

Development of Monitoring System on Programmable High-Power DC Current Source

Sanfei Ji, Xiangqian Tong, Jinliang Huang

School of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an Shaanxi
Email: jisanfei@163.com

Received: Nov. 21st, 2015; accepted: Dec. 10th, 2015; published: Dec. 15th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the output current amplitude, frequency and waveform requirements of the programmable DC current source, the structure scheme and the modulation algorithm were designed. The programmable DC current source is composed of PC monitoring system and DC-DC converter controlled by DSP. PC communicates with DSP by the industrial communication bus RS-485. The PC monitoring system based on LabVIEW is developed, which can achieve the modulation and monitoring on DC current source output. The operation results show that the PC monitoring system satisfies the requirements of device, with simple operation and high reliability.

Keywords

LabVIEW, Serial Communication, Monitoring System, DC Current Source

大功率可编程直流电流源监控系统的开发

季三飞, 同向前, 黄金亮

西安理工大学自动化与信息工程学院, 陕西 西安
Email: jisanfei@163.com

收稿日期: 2015年11月21日; 录用日期: 2015年12月10日; 发布日期: 2015年12月15日

摘 要

本文针对可编程直流电流源输出电流的幅值、频率、波形可设定的要求,设计了电流源的系统组成方案和电流参考波形的调制算法。可编程直流电流源由基于PC机的上位机监控系统和基于DSP控制的DC-DC变换器组成,两者通过RS485工业通信总线联系。基于LabVIEW的上位机监控系统的开发可实现对可编程直流电流源输出电流波形的调制和监控。实际装置的运行结果表明,上位机监控系统的设计满足装置的功能要求,操作简明,运行可靠。

关键词

LabVIEW, 串行通信, 监控系统, 直流电流源

1. 引言

大功率可编程直流电流源采用TI公司的TMS320F28335 DSP芯片作为控制器,要求输出电流幅值从0到200 A连续可调,波形调制方式有不调制、三角波调制、方波调制和正弦波调制4中可选方式,频率从0到20 Hz可调,且上位机需对输出电流波形实时显示。大功率可编程直流电流源的系统结构如图1所示。

上位机监控系统用于实现对电流源装置的编程控制,并对输出电流进行实时监测,让用户掌握装置的实时运行状况,并可根据需要选择不同的波形调制方式,对满足用户需求和装置安全运行具有重要意义。

LabVIEW是美国国家仪器公司开发的一种程序开发环境,使用的是图形化编程语言G编写程序,产生的程序是框图的形式[1]。LabVIEW囊括了各种仪器通信总线标准的功能函数,不仅提供数百种不同接口测试仪器的驱动程序,还支持VISA、SCIP和IVI等最新的程控软件标准,为用户设计开发不同的先进测试系统提供了软件支持[2]。

本文针对大功率可编程直流电流源的控制要求,上位机与DSP控制器采用RS485工业通信总线进行通信,应用LabVIEW中的VISA节点,方便地设计了上位机监控系统的串口通信程序。

