

基于NSL2163x实现LED电流 档位切换与热降额功能的外部电路设计

AN-14-0004

作者：Jinping zhao, Jian deng



基于NSL2163x实现LED电流 档位切换与热降额功能的外部电路设计

摘要

在尾灯系统中，散热是一个必须重点考虑的问题，尤其是在采用线性 LED 驱动芯片的情况下。此外，由于尾灯系统中通常位置灯和制动灯共用一组LED，但这两种功能下LED亮度等级要求不同，所以需要通过控制信号调节 LED 电流。为解决上述两个问题，本应用笔记介绍了一个NSL2163x 系列 LED 驱动芯片的应用电路示例。该电路采用一个开关 PMOS 管实现输出电流的切换，并利用 NTC 热敏电阻实现热降额功能，从而提升整个系统设计的灵活性与可靠性。

目录

1. NSL2163x LED驱动器概述	2
1.1. NSL2163x芯片简介	2
1.2. 典型应用	2
2. 通过外部电路实现电流档位切换与热降额	3
2.1. 电流档位切换	3
2.1.1. 电路分析	4
2.1.2. 参数设计	5
2.2. 热降额	5
2.2.1. 电路分析	5
2.2.2. 参数设计	6
2.3. 电流档位切换与热降额功能组合	7
2.3.1. 电路分析	7
2.3.2. 参数设计	8
2.4. 多芯片应用	8
3. 原理图设计与测试结果	9
3.1. 原理图设计	9
3.2. PCB设计	9
3.3. 测试结果	10
3.3.1. 电流档位切换	10
3.3.2. 热降额	10
3.3.3. 电流档位切换 + 热降额	11
3.3.4. 采用热降额功能的温度测试结果	11
4. 修订历史	12

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

1.NSL2163x LED驱动芯片概述

1.1.NSL2163x芯片简介

NSL2163x 是一款车规级三通道线性恒流 LED 驱动器，每通道电流能力高达 200mA。并且芯片可接受的供电电源电压范围高达 40V，所以该系列非常适合由汽车电池直接供电的应用场景。

对于线性恒流 LED 驱动芯片而言，散热限制是阻碍其应用于更大电流或更多通道场景的常见问题。NSL2163x LED驱动芯片通过采用独特的热平衡设计，可在输出通道与外部分流电阻之间形成自动功率平衡环路，从而提升输出电流能力。该架构将大部分功耗转移至外部分流电阻，而非器件自身，有效解决了散热限制问题。

NSL2163x 支持全面的诊断功能，包括 LED 开路和对地短路检测。通过配置不同的 FAULT 总线连接方式，NSL2163x 可实现“任一通道故障时全部通道关闭”或“单通道故障时其余通道保持工作”两种工作模式。

图 1.1 为 NSL2163x 的引脚排列图。

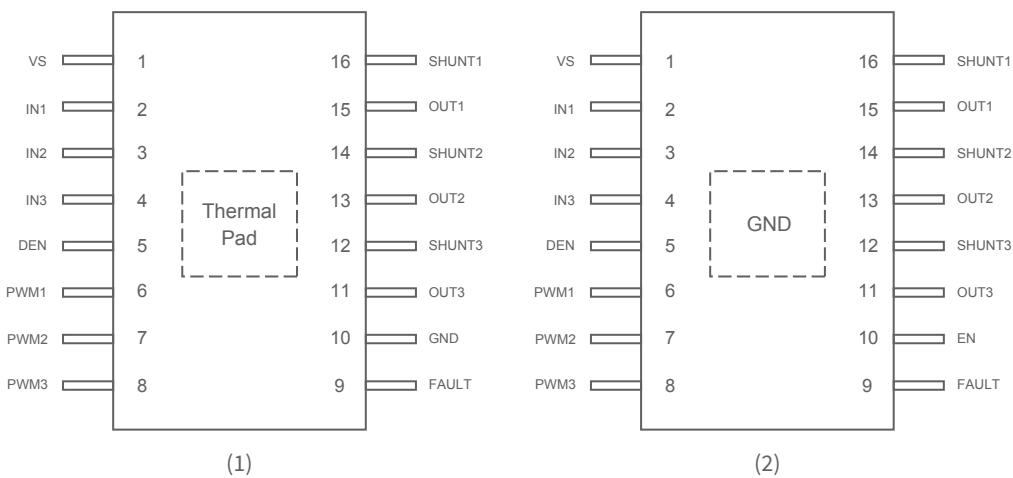


图 1.1 NSL2163x引脚图：(1) NSL21630；(2) NSL21631

1.2.典型应用

NSL2163x 驱动芯片可在无需外部微控制器（MCU）的情况下，直接用于汽车尾灯系统，包括转向指示灯、尾灯、雾灯、制动灯等。

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

NSL2163x 系列支持通过外部 MCU 提供的 PWM 输入信号，对三个通道进行独立调光控制。为实现诸如流水转向灯等更复杂的应用，其 PWM 输入引脚应连接至 MCU 的输出引脚。

