

前车门控制器解决方案

本文介绍了一种“总体分布、局部集中”式的轿车车门控制器设计方案，即以安森美半导体系统基础芯片NCV7462和功率驱动芯片NCV7707为核心设计前车门控制器的硬件电路，在满足前车门功能的同时对外部负载实现全面的保护。

作者：高级应用工程师 Yue Wang

随着汽车电子技术的不断发展，人们对汽车的操控性及舒适性需求不断提升。汽车车身中的电子设备越来越多，尤其是前车门模块需要支持更多的功能，如电动后视镜折叠与调平、除霜器、中控门锁、玻璃升降器、车灯乃至其它更多的高级功能等。电子车门系统广义上分为两种架构：一种是集总式控制，通过一个中心模块控制和驱动所有车门中的每个负载，这样可降低整体成本，但增加了控制器的复杂性，而且控制过于集中、尺寸偏大，不利于安装、布线和散热。另一种采用分布式控制，每个车门内的负载由各自的ECU模块单独控制，也可由驾驶员侧ECU通过CAN/LIN总线控制。在这种方案中，通常两个前门ECU连接到CAN总线网络，分别与后面两个车门的ECU通过CAN或LIN总线通信。分布式方案结构简单，成本偏高，不过应用越来越广泛。

在分布式方案中，如门锁、后视镜、车窗升降器和辅助照明等主要的车门功能由分布在各个车门上的模块控制。而前车门模块除了自身门锁、车窗升降器功能外，还有外部后视镜功能的控制。在新一代汽车外部后视镜中，内置功能的数量大幅增加：转向灯/闪光灯、车门外部灯、除霜器、后视镜折叠与调节，甚至电动防眩目。系统设计师面临的挑战是如何在更小的体积实现更多的功能，以及成本要求。

前车门控制模块的整体设计

图1是功能较全面的车门控制器原理框图，主要由电源电路、电动车窗驱动电路、后视镜驱动电路、中央门锁驱动电路、车灯驱动电路、CAN/LIN总线接口电路、霍尔传感器输入电路及按键接口电路等部分组成。其中微控制器uC用于控制所有功率器件的开关动作，同时对系统状态进行定时监控，接收合适的故障

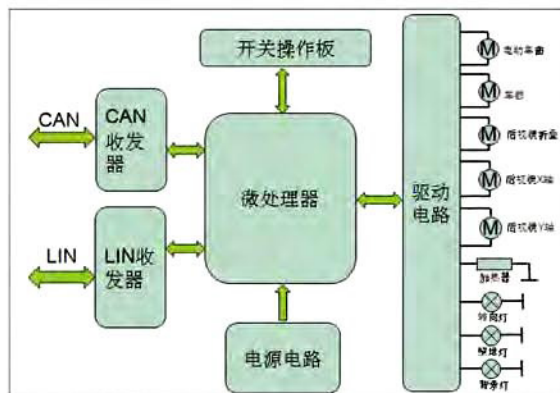


图1 前车门控制器框图

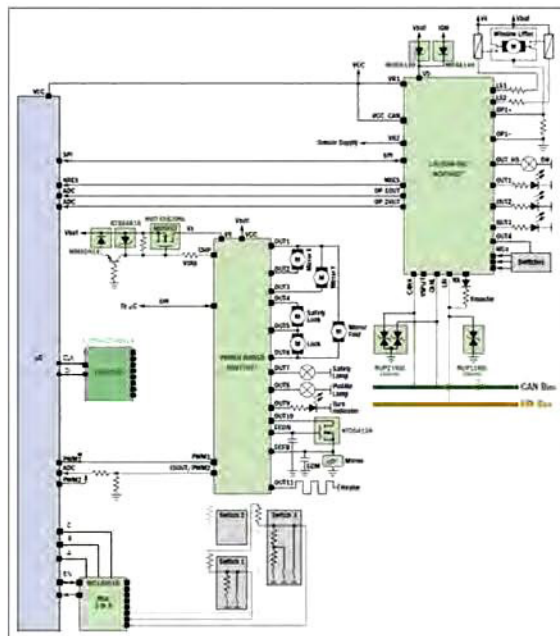


图2 前车门控制系统硬件框图

信号,并通过车载网络CAN/LIN总线实现与中央车身控制器及其他车门控制器的故障信息和按键控制信息的交换,从而及时在用户界面上显示故障内容并对车门进行实时控制,确保了行车安全。

