимости от реакции на аварийную ситуацию (падение входного напряжения ниже порога, перегрев микросхемы, превышение тока в нагрузке). Модификации **TPS237x** без суффиксов -1 или -Н отключаются и могут быть перезапущены только «с нуля», то есть после полного снятия входного напряжения и повторения процедуры запуска. Модификации TPS237x-1 или -Н автоматически возобновляют работу PD-устройства, если аварийная ситуация устранена (при условии, что входное напряжение не было снято полностью).

- Модификация **TPS237x-Н**, в отличие от остальных микросхем, имеет повышенное значение максимального тока в нагрузке (до 600 мА против 400 мА), что дает возможность применять их в планируемых изделиях класса 4.

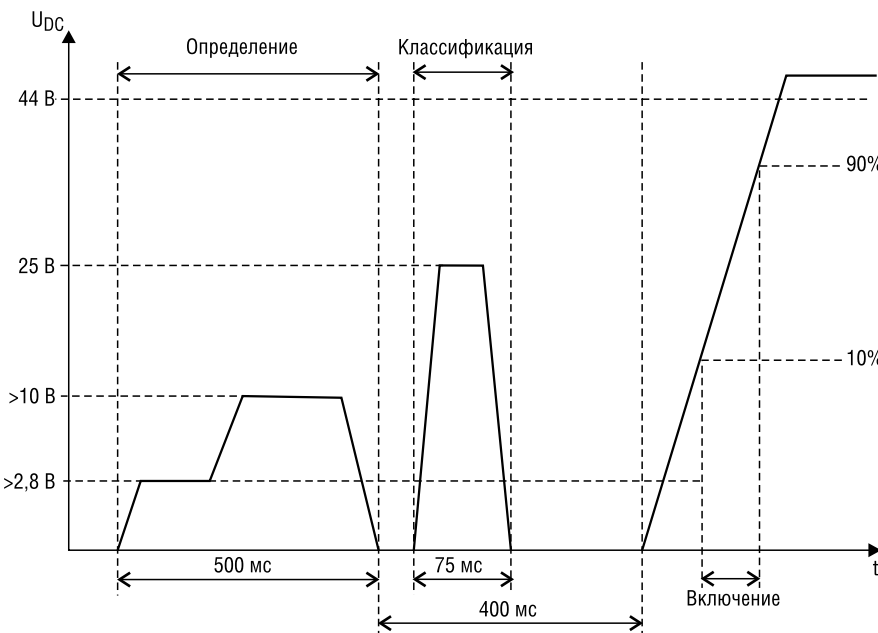


Рис. 3. Циклограмма процедуры подачи и отключения питания по технологии PoE

Таблица 2. Контроллеры PD-устройств со встроенным DC/DC-контроллером

Модель	Назначение	Классы	Увх макс., В	Рабочий диапазон температур, °С	Ток нагрузки, мА
TPS23750	PD-контроллер + PWM-контроллер	0...3	100	- 40...85	405
TPS23753	PD-контроллер + PWM-контроллер + Oring	0...3	100	- 40...85	405
TPS23754	PD-контроллер + PWM-контроллер (мощный)	0...4	100	- 40...125	850
TPS23756	PD-контроллер + PWM-контроллер (мощный)	0...4	100	- 40...125	850
TPS23757	PD-контроллер + PWM-контроллер (мощный)	0...3	100	- 40...85	405

Контроллеры PD-устройства со встроенным DC/DC-контроллером

Номенклатура и технические характеристики контроллеров PD-устройств со встроенным DC/DC-контроллером представлены в таблице 2.

Контроллеры PD-устройств со встроенным DC/DC-контроллером являются дальнейшим развитием PoE-микросхем по сравнению с контроллерами интерфейсов. По крайней мере, все микросхемы этой группы (кроме TPS23750 и TPS23770) анонсированы компанией Texas Instruments в 2008 или в 2009 году (контроллеры интерфейсов на 3-5 лет «старше»). Попробуем сформулировать основную причину развития именно этой группы. Достаточно проанализировать схмотехнические решения на конечные изделия, предлагаемые компанией Texas Instruments (источники [2] и [3]), чтобы убедиться — количество электронных компонентов в устройствах, реализованных на микросхемах со встроенным DC/DC-контроллером примерно на треть меньше, нежели в устройствах с внешним DC/DC-контроллером. Снижение количества компонентов приводит:

- к уменьшению габаритных размеров печатной платы и, во многих случаях, к снижению габаритов конечного устройства;
- к повышению надежности конечного устройства;
- к снижению стоимости полного набора компонентов.