图 1.2 为未使用 MCU 的应用电路，图 1.3 为使用 MCU 的应用电路。

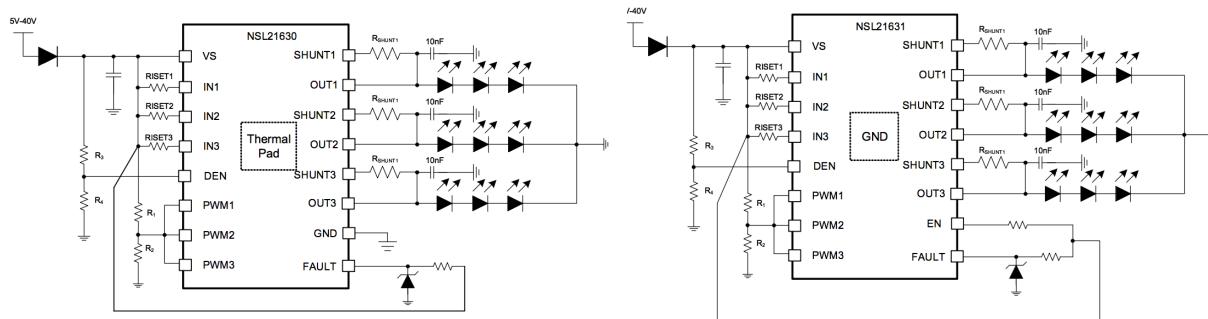


图 1.2 无MCU的NSL2163x 简易应用电路

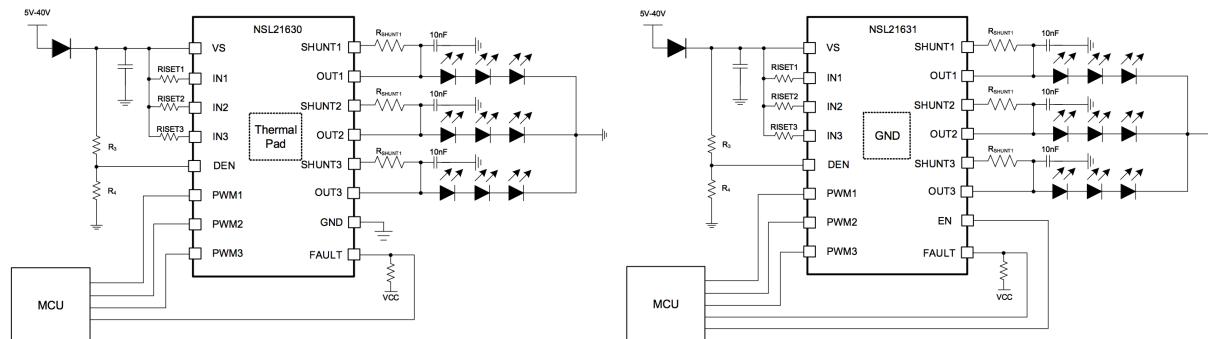


图 1.3 带MCU的NSL2163x 简易应用电路

2.通过外部电路实现电流档位切换与热降额

2.1.电流档位切换

如果 LED 系统需要两种亮度（位置灯和制动灯），这意味着在设计过程中必须实现两个输出电流级别。当使用 NSL2163x 器件作为驱动芯片时，需使用一个外部 PMOS 管来控制设定电阻值以获得不同的电流。详细的外部电路图如图 2.1 所示。

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

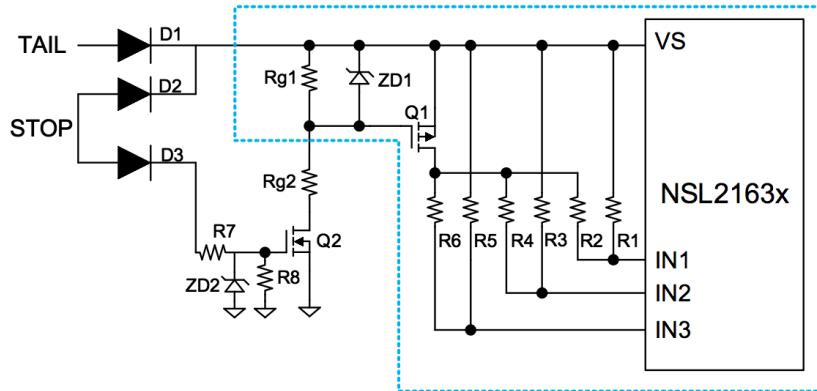


图 2.1 使用 NSL2163x 的电流档位切换电路图

2.1.1. 电路分析

图2.1所示电路有两种工作模式：一种是TAIL（位置灯）模式，另一种是STOP（制动灯）模式。当处于TAIL模式时，终端端口TAIL为高电平，而端口STOP为低电平。此时，二极管D1导通，驱动芯片由TAIL端口供电。在这种情况下，由于栅极电压为低电平，NMOS管Q2关断，输出电流由电阻R1/R3/R5设定。因此，输出电流值为：

$$I_{ch1}=150mv/R1,$$

$$I_{ch2}=150mv/R3,$$

$$I_{ch3}=150mv/R5,$$

其中，150mV是电流环路的调节电压，可在NSL2163x的数据手册中查到。

当处于STOP模式时，终端端口STOP为高电平，而端口TAIL为低电平。此时，二极管D2和D3导通，驱动芯片由STOP端口供电。在这种情况下，由于栅极电压为高电平，NMOS管Q2导通，输出电流由并联电阻组合R1//R2、R3//R4、R5//R6设定。因此，输出电流值为：

$$I_{ch1}=150mv/(R1//R2),$$

$$I_{ch2}=150mv/(R3//R4),$$

$$I_{ch3}=150mv/(R5//R6),$$

显然，R1//R2的等效阻值小于R1，因此STOP模式下的输出电流更高，其亮度也高于TAIL模式。

客户可自行设计具体的电流值以区分不同的亮度等级。

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

2.1.2.参数设计

假设电池电压范围为9 V 至 16 V，且LED驱动器具有足够的压差裕量以保持正常工作。

1: Q2 的栅源电压 V_{gs} 必须大于其阈值电压 V_{th} （通常为2-3V）。建议取 $R_{g1}=10k\Omega$, $R_{g2}=5k\Omega$ 。

2: Q1 的栅源电压 V_{gs} 必须大于其阈值电压 V_{th} （通常为2-3V）。建议取 $R_8=10k\Omega$, $R_7=5k\Omega$ 。

3: 稳压管ZD1/ZD2的保护电压通常不应超过10V。

4: TAIL模式下的设定电阻（ $R_1/R_3/R_5$ ）：其取值取决于目标电流值，例如：

若TAIL模式下的设计电流为75mA，则设定电阻为 $150mV / 75mA = 2\Omega$ 。

若STOP模式下的设计电流为150mA，则设定电阻为 $150mV / 150mA = 1\Omega$ 。

因此， R_1 至 R_6 的电阻值可取为 2Ω 。考虑到Q1的导通电阻 R_{dson} ，电阻 $R_2/R_4/R_6$ 的阻值应小于 2Ω 。

例如，若Q1的 R_{dson} 为 0.2Ω ，则 $R_2/R_4/R_6$ 的阻值可取约为 1.8Ω 。

2.2.热降额

NSL2163x具备热共享功能，可改善芯片的热功耗；同时，其热关断（TSD）保护机制可防止芯片因高温而损坏。然而，热共享功能依赖于PCB布局和环境温度，在散热条件不佳的情况下，可能会因TSD触发而导致FAULT信号反复跳变。为降低尾灯系统热风险并提升系统可靠性，本应用笔记提供了一个实现热降额功能的外部电路示例，如图2.3所示。

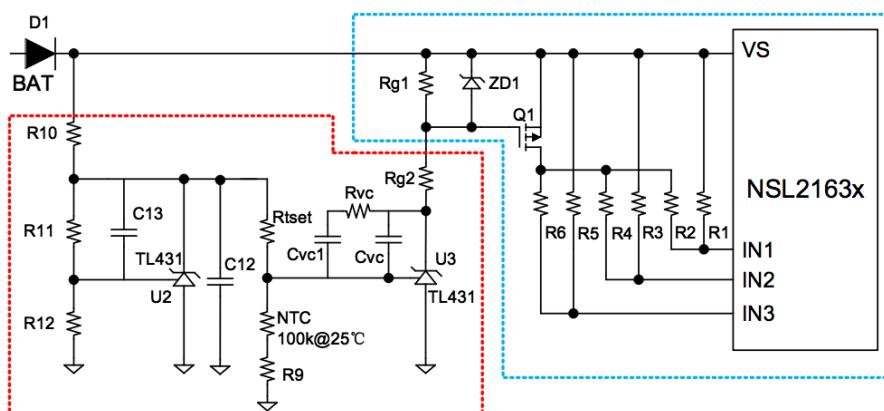


图 2.3采用NSL2163x的热降额电路

2.2.1.电路分析

如图2.3所示，该电路可分为两部分。右侧蓝色虚线框内部分与第2.1节所述电流档位切换电路相同，区别仅在于Q1的控制方式。

当电池（BAT）上电后，电路左侧的TL431（U2）开始工作，其阴极电压由电阻R11与R12的分压比决定。R10为限流电阻。

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

U2的阴极电压作为基准电压源，为由Rtset、NTC热敏电阻和R9组成的分压支路提供电压。NTC热敏电阻用于检测系统温度。NTC与Rtset的取值共同决定了热降额的启动点。该设计基于TL431的特性，即其REF引脚电压控制阴极与阳极之间的电流。TL431的REF端基准电压为2.5V。NTC热敏电阻必须尽可能靠近热源放置，建议在热源与NTC热敏电阻之间使用导热硅脂。

右侧的TL431（U3）构成Rg1和Rg2的电流吸收支路，该支路决定了Q1的栅极电压。Cvc、Rvc和Cvc1为补偿与反馈电路。

在实际应用中，尾灯系统上电后温度持续升高。在达到热降额启动点之前，三个通道的输出电流分别由电阻R1//R2、R3//R4、R5//R6设定。因为此时U3的REF引脚电压高于2.5V（NTC电阻比较大，所以分压比例大），U3从VS吸收较大电流，导致Rg1上产生较高压降，从而使Q1完全导通。

随着温度升高，NTC热敏电阻的阻值下降，U3的REF引脚电压持续降低。当REF引脚电压低于2.5V时，U3将关断，Q1栅源极之间的电压降随之消失。因此，输出电流降低至仅由R1、R3、R5设定的小电流值。最终，系统在温度与功耗之间达到平衡。当温度恢复至较低值时，输出电流亦将随之恢复。

2.2.2.参数设计

假设电池电压范围为9V至16V，且LED驱动器具有足够的压差裕量以保持正常工作。

1: U2的输出电压可设计为5V，因此R11/R12的分压比为1，R11与R12阻值可取5kΩ。

2: 限流电阻R10可通过以下公式计算：

$$(BAT-5)/I_{need}$$

其中I_{need}为控制环路（包括两个TL431）所需电流，通常4mA已足够。因此R10阻值可设计为 $(9V-5V) / 4mA = 1k\Omega$ 。注意R10为功率电阻，建议选用更大封装或并联多个电阻。

3: C13、Rvc、Cvc和Cvc1为补偿与反馈电路，可设计为：

$Rvc=1M\Omega$, $Cvc=10\mu F$, $Cvc1=C13=100pF$ 。

4: C12为去耦电容，建议选用100nF或更大容值。

5: 稳压管ZD1/ZD2的保护电压通常不应超过10V。

6: 设定电阻选择：

取决于目标电流值，例如：

若正常模式下设计电流为150mA，则设定电阻为 $150mV / 150mA = 1\Omega$ 。这意味着VS与INx引脚之间的等效电阻为1Ω。

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

7：热降额启动点设计：

- 1)：R9可选取10kΩ。
- 2)：必须通过NTC数据手册获知其温度曲线。注意，热源与NTC之间的温度梯度（T_{ntc}：即热源温度与NTC实际感知温度之差）必须通过实际PCB测试获得。例如，热源温度为120°C时，NTC测得温度为80°C，则T_{ntc}为40°C。
- 3)：当R_{test}/(NTC+R9)的比值等于1时，热降额功能启动。
若降额启动点设定为120°C且T_{ntc}为40°C，则R_{test}的阻值应根据80°C条件下的NTC阻值进行选取。

2.3.电流档位切换与热降额功能组合

若在同一PCB上需要同时实现电流档位切换与热降额功能，这意味着在STOP模式（大电流）下需要启用热降额，而在TAIL模式（小电流）下由于功耗较低则无需进行热降额。在此情况下，需采用另一种结合电流档位切换与热降额功能的电路，如图2.4所示。

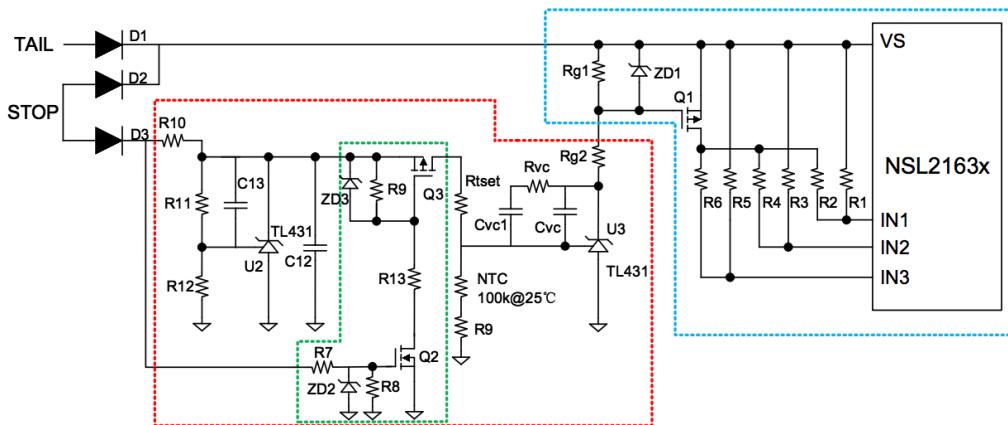


图 2.4采用NSL2163x实现电流档位切换与热降额功能组合的电路

2.3.1.电路分析

与图2.3所示的热降额电路相比，此电路增加了一个由Q3和Q2组成的控制环路，如图中绿色虚线框所示。该控制环路的功能是启用或禁用电流档位切换及热降额电路。

由R7和R8构成的分压支路用于提供Q2的栅极电压。而由R9和R13构成的分压支路则用于提供Q3的栅极电压。

其余电路分析与第2.1节和第2.2节相同。该电路本质上是第2.1节和第2.2节所述电路的组合，因此在此不再赘述。

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

2.3.2.参数设计

本电路中新增的元件参数如下：

- 1: Q3是与Q1类似的PMOS管，其选型原则与Q1相同。
- 2: R9和R13的选型与第2.1节中的Rg1和Rg2相同。
- 3: R7和R8的参数已在第2.1节中说明。

2.4.多芯片应用

在许多实际的尾灯系统中，需要多个通道来实现诸如流水灯、迎宾灯、警示灯等多种LED效果，这意味着单块PCB上会使用不止一颗驱动芯片。在此类多芯片应用场景下，前述外部电路依然适用，并且许多元器件可以实现复用。例如，在电流档位切换应用中，NMOS管Q2及其分压支路可作为共用部分，如图2.5所示。图中蓝色虚线框内包含驱动芯片及多个外部元器件的部分则为独立部分。

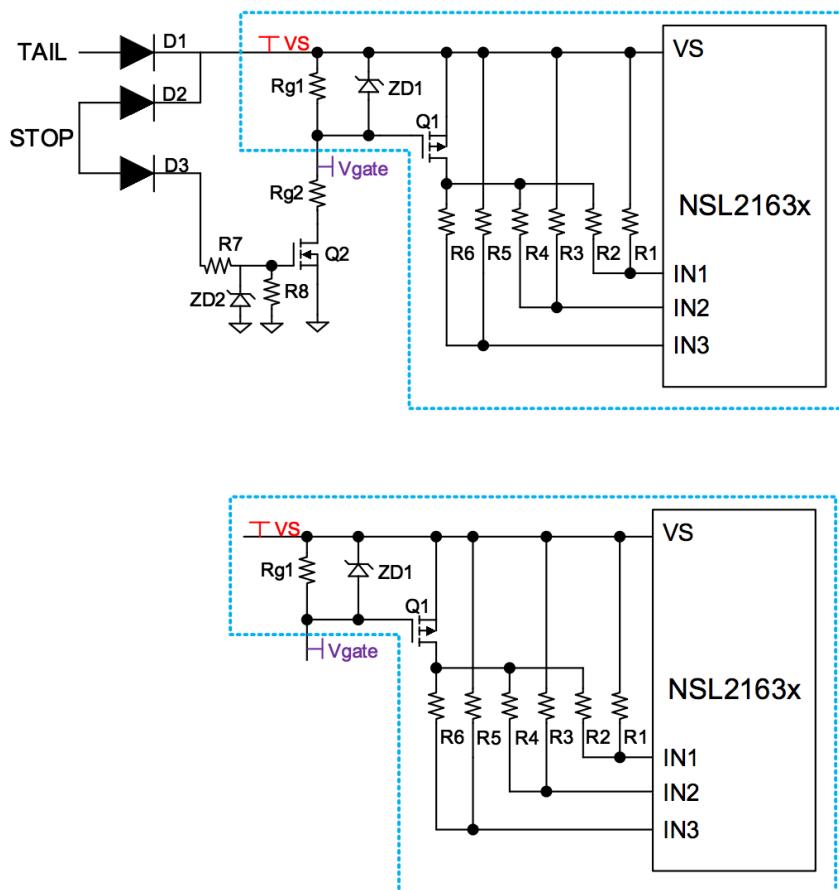


图 2.5采用 NSL2163x 的多芯片电流档位切换电路

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

3.原理图设计与测试结果

3.1. 原理图设计

根据上述概述与分析，通过外部电路可以实现三种不同功能：电流档位切换、热降额以及电流档位切换与热降额组合。据此设计的实际原理图如图3.1所示。

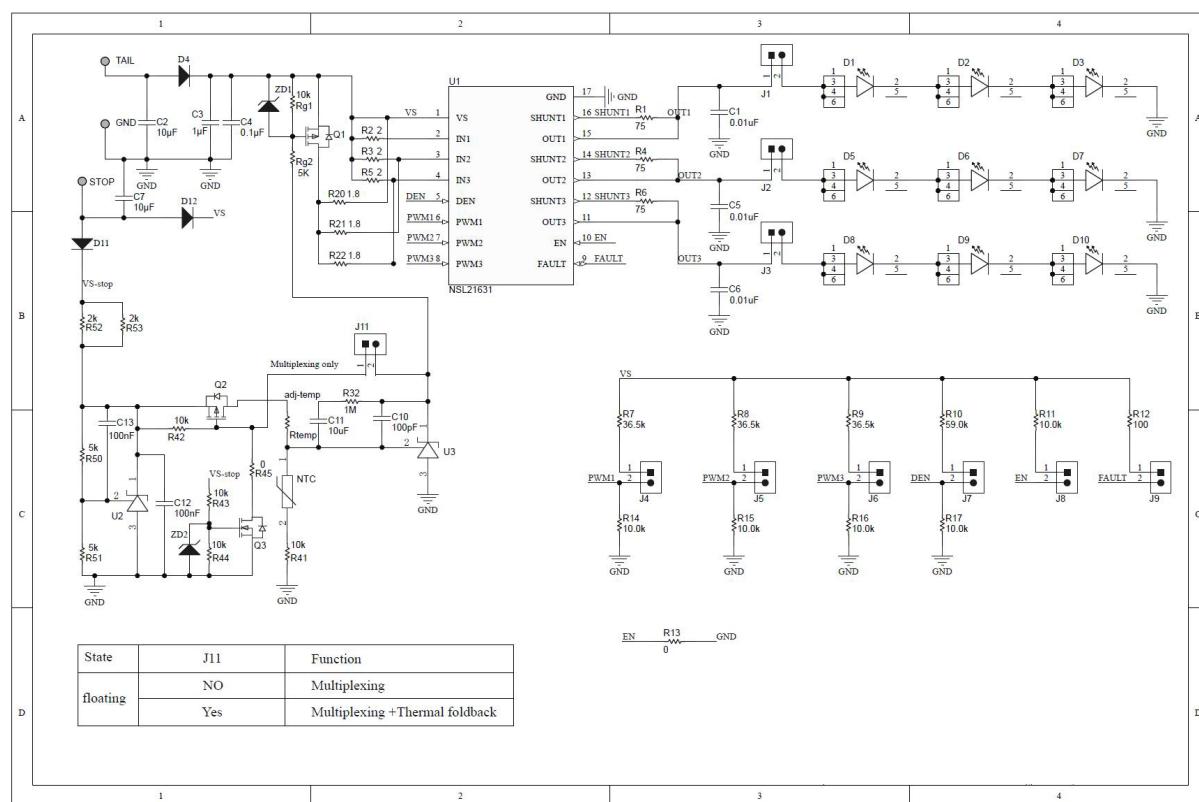


图 3.1 包含外部电路的 NSL2163x 原理图

3.2. PCB设计

PCB 布局如图 3.2 所示。

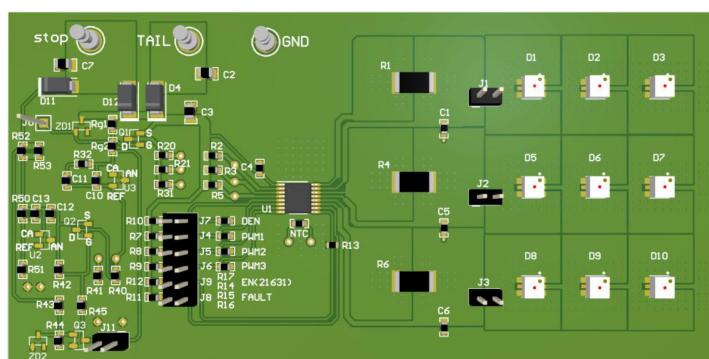


图 3.2 PCB布局

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

3.3. 测试结果

3.3.1. 电流档位切换

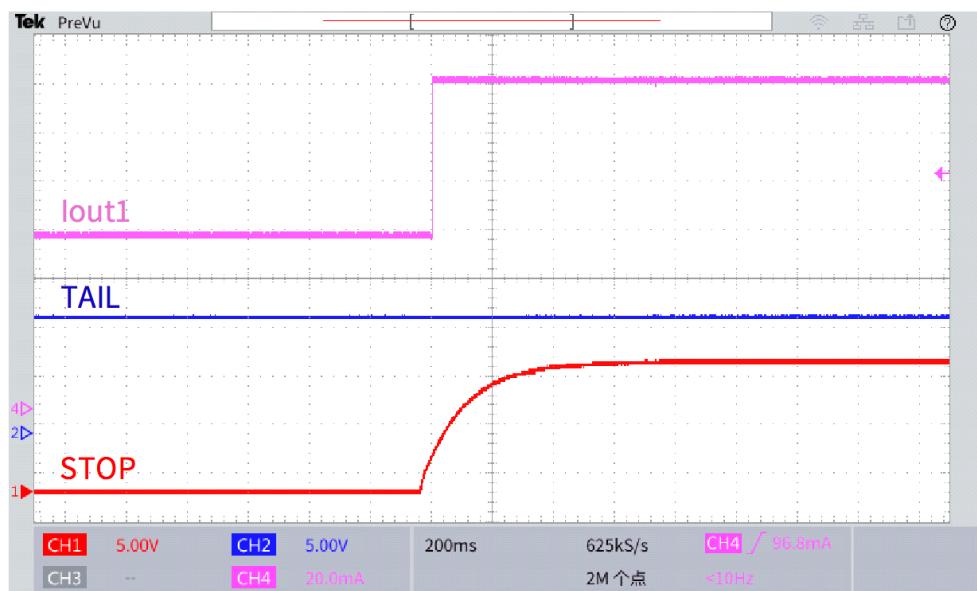