安森美半导体公司针对该模块专门开发了功率级驱动芯片 NCV7462 与 NCV7707。NCV7462 集成了 2 路线性稳压器、CAN 收发器、LIN 收发器、看门狗(WD)电路、运放及高边、低边驱动。NCV7707 专用于控制前车门负载,包括后视镜位置、加热和折叠,除此之外,还有两组半桥用于控制锁电机,以及 4 组高边输出驱动灯泡。

本系统的硬件结构框图如图 2 所示,功率级芯片 NCV7462 与 NCV7707 直接由电池供电,外部电路需要有反极性保护电路。NCV7462 内置的 LDO VR1 向微处理器 uC 供电。微处理器 uC 通过 SPI 通信控制 NCV7462 与 NCV7707,同时读取其状态信息。这些器件已提供了完善的故障检测及保护功能,因而避免了采用过多的分立元件,大大减小了模块的体积,并提高了模块的 EMC (电磁兼容)特性。

前车门控制系统的电路设计

1. 反极性保护电路

为了保证驱动电流,NCV7462 与 NCV7707 内部功率驱动器均通过 VS 连接至汽车 12V 电源线,因此要求配备外部反极性保护。NCV7462 外部负载功率较小,通过串接二极管即可满足防反接要求,如图 2 中并联两只 NRVBRA140T3G。二极管 NRVBRA140T3G,功耗 0.55V,适用于续流和反极性保护。

而 NCV7707 负载功率大,若使用二极管,导通压降和导通电流较大,功耗大大增加,需采用导通阻抗更低的 MOSFET。NCV7707 内部配有一个电荷泵,通过引脚 CHP 控制 MOSFET 通断。

2. 电源电路

一般而言,BCM 要求的输入电压在 -0.5V 至 32V 之间,输出电压为 5V。随着汽车内的用电设备的增多,如果电池直接供电的设备静态电流不够低,而汽车连续停泊较长时间,车内蓄电池可能因为过度放电而使汽车无法重新启动,故 BCM 设计需要考虑静态电流。此外,汽车应用中可能会常常面对高温环境,所以要求电源提供过温保护。

NCV7462 内部集成了两路 5V 线性稳压器 VR1、VR2。其中 VR1 输出精度 2%,输出电流 250mA,用于微处理器供电;VR2 输出精度 2%,输出电流 50mA,用于外部传感器供电。当模块不需要工作时可以进入待机或休眠模式,

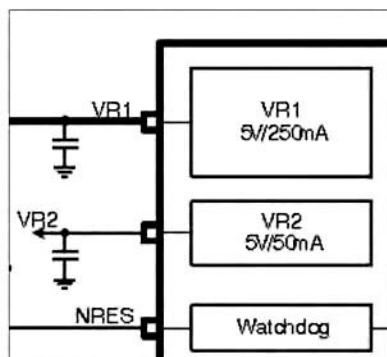


图 3 线性电源电路设计

关闭VR1或VR2,降低功耗。待机模式下,最大静态电流为80uA;休眠模式下,总静态电流的最大值60uA,参考电路如图3所示,外围只需加一个2.2uF陶瓷电容。

3. CAN 收发器电路

NCV7462内有一个高速CAN收发器模块,兼容ISO11898-2和ISO11898-5标准。该模块使用两组供电路径——

◆通过引脚VCC_CAN供电:在正常模式下,准备收发数据;

◆通过内部整流器供电:在待命模式和睡眠模式下,收发器监控总线远程唤醒。

为了保证CAN收发器正常工作,VCC_CAN外部需要一个2.2uF退藕电容。如果使用分裂终端(Split Termination)电压源,其VSPPLIT(分裂终端电压)引脚可稳定闲置总线电平,进一步改善电磁辐射(EME)性能。

