

ЗАМЕТКИ об (инжекторах) Power over Ethernet

Часть 1

Д. Терентьев, технический директор компании COMMENG /
ic@commeng.ru

УДК 621.391.31, DOI: 10.22184/2070-8963.2020.92.7-8.68.73

Статья посвящена вопросам технологии Power over Ethernet – разработке инжекторов, их совместимости с другим оборудованием, проблемам эксплуатации. В течение многих лет периодически возникали проблемы, которые автору приходилось решать, и вопросы, которые требовали ответа. Некоторые из них коротко описаны в этих заметках, в заголовке которых слово "инжекторы" помещено в скобки, так как все описанное относится, в значительной степени, к технологии PoE в целом. Автор просит иметь в виду, что статья собрана из отдельных кусочков – "заметок" и на строгость изложения и полноту раскрытия темы не претендует. Список литературы приводится в заключительной части статьи.

КРАТКИЙ СЛОВАРЬ

Ку – все остальные слова
(Из словаря чатланского языка)

IEEE 802.3 af/at/bt – группа стандартов PoE, разрабатываемая комитетом 802 IEEE (IEEE 802 LAN/MAN Standards Committee); совместимы сверху вниз (bt-at-af):

- **IEEE 802.3 af** – PoE тип 1, по двум парам, классы мощности 0–3 (до 15,4 Вт на PSE, 13 Вт на PD);
- **IEEE 802.3 at** – PoE тип 2 (PoE+), по двум парам, класс мощности 4 (до 30 Вт на PSE, 25 Вт на PD);
- **IEEE 802.3 bt** – PoE тип 3,4 (PoE++), по четырем парам, классы мощности 5–8 (до 90 Вт на PSE, 73,1 Вт на PD).

ODU (Outdoor Unit) – наружный блок. Тут будем понимать под ним оборудование (радиоблок беспроводного ШПД, ЦРПС, IP-камеру), установленное вне помещения и подключенное, как правило, к сетевому оборудованию и источнику PoE, установленному в помещении, контейнере, шкафу.

Passive PoE – решение, поддерживающее только электрические характеристики соответствия стандарту PoE, но не протокольные.

PD (Powered Device) – питаемое устройство.

PSE (Power Source Equipment) – устройство (коммутатор или инжектор), которое обеспечивает подачу электропитания. Подразделяются по месту расположения источника PoE на:

- **End-Span** – источник на одном из концов кабельной линии;
- **Mid-Span** – источник в середине кабельной линии.

PHY (от Physical layer) – микросхема, предназначенная для выполнения функций физического уровня сетевой модели OSI.

RMS (Root Mean Square) – среднеквадратичное (действующее) значение.

Standard PoE – передача PoE, соответствующая стандартам IEEE 802.3 af/at/bt.

Визатор – небольшой прибор для определения принадлежности жителя планеты, показанной в кинофильме "Кин-дза-дза!", к категориям "чатланин" или "пацак". Если перед прибором пацак – загорается зеленый свет, если чатланин – оранжевый.

Возможные состояния при взаимодействии PSE и PD Standard PoE:

- **определение подключения (Detection)** – первый этап взаимодействия PSE и PD, на котором определяется, является ли подключенное

к PSE устройство питаемым (PD) и совместимым с PSE;

- **классификация (Classification)** – второй этап взаимодействия PSE и PD, на котором определяется класс мощности, потребляемой PD;
- **подача полного напряжения (Startup)** – третий этап, PSE контролирует потребляемый ток и входное сопротивление PD, при их соответствии происходит переход в рабочий режим;
- **рабочий режим (Normal Operation)** – PSE передает напряжение питания на PD, при этом контролирует потребляемый ток и входное сопротивление PD;
- **отключение (Disconnection)** – происходит, если PSE определяет, что PD отключено от кабеля, изменило свои параметры на недопустимые, или произошла перегрузка по току.

Метод передачи А – на контакты 1, 2 подается плюс, на 3, 6 – минус. Передача питания поверх данных.

