

中山大学本科生期末考试

考试科目:《电子人的自我修养》(π 卷)

学年学期: 2020–2021 学年第 1 学期

姓 名: _____

学 院/系: School of Rader

学 号: _____

考试方式: 开卷

年级专业: _____

考试时长: ∞ 分钟

班 别: _____

警示

《中山大学授予学士学位工作细则》第八条:“考试作弊者,不授予学士学位.”

————— 以下为试题区域, 共 7 道大题, 总分 100 分, 考生请在答题纸上作答 —————

1 文类说明

此文本类的设计萌生于期末复习数字信号处理做试卷之时, 在复习不下去的时候便敲打敲打键盘, 构建了基本的骨架——权当复习的放松与娱乐.

`sysuexam.cls` 文类是基于橘子数学社区开发的 `BCHexam.cls` Version 1.5 文类, 进行修改和设计, 在此致谢.

本文档包含三部分——文类说明、版本说明和样卷与说明. 样卷试题来源于平时练习与考试试卷, 片面反映一个电子人的素养.

样卷中的绘图都是基于宏包 `TikZ` 和 `PGF` 宏包绘制, 感谢 Prof.Till Tantau 发明出如此强大的宏包, 更感谢 Prof.Donald Ervin Knuth 和无数程序员开发出 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 和 $\text{L}_{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$, 让鄙人领略到代码改变世界的精彩.

2020.01.17

1.1 宏包选项

- `answers` 编译答案和解析版本
- `list` 以列表项目格式显示试题
- `twocolumn` 使用 A3 纸张并分栏
- `custom` 使用私订字体 (存在修改 $\text{CT}_\text{E}\text{X}$ 默认字体警告, 不影响使用)
- `adobe` 使用 Adobe 字体
- `ubuntu` 使用 Ubuntu 字体
- `windows` 使用 Windows 字体
- `fandol` 使用 Fandol 字体, 随 $\text{T}_\text{E}\text{XLive}$ 默认安装
- `mac` 使用 Mac 字体
- `csize5` 默认字体大小为五号
- `csize4` 默认字体大小为小四

1.2 字体安装

1.2.1 私订配置

此文类中文字体为思源宋体、微软雅黑、方正楷体和方正仿宋; 英文字体使用 XITS、Arial 和 Courier New; 数学字体采用 XITS Math. XITS 是 Times New Roman 的复刻版本, 字符更加齐全; 英文字体和数学字体的统一可以让段落模式和数学模式的标点符号一致. 此字体配置仅代表个人审美偏好, 姑且将此字体配置称为私订配置.

在 Windows 系统上, 把文件夹 `fonts` 中的字体 (不要修改字体名称) 拷贝到路径 `C:\Windows\Fonts` 中. 如果使用 $\text{MiK}_\text{T}\text{E}_\text{X}$, 则可以直接编译. $\text{MiK}_\text{T}\text{E}_\text{X}$ 第一次编译时可能会编译失败, 因为有些宏包可能没安装, 可以手动安装或者多次编译, 让其自动安装.

如果使用 $\text{T}_\text{E}\text{XLive}$, 则还要把字体文件拷贝到 $\text{T}_\text{E}\text{XLive}$ 的字体文件夹中, 路径格式一般如下:

盘符: `...\texlive\年份\texmf-dist\fonts\truetype`
中, 才可正常编译.

如果是其他系统, 请自行 Google 安装方法! 关于字体的更多设置, $\text{CT}_\text{E}\text{X}$ 宏包文档中没有说明得很详细, 可以参看 [xecjk 宏包文档](#) 和 [fontspec 宏包文档](#).

1.2.2 默认配置

如果觉得私订配置太繁琐, 则可以直接将文类选项 `custom` 改为对应自己系统的选项 (如 Windows 系统下为 `windows`), 参见 1.1 宏包选项, 提供的是与 $\text{CT}_\text{E}\text{X}$ 一致的字体配置接口, 详细说明参考 [CT_EX 宏包文档](#).

如果使用非 Windows 的字族, 可能会有报错, 因为文类文件中用了一此选项下的字体命令, 找到报错命令的位置, 进行替换或定义报错命令即可.

