

Future School, BUPT

现代信号处理 | 综合示范文档



示范项目：模板工程化与全功能演示

LaTeX 实验报告模板

学生姓名 王嘉然

学 号 2023212666

专业班级 23 级

指导教师 教授

提交日期 2026 年 1 月 12 日

摘要

本文给出一个“全功能开关”的 L^AT_EX 综合示范文档，覆盖封面、目录、图表、算法、代码、数学定理、附录与可选的参考文献、术语表、索引、批注和水印。示例以数字信号处理为背景，展示模块化结构与统一风格，强调可维护性与可扩展性。文中通过交叉引用、可重复使用的盒子环境以及多种排版元素，构成一份可直接复用的复杂报告样例。本文同时给出编译流程提示，便于将模板迁移到不同课程或项目。

关键词：综合示范；模块化模板；算法与代码；图表与电路；术语表与参考文献

目录

摘要	I
I 1 示例文档导览	1
I 1.1 编译与流程	1
I 2 数学与定理环境	1
I 3 算法与代码	2
I 4 表格与图像	4
I 5 电路图 (circuitikz)	5
I 6 绘图 (pgfplots)	5
A 附录：补充材料与整页插图	5
I A.1 符号与参数补充表	5
术语表	7
缩略语表	7
索引	8
参考文献	9

I 1 示例文档导览

提示

本示例以“开关式模块化”为核心：在‘tex/meta.tex’中集中控制算法、代码高亮、参考文献、术语表、索引、批注与水印等功能，主文档保持干净稳定。

注意

若启用‘minted’，编译需加入‘-shell-escape’；使用‘biblatex’需要biber；术语表与缩略语需运行‘makeglossaries’。详情可参考<https://ctan.org/pkg/minted>与<https://ctan.org/pkg/glossaries>。

警告

水印用于草稿流转，最终提交前请将“关闭”，避免正式文档出现“DRAFT”。

本示例围绕数字信号处理场景组织内容，通过第2节、第3节、第4节、第5节与第6节展示数学、算法、表格、图像、电路与绘图模块的协同工作，并以交叉引用确保一致性。示例中用48 kHz和3.3 kHz标注参数，展示‘siunitx’的规范单位写法。

模板示例引用了经典文献[1], [2], [3]，展示自动编号与参考文献列表。术语示例：DFT、FFT、奈奎斯特采样定理、PSD；缩略语示例：模数转换器(ADC)、信噪比(SNR)、线性时不变系统(LTI)。关键术语索引：数字信号处理、频谱分析、窗函数、采样定理。

I 1.1 编译与流程

- 先运行一次编译生成辅助文件，再执行biber与makeglossaries，最后二次编译更新引用与索引。
- 图表与公式统一用\cref引用，避免手动编号出错，见式(2.2), 算法1, 表4.1, and图4.1 and 6.1。
- 若需要快速关闭某模块，仅需切换‘tex/meta.tex’中的布尔开关。

I 2 数学与定理环境

定义 2.1 ▶ 离散时间卷积

给定序列 $x[n]$ 与 $h[n]$ ，离散时间卷积定义为

$$y[n] = \sum_{m=0}^{M-1} h[m]x[n-m]. \quad (2.1)$$

该式为后续滤波器分析的基础，亦可与式(2.2)对比理解频域乘法关系。

定义 2.2 ▶ 离散傅里叶变换

对长度为 N 的序列 $x[n]$, 其 DFT 与 IDFT 表达式为

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{-j\frac{2\pi}{N}nk}, \quad (2.2)$$

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k]e^{j\frac{2\pi}{N}nk}. \quad (2.3)$$

定理 2.1 | 采样定理

若连续时间信号的最高频率为 f_{\max} , 则采样频率需满足 $f_s \geq 2f_{\max}$ 才能无失真重建。

证明: 在频域中, 采样相当于频谱周期延拓。若 $f_s < 2f_{\max}$, 频谱会发生重叠, 导致混叠无法恢复原信号。 \square

为展示分段函数与矩阵排版, 定义一个有限长低通脉冲响应:

$$h[n] = \begin{cases} \frac{\sin(\omega_c n)}{\omega_c \pi n}, & n \neq 0, \\ \frac{1}{\pi}, & n = 0. \end{cases} \quad (2.4)$$