Метод передачи В – на контакты 4, 5 подается плюс, на 7, 8 – минус. В случае Fast Ethernet – по свободным парам, Gigabit Ethernet – поверх данных.

Метод передачи А+В – передача PoE по четырем парам.

УЗИП – устройство защиты от импульсных помех, в контексте статьи – портов оборудования с интерфейсами 100BASE-T, 1000BASE-TX и инжекторов PoE.

Физический сегмент сети – в данной статье под физическим сегментом мы будем понимать среду, обеспечивающую передачи сигнала без его преобразования или регенерации от одного сетевого устройства до другого, например от коммутатора до точки доступа БШПД, или от коммутатора

до репитера. Таким образом, включенные между двумя сетевыми устройствами кабель, патч-корд, патч-панель, PSE Mid-Spain (инжектор), устройство защиты – это части физического сегмента.

100BASE-TX – физический интерфейс (802.3u-1995) Fast Ethernet, работающий по двум парам кабеля Cat.5, каждая из которых используется для передачи в одном направлении. Применяется двухполярный трехуровневый линейный код MLT-3.

1000BASE-T – физический интерфейс (802.3ab 1999) Gigabit Ethernet, работающий по четырем парам кабеля Cat.5e и более высоких категорий, каждая из которых используется для передачи данных в двух направлениях. Применяется двухполярный пятиуровневый линейный код PAM-5.

ЗАМЕТКА № 1. РАЗЪЕМ RJ-45 (РАЗЪЕМ 8P8C)

Электротехника – наука о контактах
(Народная студенческая мудрость)

Разъемы – самая простая часть оборудования, но, как показывает опыт, едва ли не самая проблемная, особенно при передаче PoE. То провода перепутают при монтаже, то контакты окислятся...

Даже если оборудование с разъемом RJ-45 находится в герметичном корпусе, для коррозии контактов разъема (особенно при поданном питании) достаточно конденсата. Алгоритм его возникновения следующий: открыть крышку во влажном теплом воздухе, герметично закрыть – холодной ночью на металлических частях появится конденсат. На эту тему в блоге автора есть интересная статья [6] об устойчивости разъема RJ-45 к воздействию влажного воздуха, возможности его применения в жестких условиях эксплуатации и альтернативных решениях.

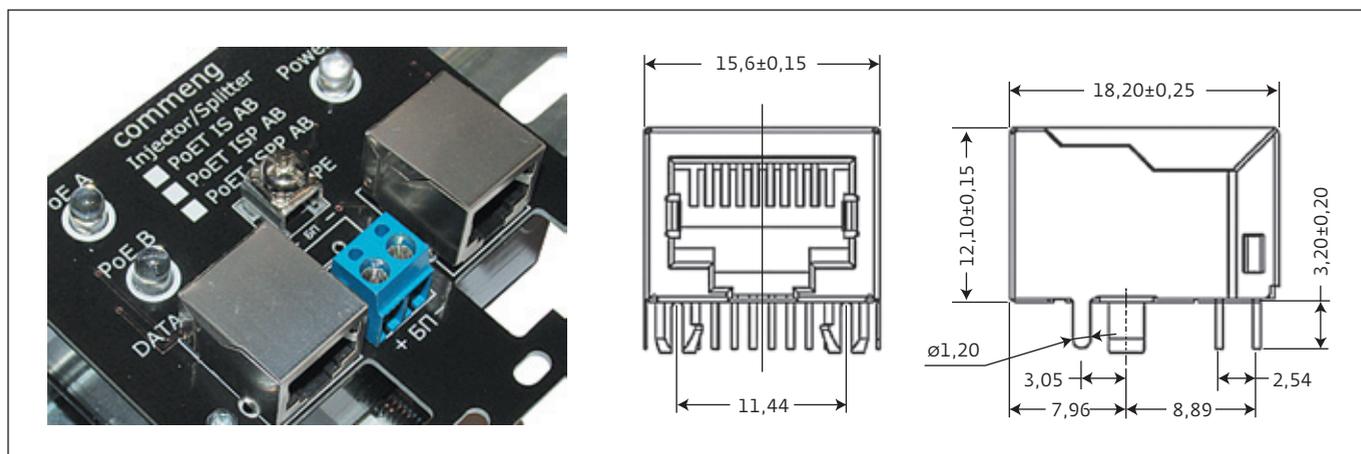


Рис.1. Разъемы 8p8c, установленные в инжекторе-сплиттере и представленные на чертеже из технической спецификации

