

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.04.027

电子式计数器停电记忆功能电路分析

钱 宁

(奥托尼克斯电子(嘉兴)有限公司, 浙江 嘉兴 314033)

摘要: 针对电子式计数器类仪器仪表在突然断电或欠压时, 如何才能实现保存断电之前的计数数据, 并在供电恢复后从停电之前的数据状态开始继续工作的问题, 在分析了工业控制领域实现停电记忆的各种方法及各自的优、缺点的基础上, 着重分析了CT系列电子式计数器停电记忆功能的实现方法, 通过对CT系列电子式计数器的集成电路芯片工作电压分别为5 V和3.3 V两种情况下的停电记忆部分的电路进行比较, 建立起了在这两种不同的工作电压下, 因断电时电压变化不同而导致停电记忆信号具有差异的关系。接着从功耗上对使用这两种不同工作电压的集成电路的优劣进行了评价。研究表明, CT系列电子式计数器的停电记忆装置简单实用, 使用工作电压为3.3 V的集成电路芯片能获得更稳定的停电记忆效果。

关键词: 电子计数器; 停电记忆功能; 稳压二极管; 电可擦可编程只读存储器; 断电电压变化

中图分类号: TH724; TM133 **文献标志码:** A

文章编号: 1001-4551(2014)04-0532-05

Analysis of electronic counter with power-off memory function circuit

QIAN Ning

(Autonics Electronic(Jiaxing)Corporation, Jiaxing 314033, China)

Abstract: Aiming at the problem that the electronic counter instruments in a sudden power failure or undervoltage, how can be stored count data before the power off, and the power is restored from the data state before the power off began to continue the work, in recent decades and in the field of industrial control, a variety of methods of the power-off memory function and their advantages and disadvantages were listed. Focuses on the implementation method of CT series electronic counter power-off memory function, through the integrated circuit chip operating voltage of CT series electronic counter respectively circuit power-off memory part of the 5 V and the 3.3 V two kind of situations were compared, and was set up in the two different working voltage, change of voltage after switch off with different, and caused power-off memory signal has the difference. Then, it was evaluated from the power consumption on the use of the two different working voltage integrated circuit performance. The results indicate that power-off memory device of CT series electronic counter is simple and practical, use the working voltage of integrated circuit chip 3.3 V can obtain the power-off memory effect is more stable.

Key words: electronic counter; power-off memory function; zener diode; electrically-erasable programmable read-only memory; change of voltage after switch off

0 引言

电子式计数器是一种用于工业过程测量和控制系统的模拟输入数字式指示仪, 在工业自动化控制中有着广泛的应用。它是指能接收其他模拟直流电信号或与其他产生电阻变化的传感器配合使用的指示仪^[1], 能完成频率测量、时间测量、计数等功能, 其功能主要是由电子元器件(晶体管、集成电路等)实现的,

所以称为电子式计数器^[2]。频率和时间是电子测量技术领域中最基本的参量, 因此, 电子式计数器是一类重要的电子测量仪器。近几年来, 在夏季不少地方政府选择一些工矿企业错峰让电, 停产停电; 同时, 由于用电器多电力负荷大, 一些地方出现市电欠压而导致设备无法正常工作的现象。当供电重新正常时, 用户希望从断电前的状态开始继续工作, 这就需要相关的使用设备、仪器仪表具有停电记忆功能。传统的计数

收稿日期: 2013-10-16

作者简介: 钱 宁(1981-), 男, 浙江嘉兴人, 主要从事工业控制仪器仪表和传感器信赖性、安全性方面的研究。E-mail: qiannin2000@163.com

器多内置电池或磁记忆装置来保存数据。奥托尼克斯电子(嘉兴)有限公司生产的CT系列数显电子式计数器,在产品设置的菜单中可选择停电后再上电计数值保持的模式(即停电记忆功能)。产品里并不内置电池,数据保存在断电后数据不丢失的EEPROM里。

