

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920071151138

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

带输出电压检测反馈的电视背光

恒流 LED 驱动器

TV backlight LED driver with Output

Voltage sample and Feedback

胡思静

指导教师姓名: 冯 勇 建 教 授

专 业 名 称: 测 试 计 量 技 术 及 仪 器

论 文 提 交 日 期: 2010 年 5 月

论 文 答 辩 日 期: 2010 年 5 月

答 辩 委 员 会 主 席: _____

评 阅 人: _____

2010 年 5 月

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):

200 年 月 日

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 2013 年 12 月 1 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

摘 要

本文针对应用于 LCD 背光的 LED 驱动器中存在的由 LED 制作工艺误差和使用时温升带来的正向电压偏差，导致额外的功率损失，提出了一款新型的 LED 驱动器的设计。传统设计的 DC-DC 电路不随 LED 负载动态调节输出电压，需根据最大负载设计 DC-DC 电源，在负载有偏差的情况下，系统效率下降、温度增加。本文使用通过检查输出端电压来控制反馈电流的方法，调节 DC-DC 的输出电压匹配负载动态变化，提高系统效率、解决恒流芯片的发热问题。

本文研究工作如下：

综合考虑器件成本和性能的要求，选取了 UMC 公司的 0.5 μ m 线宽、5V/40V 高压工艺并应用 BCDMOS design rule 的设计参数对 LED 驱动器的承载电压、输出电流和功耗温升进行极限条件分析计算，确保芯片在该工艺下的运行安全性。

针对 DC-DC 电路输出电压不随负载动态调节的问题，首次提出了在恒流芯片上对负载输出端电压检测来控制反馈电流的采样、比较、放大、电流转换电路，解决了原有电源设计中功耗问题，有效地减少芯片发热，提高系统效率。

针对反馈电流对 boost 升压电路的负载耦合控制，进行 boost 电路反馈环路分析，在 boost 反馈端输入电流，达到输出电压跟随负载压降变化的目的。

针对 LCD 背光驱动器的高精度、高性能的要求，本文通过输出端电阻反馈控制输出端电流提高恒流阻抗；在输出端嵌入快速启动电路减少输出端电流建立时间，实现高阶 PWM 灰度调节；设计 Laser trim 电路调整芯片参数，通过激光对 fuse 模块进行修改，调整芯片参数，使输出电流片间误差小于 1%。

完成芯片各个模块电路设计、仿真和版图设计；对流片封装后芯片各项性能参数进行机台测试，达到预期指标；在系统实际应用中，芯片达到应用要求。

该 LED 驱动器的性能良好，在国内处于领先地位，具有广泛的市场前景。

关键词：CMOS；电视背光；DC-DC

ABSTRACT

This thesis applies a new type TV backlight LED drive design for solving the power lost causing by the forward voltage deviation in temperature rise or process drift. In traditional power system design, the output voltage can't change with the loading so the power design has to cover the maximum loading. When there is deviation in the LEDs, the efficiency of the system will decrease. The new design can detect the loading and convert it to the feedback signal to control the DC-DC output. The system efficiency with this new design can be much improved.

The work in this thesis is listed as follow:

Select the 0.5 μ m 5V/40V high voltage BCDMOS process by UMC Inc., carefully analysis and calculate to assure that chip runs under the process safety.

For the purpose of the DC-DC output voltage regulating with the loading, here first time use the output loading detecting, sampling, amplification, current conversion circuit to generate the feedback signal to control the DC-DC output. It reduces chip heating and improves system efficiency.

Anlyze the structure and feedback loop of the DC-DC step-up circuit, we use the current injecting in boost feedback input to adjust the boost output voltage.

Design the output resistor feedback for keeping the output current constant. Add a quick start circuit to reduce output setup time to achieve high PWM gray scale adjustment. Add laser trim block for adjust the current amplify ratio for the high current accuracy (mismatch less than 1%) in TV backlight application.

Finish all the design and simulations in detail. Finish the layout, process and evaluation. The product can meet all of the design spec.

It has outstanding performance, so it can be adapt to use in LCD TV backlight.

Key Words: CMOS; TV backlight; DC-DC

目 录

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
第 1 章 绪论.....	1
§ 1.1 LED 光源及其驱动器的概述	1
§ 1.2 LED 驱动器的分类和比较	3
§ 1.3 本课题的主要工作	6
第 2 章 晶圆工艺、封装工艺及芯片安全运行分析.....	9
§ 2.1 晶圆工艺的确定	9
§ 2.2 封装型号的确定	11
§ 2.3 芯片运行安全性分析	13
第 3 章 恒流驱动芯片架构与 DC-DC 反馈调节分析.....	15
§ 3.1 恒流驱动芯片的基本架构	15
§ 3.2 DC-DC 的反馈控制	19
第 4 章 LCD 背光驱动恒流芯片的模块设计.....	36
§ 4.1 恒流输出级电路设计	36
§ 4.2 电流偏置电路的设计	47
§ 4.3 电压比较与反馈电流输出电路的设计	52
§ 4.4 带隙基准设计与 laser trim 模块	56
§ 4.5 内部 5V 低压电源 LDO 的设计	67
§ 4.6 数字电路与 PWM 计数器的设计	72
§ 4.7 恒流输出端短路保护电路	78
第 5 章 器件的版图、制作及测试.....	81
§ 5.1 器件的版图	81
§ 5.2 器件的制作	85

§ 5.3 器件的测试	86
结论.....	94
参考文献.....	95
攻读硕士学位期间发表的论文	99
致 谢.....	100

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

Abstract in Chinese	I
Abstract in English	II
Chapter 1 Introduction	1
§1.1 The overview of the LED and LED driver	1
§1.2 Common LED driver classification and comparison	3
§1.3 Main work of the subject	6
Chapter 2 Selection of process and package, and analysis for the safe operation of the chip	9
§2.1 Selection of process	9
§2.2 Selection of package	11
§2.3 Analysis for the safe operation of the chip	13
Chapter 3 Design of the architecture of Constant Current Driver and Analyzing the DC-DC feedback regulation	15
§3.1 the architecture of Constant Current Driver.....	15
§3.2 the principle of the Output Feedback Control of DC-DC	19
Chapter 4 Design of the sub-blocks of the TV backlight constant current driver	36
§4.1 Design of a constant current output stage	36
§4.2 Design of a current Bias Circuit.....	47
§4.3 Design of a output voltage detection block and feedback current generate circuit	52
§4.4 Design of a bandgap and the laser trim block	56
§4.5 Design of a internal 5V LDO voltage power supply	67
§4.6 Design of a Digital control block and PWM counter	72

§4.7 Design of a output stage short-circuit protection block	78
Chapter 5 The Layout、 Package and Testing of Device.....	81
§5.1 Layout of Device	81
§5.2 Package of Device	85
§5.3 Testing of Device	86
Conclusion.....	94
Reference	95
Acknowledgements	99
Thanks	100

第 1 章 绪论

§ 1.1 LED 光源及其驱动器的概述

§ 1.1.1 LED 光源

半导体发光的第一份报告来自于英国微波工程师 Henry Joseph Round (1907 年), 纪录了在碳化硅里面观察到黄色辉光产生的电致发光现象^{[1][6]}。到了 20 世纪 50 年代, 在新泽西州万茂堡的通信兵工程实验室中, 才出现了现代 LED 的雏形, 制造了橙色发光器件, 而绿色, 红色和黄色器件分别在 60 年代和 70 年代相继出现, 但它们的效率仍然很低。

在 1970 年 1 月 17 日, 贝尔实验室将单个或多个磷光体用于荧光屏发光, 在美国申请专利 (专利号: 3,691,482), 同时也建立起广的波长转换原理^[2]。

20 世界 90 年代早期是 LED 发展的一个飞跃时期, 中村修二在日本德岛的日亚化学公司 (Nichia Corp), 利用氮化镓为基础的化合物半导体为发光材料, 研制出第一个有历史意义的蓝光 LED。

90 年代中期, 出现了超亮度的氮化镓 LED, 它的光强是当时普通蓝光 LED 的五倍。超亮度蓝光芯片是白光 LED 的核心, 在这个发光芯片上抹上荧光磷, 然后荧光磷通过吸收来自芯片上的蓝色光源再转化为白光, 利用这种技术可制造出任何可见颜色的光, 今天在 LED 市场出现新奇颜色的 LED 器件, 如浅绿色和粉红色就是这种技术的扩展。

1999 年 12 月 7 日 Nichia 利用基于石榴石的 GaN LED 磷光体发光, 在美国获得了第一个白光 LED 的专利^[3]。

进入 21 世纪, LED 在向大功率、高亮度, 最大光提取效率迈进, 飞利浦 Lumileds 公司与飞利浦 Research 公司的研究人员研制出一种使用光子晶体结构的蓝光 LED, 在未封装的情况下, 其光提取效率预计可达 73%^[4]。

与其他光源相比, LED 的发光效率有着绝对的优势, 而且随着半导体技术发展, 其发光效率还在不断提高。传统的白炽灯泡, 浪费了百分之九十的功率在发热上, 仅仅能提供大约 16lm/W。日光灯管比起白炽灯要好得多, 最好的

日光灯管能提供 100lm/W。但即使这样，他们在 LED 面前仍然显得苍白无力。目前世界的最先进的白光 LED 能提供 250lm/W，而且 LED 的发展脚步仍然继续，要达到 300lm/W 指日可待^[6]。

LED 具有广阔空间的发展空间，美国，日本，韩国等国家和地区，均已经进行了 LED 战略发展规划和部署，美国 2000 年制定的“NGLP”已被列入国家能源法案，主要内容有：减少 2.58 亿吨碳污染，少建 133 座新的发电厂，2010 年 55% 的白炽灯和荧光灯由 LED 取代，2025 年 LED 产业突破 500 亿美元大关，提供百万级的就业机会等；日本于 1998 年制定了“21 世纪照明计划”，2006 年已实现全国过半的照明系统改为 LED 照明，目前日本已经在实施第二阶段发展计划了，即 2010 年以前，120Lm/W 光效的 LED 产业化。我国也在“十五”攻关计划中紧急启动了 LED 等关键项目，不久的将来，如果我们国家的照明由 LED 取代，每年可节省 1000 亿度电能，相当于一个三峡工程了。21 世纪，全球最主导的产业排序中，首当其冲的就是光电产业。

在能源紧缺的今天，节能，高效，环保的概念是科技的发展趋势。LED 的巨大优势是其他照明产品所不具备的，这些优点显示出 LED 巨大的市场前景和潜力。

§ 1.1.2 LED 光源在 LCD 电视背光的应用情况

LCD 电视以电流改变液晶分子排列状态，给液晶施加不同的电压就能控制光线的通过量，从而显示多种多样的图像。但是液晶本身并不发光，因此需要背光源。传统的 LCD 背光光源是之用 CCFL (冷阴极荧光灯) 作为电视背光，LED 光源与之相比有着色域广、寿命长、环保节能特点。

CCFL 背光源是激发荧光粉发光的，其发光光谱中杂余成分较多，色纯度低，导致其色域小，通常只有 NTSC 的 70 % 左右。而 LED 的发光光谱窄，色纯度好，用三基色 LED 混光的背光源具有很大的色域和优秀的色彩还原性，通过选择合适三基色，可以达到 NTSC 的 105 % 以上，比传统 CCFL 背光源的色域扩展了大约 50 %。

一般来说，LED 背光源的使用寿命要比 CCFL 更长一些。不同 CCFL 的额定使用寿命(半亮)在 8,000~100,000 小时之间，而 LED 背光源则可以达到 CCFL 的两倍左右。而且为了增强性能而采用了改进设计的 CCFL 背光的使用寿命还

会更低一些。

此外, 由于电路设计方面的原因, 采用 LED 背光源的 LCD 的体积还有望更加小巧, 而且电路设计的成本也将大大降低。

在以 CCLF 冷阴极荧光灯作为背光源的 LCD 中, 其所不能缺少的一个主要元素就是汞, 也就是大家所熟悉的水银, 而这种元素无疑是对人体有害的。

虽然目前厂商方面已经尽力在降低荧光管中的汞含量, 但是完全无汞的荧光管会带来一些新的技术问题, 暂时看到不到实现的前景。而反观 LED 背光源, 其优势在于完全不含汞, 符合绿色环保的时尚。

LED 背光源非常节电。其功耗要比 CCFL 冷阴极背光灯更低一些。LED 内部驱动电压远低于 CCFL, 功耗和安全性均好于 CCFL (CCFL 交流电压要求相对较高, 启动时达到 1, 500~1600 Vac, 然后稳定至 700 或 800Vac), 而 LED 只需要在 12~24Vdc 或更低电压下就能工作。

另外, LED 背光可以让液晶电视做到超薄的外观要求。LED 背光源中的侧光式 LED 应用在电视用 LCD 背光模块, 其厚度皆较 CCFL 型直下式及侧光式、及 LED 直下式还薄, 以三星电子 40 英寸、厚度 10mm TV 用 LCD 面板而言, 其背光模块厚度仅约 5mm。对于侧光式 CCFL 型背光模块而言, 因 CCFL 灯管直径较 LED 封装后的厚度还高, 故侧光式 LED 背光的 LCD 面板厚度能作到比 CCFL 侧光型还薄。

§ 1.2 LED 驱动器的分类和比较

§ 1.2.1 LCD 电视背光对 LED 驱动器的要求

芯片的特性与功能, 离不开相关的参数标准。首先驱动芯片的最大输出电压是关键指标, 因为电视背光需要用到大量的 LED, LED 的连接通常是串联并联同时应用, 在需要相同亮度的区域使用串联连接, 是通过 LED 的电流一致, 在需要亮度独立控制的区域使用不同通道的并联连接, 使输出通道的平均电流可以同 PWM 占空比的不同来独立调节。串联 LED 的数目越多, 相当于芯片在该通道关断时候的承压越大。芯片输出通道的最大承压和通道数决定了它能够支持的 LED 数量。其次, 芯片通道间与芯片片间电流匹配度也是关键的因素。显示器和电视中的 LED 通常会消耗 40~120mA (在一些应用中 LED 还需要高达

350mA 的电流)。因为 LED 的光输出取决于电流, 所以严格地满足所有 LED 的电流需求是很重要的, 尽管同所有其他电子零部件一样, 每个 LED 的特性也不尽相同。如果不将这些差异降至最低, 那么在显示器上将会出现明显的亮度不均匀。驱动 IC 对电流进行控制, 将电流的变化维持在电流匹配规范所指定的很小的范围内, 对笔记本显示器而言, 较理想的目标是 $\pm 2\%$ 或更小, 液晶电视则是 $\pm 1\%$ 。

LED 的许多属性会随着 LED 电流的变化而变化, 所以亮度调节功能应该使用脉宽调制 (PWM) 控制来实现, 保持导通状态下的电流恒定不变^[12]。使用 PWM 控制是最好的选择。在 PWM 频率选择中过低的频率 (20KHz 以下) 可能会产生人耳能够听到的噪声。通过选择支持 PWM 频率范围宽 (包括那些人耳听不到的频率) 的器件, 能够避免这个问题。驱动芯片调节 LED 亮度时能够实现的粒度或精度取决于芯片的位数。这个数字越大, PWM 信号能够划分的增量就越小, 就能够提供更好的亮度控制。在驱动芯片的规范中, PWM 高/低电平的转换时间应该越短越好, 这样才能够保证即使在占空比很小的情况下, 输出的也是精确的方波脉冲。这一点对于确保更严格的电流匹配以及线性度更好的亮度调节范围是必不可少的^[7]。

在高 PWM 速率下, 如 1MHz, 能够提供低至 1 个最小有效位 (LSB) 的线性亮度调节的驱动芯片能够提供最好的性能。但是, 转换速率也不能太快, 因为更高的频率可能会引起振荡以及其他形式的电磁干扰 (EMI)^[8]。50ns 左右的速度能够满足这个需求, 同时将效率最大化。尽管有些 LED 驱动 IC 不带有通信接口, 但是在许多背光应用中所使用的器件最好带有这项功能, 而且这种接口对于带有板载 PWM 发生器的器件特别重要。这种接口简化了编程、故障监控以及其他功能, 在内部集成电路, I2C 和 SPI 通信接口类型中最为常见。对于那些需要高速更新的系统而言, 低电压差分信号 (LVDS) 等接口变得越来越普遍。

§ 1.2.2 LED 驱动器分类

驱动 LED 的主要目标是产生正向电流流过器件, 这可采用恒压源或恒流源来实现^[8]。使用恒压源驱动几个并联 LED 需要使用限流电阻, 主要起过流保护作用。这个方法的主要缺点是: 各个 LED 上的实际电压降是不一样的, 由于 LED 正向电压降不同而造成电流变化, 因而发光的强度也不一样。比较理想的