1.3 编译说明

- 如果使用私订字体配置, 必须用 $\text{Xe}_{\text{L}}\text{TeX}$ (或 $\text{Xe}_{\text{T}}\text{TeX}$) 编译, 因为需加载 `fontspec` 宏包.
- 如果使用 $\text{CT}_{\text{E}}\text{X}$ 宏包提供的字体配置, 则参考 [CT_EX 宏包文档](#).
- 基于 $\text{Lua}_{\text{L}}\text{TeX}$ 或 $\text{Lua}_{\text{T}}\text{TeX}$ 的编译请参考 [CT_EX 宏包文档](#).
- 不要调换 `fontspec` 宏包、 $\text{CT}_{\text{E}}\text{X}$ 宏包和 `unicode-math` 宏包的调用顺序, 否则会 `clash`(原因应该在于内部的字体组织架构).

1.4 命令

试卷排版命令袭承 `BCHexam.cls`, 可以参考 [BCHexam 文档](#). `sysuexam.cls` 在原基础上优化了环境设置并增加一些环境命令, 下面将会详细介绍.

1.4.1 试卷信息

`\studenttype`{考生类型}
 本科生、硕士生或者博士生.

`\examperiod`{考试时期}
 期中考或期末考.

`\subject`{考试科目}
 考试科目.

`\papertype`{试卷类型}
 A 卷或 B 卷.

`\termyear`{起始年}{终止年}
 学年度.

`\term`{学期}
 第 1 或第 2 学期, 只需输入数字.

`\school`{学院/系}
 学院或院系名称.

`\examtype`{考试方式}
 开卷考或闭卷考.

`\examtime`{考试时长}
 考试时长, 单位为分钟, 只需输入数字.

`\numofq`{大题数目}
 试卷大题总数, 只需输入数字.

`\maketitle`
 生成试卷头, 此命令会有 `Overfull` 警告, 不影响使用.

1.4.2 题组环境

1.4.3 试题环境

1.4.4 解答环境

1.5 自定义设置

1.5.1 颜色

链接颜色和解析颜色设置如下, 颜色配置请参考 [xcolor 宏包](#).

```
92 \colorlet{dr}{red!70!black}           % 链接颜色
93 \colorlet{jx}{red!70!black}           % 答案和解析颜色
```

颜色设置

1.5.2 符号

私订字族使用 XTIS Math 数学字体, 其求和符号和 π 符号不是很好看, 故声明了两个新的符号命令, 分别为 `\msum` 和 `\mpi`, 产生 Modern Math 字体下对应的符号 (仅代表个人审美), 即

$$\sum \rightarrow \Sigma,$$

$$\pi \rightarrow \Pi.$$

由于 `unicode-math` 宏包自己提供的数学符号花体和粗体命令, 也作的命令的更新, 如果不使用 `unicode-math` 宏包会报错, 将 `sysuexam.cls` 中行 184–185 注释掉即可.

```
177 % 重设\sum符号
178 \DeclareSymbolFont{largesymbols}{OMX}{cmex}{m}{n}
179 \DeclareMathSymbol{\msum}{\mathop}{largesymbols}{"50}
180 % 重设\pi符号
181 \DeclareSymbolFont{letters}{OML}{cmm}{m}{it}
182 \DeclareMathSymbol{\mpi}{\mathord}{letters}{"19}
183 % 更新符号命令
184 \renewcommand{\boldsymbol}{\symsbf}
185 \renewcommand{\mathscr}{\symscr}
```

`sysuexam.cls` 文件中 `\msum` 和 `\mpi` 声明和更新命令

1.5.3 页面边距

修改此处代码即可.

```

261 %
262 % 双栏显示
263 %
264 \if@twocolumn
265 \geometry{a3paper,landscape,twocolumn,columnsep=40mm,left=20mm,%
266 right=25mm,top=25mm,bottom=25mm,headheight=20mm}
           % 双栏设置
267 \else
                                           % 单栏设置
268 \geometry{a4paper,left=25mm,right=25mm,top=25mm,bottom=25mm,
           headheight=20mm}
269 \fi

```

页面边距设置

1.5.4 代码高亮

代码高亮设置如下, 更多内容请参考[listings 宏包](#).

```

212 columns=fixed,
213 numbers=left,                                % 在左侧显示行号
214 frame=tb,                                    % 背景边框
215 % backgroundcolor=\color[RGB]{245,245,244}, % 设定背景颜色
216 keywordstyle=\bfseries\color[HTML]{008000}, % 设定关键字颜色
217 numberstyle=\scriptsize\color{darkgray},    % 行号颜色
218 commentstyle=\it\color[HTML]{438282},        % 设置代码注释的格式
219 stringstyle=\kaiti\color[HTML]{ba2121},      % 设置字符串格式
220 showstringspaces=false,                      % 不显示字符串中的空格
221 % emph={wire,reg,prod},
222 % emphstyle=\color[HTML]{b00040},
223 % language=verilog,                          % 设置语言
224 basicstyle=\ttfamily\small,
225 % belowskip=1em,                             % 代码块结束间隔
226 aboveskip=1.5em,                             % 代码块开始间隔
227 breaklines=true,                             % 断行
228 breakatwhitespace=true,                      % 在空格处断行
229 captionpos=b,                                % 设置标题位置

