

1. Phantom Power da Internet: Como o PoE Funciona de Verdade



Descrição

Neste tutorial, vamos destrinchar o funcionamento real do PoE (Power over Ethernet), a chamada “alimentação fantasma” que viaja pelo cabo de rede transportando energia e dados simultaneamente. Usando um diagrama técnico completo — o “Diagrama de Magnetics Ethernet com PoE Integrado” — vamos entender o papel do filtro de modo comum, do transformador 1:1, dos center taps e do circuito de acoplamento PoE, explorando como o IEEE permite combinar sinais AC de alta velocidade com a alimentação DC sem interferência. Um estudo detalhado para técnicos, engenheiros, estudantes e curiosos que procuram uma explicação definitiva sobre o tema.

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E
MUITO MAIS.

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

<https://www.youtube.com/@professorbairros>



Sumário

1.	Phantom Power da Internet: Como o PoE Funciona de Verdade	Título	1
1.1.	Introdução		3
1.2.	Visão geral do diagrama		4
1.3.	Os PHYs dos dois lados		4
1.4.	Filtro de modo comum (CMC)		5
1.5.	Transformador de isolamento 1:1		7
1.6.	Os center taps e a alimentação fantasma		8
1.7.	PoE Coupling Circuit do switch (PSE) — Mode A		9
1.8.	Mode B		10
1.9.	AC + DC no mesmo cabo		11
1.10.	Cena 10 — Cancelamento do fluxo DC		12
1.11.	Cena 11 — PoE Coupling Circuit da câmera (PD)		13
1.12.	Conclusão técnica		14
1.13.	Referências		15

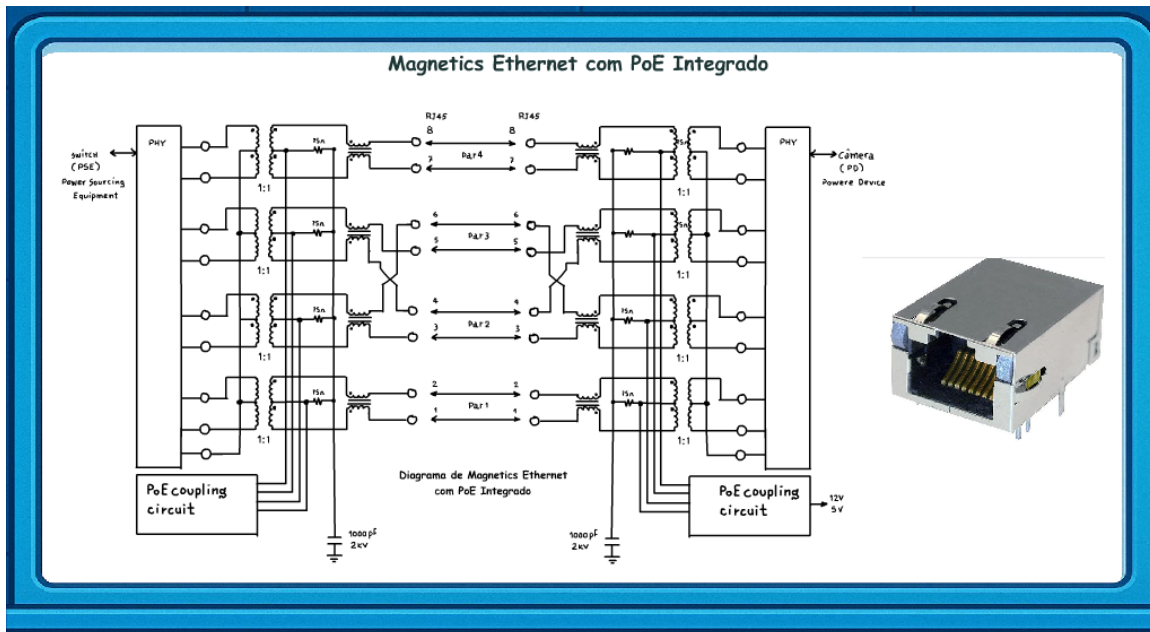
1.1. Introdução



E o Professor Bairros respondeu:

