

注意：研究生平时撰写报告应遵循学术论文的一般写作规范，而不是敷衍导师。这样做的优势是：每一份报告都将成为你毕业论文的章/节。

## 1 使用报告模板

### 1.1 报告撰写

在根目录下，包括两个主文件：

`draft_en.tex`：使用IEEE期刊格式，用于撰写英文报告；

`draft_cn.tex`：使用天津大学学位论文格式，用于撰写中文报告。

其中都包含以下类似语句：

```
\input{sec_method}
```

其功能是将此文件包含入主文件内。在使用过程中，直接编辑文件`sec_method.tex`中的内容，再利用 `pdflatex` 功能编译主文件即可生成：

`draft_en.pdf`：英文报告；

`draft_cn.pdf`：中文报告。

可根据需要，将 pdf 报告提交给导师。

### 1.2 修改题目及作者姓名

在`\preface\cover.tex` 文件中，可修改报告题目及作者姓名。

### 1.3 参考文献： $\text{\LaTeX}$ 、BibTeX 与 Jabref 配合使用

$\text{\LaTeX}$ 、BibTeX 与 Jabref 配合使用，可方便的写出格式非常漂亮的论文、报告，甚至学位论文。

$\text{\LaTeX}$  可 Google 或百度，常用的编写软件有 CTeX 套装、TexLive、TexStudio 等。

BibTeX 是 LaTeX 的一个组件，用于文献引用。其中，`.bib` 是文献引用信息文件。

Jabref 用于管理 BibTeX 的一个软件，跨平台。

## 1.4 文献管理

长期积累下来，参考文献的数量是非常可观的，单靠人的记忆力显然不够。借助文献管理软件，可以很好的解决这个问题。推荐两个：ENDNOTE 和 Jabref，网上有很多教程。

Jabref 和 L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 配合的很好。

以前的做法是：每篇论文建个文件夹，放 tex 文件，以及图片、引用的论文和 bib（参考文献列表）等。问题是，同一篇参考文献可能要会在不同的论文中引用，每次引用 Copy 一份 bib 文件，在管理上很不方便。

给大家推荐一种方法：

1. 规划一个写论文专用的文件夹，用于存所有 tex 文件（以及 tex 相关的 cls 文件）、图片（有的图片也可能会重复使用）、参考文献（bib、bst 文件，及 pdf）等，例如我用 c:/local；
2. 在此文件夹下，可新建 ref、fig、bib 等子文件夹，分别存放上述文件；
3. 当开始一篇新文章 A 时，在其他地方新建一个文件夹：20180101\_A，放上 Tex 源文件；
4. 在 tex 文件中需要插入文献/图片时，把 c:/local 同时加进去，见下例。

```
\documentclass[twoside]{c:/local/linux_thesis} %引用cls模板
...
\graphicspath{{c:/local/fig/}} %图片文件夹
...
\bibliographystyle{c:/local/IEEEtran} %使用参考文献格式，IEEEtran.bst
\bibliography{c:/local/bib} %插入参考文献列表，bib.bib
```

