

# 一种基于 CAN 总线的低功耗汽车组合开关

刘文英<sup>1</sup>, 邹洪波<sup>1</sup>, 王 东<sup>2</sup>, 刘光宇<sup>1\*</sup>

(1. 杭州电子科技大学 信息与控制研究所, 浙江 杭州 310018; 2. 集瑞重工研究院, 安徽 芜湖 241080)

**摘要:**为解决现有基于 LIN 总线组合开关连接节点有限、不易扩展的问题及应用中对低功耗、低成本的要求,应用具有 CAN 控制器的 STM32 系列微控制器,开发了基于控制器局域网和通用串行总线的车用组合开关。通过对组合开关休眠模式下主从节点各模块的功耗分析,建立了其休眠功耗与电源模块静态功耗间的关系,提出了通过在硬件上采用以 NE555 为核心的延时调压节能电路来降低组合开关休眠模式下电源模块的静态功耗。在基于 STM32 的组合开关上,对延时调压节能电路的降功耗性能进行了评价,并进行了休眠模式下的功耗调节试验。实验结果表明,通过调节 NE555 定时器输出信号的占空比,可将组合开关休眠功耗由最初的 7.3 mA 降到 3.8 mA,功耗降低近 50%;该方法能够实现有效降低系统休眠功耗,在低成本的车用组合开关中具有应用价值。

**关键词:**控制器局域网;易于扩展;低功耗

中图分类号:TH7;U463.61;TP216.2

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2013)11-1406-05

## Low power consumption combination switch based on CAN bus

LIU Wen-ying<sup>1</sup>, ZOU Hong-bo<sup>1</sup>, WANG Dong<sup>2</sup>, LIU Guang-yu<sup>1</sup>

(1. Institute of Information and Control, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China;

2. Jirui Heavy Industry Institute, Wuhu 241080, China)

**Abstract:** Aiming at solving the limitation and extension problem of existing combination switch, and to meet the need of low power consumption and low cost requirements in application, a new automobile combination switch was developed based on the controller area network and universal asynchronous transceiver by using STM32 series micro controllers. After the analysis of the combination switch's dormant static power consumption, the relationship between its dormant power consumption and power supply module's static power consumption was established. A method was put forward by using the hardware time delay regulating circuit based on NE555 to reduce the consumption. The method's performance of consumption regulating was tested in the designed combination switch based on STM32. The results indicate that by adjusting the duty cycle of the NE555 timer output signal, the dormant power consumption of the combination switch can be reduced by almost 50%, dropping from the original 7.3 mA to 3.8 mA. This method can effectively reduce the power consumption of the system and has practical application value in the low cost automobile combination switch.

**Key words:** controller area network(CAN); extensible; low power consumption

## 0 引 言

随着电子设备的不断增加造成导线数量增加,使得在汽车内有限的空间中布线变得日益困难,从某种程度上限制了汽车电子功能的拓展。采用总线技术,

并通过电控系统网络化控制<sup>[1]</sup>能有效减少线束使用,降低车内布线难度。现有 LIN 总线组合开关基于 SCI/UART 数据格式,采用单主机多从机模式,总线由 3 根导线组成(电源、地线和数据线)<sup>[2-3]</sup>。由于每个组合开关上器件 I/O 口数量有限,则能检测的开关量也

有限,在应用中若需增加开关量进行功能扩展,需要接入多个组合开关。但由于过多节点将导致网络阻抗过低、降低通讯效率,一个 LIN 网络中节点总数不宜超过 16<sup>[4]</sup>,使得组合开关的扩展受到限制。随着汽车总线中通讯节点和数据流量持续增加,节点日益复杂,使得汽车总线在重量、布置、成本、通信效率等方面面临困境。

本研究针对现有组合开关不易扩展、应用不灵活等问题,设计一款基于 CAN 总线和 UART 总线的汽车组合开关。由于采用 CAN 总线通讯的组合开关只使用两根线进行通讯,不仅可提高数据传输的可靠性和安装便捷性,同时可减少线束的使用。使用者应用该组合开关时,只需将组合开关主节点连接到车内 CAN 总线上,根据需要连接部分从节点,便可检测多个开关节点的按键状态。不仅可减少线束使用,方便车内布线,而且易于扩展,可至少连接 30 个开关节点,扩展的各从节点上的开关信号的对应功能可由使用者根据需要在汽车电控单元自行定义。该组合开关还设计低功耗模式,具有休眠、唤醒功能。