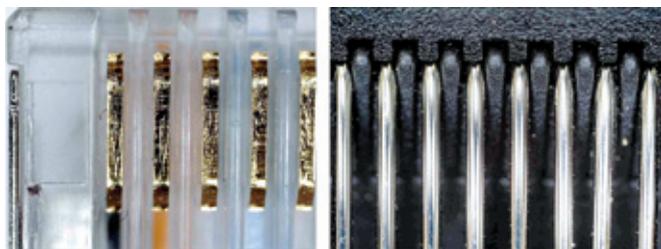


Рис.2. Контакты вилки и розетки до проведения испытаний

Оставим в стороне эксплуатацию в условиях агрессивных сред, низких температур и вибрации – обычный разъем RJ-45 для этого не предназначен. Посмотрим на электрические характеристики разъема [7], который компания COMMENG использует в инжекторах, устройствах защиты и репитерах:

- материал контактов – проволока из фосфористой бронзы, покрытие – никель-золото. Экран – лист из медного сплава, покрытие – никель;
- номинальное напряжение – 125 В AC RMS;
- номинальный ток – 1,5 А;
- переходное сопротивление контакта, не более, – 50 мОм;
- сопротивление изоляции, не менее, – 59 МОм (при 500 В DC);
- электрическая прочность изоляции – 1000 В AC RMS, 50 Гц, 1 мин;
- количество циклов коммутации, не менее, – 700.

Рассчитывать на точное выполнение рекомендаций по монтажу и эксплуатации оборудования вряд ли стоит. Кроме того, есть еще кабельные

разъемы и разъемы патч-кордов, качество которых мы контролировать не можем.

Поэтому, несмотря на указанную производителем разъема величину номинального тока 1,5 А, после серии экспериментов нами было принято решение установить значение тока, протекающего через один контакт при нормальных условиях эксплуатации:

- рекомендуемое максимальное – 0,35 мА;
- максимально допустимое при выполнении ряда условий – 0,6 А.

Важно, в частности, было определить, насколько повреждаются контакты при включении вилки кабеля с подключенной нагрузкой в розетку и отключении ее при поданном в цепь напряжении. К результатам этого эксперимента мы еще вернемся во второй части статьи, когда будем сравнивать Standard PoE и Passive PoE.

Использовалась такая схема испытаний: через контакты разъема RJ-45 от источника постоянного тока на активно-емкостную нагрузку подавалось постоянное напряжение 48 В. Сопротивления выбраны таким образом, чтобы ограничить ток до 0,5 и 0,75 А соответственно. Параллельно нагрузочным сопротивлениям подключены электролитические конденсаторы емкостью 33 мкФ.

При поданном напряжении было сделано пять циклов подключения и отключения вилки из розетки. После этого контакты разъема сфотографировались с помощью микроскопа. На фотографиях (см. рис.3) можно сравнить поврежденные и неповрежденные части контактов. Заметно не только повреждение контактов, но и перенос частиц металла с контактов вилки на контакты розетки. Более подробно данный эксперимент описан в [8].

