

Normas para a Redação de Trabalhos Preparatórios das Aulas Práticas de Eletrônica

Prof. Carlos Fernando Teodósio Soares

(cfts@pads.ufrj.br)

Departamento de Engenharia Eletrônica e de Computação – DEL

Escola Politécnica – POLI/UFRJ

I – INTRODUÇÃO

Usualmente, os textos de trabalhos preparatórios para as aulas práticas de laboratório das disciplinas de eletrônica são escritos de maneira inadequada. Os erros mais comuns na elaboração desses textos são listados a seguir:

- Um número excessivo de páginas com informações redundantes ou irrelevantes;
- Carência de informações para a documentação adequada dos projetos;
- Gráficos ilegíveis, sem legendas ou qualquer outra indicação de qual variável foi medida e sua respectiva unidade;
- Ausência de tabelas com os resultados de simulação, ou tabelas sem organização;
- Falta de comparação entre as previsões teóricas e os resultados obtidos;
- Ausência de conclusões relevantes e com fundamentação teórica.

Um profissional de engenharia deve ser capaz de apresentar suas ideias de maneira clara, objetiva e precisa. A elaboração de relatórios técnicos e a documentação de projetos fazem parte da rotina de qualquer engenheiro que trabalha em uma grande empresa. No caso de profissionais que trabalham com pesquisa, por outro lado, também há a necessidade de se elaborar artigos técnicos para a publicação em conferências ou em periódicos científicos. Erros, como aqueles listados acima, não são tolerados pelos gerentes de projetos da maioria das grandes empresas, assim como não são aceitos por editores e revisores de periódicos científicos. Portanto, faz parte do processo de formação profissional de um engenheiro o desenvolvimento da aptidão para a elaboração de textos técnicos e a documentação de projetos de engenharia. O objetivo dos trabalhos preparatórios e dos relatórios de aulas práticas é justamente familiarizar o aluno de graduação com a redação técnica.

Cada tipo de texto, seja ele um artigo para um periódico científico, um relatório técnico previsto no cronograma ou uma documentação de projeto, apresenta características próprias e deve seguir as normas estabelecidas para sua elaboração. No presente texto, serão apresentadas as normas para a elaboração dos trabalhos preparatórios das aulas práticas de eletrônica. Essas normas seguem a maioria dos padrões usualmente utilizados em textos técnicos em geral. Além das normas, o presente texto também apresenta algumas dicas de como documentar projetos adequadamente, como montar tabelas bem organizadas e de fácil leitura e como apresentar resultados em gráficos.

Esperamos que as informações contidas neste texto sejam úteis para que o aluno não apenas consiga elaborar bons trabalhos preparatórios de aulas práticas, mas também se torne um profissional com competência para documentar e expor suas ideias com qualidade e de maneira precisa e eficiente.

II – ORGANIZAÇÃO GERAL DO TEXTO

O texto dos trabalhos preparatórios das aulas práticas de eletrônica deve ser organizado da seguinte forma:

- Uma seção de introdução, apresentando os objetivos e o que será realizado na aula prática. A finalidade da seção de introdução é descrever resumidamente o assunto de que trata o texto, para que o leitor possa decidir se vale a pena ler integralmente o texto em questão.
- Uma seção dedicada aos fundamentos teóricos relativos ao assunto da aula prática considerada. Essa seção deverá conter uma apresentação concisa dos tópicos de teoria que são pedidos no Guia de Laboratório. A presença de uma seção de fundamentos teóricos no trabalho preparatório tem o objetivo servir como referência para que o aluno possa comparar o que é previsto pela teoria com os resultados obtidos por simulação ou por medidas experimentais.
- Uma seção dedicada à apresentação da análise e/ou projeto do circuito que será objeto de estudo da aula prática em questão. Dicas de como documentar adequadamente um projeto serão apresentadas na Seção III.
- Uma seção contendo os resultados obtidos através de simulação (os resultados experimentais deverão ser apresentados em um formulário separado). Na Seção IV, serão apresentadas algumas dicas de como apresentar resultados em gráficos e tabelas de maneira adequada e profissional.
- Por fim, o texto deverá ter uma seção de conclusões, onde o aluno deverá comparar os resultados obtidos por simulação com as previsões teóricas apresentadas na seção de fundamentos teóricos. Os comentários e conclusões relativos à comparação desses resultados com aqueles obtidos experimentalmente deverão constar no formulário de laboratório.