NUP2105L CAN总线保护器是一个27伏(V)的2双向瞬态电压抑制器(TVS),用以保护高速和容错CAN网中的收发器免受EMI和ESD的影响。此器件符合ISO11898-2物理层规范,并且超过了抑制ESD和EMI的行业标准,非常适合用于数据传输速率高达1Mbit/sec的系统。

4. LIN 收发器电路

内置的LIN收发器是LIN总线物理层与LIN协议控制器的界面,兼容LIN2.1与J2602规范。与CAN收发器不同,LIN由VS引脚唯一供电。

LIN收发器提供两种斜率模式,通过

SPI位“LIN_SLOPE”配置。默认模式为正常斜率模式,收发器收发数据速度可达20kB,与LIN2.1规范一致。低斜率模式下,LIN总线上的信号转换率降低(上升沿与下降沿变长),可以降低EMC辐射。LIN总线最大速率降为10kB,该模式用于低速通信。

NUP1105L LIN总线保护器是一个27V的单个双向TVS,用以保护LIN或单线CAN网络中的收发器免受EMI和ESD的影响。此器件把抑制EMI和ESD的水平提高到SAE J2411和ISO 7637-3规范之上,这将提高网络在严酷的汽车和工业环境中的可靠性。

5. NCV7462 输出级

NCV7462 OUT_HS为高边,可驱动5W灯泡;OUT1-4为高边开关,可用于驱动LED或按键开关。OUT_HS与OUT1-4一样具有各种保护功能,包括过流保护和电流限值、欠载检测、热保护和VS欠压、过压保护。此外,OUT_HS可以配置旁路过流保护模式(过流自恢复),防止负载要求较大初始驱动电流,例如白帜灯泡的冲击电流。当OUT_HS过流时间超过Tblank_OLD_OUT_HS(typ.120us),SPI状态位将被锁定,同时输出被关断。如果SPI控制位“OUT_HS_OCR”设为高。在时间Tflt_OCR(typ.400us)后,SPI状态位“OUT_HS_OC”没有变化,OUT_HS将自动再生。若过流持续存在,OUT_HS进入周期振荡,高电平约为120us,低电平约为400uS。当负载被认为稳定(例如,灯泡变热),微处理器uC软件将关闭自动恢复功能。

微处理器uC软件将关闭自动恢复功能。

6. 电动车窗驱动电路

电动车窗系统的每个车门都有一个车窗玻璃升降机构,采用直流永磁电机来驱动。电机的尺寸非常小,可以安装在车门里面,并且带有一套减速机构,用来增加输出扭矩,减小输出

转速。电机转动方向(即车窗的上下移动)通过改变输入电压的极性来实现,车窗升降速度取决于输入电压的大小。电动车窗驱动电路如图4所示。

(1) 车窗升降继电器驱动电路

由于继电器比智能H桥芯片的成本低,目前仍在车窗驱动电路中广泛应用。车窗控制系统由微控制芯片uC通过SPI通信控制NCV7462集成的2路低边驱动(LS1/2)驱动继电器,再由继电器组成的H桥来操纵车窗上升或下降。低边驱动LS1/2的通态电阻典型值3.3Ω,驱动电流可达0.5A,足以驱动继电器可靠动作。如果驱动电流超过过流限值时间Tflt_OLD_LS1/2(典型值60us),驱动关闭,同时锁定SPI状态寄存器。只有当相应SPI标志位被读取和清除,才可以再次使能。

(2) 车窗升降电流采样设计

由于车窗升降电机轴负载转矩变化率对障碍物是非常敏感的,其阈值可以作为障碍物检测的判断指标。根据直流电机负载转矩与电枢电流之间的线性关系,本文采用测量电枢电流来间接得到电机负载转矩的测量方案。采样原理如图4所示。

