

# РоЕ — технология электропитания устройств с использованием витых пар локальных сетей Ethernet

Олег ИВАНОВ  
oyi@efo.ru

**В статье описан новый разрабатываемый стандарт IEEE 802.3bt, позволяющий использовать все четыре витых пары одновременно для обеспечения питания оконечных устройств с потребляемой мощностью до 100 Вт.**

Существующие решения для РоЕ (Power over Ethernet) в настоящее время основаны на двух стандартах: IEEE 802.3af, принятом в 2003 году, и его дальнейшем развитии — IEEE 802.3at, вступившем в действие в 2009 году. Оба стандарта разрешают использовать для передачи питания совместно с передаваемыми данными только две витых пары одновременно.

Применение устройств, оснащенных технологией РоЕ, особенно широко распространено в системах IP-телефонии и видеонаблюдения, а также в беспроводных сетях для питания беспроводных точек доступа. Этой технологией оснащены уже более 100 млн устройств. Но постоянно совершенствующиеся полупроводниковые технологии позволяют в значительной мере уменьшить потребление различных электронных устройств, что позволяет рассматривать применение РоЕ для решений, которые раньше не попадали в сегмент устройств с потребляемой мощностью, достижимой для этой технологии.

Тем не менее, мощности, предоставляемой системами питания, выполненными на основе стандарта РоЕ+ (IEEE 802.3at), зачастую все еще недостаточно. В таблице 1 представлены желаемые значения мощности в зависимости от их сферы применения.

В последнее время рассматривается также применение систем на основе Ethernet на транспорте, потому что, кроме повышения производительности информационно-

го обмена между устройствами, с помощью данной технологии становится возможным обеспечить питание без прокладки дополнительных жгутов. Это обеспечивает снижение расходов на дополнительную кабельную систему и суммарного веса оборудования, а в результате — экономию топлива.

Кроме того, появились сети, соответствующие стандартам 1000BaseT и 10GBaseT, в которых задействованы для передачи информации все четыре витых пары одновременно. Все это потребовало разработки нового стандарта для РоЕ. Разумеется, многие компании, выпускающие оборудование с РоЕ, уже давно предлагают собственные решения, обеспечивающие диапазон мощностей до 100 Вт за счет использования всех четырех витых пар одновременно. Но, тем не менее, стандартизация этих решений позволит разработывать и внедрять оборудование, которое будет на 100% совместимо с оборудованием, выпускаемым другими фирмами, и, соответственно, с оборудованием предыдущих поколений, выполненным в соответствии со стандартами IEEE 802.3af и at. Новый стандарт уже имеет обозначение РоЕ++, и близится его окончательное утверждение.

## Основы технологии РоЕ++

Метод, позволяющий повысить мощность, доставляемую конечному устройству, на первый взгляд, довольно прост и за-

ключается в увеличении количества витых пар, используемых для переноса энергии. Стандартные кабели CAT5/6 Ethernet RJ-45 состоят из четырех витых пар, но принятые стандарты РоЕ позволяют использовать только две из них. Новый разрабатываемый стандарт подразумевает использование всех четырех пар, что позволит увеличить доступную мощность, обеспечиваемую устройствам РоЕ, до 100 Вт.

Оригинальный IEEE стандарт 802.3af (2004 г.) определял два основных типа устройств: End-span и Mid-span.

End-span по существу представляли Ethernet-коммутаторы, расширенные функциями РоЕ. Они разрабатывались в двух вариантах — изначально для работы во вновь устанавливаемых сетях и для модернизации существующих на тот момент сетей в целях обеспечения работы добавляемого оборудования, требующего питания с использованием технологии РоЕ (наиболее популярными на тот момент были абонентские устройства IP-телефонии).

Mid-span не встраивались в коммутатор, а располагались между ним и питаемыми устройствами (PD) и представляли собой промежуточный комплект адаптеров (инжектор и сплиттер). Они чаще всего использовались, когда требовалось добавить IP-телефоны или беспроводные точки доступа к существующей сети, не оснащенной функциями РоЕ.

Необходимо отметить, что использование Mid-span устройств не обеспечивало всех функций, которые имели End-span устройства, так как поддерживались только электрические спецификации стандарта IEEE 802.3af, а протокольные — нет.

Стандартом также определялась максимальная мощность, доступная питаемому устройству. При напряжении питания 48 В она составляла 15,4 Вт, а с учетом активных потерь в кабеле при максимальной длине сегмента Ethernet оставалось только 12,95 Вт.