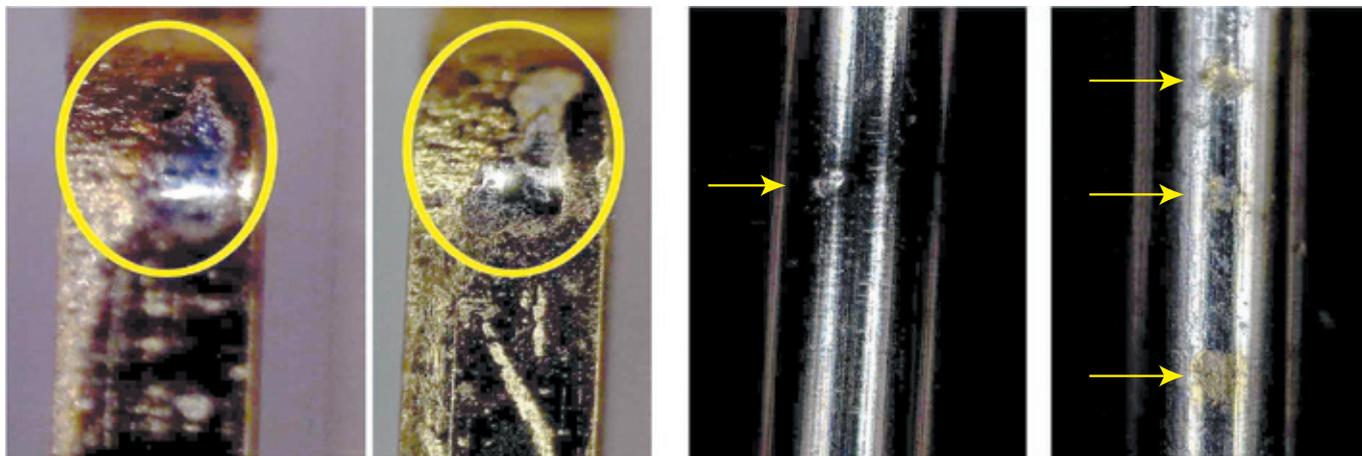


Рис.3. Контакты розетки и вилки в цепях, коммутирующих плюсовые провода. В устоявшемся режиме ток ограничен уровнем 0,5 А (левый контакт) и 0,75 А (правый контакт)

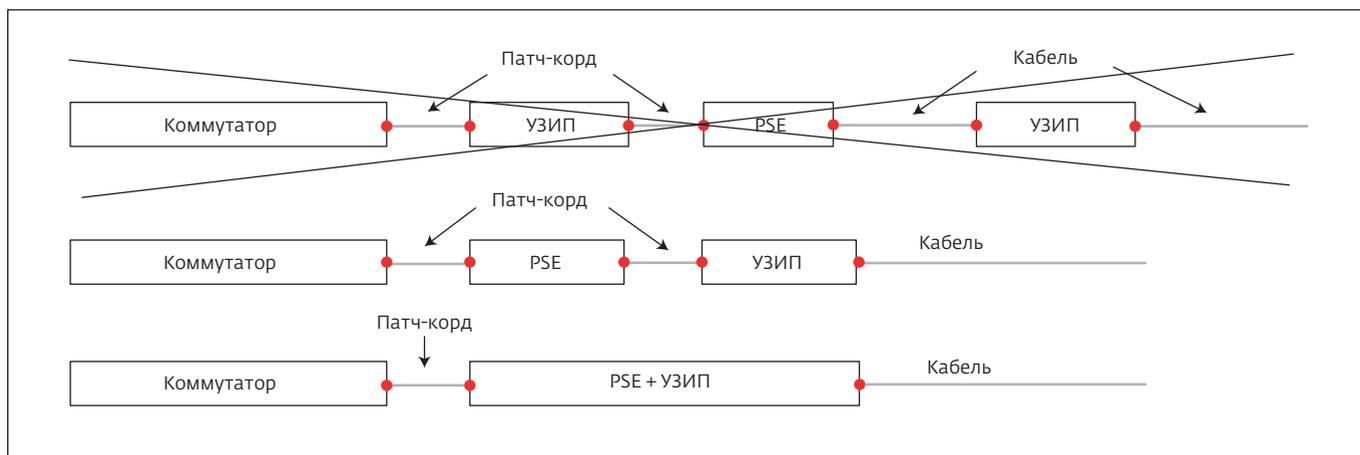


Рис.4. Варианты подключения УЗИП для защиты коммутатора и инжектора. Красными кружками обозначены разъемы