解决方案是采用恒流源驱动，恒流驱动能在一定的输出电压变化范围内，保持输出电流不变。它能避免 LED 正向电压改变而造成的电流变动，通过调节芯片的偏置电流可以精确设定流过 LED 的电流。即使用可控制的恒定正向电流，就能提供可控制的恒定显示亮度。

其中常见的有 DC/DC 转换器、charge pump 以及恒流驱动器^[8]。

DC-DC 转换器的原理是通常开关电路与储能元件的连接，在输入电压、内部参数及外接负载变化的情况下，控制电路通过被控制信号与基准信号的差值进行闭环反馈，调节集成电路内部开关器件的导通脉冲宽度，使得输出电压或电流等被控制信号稳定^[9]。DC-DC 转换器的优点是效率高。在理想情况下储能元件和开关电路是不会消耗功率的，即 DC-DC 电路的理论效率是 100%，实际上，由于开关元件的导通阻抗，电感电容元件的寄生电阻的因素，使 DC-DC 电路的效率有所降低，不过相对于直流恒流/恒压电路而言，效率还是很高。但是 DC-DC 由于误差放大器的影响，回路增益及响应速度受到限制，很难使 LED 电流精确设置。目前在照明 LED 领域，DC-DC 方案非常流行，但在电流精度要求很高的现实背光产品中，DC-DC 通常只作为稳压电源应用，电流设置的工作仍需要恒流驱动芯片完成。

charge pump 电荷泵解决方案是利用分立电容将电源从输入端送至输出端，整个过程不需要使用任何电感^[9]。若不考虑电容和开关元件的寄生阻抗，Charge pump 的效率也是不错的，而且不需要使用电感，因此 charge pump 可以应用于 PCB 空间不足の場合，例如作为手机或 POD 内部电源，输出比电池电压更高的供电电源，使电池电量使用的更充分，延长电池寿命等。charge pump 主要缺点是只能提供有限的电压输出范围（输出一般不会超过 2 倍输入电压），原因是当多级 charge pump 级联时，其效率下降很明显，因而只适用于输入输出电压相差不大的应用。

恒流驱动方案是使用漏端开路的恒流源对 LED 的导通电流进行设置，同时采样检测输出电流，对其进行反馈调节，保持电流不因负载或者输出电压改变而改变^[8]。由于恒流驱动环路的增益很大，以保证了输出通道的恒流性和电流精确度；而且电路中不存在大电容，环路响应速度较快，配合 PWM 控制信号，可以达到很高的 PWM 灰度显示等级。通常在显示质量要求比较高的場合，都选

用恒流驱动方案。但由于恒流驱动电流源输出端需要一定电压保持恒流，所以其效率远不如 DC-DC 转换器。而且恒流驱动不能对调节输出电压进行调节，因此在设置恒流电路的供电电压时，通常都会使用 LED 的标称最大压降进行设置，以确保恒流端有足够的电压输出，但在一般情况下，输出电压则被设置过高，过多的电压会落在恒流驱动的输出端，使恒流芯片功耗过大。

§ 1.2.3 现今 LCD 电视 LED 背光驱动方案的优缺点及解决办法

根据上面对 LED 驱动方案的分析，恒流驱动方案以其精确的电流设置以及灵活快速的控制方式，被广泛用于 LCD 背光驱动领域。由于电视背光驱动需要 LED 数目比较多（约为 500~1000 颗），为了节省 LED 驱动芯片，通常使用每输出通道 10~12 颗 LED 串联使用，再配合 DC-DC 上压芯片为 LED 供电方案。但在 LED 数目上升到一定数量时，由于 LED 正向导通电压的偏差和温度影响^[1]在串联 LED 上累积的结果，作为 LED 供电电源的 DC-DC 模块的输出电压需要设置比理论普遍值高 4~6V，以覆盖 LED 串在最大正向导通电压偏差下的电压偏移。但是在多数情况下，LED 的正向导通压降都在理论普遍值附近，过多的电源电压会消耗在恒流驱动芯片的输出端，是恒流驱动芯片发热。

由于恒流驱动芯片天生的缺陷，尽管达到很好好的恒流特性，芯片的功耗问题也一样存在，通常大功率恒流芯片都使用 θ_{ja} 较小的封装（通常在 $20^{\circ}/W$ 以下），加强芯片的散热，但散热良好的封装通常体积较大，成本也非常高，不能从根本上解决问题。

如果 DC-DC 电压输出端能根据负载 LED 串的压降动态调节输出电压，即动态调节 DC-DC 供电电源的能量输出，过多的功耗就不会浪费在恒流芯片上，不仅节能环保，而且使恒流芯片不会因为长期工作在过高的温度下而减少寿命，系统工作也会更加稳定。

§ 1.3 本课题的主要工作

本课题是矽恩微电子(厦门)有限公司与海信电子(青岛)有限公司共同定义的应用与 LCD 电视背光驱动的 LED 驱动芯片。

作为面向商业终端的产品，本设计不仅需要有很好的显示技术指标，同时，

在配合系统设计的合理性，和易用性都需要考虑。因而我们需要有创新环路控制结构以实现芯片良好的性能和系统稳定。同时也需要将工艺、封装、电路实现、版图设计进行综合而严谨的考虑分析，以实现芯片设计的性能指标，以及芯片运行的安全可靠。从而保证芯片生产的高成品率，降低芯片在终端用户使用过程中的失效风险。

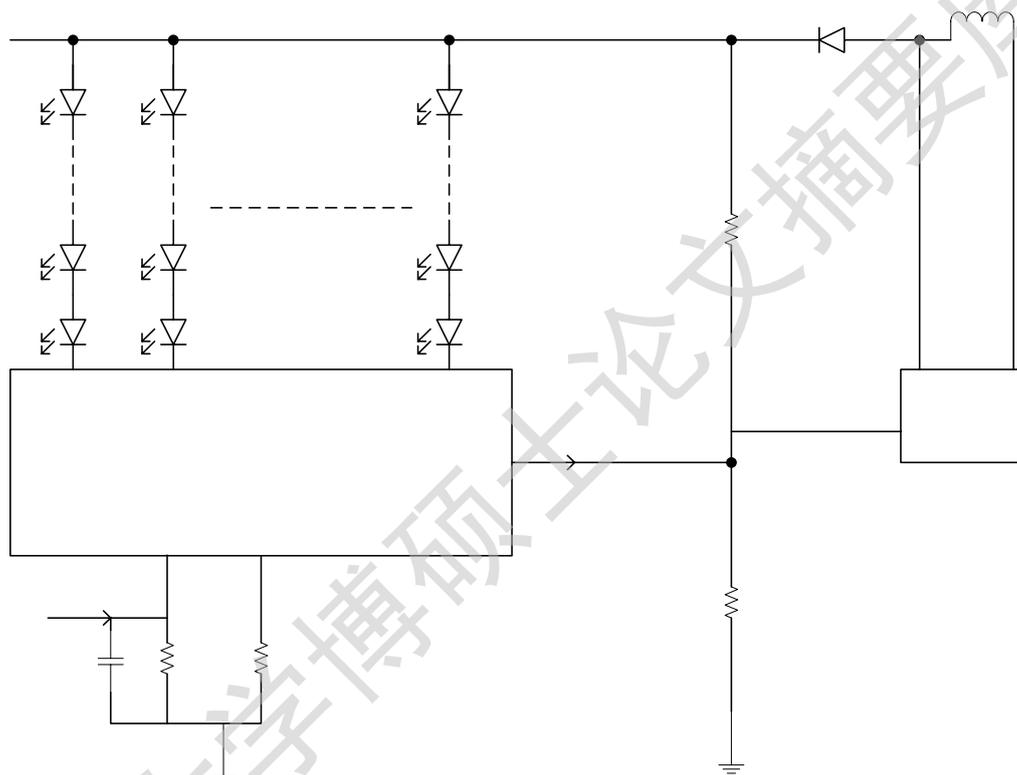


图 1.1 芯片的应用电路示意图

根据上一节我们对 LED 驱动器的分析，在电视背光驱动中，需要实现高灰度控制和精确的匹配度要求，所以本芯片采用恒流驱动模式，通过 PWM 数字模块控制，达到高灰度显示的要求。同时考虑到恒流驱动的效率问题和恒流输出端电压控制的需要，本芯片提高一个可级联的反馈电流输出端。配合 DC-DC 转换器作为 LED 供电电源时，调节 DC-DC 的输出电压，以保证恒流输出驱动电压的同时，限制芯片功耗的增加。图 1.1 是芯片应用电路的示意图。

本课题的主要工作包括：

- 1、综合考虑器件成本和性能的要求，选取了 UMC 公司的 0.5 μm 线宽，5V/40V

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