流过电机电枢的电流经过电阻Rs采样后,输入到NCV7462集成运放OP1同相输入端,经放大后输入微处理器uC的A/D通道,其值为:

$$v(t) = i(t) * R_s * (1 + R_3/R_2)$$

$$\text{取 } R_s = 5\text{m}\Omega, R_1 = R_2 = 1\text{k}, R_3 = 22\text{k}, \text{ 则 } v(t) = 0.115i(t) \quad \text{式 1}$$

若微处理器的A/D转换精度为10位,参考电压为5V,设A/D转换结果为,可以得到:

$$v(t) = \frac{5}{2^{10}} * v_d(t) \quad \text{式 2}$$

由式(1)和(2)可以得到:

$$i(t) = \frac{500}{11.5 * 2^{10}} * v_d(t) \quad \text{式 3}$$

由式3可以看出,直流电机的电枢电流与A/D转换结果之间是线性关系,因此,电机轴负载转矩与A/D转换结果之间也是线性关系。通过图5得到验证,输入微处理器uC的A/D通道电压v(t)与电枢

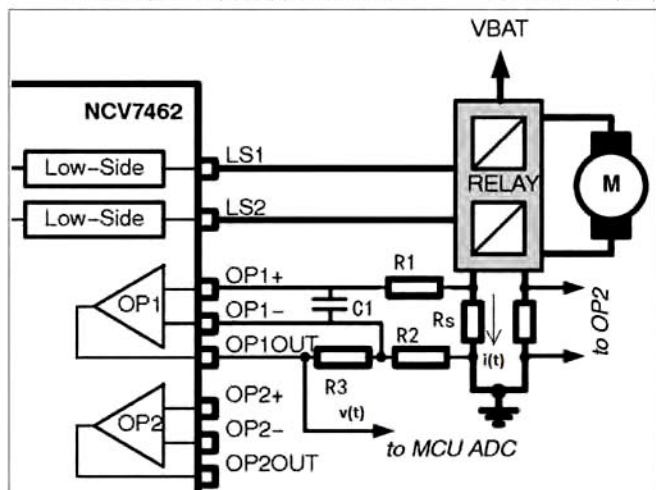


图4 车窗升降电机电流采样电路

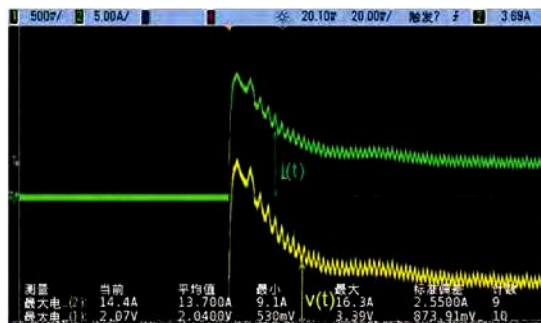


图5 车窗升降机电流与A/D采样输入电压波形

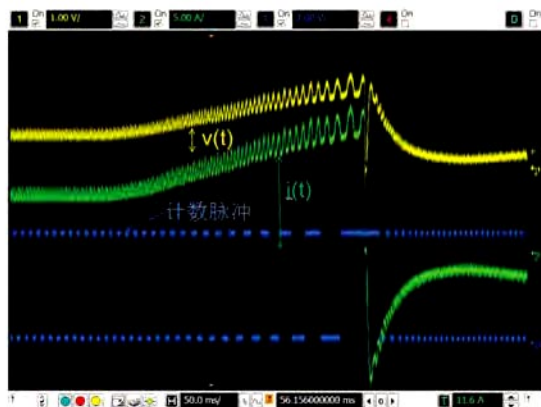


图6 防夹功能测试波形

电流 $i(t)$ 之间的线性关系。

(3) 防夹功能设计

为了实现车窗的防夹功能,控制器需要一个霍尔式传感器判断车窗的位置和电机转速。在电机的转子轴上端安装了一个磁环,而车窗控制器的PCB被设计成手枪状,突出的部分顶端放置有霍尔传感器,以便插入电机中靠近磁环,利用霍尔效应测电机的位置和转速大小。当电机转动时,磁环也随之产生交变磁场。转子每转过一周,霍尔传感器就输出一个周期性的方波信号。微处理器的比较捕捉模块在霍尔信号的下降沿到来时产生中断,记录此时时间寄存器的值,利用前后相邻两次值的差,便可以计算出方波信号的周期,从而获得电机转速。在车窗玻璃运行在防夹区域内(距离顶部200~4mm),如果计算出方波信号周期变长,同