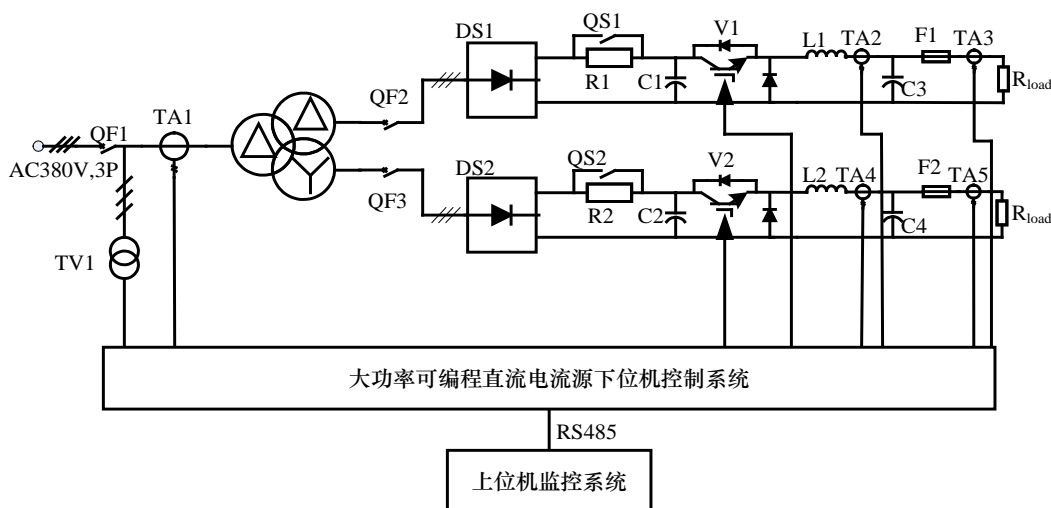


Figure 1. System structure diagram of programmable high-power DC current source

图 1. 大功率可编程直流电流源系统结构

2. 调制算法设计

大功率可编程直流电流源要求输出电流的幅值和频率可调、波形可选，因此，可以将输出电流波形分解为 4 个特征参数：调制方式 m ，调制频率 f ，平均电流(直流分量) I_{dc} 和调制幅值(交流分量) I_{ac} ，如表 1 所示。

通过上位机对以上 4 个参数进行设定和选择，然后下发至 DSP 控制器，DSP 根据这 4 个特征参数进行运算，产生输出电流的参考波形，最后通过 DSP 控制 DC-DC 变换器产生所需的输出电流。

四种调制方式下的输出电流参考值 i_{ref} 计算如下：

① 不调制($m = 0$)

$$i_{ref} = I_{dc} \quad (1)$$

② 正弦波调制($m = 1$)

$$i_{ref} = I_{dc} + I_{ac} \sin(2\pi ft) \quad (2)$$

③ 三角波调制($m = 2$)

$$i_{ref} = \begin{cases} I_{dc} + I_{ac} (1 - 4t/T) & 0 \leq t < T/2 \\ I_{dc} - I_{ac} (3 - 4t/T) & T/2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (3)$$

④ 方波调制($m = 3$)

$$i_{ref} = \begin{cases} I_{dc} + I_{ac} & 0 \leq t < T/2 \\ I_{dc} - I_{ac} & T/2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (4)$$

式中， T 为调制周期： $T = 1/f$ 。

在数字控制系统中，常以固定采样频率 f_s (或采样周期 T_s) 对输出波形进行定时计算和控制输出，需要将连续时间函数转换为离散时间函数。若用 N 表示一个调制周期内的采样控制次数，用 n 表示当前时间对应的离散时刻，则：

$$N = f_s / f = T / T_s \quad (5)$$

$$t = nT_s \quad (6)$$

由式(1)~(6)可以得到该电流源的输出电流参考值计算流程，如图 2 所示。

3. DSP 通信接口设计

F28335 DSP 有 3 个串行通信(SCI)接口模块，SCI 接收器与发送器具有独立的 16 级深度的 FIFO，并且具有独立的中断控制位，可工作在半双工模式或全双工模式。为保证数据的完整性，SCI 对接收的数据进行间断检测、奇偶性检测、超时检测及帧格式检测。SCI 模块可通过 16 位的波特率控制寄存器设置多种波特率，以满足系统需求[3]。

Table 1. Characteristic parameter

表 1. 特征参数

直流分量 I_{dc}	交流分量 I_{ac}	调制频率 f	调制方式 m
0~200 A	0~100 A	0~20 Hz	0:不调制
			1:正弦波
			2:三角波
			3:方波

表 2 所示为上位机向 DSP 传递数据的报文格式, 报文为 8 字节, 包括启停命令(2 字节)、调制方式 m (1 字节)、直流分量 I_{dc} (1 字节)、交流分量 I_{ac} (1 字节)、离散调制周期 N (2 字节)以及对前 7 个字节的校验和(1 字节)。

