



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207439485 U

(45)授权公告日 2018.06.01

(21)申请号 201721075515.3

(22)申请日 2017.08.25

(73)专利权人 洛阳银杏科技有限公司

地址 471000 河南省洛阳市涧西区中国(河南)自由贸易试验区洛阳片区蓬莱路2号洛阳国家大学科技园2幢1-501

(72)发明人 徐巧玉 王军委 毛鹏 杨帅 周新稳

(74)专利代理机构 洛阳公信知识产权事务所 (普通合伙) 41120

代理人 孙笑飞

(51)Int. Cl.

G01F 15/00(2006.01)

G05B 19/05(2006.01)

G05B 19/042(2006.01)

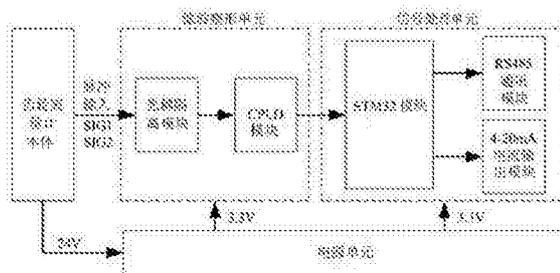
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)实用新型名称

一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器

(57)摘要

本实用新型涉及流量计变送器领域,具体的说是一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器。包括滤波整形单元和信号处理单元;滤波整形单元包括与齿轮流量计本体的脉冲信号输出端依次连接的光耦隔离模块和CPLD模块;信号处理单元包括与CPLD的输出端相连的STM32模块,STM32模块通过其定时器输入捕获功能捕获CPLD输出的脉冲信号并计算流量,再将流量参数转换为4-20mA电流和RS485信号并分别通过4-20mA电流输出模块和RS485模块进行变送输出。本实用新型克服传统流量变送器引入流量计信号误差与外界噪声干扰影响精度的缺点,能够对齿轮流量计的流量准确测量。



1. 一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器,其特征在于:包括滤波整形单元和信号处理单元;所述滤波整形单元包括与齿轮流量计的脉冲信号输出端依次连接的光耦隔离模块和CPLD模块,光耦隔离模块用于通过对齿轮流量计的脉冲信号进行硬件滤波以去除外界误差干扰,CPLD模块用于通过对去除外界误差干扰后的脉冲信号进行软件滤波去除内部误差干扰以实现脉冲信号的整形滤波并输出为计数脉冲与方向电平;所述信号处理单元包括与CPLD的输出端相连的STM32模块,STM32模块用于通过其定时器输入捕获功能捕获所述CPLD输出的脉冲信号并计算流量,再将流量参数转换为4-20mA电流和RS485信号并分别通过4-20mA电流输出模块和RS485模块进行变送输出。

2. 根据权利要求1所述的一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器,其特征在于:所述变送器还包括一个电源单元,电源单元与齿轮流量计的供电电源相连,并将齿轮流量计的供电电源降压后向滤波整形单元和信号处理单元供电。

3. 根据权利要求2所述的一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器,其特征在于:所述电源单元向滤波整形单元和信号处理单元的输出电压为3.3V。

一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及流量计变送器领域,具体的说是一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器。

背景技术

[0002] 齿轮流量计具有量程大、准确度高、标定方便等优点,被广泛应用于石油、天然气、化工等行业,但由于工作环境的影响,齿轮流量计往往会受到噪声干扰,导致其产生的脉冲信号中含有干扰信号,影响齿轮流量计脉冲信号输出的精度。由于齿轮转动时的抖动,流量计所输出的脉冲信号含有跳变误差,属于信号内部误差;不同工作环境下,外界的噪声干扰也不同,信号在传输过程中往往会受到这些噪声的影响,属于外部误差。因此,亟需解决流量计中复杂干扰信号引起的误差,提高其测量精度。

实用新型内容

[0003] 本实用新型旨在提供一种克服传统流量变送器引入流量计信号误差与外界噪声干扰影响精度的缺点,对齿轮流量计的流量准确测量的CPLD+ARM的齿轮流量计变送器。

[0004] 为了解决以上技术问题,本实用新型采用的技术方案为:一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器,包括滤波整形单元和信号处理单元;所述滤波整形单元包括与齿轮流量计的脉冲信号输出端依次连接的光耦隔离模块和CPLD模块,光耦隔离模块用于通过对齿轮流量计的脉冲信号进行硬件滤波以去除外界误差干扰,CPLD模块用于通过对去除外界误差干扰后的脉冲信号进行软件滤波去除内部误差干扰以实现脉冲信号的整形滤波并输出为计数脉冲与方向电平;所述信号处理单元包括与CPLD的输出端相连的STM32模块,STM32模块通过其定时器输入捕获功能捕获所述CPLD输出的脉冲信号并计算流量,再将流量参数转换为4-20mA电流和RS485信号并分别通过4-20mA电流输出模块和RS485模块进行变送输出。

