



INSTITUTO FEDERAL  
CATARINENSE  
Câmpus Luzerna

# Projeto e Construção de Circuitos Eletrônicos

## Introdução

**Professor Ricardo Kerschbaumer**

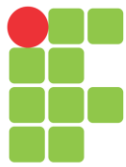
**[ricardo.kerschbaumer@ifc.edu.br](mailto:ricardo.kerschbaumer@ifc.edu.br)**

**<http://professor.luzerna.ifc.edu.br/ricardo-kerschbaumer/>**



**INSTITUTO FEDERAL**  
**CATARINENSE**  
Câmpus Luzerna

# Plano de Curso no SIGAA



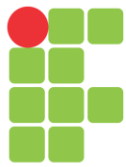
# Planejamento

## 1 - Introdução e Planejamento do Projeto

### 1.1 Elaboração de Requisitos e Metodologias de Desenvolvimento

- Definição de requisitos: objetivos funcionais, elétricos, mecânicos, ambientais e de custo.
- Cronograma de execução: definição das tarefas, determinação do tempo necessário para execução de cada tarefa, ordenação das tarefas.
- Métodos ágeis (SCRUM/kanban): planejamento e execução das tarefas.
- Plano de Desenvolvimento (ou proposta de desenvolvimento): documento assinado pelas partes delimitando requisitos e prazos do projeto.

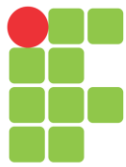




# Planejamento

## 1.2 Estruturação de Projetos e Versionamento

- Organização de pastas e arquivos: nomenclatura padronizada, hierarquia de diretórios.
- Ferramentas de versionamento (Git, SVN)\*\*: controle de alterações, criação de branches para novas funcionalidades.
- Backup e compartilhamento: repositórios locais e em nuvem, cuidados com bibliotecas de componentes (footprints, símbolos e modelos 3D).



## 1.3 Memorial de Cálculo e Documentação Preliminar

- Memorial de cálculo: registro das principais equações, dimensionamentos e hipóteses de projeto.
- Principais referências (datasheets, application notes): como extrair dicas de construção e layout diretamente dos fabricantes.
- Obsolescência de componentes: como pesquisar ciclos de vida e estratégias de substituição.

## 2 - Revisão de Eletrônica, Fundamentos Críticos e Simulação

### 2.1 Revisão de Eletrônica Básica

- Grandezas elétricas e leis fundamentais (Ohm, Kirchhoff).
- Componentes passivos (R, L, C) e ativos (diodos, transistores, MOSFETs, reguladores lineares etc.).
- Efeito pelicular (skin effect): relevância em altas frequências ou trilhas de potência.





## 2.2 Fontes de Alimentação e Aterramento

- Diferenças entre  $V_{cc}$ ,  $V_{dd}$ ,  $V_{ss}$ , AGND, VGND, AVCC, DVCC etc.
- Relação com diferentes tecnologias (lógica TTL, CMOS, alimentação analógica vs. digital).
- Capacitores de desacoplamento: posicionamento, dimensionamento e impacto no ruído.
- Referências de precisão: dispositivos REF50xx, entre outros, para projetos que exigem estabilidade e acurácia.
- Fontes de alimentação: Reguladores lineares vs. fontes buck. Geração de fonte simétrica a partir de alimentação simples. Filtros adicionais.
- Aterramento.



## 2.3 Osciladores e Relógios

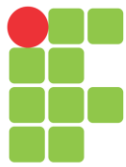
- Diferenças entre cristais e osciladores: aplicações, estabilidade, consumo.
- Dimensionamento e cuidados (capacitores, aterramento do shield, ESR, layout).
- Sinais de clock em microcontroladores: ruído e impacto em ADC, DSP etc.





## 2.4 Entradas e Saídas Analógicas e Digitais

- Impedância de entrada de ADC: buffers, anti-aliasing, filtros RC.
- Entradas digitais com Schmitt Trigger: aumento de imunidade a ruído.
- Conexão de sensores PNP e NPN: diferenças, níveis de sinal, condicionamento.
- Circuitos de saída a relé e a transistor: dimensionamento de drivers, proteção de back-EMF.
- Proteções em entradas e saídas (ESD, ruído diferencial, modo comum).



## 2.5 Simulação de circuito

- Simulação de circuitos com simuladores realistas: análise de estabilidade, resposta em frequência, ruído.
- Verificação do dimensionamento: análise de potência dissipada, limites de tensão e corrente dos componentes.
- Comprovação do comportamento do circuito: verificar se o circuito proposto atende os requisitos de projeto.

## 3 - Conceitos de Projeto Eletrônico na Prática

### 3.1 Microcontroladores e Periféricos

- Porta de debug\*\* (serial, SWD, JTAG), display ou acesso via gravador.
- Tabela de I/O do MCU: mapeamento de pinos, tensão e correntes, facilitando a programação.
- Uso de watchdog e supervisores de CPU: segurança contra travamentos.





# Planejamento

## 3.2 Seleção e Dimensionamento de Componentes

- Critérios de qualidade e tolerâncias: exemplo de resistores 1% vs. 5%, capacitores cerâmicos ou eletrolíticos.
- Cross talk entre indutores: manter distâncias ou barreiras.
- Número de comutações de chaves e relés: vida útil.
- Temperatura de operação: limitações ambientais.
- Projeto de filtros com software: dimensionamento e verificação de atenuação e fase (atraso).



# Planejamento

## 3.3 Reference Designs e Kits de Desenvolvimento

- Exemplo de uso: analisar diagrama do kit para extrair práticas de layout e componentes.
- Aplicação de blocos: subdivisão do projeto em módulos (alimentação, MCU, sensores, comunicação).
- Cuidados com obsolescência: escolha de componentes populares, múltiplas fontes de fornecimento.