**Таблица 1.** Значения мощности, востребованной устройствами РоЕ в зависимости от их сферы применения

Сфера применения	Типичное потребление
Медицинские системы (мониторинг состояния пациента)	В 80% случаев необходимо >30 Вт (желательно 50 Вт)
Системы обслуживания продаж (считыватели карт, печатающие устройства)	От 40 до 50% случаев желаемый диапазон — от 30 до 60 Вт
Системы безопасности и видеонаблюдения и управления доступом	30–60 Вт (для управления позиционированием камер, магнитными замками и т. д.)
«Тонкие клиенты», терминальные системы (топовый сегмент)	50 Вт
Промышленные системы автоматизации (шаговые двигатели, маломощные бесколлекторные двигатели)	>30 Вт

Стандарт IEEE 802.3at обеспечивает достижение мощности более 30 Вт при напряжении в линии 50 В от PSE (Power Source Equipment) устройства. С учетом максимальных потерь в кабеле устройство может получить до 25,5 Вт мощности.

В обоих стандартах питание может осуществляться за счет двух свободных витых пар (в стандартах 10 и 100BaseT используются только две пары из имеющихся четырех) или совместного использования линий, предназначенных для передачи данных, при этом остальные две пары не задействуются. Соответственно, эти варианты назывались Alt-B и Alt-A.

Так как не все сетевые устройства поддерживают PoE, в стандарт была введена процедура, сообщающая PSE-устройству, является ли данное сетевое устройство совместимым с этой технологией. Обеспечивается это добавлением резисторов номиналом 25 кОм между питающими парами. Если устройство определило, что сопротивление между парами значительно отличается от этой величины, считается, что устройство не поддерживает режим PoE, и питающее напряжение не подается. Такое решение препятствует повреждению не совместимого с этой технологией устройства.

В случае, если определено, что данное устройство совместимо с PoE, PSE-устройство выполняет процедуру классификации потребления данным устройством.

Устройство PSE может находиться в одном из четырех состояний:

1. Идентификация. На этом этапе определяется, является ли подключенное на противоположном конце кабеля устройство сплиттером, то есть устройством PD (Powered Device). PSE подает в кабель напряжение от 2,8 до 10 В и определяет параметры входного сопротивления подключаемого устройства. Для устройства PD это сопротивление должно быть в пределах от 19 до 26,5 кОм при параллельно подключенном конденсаторе емкостью от 0 до 150 нФ. Только после проверки соответствия параметров входного сопротивления подключенного сплиттера требуемому значению PSE переходит к следующему этапу — классификации. В противном случае инжектор повторяет этап идентификации через время не менее 2 мс.
2. Классификация. Служит для определения диапазона мощности, которую может потреблять устройство PD (это важно для определения факта перегрузки по потребляемому току), и для дальнейшего контроля соответствия реально потребляемой мощности заявленной. Классификация выполняется путем введения PSE-устройством в кабель напряжения от 14,5 до 20,5 В и измерения тока в линии. Каждому устройству PD в зависимости от заявленной потребляемой мощности присваивается класс от 0 до 4

Таблица 2. Классификация устройств PSE по мощности

Класс	Использование	Ток классификации, мА	Диапазон доступной мощности, Вт	Описание класса
0	По умолчанию	0–4	0,44–12,94	
1	Необязательный	9–12	0,44–3,84	Малое потребление
2	Необязательный	17–20	3,84–6,49	Среднее потребление
3	Необязательный	26–30	6,49–12,95	Большое потребление
4	Допустимы только устройства 802.3at (тип 2)	36–44	12,95–25,5	Большое в соответствии с PoE+

(табл. 2). Четвертый класс присваивается только в том случае, если устройства выполнены в соответствии со стандартом PoE+. Сначала проверяется соответствие стандарту IEEE 802.3af. Если устройство совместимо, то проводится определение на соответствие стандарту PoE+ путем определения наличия нагрузки в каждой из двух пар.

Максимальный диапазон мощностей имеет класс 0 для PoE и 4-й класс для PoE+. Устройство PSE может снять напряжение с кабеля, если устройство PD стало потреблять мощность большую, чем та, которая была определена во время этапа классификации.

3. Старт. После прохождения этапов идентификации и классификации устройство PSE подает в кабель напряжение 48 В (полное напряжение) за время, не меньше чем 400 мс. Затем постоянно контролируется работа сплиттера (PD) двумя способами:

- Если устройство PD в течение 400 мс будет потреблять ток меньше 5 мА, то PSE снимает питание с кабеля.
- PSE подает в кабель напряжение частотой 500 Гц амплитудой 1,9–5 В и вычисляет входное сопротивление сплиттера. Если это сопротивление будет больше, чем 1980 кОм в течение 400 мс, то инжектор снимает питание с кабеля.

Кроме того, устройство PSE во время работы непрерывно следит за током нагрузки. Если устройство PD будет потреблять ток более 400 мА в течение 75 мс, то питание с кабеля также будет снято.

