

高精度超声波时间温度测量芯片

GC7820A

anyh

2013/6/17

GC7820A 是一款用于测量皮秒级时间精度的专用芯片,具有高速脉冲发生器,停止信号使能,双路温度测量和时钟控制等模块。这些特殊的模块使其具备高精度、快速、超低功耗的特点,最小分辨率可达 45ps。因此,对于测量原理基于精确时间测量的仪器仪表, GC7820A 特别适用。GC7820A 可检测时间、相位、频率,典型应用有流量测量、激光测距、液位测量、密度测量、厚度测量、磁致伸缩定位、超声流量计量、超声热能计量等。

目录

1.	概述	4
2.	特点	4
2.1	测量范围 1	4
2.2	测量范围 2	4
2.3	温度测量单元	4
2.4	综述	5
3.	芯片管脚外形图	6
4.	功能框图	8
5.	工作条件及其参数值简介	9
5.1	极限工作条件	9
5.2	推荐工作条件	9
5.3	直流特性	9
5.4	终端等效电容	10
5.5	时间测量单元	11
5.6	温度测量单元	11
6.	各单元时序解读	12
6.1	串行接口时序 (SPI 兼容, 时钟相位为 1, 时钟极性为 0)	13
6.2	时间测量停止时序	14
6.3	复位时序	14
6.4	输入按键功能示意图	14
7.	电源	15
7.1	电源电压	15
7.2	电流消耗	15
8.	寄存器设置	16
8.1	写寄存器	16
8.2	寄存器各位的简单描述:	17
8.3	读寄存器/数据输出格式	21
8.4	状态寄存	22

9.	测量范围 1	23
9.1	概述	23
9.2	测量范围 1 的主要设置:	25
9.3	测量	27
9.4	数据处理	27
9.5	读数据	28
10.	测量范围 2	29
10.1	测量流程图以及具体设置如下:	31
10.2	测量	33
10.3	数据处理	33
10.4	读取数据	34
10.5	stop 屏蔽	35
11.	详细描述和特殊功能	36
11.1	振荡器	36
11.2	高速振荡器	36
11.3	32.768KHz 振荡器	38
11.4	校准高速陶瓷振荡器	39
11.5	如何使用时钟校准	40
11.6	脉冲发生器	41
11.7	温度测量	44
11.8	SPI 接口	47
11.9	快速初始化	49
11.10	噪声单元	49
12.	应用	50
12.1	超声波热量计	50
12.2	流量测量	53
12.3	电流消耗	55
13.	Bug report	56
13.1	石英晶振起始时间	56
13.2	噪声相位差	56

14.	封装尺寸	57
14.1	QFN32 引脚封装尺寸	57
14.2	QFN32 引脚封装尺寸示	57
15.	订货信息	58
16.	文档修改记录	58
17.	文档信息	58

高精度超声波时间、温度测量芯片

1. 概述

GC7820A 是一款用于测量皮秒级时间精度的专用芯片,具有高速脉冲发生器,停止信号使能,双路温度测量和时钟控制等模块。这些特殊的模块使其具备高精度、快速、超低功耗的特点,最小分辨率可达 45ps。因此,对于测量原理基于精确时间测量的仪器仪表,GC7820A 特别适用。GC7820A 可检测时间、相位、频率,典型应用有流量测量、激光测距、液位测量、密度测量、厚度测量、磁致伸缩定位、超声流量计量、超声热能计量等。

GC7820A 可选的封装形式有 QFN32、LQFP32。工作工业温度范围(-55 - +85℃)。

2. 特点

2.1 测量范围 1

- ◆ 双通道,正常情况下分辨率可达 45ps
- ◆ 测量范围 3.5ns—1.8us (对中断通道而言为 0—1.8us)
- ◆ 间隔脉冲对分辨为 15ns,每个通道可进行 4 次采样
- ◆ 可测量 4 次采样中任意 2 个采样之间的时间间隔
- ◆ 输入信号可以选择上升沿/下降沿单独触发,或者上升沿和下降沿同时触发
- ◆ 停止信号使能窗口可提供准确的中断使能

2.2 测量范围 2

- ◆ 单通道,典型分辨率可达 45ps
- ◆ 测量范围 500ns—4ms
- ◆ 间隔脉冲对分辨能力为两个校准时钟周期,可进行 3 次采样
- ◆ 输入信号可以选择上升沿/下降沿单独触发,或上升沿、下降沿同时触发
- ◆ 3 次采样中分别由三个去噪声窗口过滤

2.3 温度测量单元

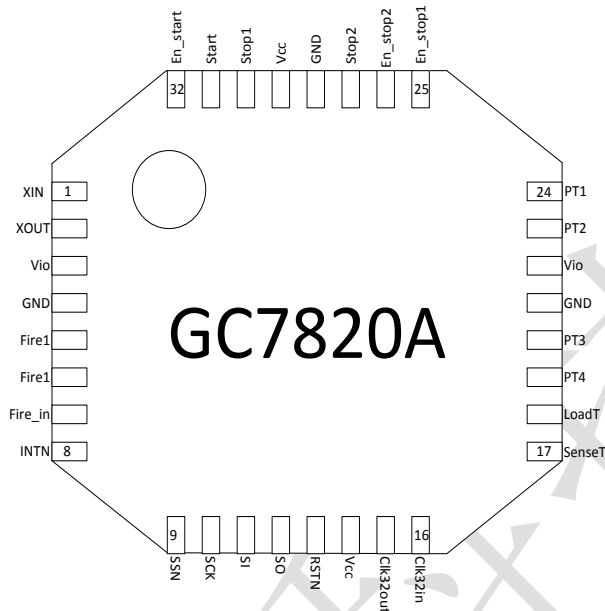
- ◆ 两个或四个温度测量单元
- ◆ 两个或者四个传感器
- ◆ 可选择 PT500/PT1000 或者更高的温度传感器
- ◆ 有效分辨率达 16 位 (对铂温度传感器的分辨率达 0.004℃)
- ◆ 超低的电流消耗 (每 30 秒测量一次,电流为 0.08μA)

2.4 综述

- ◆ QFN32 脚封装
- ◆ I/O 电压: 1.8v--5.5v
- ◆ Core 电压: 1.8v--3.6v
- ◆ 最大 1MHZ 的连续数据输出率
- ◆ 温度范围-40℃--125℃
- ◆ 四线 SPI 接口
- ◆ 脉冲发生器
- ◆ 时钟校准单元
- ◆ 精确停止脉冲使能窗口
- ◆ 上升沿/下降沿单触发或者上升沿和下降沿同时触发

3. 芯片管脚外形图

GC7820A 采用 QFN 32 脚封装，如图一所示：



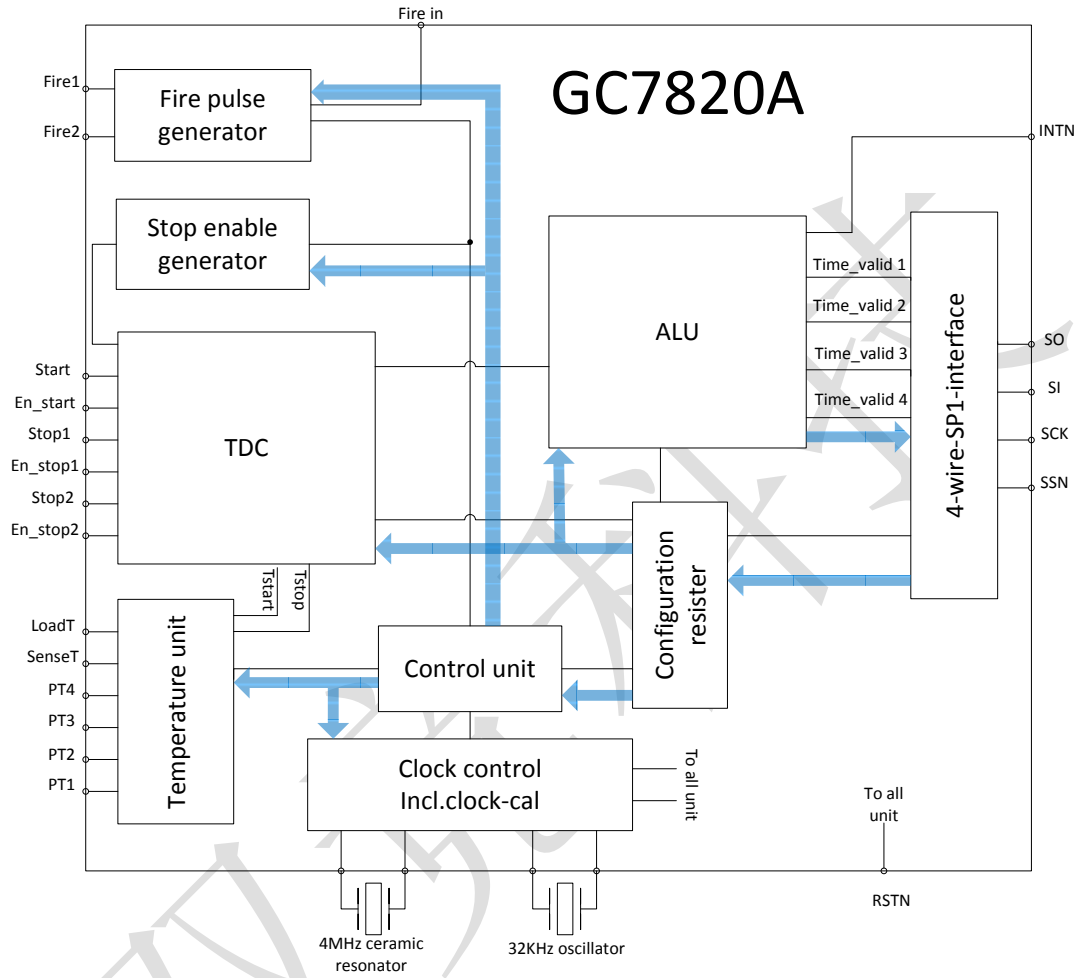
图一

引脚号	引脚名称	具体描述	缓冲类型	有效条件	关闭
1	Xin	振荡器驱动输入			GND
2	Xout	振荡器驱动输出			
3	Vio	双向端口电源电压			
4	GND	接地线			
5	Fire1	脉冲发生器输出端口 1	48 mA		
6	Fire2	脉冲发生器输出端口 2	48 mA		
7	Fire_In	脉冲信号输入端口			GND
8	INTN	中断端口	12 mA	低电平有效	
9	SSN	端口选择	双稳态电路开启有效	低电平有效	
10	SCK	串行接口时钟	双稳态电路开启有效		
11	SI	串行接口输入	双稳态电路开启有效		
12	SO	串行接口输出	12 mA 三态		
13	RSTN	输入复位接口	双稳态电路开启有效	低电平有效	
14	Vcc	Core 电源电压			
15	Clk32Out	32KHz 时钟发生器输出端口			n. c.