## 1 总体设计方案

该组合开关由一个主节点和多个开关从节点组成,整体结构如图 1 所示。基于 STM32 系列微控制器的主节点作为组合开关的核心,负责协调各开关节点与汽车电控单元间的通讯。主节点一方面通过串行通讯总线检测各开关节点的按键状态,并将电控单元的工作指示传递给各开关节点。另一方面通过 CAN 总线与汽车电控单元通讯,上传实时检测的按键状态。汽车电控单元根据接收到的按键状态操作相应的设备,并将设备当前的工作状态通过主节点反馈给各开关节点作为工作指示。

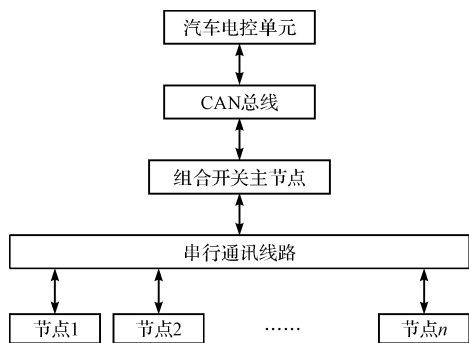


图 1 组合开关结构框图

## 2 硬件设计

主节点是组合开关的核心,由 STM32 最小系统、

电源模块、CAN 收发单元及串行通讯电平转换电路组成。主节点采用 ST 公司 Cortex-M3 内核的 32 位闪存微处理器 STM32F103C8T6<sup>[5]</sup>,其内部集成了 CAN 控制器和串行通讯接口。该处理器具有 3 种低功耗模式:睡眠模式、停止模式和待机模式,在停止模式,其功耗可以低至几十个微安。

### 2.1 电源模块

整车为组合开关提供的电源为 24 V,经过可调输出稳压器 LM2576D2T\_ADJR4G 降压后给各开关节点及主节点上的 5 V 芯片供电。LM2576 的工作电路如图 2 所示。LM2576 具有 7 V ~ 45 V 宽输入电压范围, TTL 关断能力<sup>[6]</sup>。其最大输出电流有 3 A,这样的承载能力保证系统可以连接至少 30 个开关节点。组合开关进入休眠模式后,主要功耗为稳压器的静态功耗,为降低系统的休眠功耗,笔者在设计中使用 NE555 定时器控制 LM2576 的使能引脚,使其在系统休眠期间间歇式工作。在系统进入休眠模式前,STM32 输出 NE555 使能信号,使 NE555 工作输出一定占空比的定时信号 POWER\_OFF,控制 LM2576 使其定时关断,在其关断期间使用 1 000  $\mu$ F 电容储能为进入休眠状态的组合开关主从节点供电。

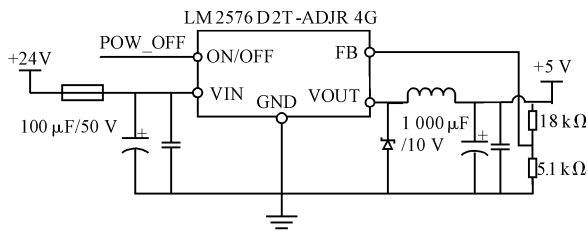


图 2 电源模块电路

### 2.2 通信模块

CAN 总线自 20 世纪 80 年代初由 Bosch 公司开发以来,迅速得到广泛应用,成为汽车领域应用最广泛的总线标准<sup>[7-8]</sup>。汽车内部有 2 条 CAN 通讯线(CANH 和 CANL)贯通车身,构成 CAN 网络的主干通讯通道,所有 CAN 节点可以挂接在主通道的任意位置。该组合开关也设计了 CAN 总线通讯接口,可以作为一个独立的节点,直接挂在总线上。STM32F103C8T6 内部集成了 CAN 控制器,只需外加 CAN 收发器即可工作。本研究选用 CAN 收发器 NCV7340D12R2G<sup>[9]</sup>,该器件具有正常和静默 2 种工作模式,由 8 号引脚控制,在静默模式下其典型功耗仅为 10  $\mu$ A。

