

文章编号:1007-2780(2019)04-0402-08

一种 LED 灯串故障自检测电路的设计与实现

杨彦卿*, 郭 晨

(太原航空仪表有限公司, 太原 030006)

摘要: LED 背光模组因其具有诸多优势已经成为液晶显示器背光方式的主要选择,而在实际应用当中,若某串 LED 故障,液晶显示器就会出现暗线,导致亮度均匀性不能满足要求。为了保证液晶显示器的亮度均匀性和后期的维修效率,LED 灯串需具备故障自检测的能力。本文设计了一种基于 DSP 的 LED 背光模组中灯串故障自检测电路,以 546 mm (21.5 in) 液晶显示器的直下式 LED 背光模组为例,设计了灯板、驱动板的具体硬件电路,利用 CCS3.1 开发工具, C 语言编写软件控制逻辑。自检测结果表明:该电路可有效的对 LED 灯串进行故障自检测,满足了设计的要求。

关键词: LED 背光模组; 自检测; 亮度均匀性; 恒流源

中图分类号: TN27 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20193404.0402

Design and implementation of a fault self-detection circuit for LED string

YANG Yan-qing*, GUO Chen

(Taiyuan Aero-Instruments Co. Ltd., Taiyuan 030006, China)

Abstract: LED backlight module has become the main choice of LCD backlight mode because of its many advantages. But in practical application, if a LED string faults, the LCD will appear dark line, resulting in the brightness uniformity can't meet the requirements. The LED string must have the ability of fault self-detection in order to ensure the brightness uniformity of the LCD and the later maintenance efficiency. A self-detection circuit of the LED string in the LED backlight module based on DSP was designed. Taking the direct-down LED backlight module of 546 mm(21.5 in) LCD as an example, the specific hardware circuits of the LED board and driving board were designed. The software control logic was written by C language using the CCS 3.1 development tool. The self-detection results show that this circuit can detect the fault of the LED string effectively and meet the design requirements.

Key words: LED backlight module; self-detection; brightness uniformity; constant current source

收稿日期:2018-12-04; 修订日期:2019-01-14.

* 通信联系人, E-mail: yyq1197.happy@163.com

1 引言

背光模组为液晶显示模块(LCM)的重要组成部分,是液晶显示器(LCD)能够显示画面的前提。LED背光模组因其具有超长寿命、省电、低操作电压、高显色指数、低温操作、反应速度快以及符合环保要求等特点已经成为液晶显示的主要背光方式^[1]。而在实际应用当中,LED为点光源,作为背光,须特别注意液晶显示器的亮度均匀性。若有某串LED出现故障,就会出现暗线,应将周边的LED灯串加强点亮进行补光,弥补该处光度减弱的问题。因此,如果LED灯串具备故障

自检能力就能保证液晶显示器亮度均匀性,同时也能提高后期的维修效率。基于此,本文设计了一种LED背光模组中灯串故障自检检测电路。

2 总体设计

本文以546 mm(21.5 in)液晶显示器的直下式LED背光模组^[2]为例进行介绍。电路包括灯板和驱动板两部分。灯板是由36串LED灯组组成,每串24颗,作为LCD背光光源;驱动板由CPU、升压电路、开关电路、恒流源电路和AD/DA转换电路组成,总体框图如图1所示,硬件详细设计见第三章。