```

代码高亮设置

2 版本说明

v0.7

(2020/01/17-2020/01/19)

- 基于BCHexam.cls Version 1.5 文类开发文类.
- 为兼容字号, 采用CT_EX宏包, 默认正文字号为小四. 底层文类仍为article, 而非ctexart, 避免不必要的麻烦; 但这会造成字号的不连续性, 例如section这个版本的字号过大, 显得不尽美观, 但试卷并不需要用到section命令, 影响不大, 待新版本优化.
- 完成试卷题头的设计.

Todo List

- 优化字号的连续性.
- 将字体私订配置选择作为宏包选项, 配置CT_EX宏包提供的字体系列的接口.
- 完成样卷排版与命令说明.

v1.0

(2020/01/20-2020/01/27)

- 优化字号的连续性.
- 配置字族接口.
- 优化选项设计, 消除原文类Overfull警告, 对4选项命令精细控制.
- 增添题解环境命令.
- 完成样卷排版与使用说明.

文类设计基本完成, 后续应该不会有大的更新. Happy L^AT_EXing!

3 样卷与说明

一、单选题 (本大题共4小题, 共20分)

1. (5分) $\delta(\sin t) = ()$

A. 1

B. 0

C. $\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - k\pi)$

D. ∞

2. (5分) 某连续时间系统输入 $f(t)$ 和输出 $y(t)$ 满足 $y(t) = |f(t) - f(t-1)|$, 则系统为 ()

A. 线性、非时变

B. 非线性、非时变

C. 线性、时变

D. 非线性、时变

3. (5分) 已知 $r(t) = e(t) * h(t)$, 则 $e(2t) * h(2t)$ 为 ()

A. $\frac{1}{2}r(2t)$

B. $\frac{1}{4}r(2t)$

C. $\frac{1}{2}r(4t)$

D. $\frac{1}{4}r(4t)$

4. (5分) 下列关于周期矩形脉冲信号的论述中, 正确的是 ()

A. 脉冲周期增大则主瓣宽度变小

B. 脉冲周期增大则主瓣宽度变大

C. 脉冲宽度增大则主瓣宽度变小

D. 脉冲宽度增大则主瓣宽度变大

二、不定项选择题 (本大题共2小题, 共4分)

1. (2分) 信号 $x(t)$ 的 Nyquist 抽样频率为 ω_1 , 则信号 $x(t)x(2t+1)\cos\omega_2t$ 的 Nyquist 抽样频率为 ()

- A. $\omega_2 + 3\omega_1$ B. $\omega_2 + 6\omega_1$ C. $2\omega_2 + 3\omega_1$ D. $2\omega_2 + 6\omega_1$
E. $3\omega_2 + 7\omega_1$

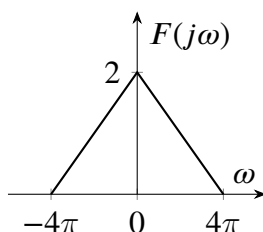
2. (2分) 已知数字音乐的抽样频率是 44.1KHz, 由此, 我们可以推测, 人的听力频率范围的上限接近 ()

- A. 10kHz B. 20kHz C. 30kHz D. 40kHz
E. 20kHz F. 60kHz

三、填空题 (本大题共 2 小题, 共 10 分)

1. (5分) 已知某系统的输出 $r(t)$ 与输入 $e(t)$ 之间的关系为 $r(t) = e(2t) + \frac{de(t)}{dt}$, 试判断该系统是什么系统 (线性、时不变性) _____

2. (5分) 信号 $f(t)$ 的频谱密度函数 $F(j\omega)$ 如图所示, 则 $f(0)$ 等于 _____



四、简答题 (本大题共 1 小题, 共 10 分)

1. 简要分析冲激响应不变法为什么不能用于设计数字高通和带阻滤波器.

五、设计题 (本大题共 2 小题, 共 10 分)

- 有一种特殊的串行通信系统, 数据以包的形式传输, 数据的包头为 01111110, 然后为数据内容, 然后以 01111110 结尾, 请设计数据组包时的 FSM 状态转移图.
- 请设计一个 ADC 用 EEPROM 存储被读写的 FPGA 电路的连接框图.