ЗАМЕТКА № 2. ЗАЩИТА ОТ ПОМЕХ

Грозозащиту надо ставить с обоих концов линка, поскольку сопротивление даже пятидесятиметрового участка кабеля отнюдь не равно нулю. *(Из обсуждения на форуме)*

Трудно поспорить с этим утверждением, но все-таки тем, кого эта тема интересует, автор рекомендует свои статьи [9, 10, 11]. Там вопросы электромагнитной совместимости, защиты от перенапряжений, заземления, а также схемотехники устройств защиты оборудования Ethernet рассматриваются с учетом PoE.

Здесь будет достаточно отметить два связанных между собой момента:

- часть схемы, реализующая функции PoE, подключена к средним точкам линейных обмоток трансформаторов и/или свободным жилам, то есть гальванически соединена с жилами кабеля, поэтому она является самой уязвимой во всем устройстве;
- так как схемы, реализующие Standard PoE, содержат большее количество элементов (в т.ч. микросхему контроллера PoE с относительно высокой степенью интеграции), чем схема Passive PoE (которая в самом простом случае может состоять только из контактов и проводов или дорожек на плате), то применение Passive PoE, в общем случае, повышает стойкость оборудования к воздействию электромагнитных помех.

Это значит, что, если кабели Ethernet и подключенное к ним оборудование (например, ODU сети WiMAX, установленный на мачте связи) подвержены воздействию помех, то применение УЗИП обязательно для надежной работы системы связи.

Рассмотрим такую ситуацию: в контейнере или шкафу установлен коммутатор и инжектор PoE (т.е. PSE Mid-Span), к ним подключен ODU системы БШПД (рис.4).

Вариант, перечеркнутый на рис.4 двумя жирными линиями, отвергаем сразу. Но автору он встречался, и даже не раз – и в проектной документации, и в рекомендациях по монтажу оборудования. Обычно УЗИП,



Инженеры из Санкт-Петербурга

 **commeng.ru**

Введи в поиске

-  **COMMENG: как это сделано**
-  **ЭЛЕКТРИК и СВЯЗИСТ – ЭТО СИЛА**
-  **технический директор COMMENG**
-  **COMMENG CLEAN ROOM**
-  **Блог компании COMMENG**

Электромагнитная совместимость
Заземляющие устройства
Защита от перенапряжений
Ethernet по медным кабелям