4. 上位机通信平台设计

上位机的主要目的是: 通过串口与 DSP 进行通信, 向 DSP 发送控制指令, 并监测装置的输出电流。图 3 为基于 LabVIEW 的上位机监控界面。

4.1. LabVIEW 界面设计

上位机向 DSP 发送的控制指令包括:

- ① 启停命令: 通过 LabVIEW 的布尔按钮控件向 DSP 发送“启动”和“停止”指令。

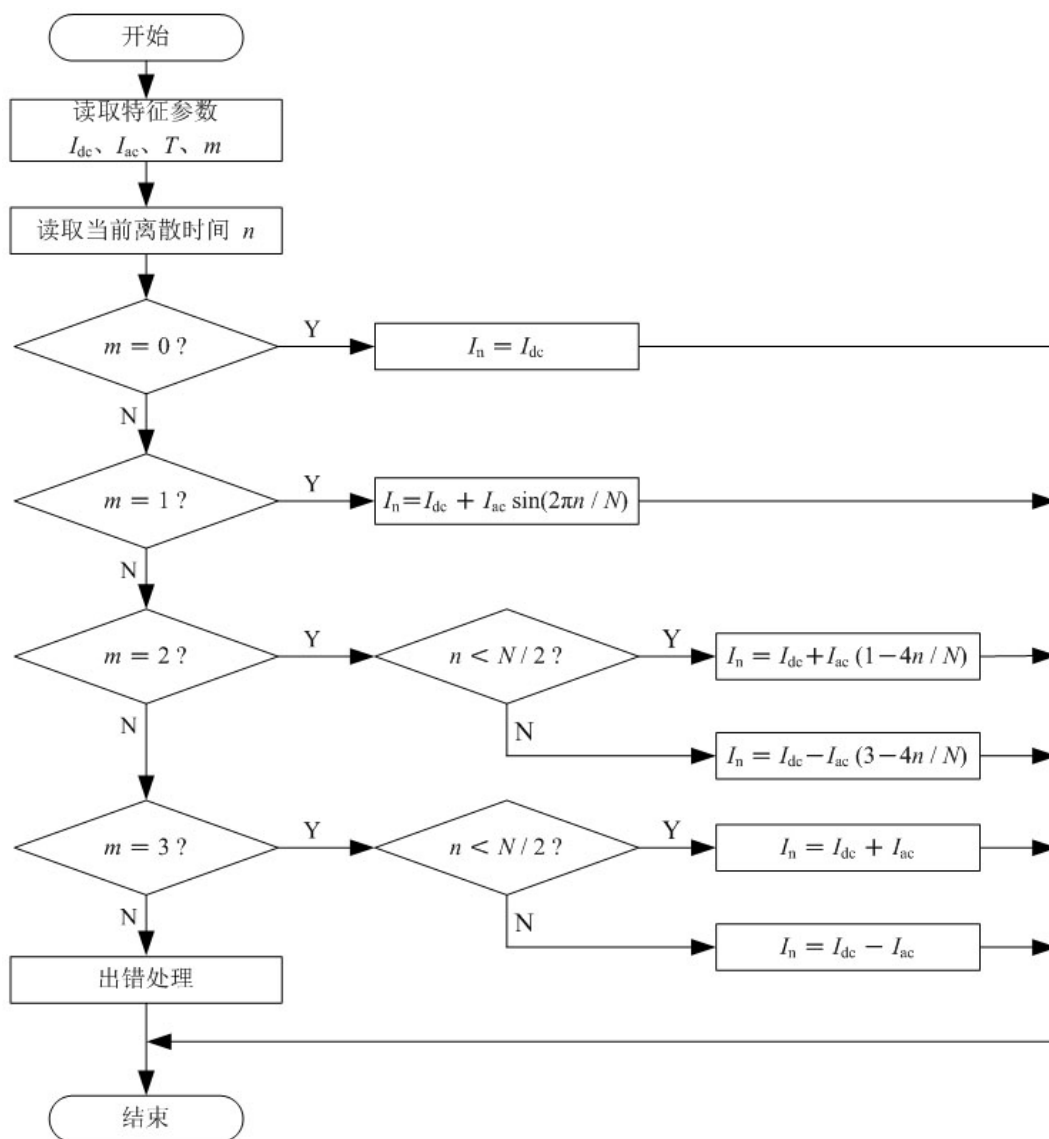


Figure 2. Calculation process of output current reference

图 2. 输出电流参考值计算流程

Table 2. Message format
表 2. 报文格式

启停命令 (2Byte)
‘ST’: 启
‘SP’: 停
调制方式 m (1Byte)
0: 不调制
1: 正弦波
2: 三角波
3: 方波
直流分量 I_{dc} (1Byte)
交流分量 I_{ac} (1Byte)
离散调制周期 N (2Byte)
校验和 (1Byte)

② 调制方式: 通过 LabVIEW 的枚举输入控件向 DSP 发送“调制方式”的设定指令。

③ 调制参数: 通过 LabVIEW 的数值输入控件向 DSP 发送“平均电流”、“调制幅值”和“调制周期”的设定指令。

上位机的显示包括:

① 设备状态: 通过 LabVIEW 的布尔指示灯控件显示设备的运行状态。“运行”指示灯由绿变红, 表示装置开始运行; “故障”指示灯由绿变红, 表示通信出现故障; “保护”指示灯由绿变红, 表示设备处于异常保护状态。