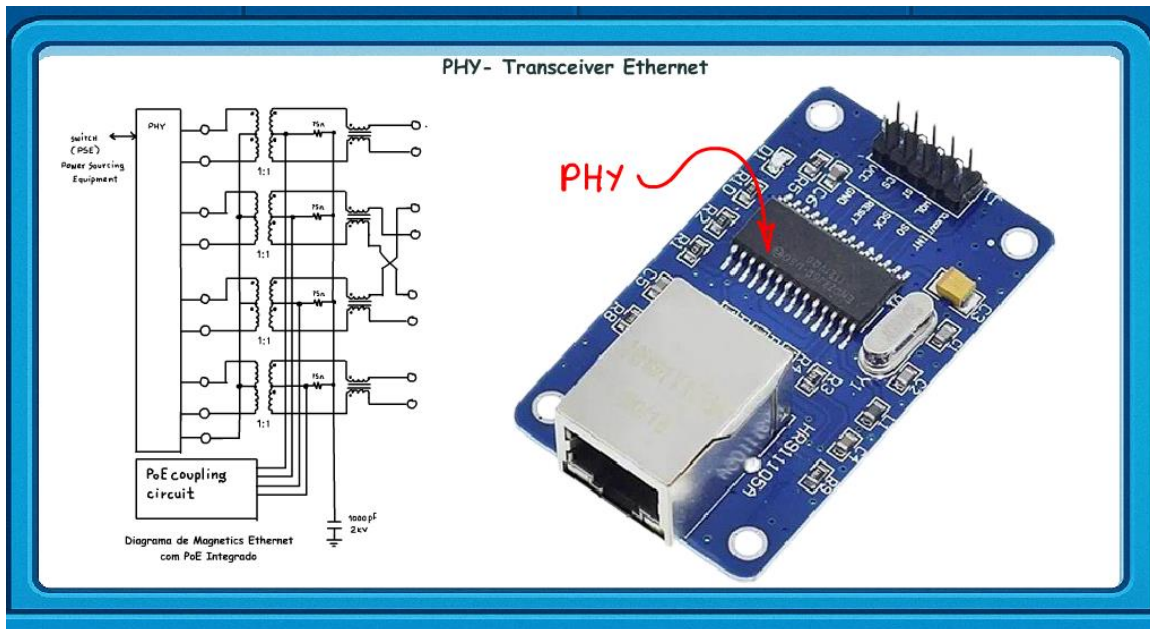
“Essa é uma dúvida clássica de quem está começando com redes e eletrônica. Afinal, como é que a energia elétrica consegue trafegar pelo mesmo cabo que leva dados de alta velocidade sem interferir no sinal? Essa técnica, conhecida como alimentação fantasma ou “phantom power”, é a base do PoE, o Power over Ethernet. E para entender isso de forma clara, vamos estudar um diagrama completo dos magnetic Ethernet com PoE integrado, onde cada bloco faz parte de uma arquitetura extremamente elegante, robusta e padronizada pelo IEEE.”