[0005] 优选的,变送器还包括一个电源单元,电源单元与齿轮流量计的供电电源相连,并将齿轮流量计的供电电源降压后向滤波整形单元和信号处理单元供电。

[0006] 优选的,所述电源单元向滤波整形单元和信号处理单元的输出电压为3.3V。

[0007] 有益效果

[0008] 本实用新型采用光耦隔离模块对外部干扰进行屏蔽,避免新的干扰引入误差;通过CPLD模块获取流量计脉冲信号的相位差,确定流体方向,采用状态比较法设计软件滤波,消除脉冲信号的原始误差,并输出方向电平与计数脉冲信号;以ARM为处理核心采集计数脉冲的个数和方向电平信号,将流量信号转换成标准信号并输出。实验结果表明:利用光耦隔离模块硬件和CPLD模块软件滤波能够有效减小流量计输出信号中的误差,误差在0.1%以内,适应不同粘度的液体,满足市场上对齿轮流量计变送器的需求。

附图说明

[0009] 图1为本实用新型的系统整体框图;

- [0010] 图2为本实用新型的光耦隔离模块电路图；
- [0011] 图3为本实用新型的CPLD模块的滤波流程图；
- [0012] 图4为本实用新型的CPLD模块判定脉冲信号方向的正向脉冲信号示意图；
- [0013] 图5为本实用新型的CPLD模块判定脉冲信号方向的反向脉冲信号示意图；
- [0014] 图6为正向流动时SIG2信号在某一时刻受到干扰产生的跳变的示意图；
- [0015] 图7为正向流动时 SIG1与SIG2在同一时刻发生跳变的示意图；
- [0016] 图8为本实用新型的信号处理单元的信号处理流程图；
- [0017] 图9为本实用新型的STM32的脉冲捕获流程图；
- [0018] 图10为本实用新型的STM32的脉冲个数计算流程图；

具体实施方式

[0019] 如图1所示,本实用新型的一种CPLD+ARM的齿轮流量计变送器,包括滤波整形单元、信号处理单元以及电源单元。由于齿轮流量计上的齿轮转动时的抖动,齿轮流量计所输出的脉冲信号含有跳变误差,属于信号内部误差;不同工作环境下,外界的噪声干扰也不同,信号在传输过程中往往会受到这些噪声的影响,属于外部误差。因此,本实用新型从这两个方面考虑,通过减小信号内部和外部的干扰,提高流量计精度。

[0020] 本实用新型采用硬件滤波与软件滤波相结合的方式,采用光耦隔离模块与CPLD模块滤波来实现,包括与齿轮流量计的脉冲信号输出端依次连接的光耦隔离模块和CPLD模块。齿轮流量计输出的脉冲信号首先通过光耦隔离模块进行硬件滤波,防止引入外界干扰。然后通过CPLD模块进行软件滤波来减少内部误差,实现脉冲信号的整形滤波,最后将CPLD模块输出计数脉冲与方向电平给信号处理单元。信号处理单元包括与CPLD的输出端相连的STM32模块,STM32模块通过其定时器输入捕获功能捕获CPLD输出的脉冲信号并计算流量,再将流量参数转换为4-20mA电流和RS485信号并分别通过4-20mA电流输出模块和RS485模块进行变送输出。本实用新型的滤波整形单元和信号处理单元采用齿轮流量计的电源进行供电,将齿轮流量计的供电电压输入到电源单元并产生3.3V电压,分别给滤波整形单元和信号处理单元供电,达到电源统一与用电安全的目的。

[0021] 本实用新型在具体实施中,首先由齿轮流量计内部的传感器产生两路脉冲信号SIG1和SIG2,这两路信号经过光耦隔离模块硬件滤波后进入到CPLD模块中进行软件滤波整形,通过软硬件滤波消除噪声,再将信号转换为方向电平与计数脉冲信号输出;利用STM32模块的定时器输入捕获功能捕获脉冲信号并计算流量,再将流量参数转换为4-20mA电流和RS485信号并对外输出,满足工业现场的需要。

[0022] 由于在数字系统中,脉冲在传输中经常发生波形畸变,因此本实用新型采用光耦隔离模块去除外界干扰,获得理想的波形。光耦的结构相当于把发光二极管和光敏三极管封装在一起,使被隔离的两部分电路之间没有电的直接连接,防止因电气连接引起的干扰,特别是低压控制电路与外部高压电路之间。光耦隔离电路如图2所示。