② 输出电流: 通过 LabVIEW 的波形图控件显示设备的两路输出电流波形, 且能根据设定的不同调制周期完整显示 1~2 个周期宽度的波形。

4.2. LabVIEW 程序设计

LabVIEW 提供了丰富的仪器控制功能, 支持 VISA、SCIP 和 IVI 等。在串口通信方面, 串口通信使用的功能节点均为 VISA 节点。VISA 是调用低层驱动器的高层 API, 本身不具备编程能力, 使用之前需要实现安装驱动[4]。VISA 子选板上包含了 5 个库函数和 1 个下一级子选板“高级 VISA”, “高级 VISA”中还有更多的高级函数可调用[5]。本系统的数据通信是采用串口实现的, 在通信时, 通过 VISA 配置串口[6], 将 DSP 控制器与上位机依照规定的通信协议: 波特率、数据位、停止位、通信端口号、校验位等方面进行相应的配置, 即可进行数据的传输。

如图 4 所示, 上位机 LabVIEW 程序设计的基本流程是: 设置好监控界面上的串口号、调制波形、平均电流、调制幅值和调制周期后, 点击“启动”按钮, 首先对平均电流、调制幅值和调制周期的输入范围进行判断, 满足条件后, 以表 2 所示的报文格式向 DSP 发送控制指令(注意: 在向 DSP 发送指令时需要将输入的十进制数字转换为字符串形式), DSP 接收到控制指令后进行和校验, 一旦校验正确, 立即向上位机返回字符串“RUN”表示接收成功, PC 机接收到 DSP 返回的字符串“RUN”后, 随即点亮监控界面上的“运行”指示灯(由绿变红), 接着 DSP 对装置的两路输出电流进行采样, 每次对两路输出电流各采样 200 个数据, 为了对两路电流进行区分, 在采集到的两路电流数据前端分别加上 01 和 02, 同时

