

文章编号: 1005-8451 (2007) 10-0007-03

## 列车监控装置模拟接口设计与实现

蒋大炜, 郎诚廉

(同济大学 电子与信息工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 研制一套列车监控装置的仿真接口电路, 通过发送模拟机车速度信号、柴油机转速信号、机车工况信号以及地面信号给列车监控装置, 实现列车模拟操纵培训装置与列车监控装置的联接, 仿真接口也可以用来离线检测LKJ—2000型列车运行监控记录装置。

**关键词:** 列车监控装置; 信号发生器; 地面信号; 设计

**中图分类号:** TP39:U293.23 文献标识码: A

### Design and implementation on locomotive monitoring equipment of simulation interface

JIANG Da-wei, LANG Cheng-lian

(School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** It was developed a simulation interface circuit for locomotive monitoring equipment, by sending simulated train speed signal, diesel engine rotation signal, working states of locomotive and ground signals to the locomotive monitoring equipment, implemented it to be used in the train driving simulator, the interface could also be used to test the LKJ-2000 monitoring Equipment's working condition.

**Key words:** locomotive monitoring equipment; signal generator; ground signal; desing

列车运行监控记录装置简称监控装置, 是在分析我国铁路设施状况和运输实际需求的基础上, 研制一种以保障列车运行安全为主要目的的列车运行速度控制装置。该装置通过采集列车运行中的各种状态信息, 如: 运行速度、制动管压力、轨道信号灯和解锁次数等, 结合车载存储线路参数, 进行分析处理, 以控制列车的运行, 实现安全速度的控制。

国内以LKJ—93型为主体的列车运行监控记录装置(以下简称LKJ—93)已在全路的内燃机车、电力机车上普遍安装使用。新一代列车超速防护设备, 即LKJ—2000型列车运行监控记录装置。它是在LKJ—93型监控装置成功运用基础上, 借鉴国内外先进的ATP及ATC技术而研制开发的既有列车行车安全设备的升级换代产品。

鉴于列车运行监控记录装置已经在我国批量使用, 并且在研制列车模拟操纵培训装置中也需配备列车监控装置, 所以, 我们设计研制了一套模拟机车信号的仿真接口, 接口通过发送模拟机车速度信号、柴油机转速信号、机车工况信号以及地面信号灯信号, 完成与列车模拟操纵台的联接; 同样该部分的接口也可以独立出来作为检测仪, 离线检测列

车运行监控记录装置, 看其是否可以正常工作, 同时可以方便地应用于教学。

### 1 列车运行监控记录装置模拟接口的要求

监控装置的主要作用, (1) 防止列车运行越过关闭的地面信号机; (2) 防止列车在任何区段运行中超过机车车辆的构造速度、线路允许的最高运行速度 and 对应于不同规格的道岔限制速度。

LKJ—2000型列车安全运行监控记录装置的工作原理: 首先在地面微机上运用开发软件把区间线路参数诸如公里标、信号上码点位置、车站位置、线路坡度、线路限速、线路分支等数据输入、修改、编译变成二进制目标码, 最后用编程器把二进制形式的线路参数写入EPROM型存储器中, 完成对地面参数的固化工作。然后把写有线路参数的存储器芯片装入车载主机中。在列车运行时, LKJ—2000装置的计算机部件不断测定机车速度、机车信号状态及机车设备状态, 并调出存储器中预先存好的线路参数, 计算出列车距前方信号机距离, 再考虑当时地面信号和机车设备状态, 计算出列车的限制速度, 监控列车的运行; 同时实时显示字符提示、曲线显示和语音提示通知机车乘务员采取相应的措

收稿日期: 2007-03-12

作者简介: 蒋大炜, 在读硕士研究生; 郎诚廉, 高级工程师。

施,当列车应进入停车状态而乘务员没有采取相应措施时,立即启动常用制动或紧急制动实施停车,防止发生事故。此外,LKJ-2000装置还根据发生的时间在不停地相关运行工作记录,把列车运行过程中机车运行状态、信号设备状态、乘务员操作情况等准确及时地记录下来,在机车回库后通过便携式转储器把运行数据转录下来,再传给地面微机进行处理,可再现列车运行实况,以各种方式查询、统计和打印报表、绘出运行图形曲线。