O texto do trabalho preparatório deverá ser escrito à mão em folhas de papel tamanho A4 sem pauta. Além disso, o trabalho deverá ser entregue com uma folha de rosto, onde o aluno deverá escrever à mão o título da experiência e os nomes dos integrantes do grupo. A folha de rosto é apresentada na última página deste documento.

Juntamente com o texto do trabalho preparatório, o aluno deverá anexar os gráficos com os resultados de simulação. Estes deverão ser impressos também em folhas de papel tamanho A4, seguindo o padrão de apresentação descrito na Seção III.

Depois das páginas contendo os gráficos obtidos por simulação, o documento deverá conter as páginas do formulário de laboratório devidamente preenchidas, incluindo os resultados experimentais e os respectivos comentários e conclusões.

III – DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO

A documentação do projeto de um circuito deve começar com a apresentação do diagrama esquemático do circuito a ser projetado. Nesse esquema, cada componente deve ser identificado individualmente, com o objetivo de serem referenciados no texto.

As especificações de projeto também devem ser apresentadas no início da documentação, para que o leitor consiga compreender os objetivos do projeto.

Na documentação, o projetista deve também incluir todas as expressões, fórmulas e equações adotadas nos cálculos do projeto. No caso específico dos trabalhos preparatórios de aulas práticas, o aluno deverá também apresentar a dedução de tais equações ou fazer referência à seção de fundamentos teóricos, quando esta apresenta as deduções. Em textos técnicos e científicos, quando as equações empregadas nos cálculos de projeto são bastante conhecidas e estão registradas em livros ou artigos, as deduções teóricas devem ser omitidas e os textos que contêm as deduções de tais equações devem ser citados como referência. Assim, o texto se torna mais conciso e o leitor não perde o foco do que está sendo documentado. Deduções teóricas longas, quando necessárias, são normalmente apresentadas em apêndices, justamente para não desviar o foco do leitor.

Fórmulas e equações relevantes para o projeto devem ser identificadas no texto através de uma numeração, para permitir que sejam referenciadas no texto. Por exemplo:

$$I_C = I_S \cdot e^{V_{BE}/V_T}. \quad (1)$$

Assim, podemos fazer referência à (1) dessa forma.

Após a apresentação do circuito a ser projetado, das especificações de projeto e das equações necessárias aos cálculos de dimensionamento, o projetista deverá descrever detalhadamente o seu projeto. Muitos alunos simplesmente apresentam vários cálculos sem explicar qual foi o caminho seguido para resolver o problema de dimensionamento do circuito e o que foi calculado em cada passo. Essa, obviamente, não é a maneira correta de se documentar um projeto, pois o próprio projetista pode não entender o que ele mesmo fez se vier a ler a documentação algum tempo depois. Lembre-se: um dos principais objetivos da documentação de um projeto de engenharia é que qualquer outro engenheiro ou técnico seja capaz de reproduzir ou fazer modificações no projeto.

Em geral, o conjunto de especificações de projeto não são suficientes para calcular univocamente cada um dos componentes de um dado circuito. Nesses casos, o projetista deve arbitrar alguns parâmetros. Dessa forma, sempre que for necessário arbitrar algo, o projetista deve deixar bem claro no texto o que foi arbitrado. Também é desejável que o projetista descreva brevemente as razões que o levaram a escolher os valores arbitrados.

Por fim, uma boa prática de documentação de projetos consiste em apresentar uma tabela contendo os valores comerciais atribuídos a cada um dos componentes dimensionados. Um exemplo desse tipo de tabela é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Exemplo de apresentação dos valores dimensionados para os componentes de um amplificador em emissor comum.

Resistores	Valores (kΩ)
R ₁	18
R ₂	39
R _C	1,5
R _E	1,0
Capacitores	Valores (μF)
C _B	10
C _C	15
C _E	220

IV – APRESENTAÇÃO DE GRÁFICOS E TABELAS

A apresentação de resultados obtidos tanto por simulações, como também experimentalmente, são normalmente apresentados em gráficos e em tabelas para facilitar sua leitura. As informações contidas em gráficos e em tabelas, juntamente com as suas respectivas legendas, devem ser autossuficientes, de modo que o leitor seja capaz de compreendê-las sem ter que ler o texto.