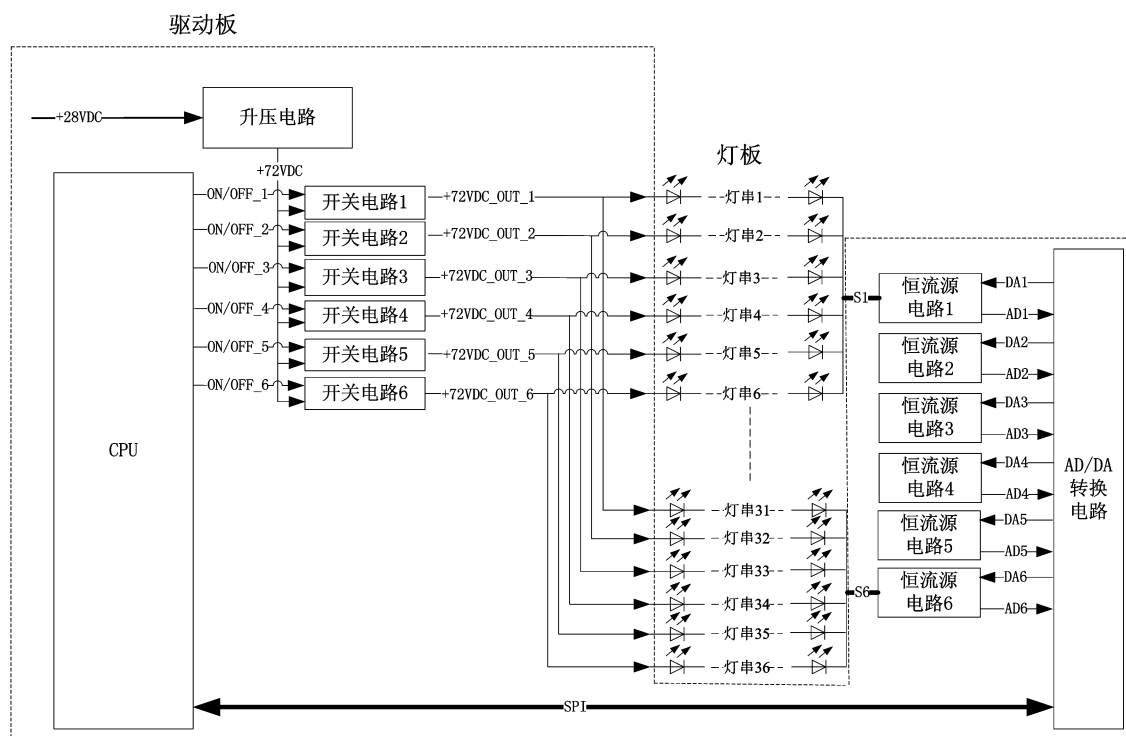


图1 总体框图

Fig.1 Main block diagram

灯串自检原理为:LED背光模组上电后,第一步设置ON/OFF₁=1,使得开关电路1导通,输出直流+72 V,此时灯串1与恒流源电路1上产生电流,通过AD/DA转换电路采集AD₁信号,判断灯串1是否故障(故障模式:断路);同样,灯串7与恒流源电路2上也产生电流,通过AD/DA转换电路采集AD₂信号,判断灯串7是否故

障;灯串13与恒流源电路3上也产生电流,通过AD/DA转换电路采集AD₃信号,判断灯串13是否故障;灯串19与恒流源电路4上也产生电流,通过AD/DA转换电路采集AD₄信号,判断灯串19是否故障;灯串25与恒流源电路5上也产生电流,通过AD/DA转换电路采集AD₅信号,判断灯串25是否故障;灯串31与恒流源电路

6 上也产生电流,通过 AD/DA 转换电路采集 AD6 信号,判断灯串 31 是否故障。第二步设置 ON/OFF_2=1,使得开关电路 2 导通,输出直流+72 V,按照第一步中的原理依次判断灯串 2、灯串 8、灯串 14、灯串 20、灯串 26、灯串 32 是否故障。第三步设置 ON/OFF_3=1,使得开关电路 3 导通,输出直流+72 V,依次判断灯串 3、灯串 9、灯串 15、灯串 21、灯串 27、灯串 33 是否故障。第四步设置 ON/OFF_4=1,使得开关电路 4 导通,输出直流+72 V,依次判断灯串 4、灯串 10、灯串 16、灯串 22、灯串 28、灯串 34 是否故障。第五步设置 ON/OFF_5=1,使得开关电路 5 导通,输出直流+72 V,依次判断灯串 5、灯串 11、灯串 17、灯串 23、灯串 29、灯串 35 是否故障。第六步设置 ON/OFF_6=1,使得开关电路中 6 导通,输出直流+72 V,依次判断灯串 6、灯串 12、灯串 18、灯串 24、灯串 30、灯串 36 是否故障。

3 硬件设计

3.1 灯板电路设计

546 mm(21.5 in)直下式 LED 背光模组灯板长 508 mm(20 in),宽 203 mm(8 in),在此面积内均匀分布 LED 灯,以满足最大亮度(不小于 1 000 cd/m²)和亮度均匀性(不小于 85%)的要求。通