[0023] 由于大多数流量计的工作范围为10-36V,为了防止脉冲信号电压过高烧坏芯片,光耦隔离模块采用3.3V供电,将流量计所产生的脉冲信号进行降压,达到芯片的电压承受范围。流量计产生的脉冲信号进入到光耦中,当脉冲信号为高电平时,光耦导通接地,此时经光耦输出的脉冲信号为低电平;当进入的脉冲信号为高电平时,光耦导通接3.3V,此时产

生一个为3.3V的高电平信号。在光耦的输出端,加上电容滤波;光耦的输入端与输出端通过隔离不共地,可以有效降低外界干扰,产生较高质量的信号波形,有利于对脉冲信号的准确获取,达到减少干扰的目的。

[0024] 针对流量计的输出信号存在跳变误差的问题,本设计利用CPLD模块通过状态比较法进行软件滤波处理,具体的流程如图3所示。

[0025] 流量计在对外输出信号时,需要对其方向以及脉冲个数进行识别。尽管周期T是变化的,但是在每个脉冲周期内,SIG1与SIG2的相位关系是确定的,这两路脉冲信号上升沿和下降沿的4次变化在相位上平均分布,如果同时考虑两路脉冲信号的上升沿和下降沿的各种情况,则两路信号在一个周期T内共产生了4次变化,且每个跳变沿所对应的脉冲电平都不一样,这样就可以利用这4次跳变沿信号的变化来实现流量计输出脉冲的4倍频和方向的判别,提高流量计测量精度。根据流量计信号SIG1与SIG2的特点,可以对其进行4倍频,即精度提高4倍。方向的确定是根据SIG1信号与SIG2信号高电平到来的先后进行判断,如图4和图5所示。

[0026] 当液体正向流经流量计时,电平信号出现00-10-11-01-00的循环变化顺序,反向流时,电平信号则出现01-11-10-00-01的循环变化顺序。因此,每一次电平发生变化时,CPLD模块对外输出一个计数脉冲以及表示方向的电平信号(高电平代表正向流动,低电平代表反向流动)。

[0027] 流量计在受到噪声干扰时,信号会产生误差,导致从流量计出来的信号中有跳变发生。这种跳变的产生会给计数带来较大的误差,采用只对信号上升沿或下降沿计数的方法,无法避免这种跳变误差。因此本文采用电平状态比较的方法进行计数,从而消除这种误差。以正向流动时的信号为例,图6为正向流动时SIG2信号在某一时刻受到干扰产生的跳变;图7为SIG1与SIG2在同一时刻发生跳变。

[0028] 当流量计输出信号未受干扰时,以正向信号为例,由图3所示,信号的电平变化为00-10-11-01-00,每一次跳变产生一个计数脉冲,分别进行“输出”、“输出”、“输出”、“输出”,则一共产生4个计数脉冲。当流量计输出信号SIG2在某一时刻发生跳变时,如图6所示,信号在一个周期内的电平变化为00-10-11-10-11-01-00,此时可以看到信号电平的变化与正常信号电平变化的区别,即在第二次电平变化时SIG2发生了跳变,这样就可以在出现误差电平时不输出计数脉冲,执行“输出”、“无输出”、“无输出”、“输出”、“输出”、“输出”的操作,一共产生4个计数脉冲,从而将干扰消除。当流量计输出信号SIG1、SIG2在同一时刻发生跳变时,如图7所示,信号在一个周期内的电平变化为00-10-01-10-11-01-00,通过对比正常的信号可知信号SIG1与SIG2在第二次电平变化时,同时产生了跳变,因此执行“输出”、“无输出”、“无输出”、“输出”、“输出”、“输出”的操作,并产生4个计数脉冲,达到消除跳变的目的。

[0029] 由以上分析可知,当流量计信号中有跳变发生时,采用状态比较法,通过分析信号输出时的状态,并与正常电平状态进行比较,判断是否输出计数脉冲,从而保证计数精度。

[0030] 信号处理单元如图8所示,主要以STM32模块作为整体的核心,STM32模块在系统中主要作用有三个:信号的采集、流量计算和流量输出。首先,信号的采集主要由STM32模块内部的定时器来完成,采用输入捕获的方式,准确采集到每个脉冲的周期时间,然后进行流量计算,得到一个准确的频率与脉冲个数,最后通过RS485模块与4-20mA电流输出模块将流量

参数转换为标准信号进行变送输出。

[0031] 由于485通讯具有抗干扰能力强、传输距离远等特点,瞬时流量则采用RS485模块进行输出。通过采用Modbus-RTU协议,将瞬时流量放到保持寄存器中,方便外部接入的Modbus设备读取。4-20mA电流作为累积流量的输出方式,具有抗干扰能力强、传输距离远的优点。此模块的作用主要是将脉冲个数转换成4-20mA电流。以4mA作为0点,20mA作为最大值,当每一个脉冲到来的时候,电流值会在此范围变化,由于流量和频率与电流值为正比关系,通过一定的比例系数,将流量转换为电流信号对外输出。