Tabelas com resultados medidos devem ser usadas quando a quantidade de valores é pequena, como as tensões e correntes de polarização de um circuito, frequência de corte de um filtro, produto ganho-banda passante de um amplificador, potência dissipada, etc. Quando uma determinada grandeza é medida várias vezes para diferentes casos de operação do circuito – como, por exemplo, a corrente de polarização em um transistor submetido a diferentes temperaturas, a distorção harmônica do sinal de saída de um amplificador para diferentes amplitudes do sinal de entrada, etc. –, é mais adequado apresentar os resultados na forma gráfica. Todos os valores apresentados, seja em tabelas ou em gráficos, devem obrigatoriamente vir acompanhados da unidade de medida em que eles estão expressos.

Em tabelas, os parâmetros medidos devem ser identificados na coluna da esquerda, enquanto que os valores medidos para esses parâmetros devem ser dispostos à direita. Essa regra se deve ao fato de que temos o costume de fazer a leitura da esquerda para a direita. Portanto, ao ler a tabela, primeiramente devemos ler o que foi medido e depois o valor que foi obtido da medição.

Na organização das informações em tabelas, é uma boa prática dispor informações semelhantes ou correlacionadas próximas umas das outras. Lembre-se: toda informação é mais bem compreendida quando ela é apresentada onde o leitor espera encontrá-la.

Como exemplos de tabela, temos a Tabela 1, apresentada anteriormente, e a Tabela 2, apresentada a seguir.

Tabela 2 - Exemplo de tabela com medidas do ponto de polarização DC de um amplificador.

Polarização DC	Previsão Teórica	Valor Simulado
I_{C1} (mA)	2,0	1,87
I_{C2} (mA)	1,0	0,95
V_{CE1} (V)	5,0	5,20
V_{CE2} (V)	4,0	4,13

No que se refere a gráficos, existem diferentes maneiras de apresentar informações nesse formato. Usualmente, em textos técnicos e científicos, gráficos cartesianos usando linhas são empregados quando tanto a variável independente, como também a dependente, são numéricas e contínuas. Gráficos de barras são normalmente adotados quando apenas a variável dependente é numérica ou quando a variável independente apresenta apenas valores numéricos discretos. Um exemplo seria um gráfico mostrando o rendimento de um determinado fundo de investimento a cada mês do ano. Finalmente, os diagramas de pizza são normalmente empregados para mostrar proporções.

Todo gráfico deve vir acompanhado de uma legenda descrevendo quais informações estão contidas no gráfico. Os eixos do gráfico também devem apresentar uma legenda identificando a variável que está sendo apresentada, bem como sua unidade de medida. Os eixos também devem mostrar sua escala, deixando claro se a escala empregada é linear ou logarítmica. É importante escolher um tamanho de fonte adequado para as legendas e para as escalas de modo que elas sejam visíveis para o leitor.

Grades também são bastante úteis para a visualização do gráfico. Gráficos totalmente sem grades devem ser evitados, mas deve-se também evitar o emprego de grades muito densas, porque, ao invés de facilitar, elas vão dificultar a visualização. Na Figura 1, o mesmo gráfico de resposta em frequência é apresentado com e sem grades. Nota-se que no gráfico com grades fica muito mais fácil para o leitor verificar que a escala do eixo horizontal é logarítmica. Além disso, fica muito difícil observar que a frequência de corte ocorre em 1,0 kHz no gráfico sem grade.