过计算和仿真,共需 864 颗 LED 灯,将其分为 36 串,每串 24 颗,其中 6 串 1 组,共划分为 6 组。每组由一个恒流源电路进行控制,6 串 LED 灯由开关电路输出的 6 路电源分别供电。

3.2 驱动板电路设计

3.2.1 CPU

CPU 采用 TI 公司的 SM320F2812 数字信号处理器,最高运行频率可以达到 150 MHz,内部集成许多外设,能够提供整套的片上系统,最终实现更简单、高效的控制。其片上外设主要包括 2×8 路 12 位 ADC,2 路 SCI,1 路 SPI,1 路 McBSP,1 路 eCAN 接口,并带有两个时间管理模块(EVA、EVB),分别包括 6 路 PWM/CMP,2 路 QEP,3 路 CAP,2 路 16 位定时器。另外,还具有 3 个独立的 32 位 CPU 定时器,多达 56 个独立编程的 GPIO 引脚,以及 18 k 的 SARAM 和 128 k 字的 FLASH 等资源^[3]。

3.2.2 升压电路

升压电路采用 TI 公司的 LM3478,并辅以周边典型的阻容器件实现,具体见图 2。LED 灯串所需电源为直流+72 V,因此需将 LM3478 设置为直流+72 V 输出,根据 LM3478 输出电压配置公式(1)可得出 R_6 阻值为 2.1 k Ω 。

$$R_6 = (1.26 \text{ V} \times R_5) / (V_{\text{out}} - 1.26 \text{ V}), \quad (1)$$
其中: $R_5 = 120 \text{ k}\Omega$ 。