六、分析题 (本大题共 1 小题, 共 5 分)

1. (5分) 请分析傅里叶变换的不确定性对信号分析的影响.

七、程序题 (本大题共 1 小题, 共 5 分)

1. (5分) 请你用大脑编译下面这段 L^AT_EX 代码, 并绘制出编译结果.

```
1 \tdplotsetmaincoords{70}{110}
2 \begin{tikzpicture}[tdplot_main_coords,scale=5,semithick]
3 \pgfmathsetmacro{\r}{.8}
4 \pgfmathsetmacro{\R}{1}
5 \pgfmathsetmacro{\O}{45}
6 \pgfmathsetmacro{\i}{60}
7 \pgfmathsetmacro{\f}{35}
```

```

8 \pgfmathsetmacro{\a}{110}
9
10 \coordinate (O) at (0,0,0);
11 \node[left,label=170:\scriptsize 地心 $O$] at (O) {};
12 \node[below] at (10:\r) {\scriptsize 赤道};
13 \fill (0.6,0.6,0.5) circle [radius=0.4pt,fill=black] node[below] {\scriptsize
    $T$};
14 \draw[dashed] (O) --node[above] {\scriptsize $R$} (0.6,0.6,0.5) ;
15
16 \draw [arrows={-Stealth[inset=0pt, angle=25:10pt]}] (O) -- (2.2,0,0)
    node[anchor=north east] {\scriptsize $y$};
17 \draw [arrows={-Stealth[inset=0pt, angle=25:10pt]}] (O) -- (0,-1.1,0)
    node[anchor=north west] {\scriptsize $x$};
18 \draw [arrows={-Stealth[inset=0pt, angle=25:10pt]}] (O) -- (0,0,1.2)
    node[anchor=west] {\scriptsize $z$ 北极};
19
20 \tdplotdrawarc[dashed,very thick]{(O)}{\r}{\a}{\a+180}{}{}
21 \tdplotdrawarc[very thick]{(O)}{\r}{\a-180}{\a}{}{}
22 \draw[very thick] (O) ellipse [x radius=.8cm,y radius=.73cm];
23 \node[rotate=48] at (0,-0.75,0.4) {\scriptsize 本初子午线};
24
25 \tdplotsetrotatedcoords{\O}{0}{0}
26
27 \draw [tdplot_rotated_coords,dashed] (-\R,0,0) -- (\R,0,0);
28 \fill[tdplot_rotated_coords] (\R,0,0) circle [radius=0.4pt,fill=black]
    node[right]{\scriptsize 近地点};
29 \fill[tdplot_rotated_coords] (\r,0,0) circle [radius=0.4pt,fill=black]
    node[below left=2pt]{\scriptsize 升交点};
30 \fill[tdplot_rotated_coords] (-\r,0,0) circle [radius=0.4pt,fill=black]
    node[above right]{\scriptsize 降交点};
31
32 \tdplotdrawarc[-Stealth]{(O)}{.33*\r}{-90}{\O}{anchor=north}{\scriptsize
    $\Omega$}
33
34 \tdplotsetrotatedcoords{-\O}{\i}{0}
35 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords]{(O)}{\R}{-41}{239}{}{}
36 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,dashed]{(O)}{\R}{239}{319}{}{}
37 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,dashed,very thick]{(O)}{\r}{34}{164}{}{}
38 \fill[tdplot_rotated_coords] (110:\R) circle [radius=0.4pt,fill=black]
    node[below right,inner sep=1pt]{\scriptsize $S_0$};
39 \fill[tdplot_rotated_coords] (130:\R) circle [radius=0.4pt,fill=black]
    node[below right,inner sep=1pt]{\scriptsize $S_1$};
40 \draw[tdplot_rotated_coords,dashed] (O) --node[above] {\scriptsize $r$}
    (110:\R) ;
41 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,-Stealth]{(O)}{\R}{30}{40}{anchor=north}{}
42 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,-Stealth]{(O)}
43 {\R}{225}{235}{anchor=north}{}
44 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,-Stealth]{(O)}{.33*\r}{90}{110}{below
    right,inner sep=1pt}{\scriptsize $\nu$}
45