16	Clk32In	32KHz 时钟发生器输入端口			GND
17	SenseT	温度测量单元输入端口	双稳态电路开启有效		
18	LoadT	温度测量单元输出端口	24 mA		
19	PT4	温度测量端口 4	48 mA		
20	PT3	温度测量端口 3	48 mA		
21	GND	接地线			
22	Vio	双向端口电源电压			
23	PT2	温度测量端口 2	48 mA		
24	PT1	温度测量端口 1	48 mA		
25	En_Stop2	停止信号使能端口 2	双稳态电路开启有效	高电平有效	Vio
26	En_Stop1	停止信号使能端口 1	双稳态电路开启有效	高电平有效	Vio
27	Stop2	停止输入端口 2			GND
28	GND	接地线			
29	Vcc	Core 电源电压			
30	Stop1	停止输入端口 1			GND
31	Start	开启输入端口			
32	En_Start	信号使能开启输入端口	双稳态电路开启有效	高电平有效	Vio

4. 功能框图

在使用 GC7820A 之前，需要做一些必要的设置来选择所需的模式，图二给出了 GC7820A 的功能框图，以方便用户更加了解各个模块之间的联系，以方便后续合理的使用。



图二

5. 工作条件及其参数值简介

5.1 极限工作条件

符号	参数	条件	极限值
Vcc_max	电源电压	Vcc 到 GND	-0.3V ~ 4V
Vio_max	电源电压	Vio 到 GND	-0.3V ~ 7V
A,B	最大输出电流		+/-30mA
A,B	接收器输入电压		-6v - +12V
RO	接收器输出电压		-0.3V ~ VCC+0.3V
θ_{JA}	最高结温		125°C
Tstg	贮存温度范围		-65°C ~ +150°C
	最大耗散功率		300mW

5.2 推荐工作条件

符号	参数名称	测试条件	参数值			单位
			最小	典型	最大	
Vcc	Core 电源电压*	Vio > Vcc	1.8		3.6	V
Vio	I/O 供电电压		1.8		5.5	V
tr	通用输入端信号上升时间				50	ns
tf	通用输入端信号下降时间				50	ns
tsr	施密特输入端信号上升时间				5	ms
tsf	施密特输入端信号下降时间				5	ms
TB	工作环境温度		-40		120	°C

*Core 电源电压包括振荡器的四个引脚：XIN/XOUT/CLK32IN/CLK32OUT

5.3 直流特性

符号	参数	测试条件	参数值	单位
----	----	------	-----	----

			最小	典型	最大	
I32	32KHz 振荡器工作电流	I _{cc+lio} ,仅 32KHz 振荡器工作,V _{cc} =3.6V		4.5		A
I _{hs}	4MHz 陶瓷振荡器工作电流	I _{cc+lio} ,仅 4MHz 陶瓷振荡器工作,V _{cc} =3.6V		260		μA
I _{tmu}	时间测量单元工作电流	仅在测量时有电流流过		15		mA
I _{ddq}	静态工作电流	所有时钟关闭, V _{io} =V _{cc} =3.6V, 测量温度 85°C		<150		nA
I _l	输入漏电流		-1		+1	A
V _{oh}	高压输出电压	I _{oh} 大小为待定的毫安级电流 V _{io} =Min.	V _{io} -0.4			V
V _{ol}	低压输出电压	I _{ol} 大小为待定的毫安级电流,V _{io} =Min			0.4	V
V _{ih}	高压输入电压	低压晶体管电平,V _{io} =Max.	2.0			V
V _{il}	低压输入电压	低压晶体管电平,V _{io} =Min.			0.8	V
V _{th}	高压双稳态电路开启电压		1.1		2.4	V
V _{tl}	低压双稳态电路开启电压		0.6		1.8	V
V _h	双稳态电路损耗电压		0.1			V

5.4 终端等效电容

符号	终端	测试条件	参数值			单位
			最小	典型	最大	
C _i	单向输入接口	V _{cc} =V _{io} ,		待定		pF
C _o	单向输出接口	f=1MHz		待定		
C _{io}	双向接口	T _a =25°C		待定		

5.5 时间测量单元

符号	终端	测试条件	参数值			单位
			最小	典型	最大	
	LSB	Vio=Vcc=3.3V	-40°C 3.6V	25°C 3.3V	85°C 3.0V	ps
			35	63	111	
		Vio=Vcc=2.5V	-40°C 2.75V	25°C 2.5V	80°C 2.25V	
			38	76	156	
	标准差	Vio=Vcc=3.3V		50		

5.6 温度测量单元

符号	参数名称	测试条件	参数值			单位
			最小	典型	最大	
	分辨率(RMS)	Vio=Vcc=3.V, 热敏传感器 PT1000, 电容 150nF		16.0		Bit
	信噪比(SNR)			96		dB
	绝对增益误差			0.1		%
	增益误差 Vs Vio			0.08		%/V
	增益误差 Vs 温度			0.0008		%/K
	非校准补偿			<0.01		%
	补偿偏移 Vs 温度			<0.2		ppm/K
	噪声干扰(PSRR)			>100		dB

6. 各单元时序解读

以下特性参数均是在 $V_{cc}=3.3V \pm 0.3V$, 环境温度为 $-40^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ 的条件下测量得到的。

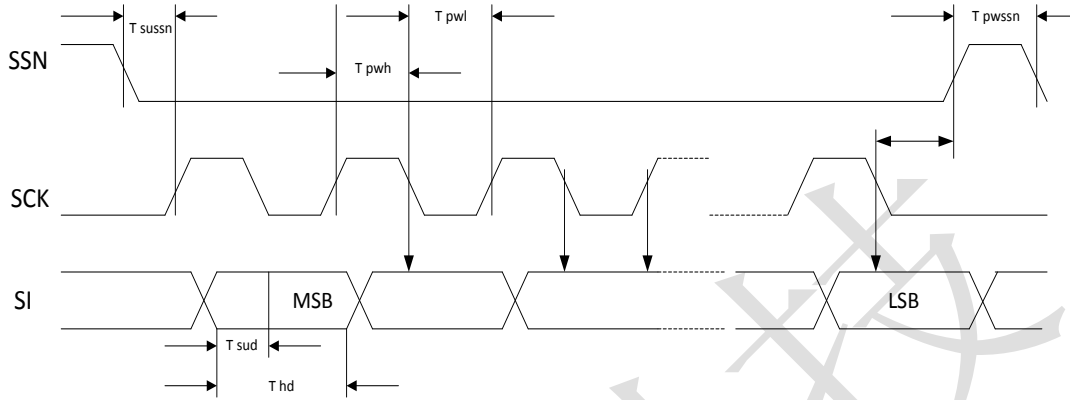
符号	参数	参数值			单位
		最小	典型	最大	
	振荡器				
Clk32	32kHz 基准振荡器		32,768		kHz
toszst	陶瓷振荡器开启时间		200		μs
toszst	晶体振荡器开启时间		5		ms
ClkHS	高速基准振荡器	2		8	MHz
	串行接口	Max @ Vio=			
		2.0V	2.5V	3.3V	
fclk	串行时钟频率	10	20	25	MHz
		Min @ Vio =*			
		2.0V	2.5V	3.3V	
tpwh	串行时钟, 高电平脉冲宽度	50	25	20	ns
tpwl	串行时钟, 低电平脉冲宽度			50	ns
tsussn	SSN 时钟锁定	20	40	10	ns
tpwssn	SSN 写周期内脉冲的宽度	50	30	20	ns
thssn	SCLK 下降后 SSN 持续的时间	70	40	25	
tsud	SCLK 下降前的数据设置时间	10	5	5	ns
thd	SCLK 下降前数据维持时间	10	5	5	ns
		Max @ Vio =			
		1.8V	2.5V	3.3V	
tvd	SCLK 上升距数据有效的的时间	30	20	16	ns

* 最差情况出现在电源电压值为 2.5V, 3.3V 和 5V;

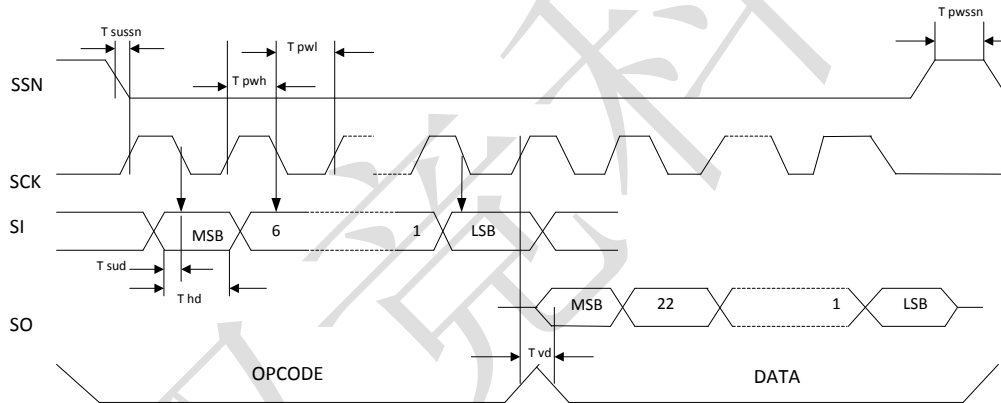
**核心电压为 3.3V.

6.1 串行接口时序 (SPI 兼容, 时钟相位为 1, 时钟极性为 0)

写时序

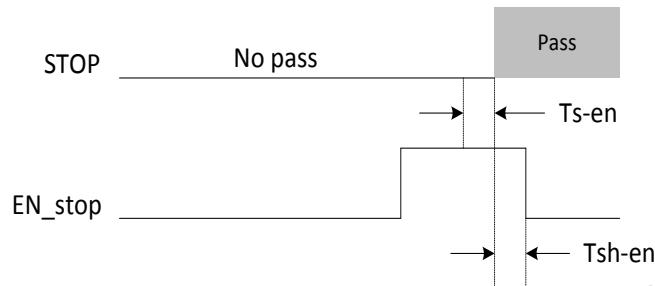


读时序



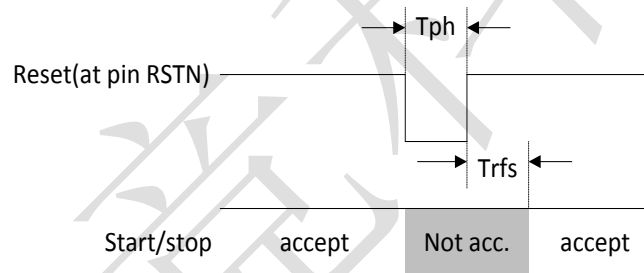
8 位编码器								
MSBLSB								描述
1	0	0	0	0	ADR2	ADR1	ADR0	向 ADR 写入数据
1	0	1	1	0	ADR2	ADR1	ADR0	读取 ADR 数据
0	1	1	1	0	0	0	0	初始化
0	1	0	1	0	0	0	0	电源重置
0	0	0	0	0	0	0	1	开始周期
0	0	0	0	0	0	1	0	温度测量开始
0	0	0	0	0	0	1	1	开启陶瓷振荡器
0	0	0	0	1	0	0	0	开启 TDC

6.2 时间测量停止时序



说明	描述	最小值 (ns)	最大值 (ns)
tS-EN	重置时间	5 ns	-
tSH-EN	持续时间	5 ns	-

6.3 复位时序



说明	描述	最小值 (ns)	最大值 (ns)
tph	复位脉冲宽度	50 ns	-
trfs	复位脉冲上升沿到开始采样之间的时间	200 ns	-

6.4 输入按键功能示意图

符号	参数名称	从 (输入)	到 (输出)	测试条件	参数值			单位
					最小	典型	最大	
t _{PLH}	传输延迟	A、B、C、	各个 Y	C _L = 4 5			50	ns
t _{PHL}	传输延迟	A、B、C、	各个 Y	R _L =667Ω			50	ns

7. 电源

7.1 电源电压

尽管 GC7820A 是一个全数字化电路，但也会受到一些模拟测量的限制。这是因为 GC7820A 是基于内部模拟电路测量的“传输延时”来工作的，而“传输延时”容易受温度和电源电压的影响。良好的供电电源是获得良好测量结果的基本保障，同时电源应该具有高电容性和低电感性。

GC7820A 提供了两对电源供应端口：

- ◆ Vio: I/O 供电电源
- ◆ Vcc: Core 供电电源

所有的 Ground 引脚都应该连接到印刷电路板的地上。Vio 和 Vcc 应该由电池或者固定的线电压调节器供电，不要用开关调节器，以避免由于 I/O 电源输入引起的干扰。

7.2 电流消耗

以下的耗电量是各个不同部分的耗电量的总和（测量条件 Vio=Vcc=3.6V）：

- ◆ 静态电流：I_{ddq}<150 nA
- ◆ 32KHZ 振荡器的输入电流（只有 32KHZ 晶振工作时才会出现此电流）I₃₂ 的典型值 4.5 μA
- ◆ 高速振荡器的输入电流 I_{hs} 的典型值 260 μA/s*(处于激活状态的工作时间)。例如：在超声波流量中高速振荡器只需要工作 2ms 左右，则平均电流消耗为 260 μA/s * 2 ms= 0.52 μA
- ◆ 时间测量单元的输入电流 I_{tmu} 典型值 15 mA/s*(处于激活状态的测量时间)。1) 在测量范围 1 的每次测量中，时间测量单元在测量 start~stop 之间的时间间隔/测量相当于两个参考时钟周期的校准时间时处于激活状态。2) 在测量范围 2 的每次测量中，时间测量单元平均有四个参考时钟周期的时间处于激活状态。两个用于时间测量，两个用于校准。例如：采用测量范围 2，每秒测量 10 次，参考时钟为 4MHZ，则时间测量单元激活的时间大约为 10 μs。平均的电流消耗为 15 mA/s* 10 μs = 0.150 μA。
- ◆ 数据处理（包括校准计算）时 ALU 输入电流 I_{alu} 的典型值 7nA/校准。例如：每秒中进行 100 次测量，每次测量 3 个 stop 信号与 start 信号之间的时差，则 ALU 的平均电流为 7nA*3000=21 μA。一次完整的温度测量的电流 I_T，其典型值为 2.5 μAs*测量频率。在热量表中一般是 30 秒进行一次温度测量，平均电流大约是 0.085 μA。