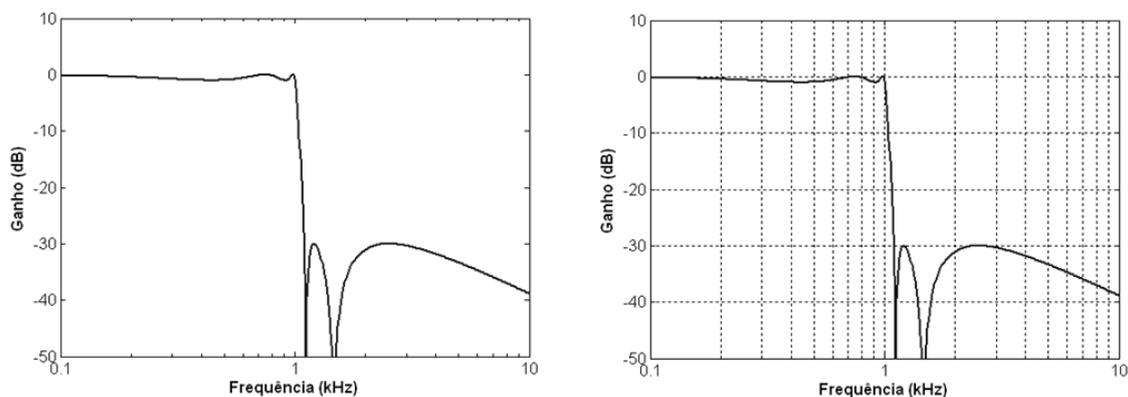


Figura 1 - Exemplos de gráficos com e sem grade.

Quando for necessário apresentar mais de uma curva em um mesmo gráfico, a figura deverá identificar de maneira bastante clara cada uma das curvas. Usualmente, são empregados três recursos para fazer essa identificação. Quando for possível a impressão colorida do documento, cada curva é grafada com uma cor diferente e uma legenda de cores é adicionada ao gráfico para identificá-las, conforme mostrado na Figura 2.

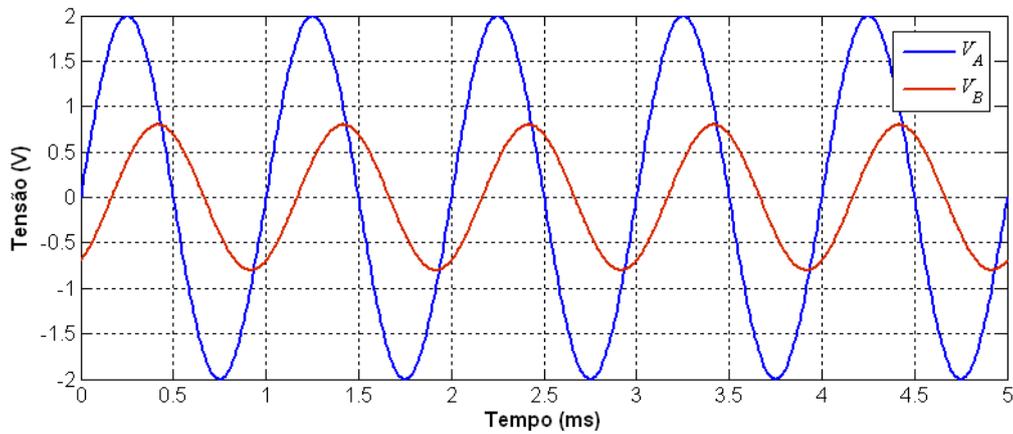


Figura 2 - Exemplo de gráfico com múltiplas curvas identificadas por cores.

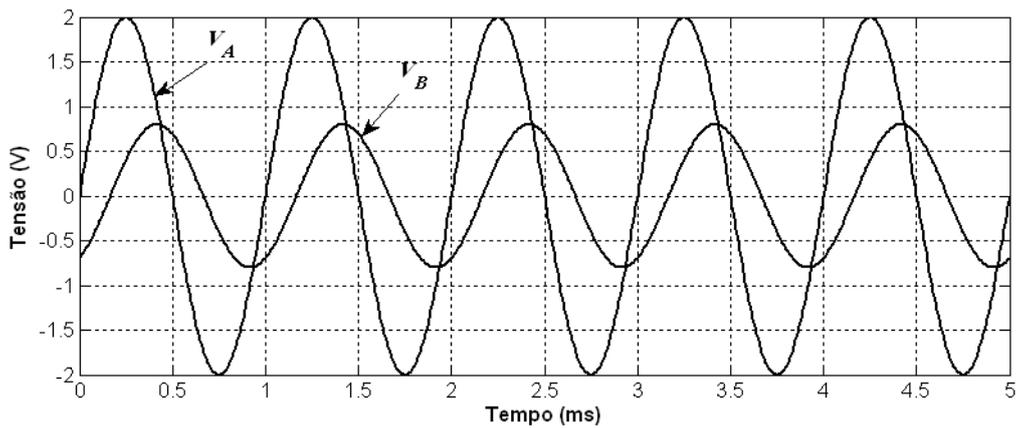


Figura 3 - Exemplo de gráfico onde as diferentes curvas são identificadas por setas contendo rótulos.