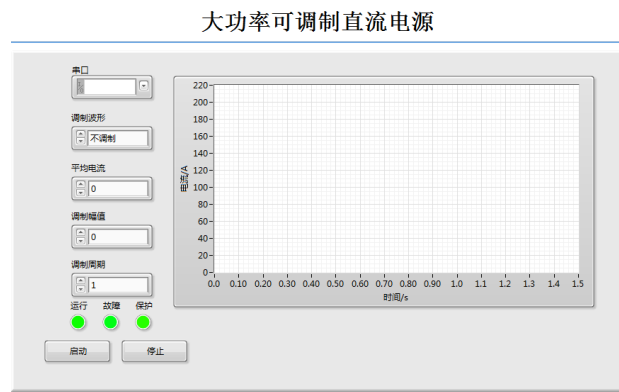


Figure 3. PC monitoring interface based on LabVIEW

图 3. 基于 LabVIEW 的上位机监控界面

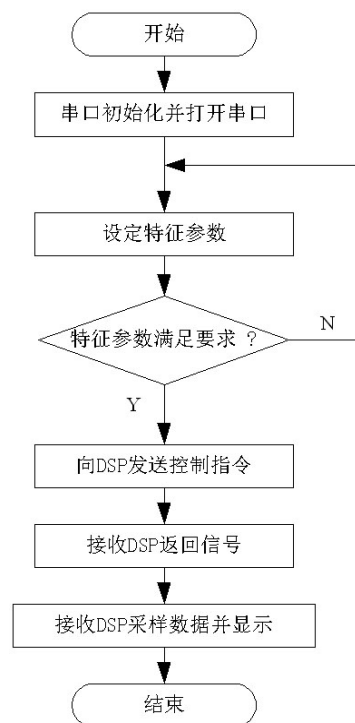


Figure 4. Flow chart of PC program design based on LabVIEW

图 4. 基于 LabVIEW 的上位机程序设计流程图

为了确保传输过程中数据的完整性和正确性，在每路电流数据的末端加上对前 201 个数据的校验和，那么 DSP 每次总共向 PC 机传输 404 字节的数据，PC 机接收到这 404 个数据之后首先进行分组，然后对每组数据分别进行和校验，校验正确后将两组数据送至波形图控件进行显示(注意：PC 机接收到的数据为字符串形式，在送至波形图控件前需将其转换为十进制数据)。

5. 运行结果

上位机监控系统设计完成后，与大功率可编程直流电源进行了联机运行。运行条件为：直流分量 $I_{dc} = 60 \text{ A}$ ，交流分量 $I_{ac} = 20 \text{ A}$ ，调制周期为 1 s。图 5~图 7 分别对应调制方式为方波、三角波和正弦波

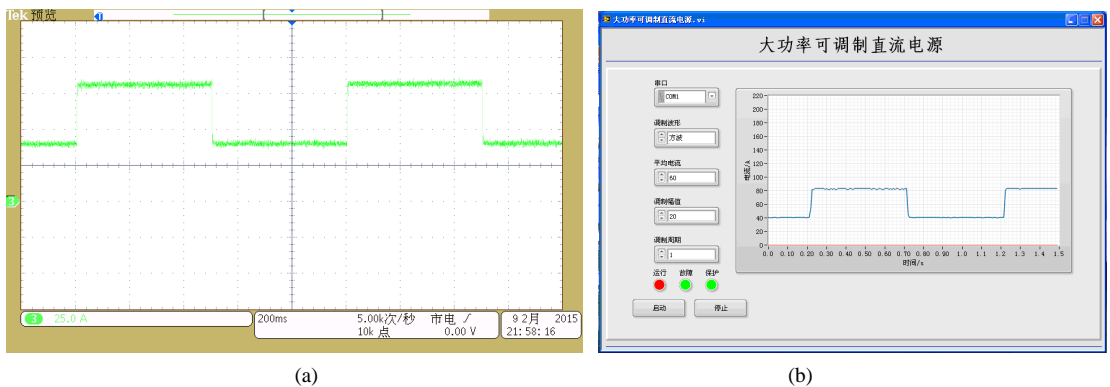


Figure 5. Square wave modulation; (a) Output current waveform of DC current source; (b) Monitoring current waveform on PC
图 5. 方波调制方式; (a) 实际输出电流; (b) 上位机监控波形