1.2. Visão geral do diagrama



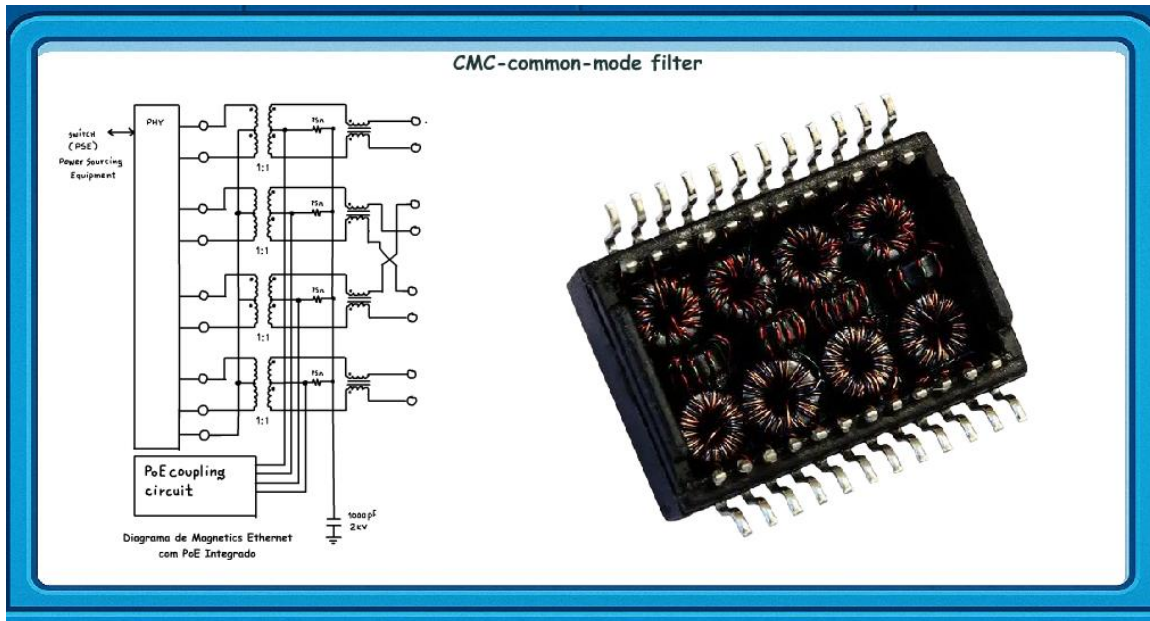
Aqui está o diagrama completo do enlace PoE: dois equipamentos — o switch, que funciona como PSE, Power Sourcing Equipment, ou Equipamento Fornecedor de Energia; e a câmera, que funciona como PD, Powered Device, o Dispositivo Alimentado — conectados por um cabo RJ45. No centro do diagrama vemos os quatro pares do Gigabit Ethernet, cada um com seu caminho individual, passando por módulos ICM integrados, ou Magnetic Integrated Connector Module, um em cada equipamento, mas todos seguem a mesma lógica: o filtro de modo comum, o transformador de isolamento 1:1, os resistores de terminação e os center taps onde o PoE é acoplado. Esse é o mapa-mestre que vamos percorrer passo a passo.

1.3. Os PHYs dos dois lados



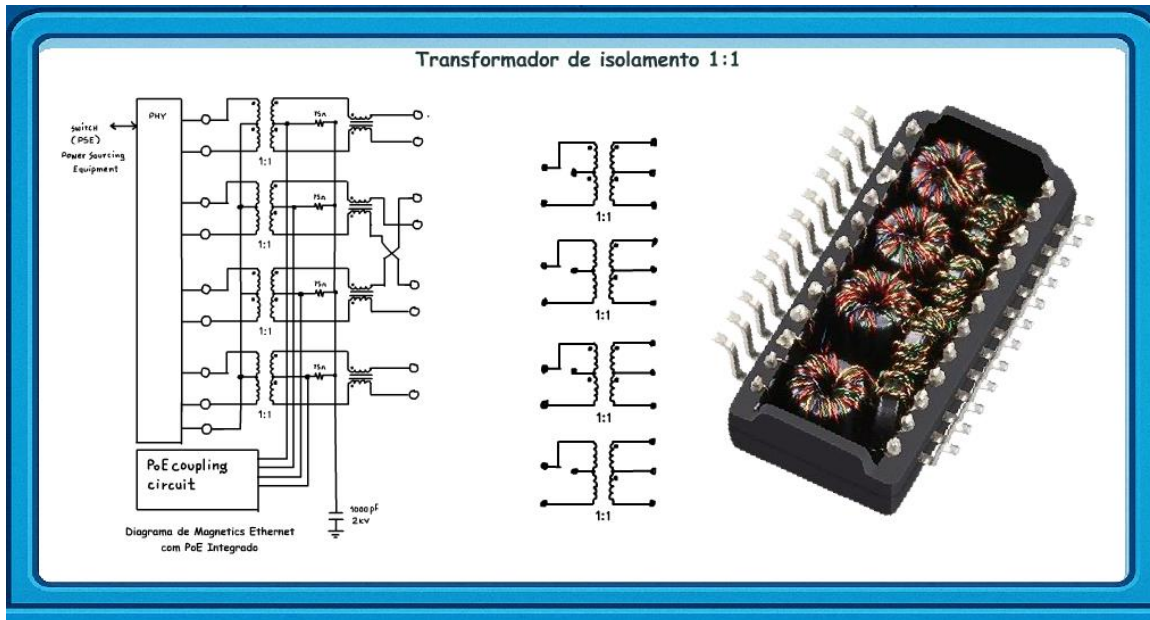
O ponto inicial sempre é o PHY, o transceiver Ethernet que gera e detecta os sinais diferenciais de alta velocidade. O PHY opera com pulsos em frequências elevadas, com amplitude muito baixa e extremamente sensíveis ao ruído. Ele nunca pode ser conectado diretamente ao cabo, pois qualquer descarga ou tensão DC danificaria o chip. Por isso o PHY sempre conversa com o mundo externo através dos magnetics — uma camada de proteção e acoplamento que garante operação confiável, isolamento e imunidade a transientes.

