

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 23120081153179

UDC

厦门大学

硕士学位论文

LED 显示照明驱动技术与单片集成设计研究 Research and Design of LED Display, Illumination, and High-Voltage Integrated Technology

王熠

指导教师姓名: 郭东辉 教授

专业名称: 电路与系统

论文提交日期: 2011 年 月

论文答辩日期: 2011 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

LED 作为一种新型环保光源，被广泛应用于显示、照明等领域。应用差异对 LED 驱动技术提出了不同的要求。大屏幕显示要求画面一致性好，发光单元电流须保持恒定且误差很小。而市电照明要求驱动电源具有高功率因数、可调光等特点。此外，从易用性的角度还要求采用高压集成工艺设计和生产驱动芯片。

针对以上问题，本文对 LED 驱动技术展开研究。主要工作包括：开发了一款适用于大屏幕显示的 16 通道 LED 恒流驱动芯片，完成版图验证和后仿真；提出一种功率因数校正的控制方法，基于此方法开发出一款具有功率因数校正的 LED 照明芯片原型电路；对现有中低压工艺进行改造，开发出高压 LDMOS 器件，并成功应用到一款 AC/DC LED 照明驱动芯片设计中。

本文解决的关键技术问题有：

(1) 在 16 通道 LED 恒流驱动芯片中，通过设计电流调节电路，实现了在较大温度和电压变化范围内实现输出电流恒定不变。通过优化版图布局，降低了通道间输出电流误差。

(2) 在具有功率因数校正的 LED 照明芯片中，通过优化 APFC 控制方法，在满足功率因数 90% 的同时降低了输出电流的峰均比，延长了 LED 的使用寿命。此外，还设计了一种新型的 LED 调光电路，克服了传统可控硅调光中出现的功率因数降低的问题。

(3) 在保持原有中低压工艺流程基本不变的前提下，通过改变设计规则和部分工艺参数，设计出工艺兼容的高压 LDMOS 器件。按照一定的标准提取 SPICE 参数，并成功应用在具体电路设计中，解决了高压器件工艺集成的问题。

关键字：LED 恒流；功率因数校正；高压工艺集成

厦门大学博硕士学位论文摘要库

ABSTRACT

As an environmental friendly lighting source, LED is widely used in display, illumination fields. Different applications lead to unique requirements for LED driver technology. For large screen display, current flow into LED should keep constant with tiny current error. Whereas characters such as high power factor, dimming are demanded for illumination application. Moreover, from perspective of usability LED driver should be fabricated with High-Voltage Integrated technology.

In view of above requirements, LED driver technology is discussed in this thesis. The major work is as follows: A 16-bits constant-current LED driver is designed and has past layout verification and post-simulation stage. A LED driver with APFC function which is proposed in thesis has been finished prototype circuit design. A HV LDMOS device is updated from original low voltage process. After that, it is made use of a design of AC/DC LED illumination driver.

The key technique issues solved in this thesis are as follows:

1. With respect to the 16-bits constant-current driver, the output current is controlled by current regulator to keep constant in wide range of VDD and temperature variation. By optimizing overall arrangement of layout, current error between bits is reduced.

2. By means of special APFC technology, proposed LED driver meets the requirement $PF \geq 90\%$. At the meantime, the average ratio of LED current is decreased. Furthermore, a new type of dimming method based on this APFC technology is proposed. It solves the problem of low PF by TRIAC dimming method.

3. In the premise of keeping most original process parameters of low-voltage technology unchanged, a high-voltage LDMOS device is devised by modifying design rules and partial process parameters. Then the SPICE model of LDMOS is extracted and be used in the design of AC/DC LED driver.

Key words: LED Constant-Current; APFC; High-Voltage Integrated.

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 LED 的发展历程及应用领域	1
1.1.1 LED 的发展历程	1
1.1.2 LED 的应用领域	2
1.2 LED 驱动芯片的发展状况及研究动向	3
1.2.1 LED 驱动芯片的发展现状	3
1.2.2 LED 驱动芯片的研究动向	4
1.3 本文主要工作及章节安排	6
第 2 章 基本理论介绍	9
2.1 LED 驱动技术基本理论	9
2.1.1 LED 联接方式	9
2.1.2 LED 驱动方式	11
2.2 功率因数校正技术基本理论	16
2.2.1 功率因数定义	16
2.2.2 PFC 技术分类	17
2.3 功率集成电路基本理论	21
2.3.1 高压兼容技术	21
2.3.2 常见高压器件	25
第 3 章 16 通道 LED 恒流显示驱动芯片设计	29
3.1 整体设计方案	29
3.2 关键子模块设计	30
3.2.1 串并转换电路	30
3.2.2 电流调节模块	31
3.2.3 过热保护电路	33
3.2.4 上电复位电路	34
3.3 整体仿真结果及版图	36
3.3.1 时序特性仿真	36
3.3.2 电流调节特性仿真	37
3.3.3 电路恒流特性仿真	38
3.3.4 电路版图	40
第 4 章 具有功率因数校正的 LED 照明芯片设计	43
4.1 整体设计方案	43
4.2 基本原理介绍	44
4.2.1 APFC 功能实现方法	44
4.2.2 输出电流的检测及反馈	46
4.3 关键子模块设计	47

4.3.1	辅助电源电路.....	47
4.3.2	振荡器电路.....	49
4.3.3	模拟乘/除法器.....	51
4.3.4	调光电路.....	56
4.3.5	欠/过压保护电路.....	58
4.4	整体仿真结果.....	59
4.4.1	APFC 功能测试.....	59
4.4.2	调光功能测试.....	60
第 5 章	高压 LDMOS 器件工艺仿真及模型提取.....	63
5.1	高压 LDMOS 设计.....	63
5.1.1	原有工艺介绍.....	63
5.1.2	高压工艺设计.....	66
5.2	高压 LDMOS 模型提取.....	69
5.2.1	SPICE 模型标准.....	69
5.2.2	模型提取流程.....	70
5.3	结果分析.....	73
5.3.1	器件仿真结果分析.....	73
5.3.2	器件模型提取结果.....	76
第 6 章	单片集成的 AC/DC LED 照明芯片设计.....	79
6.1	整体设计方案.....	79
6.2	关键子模块设计.....	80
6.2.1	电压预调整电路.....	80
6.2.2	前沿消隐电路.....	82
6.2.3	电平移位电路.....	84
6.2.4	单稳态触发器.....	85
6.3	整体仿真结果.....	87
6.3.1	功能仿真.....	87
6.3.2	功耗分析.....	88
第 7 章	总结与展望.....	91
7.1	工作总结.....	91
7.2	工作展望.....	91
	参考文献.....	93
	读硕士期间发表的论文.....	99
	致 谢.....	101

CONTENTS

1. Preface	1
1.1 History and Application of LED	1
1.1.1 History of LED.....	1
1.1.2 Application of LED.....	2
1.2 Development and Concern of LED Driver	3
1.2.1 Development of LED Driver	3
1.2.2 Concern of LED Driver	4
1.3 Main Contents and Synopsis	6
2. Basic Theory	9
2.1 Theory of LED Driver.....	9
2.1.1 Topology of LED	9
2.1.2 Drive Methods of LED.....	11
2.2 Theory of PFC	16
2.2.1 Definition of PFC.....	16
2.2.2 Classification of PFC.....	17
2.3 Theory of PIC.....	21
2.3.1 HV Compatibility Technology	21
2.3.2 Common HV Devices	25
3. Design of 16-bits Constant-Current LED Driver	29
3.1 System Solution.....	29
3.2 Design of Critical Submodule	30
3.2.1 Serial-to-Parallel Converter	30
3.2.2 Constant-Current Regulator.....	31
3.2.3 Over-Heat Protection Circuit	33
3.2.4 Power-on Reset Circuit.....	34
3.3 Simulation Results and Layout.....	36
3.3.1 Simulation of Function	36
3.3.2 Simulation of Current Regulation	37
3.3.3 Simulation of Constant-Current Character	38
3.3.4 Layout.....	40
4. Design of LED Driver with APFC Function.....	43
4.1 System Solution.....	43
4.2 Basic Theory.....	44
4.2.1 Technique of APFC.....	44
4.2.2 Detection and Feedback of Output Current	46
4.3 Design of Critical Submodule	47
4.3.1 Auxiliary Power Source	47

4.3.2 Oscillator Circuit	49
4.3.3 Analog Multiplier/Divider	51
4.3.4 Dimming Circuit	56
4.3.5 UVP/OVP Circuit.....	58
4.4 Simulation Results	59
4.4.1 Simulation of APFC Function	59
4.4.2 Simulation of Dimming	60
5. LDMOS Design and Model Extraction.....	63
5.1 Design of LDMOS	63
5.1.1 Original Process	63
5.1.2 Modification of Process.....	66
5.2 Extraction of LDMOS Parameters.....	69
5.2.1 Standard of SPICE Models	69
5.2.2 Extraction Flow	70
5.3 Results Analysis	73
5.3.1 Device simulation Results	73
5.3.1 Model Extraction Results	76
6. Design of AC/DC LED Driver with HV Integrated	79
6.1 System Solution.....	79
6.2 Design of Critical Submodule	80
6.2.1 Pre-regulator Circuit.....	80
6.2.2 LEB Circuit.....	82
6.2.3 Level-Shift Circuit	84
6.2.4 Monostable Circuit	85
6.3 Simulation Results	87
6.3.1 Simulation of Function	87
6.3.2 Power Consumption Analysis.....	88
7. Summary and Future Work.....	91
7.1 Summary	91
7.2 Future Work	91
References	93
Published and Submitting paper list.....	99
Acknowledgement.....	101

