

密 级 \_\_\_\_\_



桂林电子科技大学  
GUILIN UNIVERSITY OF ELECTRONIC TECHNOLOGY

# 硕士 学位 论文

题目 基于嵌入式散热模块的微通道散热技术研究

(英文) Research on microchannel heat dissipation technology

based on embedded heat dissipation module

研 究 生 学 号: 2020XXX

研 究 生 姓 名: 燮铭

指导教师姓名、职称: 李某某 教授

申 请 学 位 门 类: 工学硕士

学 科、专 业: 机械工程

论 文 答 辩 日 期: 2024 年 4 月 5 日

## 独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢中所罗列的内容以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果；也不包含为获得桂林电子科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

本人签名： 日期：

## 关于论文使用授权的说明

本人完全了解桂林电子科技大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属桂林电子科技大学。本人保证毕业离校后，结合学位论文研究成果完成的论文、发明专利等成果，署名单位仍然为桂林电子科技大学。学校有权保留递交论文的复印件，允许查阅和借阅论文；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存论文。（保密的论文在解密后遵守此规定）

本人签名： 日期：

导师签名： 日期：

## 摘要

LaTeX 利用设置好的模板，可以编译为格式统一的 pdf。目前国内大多出版社与高校仍在使用 word，word 由于其强大的功能与灵活性，在新手面对形式固定的论文时，排版、编号、参考文献等简单事务反而会带来很多困难与麻烦，对于一些需要通篇修改的问题，要想达到 LaTeX 的效率，对 word 使用者来说需要具有较高的技能水平。

为了能把主要精力放在论文撰写上，许多国际期刊和高校都支持 LaTeX 的撰写与提交，新手不需要关心格式问题，只需要按部就班的使用少数符号标签，即可得到符合要求的文档。且在需要全篇格式修改时，更换或修改模板文件，即可直接重新编译为新的样式文档，这对于 word 新手使用 word 的感受来说是不可思议的。此项目提供用于排版桂林电子科技大学本硕博(非全，在职)毕业论文(设计)LaTeX 模板类，旨在帮助桂林电子科技大学的毕业生高效地完成毕业论文的写作。

**关键词：**桂林电子科技大学；本硕博学位论文；LaTeX 模板类

## ABSTRACT

LaTeX can be compiled into a pdf of uniform format using the set template. At present, most domestic publishers and universities still use word. Because of its powerful function and flexibility, when faced with fixed-form papers by novices, simple matters such as typesetting, numbering, and reference documents will bring many difficulties and troubles. For some problems that need to be modified throughout, to achieve the efficiency of LaTeX, it requires a high level of skill for word users.

In order to focus on the writing of papers, many international journals and universities support the writing and submission of LaTeX. Novices don't need to care about formatting issues. They only need to use a few symbolic labels step by step to get the documents that meet the requirements. And when you need to modify the entire format, you can directly recompile the template file by replacing or modifying the template file. This is incredible for the word novice to use the word.

This project provides the LaTeX template class for typesetting the graduation thesis (design) of Guilin University of Electronic Science and Technology, aiming to help graduates of Guilin University of Electronic Science and Technology efficiently complete the writing of their graduation thesis.

**Keywords:** GUET; Common template; L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X;

## 插图索引

图 2-1 处理器发展 .....	3
图 2-2 三种强化传热途径示意图 .....	4

## 插表索引

表 3-1 微通道的划分 .....	5
表 3-2 三线表示例 (tabulararray 自定义环境).....	5
表 3-3 RSM 仿真实验规划表 .....	5

## 符号说明

$T_f$	流体温度 ( $K$ )	$f$	流体
$T_s$	固体温度 ( $K$ )	$s$	固体
希腊字符		缩略语	
$\mu_f$	流体动力粘度 ( $kg/(m \cdot s)$ )	PCB	Printed Circuit Board
$\rho_f$	流体密度 ( $kg/m^3$ )	LTCC	Low temperature cofired ceramic
下标		MATD	mean absolute temperature deviation