主节点与开关节点采用 UART 串行通讯,接口采用三线制,分别是 5 V 电源线、信号线和地线。为了防止电源线上的传导干扰引入通信线路,本研究使用单

的信号线通讯,另外为了减少线束,收、发数据共用一根信号线。信号线上采用 24 V 的电压通信,以提高信号传输过程的抗干扰能力,主节点和开关节点各设计了相应的电平转换电路,将 24 V 的信号,分别转换为 3.3 V 和 5 V 的串行通讯信号,送给各自的主控制芯片。

主节点串行接收电平转换电路如图 3 所示, VIN 为信号线。当开关节点发送信号为 5 V 高电平时,经过从节点内部电平转换电路将信号转换为 24 V 在信号线上传输, VIN 端为 24 V 高电平,此时图 3 中三极管  $Q_3$ 、 $Q_4$  都截止,主节点串行接收引脚 USART2\_RX 上为 3.3 V 高电平。反之,所有三极管都导通,USART2\_RX 上为低电平。主节点串行发送端到开关节点的接收端也有类似的电平转换电路。这样设计的目的主要是为了使三极管在串行通讯空闲时的高电平下都关断,降低通讯线路上的功耗。

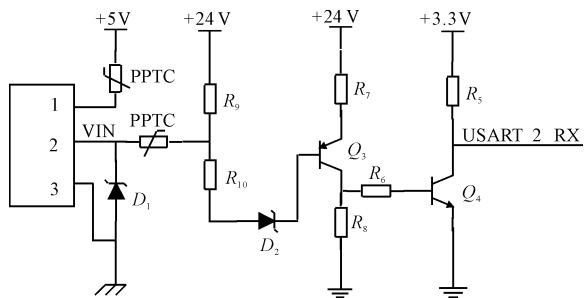


图 3 主节点串行接收电平转换电路

### 2.3 开关节点硬件结构

开关节点包含串行通讯电平转换电路、按键输入电路及背光灯控制电路。主控芯片采用宏晶公司的 51 单片机 STC11F02<sup>[10]</sup>。该芯片成本低且满足低功耗要求,在休眠模式下最低功耗为  $0.1 \mu\text{A}$ <sup>[11]</sup>。除了 2 个外部中断信号可将 CPU 从掉电模式唤醒,还有 3 个复用引脚信号,分别是 2 个定时/计数器信号输入引脚 INT/T0/P3.4、INT/T1/P3.5 和串口接收引脚 INT/RxD/P3.0<sup>[12]</sup>,为开关节点休眠、唤醒功能的硬件设计提供了方便的选择。开关节点的按键检测电路中,通过  $\pi$  型滤波电路在硬件上提前给按键输入做消抖处理,外加起保护作用的压敏电阻,防静电浪涌和尖脉冲。按键背光灯由 51 单片机 STC11F02 控制,通过定时器中断在其控制引脚产生 PWM 输出,经过硬件上的二阶滤波电路滤掉交流分量,留下直流分量,实现亮度可调。