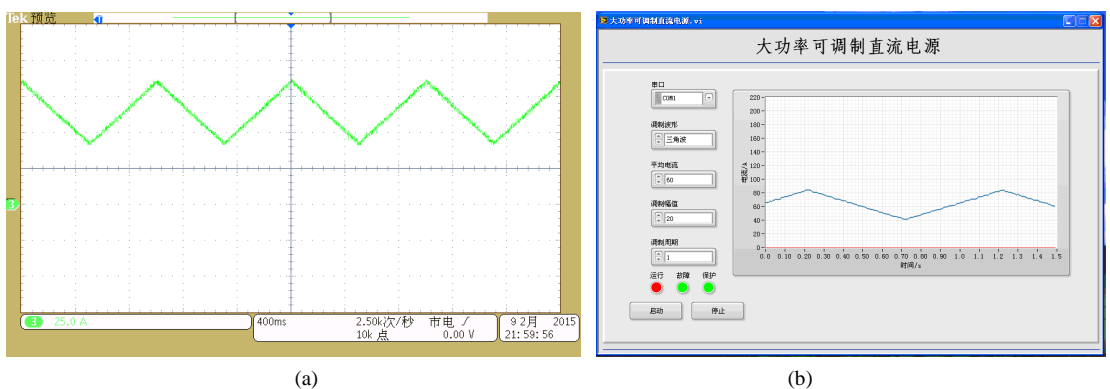


Figure 6. Triangular wave modulation; (a) Output current waveform of DC current source; (b) Monitoring current waveform on PC
图 6. 三角波调制方式; (a) 实际输出电流; (b) 上位机监控波形

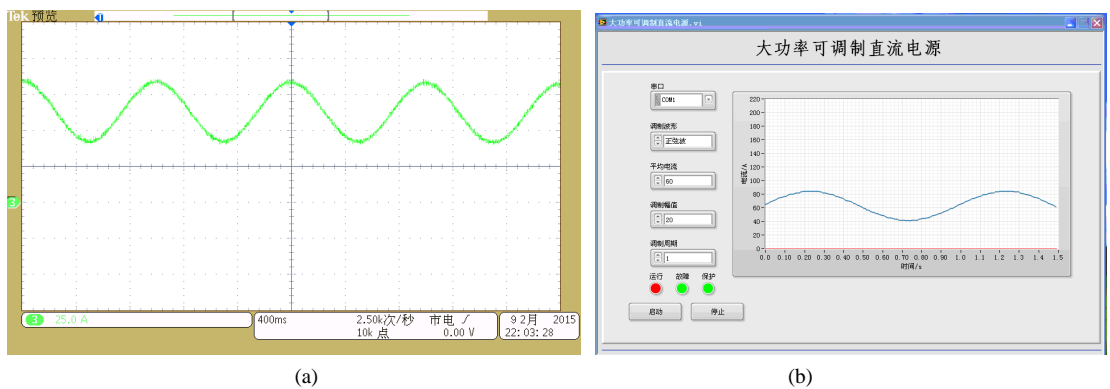


Figure 7. Sine wave modulation; (a) Output current waveform of DC current source; (b) Monitoring current waveform on PC
图 7. 正弦波调制方式; (a) 实际输出电流; (b) 上位机监控波形

的实际输出电流和上位机监控波形，可以看出，监控系统是控制有效、监视准确的。

6. 结束语

本文针对大功率可编程直流电源的控制要求，设计了基于 LabVIEW 的上位机监控系统，并给出了

上位机 LabVIEW 程序设计的基本流程。上位机与 DSP 控制器通过 RS485 工业通信总线进行通信。装置的运行结果表明, 通信安全可靠, 操作简明, 上位机能够对装置进行正确的启停控制, 并能实时监控装置的输出电流。

参考文献 (References)

- [1] 程学庆. LabVIEW 图形化编程与实例应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [2] 杨乐平, 李海涛, 杨磊. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [3] 符晓, 朱洪顺. TMS320F2833x DSP 应用开发与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013.
- [4] 董翰川, 郭勇, 李文杰. LabVIEW 串口通信在数据采集中的应用[J]. 微型机与应用, 2011, 30(23): 63-68.
- [5] 张桐, 陈国顺, 王正林. 精通 LabVIEW 程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [6] 林若波. 基于 LabVIEW 的电机调速数据采集与处理系统[J]. 测控技术, 2012, 31(7): 16-19.