8. 寄存器设置

辅助位是 sungine 公司仅作为测试和安全目的用的，请使用推荐值。

8.1 写寄存器

第二列为默认值

位	寄存器 0	* 默 认	寄存器 1	* 默 认	寄存器 2	* 默 认	寄存器 3	* 默 认	寄存器 4	* 默 认	寄存器 5	* 默 认
23	FIRE#	0	HIT2	0	EN_INT	0	s.c.	0	s.c.	0	CONF_FIRE	0
22		0		1		0	s.c.	0	s.c.	0		
21		0		0		1	EN_ER R_VAL	0	s.c.	1		
20		0		1		RFEDGE2	0	1	s.c.	0		EN_STA
19	DIV_FIRE	0	HIT1	0	RFEDGE1	0	SEL_TI	1	s.c.	0	DIS_Phase	0
18		0		1	0	0	0	0	0	0	REPEAT_FIRE	0
17		0		0	0	0	0	0	0	0		
16		0		1	0	0	0	0	0	0		
15	CALRES#	0	EN_FAST	0	0	0	0	0	0	0	PHASE_FIRE	0
14		0	s.c.	1	0	0	0	0	0	0		
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	CikHSDiv	0	HITIN2	0	0	0	0	0	0	0		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	START_CikHS	1	0	0	0	0	0	0	0			
9	PORT#	1	HITIN1	0	DELVAL1	0	DELVAL2	0	DELVAL3	0		
8	TCycle	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	No_FAKE	0	n.c	0	0	0	0	0	0	0		
6	SelCikT	1	n.c	0	0	0	0	0	0	0		

5	Calibrate	1	n.c	0	0	0	0	0	0
4	DisAutoCal	0	n.c	0	0	0	0	0	0
3	MRange2	1	n.c	0	0	0	0	0	0
2	NEG_STOP2	0	n.c	0	0	0	0	0	0
1	NEG_STOP1	0	n.c	0	0	0	0	0	0
0	NEG_START	0	n.c	0	0	0	0	0	0

s.c. 为 sungine 公司的专用设置位， n.c. 为空留位

*def 为上电复位后的默认值

8.2 寄存器各位的简单描述:

位	名称	描述	数值
寄存器 0			
0	NEG_START	反向 start 输入	0=非反向输入，上升沿
1	NEG_STOP1	反向 stop1 输入	0=非反向输入，上升沿 1=反向输入，下降沿
2	NEG_STOP2	反向 stop2 输入	0=非反向输入，上升沿
3	MRange2	测量范围选择	0=测量范围 1
4	DisAutoCal	在 TDC 中启动或停止自动校准功	0=测量后自动校准
5	Calibrate	ALU 中启动或停止自动校准计算	0=关闭（仅限测量范围 1）
6	SelClkT	选择用于温度测量的内部周期时钟	0=32,768kHz 时钟 1=128*CLKHS 作为时钟周期(用 4MHZ 高速时钟)
7	FAKE#	温度测量开始时的热身测量循环次	0=2 次
8	TCycle	设置循环时间	0=128 μ s 循环时间
9	PORT#	设置测量温度的焊脚	0=2 个温度脚 (PT1 and PT2)

10-11	START_CLKH S	开启高速振荡器	0=Oscillator off 1=Oscillator on 2=设置时间=640 μs
12-13	ClkHSDiv	设置 CLKHS 的预划分器	0=除以 1 1=除以 2 2=除以 4
14-15	CALRES#	设置标定陶瓷振荡器周期的数目	0=2 个周期=61.035 μs 1=4 个周期=122.07 μs 2=8 个周期=244.14 μs
16-19	DIV_FIRE	设置内布脉冲发生器时钟频率的除法因数	0=禁用 1=除以 2 2=除以 3 3=除以 4
20-23	FIRE#	设置脉冲发生器产生脉冲的数目	0=关闭 1=1 个 2=2 个 3=3 个

寄存器 1			
8-10	HITIN1	在 stop 通道 1 的预期脉冲数	0=关闭 1= 1 hit 2= 2 hits 3= 3 hits
11-13	HITIN2	在 stop 通道 2 的预期脉冲数	0= 关闭 1= 1 hit 2= 2 hits
15	EN_FAST_INIT	启动快速初始化功能	0= 关闭功能 1= 启动功能

16-19	HIT1	用于定义 ALU 前数据处理的计算方式 MRange1:HIT1- HIT2 MRange2: HIT2 - Start	MRange1: 0 = Start 1= 1. Stop Ch1 2= 2. Stop Ch1 3= 3. Stop Ch1 4= 4. Stop Ch1 5= no action	MRange2: 1= Start
20-23	HIT2	用于定义 ALU 提前数据处理的计算方式 MRange1: HIT1 - HIT2 MRange2: HIT2 - Start	MRange1: 0= Start 1= 1. Stop Ch1 2= 2. Stop Ch1 3= 3. Stop Ch1 4= 4. Stop Ch1 5= no action	MRange2: 2= 1. Stop Ch1 3= 2. Stop Ch1 4= 3. Stop Ch1

寄存器 2			
0-18	DELVAL1	为内部的使能 stop 脉冲而设的延迟时间，start 通道 1 第 1 个脉冲。Tref 的倍数，14 位	DELVAL1=0 to 16383.96875
19	RFEDGE1	stop1 通道的边沿敏感性	0=上升或下降沿
20	RFEDGE2	stop2 通道的边沿敏感性	0=上升或下降沿
21-23	EN_INT	利用或门启动不同的中断触发	Bit 23= ALU 中断触发位 Bit 22= End Hits 中断触发位

寄存器 3			
0-18	DELVAL2	为内部的使能 stop 脉冲而设的延迟时间，start 通道 1 第 2 个脉冲。Tref 的倍数，	DELVAL2= 0 to 16383.96875
19-20	SEL_TIMO_MR2	在测量范围 2 内为溢出选择预划分器	3= 4.096ms 知道溢出 2= 1.024ms 1= 256 us
21	EN_ERR_VAL	强迫 ALU 写入 0xFFFFFFFF 到结果寄	0= 关闭

寄存器 4			
0-18	DELVAL3	为内部的使能 stop 脉冲而设的延迟时间, start 通道 1 第 3 个脉冲。Tref 的倍数, 14 位整数部分, 5 位小数部分	DELVAL3 = 0 ... 16383.96875

寄存器 5			
0-15	PHASE_FIRE	对最多 15 个脉冲的脉冲序列中的每个脉冲进行转相位	0= 不尽行转相位 1= 对脉冲进行移相位
16-18	REPEAT_FIRE	用于声环法的脉冲序列的重复次数	0= 不重复 1= 1 次重复 2= 2 次重复 ... 7= 7 次重复
19	DIS_PHASENOISE	噪声单元必须要被关闭见 BUG 报告	1= 关闭移相单元 设置为 1 是必须的
20	EN_STARTNOISE	给脉冲触发器启动外加噪声	1= 开启噪声单元
21-23	CONF_FIRE	脉冲触发器的输出设置	Bit 23= 1 反向输出 Fire2 Bit 22= 1 关闭输出 Fire2 Bit 21= 1 关闭输出 Fire1

8.3 读寄存器/数据输出格式

地址	名称	位数	描述							
0	RES_0	32	测量结果 1 (2 ¹⁵), 固定浮点数 (2 ⁰), 16 位整数部分 (2 ⁻¹), 16 位小数部分 (2 ⁻¹⁶)							
1	RES_1	32	测量结果 2, 固定浮点数, 16 位整数部分, 16 位小数部分							
2	RES_2	32	测量结果 3, 固定浮点数, 16 位整数部分, 16 位小数部分							
3	RES_3	32	测量结果 4, 固定浮点数, 16 位整数部分, 16 位小数部分							
4	STAT	16	15-13	12	11	10	9	8-6	5-3	2-0
			无意义	短路	断路	溢出预计数	溢出 TDC	Ch2 的 Hits	Ch1 的 Hits	结果寄存器指
5	REG_1	8	显示写寄存器 1 中的高 8 位, 用来测试通信							

数据结构和结果寄存器的分配由操作模式和被存储数据是否是校准值决定。以下几点必须注意：

- ◆ 只有在测量范围 1 中才可能出现负值。
- ◆ 测量范围 2 中只有正值，以无符号数形式出现
- ◆ 只有测量范围 1 中才可以进行非校准测量

在测量范围 1 中采用校准测量时，被测时间间隔不能大于两个校准时钟周期。如果被测时差大于两个校准时钟周期，则 ALU 溢出并在相应结果寄存器中写入 0xFFFFFFFF。

- ◆ 测量范围 1，进行校准(Calibrate=1)，测量结果是内部基准时钟周期的倍数，内部基准时钟等于外部基准时钟除 DIV_CLKHS (DIV_CLKHS=1、2、4)。校准值是 32 位定点数，由 16 位整数和 16 位小数组成。因此一个校准值占用一个结果寄存器。串行输出从最高位(2¹⁵)开始，以最低位(2⁻¹⁶)结束，数据以 2 的补码形式存在。

$$\text{Time} = \text{RES}_X * T_{\text{ref}} * 2^{\text{ClkHSDiv}} = \text{RES}_X * T_{\text{ref}} * N, \text{ with } N = 1, 2 \text{ or } 4,$$

$$\text{Time} < 2 * T_{\text{ref}} * 2^{\text{ClkHSDiv}}$$

- ◆ 测量范围 1，不进行校准(Calibrate=0)非校准值是典型的有符号整数，以 16 位值的形式被存储在结果寄存器的高字单元(WORD)。结果寄存器的低字单元(WORD)被设为 0。结果代表最低有效位的个数，以 2 的补码形式存在。

$$\text{Time} = \text{RES}_X * \text{LSB} \approx \text{RES}_X * 65\text{ps}$$

- ◆ 测量范围 2

在测量范围 2 中，GC7820A 只支持校准测量。测量结果是内部基准时钟周期的倍数，内部基准时钟等于外部基准时钟除以 DIV_CLKHS (DIV_CLKHS=1,2,4)。校准值是 32 位定点数，由 16 位整数和 16 位小数组成。因此一个校准值占用一个结果寄存器。串行输出从最高位(2¹⁵)开始，以最低位(2⁻¹⁶)结束，以 2 补码形式存在。

$$\text{Time} = \text{RES}_X * T_{\text{ref}} * 2^{\text{ClkHSDiv}} = \text{RES}_X * T_{\text{ref}} * N, \text{ with } N = 1, 2, \text{ or } 4$$

8.4 状态寄存

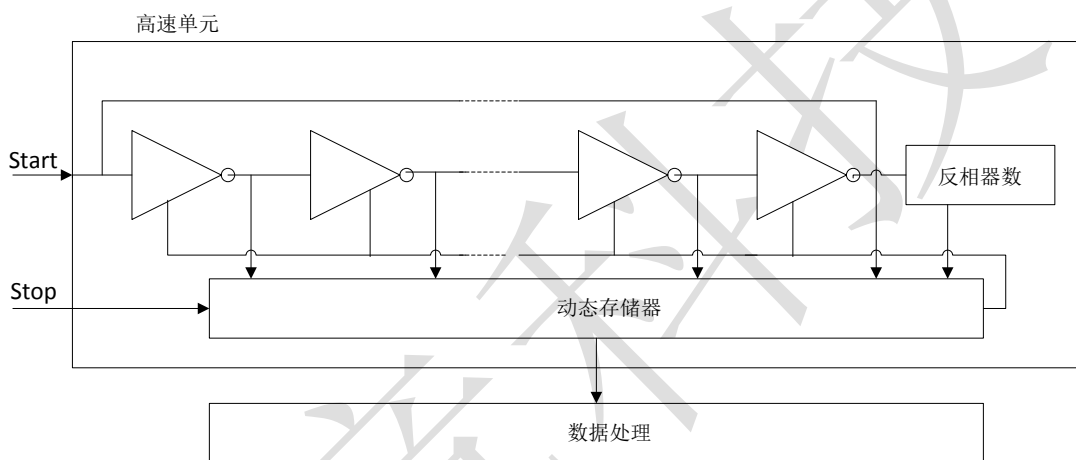
GC7820A 提供了一个 16 位的状态寄存器

名称	描述	数值
结果寄存器指示器	指针指向下一个空结果寄存器地址	
通道 1 的脉冲次数	显示在 channel 1 记录下的第几次脉冲数	
通道 2 的脉冲次数	显示在 channel 2 记录下的第几次脉冲数	
时间溢出 TDC	显示 TDC 溢出	1 = 溢出
时间溢出计数器	显示测量范围 2 中 14 位预算器的溢出	1 = 溢出
断路错误报警	显示测量温度传感器为断路	1 = 断路
短路错误报警	显示测量温度传感器为短路	1 = 短路