В данной линейке микросхема TPS23750 является базовой. Остальные микросхемы — дальнейшее ее развитие, а именно:

- Микросхемы **TPS23754** и **TPS23756** ориентированы на применение в планируемых изделиях класса 4 — ток нагрузки до 850 мА против 405 мА.
- Расширен температурный диапазон микросхем TPS23754, TPS23756 и TPS23757.

- Микросхема **TPS23753A** позволяет подключать внешние источники питания по схеме ORing.

И последнее: компания Texas Instruments предлагает демонстрационные платы, позволяющие потребителю в короткое время освоить основные схмотехнические и конструкторские решения, использующие микросхемы семейства TPS2375x.

Применение технологии PoE в современных системах безопасности

Из основных применений Ethernet-технологий в системах безопасности можно выделить:

- Системы видеонаблюдения;
- Системы контроля доступа в помещения;
- Системы пожарной сигнализации;
- Р-телефония, в частности системы автоматического оповещения персонала по телефону в нештатных ситуациях.

Основное достоинство IP-решений в подобных системах — эффективное использование сетевой инфраструктуры здания. Поскольку в современных офисных зданиях без сомнения существует локальная сеть, то нет необходимости разворачивать подобную систему «с нуля» — достаточно интегрировать ее элементы в уже существующую сеть.

Преимущества технологии PoE были рассмотрены выше — они справедливы и для элементов систем безопасности. Однако, учитывая, что системы видеонаблюдения — наиболее «интеллектуальное» направление из всех перечисленных, остановимся на нем подробнее.

Коммерческие системы видеонаблюдения, появившиеся в последнем десятилетии прошлого века, использовали видекамеру с аналоговым видеосигна-

лом и питанием +12 В. Следовательно установка одной видеокамеры требовала прокладки коаксиального кабеля (для видео), установки источника питания и подключения его к камере и прокладки сетевого кабеля для питания источника. При наличии дополнительных функций (управление диафрагмой, управление поворотом камеры, управление вариобъективом) требовалась прокладка дополнительных коаксиальных пар (поскольку управление было преимущественно аналоговым). Далее все это «богатство» через все здание тянулось на пульт управления. С увеличением числа камер головная боль возрастала в геометрической прогрессии. Применение цифровых IP-камер с поддержкой PoE исключает все проблемы и сложности.

Отображение и архивирование. Для решения этой задачи требовались видеомультимплексоры, видеоматрифонды с функциями прореживания записи (например, два кадра в секунду) и возможностью покадрового просмотра. Архивирование осуществлялось на кассету, которой хватало не более чем на сутки. Объем архива прямо пропорционален сроку хранения. Как решение, применялись детекторы движения, но они стоили денег, и в течение рабочего дня проблемы не решали. Применение IP-технологий обеспечи-

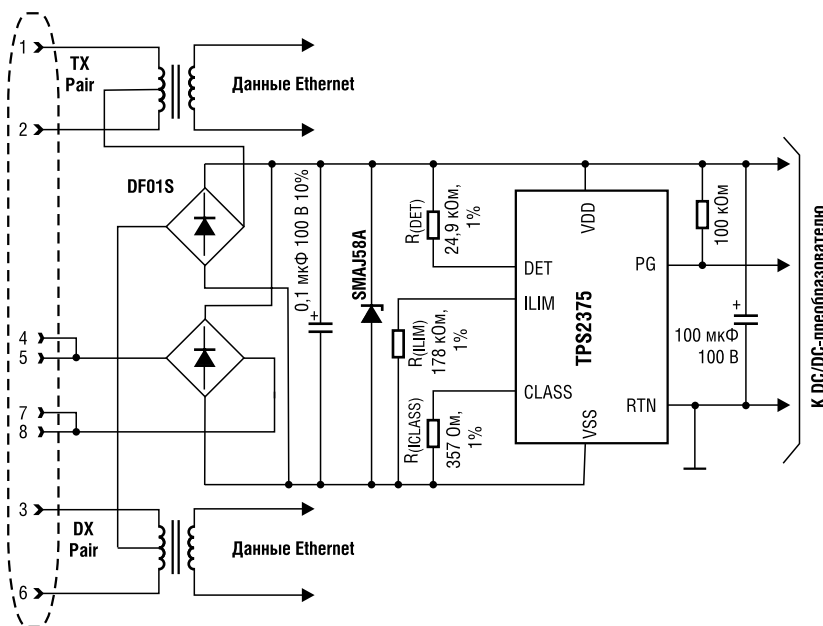


Рис. 4. Типовая схема включения микросхем TPS237x

вайт запись на жесткий диск только при наличии движения, удобную навигацию по архиву, возможность доступа к архиву посредством интернета (при соответствующем допуске). Кроме того — существенная экономия на специальном оборудовании.