1.4. Filtro de modo comum (CMC)



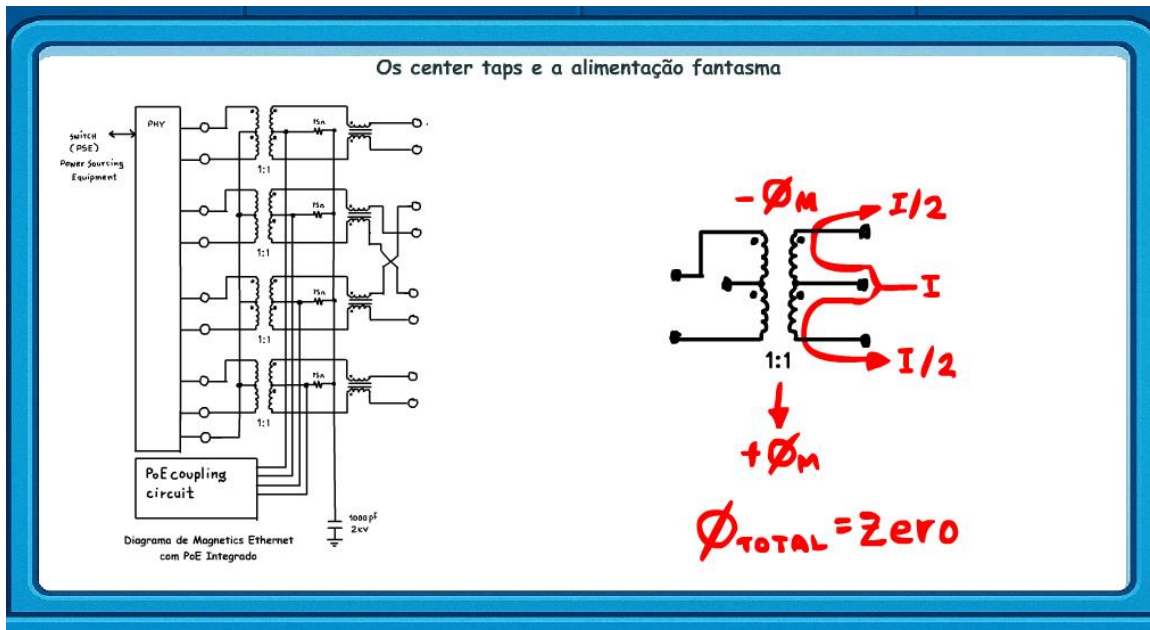
O primeiro elemento no caminho do cabo é o filtro de modo comum, ou CMC, responsável por barrar correntes de modo comum que poderiam irradiar interferência eletromagnética. Ele diferencia a corrente útil — o modo diferencial — daquilo que está “subindo junto” nos dois condutores, a interferência de modo comum. Montado bem próximo ao RJ45, ele reduz emissões de interferências eletromagnéticas e protege contra distúrbios vindos da planta externa. Ele não participa do PoE diretamente, mas é essencial para manter a integridade do enlace.