9. 测量范围 1

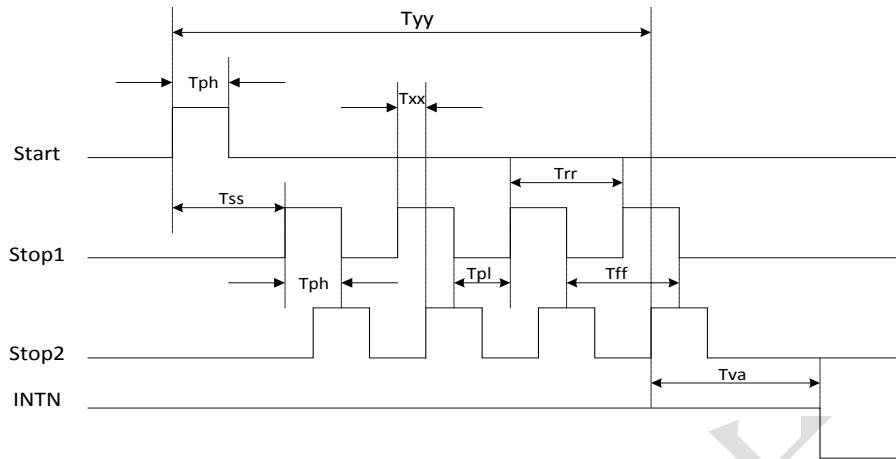
9.1 概述

两个 stop 通道共用一个 start 通道，每个通道的典型分辨率 50psRMS（root mean square），最低有效位为 65ps，间隔脉冲对的分辨能力为 15ns；每个 stop 通道都可以进行 4 次采样。测量范围：2.0ns——1,8 μ s。每个通道都可以选择上升沿/下降沿触发，ENABLE 引脚提供强大的 stop 信号使能功能，可测量任意两个信号之间的时差。



测量单元由 START 信号触发，接收到 STOP 信号停止。由环形振荡器的位置和粗值计数器的计数值可以计算出 START 信号和 STOP 信号之间时间间隔，测量范围可达 20 位。3.3V 和 25 时，GP2 的最小分辨率是 65ps。RMS 噪音大约是 50ps(0.7LSB)。温度和电压对门电路的传播延迟时间有很大的影响。通常是通过校准来补偿由温度和电压变化而引起的误差。在校准过程中，TDC 测量一和两个校准时钟周期。测量范围受计数器大小的限制：

$$t_{ty} = \text{BIN} \times 26224 \approx 1.8\mu\text{s}$$

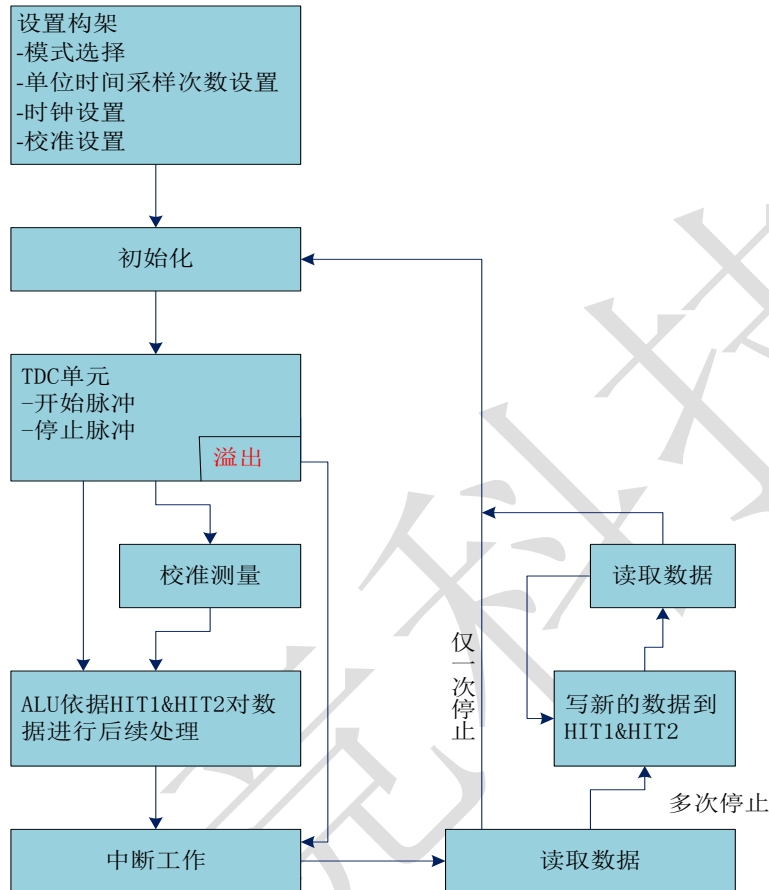


	时间 (条件)	描述
T_{ph}	2.5 ns (最小)	最小脉冲宽度
T_{pl}	2.5 ns (最小)	最小脉冲宽度
T_{ss}	3.5 ns (最小) 1.8 μ s (最大)	从开始到结束
T_{rr}	15 ns (典型值)	上升沿到上升沿
T_{ff}	15 ns (典型值)	下降沿到下降沿
T_{va}	560ns 未校准 4.6 μ s 校准	最后一次采样到数据有效
T_{xx}	无时间限制	
T_{yy}	1.8 μ s (最大)	最大测量范围

输入电路每一个输入端均可以被单独设置成上升沿、下降沿或上下沿同时触发有效。可通过设置 register0 的 bit0-2(NEG_START, NEG_STOP1, NEG_STOP2)和 register 2 的 bit19&20, REFDGEx 来选择触发沿。此外所有的 START/STOP 输入端口均支持高电平激活。

9.2 测量范围 1 的主要设置:

下图是设置流程图



下面对设置项做以详细的介绍:

- ◆ 选择测量范围 1, register0 的 bit3, 也就是 MRange2=0。
- ◆ 选择参考时钟:
 - 1) register0 的 bit10&11, START_CLKHS 用来切换高速时钟。如果只采用 32kHz 时钟, 则设为“0”; 只采用高速时钟则置“1”; 如果为了节省电流两种振荡时钟都采用时, 对陶瓷振荡器则应设置为“2”, 对石英晶体振荡器则应设置为“3”。
 - 2) Register 0, bits 12&13, ClkHSDiv 是用来设置参考时钟内部分频器数值的 (1, 2 或 4)。这对测量范围 1 中的校准测量非常重要, 因为只有当 $2 * T_{ref}$ (内部时钟) 大于被测的最大时间间隔时, ALU 才会正常工作。否则 ALU 输出值为 0xFFFFFFFF。同时也要确保 $2 * T_{ref}$ (内部时钟) < 1.8us, 以避免在校准时时间溢出。
- ◆ 设置作需要的采样 (hit) 次数, 用户可以在 register 1, bits 8-10 (HITIN1) 和 bits 11-13 (HITIN2) 中设定 GC7820A 要测量的 hits 的个数。每个通道最多可能测量 4 次。GC7820A 会一直测量直到完成已设的 hits 次数或发生溢出为止。
- ◆ 校准选择, 由于测量的分辨率会随温度和电压的改变而改变, 所以 GC7820A 的 ALU 需要内部校正测量结果。可通过设 register 0 的 Bit5 (Calibrate) 为“1”来选择校准测量。推荐使用校准测量。为了进行校准, TDC 测量 1 个和 2 个参考时钟周期, 这两个数据作为 Cal1 和 Cal2 存储起来。有

两种方法可用来更新校准数据 Cal1 和 Cal2: 1) 通过 SPI 接口发送 Start_Cal_TDC 指令来单独校正; 2) 通过设定 register0 的 Bit4 (DisAutoCal) = “1” 来自动更新。在大多数应用中都会首选自动更新。

- ◆ 定义 ALU 数据处理, 尽管 TDC 单元的每个通道可以测量 4 次, 但是用户可以自由定义 ALU 计算哪两个信号之间的时差。可以在 register1 的 Bit16-19 (HIT1) 以及 20-23 (HIT2) 中进行设置。具体设置为:

0= Start	1 = 1. Stop Ch1	2 = 2. Stop Ch1	3 = 3. Stop Ch1
4 = 4. Stop Ch1	6 = Cal1 Ch1	7 = Cal2 Ch1	9 = 1. Stop Ch2
A = 2. Stop Ch2	B = 3. Stop Ch2	C = 4. Stop Ch2	

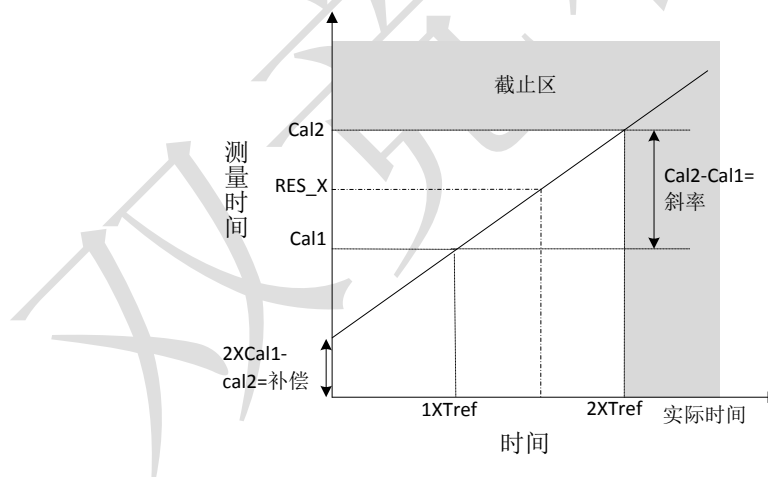
- 1) ALU 的计算公式为 hit1-hit2, 例如:

Reg1=0x01xxxx1st Stop Ch1-Start; Reg1=0x23xxxx3rd Stop Ch2-2nd Stop Ch1; Reg = 0x06xxxx Cal1,

如果采用校准操作, 则 ALU 就会进行完全的校准计算 (除了正在读校准数值之外。在这种情况下, ALU 将会把 Cal1/Cal2 原始数据写入输出寄存器中)。

$RES_X = (HIT1 - HIT2) / (Cal2 - Cal1); Cal2 - Cal1 = \text{gradient};$

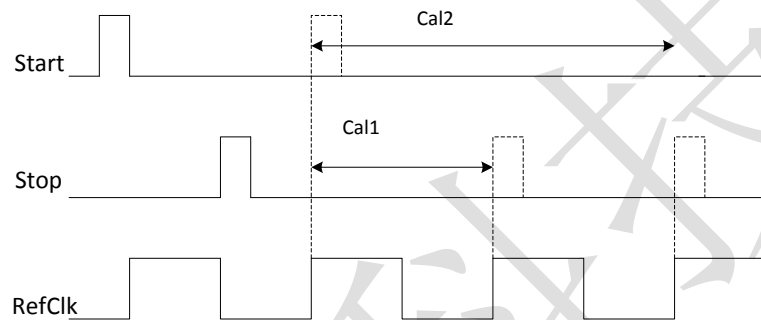
$\text{time} = RES_X * T_{ref} * 2^{ClkHSDiv} = RES_X * T_{ref} * N; N = 1, 2 \text{ or } 4$



- 2) 选择输入触发方式, 通过设置 register2 的 Bit19&20 (REFEDGE1&FEDGE2), 用户可以选择 STOP 输入是上升沿/下降沿单独触发 (RFEDGE= “0”) 还是上升沿和下降沿同时触发 (RFEDGE= “1”)。用户可通过设置 register 0 的 Bit0-2 (NEG_X) 在每一个输入端口 (Start, Stop1 和 Stop2) 增加一内部反相器。当 RFEDGE=“0”时, NEG_X=“0”, 则上升沿触发, NEG_X=“1”则下降沿触发。
- 3) 中断, 中断引脚 (Pin8, INT) 可以有不同的中断源, 在寄存器 2 的 Bits21-23 (EN_INT) 中进行选择。EN_INT=0(无中断源)/1(ALU 空闲)/2(已达到预先设定的采样数)/4(TDC 单元溢出); 如果需要两个或两个以上的中断源, 可通过“或”门连接不同的选项。在本章后面将会对此设置有更进一步的描述。进行了设置之后, 用户必须通过发送代码 “Init” 初始化 GP2 以便 TDC 能够接受 Start 和 Stop 信号。

9.3 测量

初始化之后 TDC 高速测量单元接收到 Start 脉冲后开始工作，达到设置的采样数（在测量范围 1 中两通道最多 4 次采样）或者遇到测量溢出（测量范围 1 中约为 1.8 μ s）后才停止工作。时间测量原始数据就存储在 TDC 内部。状态寄存器的 Bits3-8 可显示出采样的数目。如果进行校准，则测量完时差之后 TDC 开始测量一个和两个内部基准时钟周期（Tref/1,2or4）。校准原始数据（Cal1 和 Cal2）也被存储在 TDC 内部。