本研究通过分析产品断电瞬间的当前计数数据的保存,以及使用不同的工作电压的集成芯片电路的断电电压变化的不同对停电记忆信号的影响,从而提高对产品电路进行分析的能力。

1 停电记忆功能

20世纪70年代,在工业化仪器仪表停电记忆装置上,一般有备用电池组和磁记忆装置两种选择方式^[3]。备用电池组方法中采用最广泛的是安装不间断电源装置蓄电池式UPS。但是,蓄电池式UPS有两大缺点—蓄电池组维护成本高以及包括铅在内的重金属对环境影响大。磁记忆装置由磁芯电路和记忆控制电路组成,整个电路部分除记忆磁芯外都是一些常用的三极管和开关二极管,成本低廉。但电路没有集成,可靠性差,而且记忆数据只能保存1周左右^[4]。

进入20世纪90年代,由于UPS供电时间短、价格昂贵、设计制作复杂的缺点,有些仪器仪表开始将需要保存的信息记录在断电后由镍镉电池供电的读写RAM中。RAM芯片所记忆的断电数据可以保持1个月左右^[5]。而磁记忆装置则更趋向于向工作可靠、体积小、线路简单、功耗小、永久性记忆方向发展。

2000年以后,出现了一种采用双电层电容器取代蓄电池组的设计方法。但双层电容器最大只能短时供电60 s^[6]。另一方面,由于可编程控制器PLC被广泛应用于工业领域,利用PLC可对内部的输出继电器、辅助继电器、计数器等进行停电记忆设置,可在一定程度上满足停电记忆的要求。但这个方法也有一定的缺点,对外界干扰引起的PLC停机、死机时记忆的状态可能出现错误^[7]。

近几年来包括计数器在内的仪器仪表已逐步向智能化方向发展,单片机及EEPROM存储器的大量使用,使得其在功能上和使用上得到了极大地丰富和提高,解决了停电后数据存储这方面的问题^[8]。CT系列计数器正是采用了这种停电记忆方式,数据可保持10年以上。CT系列计数器如图1所示。

2 CT系列计数器停电记忆功能

CT系列计数器可在设置菜单中选择停电记忆功能打开。断电后再上电,断电前的计数值将会保持。



图1 CT系列电子计数器

2.1 停电记忆功能的实现

停电记忆功能部分电路图如图2所示。图2中,IC1主芯片是个可编程的单片机,内置程序控制计数器的运行与工作。其中的B点电信号输入IC1主芯片,IC1主芯片就是根据B点的电信号变化,判断是否保存当前计数值,实现停电记忆功能。切断产品电源后,用示波器测量B点电信号如图3所示。

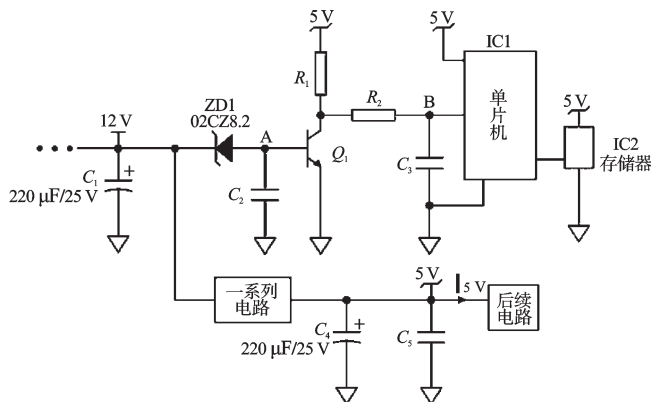
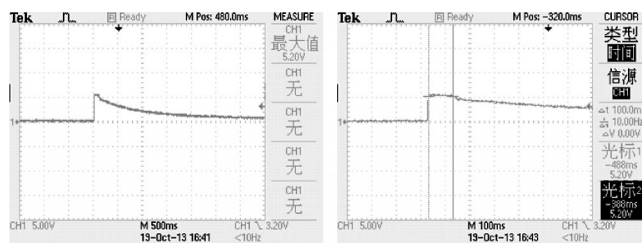