## 3 软件设计

### 3.1 主节点程序

组合开关主节点通过轮询的方式查询各开关节点

的按键状态,每个开关节点都有相应的地址编号。主节点流程图如图 4 所示,系统上电后先进行初始化,包括时钟、定时器、外部中断、串行中断、CAN 控制器等。

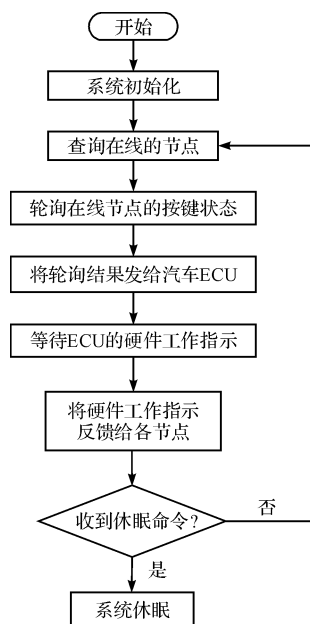


图 4 主节点程序流程图

主节点给开关节点的指令有 4 种,分别是在线节点查询指令、节点状态查询指令、工作指示指令及休眠指令。组合开关主节点会定时对所有预留的地址口进行在线节点查询,若某地址上有节点,则会收到该地址上开关节点的响应,之后主节点只对在线的节点发送按键状态查询和硬件工作指示指令。休眠命令采用广播的方式,各开关节点收到休眠命令后停止串行通讯,进入休眠状态。主节点重复进行休眠命令广播和在线节点查询,直至确认所有地址口上都无节点在线后才进入休眠状态。需要注意的是由于收、发共用一根信号线,开关节点在收到休眠指令后要先关闭串口,进入掉线状态,以备主节点查询确认是否所有节点都已掉线,开关节点延时待主节点先休眠后,再进入休眠状态,以免提前休眠而被串口接收引脚上的外部中断唤醒。

### 3.2 开关节点主程序

各开关节点初始化后,通过串行中断接收主节点的指令。开关节点程序流程图如图 5 所示。系统收到指令后先校验地址编号,判断若为该节点的地址,则对收到的指令进行解析处理,根据收到的指令类型作相应的响应或操作。当汽车电控单元给组合开关发休眠指令时,组合开关主节点和各开关节点后先后进入休眠状态。系统休眠后既可以通过汽车电控单元发送 CAN 信号到 STM32F103C8T6 的外部中断由上而下地唤醒组合开关,也可以通过组合开关里的任意开关节点按

键按下产生的外部中断,由下而上地唤醒整个系统。

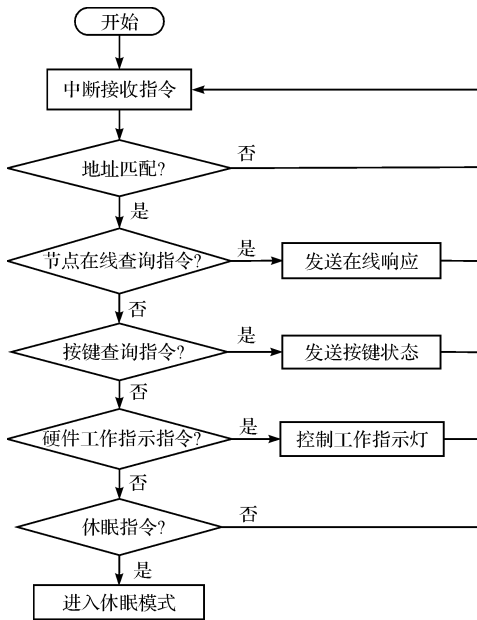


图 5 开关节点程序流程图

### 4 测试结果

经过软、硬件结合调试,该组合开关带 30 个节点时,采用 9 600 bit/s 的波特率可以可靠通信,检测到各个开关节点上的按键状态。在系统进入休眠模式时,本研究通过设置使主节点上的 CAN 收发器、STM32F103C 及所有开关节点都进入掉电模式,系统功耗为 7.3 mA,而各芯片的待机功耗都为微安级,经测试发现,此时主要为 LM2576 的静态功耗。为降低组合开关的休眠功耗,加入 NE555 延时调压节能电路。在系统进入休眠模式前,STM32 输出 NE555 使能信号,使 NE555 工作输出一定占空比的定时信号,控制 LM2576 使其定时关断,在其关断期间使用 1 000  $\mu$ F 电容储能为进入休眠状态的系统供电。

NE555 工作电路如图 6 所示。其中  $D_2$ 、 $D_3$  为二极管,NE555 使能后, $C_1$ 、 $C_2$  通过  $R_2$ 、 $D_2$  构成的 RC 回路充电,当达到 THR 的阈值电压时,NE555 的 OUT 和 DISC 引脚输出低电平。之后  $C_1$ 、 $C_2$  通过  $R_3$ 、 $D_3$  构成的 RC 回路放电,当达到 TRIG 信号的阈值低电压时,NE555 的 OUT 和 DISC 引脚输出高电平。通过  $C_1$ 、 $C_2$  周期性地充、放电,使 NE555 输出一定时信号。调节  $R_2$ 、 $R_3$  的阻值可调节  $C_1$ 、 $C_2$  充、放电时间,即可设置