## 4 - Ferramentas de CAD para Eletrônica

### 4.1 Diagramas esquemáticos

- Criação de bibliotecas próprias: símbolos, footprints e modelos 3D, evitando conflitos ao compartilhar projetos.
- Projeto hierárquico no Kicad: subdivisão em folhas, organização de blocos.
- Uso de plugins (Kicad) para tarefas específicas (por exemplo, gerador de BOM, PDF interativo).
- Exportar PDF clicável: facilita revisão e compartilhamento.





## 4.2 Preparação para Layout

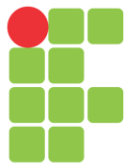
- Nomear redes no Kicad com clareza para evitar erros.
- Impressão em papel do layout para conferir dimensões e footprints.
- Footprints extras (pull-up/down opcionais, dois tipos de encapsulamento para o mesmo componente).
- Replicar layout: técnicas para copiar blocos repetidos de um esquema ou PCB.
- Dimensionamento de dissipadores e cálculo térmico: estimativa de calor gerado, necessidade de ventilação ou cooler.



## 5 - Projeto de PCB

### 5.1 Layout e Roteamento

- Trilhas importantes ou sensíveis primeiro: clock, sinal analógico.
- Distância entre componentes (indutores, cristais, transformadores) para reduzir interferência.
- Remover solder mask em trilhas de potência: aumento de área condutora.
- Thermal relief: garantir soldabilidade e dissipação de calor equilibrada.
- Jumpers em placas de face simples usando vias e trilhas.



## 5.2 Conectores e Test Points

- Conectores apropriados e robustos: evitar soldar fios diretamente (reduz confiabilidade).
- Correntes nos conectores: especificações de pinos e contato.
- Pontos de teste (test points): identificar no silkscreen e associar à documentação para facilitar depuração.
- Tabela de conectores/pinos/função com níveis de tensão ou corrente (incluindo RS485, USB, etc.).





# Planejamento

## 5.3 Geração de Documentos para Fabricação

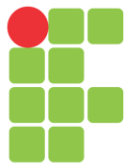
- GERBER, BOM, pick and place: cuidados ao exportar do Kicad, verificação no Gerber Viewer.
- Guia de montagem: ordem de soldagem, componentes opcionais (DNP – Do Not Place).
- Quando produzir em série: planejar uma giga de testes automática ou semiautomática.



## 6 - Fabricação e Montagem

### 6.1 Soldagem e Práticas de Montagem

- Uso de fluxo (flux) e álcool isopropílico para limpeza.
- Técnicas de soldagem: análise de exemplos de solda boa e ruim (fotos, vídeos).
- Diferentes ligas de estanho (com ou sem chumbo), temperatura de solda e problemas de sobreaquecimento.
- Fitas de Kapton para proteger componentes sensíveis ao calor.
- Como remover componentes: adding new solder, fluxo, uso de estação de retrabalho



## 6.2 Tratamento e Proteção da PCB

- Proteção contra umidade e poeira: verniz protetor (conformal coating) ou resinagem em casos extremos.
- Isolador para dissipador: evitar contatos indevidos com a carcaça ou plano de terra.
- Escudos (shields) e blindagens para circuitos RF ou sensíveis.





## 7 - Testes, Validação e Depuração

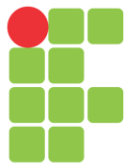
### 7.1 Metodologia de Testes

- Uso de equipamentos de bancada: multímetro, osciloscópio, analisador lógico, medidor LCR.
- Ensaio de ruído (diferencial, modo comum) e compatibilidade eletromagnética (EMC).
- Calibração: ajuste de trimpots e trimmers, bem como ajuste de constantes de software.
- Aplicação da Giga de testes: se possível, gerar os sinais de entrada e verificar o funcionamento do circuito.



## 7.2 Depuração de Falhas

- Estratégias para encontrar defeitos em protótipos (verificar alimentação, medições ponto a ponto).
- Proteção ESD e comportamento em descargas eletrostáticas durante testes.
- Portas de comunicação industriais (RS485) com polarização, terminação, aterramento.



## 8 - Documentação e Apresentação Final

### 8.1 Metodologia de Testes

- Diagrama de conexões (cabos e conectores) detalhado.
- Lista de materiais (BOM) com modelos, fabricantes, fornecedores e imagens.
- Procedimento de calibração e ajuste do projeto em campo.
- Registro fotográfico: soldas, protótipos, pontos de teste, gráficos, tabelas, etc.





## 8.2 Entrega de Documentos Digitais

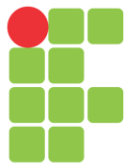
- Arquivos de projeto (fonte Kicad, bibliotecas, simulações).
- Documentação em PDF clicável: esquemáticos e layout.
- Versionamento final: “release” do hardware para produção.



# Planejamento

## 8.3 Apresentação e Divulgação

- Apresentação da documentação: (BOM, gerbers, manual de montagem, testes realizados) apresentação aos interessados da documentação bem como do acesso aos documentos.
- Treinamento da equipe: treinamento da equipe de solda e montagem da placa de circuito e treinamento da equipe de instalação e manutenção do produto final.



# Simulação de Circuitos

**Durante a disciplina serão realizadas simulações utilizando o software QSPICE**

**O software é gratuito e pode ser obtido em:**

**<https://www.qspice.com/>**

**Ou**

**<https://www.qorvo.com/design-hub/design-tools/interactive/qspice/>**

**É necessário fazer um cadastro**