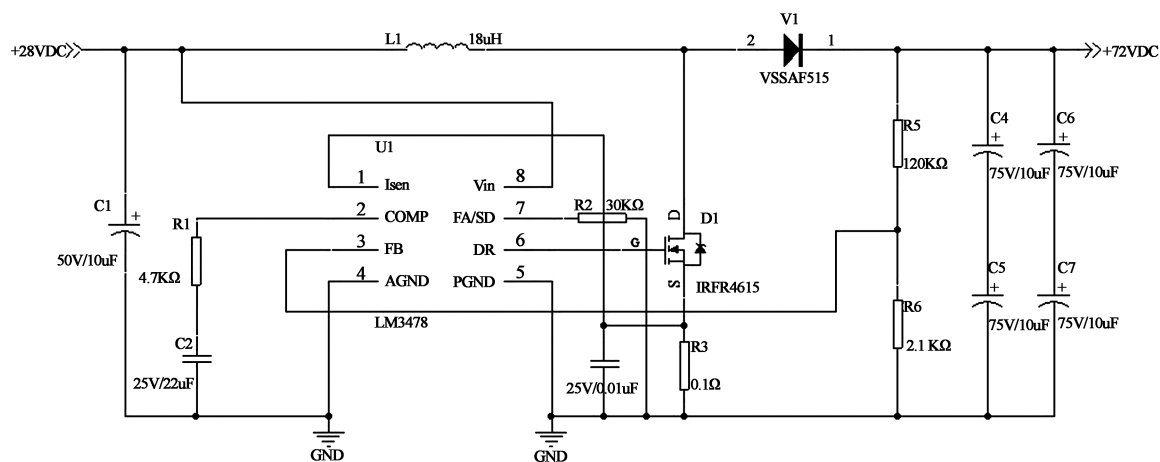


图 2 升压电路原理图

Fig.2 Schematic diagram of boost circuit

3.2.3 开关电路

开关电路主要由 ROHM 公司的 NP 双管

SP8M51FRA 实现^[4],具体原理见图 3。CPU 输出的 6 个离散量信号 ON/OFF 分别控制 6 个开

关电路的通断,当 ON/OFF=1 时,开关电路导通,输出直流+72 V,反之截止。

3.2.4 恒流源电路

恒流源电路由 TI 公司的轨对轨运算放大器 TLV9062 和 AO 公司的双 N 通道 MOSFET 管

AO4892 组成^[5],恒流源电路 1 原理见图 4。

3.2.5 AD/DA 转换电路

AD/DA 转换电路主要采用 TI 公司的多通道模数/数模转换器 AMC7836, 具体原理见图 5。

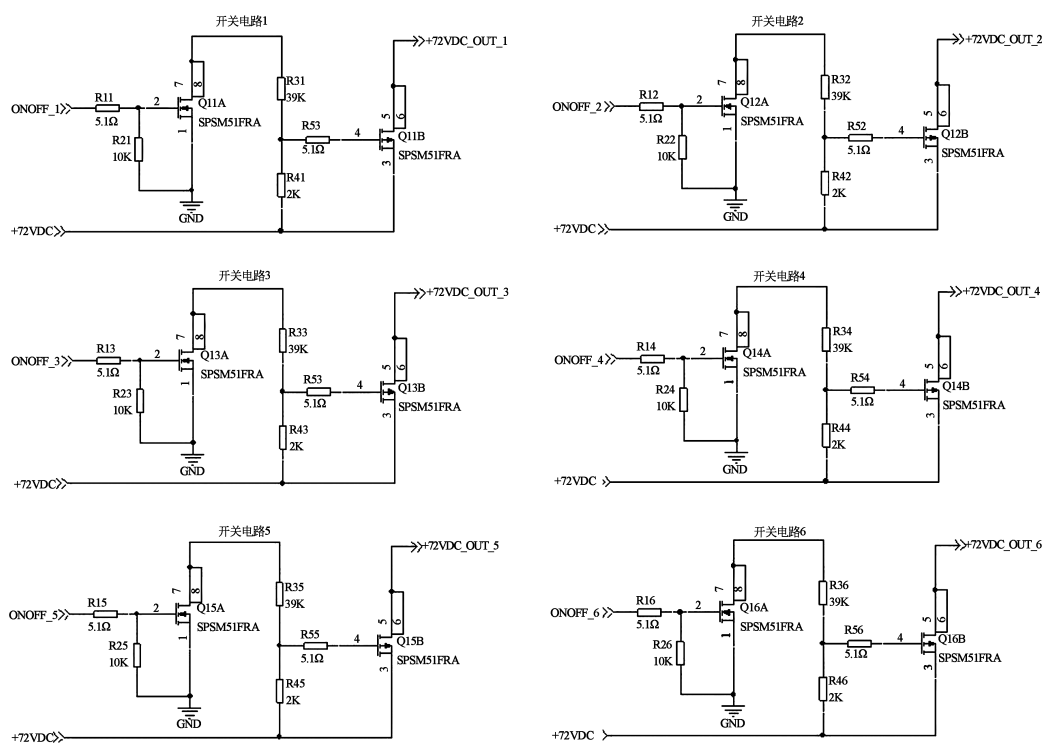


图 3 开关电路原理图

Fig.3 Schematic diagram of switching circuit

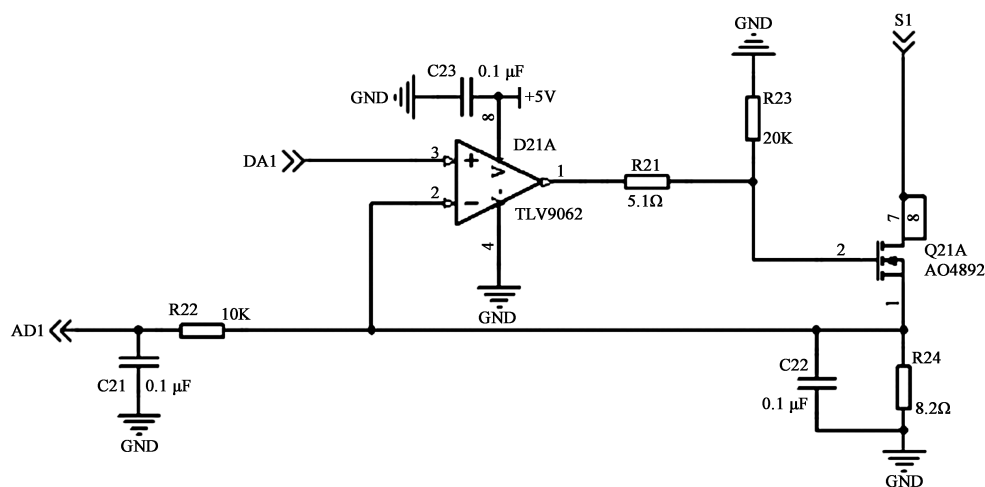


图 4 恒流源电路 1 原理图

Fig.4 Schematic diagram of constant current source 1

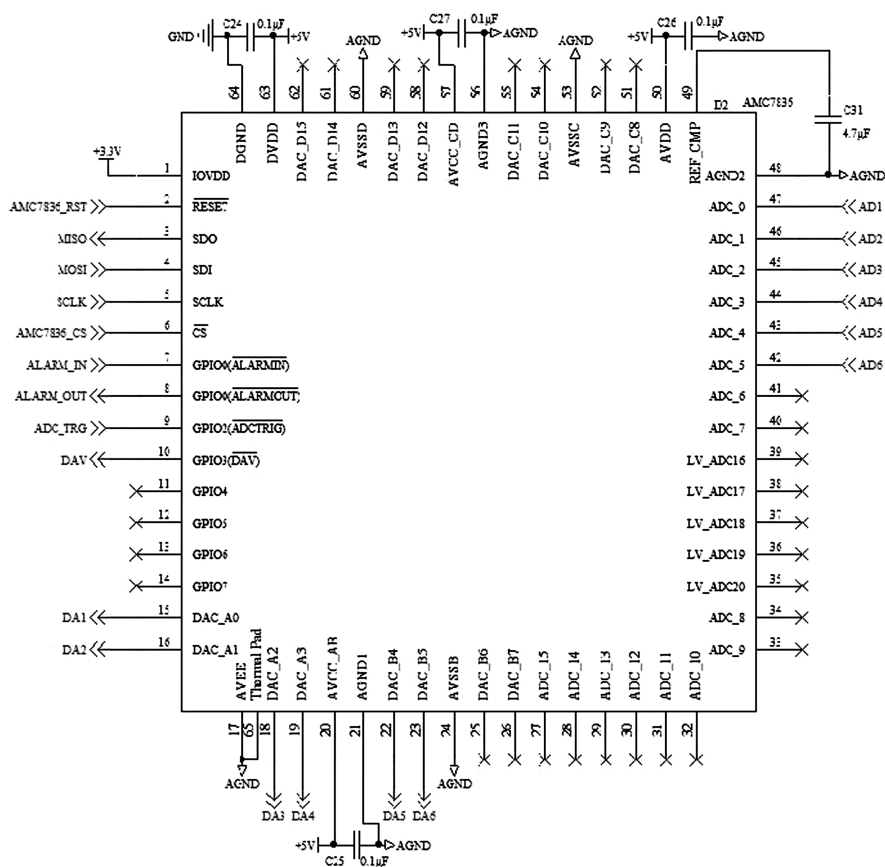


图 5 AD/DA 转换电路原理图

Fig.5 Schematic diagram of AD/DA conversion circuit

该芯片包含一个 21 通道 12 位模数转换器 (ADC)、16 个具有可编程输出范围的 12 位数模转换器 (DAC)、8 个 GPIO、一个内部基准电压以及一个本地温度传感器通道,且与 CPU 之间通过 SPI 总线进行接口通讯。

4 软件设计

本设计采用的软件开发环境是 CCS3.1,该开发环境支持 TI 公司广泛的微控制器和嵌入式处理器产品系列,它包含了用于优化的 C/C++ 编译器、源码编译器、项目构建环境、调试器、描述器等功能^[6]。软件流程见图 6。

具体实现如下:

- (1) 初始化 CPU;
- (2) 初始化 AMC7836;
- (3) 将 ON/OFF_1 对应的 GPIO 设置为高电

平输出,其余 GPIO 设置为低电平输出;

- (4) 开启 AMC7836 采集;

- (5) 顺序读取 AD1、AD2、AD3、AD4、AD5、AD6 对应的 ADC 通道数据;

- (6) 验证 6 个通道采集的数据是否正确,以此判断灯串 1、灯串 7、灯串 13、灯串 19、灯串 25、灯串 31 有无故障;

- (7) 将 ON/OFF_2 对应的 GPIO 设置为高电平输出,其余 GPIO 设置为低电平输出;

- (8) 开启 AMC7836 采集;

- (9) 顺序读取 AD1、AD2、AD3、AD4、AD5、AD6 对应的 ADC 通道数据;

- (10) 验证 6 个通道采集的数据是否正确,以此判断灯串 2、灯串 8、灯串 14、灯串 20、灯串 26、灯串 32 有无故障;

- (11) 将 ON/OFF_3 对应的 GPIO 设置为高电平输出,其余 GPIO 设置为低电平输出;

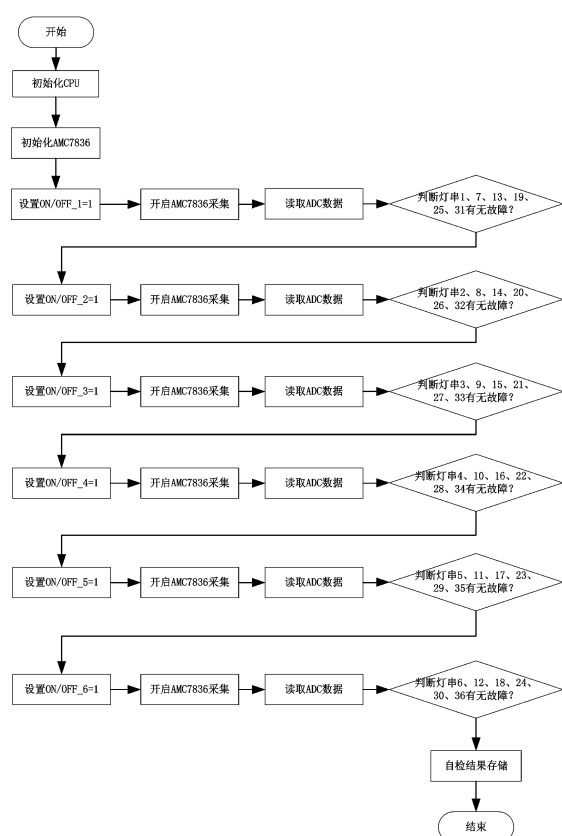


图 6 软件设计流程图

Fig.6 Software flow chart

(12)开启 AMC7836 采集;

(13)顺序读取 AD1、AD2、AD3、AD4、AD5、AD6 对应的 ADC 通道数据;

(14)验证 6 个通道采集的数据是否正确,以此判断灯串 3、灯串 9、灯串 15、灯串 21、灯串 27、灯串 33 有无故障;

(15)将 ON/OFF_4 对应的 GPIO 设置为高电平输出,其余 GPIO 设置为低电平输出;

(16)开启 AMC7836 采集;

(17)顺序读取 AD1、AD2、AD3、AD4、AD5、AD6 对应的 ADC 通道数据;

(18)验证 6 个通道采集的数据是否正确,以此判断灯串 4、灯串 10、灯串 16、灯串 22、灯串 28、灯串 34 有无故障;

(19)将 ON/OFF_5 对应的 GPIO 设置为高电平输出,其余 GPIO 设置为低电平输出;

(20)开启 AMC7836 采集;

(21)顺序读取 AD1、AD2、AD3、AD4、AD5、AD6 对应的 ADC 通道数据;

(22)验证 6 个通道采集的数据是否正确,以此判断灯串 5、灯串 11、灯串 17、灯串 23、灯串 29、灯串 35 有无故障;

表 1 LED 灯串自检结果(正常)

Tab.1 Self-detection result of LED string (normal)

	ON/OFF _1=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _2=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _3=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _4=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _5=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _6=1/mV	灯串 状态
AD1	740	灯串 1 正常	740	灯串 2 正常	740	灯串 3 正常	740	灯串 4 正常	740	灯串 5 正常	740	灯串 6 正常
AD2	740	灯串 7 正常	740	灯串 8 正常	740	灯串 9 正常	740	灯串 10 正常	740	灯串 11 正常	740	灯串 12 正常
AD3	742	灯串 13 正常	742	灯串 14 正常	742	灯串 15 正常	742	灯串 16 正常	742	灯串 17 正常	742	灯串 18 正常
AD4	740	灯串 19 正常	740	灯串 20 正常	740	灯串 21 正常	740	灯串 22 正常	740	灯串 23 正常	740	灯串 24 正常
AD5	744	灯串 25 正常	744	灯串 26 正常	744	灯串 27 正常	744	灯串 28 正常	744	灯串 29 正常	744	灯串 30 正常
AD6	742	灯串 31 正常	742	灯串 32 正常	742	灯串 33 正常	742	灯串 34 正常	742	灯串 35 正常	742	灯串 36 正常