时,结合电枢电流采样值变大,可以判断出车窗遇到障碍物。微处理器uC则发出下降指令,将车窗下降到指定位置。

如图6所示,当车窗遇到障碍物时,电机的电枢电流 $i(t)$ 开始变大, A/D 采样电压 $v(t)$ 随 $i(t)$ 线性变化,霍尔传感器计数的周期逐渐变长,达到设定的阈值后,微处理器 uC 控制电机反转,从图中可以看出电枢电流 $i(t)$ 方向变化, A/D 采样电压 $v(t)$ 方向不变。此时可通过霍尔传感器转向信号输出引脚指示微处理器 uC 电机转向变化。

从图6中还可以看出,车窗下降时霍尔传感器计数脉冲的周期比上升时小些,说明车窗下降时阻力小于上升时,电机的转速也快一些。

7. NCV7707 输出级

NCV7707 OUT1-6为半桥,OUT7-11为高边开关。两个后视镜定位电机连接至OUT1、OUT2和OUT3,后视镜折叠电机连接至OUT1和OUT6,门锁电机和安全锁电机连接至OUT4、OUT5和OUT6,

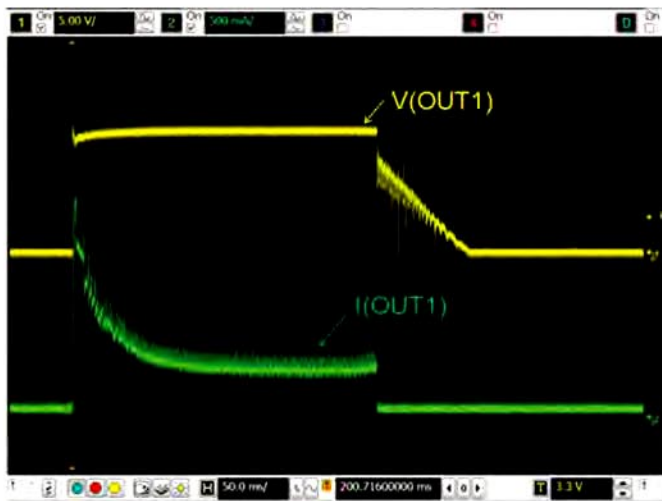


图7 后视镜折叠电机电压与电流波形

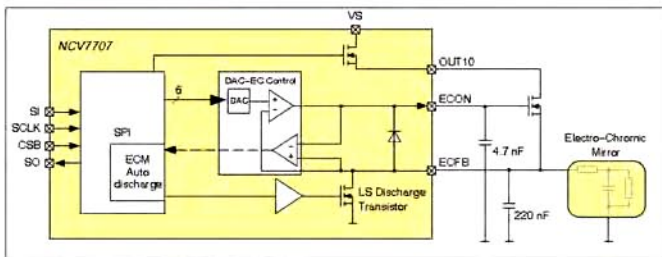


图8 电动防眩目后视镜应用框图

OUT5 是两个电机电流之和。高边驱动器 OUT7 和 OUT8 可以配置用于驱动 LED 或 10W 车灯, OUT9 和 OUT10 用于驱动 LED。

图7所示为后视镜折叠电机正常运行时的波形。通道1是 OUT1 的电压, 通道2是流过后视镜折叠电机的电流。根据该波形, 启动时尖波电流的最大值是2A, 而运行过程中的额定电流则为0.4A。

由于各个半桥以串联方式相连, 而且通道电流也存在限制, 因此一次只能驱动一个电机。

OUT10 还可以用来驱动电动防眩目后视镜, 应用电路如图8所示。连接在 ECFB 引脚上的电动防眩目元件的电压被控制在目标电压值内(0~1.2V), 电压值由内部寄存器设定。OUT10 引脚为外部 MOS 的漏极供电, ECON 引脚连接 MOS 的栅极, ECFB 引脚连接 EC 镜。为提高外部 MOS 驱动稳定性, 在 ECON 引