图2 停电记忆功能部分电路图

由图3可知B点在断电的瞬时,会有一个幅度为5.20 V,宽度100 ms的电平信号。就是这个电信号“通知”IC1主芯片将当前的计数值保存到IC2电可擦可编程只读存储器(EEPROM)里面。再次上电开机时,IC1主芯片再将保存的数据从IC2存储器中调取出来。



(a) 信号幅度(500 ms/格)

(b) 信号宽度(100 ms/格)

图3 计数器产品断电后B点的瞬时波形图

2.2 三极管 Q_1 电气特性

要知道B点在断电的瞬时产生一个脉冲高电平的原因,必须要知道B点前端的三极管 Q_1 的电气特性。单独组织电路如图4所示,在 Q_1 基极电压 V_{in} 数值0~

5 V变化范围内,测量 Q_1 的残留电压 V_{out} 和发射极电流 I_{out} 。测量数据如表1所示。

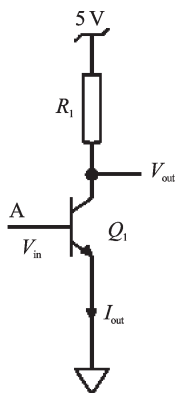


图4 三极管 Q_1 部分电路

表1 三极管 Q_1 特性测试

V_{in}/V	V_{out}/V	I_{out}/mA
0	5	0.002
0.5	5	0.026
1.0	4.94	0.057
1.1	4.68	0.088
1.2	3.06	0.255
1.3	0.08	0.558
2	0.02	0.631
3	0.01	0.703
4	0.01	0.830
5	0.01	0.929

由表1可知, V_{in} 输入值 ≥ 1.3 V 时 Q_1 的残留电压 V_{out} 约等于0, 三极管 Q_1 导通, 图2中B点为低电平。 V_{in} 输入值 ≤ 1.1 V 时 Q_1 的残留电压 $V_{out} > 4$ V, 三极管 Q_1 截止, 图2中B点为高电平。

2.3 稳压二极管 ZD1 作用

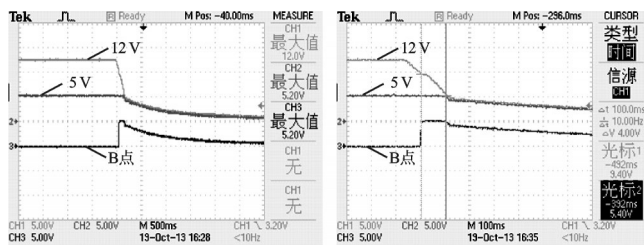
由图2可见, 三极管 Q_1 基极 A 前端是一个稳压二极管 ZD1, 稳压二极管是一种硅材料制成的面接触型晶体二极管, 简称稳压管。该二极管是一种直到临界反向击穿电压前都具有很高电阻的半导体器件。稳压管在反向击穿时, 在一定的电流范围内(或者说在一定功率损耗范围内), 端电压几乎不变, 表现出稳压特性, 因而广泛应用于稳压电源与限幅电路之中。稳压管就是稳压二极管在反向击穿区时的工作电压, 管子两端的电压值。ZD1 的稳定电压是 8.2 V, 即 12 V 处的电势大于等于 8.2 V 时, 稳压管两端的压降稳定在 8.2 V。

由图2可知, 产品上电时 A 点电势 = 12 V - 8.2 V = 3.8 V。

2.4 电路分析

综上所述, B 点的电势变化, 和 12 V 和 5 V 处的电

势变化有必然的联系。笔者用示波器测量图2电路中 12 V、5 V、B 点在断电瞬间的波形变化。其波形如图5所示。由图5可知, 12 V 处实测 12 V, 5 V 实测 5.2 V。