Дополнительные преимущества:

- Возможность масштабирования;
- Возможность анализа информации в реальном времени;
- Возможность интеграции с другими составляющими системы безопасности (контроль доступа и другие).

Строго говоря, найти какие-то преимущества «досетевых» решений перед IP-технологиями затруднительно.

Что ограничивает применение именно технологии PoE в современных видеосистемах. В первую очередь — ограничение по потребляемой мощности — многофункциональные IP-видеокамеры (с возможностью управления экспозицией, с изменяемым фокусным расстоянием, с датчиком движения, с поворотом камеры) потребляют более 13 Вт. Легализация устройств 4-го класса по мощности могла бы решить проблему.

Заключение

В целом технология с питанием по сети Ethernet дает существенный выигрыш в системах безопасности за счет

возможности установки их элементов в местах, где нет обычных электрических кабелей и розеток или где их трудно установить. Однако при этом повышаются требования к сетевой инфраструктуре здания.

Технические и функциональные характеристики, номенклатура продуктов компании Texas Instruments, поддерживающих технологию PoE, позволяют применять их не только в современных изделиях, но и в перспективных разработках.

Литература

1. IEEE Std 802.3™-2008 (Revision of IEEE Std 802.3-2005) // документ IEEE 802.3-2008_section3.pdf
2. TPS23750 High Efficiency 5V at 2.2A PoE PD // документ компании Texas Instruments slvu159.pdf
3. 25-W, High-Power PoE Using the TPS2376-H // документ компании Texas Instruments slvu188.pdf.

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

TI выпускает самые быстрые в промышленности усилители с JFET-входом

Корпорация **Texas Instruments** объявила о выпуске операционных усилителей (ОУ) **OPA653** и **OPA659** с управляющим рп-переходом (JFET), обеспечивающих скорость нарастания $U_{вых}$ до 2,675 кВ/мкс — в три раза быстрее, чем у ближайшего конкурента, что позволяет улучшить импульсные характеристики. Эти ОУ объединяют широкополосный усилитель с обратной связью по напряжению и входной каскад JFET, обладающий высоким сопротивлением. Благодаря широкой полосе пропускания сигнала (ППС) и низкому значению полных гармонических искажений ОУ отвечают требованиям для частотного анализа и быстрого преобразования Фурье.

Особенности и преимущества OPA653 и OPA659:

- Скорость нарастания $U_{вых}$ и малые искажения способствуют улучшению достоверности сигнала для импульсных приложений и обработки сигналов во временной области;
- OPA653 — ОУ с входом JFET со скоростью нарастания $U_{вых}$ 2,675 кВ/мкс и шириной ППС 475 МГц при фиксированном усилении (2 В/В);
- OPA659 — стабильный ОУ с входом JFET со скоростью нарастания $U_{вых}$ 2,550 кВ/мкс и шириной ППС 575 МГц при единичном усилении;
- Значение искажений третьей гармоники (HD3) для OPA659 — -60 дБн, а для OPA653 — -66 дБн при 100 МГц гарантирует превосходную линейность с широкой ППС;
- Короткое время установления (8 нс) и быстрое восстановление (8 нс);
- Ультранизкие отклонения и «звон» OPA653 будут востребованы в приложениях с высоким входным импедансом, низким уровнем шумов и широкой ППС;
- Диапазон $U_{пит}$ $\pm 3,5... \pm 6,4$ В;
- Могут управлять 12-, 14-разрядными АЦП, обладающими производительностью 400 и 500 MSPS, включая **ADS5474**, **ADS5463** и **ADS54RF63**;
- Ширина ППС 350 МГц (OPA659) при высоком усилении поддерживает приложения, связанные с машинным зрением.

Однокристалльный контроллер Power-over-Ethernet

TPS23750

Образцы доступны со склада в Москве

<ul style="list-style-type: none"> • Совместимый с 802.3af PoE интерфейс • Построен на основе контроллера TPS2375 • Внутренние MOSFET-транзисторы (100 В; 0,6 Ом) • Ограничение по току до 140 мА • Режим контроля по току 	<ul style="list-style-type: none"> • Программируемая рабочая частота • Длительность цикла до 50% • Усилитель ошибки выходного напряжения • Температурный диапазон: -40...85°C • Корпус HTSSOP-20
---	---

Москва Тел.: (495) 995-0901 Факс: (495) 995-0902	Санкт-Петербург Тел.: (812) 327-9404 Факс: (812) 327-9403
--	---

Компэл
www.compel.ru