[0032] 信号的采集主要通过定时器输入捕获功能来完成。STM32模块的输入捕获模式可以用来测量脉冲宽度与脉冲频率。通过检测TIMx_CHx的边沿信号,在边沿信号发生跳变(比如上升沿/下降沿)时,将当前定时器的值(TIMx_CNT)存放到对应的通道的捕获/比较寄存器(TIMx_CCRx)里面,完成一次捕获,同时还可以配置捕获时是否触发中断/DMA等功能。脉冲信号捕获原理如图9所示。

[0033] 想要得到瞬时流量Q,首先需要知道信号的频率,常用的频率测量方法有:测频率法、测周期法。测频率法适用于高频信号测量,低频测量时误差较大。测周期法是通过捕捉一个脉冲周期所用的基准时钟计数值,获得准确的频率,适合低频测量。由于流量计的信号频率通常都比较低,本实用新型采用测周期法进行脉冲频率测量。

[0034] 采用一个高频时钟信号作为采样基准,根据CPLD模块产生的计数脉冲,在一个采样周期内对计数脉冲进行上升沿捕获。当捕获到上升沿时,进入STM32模块的中断控制,以一个16位的累加器开始计数,当下一次中断产生的时候,s读取累加器计数的总个数,此时分为两种情况:

[0035] (1)当累加值没有溢出的时候

$$[0036] \quad T1_{counter} = T1_{current} - T1_{last} \quad (1)$$

[0037] 其中: $T1_{counter}$ 是一个脉冲周期内累加器计数的总个数; $T1_{current}$ 是累加器当前的值; $T1_{last}$ 是累加器上一个中断产生的值。

$$[0038] \quad \begin{cases} T1_{counter1} = 65536 - T1_{last} \\ T1_{counter2} = T1_{current} \\ T1_{counter3} = 65536 * (T1_{over} - 1) \\ T1_{counter} = T1_{counter1} + T1_{counter2} + T1_{counter3} \end{cases} \quad (2)$$

[0039] 其中: $T1_{counter}$ 是一个脉冲周期内累加器计数的总个数; $T1_{over}$ 是累加器的溢出总数; $T1_{counter1}$ 是上一次中断距离溢出还有多少个数; $T1_{counter2}$ 是当前累加器的值; $T1_{counter3}$ 是累加器溢出的总数; $T1_{current}$ 是累加器当前的值; $T1_{last}$ 是累加器上一个中断产生时候的值。

[0040] 然后再根据以下公式:

$$[0041] \quad f_{流量} = \frac{f_{时钟}}{T1_{counter}} \quad (3)$$

[0042]
$$K = \frac{f_{\text{流量计}}}{Q} = \frac{n}{V} \quad (4)$$

[0043] 其中, $f_{\text{流量计}}$ 为 CPLD 产生的计数脉冲的频率; f_{STM32} 为 STM32 采样频率; T_{counter} 是一个脉冲周期内累加器计数的总个数; K 为流量计的系数; Q 为瞬时流量; n 为脉冲总数; V 为累积流量。

[0044] 由公式 (3) 得到计数脉冲的频率, 由于信号是经过 4 倍频的, 所以得到的频率除以 4 就是实际的瞬时流量频率, 再通过公式 (4) 得到瞬时流量。

[0045] 齿轮流量计的累积流量可以由进入中断的脉冲个数来确定, 如图 10 所示。

[0046] 当 STM32 模块的定时器捕获到上升沿的时候, 进入中断。首先需要判断方向电平, 当方向电平为高时, 表示流量为正向流动, 此时设置计数器加 1, 然后每次进入中断的时候, 计数器的值会不断累加, 直到方向电平出现变化; 当方向电平为低时, 表示流量反向流动, 此时计数器减 1, 直到方向电平出现变化。因此, 脉冲的总个数 N 等于之前所有的计数器值的总和, 即求出脉冲的总个数 N , 由于信号是经过 4 倍频的, 所以得到的脉冲个数除以 4 就是流量计信号的脉冲个数, 通过公式 (4) 求得流经流量计的累积流量。

[0047] 以本实用新型与 AW-LAKE 的 JVA-60KG-75 BSPP 型齿轮流量计作为实验平台, 对该变送器的性能进行验证, 为了验证系统的测量精度, 分别对无滤波处理、光耦隔离和光耦+CPLD 滤波算法三种情况下, 对同一温度的 5L 水、果汁、机油三种不同粘度介质进行测试。