脚上加了一个至少 5nF 的外部电容。
(1) 软启动功能
NCV7707 所有半桥和高边输出 OUT7-11 均有可编程软启动功能, 当负载启动电流大于过流限值(例如灯泡的浪涌电流、电机堵转电流和加热器冷阻值), 可以使用编程软启动功能(过流自恢复模式)。如果自恢复功能使能, 在编程恢复时间后装置自动重新使能输出。当 OUT7 与 OUT8 配置为灯泡模式时, 自动恢复频率为固定频率不可编程。PWM 调制电流提供充足的平均电流驱动负载直到负载达到稳定状态。关闭自动恢复功能之后, 如果过载仍然存在, 各个通道自动关闭输出。

(2) 电流感应功能(引脚 ISOUT / PWM2)

NCV7707 具有电流采样保持功能, 当在某一高边输出状态, ISOUT 电流映射真实输出电流。只要高边输出通过 PWM 被关断, ISOUT 输出电流就被采样和保持。假如在采样保持阶段(当真实通道被关断时, 电流采样通道改变)没有先前的电流信息可用, 采样阶段复位, 结果

输出引脚	OUT1	OUT4	OUT5	OUT6	OUT7 bulb mode/LED mode	OUT8 bulb mode/LED mode	OUT9	OUT10	OUT11
电流感应比率	1/10000	1/9200	1/9200	1/10000	1/10000/1/2000	1/10000/1/2000	1/2000	1/2000	1/10000

表1 NCV7707 OUT1-11 输出端口电流感应比率

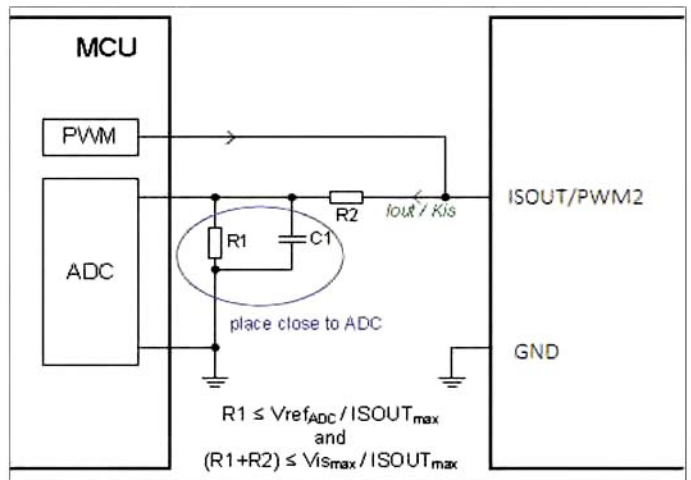


图9 电流感应 Isout 端口 A/D 采样电路

映射零输出电流。为了防止读取错误信息, 引脚 ISOUT 信号在驱动刚打开时被忽略, 直到电路正确设置(>64uS)。

ISOUT 引脚(感应输出)提供与所选功率输出端流向 GND 的输出电流成比例的电流。输出端选择通过 SPI 实现。半桥 OUT1、OUT4、OUT5、OUT6 与高边 OUT7-11 具有该功能, 电流感应比 K_{is} 如表1所示。

而感应电流 I_{sout} 则由外部感应电阻器 R_1 转换成电压, 并送至 A/D 输入端, 如图9所示。

输出到 A/D 端口电流由 K_{is} 和 R_1 值决定:

$$I_{sout} = \frac{I_{out}}{K_{is}} \quad \text{式4}$$

$$V_{in_ADC} = I_{sout} \cdot R_1 = I_{out} \frac{R_1}{K_{is}} \quad \text{式5}$$

$$I_{out} = \frac{ADC}{n} \cdot V_{ref_ADC} \cdot \frac{K_{is}}{R_1} \quad \text{式6}$$