表 2 LED 灯串自检结果(故障)

Tab.2 Self-detection result of LED string (fault)

	ON/OFF _1=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _2=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _3=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _4=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _5=1/mV	灯串 状态	ON/OFF _6=1/mV	灯串 状态
AD1	740	灯串 1 正常	740	灯串 2 正常	740	灯串 3 正常	740	灯串 4 正常	740	灯串 5 正常	0	灯串 6 故障
AD2	740	灯串 7 正常	740	灯串 8 正常	740	灯串 9 正常	740	灯串 10 正常	740	灯串 11 正常	740	灯串 12 正常
AD3	742	灯串 13 正常	742	灯串 14 正常	742	灯串 15 正常	742	灯串 16 正常	742	灯串 17 正常	742	灯串 18 正常
AD4	740	灯串 19 正常	740	灯串 20 正常	740	灯串 21 正常	740	灯串 22 正常	740	灯串 23 正常	740	灯串 24 正常
AD5	0	灯串 25 故障	744	灯串 26 正常	744	灯串 27 正常	744	灯串 28 正常	744	灯串 29 正常	744	灯串 30 正常
AD6	742	灯串 31 正常	742	灯串 32 正常	742	灯串 33 正常	742	灯串 34 正常	742	灯串 35 正常	742	灯串 36 正常

(23)将 ON/OFF_6 对应的 GPIO 设置为高电平输出,其余 GPIO 设置为低电平输出;

(24)开启 AMC7836 采集;

(25)顺序读取 AD1、AD2、AD3、AD4、AD5、AD6 对应的 ADC 通道数据;

(26)验证 6 个通道采集的数据是否正确,以此判断灯串 6、灯串 12、灯串 18、灯串 24、灯串 30、灯串 36 有无故障;

(27)将自检结果进行存储。

5 结果分析

设置 AD/DA 转换电路中 AMC7836 的 DA1~DA6 输出电压为 738 mV,LED 灯串自检结果见表

1 所示;人为置灯串 6 和灯串 25 故障(断路),LED 灯串自检结果见表 2 所示。

6 结 论

本文设计了一种 LED 灯串故障自检测的电路,并以 546 mm(21.5 in)液晶显示器的直下式 LED 背光模组的设计为例,详细阐述了硬件电路的组成,灯板、驱动板中 CPU、升压电路、开关电路、恒流源电路和 AD/DA 转换电路的具体设计,以及软件的设计流程。结果表明:该电路可有效的对 LED 灯串进行故障自检测。目前该设计电路已经成功应用于我公司多种型号的 LED 背光模组中。

参 考 文 献:

- [1] 孟晓.LED 背光模组设计[D].杭州:浙江大学,2007.
MENG X. LED backlight modular design [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007. (in Chinese)
- [2] 李德君,刘刚,吕国强,等.直下式 LED 背光模组的超薄设计[J].液晶与显示,2014,29(6):1101-1105.
LI D J, LIU G, LV G Q, et al. Ultra-thin design of direct-lit backlight unit [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29(6): 1101-1105. (in Chinese)
- [3] 李鹏飞.基于 SM320F2812 SPI 总线的扩展 EEPROM 设计[J].电子世界,2013(10):137.
LI P F. Extended EEPROM design based on SM320F2812 SPI bus [J]. *Electronics World*, 2013(10): 137. (in

Chinese)

- [4] DIERBERGER K. Gate drive design for large die MOSFETs [R]. Application Note APT9302, 1993.
- [5] 黄静,何青.基于功率 MOS 管恒流源电路的研究[J].电子学报,2014,29(1):43-47,51.
HUANG J, HE Q. The research of constant current source circuit based on VMOS [J]. *Journal of Electric Power*, 2014, 29(1): 43-47, 51. (in Chinese)
- [6] DSP 实验室.软件开发工具 CCS 的使用[M].北京:北京交通大学电子学院,2005.
DSP Laboratory. *Use of CCS Software Development Tool* [M]. Beijing: School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, 2005. (in Chinese)

作者简介:



杨彦卿(1984—),男,山西吕梁人,硕士,工程师,2011 年于中北大学获得硕士学位,主要从事机载液晶显示器的设计。E-mail:yyq1197.happy@163.com