[0048] 实验所用流量计的 K (K coefficient of flow meter) 系数为 0.4531 Pul/CC, 由于经过 4 倍频, 根据公式 (2) 可知正常情况下 5L 液体流经流量计会产生 44140 个脉冲信号。

[0049] (1) 水在三种情况下, 8 次实验所测数据如表 1 所示。

[0050] 表 1

方案	1	2	3	4	5	6	7	8	误差	方差
无滤波	4437	4443	4439	4439	4442	4440	4442	4435	-0.6	727.71
	3	5	0	4	9	7	1	9	7%	43
光耦	4436	4439	4435	4437	4436	4432	4440	4433	-0.6	711.42
	4	7	5	4	8	7	5	8	%	86
光耦+CPLD	4411	4410	4411	4412	4411	4411	4412	4410	0.07	38.214
	3	7	6	1	2	8	4	7	5%	3

[0051] 由表 1 可知, 水在三种不同的情况下, 通过纵向比较, 加光耦滤波的方案, 其误差与方差均小于无滤波的方案。并且从表中可以明显看出光耦+CPLD 方案中脉冲数量明显接近理论值, 其误差与方差都比较小, 证明此方案的滤波效果最好。

[0052] (2) 果汁水在三种情况下, 8 次实验所测数据如表 2 所示。

[0053] 表 2

方案	1	2	3	4	5	6	7	8	误差	方差
无滤波	4433	4435	4443	4436	4442	4439	4436	4439	-0.6	1071.
	7	9	3	5	1	8	7	1	6%	3
光耦	4438	4436	4437	4432	4435	4438	4435	4436	-0.5	449.5
	1	7	3	2	2	5	6	3	5%	536
光耦+CPLD	4411	4411	4412	4412	4411	4412	4411	4412	0.06	25.64
	0	9	2	5	4	3	6	1	9%	29

[0055] 由表2可知,果汁在三种不同的情况下,光耦+CPLD的滤波方案的误差与方差最小,滤波效果最好,只加光耦的方案其次,无滤波方案所得的数据误差最大。

[0056] (2) 机油在三种情况下,8次实验所测数据如表3所示。

[0057] 表3

方案	1	2	3	4	5	6	7	8	误差	方差
无滤波	4435	4434	4437	4436	4439	4431	4439	4440	-0.6	879.1
	0	4	2	7	6	7	0	5	%	250
光耦	4433	4437	4433	4435	4438	4437	4431	4435	-0.5	533.2
	5	4	8	6	2	0	3	5	5%	679
光耦+CPLD	4412	4413	4411	4411	4412	4411	4412	4411	0.05	44.12
	2	4	6	4	6	0	1	5	9%	5

由表3可知,机油在三种不同的情况下,所测得的脉冲个数,在光耦+CPLD方案中,最接近于理论值,误差与方差均小于只加光耦与无滤波方案,具有明显的滤波效果。

[0059] 由以上三种液体实验数据表可知,在无滤波方案时,由于外界噪声与信号内部本身的干扰信号,在测试结果中含有大量误差;采用光耦隔离方案时,虽然隔离了外部干扰,但是信号本身的误差并没有消除;采用光耦+CPLD时,实验所得的脉冲数量明显接近于理论值,具有较好的滤波效果。并且对于不同的液体,在相同方案下,没有明显差别,表明此设计适用于不同粘度液体。