## 目 录

摘要 .....	I
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>II</b>
符号说明 .....	IV
<b>第一章 关于模板的说明 .....</b>	<b>1</b>
§1.1 如何看本文档 .....	1
§1.2 环境配置与模板参数说明 .....	1
§1.3 节标题示例 .....	1
§1.3.1 小节标题 .....	1
§1.4 参考文献插入示例 .....	1
§1.5 列表示例 .....	1
§1.5.1 纯数字编号 .....	1
§1.5.2 罗马编号 .....	1
§1.5.3 括号编号 .....	2
§1.5.4 半括号编号 .....	2
§1.5.5 小字母编号 .....	2
§1.5.6 自定义编号 .....	2
§1.6 本论文的结构安排 .....	2
<b>第二章 图片示例 .....</b>	<b>3</b>
§2.1 图片排版示例 .....	3
§2.1.1 图片格式 .....	3
§2.1.2 单图排版示例 .....	3
§2.1.3 多图排版示例 .....	3
§2.2 本章小节 .....	4
<b>第三章 表格示例 .....</b>	<b>5</b>
§3.1 普通三线表示例 .....	5
§3.2 跨页表格示例 .....	5
<b>第四章 数学公式示例 .....</b>	<b>7</b>
§4.1 公式示例 .....	7
§4.1.1 普通带序号公式 .....	7
§4.1.2 需要对齐的多个带序号的公式 .....	7
§4.1.3 需要换行对齐的长公式 .....	7
§4.1.4 其他公式示例 .....	8

## 目 录

---

---

§4.2 本章小节 .....	8
<b>第五章 算法与定理的示例 .....</b>	<b>9</b>
§5.1 算法示例 .....	9
§5.2 定理定义示例 .....	9
<b>第六章 全文总结与展望.....</b>	<b>10</b>
§6.1 文字操作 .....	10
§6.2 空白符号 .....	10
§6.3 L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X 控制符 .....	10
§6.4 后续工作展望 .....	10
<b>参考文献 .....</b>	<b>11</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>12</b>
<b>攻读硕士学位期间取得的成果 .....</b>	<b>13</b>

# 第一章 关于模板的说明

## §1.1 如何看本文档

本文档简单介绍了模板的一些基础使用方法，在阅读本文档时，应当将代码与 PDF 文档对照来看，了解各个代码所对应的实现效果。

## §1.2 环境配置与模板参数说明

请详细阅读本项目根目录下的 README.md 文档

## §1.3 节标题示例

### §1.3.1 小节标题

#### 1. 小小节标题

## §1.4 参考文献插入示例

LATEX 插入参考文献只需在\cite{} 中输入文献的 key 即可，如：示例<sup>[1]</sup>。如需插入多个参考文献只需用英文逗号分隔即可，LATEX 会自动进行排序整理文献，如：示例<sup>[1-3]</sup> 实际应用如下：

随着人工智能和第五代移动通信技术等系统技术的发展<sup>[1]</sup>，推动着半导体行业在移动便携设备、高性能计算机、自动驾驶、物联网和大数据等应用领域的发展<sup>[1]</sup>，同时也推动着电子芯片向着小型化和高集成化方向发展快速发展<sup>[1-3]</sup>。……

## §1.5 列表示例

### §1.5.1 纯数字编号

1. XXXXXXXXXX
2. XXXXXXXXXX
3. XXXXXXXXXX

### §1.5.2 罗马编号

- (i) XXXXXXXXXX
- (ii) XXXXXXXXXX
- (iii) XXXXXXXXXX

### §1.5.3 括号编号

- (1) XXXXXXXXXX
- (2) XXXXXXXXXX
- (3) XXXXXXXXXX

### §1.5.4 半括号编号

- 1) XXXXXXXXXX
- 2) XXXXXXXXXX
- 3) XXXXXXXXXX

### §1.5.5 小字母编号

- a) XXXXXXXXXX
- b) XXXXXXXXXX
- c) XXXXXXXXXX

### §1.5.6 自定义编号

步骤一、XXXXXX;  
步骤二、XXXXXX;  
步骤三、XXXXXX;

