

电能脉冲的软件产生方法

毛晓波,李志辉,张 震

(郑州大学 电气工程学院,河南 郑州 450002)

摘要: 标准电能脉冲是电子式电能表的重要输出信号,目前多采用电压/频率变换、硬件分频、复杂可编程逻辑器件(CPLD)/现场可编程门阵列器件(FPGA)或专用芯片实现,增加了电路成本及复杂度。提出一种用软件产生标准高低电能脉冲的实用方法,不断累计采样计算所得的瞬时功率值,定时与规定的极限值比较,每达到极限值即输出一个电能脉冲。给出了设计原理、软件流程及一个应用 89C51 单片机产生标准高低电能脉冲的应用实例。实践证明,利用该方法产生的电能脉冲准确、可靠,并能节约系统资源,可应用于 0.1 级和 0.05 级多功能标准电能表中。

关键词: 电能脉冲; 校验; 交流采样

中图分类号: TN 782

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)09-0027-03

0 引言

标准高低电能脉冲是电子式电能表重要的输出信号^[1]。目前,新型的电子式电能表^[2]大都采用交流采样的方法,对被测的电压、电流信号进行整周期等间隔均匀同步采样,经模/数转换电路将其转换成数字量,再将 1 个或多个周期内 N 个对应的数字电压信号 u_j 与数字电流信号 i_j 相乘,累加并求平均即得功率值,其有功和无功功率的基本算法如下^[3-5]:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_j i_j, \quad Q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_j i_{(j+N/4)}$$

式中 $i_{(j+N/4)}$ 为滞后 u_j 90° 的电流值。

将求得的功率数字量转换成与之成正比的脉冲信号,即进行有功/频率(或无功/频率)变换就可得到有功(或无功)电能脉冲,最后再用计度器累积电能。

电能脉冲产生电路有多种实现方法,如可以使用电压/频率(或电流/频率)变换电路或硬件分频电路,也可以使用 ADE775X 系列单相/多相多功能电能测量集成电路等方便地产生脉冲^[6],还可以使用复杂可编程逻辑器件(CPLD)/现场可编程门阵列器件(FPGA)设计超常字长累加器,利用数字量积分/频率变换原理产生脉冲^[7]。然而,上述各种方法均需设计专门的硬件电路或使用专用芯片,使电路的结构变得复杂并增加了电路成本。

本文提出一种用软件产生电能脉冲的方法。该方法用极小的程序量产生标准的高低脉冲,硬件上仅占用 CPU 的定时器资源。

1 原理

设瞬时功率(有功或无功)的数字量为 P_i ,对 P_i

的不断累加就是电能值,当达到一个电能脉冲所代表的电能量时,就输出一个脉冲。设要产生的标准脉冲频率为 f_H ,存放 P_i 累加值的单元为 $\sum P$,程序每间隔时间 $T_c(=1/f_H)$ 从测量单元读取一次当前功率值 P_i ,累加入 $\sum P$ 中,并将累加后的值与规定的极限值 P_m 比较,若累加值小于 P_m ,不输出脉冲;反之,则由 CPU 的 I/O 口输出一个正脉冲,同时从累加值单元 $\sum P$ 中减掉一个 P_m ,将剩余部分 $(\sum P - P_m)$,即超出 P_m 的溢出量作为下一次的累加初值。重复此过程,如图 1 所示(设 $P_i > 0$)。显然,瞬时功率 P_i 愈大,则累加值达到 P_m 所需时间愈短,输出脉冲频率愈高,即脉冲频率与功率(或电能)成正比。

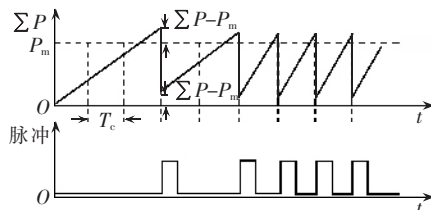


图 1 软件法产生脉冲的原理

Fig.1 Generation of electric energy pulse using software method

例如,要产生 10 kHz 的标准电能脉冲,则每间隔 $100 \mu s$ 读一次功率值 P_i 。如果取额定功率值为极限值 P_m ,置 $\sum P$ 初值为 0,则当电压、电流为额定值时,每读一个功率值 P_i ,因为 $\sum P = P_m$ (剩余部分 $\sum P - P_m = 0$),必然会输出一个脉冲,于是脉冲频率为 10 kHz(额定值)。同理,若每次读取的 P_i 值为额定值的 $1/2$,则累计 2 次(间隔 $200 \mu s$)达到 $\sum P = P_m$,输出一个脉冲,此时的输出脉冲频率为 5 kHz。当然,若 P_m 不是 P_i 的整数倍,则剩余部分 $\sum P - P_m \neq 0$,累计到下一次,此时输出的脉冲间隔不一定均匀,但在一段时间内(越长越好)产生的脉冲个数是准确的。由于校验电表时是累计脉冲个数,各级标准中对电能脉冲的均匀性均未作要求,所以不失为一种简单实用的方法。