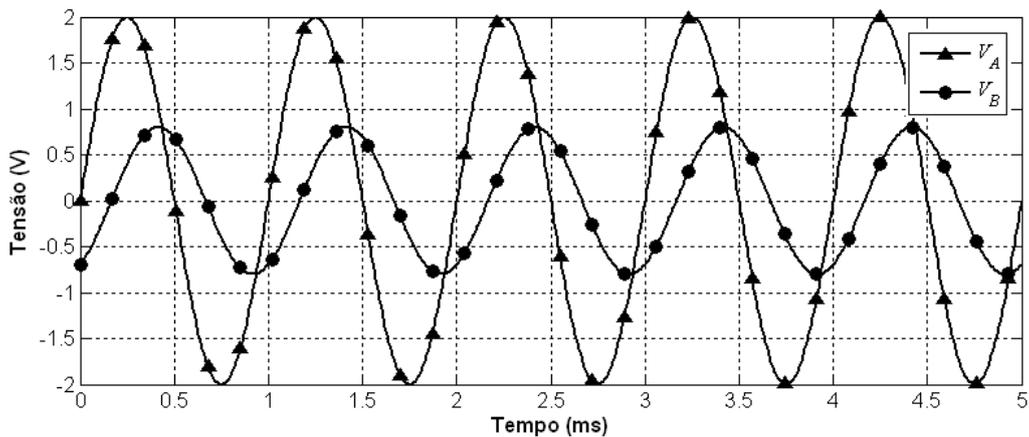


Figura 4 - Exemplo de gráfico onde as diferentes curvas são identificadas por marcadores com diferentes formas geométricas.

Entretanto, em virtude dos custos mais elevados da impressão colorida, muitas publicações são feitas sem cores. Dessa forma, as diferentes curvas são identificadas

escrevendo-se seus nomes diretamente no gráfico, incluindo uma seta que aponta para a curva correspondente, conforme mostrado no exemplo da Figura 3. Uma alternativa muito comum é usar marcadores com diferentes formas geométricas, distribuídos uniformemente ao longo das curvas, conforme mostrado no exemplo da Figura 4.

Independentemente da forma como as diferentes curvas são identificadas no gráfico, deve-se evitar a apresentação de gráficos contendo um número exageradamente grande de curvas, a ponto de prejudicar a visualização das mesmas. Quando o número de curvas que se deseja comparar for muito grande, é melhor separá-las em diferentes gráficos com as mesmas escalas, posicionados bem próximos uns dos outros.

Como o objetivo de muitos ensaios experimentais é comparar os resultados medidos com as previsões teóricas, é muito comum apresentar em um mesmo gráfico a curva prevista teoricamente ou obtida por simulação – o que não deixa de ser também uma previsão teórica – juntamente com a curva obtida a partir das medições experimentais. Nas curvas obtidas a partir de medidas tomadas experimentalmente, os pontos medidos devem ser identificados na curva através do uso de marcadores, conforme mostrado no exemplo da Figura 5.

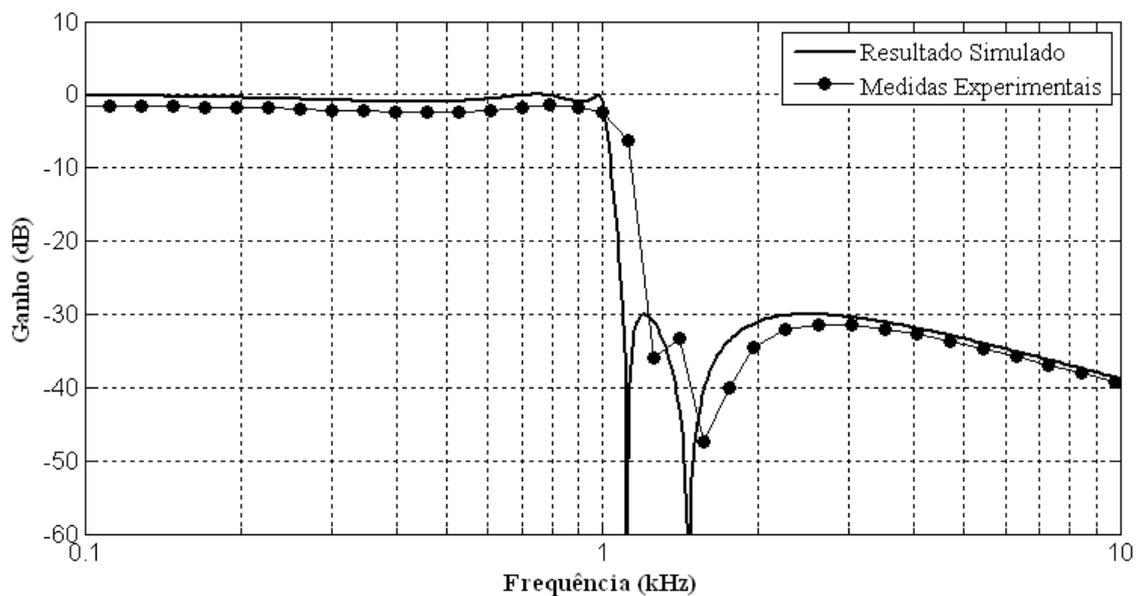


Figura 5 - Exemplo de gráfico comparando uma curva obtida teoricamente, com outra contendo pontos medidos experimentalmente.

Em gráficos apresentados com escalas não lineares, a prática mais comum é selecionar adequadamente os pontos das medições experimentais de modo que eles apareçam uniformemente espaçados no gráfico. Na Figura 5, por exemplo, o eixo horizontal é apresentado em escala logarítmica. Dessa forma, as medidas experimentais devem ser tomadas em frequências com espaçamento geometricamente uniforme, ou seja, cada frequência de medição deve ser igual à frequência anterior multiplicada por um fator fixo, ao invés de ser igual à anterior somada a um passo fixo.

Deve-se também apresentar gráficos livres de informações inúteis para o leitor, como, por exemplo, menus e rótulos de simuladores. Nas Figuras 6 e 7 são apresentados dois exemplos de gráficos retirados diretamente de simuladores e apresentados inade-

quadamente, onde podem ser vistos menus e outras informações do simulador que nada têm a ver com os resultados que devem ser o foco da atenção do leitor. Além disso, os gráficos das Figuras 6 e 7 não possuem legendas nos eixos verticais de modo a identificar que variável foi apresentada, além de não apresentarem nenhuma legenda identificando as diferentes curvas traçadas. As escalas também são apresentadas com uma fonte exageradamente pequena na Figura 6, dificultando a sua leitura. Infelizmente, gráficos como os das Figuras 6 e 7 são frequentes em trabalhos preparatórios de aulas práticas. Entretanto, tal modo de apresentação não é tolerado em textos profissionais.

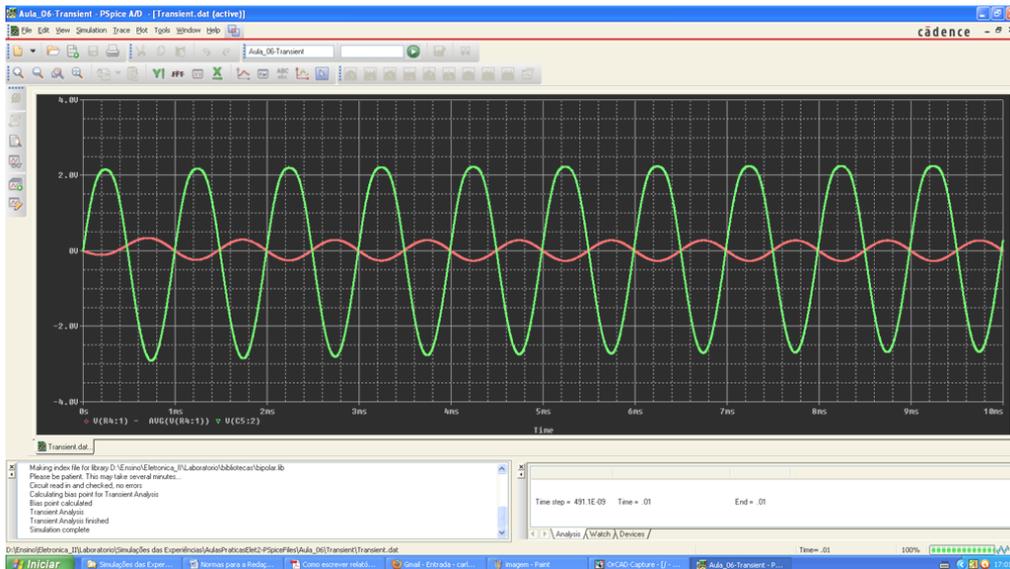


Figura 6 - Gráfico obtido por simulação e apresentado de forma extremamente inadequada.

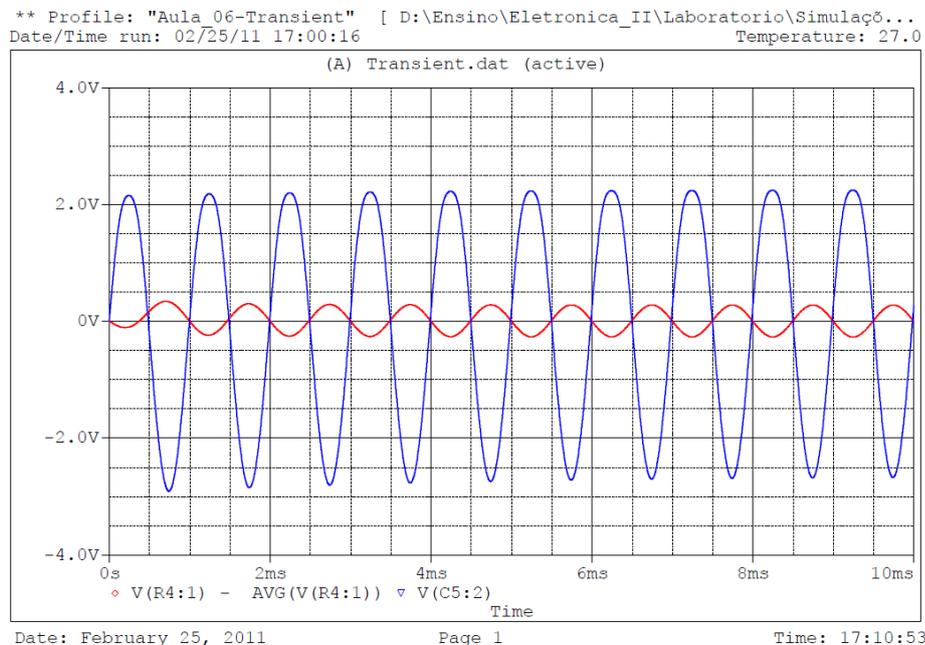


Figura 7 - Outro gráfico retirado de um simulador e apresentado de forma inadequada.

Os gráficos com os resultados obtidos nas simulações pedidas no trabalho preparatório das aulas práticas deverão ser apresentados seguindo o formato recomendado nesta seção. Como o texto do trabalho preparatório deve ser redigido à mão, os gráficos

deverão ser impressos em páginas separadas, que deverão ser anexadas às páginas do texto. Com o objetivo de evitar um número excessivo de páginas no trabalho preparatório, inclua mais de um gráfico em uma mesma página – tal como foi feito com os gráficos das Figuras 2, 3 e 4 –, tomando cuidado para que todas as escalas e legendas estejam grandes o suficiente para serem lidas.

V - CONCLUSÕES

O objetivo de um experimento não é simplesmente observar o funcionamento de um circuito e realizar a tomada de dados. A interpretação dos dados por parte do autor do experimento também faz parte do processo.

Nas aulas práticas de eletrônica, o principal objetivo dos experimentos é aprofundar o conhecimento da teoria a partir da verificação experimental do funcionamento dos circuitos. Com o conhecimento teórico ensinado em sala de aula, é possível apenas prever razoavelmente o comportamento dos circuitos eletrônicos, empregando modelos aproximados. Os simuladores também realizam uma previsão aproximada do comportamento dos circuitos, com a diferença de que os modelos adotados pelos simuladores são mais precisos e complexos, conduzindo a resultados que se aproximam da realidade com uma margem de erro menor. Nas aulas práticas onde o aluno deve projetar o circuito em estudo, o uso de um simulador pode servir como um meio de o aluno verificar se o projeto foi executado corretamente antes de montar o circuito na bancada.

Nesse contexto, ao realizar o trabalho preparatório de uma aula prática, o aluno estará realizando uma estimativa teórica de como o circuito em estudo irá se comportar na prática. Por essa razão, ao realizar as medições em laboratório, é necessário que o aluno tenha em mãos os resultados de seus cálculos teóricos, como também os resultados obtidos por simulação. Assim, ele será capaz de inferir, durante a realização do experimento, se os dados obtidos a partir das medições estão coerentes com as previsões teóricas. Ao confrontar o comportamento previsto com os resultados experimentais, o aluno pode, inclusive, identificar a ocorrência de algum erro durante a montagem do circuito ou na tomada de medidas quando discrepâncias grosseiras forem observadas.

O emprego de simuladores computacionais para prever o comportamento de circuitos eletrônicos é um procedimento bastante válido. Entretanto, o aluno deve ter em mente que os modelos empregados pelos simuladores são aproximações da realidade – embora bem mais precisas que os modelos adotados em cálculos manuais – e que os componentes utilizados são ideais, absolutamente precisos e totalmente livres de interferências externas. Essas diferenças resultam em discrepâncias verificadas nas medidas experimentais. Além disso, deve-se ter em mente que muitos modelos utilizados por simuladores não são capazes de modelar todos os possíveis modos de operação dos componentes eletrônicos. Um exemplo disso são os modelos Spice de transistores bipolares que não modelam a ruptura (*breakdown*) das junções base-coletor e base-emissor.

Portanto, ao realizar um experimento, é esperado que os dados obtidos a partir das medidas experimentais sejam confrontados com as previsões teóricas, de onde se espera

que sejam tomadas conclusões. Um estudante de engenharia deve ser capaz de não apenas observar o comportamento de um circuito, mas também de entender seu comportamento a partir dos conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas.

O circuito funcionou conforme o esperado? As discrepâncias verificadas estão de acordo com as tolerâncias dos valores nominais dos componentes do circuito? As tensões e correntes aplicadas assumem valores aceitáveis para as aproximações feitas? Qual a razão daquela alteração na forma de onda medida? Por que ocorreu aquele pico de tensão? Para responder a essas perguntas, é de vital importância que o autor do experimento tenha em mãos as expressões analíticas que modelam aproximadamente o comportamento do circuito – as quais são normalmente apresentadas na seção de fundamentos teóricos. São justamente essas expressões analíticas que informam quais são os elementos do circuito que interferem em cada um dos parâmetros de desempenho avaliados. A partir dessas expressões analíticas, pode-se inferir se a discrepância verificada em alguma medida está de acordo com a tolerância dos valores nominais dos componentes empregados e qual é o componente do circuito que mais influencia nos resultados observados. Conclusões fundamentadas em modelos teóricos fazem a diferença entre um experimento realizado mecanicamente e um experimento que serviu para o aluno realmente aprender algo que vai além do que foi visto em sala de aula.

Esperamos que as dicas apresentadas neste documento sirvam para auxiliá-lo não apenas na confecção de bons trabalhos preparatórios e relatórios de aulas práticas de eletrônica, mas também lhe sejam úteis para a redação de relatórios técnicos e artigos científicos durante toda a sua vida profissional como engenheiro.

VI – REFERÊNCIAS

- [1] QUEIROZ, A. C. Moreirão de. *Como escrever relatórios de eletrônica*. Disponível em <http://www.coe.ufrj.br/~acmq/cursos/comorel.pdf>.
- [2] LI, Victor O. K. “Hints on writing technical papers and making presentations”, *IEEE Transactions on Education*, v. 42, n. 2, pp. 134-137, May 1999.
- [3] GOPEN, George D. and SWAN, Judith A. “The science of scientific writing”, *American Scientist*, v. 78, pp. 550-558, Nov-Dec. 1990.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
Departamento de Engenharia Eletrônica e Computação
EEL410 – Laboratório de Eletrônica II

Título da Aula Prática

--

Data:

Turma:

Nomes:

Nota do Preparatório:	
Nota do Relatório:	
Erros de Português:	
Nota da Experiência:	