9.4 数据处理

在测量结尾，ALU 开始依照 HIT1 和 HIT2 的设置处理数据并把结果送入输出寄存器。如果不进行校准，ALU 传输 16 位原始数据到输出寄存器。如果进行校准，则 ALU 依据 3.1.1 章节讲的方法进行计算并传输 32 位的固定浮点数到输出寄存器。设置 HIT1=HIT2=5，可切断 ALU。

ALU 工作所花费的时间由是否进行校准和供电电压决定。

表 1: ALU 时序

	非校准情况下	校准情况下
3.3V	220ns	1.8 μ s
2.5V	310ns	2.5 μ s
2.0V	580ns	4.6 μ s

假定选择 ALU 空闲作为中断源（在 reg2,EN_INT 中设置），只要结果寄存器中有可读的数据，中断标志位就会置位。然后输出寄存器的载入指针增 1，并指向下一个要存储的单元。状态寄存器的位 0-2 可以显示出载入指针的实际位置。

9.5 读数据

现在用户发送代码 10110ADR 就能够读数据了。接着进行 16 次循环（未校准数据）或者 32 次循环（校准数据），GC7820A 从最高有效位开始输出结果。

◆ 未校准数据格式：

未校准数据是以 2 的补码形式出现的 16 位带符号整数。1BIN=未校准的门延迟时间 $\approx 65\text{ps}$ ， $\text{time} \approx \text{RES_X} * 65\text{ps}$ 。

◆ 校准数据格式：

校准数据是以 2 的补码形式出现的 32 位固定浮点数。是以基准时钟的倍数： $\text{time} = \text{RES_X} * \text{Tref} * N$ ， $N=1,2 \text{ or } 4$ ，被测时差不能超过 $2 * \text{Tref} * \text{ClkHSDiv}$ ，否则 ALU 将会溢出并会在输出寄存器中写入 0xFFFFFFFF。

ALU 每次只允许计算一次采样。如果不止一次采样，则必须在 HIT1/HIT2 中写入新的命令来指示 ALU 计算其他采样。在向 HIT1/HIT2 写入命令之后 $4.6\mu\text{s}$ （校准值）或者 580ns （非校准值）之内不能再次向 HIT1/HIT2 进行读写操作。

例如：

```
configuration
...
write reg1=0x104400      '4 hits on channel 1, calculate
Hit1-Start
...
Initialize
...
while(Check interrupt flag)
write reg1=0x204400      calculate Hit2-Start wait(4.6µs)
write reg1=0x304400      calculate Hit3-Start wait(4.6µs)
write reg1=0x404400      calculate Hit4-Start
wait(4.6µs)
```

现在所有采样所有采样数据都存储在寄存器 0 到 3 中,载入指针现在指向寄存器地址 4.

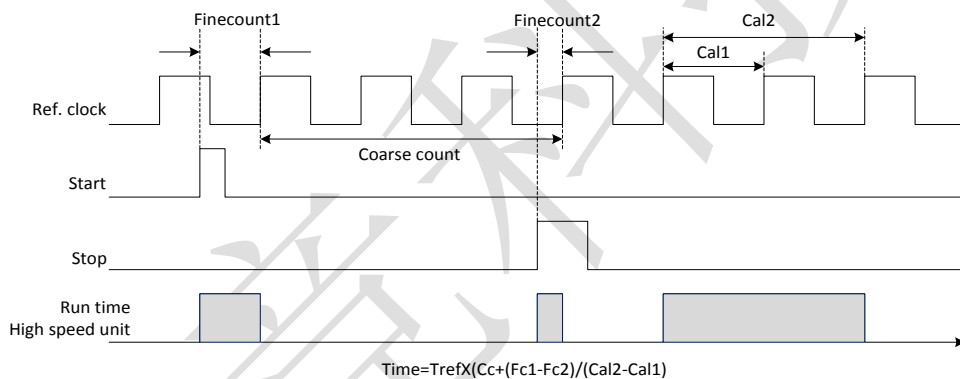
最后 GC7820A 在进行下次测量之前必须通过发送代码 “Init” 再次初始化以便于 TDC 可以接收新的 Start 和 Stop 信号。

10. 测量范围 2

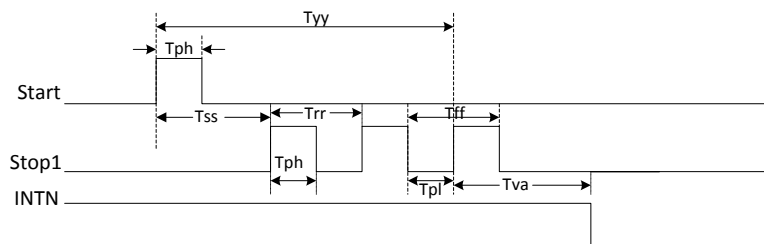
- ◆ 只有一个 Stop 通道对应 Start 通道
- ◆ 典型的分辨率为 50psRMS
- ◆ 间隔脉冲对的分辨率为 $2 \times T_{ref}$
- ◆ 可进行 3 次采样
- ◆ 测量范围: $2 \times T_{ref} \sim 4ms @ 4MHZ$
- ◆ 可选上升/下降沿触发

每个单独的 stop 信号都有一个精度为 10ns 的可调窗口，可提供准确的 stop 使能

数字 TDC 是以信号通过内部门电路的传播延迟来进行高精度时间间隔测量的(也可参看第三部分，测量范围 1)。在测量范围 2 中采用前置配器来扩展可测量的最大时间间隔，分辨率保持不变。在此模式下，TDC 的高速单元并不测量整个时间间隔，仅仅测量从 START 或 STOP 信号到相邻的基准时钟上升沿之间的间隔时间 (fine-counts)。在两次精密测量之间，TDC 记下基准时钟的周期数 (coarse-count)



3.6V 和 25 时，GC7820A 的最小分辨率是 65ps。RMS 噪音大约是 50ps(0.7LSB)。门电路的传播延迟时间主要取决于温度和电压。在测量范围 2 中测量结果是精确测量值和粗略测量值的总和。因此在测量范围 2 中必须进行校准。在校准期间，TDC 分别测量一个和两个基准时钟周期。测量范围受限于粗计数器的大小: $t_{yy} = T_{ref} \times 214 \approx 4ms @ 4MHz$ 。Start 和 Stop 之间的时差以 26 位的测量范围计算。



	时间 (条件)	描述
T_{ph}	2.5 ns (最小)	最小脉冲宽度

T_{pl}	2.5 ns (最小)	最小脉冲宽度
T_{ss}	$2 * T_{ref}$	开始到结束 @ Dis_PhaseNoise=1
	$12 * T_{ref}$	开始到结束 @ Dis_PhaseNoise=0
T_{rr}	$2 * T_{ref}$	上升沿到上升沿
T_{ff}	$2 * T_{ref}$	下降沿到下降沿
T_{va}	4.6 μ s (最大)	ALU 开启到数据有效
T_{yy}	4 ms (最大)	最大测量范围

输入电路每一个输入端均可被单独设置成上升沿或者下降沿触发有效。可通过设置 register0 的 bit0-2。

(NEG_START, NEG_STOP1)选择触发沿。此外所有的 START/STOP 输入端口均支持高电平激活。

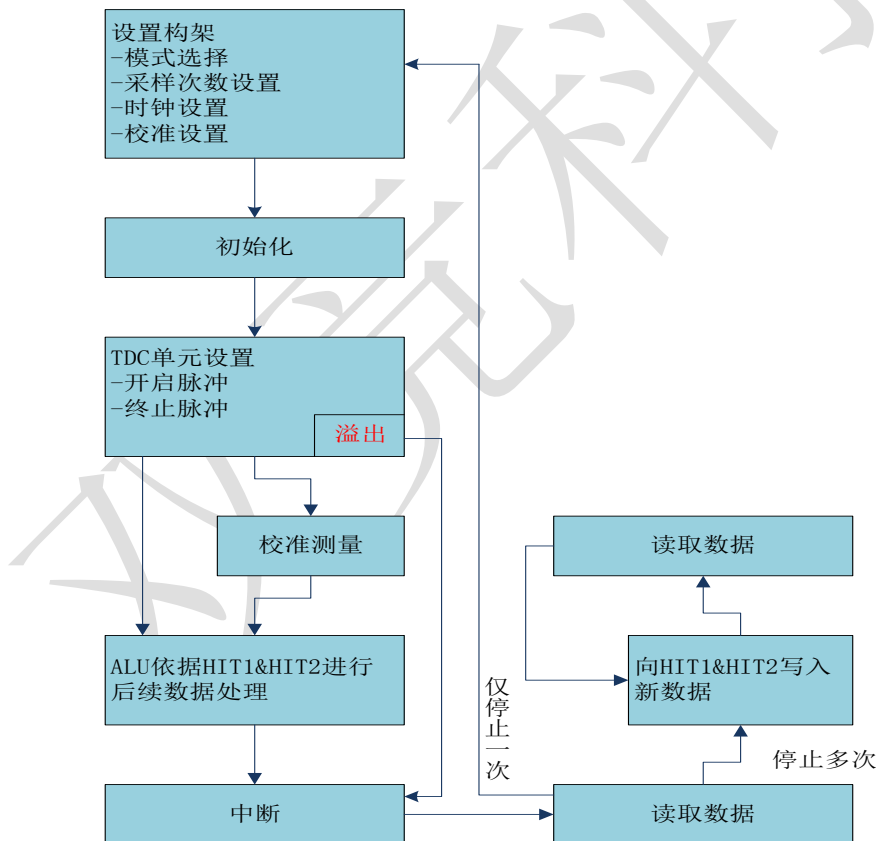
注：如果 Start—Stop 之间的时差小于最小时限 t_{zz} ，则 TDC 将忽略所有小于 t_{zz} 的时差脉冲。

10.1 测量流程图以及具体设置如下:

在开始测量之前，必须对 GC7820A 进行设置，

- ◆ 选择测量范围 2，设置 register0 的 bit3, MRange2=1;
 - ◆ 选择时钟参考，在测量范围 2 中 GC7820A 需要高速时钟来进行时间间隔测量。在低功耗应用中，此时钟在两次测量之间可以被切断。在振荡器的上电时序控制上，32.768kHz 的时钟是必须的。
- 1) 设置 register0 的 bit6, SelClkT=1 选择高速时钟。
 - 2) Register0 的 bit10&11, START_CLKHS 用来切换高速时钟。如果只采用高速时钟则置“1”；如果为了节省电流两种振荡时钟都采用时，对陶瓷振荡器则应设置为“2”，对石英振荡器则应设置为“3”。是用来设置基准时钟内部分频器数值的（1, 2 或 4）。此选择对最小时间间隔和最大时间间隔都有影响。 $T_{min.}=2*T_{ref}*2^{ClkHSDiv}$; $T_{max.}=2^{14}*T_{ref}*2^{ClkHSDiv}$; 必须保证 $2*T_{ref}*2^{ClkHSDiv}<1.8\mu s$, 否则 ALU 在校准时会溢出并输出数值 0xFFFFFFFF。

测量流程图



- ◆ 设置所需的采样次数(hit),用户可以在 register0,bit8—10 (HITIN1) 中设定 GC7820A 要测量的 hits 的个数。在测量范围 2 中通道 1 最多可测量 3 次。因为 Start 也被作为一次采样计数，所以 HITIN1 的数值总是比设定的采样数多 1。GC7820A 会一直测量直到达到预设的 hits 次数或者发生溢出。Register0,Bit11to13 (HITIN2) 必须置 0。

例如:

2 stop pulses are expected: HITIN1 = 3, HITIN2 = 0

- ◆ 校准选择，可通过设 register0 的 Bit5(Calibrate)为“1”来选择校准测量。在测量范围 2 中必须进行校准。TDC 分别测量 1 个和 2 个基准时钟周期用来校准，这两个数据作为 Cal1 和 Cal2 存储起来。有两种方法可用来更新校准值 Cal1 和 Cal2:
- ◆ 通过 SPI 接口发送 Start_Cal_TDC 指令来单独校正;
- ◆ 通过设定 register0 的 Bit4 DisAutoCal=“1”选择自动更新。在大多数应用中都会首选自动更新。
- ◆ 定义 ALU 的数据处理，尽管 TDC 单元可以测量 3 次采样，而 ALU 每次只能计算一次采样。可以在 register1 的 Bit16-19 (HIT1) 以及 20-23 (HIT2) 中设置 ALU 测量哪两个脉冲之间的时间间隔。由于测量范围 2 的特殊的测量方法，Start 脉冲在 TDC 内部作为 Stop 脉冲处理。

Reg1=0x21xxxx1st Stop Ch1-Start;