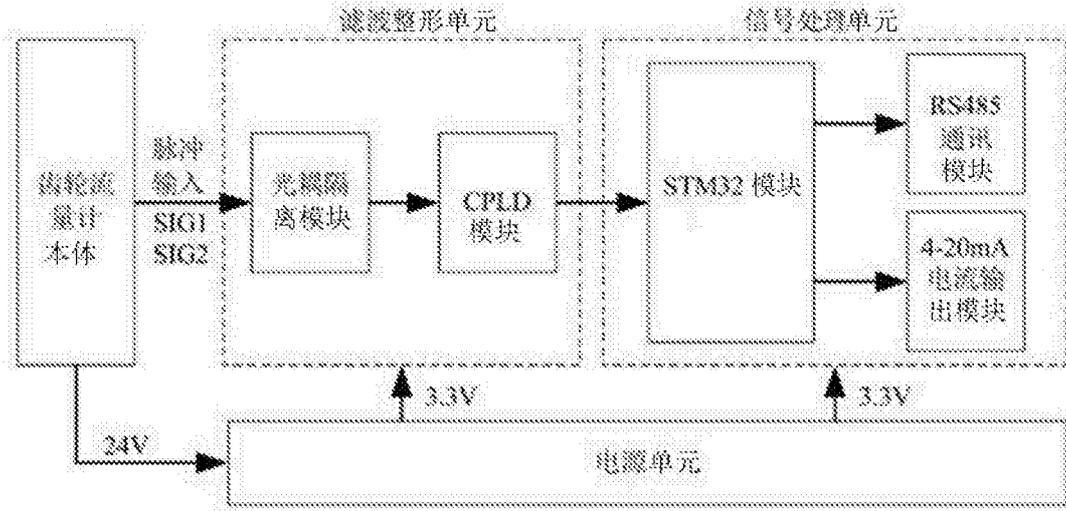


图1

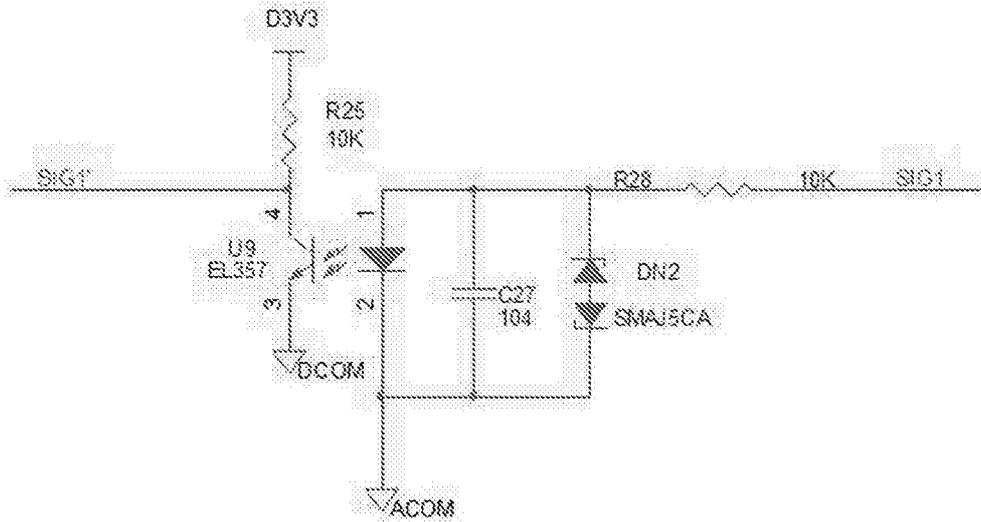


图2

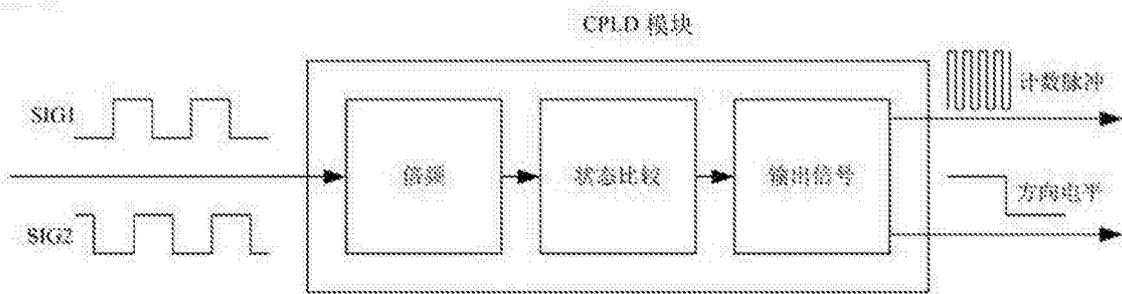


图3