1.5. Transformador de isolamento 1:1



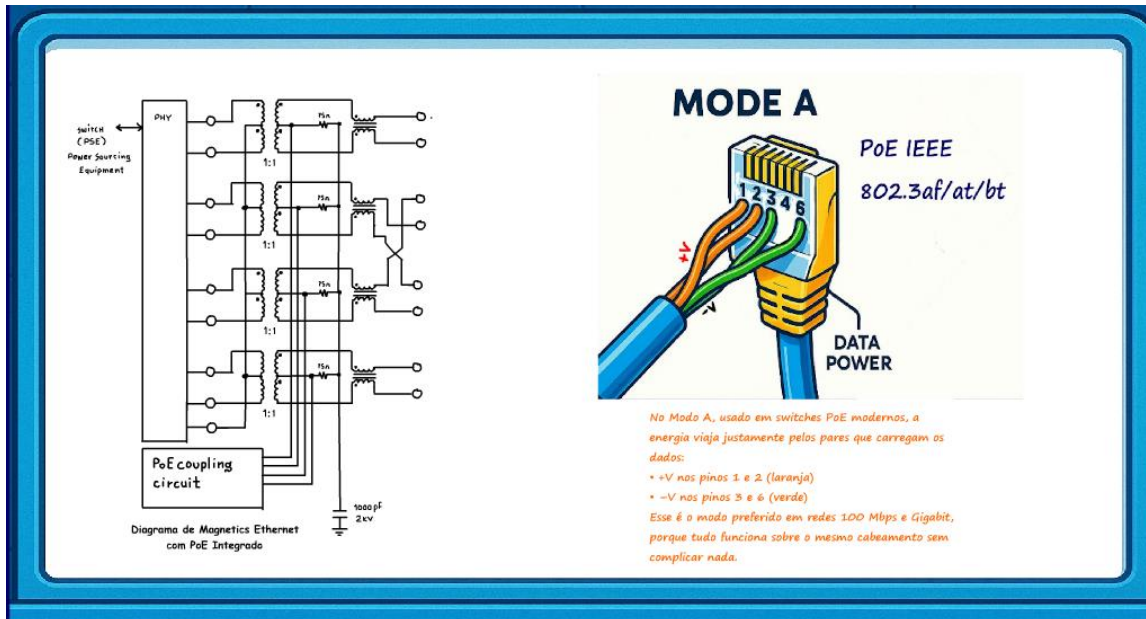
Logo após o filtro, encontramos o transformador 1:1, o coração dos magnetics Ethernet. É ele que realiza a isolamento galvânica entre o equipamento e o cabo, atendendo aos requisitos de segurança e compatibilidade eletromagnética. O sinal diferencial AC passa livremente pelo acoplamento magnético, mas qualquer componente DC é bloqueado pela própria natureza do transformador. Essa característica será a chave para o funcionamento da alimentação fantasma.

1.6. Os center taps e a alimentação fantasma



Os center taps são os pontos centrais dos enrolamentos do lado do cabo. É exatamente neles que o PoE é acoplado. Se o módulo ICM tem os center taps expostos, ele é compatível com PoE; se não tem, é um módulo puramente de dados. O padrão IEEE especifica essa arquitetura para injetar corrente contínua sem afetar o sinal. Como o transformador divide o enrolamento em duas metades simétricas, a corrente DC se distribui igualmente, anulando o fluxo magnético e evitando saturação do núcleo. O transformador “não vê” a corrente da alimentação fantasma eu acho fantástica essa solução.

1.7. PoE Coupling Circuit do switch (PSE) — Mode A



No lado do switch temos o PSE, Power Sourcing Equipment — o Equipamento Fornecedor de Energia. É ele quem injeta a alimentação fantasma nos center taps dos transformadores do lado do cabo.

No Mode A, a alimentação viaja pelos mesmos pares usados para dados:

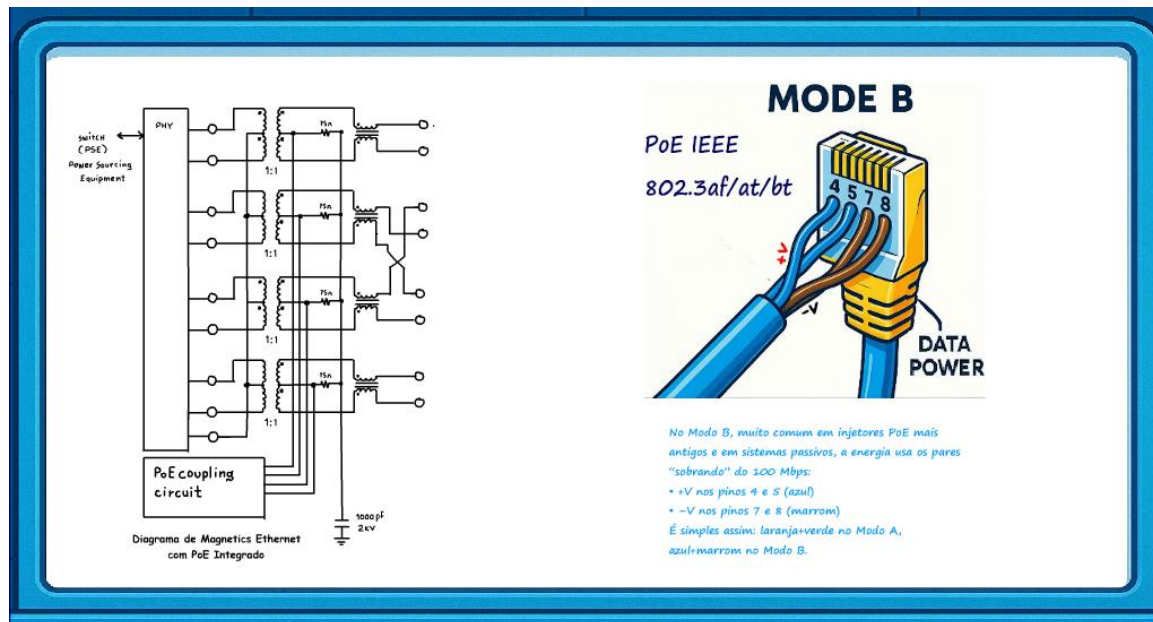
- Pinos 1 e 2 → Par 1 (TX1+ e TX1-)
- Pinos 3 e 6 → Par 2 (TX2+ e TX2-)

O PSE aplica:

- +48 V nos pinos 1 e 2
- -48 V nos pinos 3 e 6

A mesma dupla de fios que carrega o sinal AC diferencial também transporta a componente DC, sem que o transformador deixe essa corrente alcançar o Ethernet PHY transceiver.

1.8. Mode B



No Mode B, o padrão IEEE utiliza os pares historicamente “não utilizados” no 100BASE-TX:

- Pinos 4 e 5 → Par 3
- Pinos 7 e 8 → Par 4

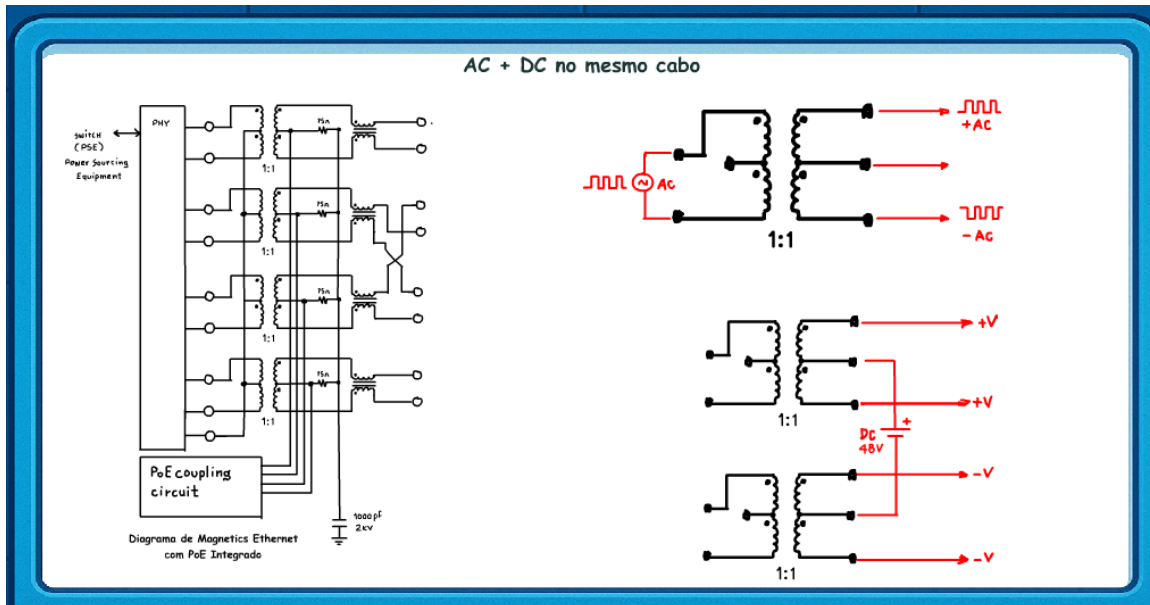
O PSE injeta:

- +48 V nos pinos 4 e 5
- -48 V nos pinos 7 e 8

Aqui, os pares 4-5 e 7-8 carregam exclusivamente a alimentação, enquanto 1-2 e 3-6 transportam apenas dados.

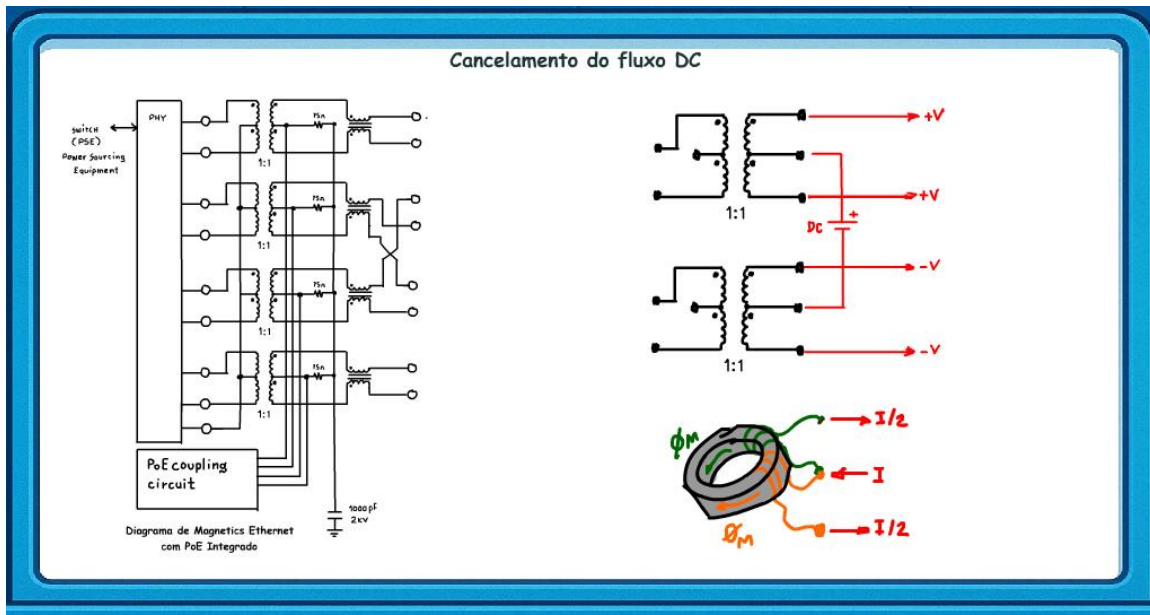
Em Gigabit Ethernet (1000BASE-T), porém, todos os quatro pares carregam dados simultaneamente e, por isso, o PoE acaba fluindo pelos center taps de todos os pares. O princípio, entretanto, permanece idêntico.

1.9. AC + DC no mesmo cabo



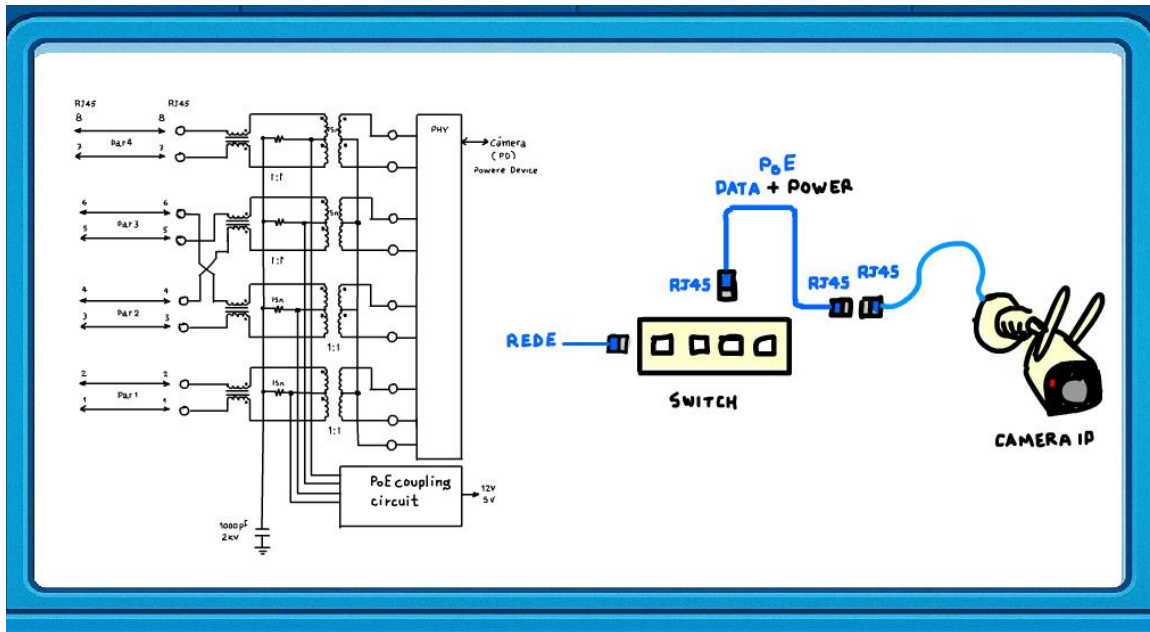
O cabo transporta simultaneamente o sinal diferencial AC de dados e a alimentação DC do PoE. O sinal AC circula pelas bobinas dos transformadores, enquanto a corrente DC flui para dentro e para fora pelos center taps. Essa coexistência só é possível graças à superposição de sinais e à isolação magnética. Para o PHY, nada muda: ele continua operando como em uma Ethernet comum.

1.10. Cena 10 — Cancelamento do fluxo DC



Um dos princípios mais elegantes dessa arquitetura é o cancelamento automático do fluxo DC no núcleo. A corrente PoE entra pelo center tap e se divide igualmente entre as duas metades do enrolamento, circulando em sentidos opostos. Como essas metades geram fluxos magnéticos opostos, o campo resultante é zero. Assim, o núcleo nunca satura e o sinal AC continua limpo, mesmo com alimentação contínua passando pelo cabo.

1.11. Cena 11 — PoE Coupling Circuit da câmera (PD)



No lado da câmera, o PD — Powered Device, o Dispositivo Alimentado — recebe a energia pelos center taps e a encaminha para o retificador PoE. Esse retificador garante operação independente da polaridade trazida pelo cabo. Na sequência, um conversor DC/DC produz a tensão interna necessária: 12 V, 5 V ou outra exigida pelo circuito. Nada disso interfere no sinal AC, que permanece isolado e íntegro no transformador.

1.12. Conclusão técnica



Este diagrama representa a arquitetura real do PoE conforme os padrões IEEE: um enlace simétrico, isolado e extremamente robusto. Cada elemento — filtro de modo comum, transformador 1:1, center taps e circuito de acoplamento — cumpre um papel específico para unir energia e dados no mesmo cabo sem interferência. É a engenharia aplicada de forma magistral, escondida por trás de um simples conector RJ45.

Aqui eu usei uma câmera como exemplo, mas tem uma infinidade de outros dispositivos que usam esse sistema como Telefones IP, Videoporteiros PoE e por aí vai.

Bom-proveito.

1.13. Referências

Phantom Power da Internet: Como o PoE Funciona de Verdade

YOUTUBE: Phantom Power da Internet: Como o PoE Funciona de Verdade

<https://youtu.be/Oz19VN1jbm8>

Neste tutorial, vamos destrinchar o funcionamento real do PoE (Power over Ethernet), a chamada “alimentação fantasma” que viaja pelo cabo de rede transportando energia e dados simultaneamente. Usando um diagrama técnico completo — o “Diagrama de Magnetics Ethernet com PoE Integrado” — vamos entender o papel do filtro de modo comum, do transformador 1:1, dos center taps e do circuito de acoplamento PoE, explorando como o IEEE permite combinar sinais AC de alta velocidade com a alimentação DC sem interferência. Um estudo detalhado para técnicos, engenheiros, estudantes e curiosos que procuram uma explicação definitiva sobre o tema.

Publicação: