

Design Guide: TIDA-020027

汽车全功能侧视镜模块参考设计



说明

除了提供简单的 X-Y 向控制，时尚豪华的侧视镜具备许多便捷的功能，可为驾驶员提供更加安全舒适的体验。这包括用于减少眩光的自动调光视镜；在狭窄停车位防止损坏的视镜组件折叠功能；用于盲点检测 LED 指示灯、地面照明灯和转向灯；以及在低温条件下用于视镜除雾和解冰的加热器。无论增加上述哪一种特性，都需要更多的电子设备来实现，因此，汽车电子产品设计者需要能够随负载要求变化而扩展的多功能集成解决方案。该参考设计为此类电子产品设计提供了有关小型解决方案的基本注意事项。

资源

TIDA-020027	设计文件夹
DRV8906-Q1	产品文件夹
DRV8873-Q1	产品文件夹
TPS1HB16-Q1	产品文件夹
LM2904B-Q1	产品文件夹

[TLIN1028-Q1](#)

产品文件夹



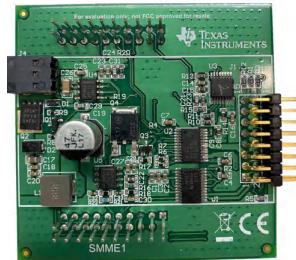
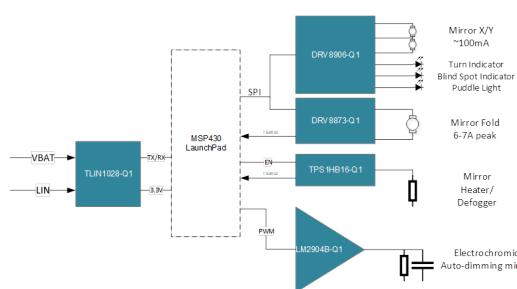
请咨询 TI 公司 TI E2E™ 支持专家

特性

- 用于 X-Y 向视镜倾斜控制的 300mA 电机驱动器
- 用于视镜组件折叠的 8A 电机驱动器
- 用于视镜加热器的 16mΩ 电源开关
- 电致变色视镜驱动器
- 三个 300mA LED 驱动器
- LIN 通信接口

应用

- [侧视镜模块](#)
- [车门模块](#)



1 系统说明

本参考设计采用多通道电机驱动器 (DRV8906-Q1 和 DRV8873-Q1)、一个电源开关 (TPS1HB16-Q1) 和一个基于运算放大器 (LM2904B-Q1) 的缓冲电路来驱动 3 台电机、3 个 LED、一个电致变色负载和一个电阻加热元件。这些器件的选型兼顾了多负载的高集成度以及极高的灵活性，以便根据实际视镜组件的特定需求调整本设计。

DRV8906-Q1 和 TPS1HB16-Q1 均有引脚对引脚兼容的替代产品，便于本设计根据不同电流需求或新增负载进行调整。

此外，本设计中的器件具备丰富的诊断和故障保护功能，包括以下各项的组合：

- 集成电流检测
- 过压和过流保护
- 限流
- 击穿保护

这些功能中的每一项均可根据侧视镜的负载保护要求进行配置。

1.1 主要系统规格

表 1-1. 主要系统规格

参数	规格
输入电压范围 (耐压范围)	-20V 至 40V
输入电源电压 (工作范围)	6V 至 18V
X/Y 调节电机最大电流 (每台电机)	150mA
折叠电机最大电流	7A
加热器最大电流	8A
电致变色视镜电流	150mA
电路板层数	两层
电路板形式因素	60.75mm × 60.05mm

2 系统概述

2.1 方框图

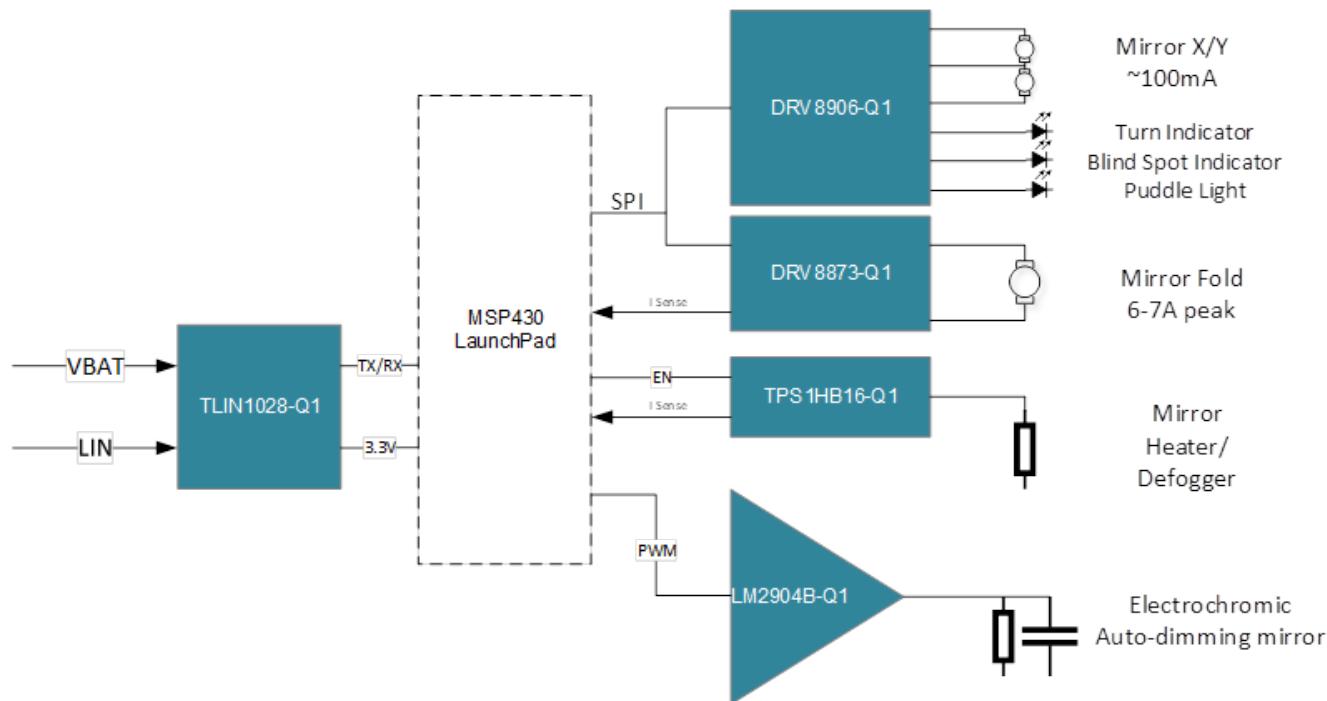


图 2-1. TIDA-020027 方框图

2.2 设计注意事项

视镜模块的主要设计考量之一是外形尺寸。核心目标是既要保证对不同负载配置的适配灵活性，又要在整个设计过程中始终控制整体占位面积和尺寸。此设计最终方案的整体尺寸为 3.2 平方英寸，完全处于常规视镜模块的典型外形尺寸范围内。

此外，灵活性也很重要。不同车型的视镜尺寸、功能及车内控制位置等均有所不同。因此，设计需能根据实际使用的视镜，灵活调整负载驱动能力，这对于设计人员开发出可适配多种尺寸及类型视镜的通用视镜模块方案至关重要。

外形尺寸和灵活性有时会相互冲突，但本设计通过精准的器件选型实现了两者平衡，力求同时满足这两个设计考量。

2.3 重点产品

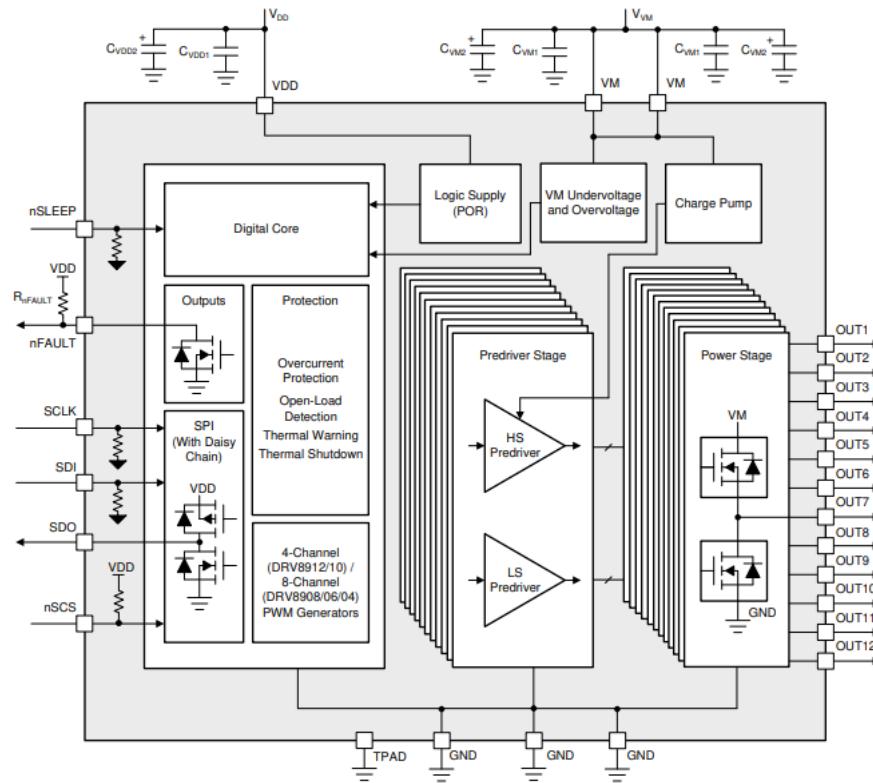
2.3.1 DRV8906-Q1

DRV89xx-Q1 系列为引脚对引脚兼容的集成多通道半桥驱动器，包含 4 至 12 个半桥，主要面向汽车应用场景，如空调 (HVAC) 风门直流电机的控制。此外，该器件亦适用于车身应用，例如侧视镜和 LED。具体而言，DRV8906-Q1 包含 6 个半桥输出。

每个高侧和低侧驱动器均可驱动高达 1A 的 RMS 电流。该器件可通过独立、时序或并行模式驱动有刷直流 (BDC) 电机或步进电机。半桥是完全可控的，以实现电机的正转、反转、滑行和制动操作。凭借其宽电压工作范围，该器件可耐受因汽车启动及负载突卸条件导致的电池电压大幅波动。

器件集成标准的 16 位、5MHz 串行外设接口 (SPI)，支持菊花链功能，可通过外部控制器轻松完成各类器件配置及故障诊断信息读取。器件还内置 PWM 发生器，可在电机运行时实现限流，同时支持 LED 的调光控制。器件包含四个 PWM 发生器，可分别编程设置四种不同的 PWM 频率，并支持独立的 8 位占空比调节。任意半桥均可映射至任一内部 PWM 发生器，以实现并行工作。

该器件具备丰富的保护和诊断功能。开路负载检测 (OLD) 功能可轻松监控半桥连接的负载状态。借助过流保护，器件可全面防护各类短路情况（短路至 OUTx、短路至电源及短路至地）。此外，过热警告和过热关断可在过热情况下为器件提供热保护。



2.3.2 DRV8873-Q1

DRV8873-Q1 器件是用于驱动汽车应用中的有刷直流电机的集成式驱动器 IC。两个逻辑输入控制 H 桥驱动器，该 H 桥由四个 N 沟道 MOSFET 组成，可双向驱动电机，峰值电流高达 10A。该器件由单一电源供电，支持 4.5V 至 38V 的宽输入电源电压范围。

其 PH/EN 或 PWM 接口可轻松与控制器电路相连。此外，还可通过独立半桥控制模式驱动两个螺线管负载。

电流镜功能可使控制器监控负载电流。该电流镜可近似反映流过高侧 FET 的电流，无需大功率电阻器进行电流检测。

提供了低功耗睡眠模式，以通过关断大量内部电路来实现超低的静态电流消耗。内置保护功能包括欠压锁定、电荷泵故障保护、过流保护、短路保护、开路检测和过热保护。故障状态可通过 nFAULT 引脚和 SPI 寄存器指示。

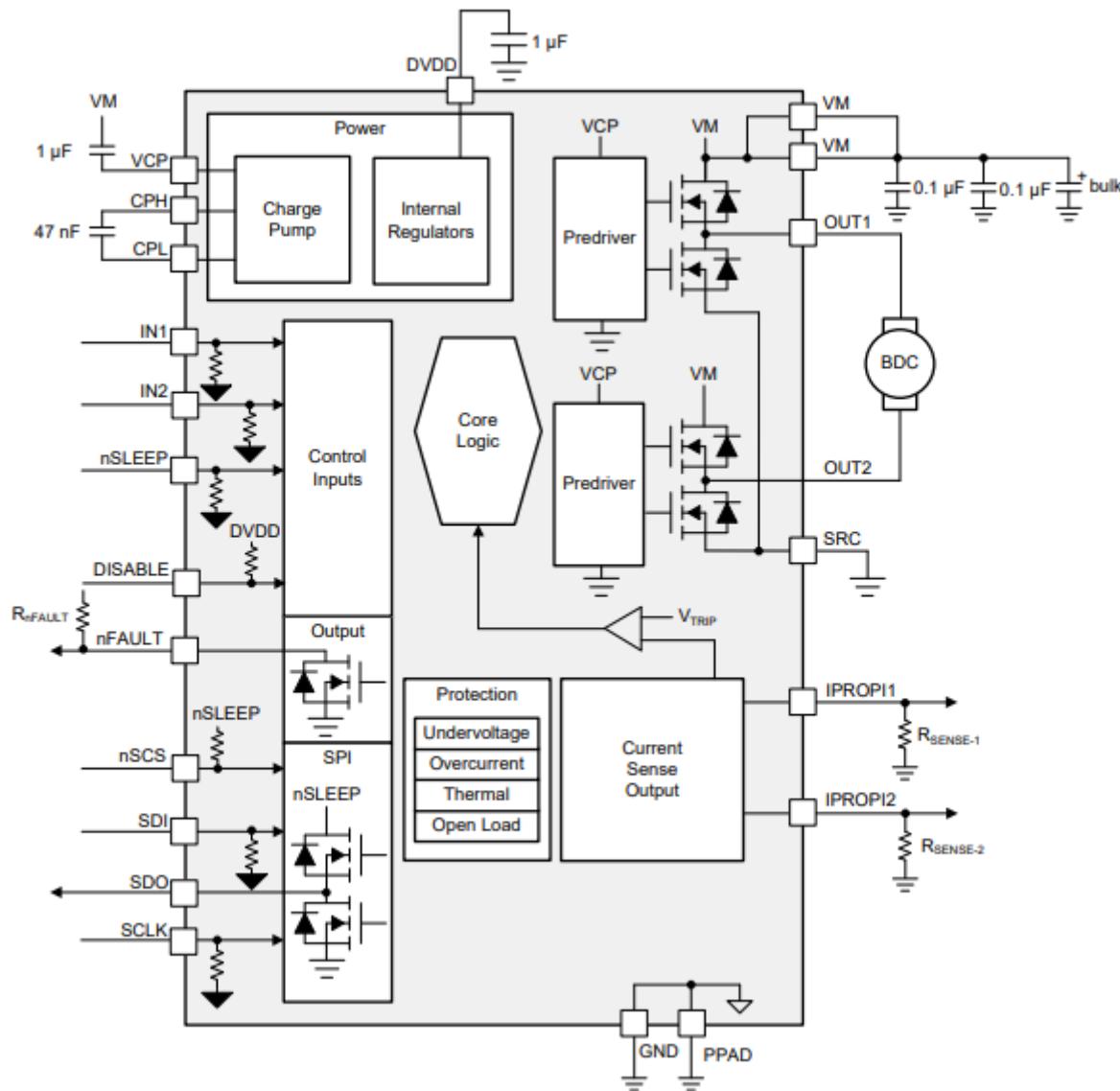


图 2-3. DRV8873-Q1 方框图

2.3.3 TPS1HB16-Q1

TPS1HB16-Q1 是一款智能高侧开关，适用于 12V 汽车系统。该器件集成了强大的保护和诊断功能，可确保即使在汽车系统发生短路等不利事件时也能提供输出端口保护。该器件通过可靠的电流限制来防止故障，根据器件型号不同，电流限制可调范围为 4.4A 至 49A。凭借较高的电流限制范围，该器件可用于需要大瞬态电流的负载，而低电流限制范围可为不需要高峰值电流的负载提供更好的保护。该器件能够可靠地驱动各种负载类型。

TPS1HB16-Q1 还能够提供可改进负载诊断的高精度模拟电流检测。通过向系统 MCU 报告负载电流和器件温度，该器件可实现预测性维护和负载诊断，从而延长系统寿命。

TPS1HB16-Q1 采用 HTSSOP 封装，以减小 PCB 尺寸。

图 2-4 显示了 TPS1HB16-Q1 的方框图。

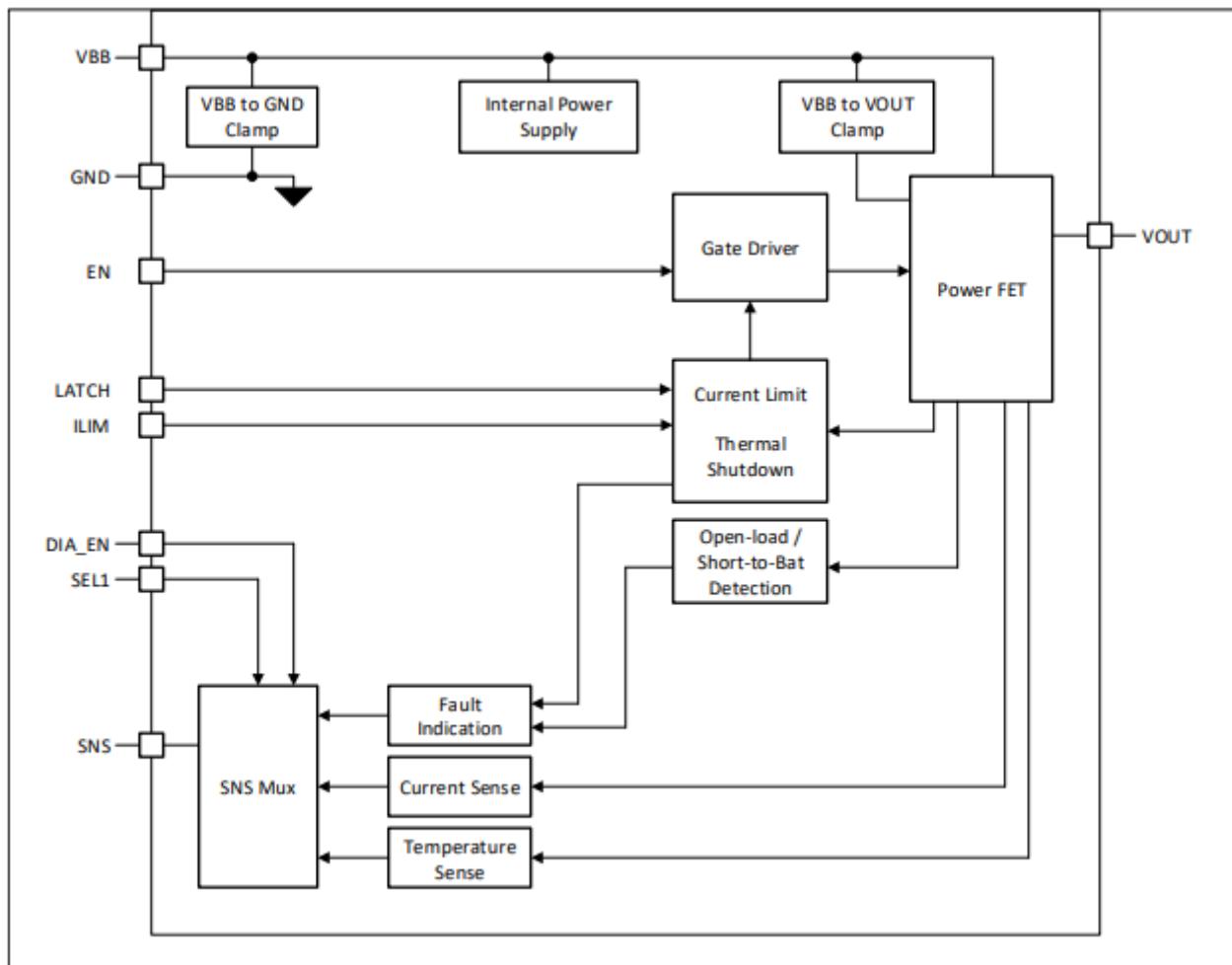


图 2-4. TPS1HB16-Q1 方框图

2.3.4 LM2904B-Q1

LM2904-Q1 和 LM2904B-Q1 是符合 AEC-Q100 规范、已通过汽车应用认证的业界标准运算放大器。LM2904B-Q1 是 LM2904-Q1 的下一代版本，包含两个高电压 (36V) 运算放大器。LM2904B-Q1 为成本敏感型应用提供了卓越的价值，其特性包括低偏移 (1mV，典型值)、对地共模输入范围和高差分输入电压能力。

LM2904B-Q1 利用单位增益稳定性、更低的失调电压 (1mV，典型值) 和更低的静态电流 (300 μ A，典型值) 等增强型特性简化了电路设计。得益于高 ESD (2kV, HBM) 及集成 EMI 和射频滤波器，LM2904B-Q1 器件可用于汽车市场中要求严苛、极具环境挑战性的应用。

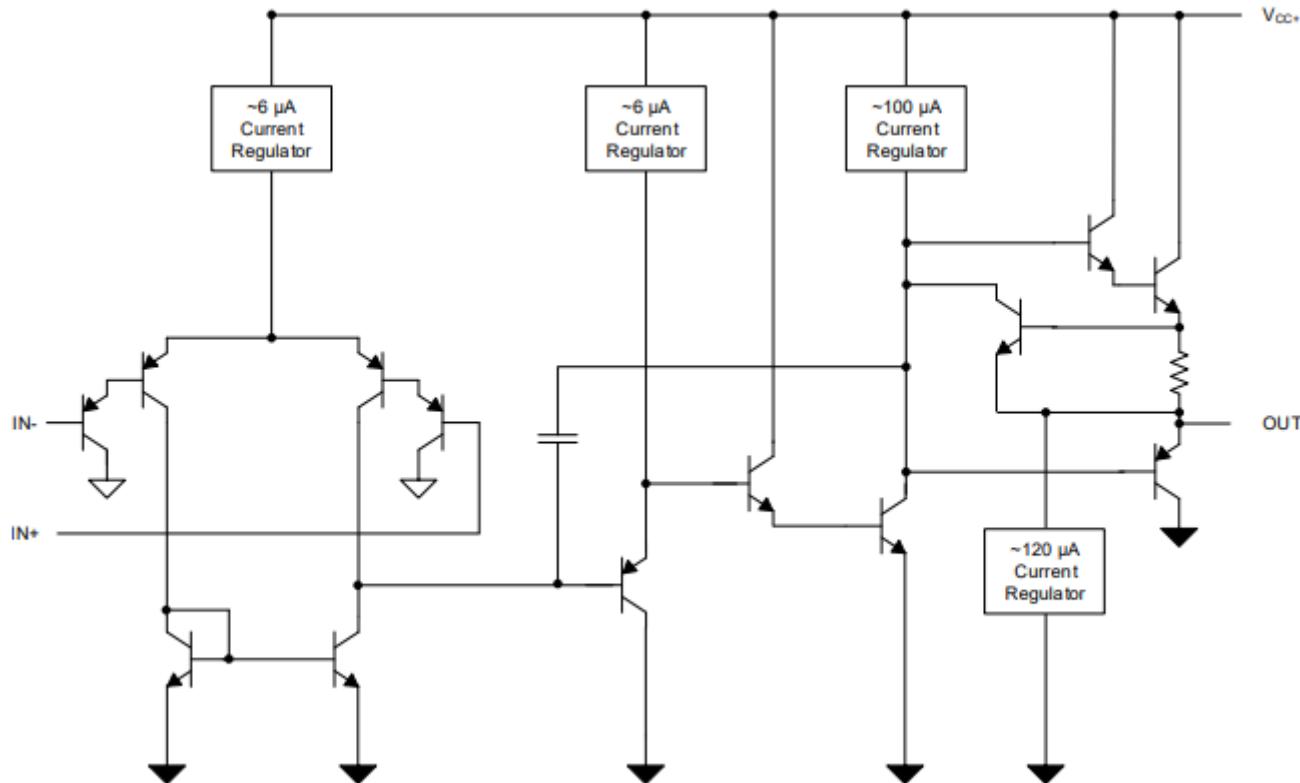


图 2-5. LM2904B-Q1 方框图

2.3.5 TLIN1028-Q1

TLIN1028-Q1 是一款本地互联网络 (LIN) 物理层收发器，符合 LIN 2.2A ISO/DIS 17987 - 4.2 标准，且内置低压降 (LDO) 稳压器。

LIN 是一种单线双向总线，通常用于数据传输速率最高为 20kbps 的低速车载网络。为支持下线编程，LIN 接收器可支持高达 100kbps 的数据速率。TLIN1028-Q1 可将 TXD 输入上的 LIN 协议数据流转换为 LIN 总线信号。接收器将数据流转化为逻辑电平信号，此信号通过开漏 RXD 引脚发送到微处理器。TLIN1028-Q1 可提供 3.3V 或 5V 电源轨，电流分别高达 70mA (D 型号) 和 100mA (DRB 型号)，为微处理器、传感器或其他器件供电，从而降低系统复杂度。TLIN1028-Q1 具备优化的限流波形整形驱动器，可降低电磁辐射 (EME)。

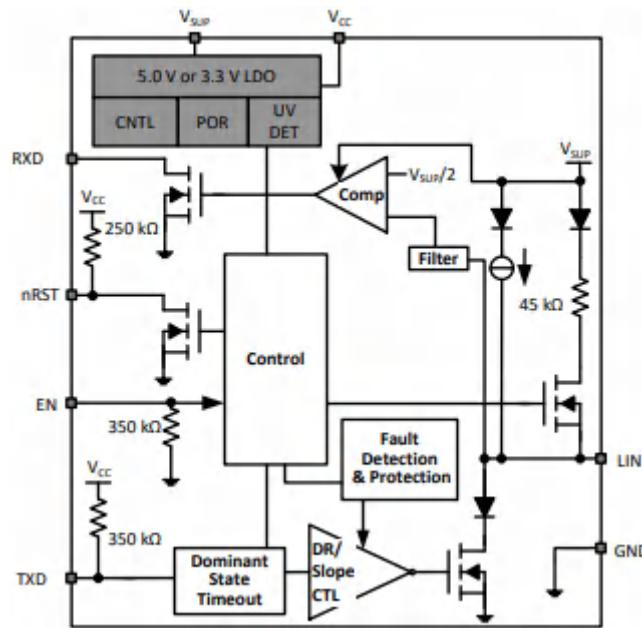


图 2-6. TLIN10283-Q1 方框图

2.4 系统设计原理

2.4.1 视镜 XY 和 LED 驱动器

视镜的 X 和 Y 角度调节电机及 LED 均由 DRV8906-Q1 驱动。DRV8906-Q1 共包含 6 个半桥。在这 6 个半桥中，有三个用于驱动三个 LED，其余半桥则用于驱动两台用于 X 和 Y 角度调节的有刷直流电机。

图 2-7 展示了 DRV8906-Q1 的配置原理图。为节省一个半桥通道，两台有刷直流电机采用时序配置方式连接。在此配置下，由于两台电机不会同时被驱动，因此可共享一个半桥。

去耦电容器 (C1、C2、C3、C4) 值是根据数据表中的建议进行选择。nFAULT 引脚为开漏输出，因此通过一个 $10\text{k}\Omega$ 上拉电阻将其拉至 VDD。三个 LED 各串联一个 200Ω 电阻以限制电流。

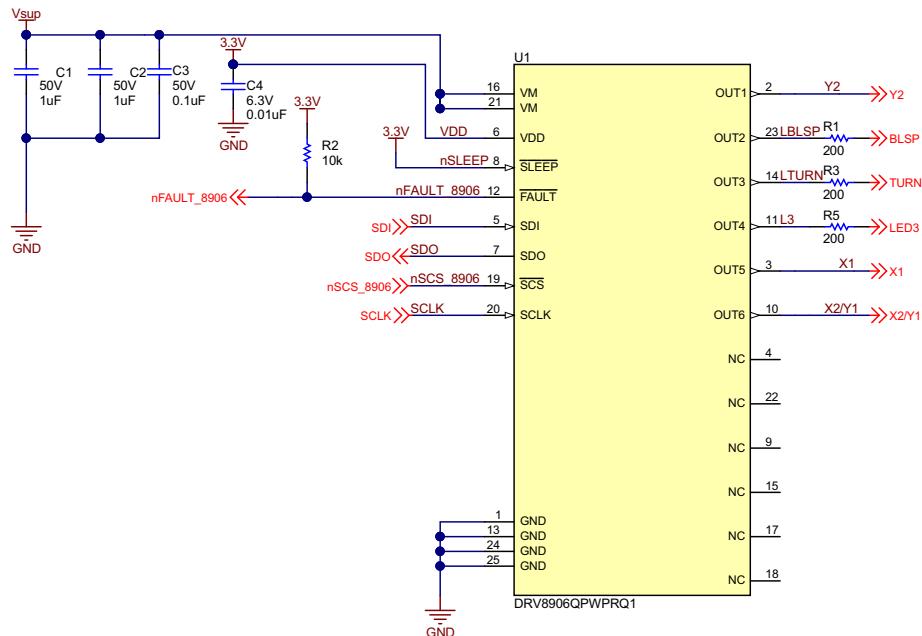


图 2-7. DRV8906-Q1 配置原理图

2.4.2 视镜折叠驱动器

视镜折叠驱动器的功能由 DRV8873-Q1 实现，这是一款 10A 的集成电机驱动器。该驱动器可提供驱动视镜折叠电机所需的 8A 最大峰值电流。

图 2-8 展示了配置原理图。电容器 (C6、C7、C8 和 C9) 均依据 DRV8873-Q1 数据表推荐值选取。同样，数据表建议在 nFAULT 引脚配置大于 $10k\Omega$ 的上拉电阻。两个 IPROP1 电阻的选型需满足，最大驱动电流设置为 8A，即电机的最大额定电流。SRC 引脚短接至 GND，以在功率 FET 源极与 GND 之间形成低阻抗路径。

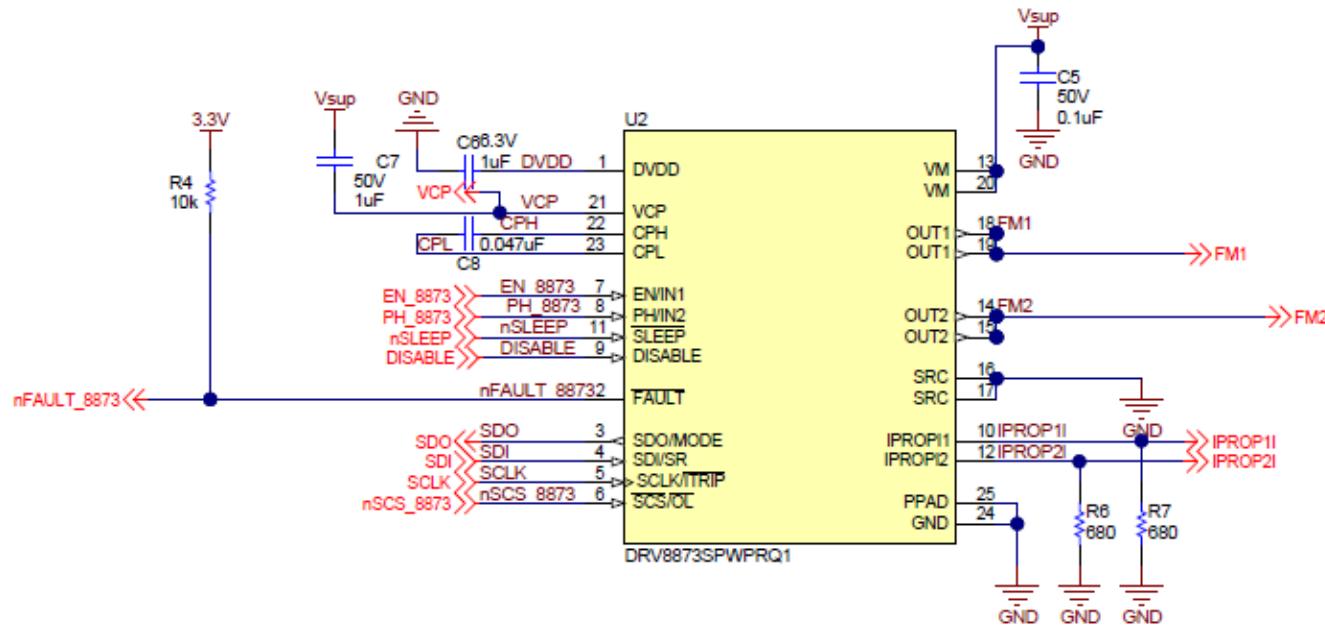


图 2-8. DRV8873-Q1 配置原理图

2.4.3 视镜除雾除冰的加热器驱动器

视镜加热器负载由智能高侧功率开关 TPS1HB16-Q1 驱动。该高侧开关有两个型号版本。本设计采用 B 型号，其电流限制范围为 9.8A 至 49A。

图 2-9 展示了视镜加热器驱动器的配置原理图。电阻器 (R10-R13、R15 和 R23) 和电容器 (C14、C15 和 C21) 均依据数据表的推荐值选取。电容器 C16 用于滤除输出端的电压瞬变。选用电阻器 R14 是为了将输出电流限制设置为 12.3A。

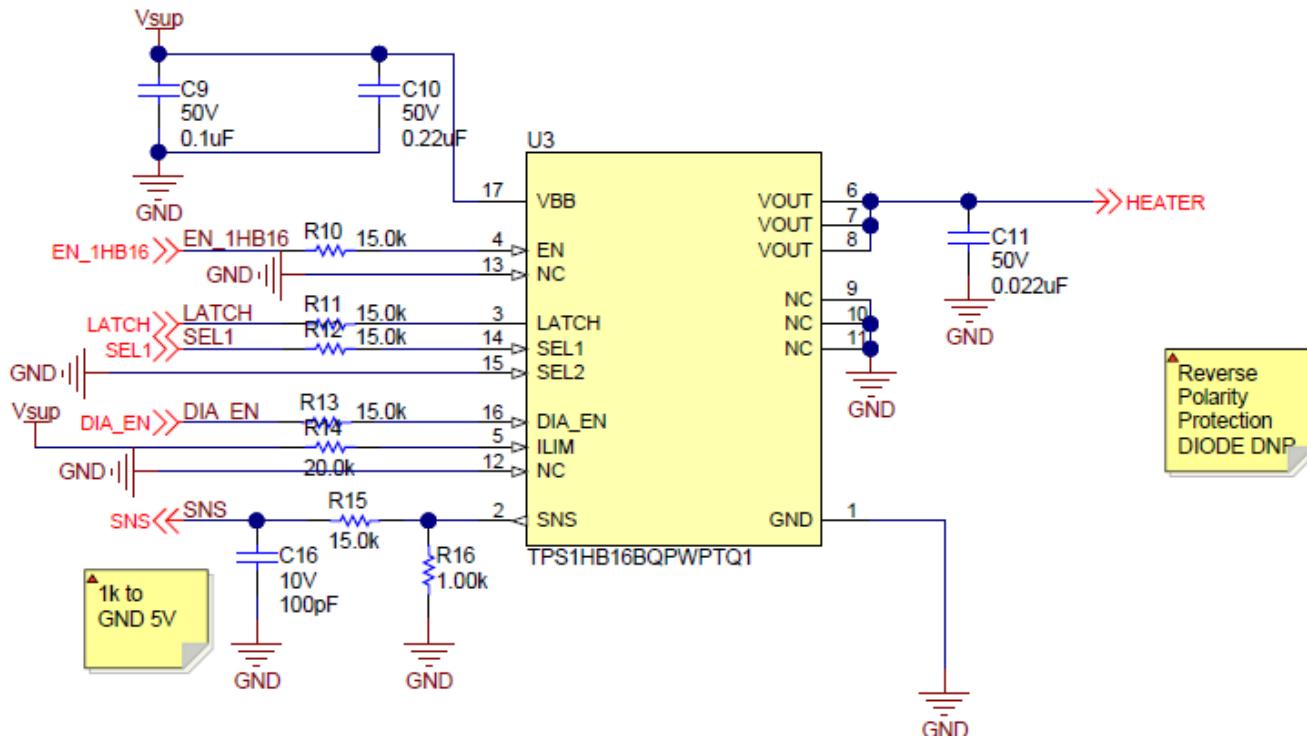


图 2-9. TPS1HB16-Q1 配置原理图

2.4.4 电致变色视镜驱动器

电致变色 (EC) 视镜采用专有的电致变色化学材料，该材料置于两层导电层与玻璃面板之间。当向这些导电层施加电压时，电流流经该化学材料会使其实变色并变暗。从电学特性来看，电致变色视镜相当于一个超大电容（通常大于 $1F$ ）与一个小分流电阻的组合。测得的总电容在很大程度上取决于视镜的总面积。

图 2-10 展示了 EC 驱动器的原理图。

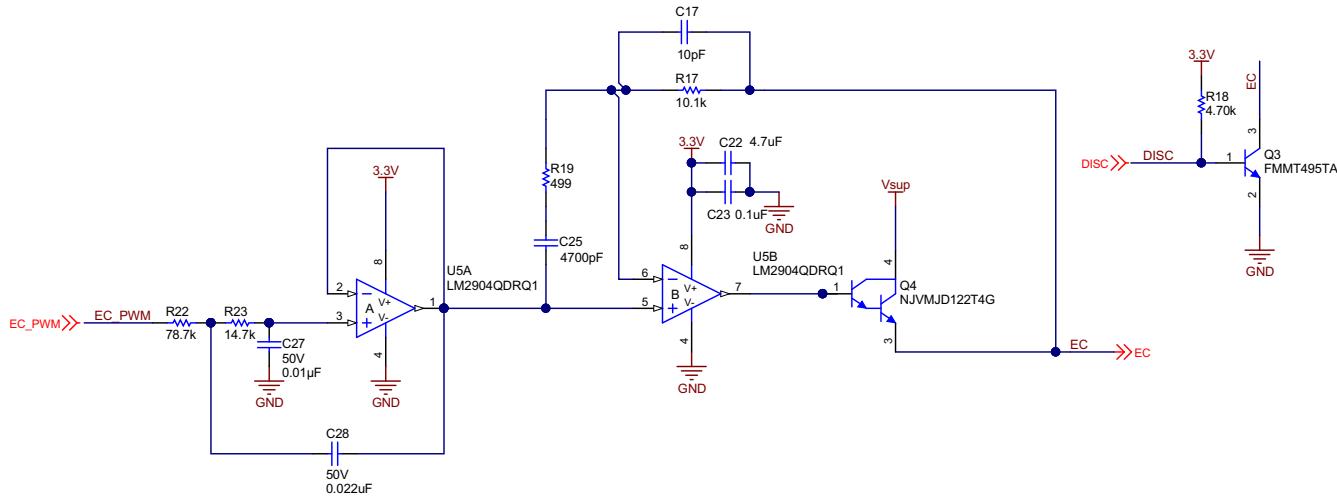


图 2-10. 电致变色视镜驱动器电路

2.4.4.1 Sallen-Key 低通滤波器

采用单位增益二阶 Sallen-Key 低通滤波器，将来自 MSP430™ LaunchPad™ 的 PWM 信号滤波为稳定的模拟电压值。根据 PWM 信号的占空比，该电压值可在 $0V$ 至 $3.3V$ 之间变化。该低通滤波器的输出电压送至大电流缓冲放大器电路，以驱动电致变色视镜。

电阻器和电容器的选型需满足截止频率约为 315Hz，品质因数 (Q 值) 约为 1/2。低截止频率确保只有 PWM 信号的直流分量能通过滤波器。 Q 值接近 1/2 使系统处于临界阻尼状态，这可限制输出端的振荡，实现更快的响应速度和最小的过冲。

2.4.4.2 大电流缓冲放大器

驱动该视镜时，为实现最大调光效果，所需输出电压需低于 2V。由于该电容负载的尺寸，充电时所需的电流峰值可达 400mA。同时，为保持适当的调光效果，还需要约 150mA 的稳态电流。为满足这些规格要求，可使用运算放大器和达林顿双极结型晶体管 (BJT) 对 Sallen-Key 滤波器的输出进行缓冲，并驱动电致变色负载。BJT 为负载提供电流，而运算放大器的反馈机制则确保了电路的稳定性与线性度，不受 BJT 温度或工艺偏差影响。

选用 MJD122 达林顿结构 BJT 对管的原因在于：其集电极-发射极电压高达 100V，可覆盖汽车电池的常规及非常规工作电压范围，并且支持 8A 的大连续电流运行。DPAK 封装非常适合散发器件在典型 2W 功率下产生的热量。

2.4.4.3 大电容负载下缓冲放大器的稳定性

由于电容负载较大，缓冲放大器的稳定性是一个值得关注的问题。设计人员可通过使用噪声增益和电容反馈补偿相结合的方式，来提高电容负载下的稳定性。闭合速率分析法可作为设计依据：通过分析修正后开环增益曲线与 $1/\beta$ 曲线在波特图上的斜率夹角，可预估放大器的相位裕度。核心原则是将闭合速率控制在 20dB/十倍频以内，以此保证电路的相位裕度大于 45°。有关运算放大器和稳定性的更多信息，请参阅培训资源 [TI 高精度实验室 — 运算放大器：稳定性 2](#)。

噪声增益补偿通过引入高频增益，使放大器的 $1/\beta$ 在电容负载引入的极点处大于修正后的开环增益，从而将闭合速率从 40dB/十倍频降至 20dB/十倍频。该方法保留了所需的直流 0dB 增益，确保放大器仍能作为缓冲器正常工作。噪声增益为相位裕度提供了必要的提升，以保证放大器在全带宽范围内的稳定性，并防止振荡。

这种高频增益通过 R1、R3 和 C6 实现，它们共同引入一个零点，并在 $1/\beta$ 曲线上约 1kHz 以上的频段形成 20dB/十倍频的斜率。然后，交点处的闭合速率为 $|-40\text{dB}/\text{十倍频} + 20\text{dB}/\text{十倍频}| = 20\text{dB}/\text{十倍频}$ 。

为进一步增强噪声增益带来的稳定性改善效果，额外增加电容 C1 以实现容性反馈（即 C_f ）补偿。这个额外的高频极点在关键频段进一步提升了相位性能。

图 2-11 展示了未采用噪声增益时的波德图 TINA 仿真结果，图 2-12 展示了采用噪声增益后的仿真结果。

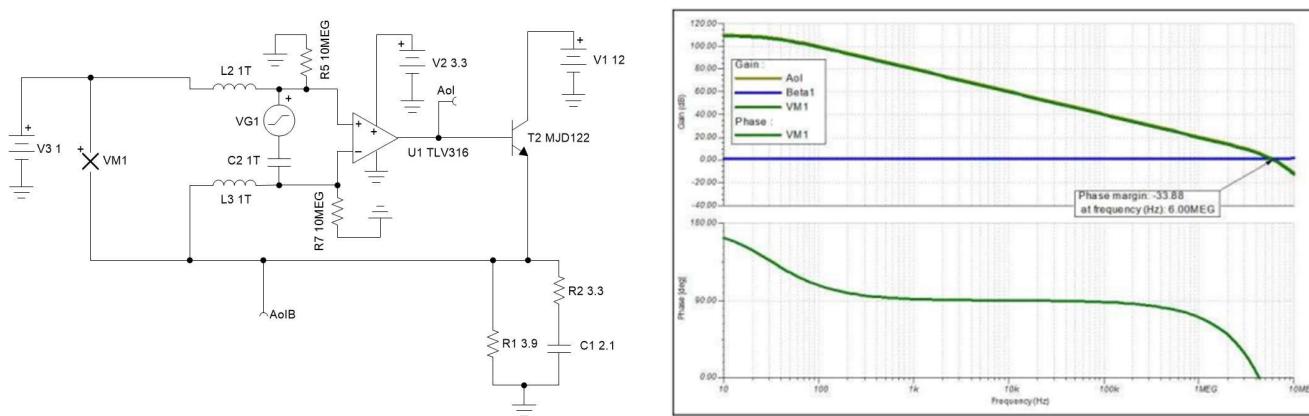


图 2-11. TINA-TI™ 无补偿的 EC 视镜驱动器稳定性分析

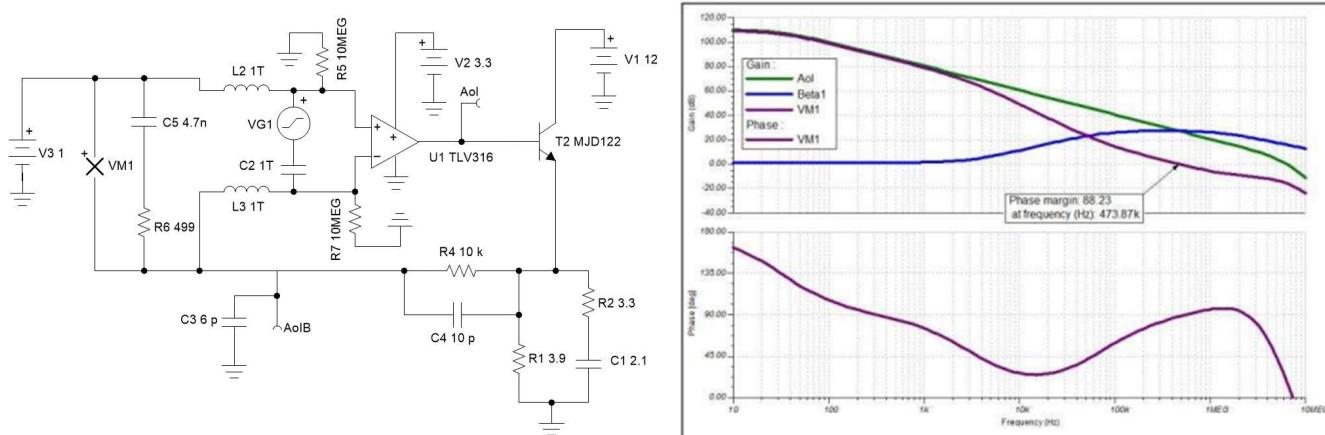


图 2-12. TINA-TI™ 带补偿的 EC 视镜驱动器稳定性分析

2.4.4.4 大电容负载的快速放电

如果施加到视镜的电压设置为 0V，视镜上的电容会缓慢放电，电致变色元件将恢复至透明无色状态。为加速电容负载的放电并缩短达到透明状态的时间，可使用一个低侧晶体管。

这个简单的开漏晶体管可通过将基极拉至高电平来开启，为视镜上的电容提供直接接地的放电路径。请注意确保仅在 DAC 的输出已设置为 0V 时启用该晶体管，以避免电压缓冲器输出端与该晶体管之间产生不必要的电流。

该晶体管的基极连接至控制本设计的 MCU 的一个 GPIO 接口。MCU GPIO 的开漏输出需搭配一个 $4.7\text{k}\Omega$ 的本地上拉电阻。

2.4.5 SBC — LIN 通信接口和系统电源

TLIN1028-Q1 具有宽工作范围并提供 ESD 保护、欠压保护、DTO 保护和热保护等保护特性，因此被用于 LIN 通信接口。所有这些保护功能可确保 LIN 收发器正常工作，且不会损坏自身或其他元件。

本地去耦电容器 (C20 和 C21) 和 LDO 输出电容器 (C18 和 C19) 均依据数据表给定的推荐值选取。数据手册建议，在从机应用中，LIN 引脚与地之间需连接一个 200pF 的电容。C4 选用 220pF 规格，用于滤除 LIN 信号噪声。 $10\text{k}\Omega$ 电阻器 (R20) 作为上拉电阻连接 RXD 引脚与 3.3V 电源。R21 用于限制输入电流，C26 用于滤除噪声。

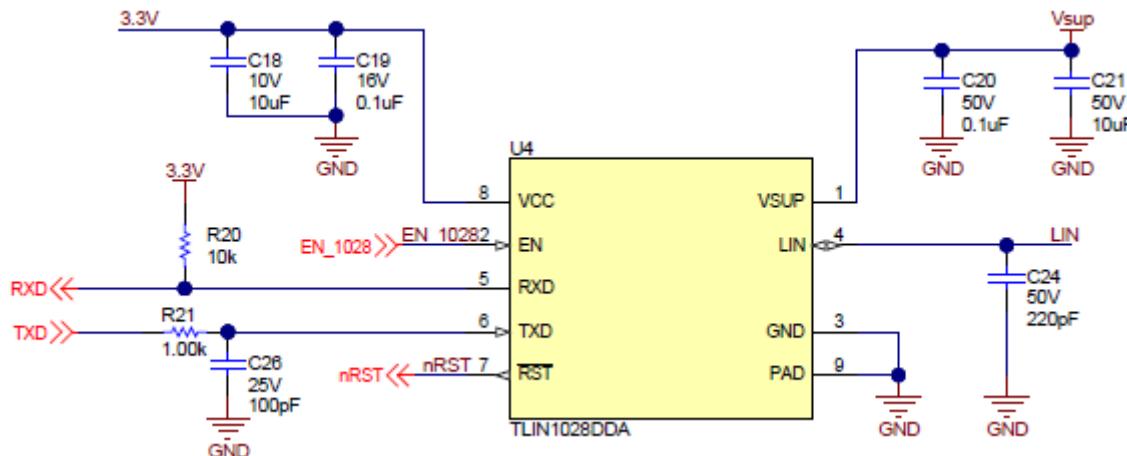


图 2-13. TLIN1028-Q1

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 所需的硬件和软件

3.1.1 硬件

TIDA-020027 参考设计需搭配 EXP-MSP430F5529LP LaunchPad 使用，才能实现完整功能。该设计配备了 2 个 10×2 连接器，用于与 LaunchPad 连接。

跳线 J4 集成了两个接口功能：一是标准 12V 汽车蓄电池的输入接口，二是 LIN 总线的输入接口。

该参考设计板的跳线 J2 负责传输电机、LED、加热器及自动调光功能的控制信号。引脚 1 是 TLIN1028-Q1 内部 LDO 输出的 3.3V 输出端，用于为 MSP430 LaunchPad 供电。引脚 15 和 16 用于接收侧视镜单元的霍尔传感器输出信号。这些霍尔传感器输出可用于实现精确的电机定位和堵转检测算法。

跳线 J3 集成了两部分功能：一是额外的控制信号接口，二是 SPI 通信接口。跳线 J1 是连接侧视镜单元的输出连接器。

我们为 MSP430 MCU 开发了一个简单的软件，用于测试和验证电路板。该固件通过监控和控制 GPIO，从而控制电路板的不同元件。该固件还通过 SPI 来配置 DRV8873-Q1 和 DRV8906-Q1 电机驱动器，同时监控电流检测信号和故障诊断信息。

图 3-1、图 3-2 和图 3-3 展示了电路板上各跳线连接器的原理图，图 3-4 展示了参考设计与 MSP430 LaunchPad 的实际连接实物图。

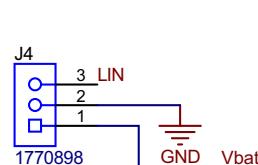


图 3-1. J4 连接器

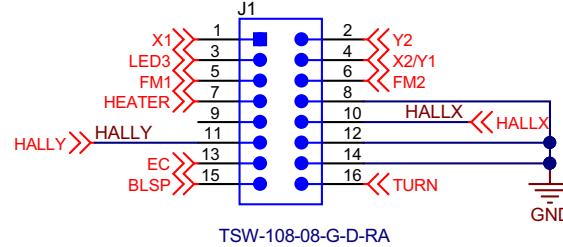


图 3-2. J1 连接器

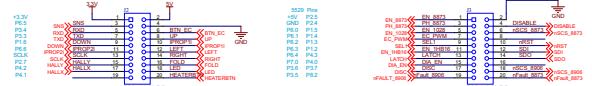


图 3-3. J2 和 J3 连接器

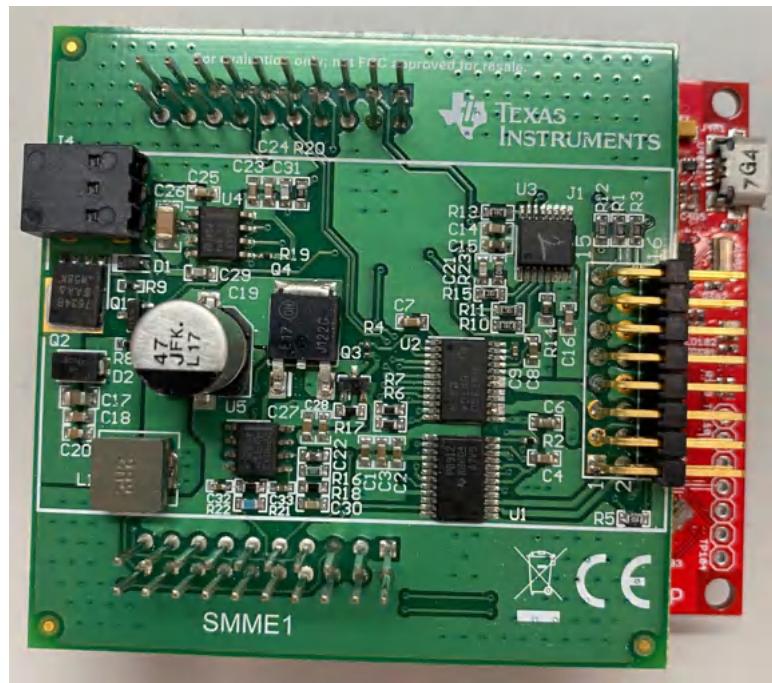


图 3-4. TIDA-020027 与 MSP-EXP430F5529LP LaunchPad™ 的连接图

3.2 测试和结果

3.2.1 测试设置

测试采用 TIDA-020027 PCB 和 EXP-MSP430F5529 LaunchPad 进行。12V 电源连接到连接器 J4 的引脚 1 和 2。一个配备 X 与 Y 向电机、折叠电机、电致变色视镜及除雾器的侧视镜组件，通过连接器 J1 与 TIDA 电路板相连。图 3-5 展示了测试设置。



图 3-5. TIDA-020027 测试设置

3.2.2 测试结果

3.2.2.1 电池反向保护

该电路板具备反接电池保护功能。当电源正确接入时，电流会通过反向电池保护 FET (Q2) 流向电路板的其他部分。当电源正确连接时，DRV8873-Q1 的电荷泵电压引脚 (VCP) 可提供使电流流经 FET 所需的高电压。相反，当电源反接时，FET 将关断，无电流流向电路板。反接电池保护电路如图 3-6 所示。

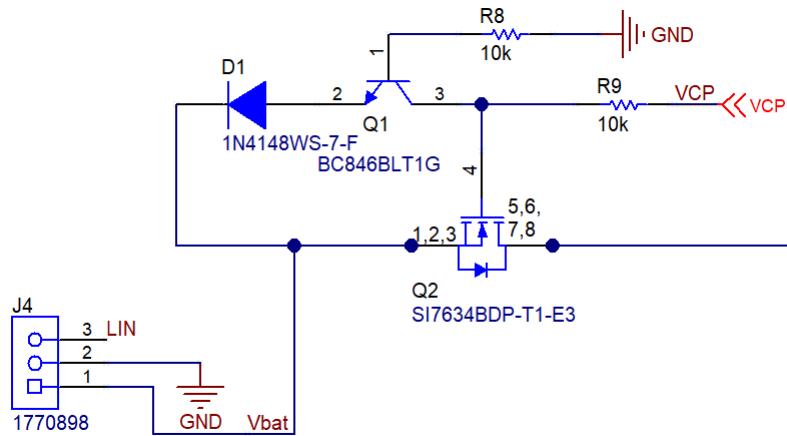


图 3-6. 反接电池保护电路

为测试反接电池保护电路的性能，在无负载驱动的情况下，将输入电压从 -20V 变化至 40V，并用电流表测量输入电流。图 3-7 展示了输入电流随输入电压变化的关系。在 -20V 时，漏电流接近 5mA；在 40V 时，输入电流约为 11mA。

