



中南大学
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY

电磁兼容及其应用课程报告

Electromagnetic Compatibility and its Applications

题 目： PCB 电磁兼容设计

学生姓名： 陈宝轩

指导教师： 啦啦啦 教授

学 院： 自动化学院

专业班级： 电气 1705 班

本科生院制

2020 年 6 月

PCB 电磁兼容设计

摘要

电磁兼容性（EMC），是指设备所产生的电磁能量既不对其它设备产生干扰，也不受其他设备的电磁能量干扰，在各种电磁环境中仍能够协调、有效地进行工作的能力。

电磁兼容性设计的目的是使电子设备既能抑制各种外来的干扰，使电子设备在特定的电磁环境中能够正常工作，同时又能减少电子设备本身对其它电子设备的电磁干扰。

本文从印刷电路板（PCB）的元件选择与电路设计、布线设计等方面一一展开，从普通板到高频 PCB 设计，并穿插讲解电磁兼容的滤波、屏蔽、接地等措施。

元件选择与电路设计部分，详细讲解了 PCB 的层的设计、模块划分及特殊器件的布局，详细讲解了常用元器件——电阻、电容、电感、二极管，在 PCB 中的应用。讨论了滤波、接地等措施。

布线设计部分，首先简要讲解了传输线模型，给出了微带线与带状线的特征阻抗计算方法，具体讲解了如何通过阻抗计算实现阻抗匹配，消除传输线的反射。其次，讨论了走线的一般规则与地的分割。

最后，通过基于 FPGA 的高速 AD 采集设计中的 PCB 布线解决方案，举例说明信号线、电源以及有源晶振布线的问题。

关键词：电磁兼容 高频 PCB 设计 传输线 阻抗计算 滤波

PCB electromagnetic compatibility design

ABSTRACT

Electromagnetic compatibility (EMC), refers to the equipment produced by the electromagnetic energy neither interference with other equipment, nor by the electromagnetic energy interference of other equipment, in a variety of electromagnetic environment can still coordinate, effective work.

The purpose of electromagnetic compatibility design is to make the electronic equipment can not only suppress all kinds of foreign interference, so that the electronic equipment can work normally in a specific electromagnetic environment, but also can reduce the electronic equipment itself to other electronic equipment electromagnetic interference.

In this paper, components selection, circuit design and wiring design of printed circuit board (PCB) are discussed one by one, from ordinary board to high-frequency PCB design, and electromagnetic compatibility filtering, shielding, grounding and other measures are interwoven.

In the part of component selection and circuit design, it explains in detail the design of PCB layer, module division and special device layout, and explains in detail the application of common components – resistor, capacitor, inductor and diode in PCB. The measures of filtering and grounding are discussed.

In the wiring design part, first of all, the transmission line model is briefly explained, the characteristic impedance calculation method of microstrip line and strip line is given, and how to achieve impedance matching through impedance calculation to eliminate the reflection of transmission line is explained in detail. Secondly, the general rules of routing and the division of ground are discussed.

Finally, the PCB routing solution based on FPGA-based high-speed AD acquisition design is given to illustrate the problems of signal line, power supply and active crystal vibration routing.

Key words: EMC HIGH frequency PCB design Transmission Line Impedance Calculation Filter

第 1 章 绪论

1.1 aaa

1.1.1 2222

aaaa ll 啦啦啦啦啦

结束语

(结束语或致谢内容)

参考文献

- [1] 阮毅, 陈伯时. 电气拖动自动化控制系统. 第三版. 北京: 机械工业出版社, 2018:11
- [2] 天津电气传动设计研究所. 电气传动自动化技术手册. 第三版. 北京: 机械工业出版社, 2016:11

附录 A 公式、图片、表格等

公式：??

$$R_n = K_n R_0 = 23.8307 \times 40 = 953.228 K\Omega \quad (A.1)$$

$$C_n = \frac{\tau_n}{R_n} = \frac{0.087}{100 \times 10^3} F = 0.087 \mu F \quad (A.2)$$

$$C_{on} = \frac{4T_{on}}{R_o} = \frac{40 \times 0.01}{40000} F = 1 \mu F \quad (A.3)$$