列车模拟操纵装置是用来进行培训和教学为目的,为了在模拟操纵培训装置中使用LKJ—2000型监控装置,需要产生与实际机车运行中相等效的模拟信号送给监控装置。所以,监控记录装置模拟接口是模拟产生机车信号、机车工况、机车速度、柴油机速度、列车管压力信号的接口装置,另外该接口也可以用于LKJ—2000型列车运行监控记录装置的检修和培训工作。

为此,根据实际机车运行上与监控装置之间的信号连接和传递关系,相对应所设计的列车运行监控记录装置的模拟接口,需要具有如下功能:

(1) 模拟产生2路速度脉冲信号,其中,一路为机车速度脉冲,一路为柴油机速度脉冲。设计制作时另加一路以做备用;

(2) 10路48 V工况信号开关量输出,用于模拟信号灯状态信号(其中2路备用);

(3) 6路110 V工况信号开关量输出,用于模拟机车工况信号(其中2路备用);

(4) 8路模拟量输出,用于模拟列车管压力、均衡风缸压力等风压信号(其中4路备用);

(5) 同时有6路110 V信号开关量输入通道,用于接收监控装置的卸载、常用排风、关风和紧急制动动作后信号,从而传递给列车模拟操纵培训装置(其中2路备用)。

## 2 方案设计

设计中采用了多个CPU,其中用一个单片机的定时器中断来实现速度脉冲信号的仿真,同样用一个单片机的定时器中断来实现柴油机脉冲信号的仿真,再采用一个单片机作为本接口系统的主控制机,用于协调系统工作,其I/O口实现开关量和模拟量的输入和输出,同时通过串行口与列车模拟操纵装置的PC机相互联接。

由于接口中有50 V和110 V开关量信号的输入和输出,为了提高电路的安全性和抗干扰能力,在电平转换时,需进行光电隔离。同时所要求的机车速度信号是连续低频信号,且其精度较高,专门采用一个单片机来生成速度脉冲信号,以达到速度脉冲信号的精度要求。

图1是模拟接口的原理框图,用1片89C52单片机做主CPU,4片74LS373分别控制2片89C52单片机(其中一片产生机车速度信号,另一片产生柴油机速度信号);主CPU通过2片74LS373来输出10路48 V开关量和6路110 V开关量的信号控制(输出时光隔);控制2片4通道10 bit D/A芯片AD5314,输出8路模拟量(0 V—5 V);主CPU上有6路I/O口可以采集监控装置输出的开关量控制信号。主CPU与PC机用RS232相连,从PC机上输出指令来控制电路板上各量的输出,并对主CPU采集的信号进行处理。

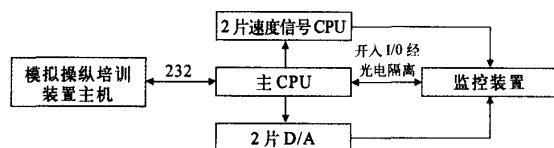


图1 设计原理图

## 3 具体模块的实现

### 3.1 模拟速度脉冲信号产生原理

为了使LKJ—2000型监控装置可以在模拟操纵培训装置中使用,就需要有模拟速度信号的产生。同样,在机车测试、检修中也需要产生模拟速度脉冲信号。为此,设计研制机车光电速度传感器模拟信号发生器,使机车在静态不动车情况使用模拟发出的速度信号,对满足机车检修工作的需要也同样有着重要意义。

速度信号发生器需要满足如下的技术要求:

(1) 能发送出低频模拟正弦波或数字脉冲矩形波(频率范围可在1 Hz—3 000 Hz)。方波的占空比要求为50%为宜,占空比太高,监控装置会过滤掉输入的速度信号;占空比太低,速度信号又不能有效地进入监控装置速度通道,影响信号接收。

(2) 由于速度信号幅度要求 $15\text{ V} \geq \text{高电平} \geq 9\text{ V}$ ,低电平 $\leq 2\text{ V}$ ,要求信号具有较强的驱动能力。

(3) 由于使用的是每转200脉冲的光电有源测速电机,故要求该信号发生器能产生较高频率的脉冲速度模拟信号(频率达到3 000 Hz以上)。

在这里专门使用一个单片机定时器延时的方法实现脉冲信号的模拟。

频率信号的产生是本设计的核心之一，采用AT89C52芯片：频率发生程序运用延时的方法实现，只用一个计时程序即可，因为产生一个方波只需要高低两个数。只要给一个频率，再计算所需的延时即可。