```



```

46 \tdplotsetrotatedcoords{-\O+10}{\i}{0}
47 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords]{{(O)}{\R}{-52}{242}}{}{}
48 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,dashed]{{(O)}{\R}{242}{308}}{}{}
49 \fill[tdplot_rotated_coords] (110:\R) circle [radius=0.4pt,fill=black]
      node[below right,inner sep=1pt]{\scriptsize $S_2$};
50 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,-Stealth]{{(O)}{\R}
51 {30}{40}{anchor=north,rotate=20}{\scriptsize 卫星轨道}
52 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,-Stealth]{{(O)}{\R}
53 {215}{225}{anchor=north}}{}
54
55 \tdplotsetrotatedcoords{\O}{-90}{0}
56 \coordinate (Shift) at (\O:\r);
57
58 \tdplotsetrotatedcoordsorigin{(Shift)}
59 \tdplotdrawarc[tdplot_rotated_coords,-Stealth]{{(Shift)}{.1*\r}
60 {89}{90-\i}{anchor=south west}{\scriptsize $i$}
61 \end{tikzpicture}

```

题六 1 代码

八、计算题 (本大题共 4 小题, 共 40 分)

- (10 分) 设计一个巴特沃斯模拟高通滤波器, 要求其通带边界频率为 10Hz, 阻带边界频率为 100Hz, 通带最大衰减 1dB, 阻带最小衰减 20dB.
 - (3 分) 求出对应的低通滤波器阶数 N , 和归一化 3dB 截止频率 λ_c ;
 - (3 分) 写出关于通带截止频率归一化的低通系统函数 $Q(p)$;
 - (4 分) 计算高通滤波器系统函数 $H_{HP}(s)$.

提示 低通到高通的映射关系 $p = \frac{\lambda_p \Omega_{ph}}{s}$, 频率映射关系 $\lambda = -\frac{\lambda_p \Omega_{ph}}{\Omega}$. 二阶和三阶巴特沃斯 3dB 频率归一化低通滤波器的系统函数为 $G_2(p) = \frac{1}{p^2 + 1.4142p + 1}$, $G_3(p) = \frac{1}{p^3 + 2p^2 + 2p + 1}$.

- (10 分) 假定概率密度 $f(\mathbf{z}; \theta)$ 满足正则条件:

$$E \left\{ \frac{\partial \ln f(\mathbf{z}; \theta)}{\partial \theta} \right\} = 0.$$

证明任何无偏估计量 $\hat{\theta}$ 的方差满足

$$\text{Var}(\hat{\theta}) = E[(\theta - \hat{\theta})^2] \geq \frac{1}{E\left\{\left[\frac{\partial \ln f(\mathbf{z}; \theta)}{\partial \theta}\right]^2\right\}} = -\frac{1}{E\left\{\frac{\partial^2 \ln f(\mathbf{z}; \theta)}{\partial \theta^2}\right\}},$$

当且仅当

$$\frac{\partial \ln f(\mathbf{z}; \theta)}{\partial \theta} = (\hat{\theta} - \theta)k(\theta)$$

时, 上式的等号成立.

3. (10 分) 设

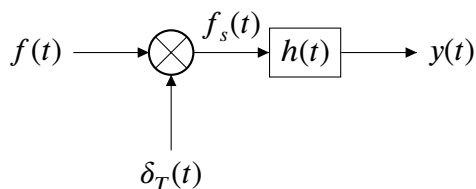
$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & -1 \\ 1 & 2 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

求 $e^{\mathbf{A}t}$ (其中 t 为参数).

4. (10 分) 某连续时间系统如下图所示, 输入信号 $f(t)$ 被抽样后, 通过一个单位冲激响应为 $h(t)$ 的系统, 输出 $y(t)$. 已知 $f(t) \leftrightarrow F(j\omega) = G_{\pi/2}(\omega)$, $h(t) = 2G_1(t)$. $\delta_T(t)$ 为单位强度周期脉冲串, 且 $T = 2$.

(1) (4 分) 请画出 $\omega \in (-2\pi, 2\pi)$ 区间上 $y(t)$ 的频谱;

(2) (6 分) 请设计从 $y(t)$ 恢复 $f(t)$ 的方案.



题七 4 图

1

3.141592653589793238462643383279502884197169399375105820974
 944592307816406286208998628034825342117067982148086513282306647
 09384460955058223172535940812848111745028410270193852110555964462
 29489549303 8 1 9 6 4 4
 288109 7566 5 9 3
 34461 2847 5648
 2337 8678 3165
 2712 0190 9145
 648 5669 2346
 0348 6104
 54326 64821
 33936 07260
 24914 127372
 458700 660631
 558817 488152
 092096 2829254
 091715 3643678
 9259036 0011330
 5305488 20466521
 38414695 19415116
 09433057 270365759
 59195309 218611738
 193261179 3105118548
 074462379 9627495673
 518857527 248912279
 381830 1194917

¹源自<https://tex.stackexchange.com/questions/158668/nice-scientific-pictures-show-off>.