## §1.6 本论文的结构安排

第一章：绪论。本章主要进行整体说明。

第二章：图片示例。

第三章：表格示例。

第四章：数学公式示例。

第五章：列表、算法、定理、证明插入示例。

第六章：全文总结与展望。本次研究工作进行总结，并根据全文研究过程中……。

## 第二章 图片示例

### §2.1 图片排版示例

**注意：** 使用`\caption[]{}{}` 命令时，如果不需要设置缩写目录的内容，一定要删掉`[]`，否则插图插表索引将不会显示该图或表的目录。

**建议：** 在论文写作时图片位置可以先按照写作时的习惯进行放置，待到完成所有写作内容后再进行详细调整图片位置。

#### §2.1.1 图片格式

`LATEX` 中图片推荐使用 `pdf` 格式。使用 `Origin` 可导出矢量无白边的图片以保证清晰度，其次推荐使用 `jpg`, `png` 格式图片。

为了保证图片的清晰，`jpg` 图片导出时 `ppi` 建议设置为 300, `png` 图片导出时建议宽度设置为 1024 像素（可根据需求自行设置），长度随宽度变化。

#### §2.1.2 单图排版示例

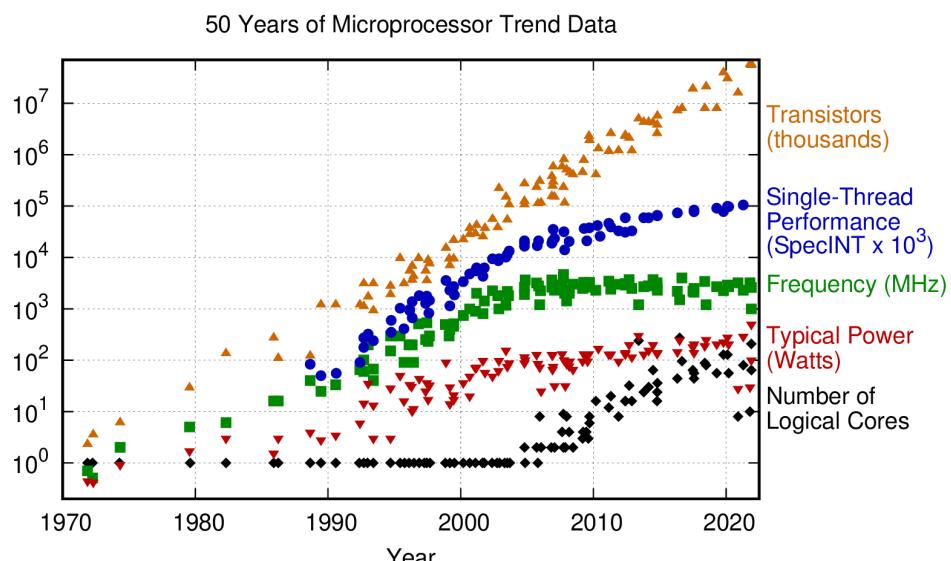


图 2-1 近 50 年微处理器发展趋势

图片引用示例：图 2-1。

#### §2.1.3 多图排版示例

同一行中的子图之间要留有空间，不要占满！否则会自动换行！

子图之间空一行表示换行。

插入子图请使用`\subfloat[]{}{}` 命令。

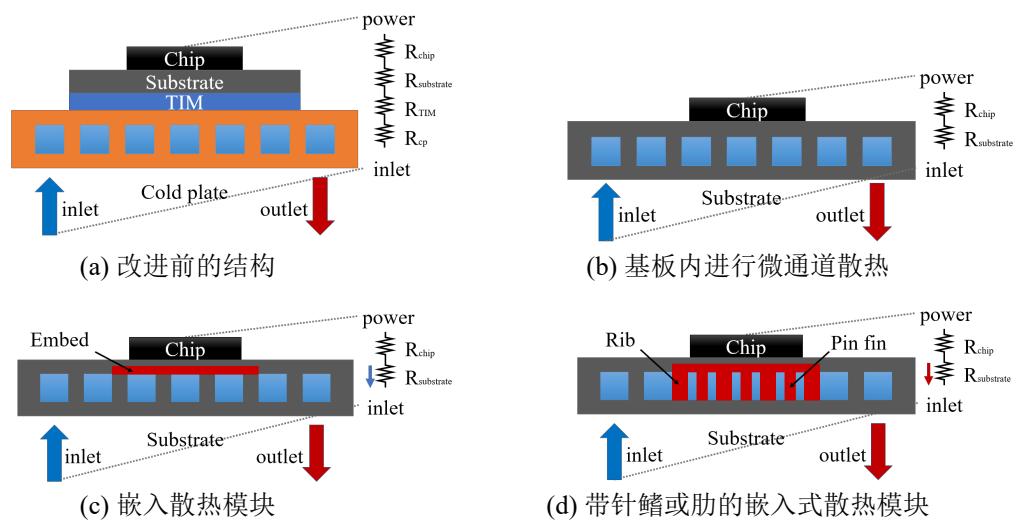


图 2-2 三种强化传热途径示意图

子图引用示例：图 2-2(a)，

整图引用示例：图 2-2。

## §2.2 本章小节

本章介绍了基于嵌入式散热模块的微通道散热技术所涉及的基.....