3.1.1 机车速度信号

由于机车速度传感器是当车轮转一圈时输出200个方波脉冲，然后根据轮径大小（这里以1.25 m计算），可以推出速度信号从0 km/h—200 km/h变化时（精度为0.5 km），脉冲频率计算见公式（1），其中fm为速度值，求得最大频率为2 829 Hz。

$$freq=fm*200/(\pi*1.25*3.6)$$
 (1)

本设计采用定时器0的方式1（16 bit计数器），单片机晶振采用24 MHz，产生的脉冲信号频率范围可以达到15 Hz—3 000 Hz，并且保证精度。

采用分段式频率产生方法，介绍如下：

定时器初值N按公式（2）计算：

$$N=M-1\,000\,000/f$$
 (2)

方式1中，M=65 536，f为所需频率，由于中断服务程序会产生额外的周期，需要进行补偿，根据定时中断服务程序计算额外消耗54个机器周期，且系统产生的理论频率范围在：16 Hz—3 000 Hz，直接由定时器延时产生，所修正的定时器初值为（3）：

$$N=65\,536-500\,000/f-54$$
 (3)

1 Hz—15 Hz不可由系统定时直接获得，可以采用软件分频的方法实现，也就是说10、20、30、40、50、60、70……的10倍分频就可得到1 Hz—15 Hz。

3.1.2 柴油机速度信号

柴油机转速信号ESI来自柴油机上的测速电机，其频率为0 Hz—25 Hz（对应于0 r/min—1 500 r/min）。

本设计采用定时器0的方式1（16 bit计数器），单片机晶振采用12 MHz，所以计时器理论上可以产生的方波频率为：7.629 KHz—50 KHz。

设计初想了3种方案：

方案1：10 Hz—250 Hz的10倍分频，得到1 Hz—25 Hz所需频率，由于软件上实现10倍分频的误差难以准确估计，所以在高频段的误差过大。

方案2：使用定时器先产生一个高频基频，在此基础上使用软件分频来得到所需频率，但此方案中软件的每一周期所产生的误差对高频的影响很

大，故不适合。

方案3：采用分段式频率产生方法，定时器初值N按公式（4）计算：

$$N=M-500\,000/f$$
 (4)

方式1中，M=65 536；f为所需频率，由于中断服务程序会产生额外的周期，所以需要进行补偿，根据定时中断服务程序计算额外消耗18个机器周期，且系统产生的理论频率范围在：7.629 KHz—50 KHz，8 Hz—25 Hz可以直接由定时器延时产生，所以修正的定时器初值为：

$$N=65\,536-500\,000/f-54$$
 (5)

机车速度信号是连续低频信号，且其精度要求较高，如果想提高脉冲信号的精度，可以选用高精度信号发生芯片或高性能的单片，以达到脉冲信号的精度要求。

3.2 模拟量输出

模拟量的输出用于模拟列车管压力、均衡风缸压力、制动缸压力等风压信号，本设计采用了2片4通道10 bit串行D/A芯片AD5314来产生8路0 V—5 V模拟量输出，此芯片有2路控制端和1路数据输入端，具有控制简单、功耗低、体积小和价格低等特点，且其10 bit的数据也可以达到所要求的精度。其控制时序如图2所示。

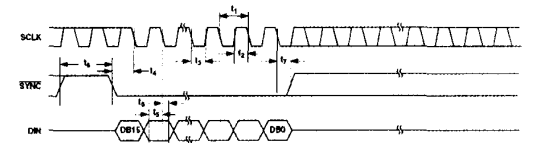


图2 控制时序

SCLK为参考时钟端，SYNC端为数据输入允许端，低电平有效，DIN为数据输入端。模拟量输出电压范围是0 V—5 V，最大值由REFIN端控制，但不得过大VDD。

芯片内部有一个16 bit的输入寄存器，数据先从高位输入，且其前2 bit是输出选择，如表1所示，

表1 地址位

| A1 | A0 | DAC Address |
|----|----|-------------|
| 0  | 0  | DAC A       |
| 0  | 1  | DAC B       |
| 1  | 0  | DAC C       |
| 1  | 1  | DAC D       |