NE555 输出的定时信号占空比。

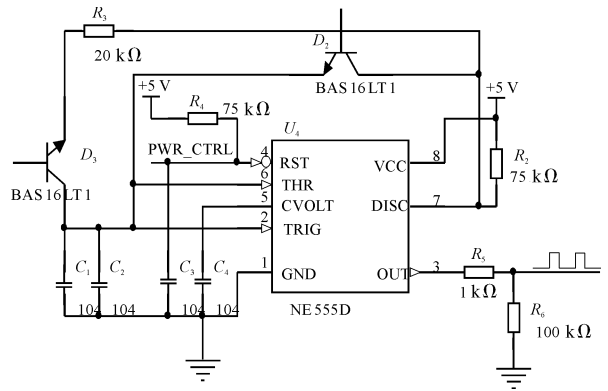


图 6 NE555 工作电路

经测试,系统休眠功耗与 NE555 定时器输出信号的占空比关系如表 1 所示。可见占空比越小,即 LM2576 间歇性工作的时间越短,组合开关休眠功耗越低。需要注意的是,1 000  $\mu$ F 电容储能有限,测试发现当 NE555 输出占空比小于 1/6 时,由于供电不足,系统产生掉电复位,不能保持休眠状态,因此目前系统的最低功耗调到了 3.8 mA。应用时也可以通过换用更大容值的 2 000  $\mu$ F 储能电容,将系统功耗调至更低的 3.2 mA,此时已达到临界值,之后再往下调占空比,系统功耗不会再下降,甚至会由于供电不足唤醒休眠模式。

表 1 低功耗测试结果

| 序号 | $R_2/k\Omega$ | $R_3/k\Omega$ | 占空比 $R_2 / (R_2 + R_3)$ | 系统休眠功耗/mA |
|----|---------------|---------------|-------------------------|-----------|
| 1  | 20            | 10            | 2/3                     | 6.9       |
| 2  | 20            | 20            | 1/2                     | 5.8       |
| 3  | 10            | 20            | 1/3                     | 4.8       |
| 4  | 10            | 40            | 1/5                     | 3.9       |
| 5  | 20            | 100           | 1/6                     | 3.8       |

### 5 结束语

该组合开关改变了传统的点对点控制方式,主节点与汽车电控单元采用 CAN 总线通讯,主节点与从节点采用单信号线通讯,减少线束使用,方便车内布线。不仅易于扩展,可以挂载至少 30 个开关节点,且在设计的过程中考虑了实际应用的低功耗、低成本的要求,在软件和硬件上进行了有效的低功耗设计和处理。经测试,其性能良好,在休眠模式下功耗设计仅为 3.8 mA。

(下转第 1429 页)

本文引用格式:

刘文英,邹洪波,王 东,等.一种基于 CAN 总线的低功耗汽车组合开关[J].机电工程,2013,30(11):1406-1409,1429.

LIU Wen-ying, ZOU Hong-bo, WANG Dong, et al. Low power consumption combination switch based on CAN bus[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11):1406-1409,1429. 《机电工程》杂志: http://www.meem.com.cn

## 4 结束语

IOCP 技术使得服务器充分发挥了多 CPU 的优势,使得整个智能楼宇灯监控系统的通信性能得到很大的提高。服务器设计采用模块设计化的思想,使服务器的客户端通信模块与 GPRS 通信模块分开,很好地提高了系统的可靠性和维护性。该服务器作为公司的智能楼宇灯产品的一部分,试用结果表明,该服务器具有良好的并发性和稳定性,能够准确、可靠地实现客户端与较大规模数量的 GPRS 的通信。

### 参考文献 (References):

- [1] 赵 彬. 智能路灯系统防盗的设计[D]. 厦门:厦门大学管理学院,2009.
- [2] 刘敬东,黄 祚,孙洪飞. 完成端口技术在路灯监控软件中的应用[J]. 照明工程学报,2010,21(2):66-70.
- [3] 王艳平,张 越. Windows 网络与通信程序设计[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [4] 宗晓萍,张 岩. 基于 IOCP 机制的远程监控服务器设计