其中: ADC 表示 A/D 采样值; n 表示 A/D 采样分辨率; V_{ref_ADC} 表示 A/D 采样通道参考电压。

取 $R_1=4.7k \Omega, R_2=100 \Omega, C_1=1nF$, 其中 R_2 与 C_1 只是起到隔离微处理器 uC 和驱动器件 NCV7007 的作用, 可以省去。

根据公式6可以得到:

$$I_{out} = \frac{ADC}{n} \cdot V_{ref_ADC} \cdot \frac{K_{is}}{R_1} = \frac{ADC}{n} \cdot 5V \cdot \frac{9200}{6900} = \frac{ADC}{n} \cdot 6.76$$

(3) 灯泡启动功能

由于灯泡灯丝的内阻在冷态和工作时相差非常大, 启动时的电流可能比正常工作的电流高10倍。为了限制启动时消耗的功率并确保灯泡快速启动, 自恢复功能应用在灯泡驱动中。

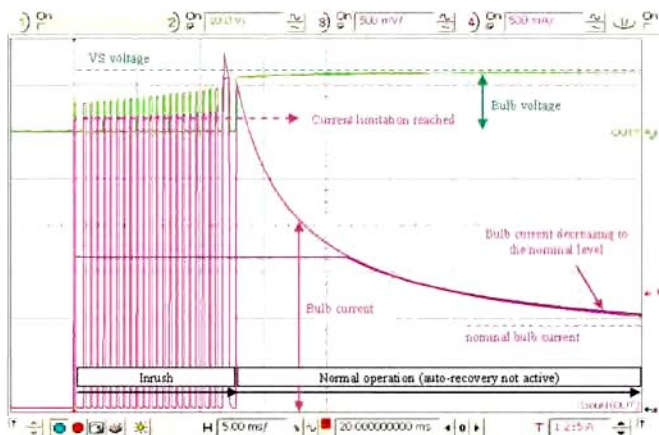


图10 灯泡启动波形

当自恢复功能使能，达到电流限值时，输出由脉宽调制模式（PWM）控制。一旦灯丝加热后，流过灯丝的电流不再达到电流限值，PWM运行模式停止，输出持续打开。从图10中可看出灯泡打开时的冲击电流是稳态时的几倍，当灯丝内阻加热到电流小于限制时，灯泡点亮，灯丝温度迅速上升，灯丝阻值变大，电流逐渐变小达到稳态。同时，PWM调试模式关闭。

为了防止短路状态，只要驱动使能PWM就会持续运行，因此推荐在最小激活灯泡时间（例如100ms）后通过软件关断自动恢复功能。

8. 微处理器uC外部扩展电路

(1) 外部存储器电路

为了实现车窗防夹功能，需通过霍尔位置传感器计数车窗位置，为保证在车辆发生故障情况下仍能正确运行，特别是在电动车窗升降时，遭遇电池故障或熄火状况，系统再次启动时，必须知道车窗的正确位置。因此，系统需要EEPROM存储车窗计数信息，以及一些重要故障信息。

CAV24C08是一款8-Kb CMOS串行EEPROM，支持标准（100kHz）和快速（400kHz）协议，1百万次擦写次数。

(2) 外面模拟通道扩展电路

车门上各种开关信号通过单片机uC A/D端口采样，然后控制相应部件动作。由于开关信号较多，微处理器uC采样端口数量有限，此时可以使用外部扩展模拟通道。

MC74HCT4851A是一款专为汽车设计的模拟8路转换器，通道选择和使能引脚兼容标准CMOS或LSTTL输出。此外，内置注入电流保护功能，该功能允许不工作的模拟输入通道电压超过供电电压而不影响在工作的模拟输入通道。外围电路省去了保证模拟信号电压在供电电压范围内而附加的二极管和电阻网络。

总结

该前车门控制器采用了安森美半导体高集成度和专用性的智能功率器件，整个系统电路简单可靠，降低了系统的设计和生产成本，芯片内部集成的短路、开路检测和防夹功能，在提高舒适性的同时，也提高了系统可靠性。