由于 $\sum P$ 单元可作双向累加和双向比较,因而该方法可产生双向有功或无功电能脉冲。

电压、电流最大取值通常为额定值的 120 %,所以推荐极限值 P_m 取额定功率(数字量)的 1.44 倍。

2 软件设计

标准功率电能表根据校验和被校验的需要,要求能够输出标准高脉冲 f_H 和标准低脉冲 f_L 。通常 $f_H=100\text{ kHz}$ 或 10 kHz , $f_L=1\text{ Hz}$ 。标准高脉冲 f_H 采用上述方法产生,标准低脉冲 f_L 则由 f_H 分频得到。其软件流程如图 2 所示。

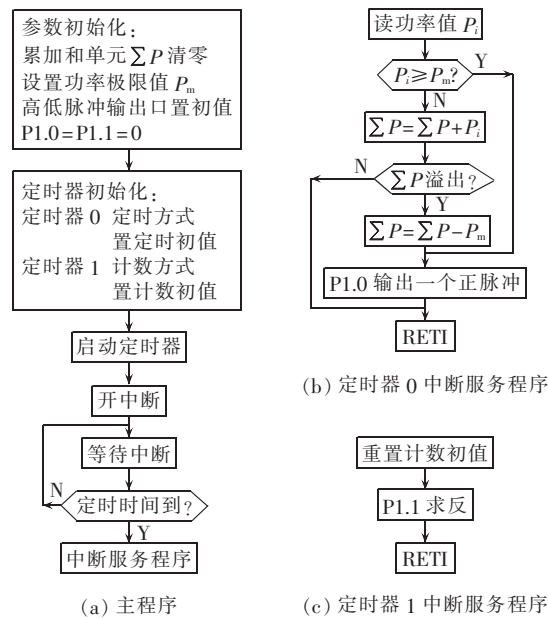


图 2 产生高低电能脉冲的软件流程

Fig.2 Flowchart of high- and low-frequency electric energy pulse generation

3 编程举例

采用 89C51 单片机产生 $f_H=14.4\text{ kHz}$ 、 $f_L=1.44\text{ Hz}$ 的标准高低电能脉冲的汇编语言源程序如下,设晶振频率为 11.0592 MHz。

;T0 工作于自动再装入定时方式,定时初值 n0 如下
;n0=256-11.0592 ÷ 12 ÷ (14.4×10⁻³)=192=C0H
;T1 对 T0 输出的脉冲计数
;每计 5000 个使 P1.1 状态求反
;R5R4 为极限值 P_m 数字量(本例取 FFF0H)
;R3R2 为功率累加和数字量
;R1R0 为每次读取的功率值数字量 P_i
;P1.0 输出 f_H , P1.1 输出 f_L

```
ORG 0000H
LJMP MAIN           ;上电转主程序 MAIN
;T0 中断入口
ORG 000BH
LJMP T0_INT
;T1 中断服务程序
ORG 001BH
```

```
T1_INT:MOV TL1,#78H ;重置计数初值
MOV TH1,#0ECH
CPL P1.1
RETI
;主程序
ORG 0100H
MAIN:CLR A
MOV R2,A           ;累加值单元(ΣP)清零
MOV R3,A
MOV R5,#0FFH      ;R5 ← Pm 数字量的高字节
MOV R4,#0F0H      ;R4 ← Pm 数字量的低字节
CLR P1.0           ;高脉冲输出口初值置低
CLR P1.1           ;低脉冲输出口初值置低
;T1 方式 1/计数,T0 方式 2/定时
MOV TMOD,#52H
MOV TL1,#78H      ;计数初值 5000
MOV TH1,#0ECH
MOV TLO,#0C0H     ;定时常数 192
MOV TH0,#0C0H
SETB TR1           ;启动 T1 计数
SETB ET1
SETB TR0           ;启动 T0 定时
SETB ETO
SETB EA
WAIT:SJMP WAIT
;T0 中断服务程序
ORG 0200H
T0_INT:MOV DPTR,#7FFFH
MOVX A,@DPTR      ;读功率值高字节
MOV R1,A
MOV DPTR,#0BFFFFH
MOVX A,@DPTR      ;读功率值低字节
MOV R0,A
CJNE R1,#0FFH,P_ADD ;与极限值比较
CJNE R0,#0F0H,P_CON2
SJMP TR_PL
P_CON2:JNC TR_PL
P_ADD:ADD A,R2      ;小于极限值,累加
MOV R2,A
MOV A,R3
ADDC A,R1
MOV R3,A
JC P_SUB           ;累加后有溢出,转
CJNE A,#0FFH,DONE
CJNE R2,#0F0H,P_CON2
SJMP P_SUB
P_CON2:JNC P_SUB
SJMP DONE
P_SUB:SETB P1.0     ;P1.0 输出一个正脉冲
CLR C              ;从累加和中减去极限值
MOV A,R2
SUBB A,R4
```

```
MOV R2,A
MOV A,R3
SUBB A,R5
MOV R3,A
NOP
CLR P1.0
RETI
```

;大于或等于极限值,P1.0 输出一个正脉冲

```
TR_PL:SETB P1.0
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
CLR P1.0
DONE: RETI
END
```

需要指出,T0、T1 中断服务程序必须在定时时间内(本例为 1 / 14.4 ms)完成。当要求产生的标准高脉冲的频率很高时,应根据此条件选用合适的 MCU 及晶振频率^[8]。

4 结语

本文提出的标准电能脉冲的软件产生方法具有构思巧妙、编程简单、占软硬件资源少等特点,该方法在 0.1 级和 0.05 级多功能标准电能表中得以应用,产生的标准高低脉冲稳定可靠,获得了良好的效果。

参考文献:

[1] 马利人. 新一代单相多表位交流电度表检定装置的原理和检定[J]. 电测与仪表,2000,37(11):25-29.
MA Li-ren. Principle and calibration of new type calibration equipment with multi-meter position for single-phase watt-hour meter[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2000,37(11): 25-29.

[2] 张有顺,冯进岗. 电能计量基础[M]. 北京:中国计量出版社,1996.

[3] 毛晓波,赵文丽,黄俊杰. 交流采样技术及其 DSP 实现方法[J]. 微计算机信息,2005,21(2):54-55.
MAO Xiao-bo,ZHAO Wen-li,HUANG Jun-jie. AC sampling technology and result of realizing using DSP[J]. Microcomputer Information,2005,21(2):54-55.

[4] 毛晓波,吕建明. 电力参数的交流采样技术及软硬件设计研究[J]. 仪器仪表学报,2001,22(4):195-198.
MAO Xiao-bo,LÜ Jian-ming. AC sampling technology of power systems parameters and software and hardware designing methods[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2001,22(4): 195-198.

[5] 李正军. 跟踪锁相技术在电力电量交流采样中的应用[J]. 电力系统及其自动化学报,1998,10(1):11-12.
LI Zheng-jun. Application of PLL tracking technology in electric energy AC sampling[J]. Proceedings of the EPSA,1998, 10(1):11-12.

[6] 齐保良,邹军,张运楚,等. 电度表脉冲产生电路与自适应采集[J]. 电测与仪表,2000,37(11):34-36.
QI Bao-liang,ZOU Jun,ZHANG Yun-chu,et al. The generation circuit and adaptive collection of pulse of watt-hour meter[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2000,37(11):34-36.

[7] 江大川,富致超,程俊贤. 采样法原理电度表实现脉冲均匀化的处理方法[J]. 电测与仪表,1999,36(12):11-13.
JIANG Da-chuan,FU Zhi-chao,CHENG Jun-xian. Realization of pulse equality for sampling electric energy meter[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,1999,36(12):11-13.

[8] 邓勇,施文康. 8031 单片机测量高频信号频率的一种方法[J]. 电测与仪表,2000,37(10):23-24.
DENG Yong,SHI Wen-kang. A new method to measure high frequency using 8031 microcomputer[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2000,37(10):23-24.

[9] 张有顺. MCS51/96 系列单片机简明教程[M]. 北京:中国计量出版社,1998.

[10] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1990.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:



毛晓波

毛晓波(1965-),男,河南开封人,副教授,从事电子技术、智能仪器仪表的教学与科研工作(E-mail:mail-mxb@zzu.edu.cn);

李志辉(1978-),女,河南濮阳人,助教,硕士,从事数字信号处理的教学与科研工作(E-mail:lizhain@zzu.edu.cn);

张震(1966-),男,河南郑州人,副教授,从事信息与通信工程的教学与科研工作(E-mail:zhangzhen@zzu.edu.cn)。

Using software to generate electric energy pulse

MAO Xiao-bo,LI Zhi-hui,ZHANG Zhen

(School of Electrical Engineering,Zhengzhou University,Zhengzhou 450002,China)

Abstract: As the important output signal of electronic energy meter,the standard electric energy pulse is usually generated by voltage/frequency converter,frequency dividing circuit,CPLD(Complex Programmable Logic Device)/FPGA(Field Programmable Gate Array) or special chips,being complicated and expensive. A software substitute is proposed. Instantaneous power values calculated from samples are accumulated continuously and compared timely with a given limit value. Electric energy pulse will be generated for every limit value. Its design principle and software as well as the program using 89C 51 to generate high- and low - frequency electric energy pulses are provided. Practices prove that the method is accurate,reliable and economical,which can be used in multi-functional standard energy meters of 0.1 and 0.05 grades.

Key words: electric energy pulse; calibration; AC sampling