第14 bit数据是控制端，当为1时芯片为正常操作，为0时是低功耗模式；第13 bit是控制位，当为0时4个输出寄存器同时更新数据，为1时只有由A1

和 A0 选择的输出寄存器更新数据。接下来的 10 bit 为数字量，此 16 bit 数据最后 2 bit 无效。数据位含义如图 3 所示。

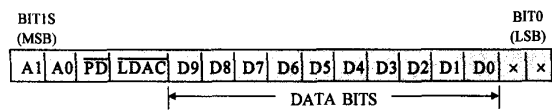


图 3 各位数据含义

工作原理：当为低电平时采集数据，在此期间每当 SCLK 下降沿到来时，芯片读取 DIN 端的一位数据，当经过 16 个时钟脉冲后，寄存器中读入 16 bit 数据，然后根据公式可以计算出模拟量输出大小，其中 D 为 10 bit 数字量，其大小为 0—1 023。

3.3 开关量输出、输入

本文涉及的电路板上还具有用于模拟机车工况信号和信号灯状态信号的 10 路 48 V 开关量输出和 6 路 110 V 开关量输出，以及和监控动作状态连接的 6 路 110 V 开关量输入。传统作法是对各路信号进行光电隔离，所以选用 TLP627 光电隔离元件，可以有效抑制干扰。

3.4 3 个 CPU 之间的协调

由于此接口中用到了 3 个 CPU，所以它们之间的协调问题也是很重要的，否则会产生时序错乱、接收数据错误或不完整等错误。为了解决这个问题，本设计中采用了 1 片 74LS08 与门，其功能如图 4 所示。

Y=AB

| Inputs |   | Output |
|--------|---|--------|
| A      | B | Y      |
| L      | L | L      |
| L      | H | L      |
| H      | L | L      |
| H      | H | H      |

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

图 4 与门真值表保密

将主 CPU 和完成信号发生的 CPU 的控制端同时连接于与门，当主 CPU 的控制端输出和从 CPU 的控制端输出同时为高电平时，与门的输出为高电平，此信号输出到 74LS373 的 LE 控制端（此端口高电平有效），这时就可以将从 CPU 所需的数据传入 74LS373，从而从 CPU 就获得了所需的数据。

3.5 地面信号

轨道电路中传递的信息可分为不同制式，每一种信号制式的地面发送设备和机车上的接收、译

码、点灯设备构成一种信号系统，信号系统中机车上的接收、译码、点灯设备即为机车信号。制式主要有以下几种：交流计数、微电子交流计数、移频和由 UM71 轨道电路组成的多信息信号系统。

以移频信号为例，移频信号系统以轨道电路为通道，利用移频信号的形式传送低频控制信息，自动控制区间通过信号机和机车信号的显示。

采用一种简易的移频信号发码器的设计方法<sup>[5]</sup>，选用最高工作频率 24 MHz 的 AT89C52 芯片，12 MHz 晶振进行老化和高低温筛选，CPU 周期为标准 1 us，使定时精度优于万分之一秒。由于 AT89C52 CPU 中有 2 个 16 bit 定时器，为克服 CPU 因中断引入的定时误差等不确定因素，把定时器 T0 设计为载波频率发生器，采用中断方式工作。把定时器 T1 设计为查询工作方式，可以满足移频信号制式对载波的不同技术要求，而且绝不会由于中断嵌套而引入定时误差，使载频与基波都达到了规定的精度。

4 结束语

研制监控装置的模拟接口不但能使监控能直接用于列车模拟操纵装置设备中用于培训，而且，机车速度信号、工况信号以及地面信号等模拟产生在机车监控装置的检修工作中也至关重要，原来的工作需要到正线试运行才能够完成，既影响铁路的交通运输效率，又浪费人力、物力，且运行中又不利于故障点的查询。因此，该模拟接口的研制、具有很好的现场使用价值。本电路已经设计制作完成，经调试达到监控装置所需信号的要求，已用于列车模拟操纵装置。同样此部件也可独立出来制作监控检测仪，达到了我们设计制作的目

参考文献：

[1] 杨志刚. 列车运行监控记录装置[M]. 北京：中国铁道出版社，1999.

[2] 杨志刚. LKJ2000 型列车运行监控记录装置[M]. 北京：中国铁道出版社，2003.

[3] 何立民. 单片机应用系统设计[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，1990.

[4] 李朝青. 单片机原理及接口技术[M]. 北京：北京航空航天大学出版社，1998.

[5] 高树云. 便携式通用机车信号码型发生器[J]. 铁路通信信号，2000，36（12）：30-31.