4. Отключение. В случае, когда устройство PSE определяет факт отключения сплиттера от кабеля, или в случае превышения потребляемого сплиттером тока, инжектор снимает напряжение с кабеля за время, не меньшее чем 500 мс.

Вероятно, в новом стандарте процедура не будет изменена, за исключением того, что будут проверяться все четыре пары.

### Кабельная инфраструктура

В основном требования к организации канала для четырех пар PoE будут такими же, как существующие, но, тем не менее, при переходе от стандарта PoE к стандарту PoE+ изменились рекомендации к применяемым кабелям. Вместо кабелей 3-й категории было рекомендовано применять кабели 5-й категории.

В данном случае ожидается, что стандартом будут рекомендованы кабели категорий 5E, 6, 6A и выше. И кабель категории 5E будет указан в качестве минимально допустимого варианта, соответствующего требованиям стандарта, обеспечивающего работу на дистанциях до 100 метров. Требования к прокладке кабелей изложены в стандартах ISO/IECIS 11801 и ANSI/TIA-568-C.2.

Организация передачи питания сразу по четырем витым парам, кроме того, что позволяет увеличить допустимую мощность, имеет и еще неоспоримое преимущество в плане уменьшения потерь в процессе передачи. Это решение хорошо соответствует требованиям энергоэффективности, так как увеличение тока в линии приводит к увеличению потерь в кабеле в квадратичной зависимости.

Легко посчитать, что в худшем случае, при напряжении питания, формируемого устройством PSE, при длине линии 100 м с погонным сопротивлением 0,125 Ом\*м, потребляемой мощности 50 Вт и круглосточной работе в течение года при питании устройства в соответствии со стандартом PoE+ потери в линии передачи будут составлять 4,5 Вт, что в два раза больше, чем в варианте питания по всем четырем парам PoE++. Это приведет к суммарным потерям в линии передачи в размере 39 кВт по сравнению с 19 кВт для второго случая. Конечно, многое еще зависит от эффективности преобразователей, используемых в схемах PoE, но новые устройства, благодаря постоянному улучшению технологий, становятся все более эффективными за счет увеличения КПД преобразования.

Выводы: новый стандарт позволит, во-первых, расширить область применения PoE, во-вторых, обеспечить большую совместимость между устройствами различных производителей, а в-третьих, применить решения на основе этих технологий в стандартах сетей нового поколения.

В завершение статьи хотелось бы отметить, что в результате широкого распространения интернет-технологий разрабатывается все больше устройств в соответствии с концепцией IoT (Internet of Things — «интернет вещей»). Как правило, это маломощные устройства, не требующие от источников питания большой мощности. И зачастую оптимальным источником питания для них являются именно решения на основе PoE. (Так как эти устройства изначально предназначены для работы через Интернет.)

Но, как правило, эти устройства имеют высокую стоимость, и для успешного применения в них решений на основе PoE требуются дешевые модули с компактными размерами, однако, полностью соответствующие стандарту.

Тайваньская компания Befact выпускает весь спектр решений для организации устройств PoE, в том числе ориентированных и на спектр встраиваемых систем, к которым, несомненно, относятся устройства IoT.

Достоинства этих модулей:

- Высокая эффективность работы встроенного DC/DC-преобразователя.
- Применение многослойных керамических конденсаторов (MLCC).
- Защита от бросков напряжения на входе.
- Широкий диапазон входных напряжений.
- Отключение при пропадании входного напряжения.
- Встроенная функция автоматического защитного отключения при перегреве.
- Встроенная защита от короткого замыкания в нагрузке.
- Встроенная защита от превышения допустимого тока в нагрузке.
- Поддержка режима «мягкого старта».
- Поддержка работы с оборудованием PSE всех типов (End-point и Mid-span) за счет встроенного двухканального мостового выпрямителя.
- Возможность работы в сетях Fast и Gigabit Ethernet.
- Топология платы разработана с применением полигонов для эффективного отвода тепла.
- Малое количество внешних компонентов: необходим только один фильтрующий конденсатор.
- Встроенный фильтр для снижения уровня помех на выходе.
- Стандартные выходные напряжения — 3,3, 5 и 12 В.
- Малые габариты.
- Применение всех компонентов с промышленным температурным диапазоном.
- Конкурентная стоимость.

Компания Befact сосредоточилась на выпуске исключительно модулей для PoE и выпускает их в больших количествах уже много лет.

### Литература

1. <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/index.html>
2. <http://ockc.ru/?p=5687>
3. [www.befact.com.tw](http://www.befact.com.tw)
4. <ftp://ftp.efo.ru/pub/befact/DifferenceTPDvsSPD.pdf>