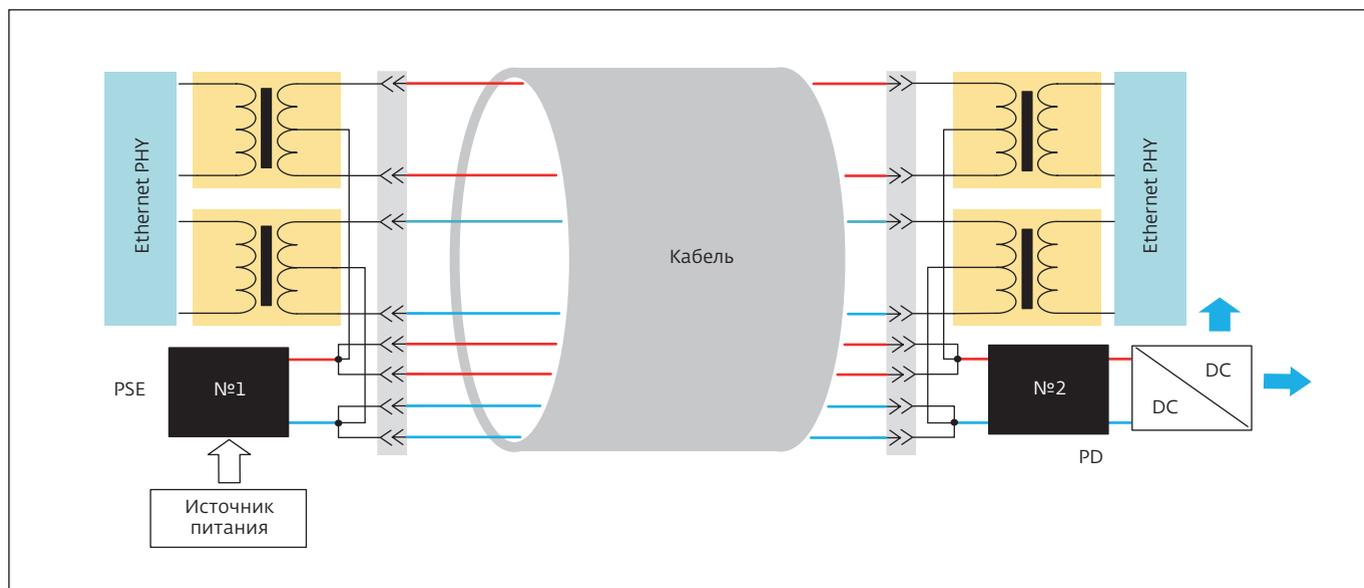


Рис.5. Функциональная схема подачи PoE

изображенный справа от инжектора, предлагается размещать вне помещения.

Вполне достаточно одного УЗИП, но оптимальным вариантом будет использовать инжектор со встроенным УЗИП, что дает ряд преимуществ:

- экономятся средства (стоимость инжектора со встроенным УЗИП меньше, чем инжектора и УЗИП, к которым нужно добавить еще патч-корд);
- экономится место, которого часто не хватает в шкафах;
- повышается надежность, прежде всего за счет уменьшения числа разъемов;
- уменьшается затухание и отражение от контактов разъемов – при затухании физического сегмента на пределе допустимого значения добавление двух разъемов и патч-корда может быть критическим.

ЗАМЕТКА № 3. ЧЕРНЫЕ КВАДРАТЫ № 1 и № 2

Доказано, что действующая сложная система берет начало из действующей простой системы.

Утверждение, что Passive PoE является упрощенной версией Standard PoE противоречит 15-му закону системантики, который вынесен эпиграфом к заметке № 3. Чтобы в этом убедиться, достаточно посмотреть на схему дистанционного питания (ДП) ЦСП ИКМ 15/30, где реализована подача питания и прием через средние точки симметрирующих трансформаторов.

Основное отличие ДП ИКМ-30 от Passive PoE по методу передачи В состоит в величине

подаваемого напряжения. Длина участка регенерации ИКМ-30 (интерфейс G.703, двухполярный трехуровневый линейный код AMI) составляет до 3,8 км на кабеле КСПП 1×4. Длина физического сегмента Fast Ethernet (интерфейс 100BASE-TX) составляет 100–120 м на кабеле Cat.5e. Такое отличие обусловлено разницей скорости передачи данных, спектра и, следовательно, затухания сигнала. Для уменьшения и компенсации потерь в кабеле напряжение ДП может составлять несколько сотен В (если нужно подавать питание на несколько регенераторов). Источники Standard PoE и Passive PoE подают в кабель безопасное напряжение, как правило, не превышающее 50–52 В.

Посмотрим теперь на функциональную схему подачи PoE. Для иллюстрации выберем самый простой вариант (рис.5) – PSE End-Span, 100BASE-TX. Передача PoE по методу А или по методу В, или по обоим методам одновременно.

PSE (черный квадрат № 1) получает напряжение питания от источника и подает его (с преобразованием или без) поверх данных через средние точки трансформаторов или в свободные пары. Обе цепи могут использоваться одновременно.

PD (черный квадрат № 2) выделяет напряжение питания и подает его на преобразователь DC/DC, который вырабатывает необходимые для работы подключенного оборудования напряжения.

"Начинка" этих "черных квадратов" может быть различной. Например, № 1, в самом простом случае, может состоять из двух проводников, соединяющих источник постоянного тока и контакты разъема – 4,5(+) и 7,8(-).