并写作矩阵形式 $\mathbf{X} = \mathbf{F}\mathbf{x}$, 其中

$$\mathbf{F} = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ 1 & \omega & \omega^2 & \cdots & \omega^{N-1} \\ 1 & \omega^2 & \omega^4 & \cdots & \omega^{2(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \omega^{N-1} & \omega^{2(N-1)} & \cdots & \omega^{(N-1)^2} \end{bmatrix}.$$

相关系统分析与采样讨论可参考 [2], [4]。术语示例: 奈奎斯特采样定理、LTI、量化。关键术语: 卷积、离散傅里叶变换、采样定理、混叠。

I 3 算法与代码

FFT 算法与快速卷积的经典描述可参考 [3], [5]。术语示例: FFT、DFT、FIR。关键术语: 重叠保存法、FFT、卷积。

算法 1: 重叠保存法快速卷积

Input: 输入序列 $x[n]$, FIR 滤波器 $h[n]$, 块长 L **Output:** 输出序列 $y[n]$

- 1 $N \leftarrow \text{length}(h)$, $P \leftarrow L + N - 1$
 - 2 $H \leftarrow \text{FFT}(h, P)$
 - 3 将 $x[n]$ 分为重叠长度为 $N - 1$ 的块序列 // 首块补零
 - 4 **for** $b \leftarrow 0$ **to** $B - 1$ **do**
 - 5 取块向量 x_b 并补零到长度 P
 - 6 $X \leftarrow \text{FFT}(x_b, P)$
 - 7 $Y \leftarrow X \odot H$ // 频域逐点乘法
 - 8 $y_b \leftarrow \text{IFFT}(Y)$
 - 9 丢弃前 $N - 1$ 点, 将后 L 点拼接到输出
-



overlap_save.py

```

1 import numpy as np
2
3 def overlap_save(x, h, block_len):
4     n = len(h)
5     p = block_len + n - 1
6     h_fft = np.fft.fft(h, p)
7     x = np.concatenate([np.zeros(n - 1), x])
8
9     out = []
10    step = block_len
11    for i in range(0, len(x) - (n - 1), step):
12        block = x[i:i + p]
13        if len(block) < p:
14            block = np.pad(block, (0, p - len(block)))
15        y = np.fft.ifft(np.fft.fft(block) * h_fft)
16        out.append(y[n - 1:n - 1 + block_len])
17    return np.concatenate(out).real

```



window.c

```

1 #include <math.h>
2
3 void hann_window(double *w, int n) {
4     const double two_pi = 2.0 * M_PI;
5     for (int i = 0; i < n; ++i) {
6         w[i] = 0.5 - 0.5 * cos(two_pi * i / (n - 1));
7     }
8 }

```

I 4 表格与图像

表格建议统一使用 ‘booktabs’ 与 ‘threeparttable’，并通过 ‘xcolor’ 强调表头。表 4.1 and 4.2 展示了规格表与窗函数对比，图 4.1 展示了位图与矢量图并排排版。

表 4.1 滤波器设计规格

参数	数值	单位	说明
采样率 f_s	48	kHz	音频处理常见采样率
通带边缘 f_p	3.0	kHz	通带纹波 $\leq 1 \text{ dB}$
阻带边缘 f_s	4.0	kHz	阻带衰减 $\geq 60 \text{ dB}$
过渡带宽 Δf	1.0	kHz	由规格推导

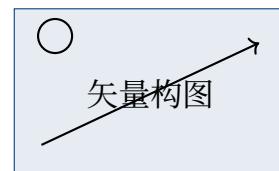
表 4.2 窗函数对比

窗函数	主瓣宽度	最大旁瓣	典型用途
Rect	窄	高	快速粗略分析
Hann	中等	-31.5 dB	频谱估计
Hamming	中等	-42.7 dB	滤波器设计
Blackman	宽	-58 dB	高抑制需求

注：旁瓣衰减为近似值，实际结果与长度和零填充策略有关。



(a) 位图示意



(b) 矢量示意

图 4.1 图像与矢量元素并排排版

I 5 电路图 (circuitikz)

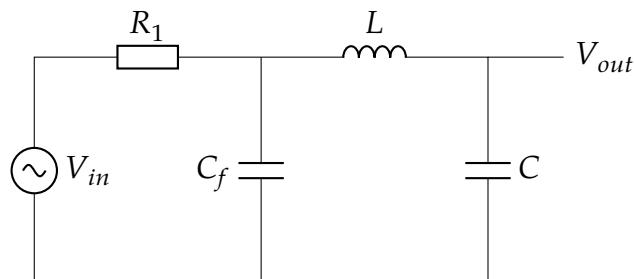
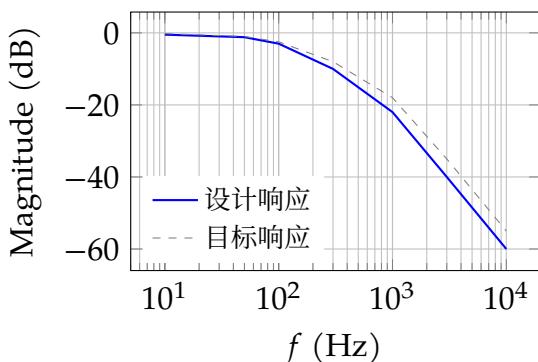


图 5.1 RLC 低通滤波器示意

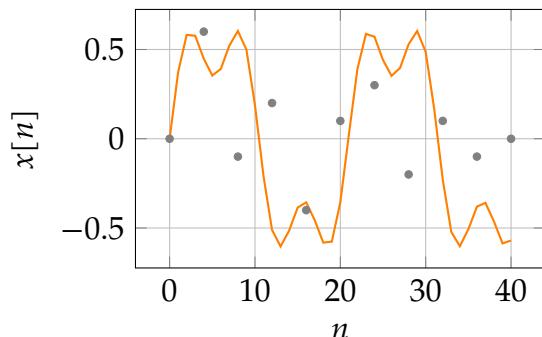
提示

该电路的标称截止频率可近似写为 $\omega_c \approx 1/\sqrt{LC}$, 用于说明电路参数与频率响应之间的关系。

I 6 绘图 (pgfplots)



(a) 幅频响应



(b) 时域样本

图 6.1 pgfplots 绘图示例

A 附录：补充材料与整页插图

提示

附录适合放置原始数据、完整推导或整页截图。若存在外部 PDF, 可直接整页插入。

注意

未检测到 ‘appendix.pdf’，请将外部材料放到项目根目录后再启用整页插入。

I A.1 符号与参数补充表

表 A.1 符号说明

符号	含义
N	DFT 点数
L	分块长度
f_s	采样频率
ω_c	截止角频率

术语表

DFT 离散傅里叶变换. [1](#), [2](#)

FFT 快速傅里叶变换. [1](#), [2](#)

FIR 有限长单位冲激响应滤波器. [2](#)

PSD 功率谱密度. [1](#)

奈奎斯特采样定理 采样频率不低于信号最高频率两倍时可无失真重建. [1](#), [2](#)

量化 将连续幅值映射为离散电平码. [2](#)

缩略语表

ADC 模数转换器. [1](#)

LTI 线性时不变系统. [1](#), [2](#)

SNR 信噪比. [1](#)

索引

F

FFT 2

漢字

卷积 2

数字信号处理 1

混叠 2
离散傅里叶变换 2
窗函数 1
采样定理 1, 2
重叠保存法 2
频谱分析 1

参考文献

- [1] D. E. Knuth, *The TeXbook*. Addison-Wesley, 1984.
- [2] A. V. Oppenheim and R. W. Schafer, *Discrete-Time Signal Processing*, 3rd ed. Pearson, 2010.
- [3] J. W. Cooley and J. W. Tukey, "An algorithm for the machine calculation of complex fourier series," *Mathematics of Computation*, vol. 19, no. 90, pp. 297–301, 1965.
- [4] H. Nyquist, "Certain topics in telegraph transmission theory," *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, vol. 47, pp. 617–644, 1928.
- [5] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications*, 4th ed. Pearson, 2007.