这样管理参考文献和图片，可以避免硬盘中存在多个文件版本，也方便写毕业论文使用。

注：在本模板的根目录下，存有一个 bib.bib 文件。

## 2 图表

### 2.1 图片的插入方法

单张图片独自占一行的插入形式如图 1 所示。

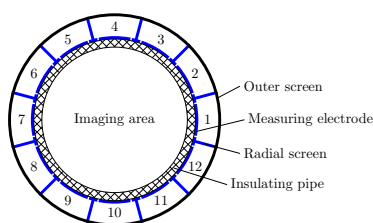


图 1: 12 电极 ECT 传感器

若需要将 2 张及以上的图片并排插入到一行中,则需要采用`minipage`环境,如图 2 和图 3 所示。

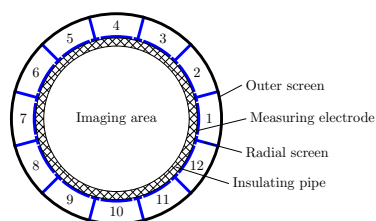


图 2: 非差分 ECT

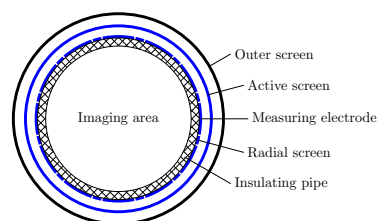


图 3: 差分 ECT

## 2.2 具有子图的图片插入方法

图中若含有子图时,需要调用 `subfigure` 宏包,如图 ?? 所示。

```
\begin{figure}[htbp]
  \centering
  \subfigure[非差分ECT]{\label{fig:subfig:datadim}
    \includegraphics[width=0.4\textwidth]{ect_12.mps}}
  \subfigure[差分ECT]{\label{fig:subfig:datasize}
    \includegraphics[width=0.4\textwidth]{dect_12.mps}}
  \caption{ECT传感器结构}\label{fig:subfig}
  \vspace{\baselineskip}
\end{figure}
```

### 3 表格

表格应具有三线表格式，因此需要调用 booktabs 宏包，其标准格式如表 ?? 所示。

```
\begin{table}[htbp]
\caption{三线制表格}\label{tab:ch1:tab1}
\vspace{0.5em}\centering\wuhao
\begin{tabular}{ccccc}
\toprule[1.5pt]
$D$(in) & $P_u$(lbs) & $u_u$(in) & $\beta$ & $G_f$(psi.in)\\\
\midrule[1pt]
5 & 269.8 & 0.000674 & 1.79 & 0.04089\\
10 & 421.0 & 0.001035 & 3.59 & 0.04089\\
20 & 640.2 & 0.001565 & 7.18 & 0.04089\\
5 & 269.8 & 0.000674 & 1.79 & 0.04089\\
10 & 421.0 & 0.001035 & 3.59 & 0.04089\\
20 & 640.2 & 0.001565 & 7.18 & 0.04089\\
5 & 269.8 & 0.000674 & 1.79 & 0.04089\\
\bottomrule[1.5pt]
\end{tabular}
\vspace{\baselineskip}
\end{table}
```

## 4 Method

### 4.1 Cylindrical capacitor

The capacitance of a cylindrical capacitor is described by:

$$C_{cc} = \frac{2\pi h \varepsilon_0}{\ln(b/a)} \quad (1)$$

where  $\varepsilon_0$  is the dielectric permittivity of air,  $h$  is the axial length of active screen,  $a$  and  $b$  are the radius of measuring electrodes and active screen, respectively.

Therefore, it can be assumed that

$$C_{d1} = C_{d2} = \dots = C_{di} \quad (2)$$

$$C_{cc} = \sum_{i=1}^{n_E} C_{di} \quad (3)$$

where  $C_{di}$  is the capacitance between the  $i^{th}$  measuring electrode and the active screen.

In consideration of the gaps between measuring electrodes and radial screens and the edge effect caused by finite  $h$ ,  $C_{di}$  can be estimated by:

$$C_{di} = k_c \frac{C_{cc}}{n_E} = \frac{2k\pi h \varepsilon_0}{\ln(b/a)n_E} \quad (4)$$

where  $k_c$  is a correction factor related to sensor geometry,  $n_E$  is the number of measuring electrodes.

## 4.2 Circuit output

Therefore, the output voltage can be described by:

$$V_o(t) = -\frac{j\omega R_f (C_m - kC_{d2})}{j\omega C_f R_f + 1} V_i(t) \quad (5)$$

where  $\omega$  is the applied angular frequency,  $R_f$  and  $C_f$  are the feedback resistor and capacitor.

By introducing  $k_0 = j\omega R_f / (j\omega C_f R_f + 1)$ , Eq(5) can be simplified into:

$$V_o(t) = -k_0 (C_m - kC_{d2}) V_i(t) \quad (6)$$

## 4.3 Noise analysis

In consideration that

$$\begin{aligned} |j\omega R_{s3}(C_m + C_d + C_{s3} + C_{s4})| &\ll 1, \\ |j\omega R_{s4}(C_m + C_d + C_{s3} + C_{s4})| &\ll 1, \\ |j\omega R_f C_f| &\gg 1 \end{aligned}$$

the equations for noise gains can be properly simplified.

The total RMS noise can be expressed by

$$E_t = \sqrt{\sum_{i=1}^q E_n^2(i) [V_{RMS}]} \quad (7)$$

where  $E_n(i)$  represents the  $i^{th}$  RMS noise source, *i.e.* the passive elements and the intrinsic noise sources in the op-amp.