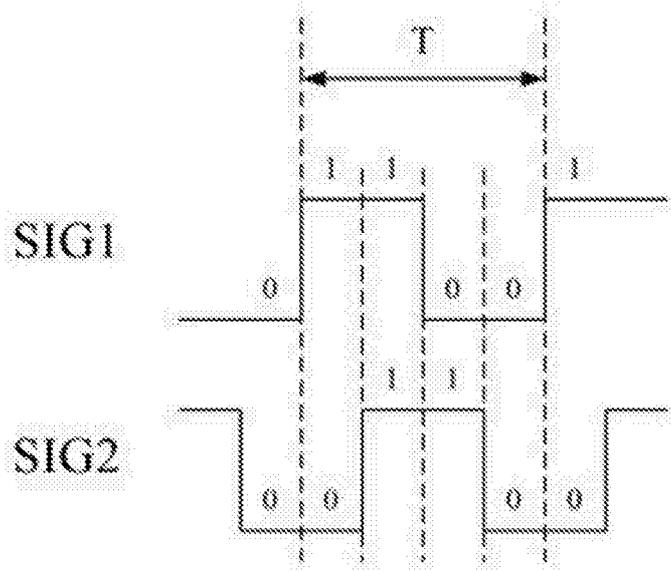


图4

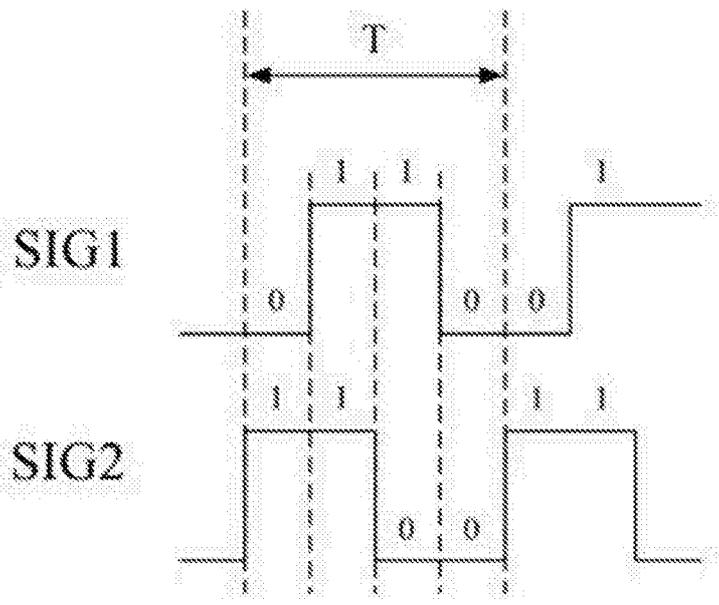


图5

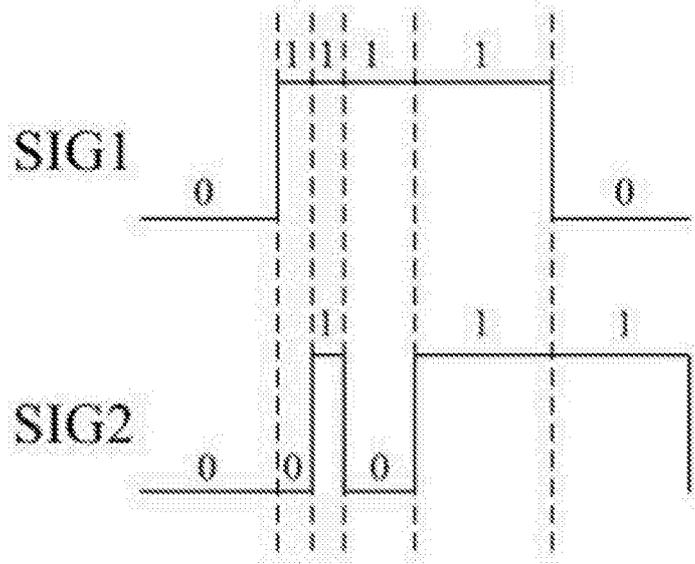


图6

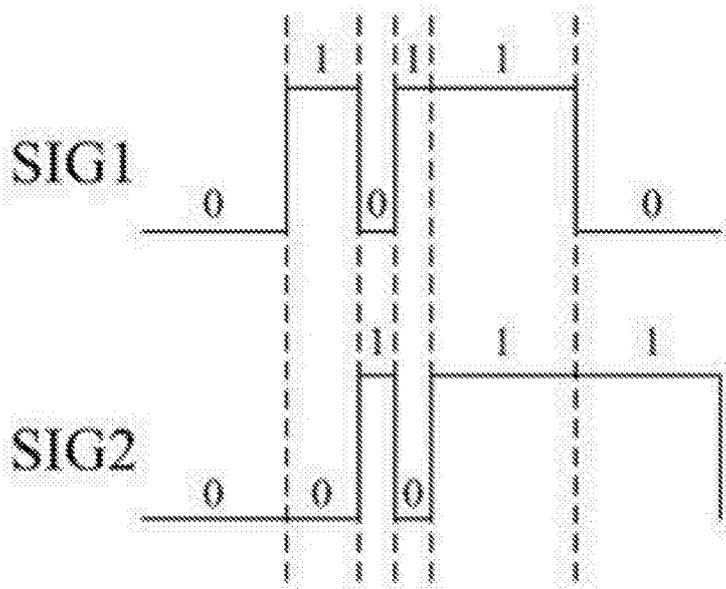


图7

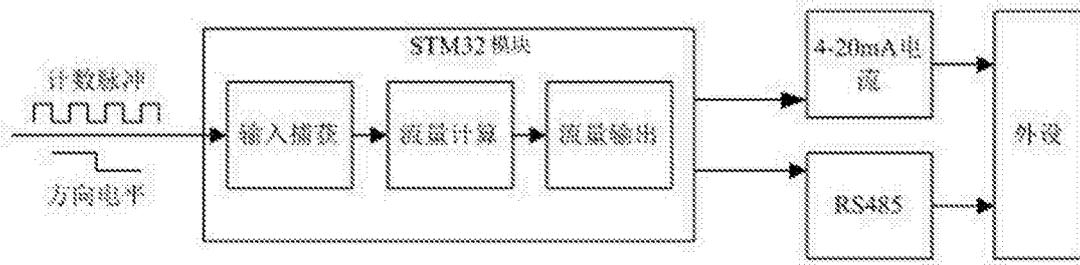


图8

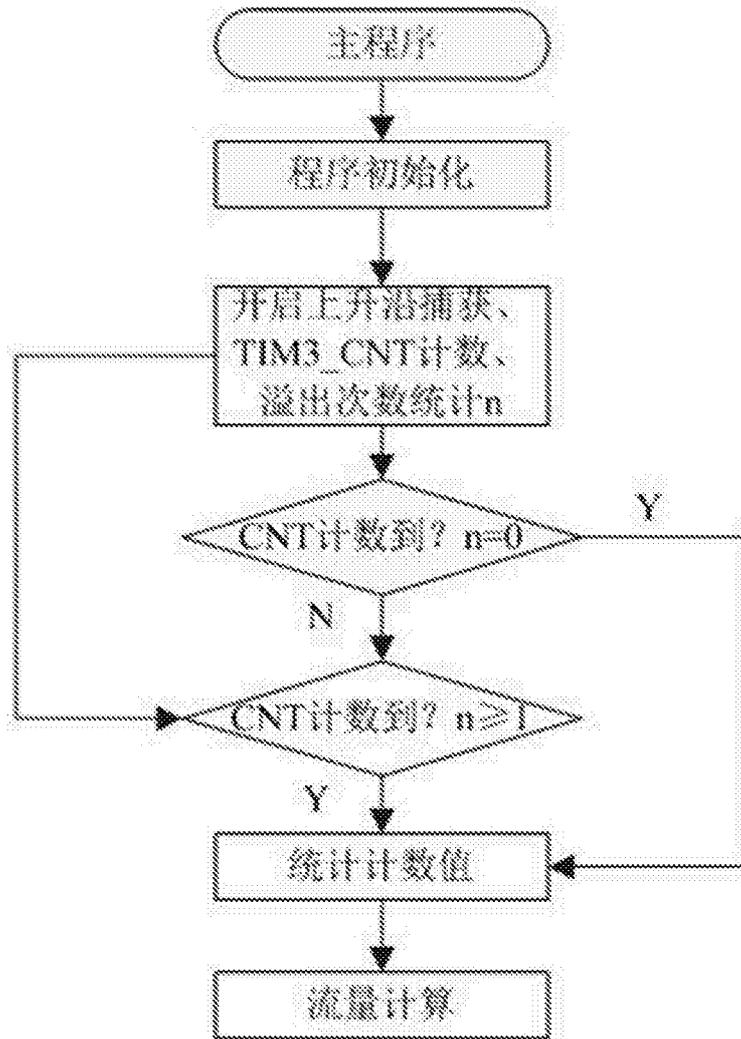


图9

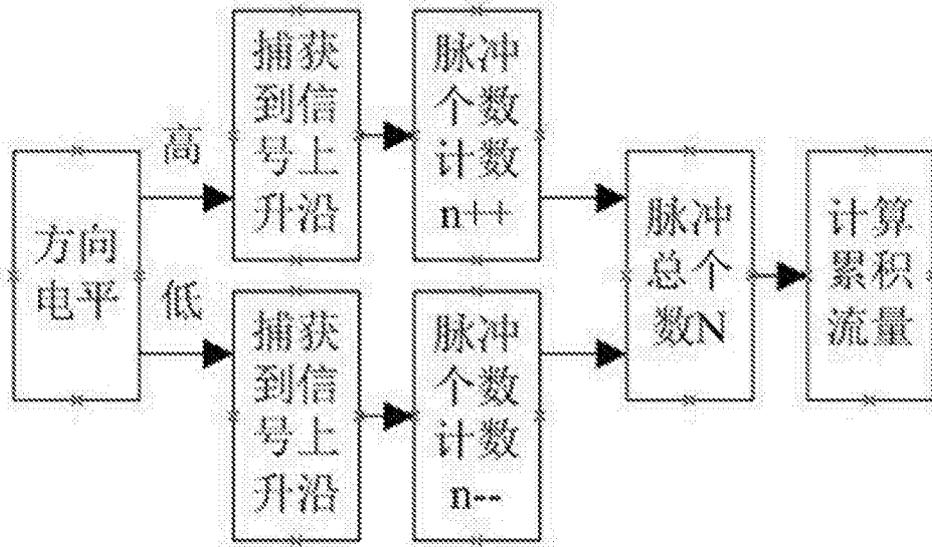


图10