图片：A.2

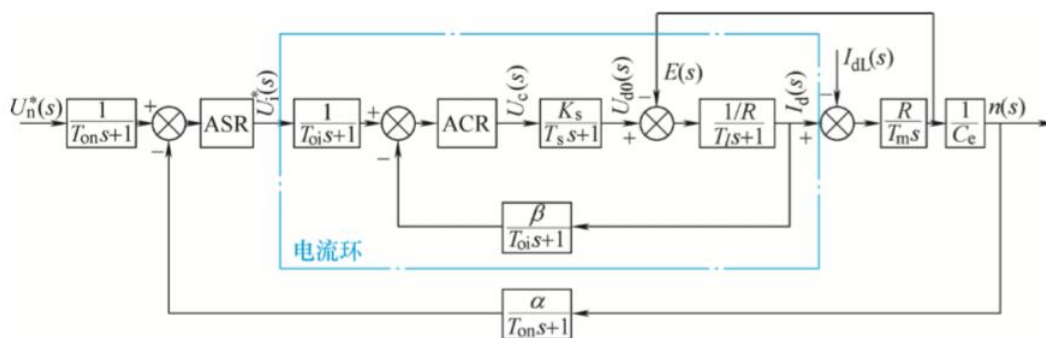


图 A.1 系统动态结构图

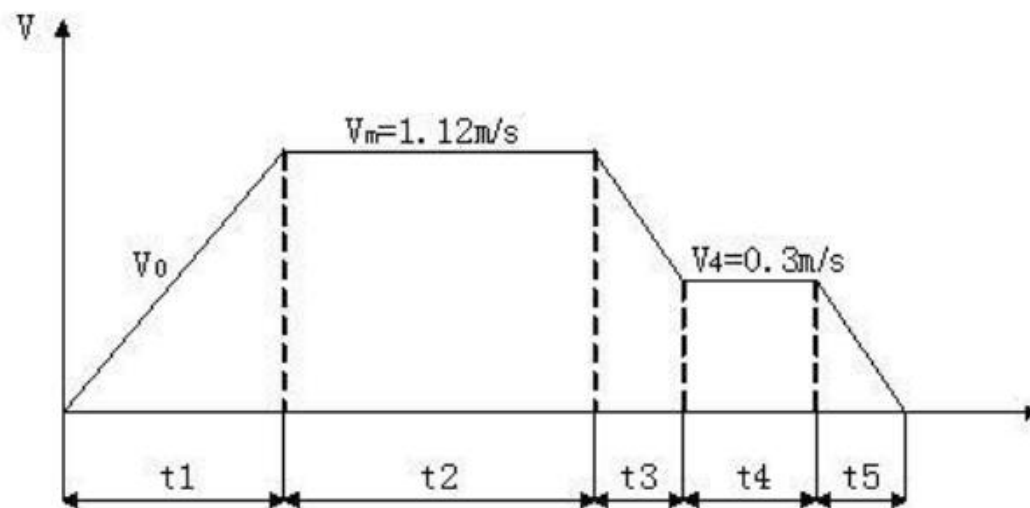


图 A.2 提升机提升速度图

表格：A.1

表 A.1 集中整流线路变压器电压计算系数（电感性负载）

电路类型	A	电路类型	A
单相半波	0.45	三相半波	1.17
单相桥式	0.90	三相桥式	2.34

项目清单：

- 图中 $W_n(s)$ 为速度调节器的传递函数；
- $W_i(s)$ 为电流调节器的传递函数；
- T_s 为晶闸管平均失控时间常数, 对于三相桥式整流电路, 取 $T_s = 0.00167s$;
- T_M 为电动机机电时间常数, 取 $T_M = 0.1s$;
- T_i 为电动机电磁时间常数, $T_i = LR = 0.005 \times 0.18 = 0.0277s$;
- T_m 为机电时间常数, 计算得 $T_m = 0.01s$;
- C_e 为电动机转矩系数, 由上面知可取 $0.56436V/(r/min)$;
- T_{oi} 为电流反馈滤波时间, 取 $T_{oi} = 0.002s$;
- T_{on} 为速度反馈滤波时间, 取 $T_{on} = 0.01s$;

序号：

(1) 匀速阶段 $t_1 \sim t_2$

直流电机提升时, $T = 0$, 匀速上升。

下放时, 也有 $T = 0$, 采用能耗制动、闭环控制, 单闭环速度控制系统由与距离有关的理想速度给定电路、速度负反馈电路、PID 调节器、移相触发电路及双向可控硅能耗制动电路组成, 下放速度由 PID 调节。

$$\begin{cases} T_e > 0 \\ T_L < 0 \\ T = T_e + T_L = 0 \end{cases} \quad (A.4)$$

(2) 主减速阶段 $t_2 \sim t_3$

(3) 爬升阶段 $t_3 \sim t_4$

附录 B PLC 通信程序设计

PLC 作为控制系统中的下位机，不主动发送数据而是被动的响应上位机的命令，根据上位机的指令进行数据发送和接收。因为本学期正好学习了《电气控制与 PLC 应用技术》课程，因此试着完成了通信程序的设计：PLC 的通信程序由主程序、三个子程序和三个中断组成。

PLC 在第一次扫描时开始执行初始化子程序，对端口及 RCV 指令初始化。初始化后，就使端口处于接受状态。RCV 指令将接收到的数据保存到接收缓冲区，同时产生接受完成中断。PLC 每接到一条指令后都发送一条反馈信息，完成发送后产生发送完成中断。梯形图和语句表如下：

B.1 第一部分代码

```
1  /*hello.c*/
2  #include "sys.h"
3  int main(void)
4  {
5      /*only can use english description*/
6          while(1)
7          {
8              GPIO_ResetBits(GPIOF,GPIO_Pin_9); //io 口初始化
9              GPIO_SetBits(GPIOF,GPIO_Pin_10);
10             delay_ms(500);
11             GPIO_SetBits(GPIOF,GPIO_Pin_9);
12             GPIO_ResetBits(GPIOF,GPIO_Pin_10);
13             delay_ms(500); //延时500ms, 此处可以输入公式
14         }
15 }
```