Reg1=0x31xxxx2nd Stop Ch1-Start;

Reg1=0x41xxxx3rd Stop Ch1-Start。

ALU 按照以下公式计算时间间隔:

$RES_X = CoarseCount + (HIT1 - HIT2) / (Cal2 - Cal1); Time = RES_X * T_{ref} * 2^{ClkHSDiv};$

- ◆ 选择触发方式，通过设置 register2 的 Bit19&20 (REFEDGE1&FEDGE2), 用户可以选择 STOP 输入是上升沿或下降沿单独触发(RFEDGE=“0”)还是上升沿和下降沿同时触发(RFEDGE=“1”)。用户可通过设置 register0 的 Bit0-2 (NEG_X) 在每一个输入端口 (Start, Stop1 和 Stop2) 增加一内部反相器。当 RFEDGE="0"时, NEG_X="0"则上升沿触发, NEG_X="1"则下降沿触发。
- ◆ 中断，中断引脚 (PIN8, INT) 可以有不同的中断源，在寄存器 2 的 Bit21-23 (EN_INT) 中进行选择。EN_INT=0(无中断源)/1(ALU 空闲)/2(已达到预先设定的采样数)/3(TDC 单元溢出), 可通过“或”门连接不同的选项。在本章后面将对此设置有更进一步的描述。进行了设置之后，用户必须通过发送代码“Init”初始化 GC7820A 以便 TDC 能够接受 Start 和 Stop 信号。

10.2 测量

初始化之后 TDC 单元接收到 Start 通道上的第一个脉冲后开始工作，直到达到预先设置的采样数（在测量范围 2 中通道 1 上最多能进行 3 次采样）或者遇到测量溢出后停止工作。可通过设置 Reg3 的 Bit19&20（SEL_TIMO_MR2）来选择不同的基准时钟因子从而限定溢出时间。在 4MHZ，时对应数值如下：

SEL_TIMO_MR2(@4MHz,ClkHSDiv=0)	数据
0	$2^8 * T_{ref} * 2^{ClkHSDiv} = 64 \mu s$
1	$2^{10} * T_{ref} * 2^{ClkHSDiv} = 256 \mu s$
2	$2^{12} * T_{ref} * 2^{ClkHSDiv} = 1024 \mu s$
3	$2^{14} * T_{ref} * 2^{ClkHSDiv} = 4.96 \mu s$

在时间测量结尾，TDC 通过测量两个基准时钟周期来进行较准。

10.3 数据处理

在测量结尾，ALU 开始依照 HIT1 和 HIT2 的设置处理数据并把结果送入输出寄存器。ALU 依据 4.1.2 第 5 部分中讲的方法进行计算并传输 32 位的固定浮点数到输出寄存器。设置 HIT=HIT2=5，切断 ALU。ALU 进行计算所花费的时间由供电电压决定：

表二：ALU 时序

3.3V	1.8 μs
2.5V	2.5 μs
2.0V	4.6 μs

假定选择 ALU 空闲作为中断源（在 reg2,N_INT 中设置），只要输出寄存器中有可读的数据，中断标志位就会置位。然后输出寄存器的载入指针增 1，并指向下一个要存储的单元。状态寄存器的 Bit0-2 可以显示出载入指针的实际位置。

10.4 读取数据

现在用户发送代码 10110ADR 就能够读数据了。接着进行 32 次循环（校准数据），GC7820A 从最高有效位开始输出结果。以 2 的补码形式显示的 32 位的固定浮点数代表着以基准时钟周期为最小单位的时间间隔。

$$\text{Time} = \text{RES_X} * \text{T}_{\text{ref}} * 2^{\text{ClkHSDiv}}$$

ALU 每次只允许进行一次采样计算。如果不止一次采样需要测量，则必须在 HIT1/HIT2 中写入新的命令来指示 ALU 计算其他采样。在向 HIT1/HIT2 写入命令之后 4.6 μ s（校准值）或者 580ns（非校准值）之内不能再次向 HIT1/HIT2 进行读写操作。

```
例如
configuration
...
write reg1=0x214400      '3 hits on channel 1, calculate Hit1-Start
...
Initialize
...
while(Check interrupt flag)
write reg1=0x314400      calculate Hit2-Start wait(4.6 $\mu$ s)
write reg1=0x414400      calculate Hit3-Start wait(4.6 $\mu$ s)
所有采样数据都存储在寄存器 0 到 2 中,载入指针现在指向寄存器地址 3.
```

最后 GC7820A 在进行下次测量之前必须通过发送代码“Init”再次初始化以便于 TDC 可以接收新的 Start 和 Stop 信号。

10.5 stop 屏蔽

如果不接受任何采样，GC7820A 可以设置时基屏蔽窗口，用来屏蔽通道 STOP1 上 3 次 hit 中的任一次 hit。屏蔽窗口以 START 信号为起点，精度小于 10ns。内部使能单元通过逻辑“与”门与外部使能引脚相连。采用内部屏蔽单元时外部使能引脚必须置 1。可在 REG2-4 的 DELVAL1, DELVAL2 和 DELVAL3 中进行设置：

- ◆ DELVAL1—DELVAL3 是有 14 位整数部分和 5 位小数部分组成的固定浮点数，要乘以内部基准时钟周期。

$$\text{Delay}_{\text{min}} = \text{DELVALX} * T_{\text{ref}} * \text{ClkHSDiv}$$

- ◆ 最短的屏蔽时间是 3 个时钟周期。
- ◆ 屏蔽值必须是升序的，每个屏蔽值必须比前一个值大 3 个时钟周期。

如果不是所有的寄存器都被用，则不需要的屏蔽值必须强制设为 0。

例如：

4MHz reference, ClkHSDiv = 1

DELVAL1= 0*3200 1st Stop not accepted before

($\equiv 400 * T_{\text{ref}}$) 200 μs after Start

DELVAL2= 0*3300 2nd Stop not accepted before

($\equiv 408 * T_{\text{ref}}$) 204 μs after Start

DELVAL3= 0*3400 3rd Stop not accepted before

($\equiv 416 * T_{\text{ref}}$) 208 μs after Start

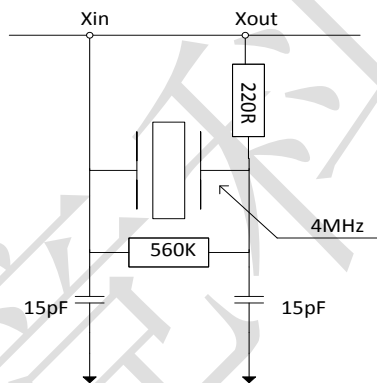
11. 详细描述和特殊功能

11.1 振荡器

GC7820A 依据不同的操作模式采用两种时钟信号：高速时钟——校准时采用并在测量范围 2 中作为 TDC 测量单元的前置配器 32KHz 时钟——用作内部定时器。

11.2 高速振荡器

通常 GC7820A 会需要一个 2-8MHz 的高速时钟用来进行校准。在测量范围 2 中 GC7820A 还需要高速时钟信号作为时间测量单元的一部分。



振荡器不停工作时平均电流为 260 μ A。

在进行时间测量时才会用振荡器，GC7820A 能够自动控制振荡器的开启时间。在测量时，TDC 接收到 INIT 代码会自动开启高速时钟。需要考虑到因振荡器的处理时间而引起的延迟。在 register0 的 Bit10 &11, (START_CLKHS) 进行设置：

设置	动作描述
START_CLKHS=0	振荡器关
START_CLKHS=1	振荡器开
START_CLKHS=2	延迟 640 μ s 后开始测量
START_CLKHS=3	延迟 1280 μ s 后开始测量

延迟时间可以在 640 μ s 和 1280 μ s 之间进行选择，这样就可以保证振荡器在测量开始之前就准备好。

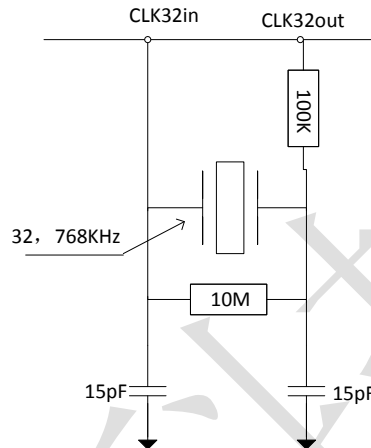
对于陶瓷振荡器选择 640 μ s 就足够了。

注：对于石英晶振，在使用 START_CLKHS 一定要注意后面所讲的错误报告。

这种测量方法，可以显著降低平均电流消耗。例如：在测量飞行时间（往/返）时，每秒中大约只有 2ms 时间高速时钟处于工作状态，那么平均电流消耗是 $260\mu\text{As} * 2\text{ms} = 0.52\mu\text{A}$ 。

11.3 32.768KHz 振荡器

GC7820A 需要一个 32.768KHz 的基准时钟来控制高速时钟和进行时钟校准用。它也可用作一完整驱动器。



如果高速时钟一直处于工作状态 (START_CLKSHS=1) 并且不需要对高速时钟进行校准 (如果用陶瓷振荡, 则需对高速时钟校准) 的话, 则没有必要使用 32.768KHz 时钟了。

如果 32.768 kHz 振荡器始终处于工作状态, 在 3.6V 时的电流消耗大约为 4.5 μ A。GC7820A 还可以通过引脚 CLK32 提供一外部低频矩形时钟。这个信号可由外部微处理器产生。这个外部低频矩形时钟可以把电流消耗降低到小于 0.3 μ A。因此最好是用微处理器的时钟, 如果没有再用振荡电路。此振荡器的起振时间大约为 2s。外部振荡电路只有在需要 32.768KHz 时钟时才被采用, 否则 CLK32In 必须接地。

11.4 校准高速陶瓷振荡器

由于 2-8MHz 的陶瓷振荡器成本低、启动快，所以这种振荡器有其市场价值，但同时它的误差较大，约 0.3—0.5%，并且具有明显的温漂。所以 GC7820A 会进行校准测量以补偿陶瓷振荡器的不足。

校准测量以精确的 32.768 kHz 时钟为基准。GC7820A 从 32.768kHz 的时钟引出 Star/Stop 脉冲，并启动 TDC 单元测量这个时差。结果存储在结果寄存器中，并对中断标志位置位。微处理器可以计算出陶瓷振荡器的频率误差。在 register0,CALRES#中对校准进行设置，接收到微处理器发出的 "START_Cal_Resonator" 命令开始进行校准。被测时间间隔被 CALRES#设定，CALRES#设定了 32.768kHz 时钟的周期数：

设置 (CALRES# = ?)	描述
0	2 periods=61.035 μs
1	4 periods=122.07 μs
2	8 periods=244.14 μs
3	16 periods=488.281 μs

测量结果要乘以高速时钟和高速时钟因子 DIV_CLKHS (DIV_CLKHS=1、2、4)。测量结果以有 16 位整数部分和 16 位小数部分组成的 32 位固定浮点数存在：

$$\text{Time} = \text{RES_X} * \text{THSCLK} * 2\text{DIV_CLKHS}$$

微处理器能够把这个测量值与理论值进行比较然后计算出修正因数 RES_X/RES_{theor}

例如：系统采用 4MHz 的共鸣器,CLKHSDIV=0, CALRES#=1, 理论结果应该是 122.0703125 μs/250ns =488.28125(RES_0= 0x01E84800)。如果采用的陶瓷振荡器不是准确的 4MHz 而是 3.98MHz, 校准测量将显示 485,83984375(RES_0 =1E5D700)。微控制器的修正因数是 1.005。

注：在时钟校准过程中 START 输入必须要开启。

11.5 如何使用时钟校准

◆ 应用：

这个选项尤其适用于超声波流量/热量计。在此领域中采用陶瓷振荡器主要有两大优势：低成本和低电流消耗。陶瓷振荡器的震动开启时间很短，因此电流就可以减少几微安。以 10 年的工作时间来算，这可以节省好几节 100mAh 容量的电池。只要操作正确，采用此选项对芯片的精度并没有影响。

◆ 32KHZ 时钟的抖动和由此带来的影响：

32KHZ 时钟的频率非常精确，误差只是百万分之几。然而峰-峰值之间的相位抖动大约有 3-5ns。因此校准测量结果乘以校准结果时，测量结果就也会产生抖动。测量结果的抖动幅度是校准时的抖动幅度乘以校准测量时间（看 CALRES#）与被测时间的比值。如果不间断地进行校准，则校准值就会使测量结果产生相当大的抖动。

◆ 校准在超声波流量计中的应用：

在超声波流量计中，测量结果由超声波在流体中顺流传播和逆流传播这两次单程的传播时间测量组成。根据超声波逆流传播和顺流传播的时差，可以计算出流体的流量。为了避免校准时钟抖动对测量结果的影响，在测量顺流传播时间和逆流传播时间时必须使用同一个校准值。只有这样，超声波顺流传播和逆流传播的时差才会不受校准时钟抖动的影响。时钟校准必需在顺流和逆流之间进行而且在他们没有相减之前。

11.6 脉冲发生器

◆ 概述

触发脉冲发生器可产生频率、相位和脉冲个数都可调的脉冲序列。高速振荡器频率用作基本频率。这个频率在内部被倍频,它还可以自由地除以因子 2-15 进行分频,可以产生 1-15 个脉冲序列,每个脉冲序列都可通过设置寄存器来调节其相位。通过发送代码 Start_Cycle 来激活触发脉冲发生器。触发脉冲发生器提供两个输出结果, Fire1 和 Fire2。每个输出在 5V 时的驱动能力是 48mA,这两个输出的驱动能力可以同时增加到 96mA。此外,每个输出信号可以被反向使信号的振幅加倍。输出管脚能被单独地设置为高阻态。

触发脉冲发生器采用类似声环的方法可以多次产生和传送脉冲序列。采用此特性,接收到的脉冲序列被送到 GC7820A 的 Fire_In 输入端口,然后被数字化放大后直接送入输出缓冲区进行时钟同步输出。

◆ 设置

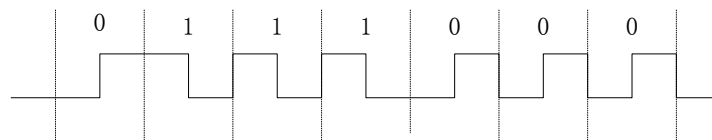
脉冲个数设置:

设置 (fire#=?)	脉冲个数
0	关闭脉冲发生器
1	1 个脉冲
2	2 个脉冲
...	
15	15 个脉冲

◆ 相位:

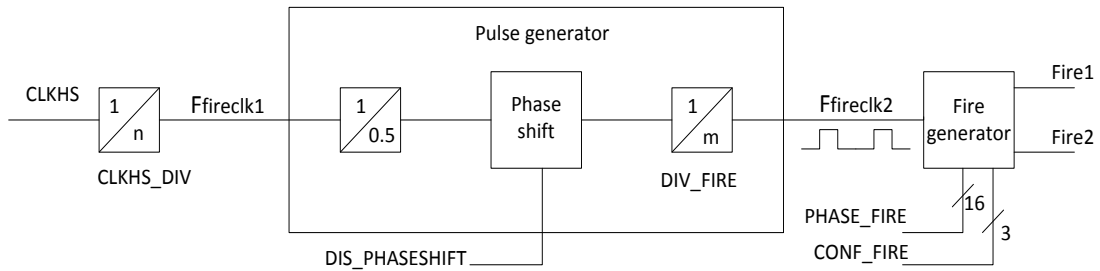
每个脉冲的相位在寄存器 5 的 Bit0——15 (PHFIRE) 中进行设置。“0”从低到高,“1”表示从高到底。脉冲序列从最低有效位开始以最高有效位结束。

例如: FIRE#=7, PHASE_FIRE=0xE



◆ 触发脉冲频率:

脉冲发生器的输入信号 fireclk1 是从高速时钟和所选择的高速时钟的除法因数共同得出的。



基准时钟的频率可以在内部加倍并且可以除以因数 DIV_FIRE。

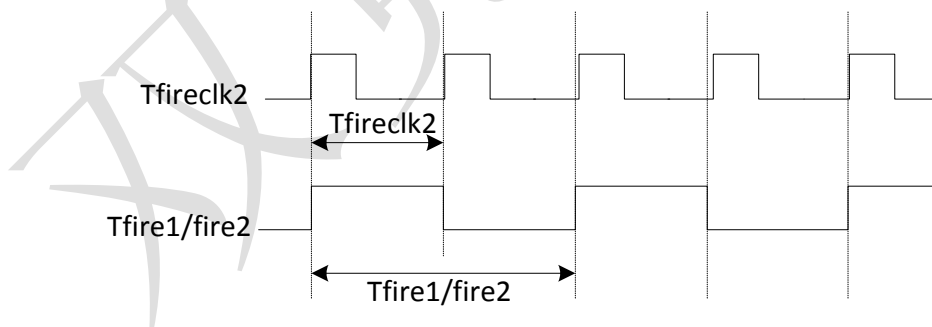
DIV_FIRE 数值设置	描述
0	不允许
1	分成两部分
2	分成三部分
...	
15	分成 16 部分

设置寄存器 5 的 Bit19 (DIS_PHASESHIFT) 可激活相位移动功能。

DIS_PHASESHIFT=0 相位移动开

DIS_PHASESHIFT=1 相位移动关

$$F_{\text{fireclk2}} = f_{\text{fireclk1}} * 2 / (\text{DIV_FIRE} + 1)$$



如上图所示要两个 T_{fireclk2} 时钟周期发送一个脉冲. 其中一个作为 Fire1/Fire2 输出的高相位另一个作为低相位。

例如, CLKHS=4MHz, CLKHS_DIV=1, DIV_FIRE=1, 则:

$$F_{\text{fireclk2}} = f_{\text{fireclk1}} * 2 / (\text{DIV_FIRE} + 1) = 2\text{MHz}$$

Max. Frequency of the Fire1/Fire2 output signal: $f_{\text{fire1/fire2}} = 1/2 * f_{\text{fireclk2}} = 1\text{MHz}$

◆ 输出驱动:

可以在寄存器 5 的 bit21~23 (CONF_FIRE) 设置输出驱动,

Bit23=1 → 在 fire2 端口反相输出;

Bit22=1 → fire2 管脚无效;

Bit21=2 → fire1 管脚无效;

◆ 脉冲群循环 (声环法):

在寄存器 5 的 bit16~18 (REPEAT_FIRE) 可以设置脉冲序列的循环次数,

REPEAT_FIRE=0 → 不循环

REPEAT_FIRE=1 → 循环 1 次

...

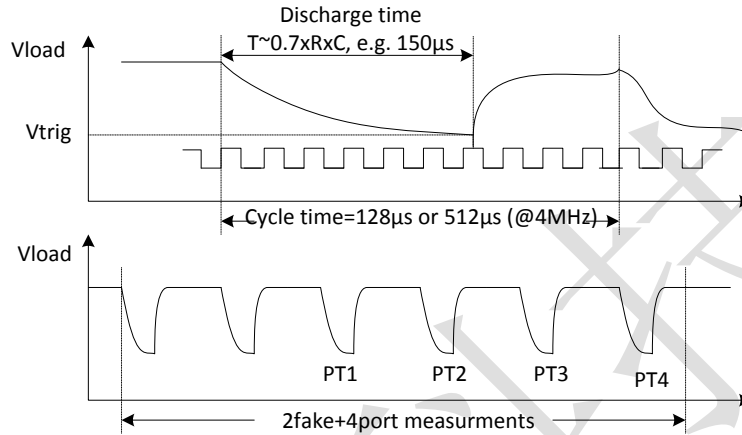
REPEAT_FIRE=7 → 循环 7 次

GC7820A 只重复在 FIRE# 中设置的脉冲个数。如果在 5s 内没有接收到脉冲, 则 GC7820A 探测脉冲序列中最后一个脉冲。

注: 一定要注意 7 次循环的总时间不要超过 GC7820A 的测量范围!

11.7 温度测量

针对于热量计用于领域，GC7820A 设计了一基于 PICO STRAIN 的高精度低功耗温度测量单元。测量原理是基于测量对放电时间。因此电容分别的对传感器以及参考电阻进行放电。



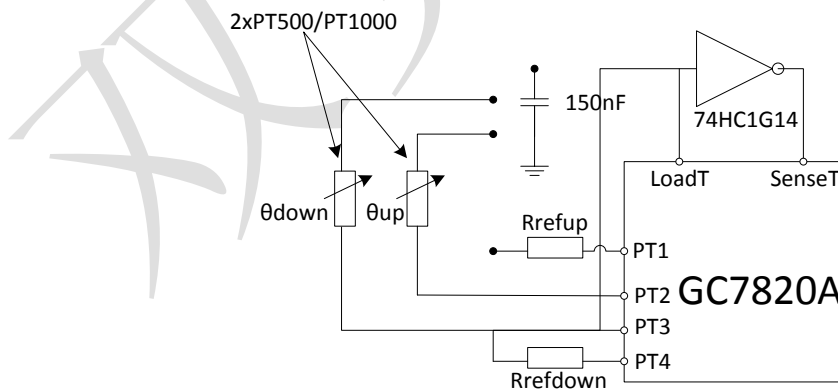
此单元有四个寄存器测量端口，其功能如下：

PT1 → 低温基准电阻器

PT2 → 低温感应电阻器

PT3 → 低温感应电阻器

PT4 → 高温基准电阻器



温度传感器的最小阻值为 $500\ \Omega$ 。GC7820A 测量出由每个电阻和电容组成的 RC 网络的放电时间。温度测量的精度大约是 0.004°C ，是所要求精度的 5 倍。

温度测量是全自动的。通过微控制器发送代码 “Start_Temp” 来启动温度测量。GC7820A 自动控制 4 次测量。4 次测量完成后中断标志置位。四次测量数据被存储在寄存器 0—3 中。

从 Res_2/RES_1 和 RES_3/RES_4 中微控制器可以计算出 Rtemp/Rref 的比值。通过查表，可以计算出在用的传感器的温度。

用 GC7820A 是不能采用 4 线的温度传感器的。

◆ 具体设置:

(一个完整的温度测量需要持续 $2 * (\# \text{ of ports}) + (\# \text{ of fakes})$ 个循环。)

寄存器 0 的 bit	Bit 设置的具体值	动作描述
Bit8	0	在 4MHz 下, 周期为 150 μ s
Tcycle	1	在 4MHz 下, 周期为 300 μ s
Bit9	0	2 个端口(相当于 1 个传感器)
Port#	1	4 个端口(相当于 2 个传感器)
Bit7	0	2 次虚拟测量
Fake#	1	8 次虚拟测量

◆ 推荐电容:

放电时间大概是 150 μ s.因此电容应该选取下列值:

PT500: 220 nF

PT1000: 100 nF

为避免溢出, 要求设置 Tcycle=1。

◆ 推荐电容的类型:

低的 Dc/dU 值可实现精确地测量效果因此推荐电容的材料类型为 CfCap Series from Tayo Yuden, 切忌使用 X7 或相似的电容材料.

◆ 电流消耗:

采用 TDC 进行温度测量与采用 A/D 转换器进行温度测量相比, 其电流消耗极低.

进行一次完整的温度测量 (2 个传感器, 2 个基准), 包括所有的计算在内, 其功耗小于 2.5As. 进行一次 30s 的温度测量 (热量计的典型测量时间), 平均电流消耗只有 0.08 A, 比其他测量方法的功耗的 1/50 还要小. PT500 传感器将使电流加倍.

注: 在时钟校准过程中, START 输入必须要开启

◆ 误差侦测额外的温度测量单元还检查结果的可用性:

它可以检测传感器是短路还是断路.然后 GC7820A 在相应的寄存器当中提供一个错误代码来代替一个测量结果.