第1章 绪论

1.1 LED 的发展历程及应用领域

1.1.1 LED 的发展历程

LED (Light Emitting Diode) 是一种具有二极管电子特性发光半导体组件。它的核心是一个由 P 型和 N 型半导体组成的“PN”结。PN 结根据其端电压构成一定的势垒,当加正向偏置电压时势垒下降, P 区和 N 区的多数载流子向对方扩散。由于电子迁移率 μ 比空穴迁移率大得多,出现大量电子向 P 区扩散,构成对 P 区的少数载流子的注入。这些电子与价带上的空穴符合,复合时得到的能量以光能的形式释放。这就是 PN 结发光的原理。

自 1907 年 Henry Joseph Round 第一次在碳化硅里观察到电致发光现象之后,半导体发光材料得到了极大的发展。20 世纪 50 年代,英国科学家在电致发光的试验中使用半导体砷化镓,发明了第一个具有现代意义的 LED,并于 20 世纪 60 年代正式商用。20 世纪 60 年代末,第一个可见红光的 LED 面世。随后,LED 在发光颜色、光强等方面的特性不断得到提升,并开始被广泛应用于文字点阵显示、汽车信号灯等领域。20 世纪 90 年代,科学家用 GaN (氮化镓)作为发光材料中,制造出了超亮度蓝光 LED 芯片。在丰富了色彩的同时,开创了半导体照明的新时代。因为蓝光 LED 是白光 LED 的核心。在这个发光芯片上涂上荧光磷,然后荧光磷通过吸收蓝色光源,可以转化为白光。利用这种技术可以制造出任何可见光 LED。

白光 LED 的出现是 LED 从标识功能向照明功能跨出的实质性一步,其意义不亚于爱迪生发明白炽灯。与传统照明工具相比,半导体照明在功耗及寿命方面均有不可比拟的优越性。目前,白光 LED 仍处在初期发展阶段。但由于它独特的优点,这种固态照明光源已广泛应用于手电照明、LCD 背光源、汽车内照明等领域。在可以预见的未来,高效率的白光 LED 必将取代传统的白炽灯和荧光灯,成为 21 世纪的新兴光源。

1.1.2 LED 的应用领域

自从 1968 年第一批 LED 开始进入市场至今已经有 40 多年，随着新材料的开发和工艺的改进，LED 趋于高亮度化、全色化。氮化镓基底的蓝色 LED 出现后，更是扩展了 LED 的应用领域。LED 的主要应用领域包括大屏幕彩色显示、照明灯具、激光器、多媒体显像、LCD 背光源、探测器、交通信号灯、仪器仪表、光纤通信、海洋光通信、图形识别等。但目前主要还是集中在显示和照明领域。

在显示领域，目前 LED 被应用于背光源和户外显示屏。早在 1998 年，手机就开始使用 LED 作为显示器的背光源。手机产量的持续增长带动了背光源市场的快速发展。但随着手机产量进入平稳增长阶段以及技术提升导致手机液晶面板背光源 LED 数量减少，使得 LED 在背光源中用量增速放缓[#]。最新研究表明，LED 背光源正在向液晶电视机进军。日本索尼公司推出了世界上第一台利用 LED 背光源的液晶电视机，LED 作为液晶显示背光源的前景是非常看好的^[1,2]。LED 在显示屏幕中的应用占到 LED 应用的 20%~25%，是目前 LED 的主要应用市场。显示屏可分为单色和彩色两种，单色屏一般用于室内外信息显示，主要用在公共场所，如机场、车站、道路、银行等，以显示文字和数字信息为主。彩色屏幕以显示广告居多，全彩色 LED 大屏幕显示用于体育场馆和广场等室外场所，可以显示比赛现场的动态画面。这类大屏幕已经成为大型体育馆的必要设备。

在照明领域，LED 可以用在汽车照明、建筑装饰照明、固体照明灯等领域。LED 用于汽车最早是 20 世纪 80 年代中期，当时主要用于汽车的高位刹车灯。近些年，随着超高亮度 LED 技术的发展，LED 已经被广泛应用于汽车的尾灯照明。在车厢内 LED 可用作顶灯、阅读灯、仪表盘灯和门灯。由于 LED 尺寸小，便于亮度和颜色的动态控制，在建筑装饰照明中也被广泛采用。例如商场橱窗的照明。这是典型的商业应用，可充分运用 LED 光和色的变化吸引顾客的眼球。另外，在一些餐厅和娱乐场所也可以采用 LED 进行装饰和点缀。而全色超高亮度 LED 的实用化和商品化，使得 LED 成为未来照明光源市场最有竞争力的新型电光源。对于相同发光亮度的白炽灯和 LED 固体照明灯来说，后者的功耗只占前者的 10%~20%，且寿命是前者的数十倍。这种体积小、重量轻、节能、长寿命的固体光源必将对传统光源市场带来冲击^[3,4]。

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库