## 第三章 表格示例

可使用 excel 绘制表格，然后粘贴到以下网站中生成 latex 表格代码，然后再在网站中进行详细调整

推荐网站如下：

<https://www.tablesgenerator.com/>

<https://www.latex-tables.com/>

### §3.1 普通三线表示例

普遍学者认为，微通道指的是水力直径在  $10 \mu\text{m}$  到  $1000 \mu\text{m}$  范围内的通道（也有观点认为是  $1 \mu\text{m}$  到  $100 \mu\text{m}$ ）所构成的换热器。以下是较为常见的微通道尺寸分类，可以参见表 3-1。

表 3-1 微通道的划分<sup>[4]</sup>

通道种类	水力直径 $\mu\text{m}$
分子纳米通道	$\leq 0.1$
过渡性纳米通道	$0.1 \sim 1$
过渡性微通道	$1 \sim 10$
微通道	$10 \sim 1000$
常规通道	$> 1000$

表 3-2 三线表示例 (tabulararray 自定义环境)

表头 1	表头 2
内容 1	内容 2
内容 3	内容 4

### §3.2 跨页表格示例

表 3-3 RSM 仿真实验规划表

标准序	运行序	$H_{rib}$ (mm)	$H_{pf}$ (mm)	$N_{pf}$	$N_{ac}$
11	1	0.16	0.8	6	16
13	2	0.16	0.16	22	16

表 3-3 RSM 仿真实验规划表 (续)

标准序	运行序	$H_{rib}$ (mm)	$H_{pf}$ (mm)	$N_{pf}$	$N_{ac}$
15	3	0.16	0.8	22	16
12	4	0.8	0.8	6	16
10	5	0.8	0.16	6	16
2	6	0.8	0.16	6	0
19	7	0.48	0.48	14	8
1	8	0.16	0.16	6	0
20	9	0.48	0.48	14	8
18	10	0.48	0.48	14	8
8	11	0.8	0.8	22	0
14	12	0.8	0.16	22	16
6	13	0.8	0.16	22	0
17	14	0.48	0.48	14	8
7	15	0.16	0.8	22	0
16	16	0.8	0.8	22	16
4	17	0.8	0.8	6	0
9	18	0.16	0.16	6	16
5	19	0.16	0.16	22	0
3	20	0.16	0.8	6	0
25	21	0.48	0.48	6	8
22	22	0.8	0.48	14	8
23	23	0.48	0.16	14	8
29	24	0.48	0.48	14	8
28	25	0.48	0.48	14	16
30	26	0.48	0.48	14	8
26	27	0.48	0.48	22	8
27	28	0.48	0.48	14	0
21	29	0.16	0.48	14	8
24	30	0.48	0.8	14	8

## 第四章 数学公式示例

本章在第三章完成基……。

### §4.1 公式示例

在本次研究中应用到计算流体动力学（Computational Fluid Dynamics, CFD）对研究对象进……。

#### §4.1.1 普通带序号公式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (4-1)$$

$u, v, w$  分别是  $x, y, z$  方向的速度分量。

#### §4.1.2 需要对齐的多个带序号的公式

& 号为对其对齐标记最好放置在计算符号之前，如 =、+、-之前；\\ 表示换行。

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu_f}{\rho_f} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (4-2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu_f}{\rho_f} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \quad (4-3)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_f} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu_f}{\rho_f} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \quad (4-4)$$

$\rho_f$  和  $\mu_f$  分别是冷却剂的密度和动态粘度， $p$  是冷却剂压力。

#### §4.1.3 需要换行对齐的长公式

$$f_3 = 6.272 + 3.02A + 6.08B + 0.0368C - 0.8848D \\ + 0.04381D^2 + 6.35AB - 0.3602AD - 0.5497BD \quad (4-5)$$

#### §4.1.4 其他公式示例

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{find } H_{rib}, H_{rib}, N_{pf}, N_{ac} \\ \min F(H_{rib}, H_{rib}, N_{pf}, N_{ac}) = \min\{f_1, f_2, f_3\} \\ \text{s.t. } 0.2 \leq H_{rib} \leq 0.8 \\ \quad 0.2 \leq H_{pf} \leq 0.8 \\ \quad 6 \leq N_{pf} \leq 22, N_{pf} \in \mathbb{O} \\ \quad 0 \leq N_{ac} \leq 16, N_{ac} \in \mathbb{E} \end{array} \right. \quad (4-6)$$

#### §4.2 本章小节

## 第五章 算法与定理的示例

### §5.1 算法示例

算法示例如下：

**算法 5-1** How to write an algorithm.

**Data:** this text

**Result:** how to write algorithm with L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X2e

```
1 initialization;
2 while not at end of this document do
3   read current;
4   if understand then
5     go to next section;
6     current section becomes this one;
7   else
8     go back to the beginning of current section;
9   end
10 end
```

算法如算法 5-1

### §5.2 定理定义示例

定理 5.1 XXXXXXXXXX

证明：XXXXXXXXXX

□

推论 5.2 XXXXXXXXXX

引理 5.3 XXXXXXXXXX

## 第六章 全文总结与展望

### §6.1 文字操作

高亮显示: `\hl{ }`  
加粗: `\textbf{ }`  
斜体: `\textit{ }`  
下划线: `\underline{ }`  
下划线: `\uline{ }`  
双下划线: `\uuline{ }`  
波浪线: `\uwave{ }`  
删除线: `\sout{ }`  
斜线: `\xout{ }`  
带点的下划线: `\dotuline{ }`  
虚线下划线: `\dashuline{ }`

### §6.2 空白符号

`1em: a b`  
`2em: a b`  
`1/6 个 em: a b 或 ab`  
`0.5 个 em: a b`  
空格: `a b`  
硬空格: `a b`  
指定宽度 `1pc: a b`  
指定宽度-`1em ba`  
指定宽度 `1em: a b`  
指定宽度 `35pt: a b`  
占位宽度为 xyz: `a b`  
弹性长度: `a b`

### §6.3 LATEX 控制符

`# $ { } ~ _ ^ \&`

### §6.4 后续工作展望

## 参考文献

- [1] LAU J H. Recent Advances and Trends in Advanced Packaging[J]. IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, 2022, 12(2): 228-252.
- [2] SADIQUE H, MURTAZA Q, Samsher. Heat Transfer Augmentation in Microchannel Heat Sink Using Secondary Flows: A Review[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2022, 194: 123063.
- [3] TAN H, DU P, ZONG K, et al. Investigation on the Temperature Distribution in the Two-Phase Spider Netted Microchannel Network Heat Sink with Non-Uniform Heat Flux[J]. International Journal of Thermal Sciences, 2021, 169: 107079.
- [4] 吕嗣鸿. 均温散热微小通道的结构研究[D]. 电子科技大学. 2021.

致 谢

---

---

致 谢

在攻读硕士学位期间，首先衷心感谢我的导师 XXX 教授

焱铭

二零二三年 五月二十六日 凌晨六点

桂林电子科技大学机电工程学院 C323 实验室

## 攻读硕士学位期间取得的成果

### 一、参与项目：

- [1] XXX 微流道的传热机理及散热技术研究. 领域基金重点项目. 2020-2021. (已结题).
- [2] XXX 器件焊接理论技术研究. 领域基金重点项目. 2020-2021. (已结题).
- [3] XXX 散热装置制造技术. 领域基金重点项目. 2022-2025. (在研).

### 二、发表论文：

- [1] LI X, YAN M, HUANG X, ZHENG X. Here is the name of the paper[J]. Applied Thermal Engineering, 2023, 225: 120167. (TOP 期刊, 中科院一区, IF: 6.465, 共同一作).

### 三、发明专利：

- [1] 李 XX, 焰铭. 基于有限元仿真的 XXX 微流道散热器多目标优化方法: CNXXXXXXXXXXXX[P]. 2022-09-13.

### 四、软件著作权：

- [1] 基于 Fluent 的 XXX 散热仿真自动化软件. [CP]. V2.4.4. 中国广西桂林, 2022.

### 五、科研竞赛获奖：

- [1] 2022 年全国三维数字化创新设计大赛. 2022. (排名第二).