(a) 信号幅度(500 ms/格)

(b) 信号宽度(100 ms/格)

图5 断电瞬间各点波形变化

观察图5, 产品通电时 A 点电势为 12 V - 8.2 V = 3.8 V > 3 V, 由表1可知此时三极管 Q_1 导通, B 点电势被下拉为低电平。断电后, 因为有电解电容元件 C_1 的作用 12 V 处电压呈坡度下降(如图5所示), 下降至 9.4 V 时(如图5所示), A 点当前电势为 9.4 V - 8.2 V = 1.2 V, 由表1可知此时三极管 Q_1 由导通逐渐变为截止, B 点电势被 5 V 上拉为高电平。由于 5 V 是由 12 V 通过一系列的电路(包含若干三极管、电阻、稳压二极管组成)输出的, 12 V 处电压从 9.4 V 继续下降到 5.4 V 时(如图5所示), 5 V 负载能力开始下降, 5 V 逐渐被拉低。B 点的电势也逐渐下降。所以 B 点能出现一个幅度为 5.2 V、宽度 100 ms 的高电平信号, 就是这个电平信号, 通知主芯片把当前数据存储在存储器中。

因为 IC1 主芯片和 IC2 存储器的工作电压都是 5 V, 小于 5 V 时芯片将不能正常工作。计数器产品正是在断电后, 12 V 处电势由 9.4 V 降低到 5.4 V 这 100 ms 时间间隔内, 完成检索到 B 点“通知”信号, 并迅速存储当前计数值的。

3 变更后的停电记忆电路

随着半导体制造工艺的进一步提高, 采用 3.3 V, 2.5 V, 1.8 V 等低电压设计是目前产品设计的大趋势^[9]。奥托尼克斯电子(嘉兴)有限公司的 CT 系列计数器, 也开始变更使用工作电压为 3.3 V 的集成电路芯片, 此时停电记忆的电路也作一定的修改, 停电补偿的波形也因此发生了变化。

3.1 变更后的电路图

变更后的停电记忆部分电路图如图6所示。由图6可知, 稳压二极管 ZD1 的稳定电压由 8.2 V 变为 7.5 V, 三极管 Q_1 在电气特性不变的情况下, 变更为尺寸更小、功率消耗为原来一半的低功耗三极管。ZD1 稳定电压变小, 流入基极电流变大, 三极管 Q_1 功率变小的

情况下。通过加个电阻 R_3 可以分流一部分电流,防止大电流直接流入而损坏三极管。该三极管是作为开关使用,通过在基极加一个下拉电阻能防止三极管受噪声信号的影响而产生误动作,使三极管截止更可靠。12 V通过电压调节器芯片IC3转换为3.3 V,舍弃了原先的一系列电路(包含若干三极管、电阻、稳压二极管组成),压缩了空间,稳定性和可靠性都得到了增强。另外图2中后续电路部分为了适应3.3 V的工作电压,也作了减小负载、降低功耗等适当的修改。后续电路部分是产品中所有使用到5 V或3.3 V的元器件的集合,包括IC1和IC2等元件。