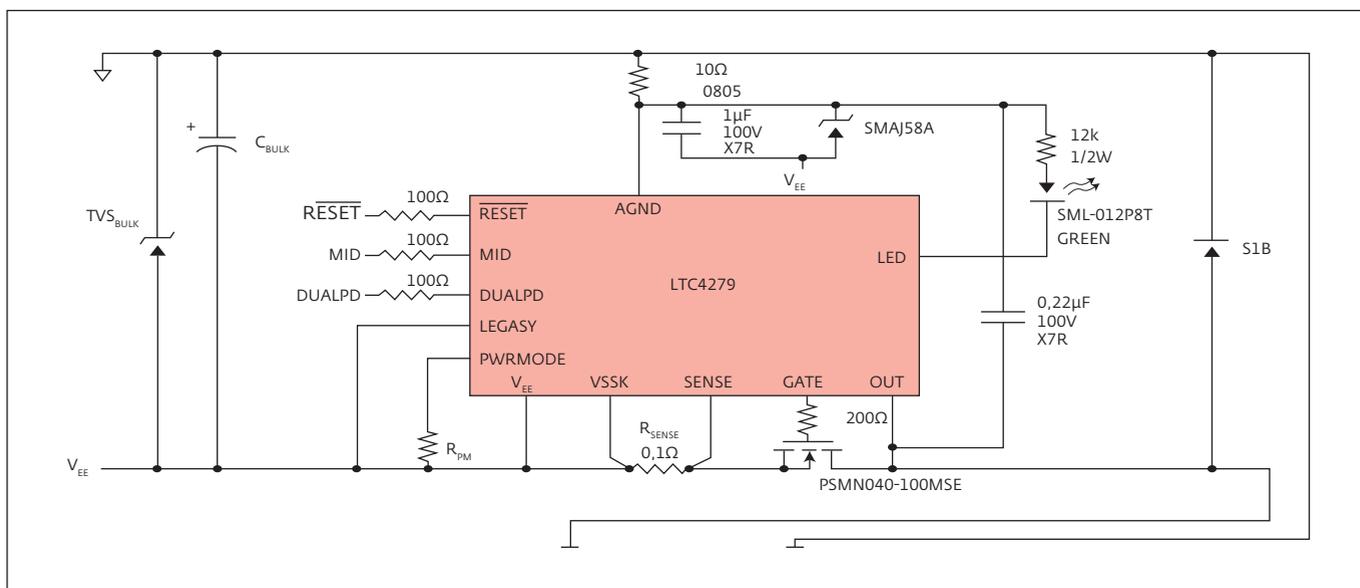


Рис.6. Типовая схема применения контроллера LTC4279, PoE++. Максимальная мощность, передаваемая в линию – 90 Вт

На рис.6 показана типовая схема PSE IEEE 802.3 bt (PoE++) на микросхеме LTC4279. В состав блока могут входить преобразователи напряжения, диодные мосты, индикаторы и другие элементы.

Во второй части статьи основное внимание будет уделено "черным квадратам" № 1 и № 2 в исполнениях Passive PoE и Standard PoE в различных комбинациях, особенностям их работы и совместимости.

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 636 руб.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО БУДУЩЕГО. НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ КОЛЛЕКТИВНАЯ МОНОГРАФИЯ

Под ред. Г. Г. Малинецкого, В. В. Иванова, П. А. Верника

Издание осуществлено при поддержке АНО «Институт стратегий развития»

С междисциплинарных позиций рассматриваются вопросы формирования цифрового будущего в различных сферах – от философии, культуры, образования и конкретных технических проектов, возможность воплощения которых дают компьютерные технологии, до новых математических моделей и прогнозов.

Выделен ряд ключевых направлений, развитие которых может существенно повысить социально-экономическую эффективность программы цифровой экономики.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2020. – 356 с.,
ISBN 978-5-94836-575-6



ИНСТИТУТ
СТРАТЕГИЙ
РАЗВИТИЯ

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru