Pós-Graduação em Fontes Chaveadas: Análise, Projeto, PCB e Diagnóstico Profissional

Grade Curricular — 360 horas

Módulo	Disciplina / Tema	Descrição sintética	Carga horária
I	**Dispositivos de Eletrônica de Potência Aplicados em Fontes Chaveadas**	Estudo aplicado dos principais dispositivos utilizados em fontes chaveadas, com foco no comportamento real desses componentes dentro dos circuitos de potência, controle, proteção e realimentação. O objetivo é que o participante compreenda não apenas o que é cada componente, mas como ele atua na fonte, quais são seus limites elétricos e térmicos, como deve ser escolhido e por que falha em aplicações reais.	**36h**
II	**Gate Drivers, Perdas, Dissipação Térmica, Datasheets e Notas de Aplicação**	Aprofundamento nos circuitos de acionamento, perdas, aquecimento e documentação técnica. O módulo desenvolve a maturidade necessária para selecionar semicondutores, interpretar limites reais de operação e evitar erros comuns em projetos e substituições de componentes.	**36h**
III	**Arquitetura e Análise Funcional de Fontes Flyback Reais**	Análise completa da arquitetura de fontes flyback comerciais, desde a entrada AC até a saída DC regulada. O aluno passa a enxergar a fonte como um sistema, identificando blocos, fluxo de energia, componentes críticos e funcionamento real antes de entrar nos cálculos de projeto.	**36h**
IV	**Análise de Fontes com PFC, Sem PFC e Conversores Buck/Boost**	Estudo comparativo e aplicado de fontes com e sem correção de fator de potência, além da análise funcional de conversores buck, boost, buck-boost e estruturas derivadas. O foco é compreender circuitos avançados presentes em equipamentos reais, sem entrar ainda na etapa de projeto completo.	**36h**
V	**Análise do Primário, Secundário, Feedback, Partida e Proteções**	Aprofundamento nos estágios que mais geram dúvidas em fontes chaveadas: partida, alimentação do controlador, primário, secundário, feedback, power on e proteções. O módulo conecta análise funcional com raciocínio técnico para compreender o comportamento normal e anormal da fonte.	**36h**
VI	**Cálculos de Magnéticos, Transformadores, Indutores e Capacitores**	Estudo dos cálculos fundamentais dos componentes mais críticos em fontes chaveadas. O objetivo é mostrar a matemática como ferramenta de engenharia aplicada, permitindo que o aluno dimensione transformadores, indutores e capacitores com foco em confiabilidade, desempenho e aplicação real.	**36h**
VII	**Projeto Real Completo de uma Fonte Chaveada Flyback**	Módulo central da pós, dedicado ao desenvolvimento completo de uma fonte chaveada flyback real. O participante acompanha o processo desde a especificação até a documentação técnica, entendendo as decisões de engenharia necessárias para transformar uma necessidade em um projeto funcional.	**36h**
VIII	**Layout de PCB, Montagem e Validação de Fonte Chaveada**	Este módulo leva o projeto para a placa física. O aluno aprende que, em fontes chaveadas, o layout de PCB é parte essencial do desempenho, da segurança, da redução de ruído, da confiabilidade e da possibilidade de certificação.	**36h**
IX	**Engenharia de Aplicação, Softwares, Fabricantes de CIs e Certificação**	Aproximação da formação ao ambiente profissional de desenvolvimento de produtos. O módulo mostra como o mercado desenvolve fontes usando softwares, notas de aplicação, designs de referência, fabricantes de CIs e práticas de documentação e certificação.	**36h**
X	**Análise de Defeitos, Manutenção e Validação Pós-Reparo em Fontes Chaveadas**	Fechamento da pós com foco em diagnóstico profissional e manutenção aplicada. O objetivo é formar um participante capaz de analisar defeitos por método, testar componentes, interpretar sintomas, validar hipóteses e liberar a fonte com segurança após o reparo.	**36h**

Organização da pós por partes

Parte	Módulos	Foco	Carga
Parte 1	Módulos I e II	Dispositivos aplicados em fontes chaveadas, gate drivers, perdas, dissipação térmica, datasheets e notas de aplicação.	72h
Parte 2	Módulos III, IV e V	Análise de fontes flyback, fontes com e sem PFC, conversores buck/boost, primário, secundário, feedback, partida e proteções.	108h
Parte 3	Módulo VI	Cálculos de magnéticos, transformadores, indutores, capacitores, ripple, ESR e esforços elétricos.	36h

Parte	Módulos	Foco	Carga
Parte 4	Módulos VII, VIII e IX	Projeto real completo, layout de PCB, montagem, validação, engenharia de aplicação, softwares, fabricantes e certificação.	108h
Parte 5	Módulo X	Análise de defeitos, manutenção, testes e validação pós-reparo em fontes chaveadas.	36h

Obras de autoria do professor conteudista

A pós-graduação utiliza como base técnico-pedagógica obras de autoria de Celso de Castro Muniz, estruturando a formação a partir de materiais próprios, aplicados ao mercado e conectados aos módulos da matriz curricular. Esses livros reforçam o diferencial da formação, pois unem análise de circuitos reais, projeto, manutenção, eletrônica de potência, conversores CC-CC, semicondutores, retificadores PFC e procedimentos práticos de diagnóstico em fontes chaveadas.

Livro	Obra / ISBN	Autor	Aplicação na pós-graduação
Livro 1	Tudo sobre a topologia Flyback: Fontes Chaveadas — Análise de Projetos e Manutenção 5ª edição ISBN: 978-65-81580-00-1	Celso de Castro Muniz	Base para os módulos de análise de fontes flyback, projeto real completo, manutenção e compreensão da topologia flyback desde o funcionamento até o diagnóstico.
Livro 2	Retificador PFC Monofásico: Fontes Chaveadas — Análise de Projetos e Manutenção de Retificadores PFC Monofásico 3ª edição ISBN: 978-65-00-78566-1	Celso de Castro Muniz	Base para o estudo de fontes com PFC, análise de retificadores PFC monofásicos, barramento DC, fator de potência, formas de onda, projeto e manutenção.
Livro 3	Fontes Chaveadas: Análises e Procedimentos de Manutenção 1ª edição ISBN: 978-65-01-85725-1	Celso de Castro Muniz	Base para o módulo de análise de defeitos, procedimentos de manutenção, sequência de start, medições, diagnóstico por blocos e validação pós-reparo.
Livro 4	Eletrônica de Potência: Conversores CC-CC 1ª edição ISBN: 978-65-01-11464-4	Celso de Castro Muniz	Base para análise de conversores CC-CC lineares e chaveados, com foco nos conversores buck, boost, buck-boost, modulação, formas de onda, rendimento e esforços elétricos.
Livro 5	Eletrônica de Potência: Semicondutores — Diodos, Tiristores e Transistores 1ª edição ISBN: 978-65-00-88302-2	Celso de Castro Muniz	Base para os módulos de dispositivos de eletrônica de potência, semicondutores, perdas, aplicações de diodos, tiristores, transistores, MOSFETs e IGBTs em fontes chaveadas.

As obras acima demonstram que a pós-graduação possui base autoral, aplicada e especializada, construída a partir de conteúdos desenvolvidos especificamente para análise, projeto, manutenção e diagnóstico de fontes chaveadas e sistemas de eletrônica de potência.

Apresentação da proposta

Esta pós-graduação foi concebida para formar profissionais capazes de compreender, analisar, projetar, montar, validar, diagnosticar e reparar fontes chaveadas reais. A formação não segue o modelo tradicional baseado apenas em teoria e fórmulas isoladas. A proposta é conduzir o participante por uma jornada prática, aplicada e orientada ao mercado, conectando teoria, análise de circuitos, cálculos, projeto real, PCB, montagem, certificação e diagnóstico de falhas.

A lógica pedagógica do curso parte dos dispositivos de eletrônica de potência, avança para a análise funcional de fontes reais, aprofunda os cálculos de componentes críticos, desenvolve um projeto completo de uma fonte flyback e finaliza com uma metodologia profissional de análise de defeitos e validação pós-reparo.

Diferencial da formação

- Abordagem de teoria aplicada à prática, sempre conectando conceito, circuito real e aplicação de mercado.

- Estudo de fontes flyback reais, com e sem retificadores PFC, contemplando primário, secundário, feedback, partida, power on e proteções.
- Desenvolvimento completo de um projeto real de fonte chaveada flyback, com especificação, cálculos, seleção de componentes e documentação técnica.
- Módulo específico de layout de PCB para fontes chaveadas, abordando loops de corrente, EMI, isolamento, creepage, clearance, térmica e montagem.
- Discussão de engenharia de aplicação, softwares, fabricantes de CIs, notas de aplicação e cuidados para certificação.
- Metodologia prática de diagnóstico de defeitos, manutenção e validação pós-reparo.

Objetivo geral

Capacitar o participante para atuar de forma prática, técnica e profissional na análise, projeto, montagem, validação, diagnóstico e manutenção de fontes chaveadas, com domínio dos dispositivos de eletrônica de potência, topologias flyback, retificadores PFC, conversores CC-CC, layout de PCB, cálculos de componentes críticos e procedimentos de teste aplicados ao mercado real.

Objetivos específicos

- Compreender o funcionamento dos principais dispositivos de eletrônica de potência utilizados em fontes chaveadas.
- Interpretar datasheets, notas de aplicação e critérios de seleção de componentes.
- Analisar fontes flyback reais desde o primário até o secundário.
- Diferenciar fontes com PFC e sem PFC, compreendendo o papel do retificador PFC no sistema.
- Analisar conversores buck, boost e estruturas derivadas aplicadas em fontes reais.
- Calcular transformadores, indutores, capacitores, ripple, perdas e esforços elétricos.
- Desenvolver o projeto real completo de uma fonte chaveada flyback.
- Aplicar técnicas de layout de PCB específicas para fontes chaveadas.
- Compreender práticas de engenharia de aplicação, softwares, fabricantes e certificação.
- Diagnosticar defeitos em fontes chaveadas com método técnico, seguro e validável.

Metodologia proposta

A metodologia da pós é baseada em teoria aplicada, estudo de circuitos reais, análise de formas de onda, leitura de documentação técnica, cálculos orientados a projeto, desenvolvimento de uma fonte real, práticas de layout, montagem, validação e análise de defeitos. A formação prioriza a construção de competências profissionais, permitindo que o participante aplique o conhecimento no dia a dia de desenvolvimento, manutenção, suporte técnico, bancada e engenharia de produto.

Competência final do egresso

Ao concluir a pós-graduação, o participante deverá ser capaz de analisar o funcionamento de fontes chaveadas reais, interpretar circuitos com e sem PFC, compreender topologias flyback, buck e boost, dimensionar componentes críticos, desenvolver uma fonte flyback completa, aplicar boas práticas de PCB, realizar testes de bancada, compreender cuidados de certificação e diagnosticar defeitos com método profissional.

Detalhamento dos módulos

Módulo I — Dispositivos de Eletrônica de Potência Aplicados em Fontes Chaveadas

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Estudo aplicado dos principais dispositivos utilizados em fontes chaveadas, com foco no comportamento real desses componentes dentro dos circuitos de potência, controle, proteção e realimentação. O objetivo é que o participante compreenda não apenas o que é cada componente, mas como ele atua na fonte, quais são seus limites elétricos e térmicos, como deve ser escolhido e por que falha em aplicações reais.

Conteúdos abordados

- MOSFETs, IGBTs, diodos rápidos, diodos Schottky e pontes retificadoras.
- Optoacopladores, TL431, resistores shunt, sensores, NTCs, varistores e fusíveis.
- Parâmetros elétricos críticos: tensão, corrente, resistência interna, queda direta, recuperação reversa, capacitâncias parasitas e área segura de operação.
- Aplicação dos dispositivos nos estágios de entrada, chaveamento, secundário, feedback e proteção.
- Falhas típicas dos componentes em fontes chaveadas reais.

O participante vai aprender a

- entender o papel de cada dispositivo dentro de uma fonte chaveada;
- relacionar parâmetros de datasheet com funcionamento prático;
- identificar limites de tensão, corrente, temperatura e comutação;
- avaliar por que determinados componentes falham em campo;
- selecionar componentes com critérios técnicos e margens adequadas.

Diferencial prático do módulo

O aluno não estuda o componente de forma isolada. Ele aprende o dispositivo dentro da fonte, entendendo sua função real no circuito, sua influência no desempenho e sua relação direta com projeto, análise e defeitos.

Módulo II — Gate Drivers, Perdas, Dissipação Térmica, Datasheets e Notas de Aplicação

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Aprofundamento nos circuitos de acionamento, perdas, aquecimento e documentação técnica. O módulo desenvolve a maturidade necessária para selecionar semicondutores, interpretar limites reais de operação e evitar erros comuns em projetos e substituições de componentes.

Conteúdos abordados

- Gate drivers para MOSFETs e IGBTs, isolados e não isolados.
- Resistor de gate, carga de gate, tempos de subida e descida, dv/dt e di/dt.
- Perdas por condução, perdas por chaveamento e influência da frequência.
- Cálculo térmico, resistência térmica, temperatura de junção, interface térmica e dissipadores.
- Leitura profissional de datasheets, gráficos, limites máximos, condições de teste e notas de aplicação.

O participante vai aprender a

- compreender como o acionamento influencia perdas, ruído e confiabilidade;
- calcular perdas e estimar aquecimento de semicondutores;

- dimensionar dissipadores com critérios práticos;
- interpretar datasheets sem depender apenas de tensão e corrente máximas;
- usar notas de aplicação como ferramenta de engenharia.

Diferencial prático do módulo

O diferencial está em ensinar o aluno a escolher e aplicar componentes como um profissional, considerando acionamento, perdas, temperatura, documentação técnica e margem de segurança.

Módulo III — Arquitetura e Análise Funcional de Fontes Flyback Reais

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Análise completa da arquitetura de fontes flyback comerciais, desde a entrada AC até a saída DC regulada. O aluno passa a enxergar a fonte como um sistema, identificando blocos, fluxo de energia, componentes críticos e funcionamento real antes de entrar nos cálculos de projeto.

Conteúdos abordados

- Entrada AC, fusível, NTC, varistor, filtro EMI e ponte retificadora.
- Barramento DC, circuito de partida, alimentação auxiliar e controlador PWM.
- MOSFET, resistor shunt, snubber e transformador flyback.
- Secundário, diodos de saída, capacitores, optoacoplador e TL431.
- Regulação, proteções, comportamento sob carga e fluxo de energia.

O participante vai aprender a

- reconhecer a arquitetura de uma fonte flyback real;
- identificar os blocos funcionais da placa;
- entender a sequência de funcionamento do primário ao secundário;
- analisar a atuação do PWM, MOSFET, transformador e feedback;
- relacionar sintomas de funcionamento com blocos específicos da fonte.

Diferencial prático do módulo

O aluno aprende a olhar para uma fonte real de mercado e entender sua lógica de funcionamento, sem ficar preso apenas à teoria da topologia.

Módulo IV — Análise de Fontes com PFC, Sem PFC e Conversores Buck/Boost

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Estudo comparativo e aplicado de fontes com e sem correção de fator de potência, além da análise funcional de conversores buck, boost, buck-boost e estruturas derivadas. O foco é compreender circuitos avançados presentes em equipamentos reais, sem entrar ainda na etapa de projeto completo.

Conteúdos abordados

- Fontes convencionais sem PFC e comportamento do barramento DC.
- Fator de potência, distorção harmônica e necessidade do PFC.
- Topologia boost PFC, controle de corrente, controle de tensão e proteções.
- Conversores buck, boost e buck-boost em aplicações reais.
- Formas de onda, duty cycle, ripple, modos de condução e esforços elétricos.

O participante vai aprender a

- diferenciar fontes com PFC e sem PFC;
- entender a função do PFC no estágio de entrada;
- analisar o funcionamento de retificadores PFC boost;
- identificar conversores buck e boost em fontes reais;
- interpretar formas de onda e esforços nos componentes.

Diferencial prático do módulo

O participante aprende PFC, buck e boost como circuitos encontrados no mercado, analisando funcionamento, aplicações e comportamento prático, e não apenas equações desconectadas da realidade.

Módulo V — Análise do Primário, Secundário, Feedback, Partida e Proteções

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Aprofundamento nos estágios que mais geram dúvidas em fontes chaveadas: partida, alimentação do controlador, primário, secundário, feedback, power on e proteções. O módulo conecta análise funcional com raciocínio técnico para compreender o comportamento normal e anormal da fonte.

Conteúdos abordados

- Sequência de partida da fonte e alimentação VCC do controlador.
- Partida por resistor, enrolamento auxiliar e manutenção do funcionamento em regime.
- Malha de realimentação com optoacoplador e TL431.
- Proteções contra curto, sobrecarga, sobretensão, subtensão e sobrecorrente.
- Sintomas típicos: fonte pulsando, sem partida, desarmando, tensão baixa, tensão alta e instabilidade.

O participante vai aprender a

- entender como uma fonte inicia e entra em regime;
- analisar o VCC do CI PWM e a alimentação auxiliar;
- compreender a regulação por feedback isolado;
- interpretar a atuação das proteções;
- relacionar falhas de funcionamento com circuitos específicos.

Diferencial prático do módulo

Este módulo prepara o aluno para pensar como especialista: ele aprende a entender o funcionamento e também a prever o que acontece quando um bloco falha.

Módulo VI — Cálculos de Magnéticos, Transformadores, Indutores e Capacitores

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Estudo dos cálculos fundamentais dos componentes mais críticos em fontes chaveadas. O objetivo é mostrar a matemática como ferramenta de engenharia aplicada, permitindo que o aluno dimensione transformadores, indutores e capacitores com foco em confiabilidade, desempenho e aplicação real.

Conteúdos abordados

- Energia armazenada, densidade de fluxo, saturação e escolha de núcleos.
- Cálculo de transformadores de alta frequência, número de espiras, relação de transformação e entreferro.
- Cálculo de indutores, perdas no núcleo e perdas no cobre.

- Capacitores de entrada e saída, ripple, ESR, corrente RMS e aquecimento.
- Vida útil, margem de segurança e critérios de seleção de componentes magnéticos e capacitivos.

O participante vai aprender a

- calcular transformadores e indutores para fontes chaveadas;
- entender saturação, densidade de fluxo e entreferro;
- dimensionar capacitores por ripple, ESR, corrente RMS e temperatura;
- avaliar perdas magnéticas e aquecimento;
- aplicar cálculos ao contexto de um projeto real.

Diferencial prático do módulo

A matemática é apresentada como ferramenta prática de decisão. O aluno aprende por que calcula, onde o cálculo aparece na fonte e como ele impacta o funcionamento real.

Módulo VII — Projeto Real Completo de uma Fonte Chaveada Flyback

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Módulo central da pós, dedicado ao desenvolvimento completo de uma fonte chaveada flyback real. O participante acompanha o processo desde a especificação até a documentação técnica, entendendo as decisões de engenharia necessárias para transformar uma necessidade em um projeto funcional.

Conteúdos abordados

- Definição de requisitos: tensão de entrada, tensão de saída, potência, rendimento, frequência e aplicação.
- Escolha da topologia flyback e seleção do CI controlador.
- Cálculo do transformador, MOSFET, diodo de saída, capacitores, snubber, resistor shunt e feedback.
- Definição de proteções, análise de esforços, margens de projeto e simulações.
- Memorial de cálculo, esquemático, documentação técnica e critérios de validação.

O participante vai aprender a

- transformar uma necessidade real em especificação técnica;
- desenvolver o projeto completo de uma fonte flyback;
- selecionar componentes com base em critérios técnicos;
- organizar memorial de cálculo e documentação;
- compreender as decisões de engenharia envolvidas em um projeto real.

Diferencial prático do módulo

O aluno não apenas aprende partes soltas do projeto. Ele acompanha a construção de uma fonte completa, conectando especificação, cálculo, escolha de componentes e documentação profissional.

Módulo VIII — Layout de PCB, Montagem e Validação de Fonte Chaveada

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Este módulo leva o projeto para a placa física. O aluno aprende que, em fontes chaveadas, o layout de PCB é parte essencial do desempenho, da segurança, da redução de ruído, da confiabilidade e da possibilidade de certificação.

Conteúdos abordados

- Loops de corrente pulsada, trilhas de potência e retorno de corrente.
- Terra de potência, terra de sinal, posicionamento de componentes e redução de ruído.
- Separação primário/secundário, isolamento, creepage, clearance e segurança elétrica.
- EMI, dissipação térmica, largura de trilhas e boas práticas de fabricação.
- Montagem, inspeção, energização segura, testes iniciais e validação funcional.

O participante vai aprender a

- entender como o layout influencia o funcionamento da fonte;
- identificar e reduzir loops críticos de corrente;
- posicionar corretamente componentes de potência, controle e feedback;
- aplicar critérios de isolamento e segurança;
- montar, testar e validar uma fonte real.

Diferencial prático do módulo

O diferencial é transformar o projeto em produto físico. O aluno aprende o caminho entre o esquemático, a PCB, a montagem e a fonte funcionando na bancada.

Módulo IX — Engenharia de Aplicação, Softwares, Fabricantes de CIs e Certificação

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Aproximação da formação ao ambiente profissional de desenvolvimento de produtos. O módulo mostra como o mercado desenvolve fontes usando softwares, notas de aplicação, designs de referência, fabricantes de CIs e práticas de documentação e certificação.

Conteúdos abordados

- Softwares de simulação, projeto eletrônico e ferramentas de cálculo.
- Fabricantes de CIs, famílias de controladores e critérios de escolha por aplicação.
- Notas de aplicação, designs de referência, documentação técnica e engenharia de aplicação.
- Preparação de documentação de projeto, lista de materiais e critérios de seleção de componentes.
- Cuidados para certificação: segurança elétrica, isolamento, temperatura, EMI, proteções e ensaios.

O participante vai aprender a

- conhecer ferramentas usadas no mercado de desenvolvimento de fontes;
- usar documentação e suporte de fabricantes de forma estratégica;
- selecionar CIs controladores conforme aplicação e requisitos;
- preparar documentação técnica de projeto;
- entender cuidados para fontes que serão enviadas à certificação.

Diferencial prático do módulo

O aluno aprende a trabalhar como o mercado trabalha: usando ferramentas, fabricantes, documentação, boas práticas e visão de produto.

Módulo X — Análise de Defeitos, Manutenção e Validação Pós-Reparo em Fontes Chaveadas

Carga horária: 36h

Descrição do módulo

Fechamento da pós com foco em diagnóstico profissional e manutenção aplicada. O objetivo é formar um participante capaz de analisar defeitos por método, testar componentes, interpretar sintomas, validar hipóteses e liberar a fonte com segurança após o reparo.

Conteúdos abordados

- Diagnóstico por blocos: entrada, primário, PWM, PFC, feedback, secundário e proteções.
- Falhas típicas: fonte morta, fusível abrindo, MOSFET queimando, fonte pulsando, tensão baixa, tensão alta, ripple excessivo e falhas intermitentes.
- Testes de MOSFETs, diodos, capacitores, resistores, transformadores, optoacopladores, TL431 e CIs.
- Procedimentos de bancada: lâmpada série, fonte de bancada, carga eletrônica, osciloscópio, multímetro e ponte LCR.
- Validação pós-reparo: teste de carga, estabilidade, ripple, aquecimento, segurança e documentação técnica.

O participante vai aprender a

- diagnosticar defeitos sem trocar peças por tentativa;
- criar hipóteses técnicas a partir dos sintomas;
- testar componentes e blocos de forma segura;
- validar o reparo com medições e ensaios;
- documentar tecnicamente a solução do defeito.

Diferencial prático do módulo

O aluno encerra a formação com uma metodologia aplicável ao dia a dia, aprendendo a pensar, medir, diagnosticar e validar como um especialista em fontes chaveadas.

Síntese do posicionamento pedagógico

A pós-graduação organiza o aprendizado em uma sequência lógica e prática: dispositivo, circuito, análise, cálculo, projeto, PCB, montagem, validação e diagnóstico. Essa jornada diferencia a formação de cursos tradicionais, pois coloca o participante diante dos problemas reais enfrentados no mercado de fontes chaveadas.

A proposta é que o aluno não apenas conheça fontes chaveadas, mas entenda como elas funcionam, como são projetadas, como devem ser montadas, como devem ser testadas e como seus defeitos devem ser diagnosticados com segurança e método.