Each noise source generates a noise density at the inverting or non-inverting input of the op-amp, which can be calculated by:

$$E_n = \sqrt{\int_0^{\omega_c} |A_n(\omega)|^2 e_n^2(\omega) d\omega [V_{RMS}]} \quad (8)$$

where  $A_n(\omega)$  is the noise gain,  $\omega_c$  is the cut-off frequency of the following conditioning circuit.

#### 4.4 Sensitivity distribution

In ECT, the sensitivity distribution of electrode pair  $(i, j)$   $\mathbf{S}_{i,j}(k)$  is defined as:

$$\mathbf{S}_{i,j}(k) = \mu(k) \frac{C_{i,j}(k) - C_{i,j}^l}{\Delta C_{i,j} \Delta \varepsilon} \quad (9)$$

where

$$\Delta C_{i,j} = C_{i,j}^h - C_{i,j}^l \quad (10)$$

$$\Delta \varepsilon = \varepsilon^h - \varepsilon^l \quad (11)$$

and where  $C_{i,j}(k)$  is the capacitance when the  $k^{th}$  element has the high dielectric constant  $\varepsilon^h$  and all the other elements have low dielectric constant  $\varepsilon^l$ . And  $C_{i,j}^h$  and  $C_{i,j}^l$  are the capacitances when the pipe is filled with high and low permittivity materials, respectively.  $\Delta C_{i,j}$  is, therefore, the full scale capacitance range.

[?]

## 5 前言

电容测量可分为两种情况：浮地电容和接地电容的测量。浮地电容是指电容两端不具备特定电势，测量相对容易，有多种可选的测量电路，都具备抗杂散电容的能力。如 ECT 中的电容测量就是典型的浮地电容测量。各电极可根据测量需要施加特定电势或进行接地处理。接地电容指电容的一端接地。由于杂散电容多是对地电容，其直接与接地电容并联；如果无法有效区别被测接地电容与杂散电容，那么抗杂散电容能力也就无从谈起。对地电容的测量无法使用一般的电容测量仪器进行直接测量。如 LCR 表、阻抗分析仪都需要将其阻抗两端接入其测量端口，施加特定的电势。接地电容，或受条件限制，或受传感器原理限制，无法提供浮置选项。

浮地电容的检测已经有很多成熟的测量电路，如直流充放电电路【@ 季寒 S. M. Huang, Charge/discharge ...】、交流充放电电路【@ 季寒 W. Q. Yang, New AC based...】、谐振电路【@ 季寒】等，且都具备抗杂散电容的能力。

在一些应用中，如针对导电溶液的电容式液位计、液膜厚度测量仪等，电容器的一端实际上就是导电溶液。由于导电溶液多通过金属容器壁与大地相连，致使这类传感器只能做为接地电容。为此，发展出一些针对接地电容的测量方法与电路，如【@ 季寒检索英文文献】

## 6 方法

### 6.1 基本原理

【@ 季寒结合原理框图，说明方法。】

此处，原理框图只包含最少的要素：1、非理想电流源（由理想电流源与输出阻抗构成）；2、被测接地电容  $C_x$ ；3、与  $C_x$  并联的杂散电容  $C_p$ 。图 1 基于电流源的接地电容测量方法

【@ 季寒给出公式，电路输出值与被测电容之间的关系。】

### 6.2 电流源

【采用电路原理图和公式描述可用的 VCCS 电路】

Howland 型改进的 Howland 型 CCII 型【A wide-band AC-coupled current source for electrical impedance tomography】

### 6.3 电缆屏蔽

引用图 1，进一步说明电缆屏蔽的必要性。

## 7 结果

### 7.1 电路仿真结果

电路仿真软件给出仿真数据及信号图。

### 7.2 实验结果

结合实验给出测量结果。这里，我们可以：用液位计构建一个液位与电容成正比的电容器，作为研究目标；使用同轴电缆（100 pF/m）作为被测电容。注意：常用的贴片电容，精度为 10 20

## 8 讨论

## 9 结论

参考文献 @ 季寒以下及文中提到的文献，保存到 Jabref，备用。

A novel interface circuit for grounded capacitive sensors with feedforward-based active shielding

A simple analog front-end circuit for grounded capacitive sensors with offset capacitance

Liquid-level measurement system based on a remote grounded capacitive sensor

Comparison of three current sources for single-electrode capacitance measurement