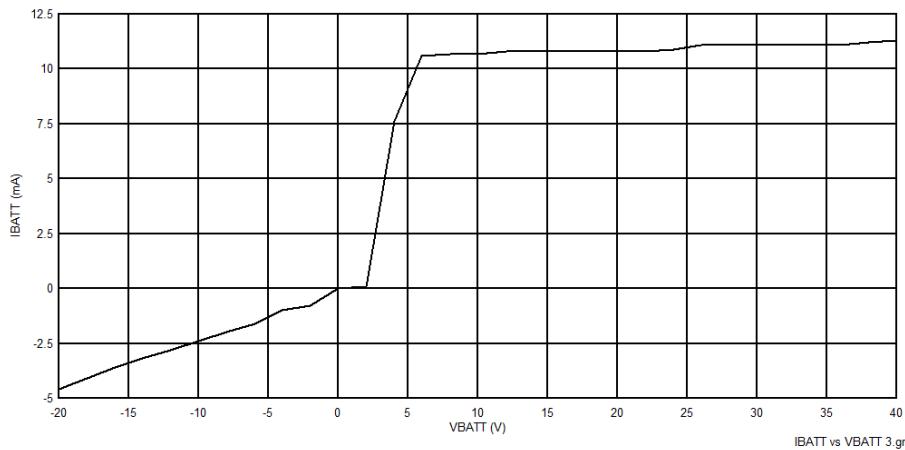


图 3-7. 输入电压与输入电流关系图

3.2.2.2 X 与 Y 电机和 LED 驱动器

DRV8906-Q1 负责驱动 X 与 Y 两台电机及 LED，测试中通过将输入电压从 6V 调节至 18V，测量了各负载的工作电流。此外，还测试了 X 与 Y 电机的堵转电流，以及电机驱动视镜从一端转动到另一端的耗时。

表 3-1 展示了输入电压为 6V、12V 和 18V 时转向信号灯 LED 的电流。如预期所示，6V 时 LED 的电流小得多。尽管电流较低，LED 仍能点亮。

表 3-1. 转向信号灯 LED 的电流

输入电压 (V)	电流 (mA)
6	1.30
12	17.0
18	33.3

表 3-2 与表 3-3 分别展示了输入电压为 6V、12V 和 18V 时 Y 向和 X 向电机的运行电流与堵转电流。该表还列出了视镜从一端移动到另一端所需的时间。两款电机的运行电流和堵转电流均随供电电压的升高而增大。

表 3-2. Y 向电机结果

输入电压 (V)	运行电流 (mA)	堵转电流 (mA)	到达端点所需时间 (秒)
6	28.5	37.7	15.8
12	33.7	44.5	6.45
18	37.6	47.0	4.10

表 3-3. X 向电机结果

输入电压 (V)	运行电流 (mA)	堵转电流 (mA)	到达端点所需时间 (秒)
6	10.5	10.6	12.64
12	27.5	37.5	5.60
18	33.2	44.0	4.01

3.2.2.3 热性能

为测试 TIDA-020027 电路板的热性能，在多种工作状态下对其进行热成像拍摄。测试涵盖的工作状态包括：视镜折叠电机运行、视镜加热器工作及电致变色视镜启动。热像图中记录了电路板的平均温度与最高温度。

图 3-8 为参考热像图，显示电路板在 12.5V 供电、无负载驱动时的状态。PCB 的平均温度为 25.5°C，最高温度为 31.2°C。

图 3-9 为驱动视镜加热器时的热像图。拍摄前加热器已持续工作约一分钟，确保其达到峰值温度。PCB 的平均温度为 26.8°C，最大温度为 32.2°C。

图 3-10 为驱动折叠电机时的热像图。该热像图是在折叠电机从一端持续驱动至另一端的过程中拍摄的。电路板的最高温度测得为 31.7°C，平均温度为 26.1°C。

图 3-11 为驱动 EC 视镜时的 PCB 热像图。该热像图是在视镜达到预设昏暗度后拍摄的。PCB 的最高温度测得为 41.7°C，集中在达林顿 BJT 附近。电路板的总平均温度为 28.4°C。

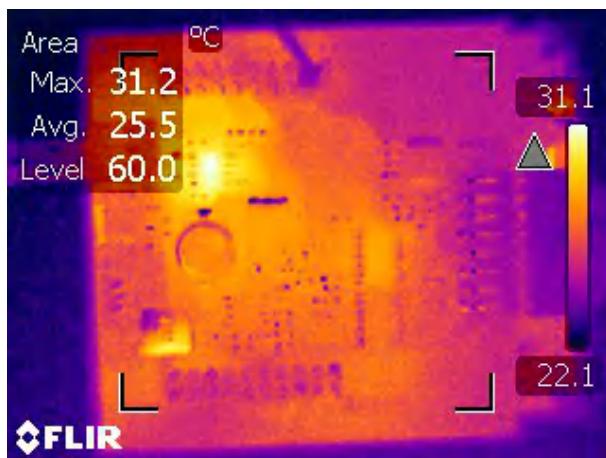


图 3-8. PCB 的参考热像图

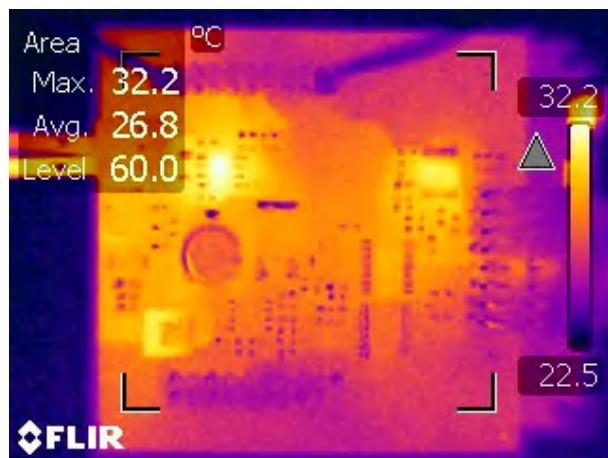


图 3-9. 驱动视镜加热器时的 PCB 热像图

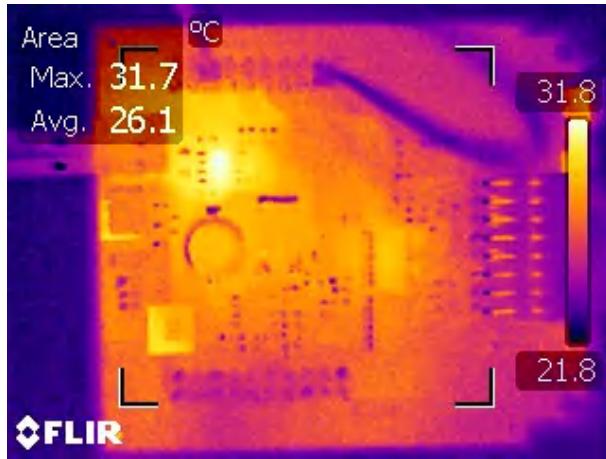


图 3-10. 驱动折叠电机时的 PCB 热像图

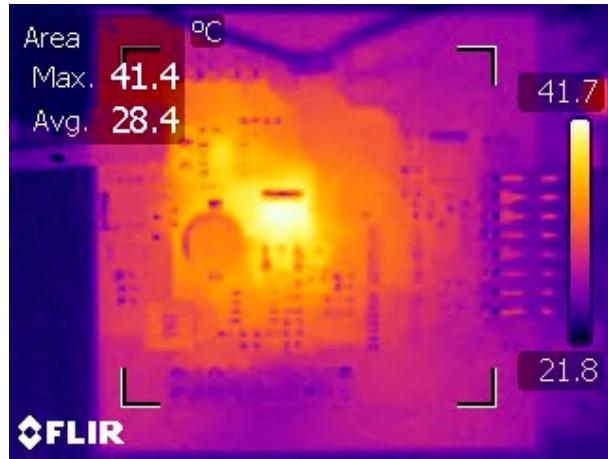


图 3-11. 驱动电致变色视镜时的 PCB 热像图

4 设计文件

4.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-020027](#) 中的设计文件。

4.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-020027](#) 中的设计文件。

4.3 Altium 工程

要下载 Altium Designer® 工程文件，请参阅 [TIDA-020027](#) 中的设计文件

4.4 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-020027](#) 的设计文件。

4.5 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-020027](#) 中的设计文件。

5 软件文件

要下载软件文件，请参阅 [TIDA-020027](#) 中的设计文件。

6 相关文档

- 德州仪器 (TI)，[适用于电致变色视镜的汽车自动调光镜参考设计](#)

6.1 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

Altium Designer® is a registered trademark of Altium LLC or its affiliated companies.

所有商标均为其各自所有者的财产。

6.2 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

7 术语

BJT — 双极结型晶体管

EC — 电致变色视镜

FET — 场效应晶体管

GPIO — 通用输入/输出

LDO — 低压降线性稳压器

LIN — 本地互网络

MCU — 微控制器

SBC — 系统基础芯片

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#))、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025 , 德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期 : 2025 年 10 月