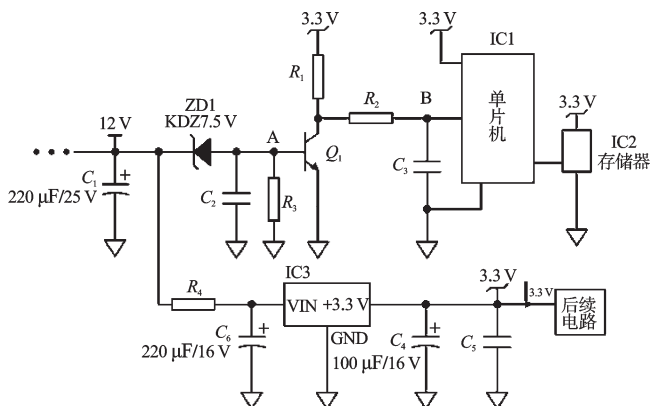


图6 变更后的停电记忆部分电路图

3.2 集电极3.3 V输入时三极管 Q_1 电气特性

组织电路如图7所示,该电路测量集电极输入3.3 V时三极管的残留电压和发射极电流的数值。

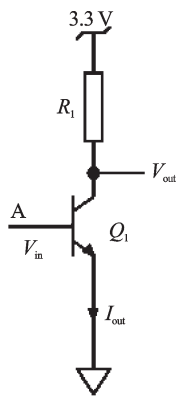


图7 三极管 Q_1 部分电路

集电极3.3 V Q_1 特性测试如表2所示。由表1和表2比较,都是基极输入电压 $V_{in} \leq 1.1$ V时 Q_1 截止, $V_{in} \geq 1.3$ V时 Q_1 导通。

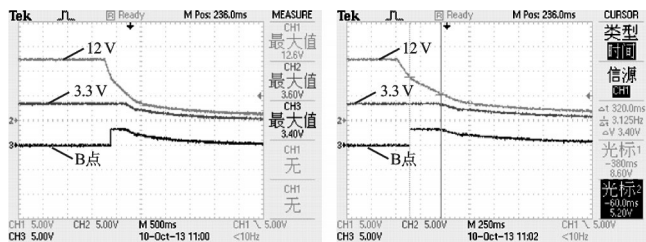
3.3 测量12 V、3.3 V和B点处的波形

用示波器测量图6电路中12 V、3.3 V、B点在断电瞬间的波形变化。其波形如图8所示。由图8可知,12 V处实测12.6 V,3.3 V实测3.6 V。

观察图8,产品通电时A点电势为12.6 V-7.5 V=

表2 集电极3.3 V Q_1 特性测试

V_{in}/V	V_{out}/V	I_{out}/mA
0	3.3	0
0.5	3.3	0.026
1.0	3.26	0.056
1.1	3.00	0.087
1.2	1.38	0.252
1.3	0.07	0.394
2	0.02	0.467
3	0.01	0.566
4	0.01	0.666
5	0	0.763



(a) 信号幅度(500 ms/格) (b) 信号宽度(250 ms/格)

图8 断电瞬间各点波形变化

5.1 V>5 V,由表2可知此时三极管 Q_1 导通,B点电势被下拉为低电平。断电后,因为有电解电容元件 C_1 的作用,12 V处电压如图8般呈坡度下降,下降至8.6 V时(如图8所示),A点当前电势为8.6 V-7.5 V=1.1 V,由表2可知此时三极管 Q_1 由导通变为截止,B点电势被3.3 V上拉为高电平。由于3.3 V是由12 V通过电压调节器IC3输出的,12 V处电压从8.6继续下降到5.2 V时(如图8所示),电压调节器IC3输出的3.3 V负载能力开始下降,3.3 V逐渐被拉低。B点的电势也逐渐下降。B点出现一个幅度为3.4 V、宽度320 ms的高电平信号。

4 两种电路对停电记忆信号的影响分析

4.1 稳压二极管变更对停电记忆信号的影响

由于稳压二极管ZD1的稳定电压由8.2 V变为7.5 V,产品断电后,12 V处的电压由原来下降到9.4 V时 Q_1 截止,B点出现上升沿,变化为下降到8.6 V时 Q_1 截止,B点出现上升沿。所以图8中B点出现停电记忆信号的时机就比图5中要晚。由于客户在产品使用中,经常将12 V作为外接电源使用。在电源电压不足或12 V被外部用电器拉低时,只有12 V被拉低到8.6 V以下,停电记忆功能才开始发挥作用,使得出现误停

电记忆的现象有所减少。

4.2 选择使用电压调节器芯片对停电记忆信号的影响

图5中的5 V是由12 V通过一系列的电路(包含若干三极管、电阻、稳压二极管组成)输出的,12 V处电压下降到5.4 V时,5 V负载能力开始下降,5 V逐渐被拉低。图8中的3.3 V是由12 V通过电压调节器IC3输出的,12 V处5.2 V时,IC3输出的3.3 V负载能力开始下降。也就是说虽然有5 V和3.3 V的区别,但图5和图8中停电记忆信号消失开始的时机是相似的。造成这样的原因是由于电压调节器IC3对前端输入电压的要求更严苛一些,也就是负载能力差,相对应的B点停电记忆信号的高电平也就更早被拉低。经查询该电压调节器的芯片资料后知,在25℃时,输入该电压调节器电压5.3 V时,才能保证输出的电流能力大于10 mA。但使用一系列的电路,其中的元件在客户使用中会出现损坏的现象。所以用牺牲停电记忆信号宽度的代价来换取产品的可靠性。

4.3 集成电路工作电压变化对停电记忆信号的影响

图5中停电记忆信号(B点)宽度100 ms,图8中停电记忆信号(B点)宽度320 ms。并且图5中的12 V下降坡度明显比图8陡。这是因为3.3 V芯片功耗比5 V芯片小,同时为了配套3.3 V的工作电压,使用3.3 V的后续电路的元器件在功耗和负载上都进行了重新优化选择。在电子计数器正常工作时,图2中测量 $I_{5V}=66.6\text{ mA}$,图6中测量 $I_{3.3V}=24.2\text{ mA}$ 。所以工作电压3.3 V时,12 V被拉低到5 V所用的时间也就缓慢,导致 Q_1 截止后B点被上拉为高电平所维持的时间也就长。并且更换稳压二极管的效果是延迟了B点被上拉为高电平的时间,更换电压调节器是提前了B点被拉低的时间。所以包括3.3 V芯片在内的电路整体功耗与使用5 V芯片的电路功耗的差值,比体现在停电记忆信号宽度之间的差值220 ms还要大。

5 结束语

相比其他停电记忆方式,CT系列电子式计数器工作更可靠、线路更简单、数据保存时间更长。随着半导体技术的发展,在低功耗设计中5 V的处理器逐渐被3.3 V的处理器所代替^[10]。在CT系列电子式计数器中使用集成电路工作电压为3.3 V的芯片时,通过线路优化,降低了功耗,能得到一个脉冲宽度更宽的停电记忆信号。

参考文献(References):

- [1] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会. GB/T 13639-2008 工业过程测量和控制系统用模拟输入数字式指示仪[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [2] 国家工业和信息化部. JB/T 8794-2010 计数继电器 电子式计数器[S]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [3] 常健生,吴凤真. 停电记忆装置在数字显示仪表中的应用[J]. 新技术新工艺,1983(6):38-39.
- [4] 宗有弟. 数字显示仪表的停电记忆[J]. 冶金自动化,1978(6):27-32.
- [5] 罗子铨. 在测控系统中提高断电记忆的可靠性[J]. 电子工程师,1995(4):39-41.
- [6] 杨钦慧. 瞬时电压降和短时停电补偿装置[J]. 电世界,2011(12):52.
- [7] 苏磊,冯达,马健伟. 浅议提高PLC控制系统的可靠性措施[J]. 通讯和计算机,2006,3(10):14-16.
- [8] 钱金川. 电子计数器原理、功能、参数及使用浅析[J]. 机床电器,2011(5):40-44.
- [9] 张馨,乔晓军,王成. MSP430系列单片机在3.3 V与5 V混合电压系统中的设计[J]. 仪器仪表用户,2005,12(4):39-41.
- [10] 高原. 3.3 V单片机系统中矩阵键盘检测电路的改进[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2004(9):72-74.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

钱宁. 电子式计数器停电记忆功能电路分析[J]. 机电工程,2014,31(4):532-536.

QIAN Ning. Analysis of electronic counter with power-off memory function circuit[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(4): 532-536.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>