图 3.3 电流档位切换

3.3.2. 热降额

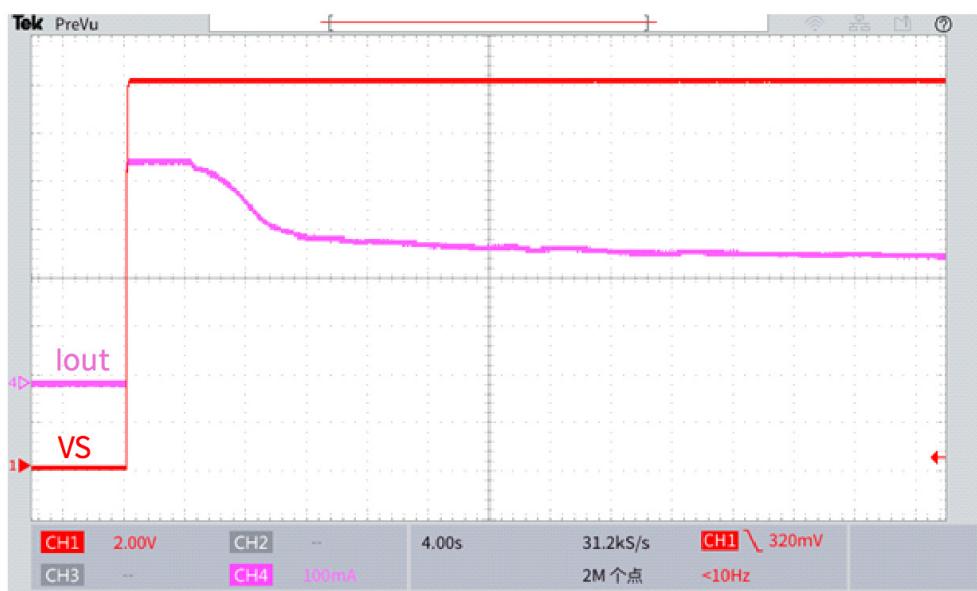


图 3.4 热降额

基于NSL2163x实现LED电流档位切换与热降额功能的外部电路设计

3.3.3. 电流档位切换 + 热降额

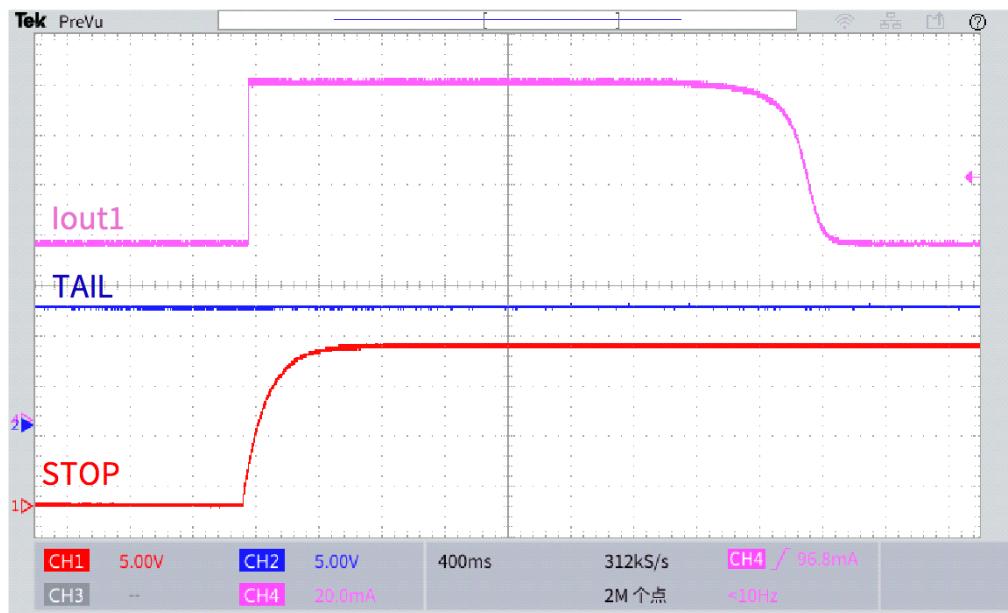


图 3.5 电流档位切换 + 热降额

3.3.4. 采用热降额功能的温度测试结果

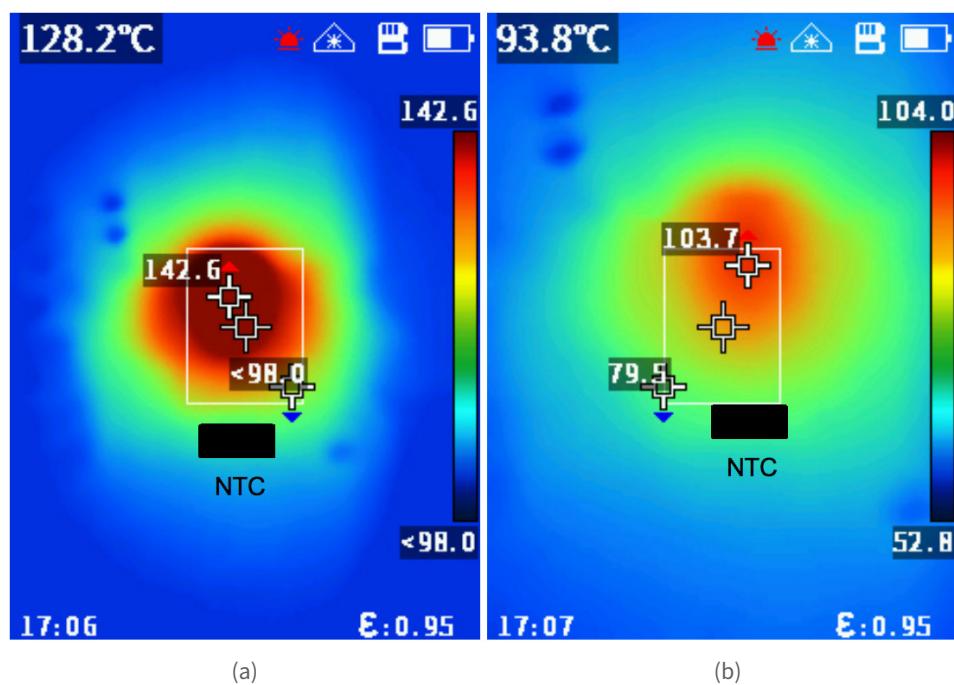


图 3.6 VS=14V时的芯片温度：(a) 未采用热降额功能 (b) 启用热降额功能

基于NSL2163x实现LED电流 档位切换与热降额功能的外部电路设计

4.修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	初始版本	Jinping Zhao, Jian Deng	2025/3/25

销售联系方式：sales@novosns.com; 获取更多信息：www.novosns.com

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性、产品适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责，并确保应用的安全性。客户认可并同意：尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供，但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用，不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源，或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等，纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息，请与纳芯微电子联系（www.novosns.com）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有