- 与实现[J]. 现代计算机,2010(7):134-137.
- [5] 孙海明. 精通 Windows Sockets 网络开发:基于 Visual C++ 实现[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
  - [6] 廖宏建,杨玉宝,唐连章. 完成端口实现高性能服务端通信层的关键问题[J]. 计算机应用,2012,32(3):812-815.
  - [7] DIAL T R. Multithreaded asynchronous I/O & I/O completion ports [EB/OL]. [2007-08-03]. <http://www.drdoobs.com/cpp/multithreaded-asynchronous-io-io-comple/20120291>.
  - [8] SWARAJYA PENDHARKAR. A simple application using I/O completion ports and winsock [EB/OL]. [2007-03-30]. <http://www.codeproject.com/Articles/13382/A-simple-application-using-I-O-Completion-Ports-an>.
  - [9] 王 华,马 亮,顾 明. 线程池技术研究与应[ J ]. 计算机应用研究,2005,22(11):141-145.
  - [10] 吴永明,何 迪. 基于完成端口的服务器底层通信模块设计[J]. 信息技术,2007,31(3):115-118.
  - [11] 杜翔雷,跃 明. 基于 IOCP 的服务器端应用程序[J]. 计算机系统应用,2009,18(2):151-154.

[编辑:李 辉]

(上接第 1409 页)

目前在欧美的每辆汽车上都至少有一个 CAN 节点,我国在 CAN 总线领域起步较晚,但市场潜力很大。现今车身网络大多只应用于中高档车,自主汽车品牌的车辆大多价格低廉,大多数这类汽车还采用传统的点对点控制方式,尚未采用 CAN 总线产品,而进一步的发展趋势是把车身网络推广向中档、经济型轿车甚至农用运输车。随着民族品牌的发展,汽车工业的发展和科技水平的提高,产品的不断进步,对 CAN 总线应用的需求也越发迫切。基于 CAN 总线接口的低功耗、低成本汽车组合开关具有一定的应用价值。

### 参考文献 (References):

- [1] 南金瑞,刘波澜. 汽车单片机及车载总线技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2005.
- [2] 王 鑫. 组合开关中灯控开关的失效原因及解决方案[J]. 汽车电器,2009(9):29-31.
- [3] 马春红,王旭东,吕宝良,等. 基于 CAN/LIN 总线的车灯控制系统的设计[J]. 哈尔滨理工大学学报,2006,11(1):116-119.

- [4] 东风汽车有限公司. 一种基于 LIN 总线的新型汽车组合开关:中国,200620099701[P]. 2006-10-31.
- [5] 巍 巍,李泽滔. CAN 总线汽车组合开关体系的研究与开发[J]. 中国西部科技,2009,23(8):36-37.
- [6] 张 志. CAN/LIN 混合车身网络在东风载货车上的开发及应用[D]. 北京:清华大学汽车工程学院,2006.
- [7] 宋 立. 基于 CAN 总线的车身网络监测系统的设计[D]. 上海:上海交通大学电子信息与电气工程学院,2008.
- [8] 付 晓. CANBUS 总线在组合开关及其监控系统中的应用[J]. 电气开关,2012,50(5):67-68.
- [9] 凡海峰. 基于 CAN 总线的汽车车身控制系统研究[D]. 南京:南京航空航天大学机电学院,2009.
- [10] 蒋淑霞,韩志刚,周永军. 基于 CAN/LIN 总线车身网络优化设计与 CAN 通信实现[J]. 仪表技术与传感器,2011(6):48-51.
- [11] 刘红丽. 基于 RS485 总线的组合开关保护测控系统[J]. 电气开关,2010,48(4):75-77.
- [12] 崔储斌,周孟然. 基于 ARM 的智能组合开关的研究[J]. 科技咨询,2008(18):1-3.

[编辑:李 辉]

### 本文引用格式:

王 良,徐军明,吴红生. 基于 IOCP 模型的楼宇灯控制系统服务器的设计[J]. 机电工程,2013,30(11):1425-1429.

WANG Liang, XU Jun-ming, WU Hong-sheng. Building light monitoring system's server based on IOCP[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013,30(11):1425-1429.

《机电工程》杂志:<http://www.meem.com.cn>