1.短路: 相当于时间间隔太短 ($< 8 * Tref = 2 \mu s @ 4 \text{ MHz}$), GC7820A 在输出寄存器中写入 0x0;

2.传感器坏了: 相当于没有停止信号或时间溢出, GC7820A 在输出寄存器中写入 0xffffffff;

表 3: 模式规格(条件: $V_{io} = V_{cc} = 3.3\text{ V}$, 电容器材料为 PT1000, 电容为 150nF)

参数	典型值	单位
精度 RMS	16.0	Bit
信噪比 SNR	96	dB
绝对增益误差	0.1	%
Gain-Drift vs. V_{io}	0.08	%/V
Gain-Drift vs. Temp	0.0008	%/C
未标定时漂移	<0.01	%
Offset Drift vs. Temp	<0.2	ppm/C
PSRR	>100	dB

11.8 SPI 接口

串行接口与 4 线 SPI 标准接口兼容，需要 SerialSelectNot(SSN)，不能作为 3 线接口使用。

SSN:从机选择

SCK: 串行接口时钟

SI: 串行接口输入

SO: 串行接口输出

GC7820A 只支持以下两种串联接口模式：

- 1) clock phase bit=1
- 2) clock polarity bit=0

在第三章节的写时序和读时序中显示了时间限制。SSN 需要强制置高电平。在每次读/写序列之间 SSN 保持高电平至少要 50ns。

◆ SSN 用来作复位用时的设置：

SSN 为高电平有效串口复位电路，设为低电平时，可以为不同的操作分配地址，并不依赖复位前串口的状态。

OP Codes

8 为操作码								
MSB						描述		
LSB								
1	0	0	0	0	ADR 2	ADR 1	ADR 0	向 ADR 写入数据
1	0	1	1	0	ADR 2	ADR 1	ADR 0	向 ADR 读取数据
0	1	1	1	0	0	0	0	初始化
0	1	0	1	0	0	0	0	电源复位
0	0	0	0	0	0	0	1	周期开启
0	0	0	0	0	0	1	0	温度测量开启

0	0	0	0	0	0	1	1	振荡器校准开启
0	0	0	0	0	1	0	0	TDC 校准开启

从最高位（MSB）开始传输以最低位（LSB）结束。传输完最后一位，GC7820A 把数据传输到指定的寄存器或者执行命令。不能连续进行写操作。每个寄存器必须单独寻址。从芯片中读数据时也要先发送操作码。在发送操作码之后的第一个时钟上升沿，GC7820A 发送指定地址寄存器的最高位到 SO 输出。每一个上升沿传输接着的次低位到输出端口。

11.9 快速初始化

在测量范围 1 中，GC7820A 提供了快速初始化的可能。设置 register3 的 Bit22 (EN_FAST_INIT) = "1", 中断标志会自动初始化 TDC。因此在读出数据时 TDC 就已经准备好进行下次测量了。这种模式只适用于高速应用中,尤其适合只有一个 stop 信号的非校准测量。

11.10 噪声单元

如果用户想通过取平均值来提高测量结果，则不必同步显示出时差的数值。相反，用户应该提供一些“噪声”以便 TDC 特性曲线的不同量化步骤能够相连。对于常量时差不能进行此操作，否则将会重复地采样同一个最小有效值。

噪声单元使得常量时差也可使用加权平均值。噪声单元在 Start 上加一随机偏移量。这种情况适用于 TDC 接收到一伪 Start 信号然后测量 STOP1 和 STOP2 之间的时差的应用中（ e.g.激光测距仪 ）。

通过设置 register 5 的 Bit20 (EN_STARTNOISE) = "1"可以开启噪声单元。

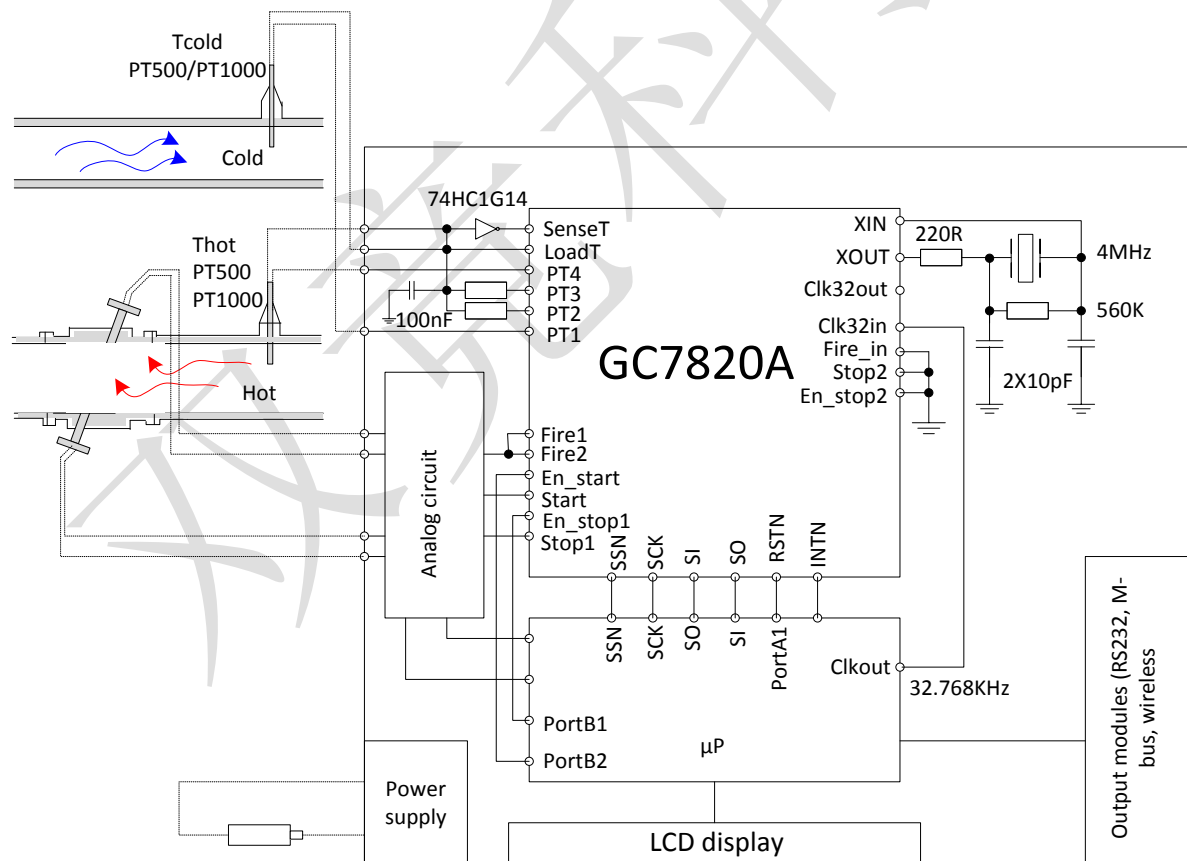
12. 应用

12.1 超声波热量计

◆ 概述

GC7820A 很适合低成本的超声波热量计设计。由于其良好的功能性（包括精确的温度测量，触发脉冲产生器，窗口和时钟 校准器），加上一个简单的微处理器（不需要 A/D 转换）和一个传感驱动与接收器，就可以构成一完整的超声波热量计。

极低的损耗电流保证了在这些应用中电池具有较长的有效使用时间 GC7820A 可自动完成测量。微处理器只须发送一个开始 命令，GC7820A 就会自动触发传感器并测量飞行时间。GC7820A 计算出结果并传送给微处理器。



◆ 设置

以下为典型的设置方案，供参考：

寄存器 0	寄存器 1	寄存器 2
-------	-------	-------

	0x338A78				0x214400				0xE03200			
	端口	数值	X	H	端口	数值	X	H	端口	数值	X	H
23	FIRE#	3	0	3	Hit2	停止	0	2	EN_INT	ALU 采样最后 时间溢出	1	E
22			0				1					
21			1				2					
20			1				0		RFEDGE 2	上升或下降沿	0	
19	DIV_FIRE	3	0	3	Hit1	开始	0	1	RFEDGE 1	上升或下降沿	0	0
18			0				0		0			
17			1				0		0			
16			1				1		0			
15	CalRes#	8	1	8	EN_FAST_IN IT	关	0	4	DELVAL	400	0	3
14			0		1	4	0					
13	ClkHSDiv	0	0	A	HITIN2	0	0	4	1	0	1	2
12			0								0	
11	START_CLK		1	A	HITIN1	4	0	4	1	0	0	0
10	HS	2	0								1	
9	PORT#	4	1								0	
8	Tcycle	150 μs	0								0	
7	Fake#	2	0	6	n.c.		0	0	1	0	0	0
6	SelClk	ClkH S	1		n.c.		0					
5	Calibrate	开	1		n.c.		0					
4	DisAutoCal	关	0		n.c.		0					
3	MRange2	开	1	8	n.c.		0	0	1	0	0	0
2	NEG_STOP2	上升	0		n.c.		0					

1	NEG_STOP1	上升	0	n.c.	0	0			0
0	NEG_STAR T	上升	0	n.c.	0	0			0

寄存器 3					寄存器 4				寄存器 5			
0x083300					0x203400				0x000000			
端口	数值	X	H	端口	数值	X	H	端口	数值	X	H	
23	s.c.		0	s.c.		0	2	CONF_FIRE		0	0	
22	s.c.		0	s.c.		0				0		
21	EN_ERR_VA L	关断	0	s.c.		1				0		
20	SEL_TIMO_ MB2	1024 μs	0	s.c.		0		EN_STARTNOI SE	关	0		
19			1	s.c.		0	0	DIS_phasenoi	关	0	0	
18			0	DELVAL	416	0		REPEAT_FIRE	0	0		
17			0			0				0		
16			0			0				0		
15			0			0	3	PHASE_FIRE	0	0	0	
14			0			0			0	0		
13			13			1			0	0		
12			1			1			0	0		
11			0			0	4		0	0	0	
10			0			1			0	0		
9			1			0			0	0		
8			1			0			0	0		
7			0			0	0		0	0	0	
6	DELVAL2	408	0			0			0	0		

5			0			0			0	0
4			0			0			0	0
3			0			0	0		0	0
2			0	0		0			0	0
1			0			0			0	0
0			0			0			0	0

注意事项:

- 1) 所有输入都被设置为上升沿触发;
- 2) 使用测量范围 2 并采用自动校准功能;
- 3) 温度测量使用周期为 150 μ s 的高速时钟, 4 个端口, 两次伪测量 (两个传感器, 一个用于冷水一个用于热水);
- 4) 高速时钟只在进行具有 640 μ s 延迟的时间测量时才开启;
- 5) 不需要置配器就可以使用 4MHz 的高速时钟;
- 6) 4 MHz 的时钟校准是以 8 个 32.768kHz 时钟周期(244.14 μ s)为基准的;
- 7) 对于触发脉冲发生器, 4MHZ 的是中可以在内部增倍, 并且除以 8 得到 1MHZ, 发生器发送 3 个脉冲;
- 8) 100 μ s 后接受第一个 stop 信号, 102 μ s 后接受第二个, 104 μ s 后接受第三个;
- 9) TDC 设置为在 STOP1 通道上测量三次采样;
- 10) ALU 设置为计算 Hit1-Start;
- 11) 所有中断选项都处于激活状态, 1024 μ s 后产生溢出;
- 12) 相位移激活;

12.2 流量测量

一些测量之前的设置:

设置部分	具体设置
上电复位	发送 SO=0x50
端口设置	发送 SO = 0x80338A68 发送 SO = 0x81214000 发送 SO = 0x82E03200 发送 SO = 0x83083300 发送 SO = 0x84203400 发送 SO = 0x85080000

校准设置	发送 SO = 0x03 开启校准所用的共鸣器 检查环节 INTN = 0? 发送 SO = 0xB0, Read SI = RES_0 Correction factor = 488.28125/RES_0
------	---

测量环节:

每 30 秒进行一次温度测量, 发送 SO=0x02 开启温度测量。检查环节 INTN=0?

发送 SO=0xB4, Read SI=STAT

STAT&0x1E00 > 0: -> Error routine

发送 SO = 0xB0, Read SI = RES_0

发送 SO = 0xB1, Read SI = RES_1

发送 SO = 0xB2, Read SI = RES_2

发送 SO = 0xB3, Read SI = RES_3

$R_{hot}/R_{ref} = RES_0/RES_1$

$R_{cold}/R_{ref} = RES_3/RES_2$

跳转至查询表读出所对应的温度。

每半秒进行一次飞行时间测量, 发送 SO=0x70 初始化 TDC, 发送 SO=0x01 开始周期开启脉冲发生器。

检查环节 INTN = 0?

发送 SO=0xB4, Read SI=STAT

STAT&0x0600 > 0: -> 常规报错

发送 SO=0x81314000 开始计算第二次采样

等待 4.6μs (ALU time)

发送 SO=0x81414000 开始计算第三次采样

等待 4.6μs (ALU time)

发送 SO=0xB0, Read SI=RES_0

发送 SO=0xB1, Read SI=RES_1

发送 SO=0xB2, Read SI=RES_2

此刻, 微处理器开始处理数据, 并且计算流量和热量。

12.3 电流消耗

时间测量的电流消耗:

- 1) 32.768kHz:由微处理器提供, $<0.5 \mu\text{A}$
- 2) 4 MHz:低电状态为 $0 \mu\text{A}$, 激活状态为 $270 \mu\text{A}$
- 3) TDC:非激活状态为 $<150 \text{nA}$, 高速单元激活期间为 15mA
- 4) 每秒钟进行两次测量(顺/逆流), 总的电流消耗 $<2 \mu\text{A}$

温度测量的电流消耗:

进行一次四个端口的完整的测量的电流消耗 $<2.5 \mu\text{As}$, 通常是 30 秒测量一次温度, 这样的话平均电流大约为 $0.085 \mu\text{A}$ 。这比不用 TDC 的方案电流消耗的 1/50 还要小。

静电流的电流消耗:

目前的芯片制造工艺为 $0.35 \mu\text{m}$, 其静电流小于 150nA 。

整个系统的电流消耗情况:

测量单元(包括 TDC、模拟电路部分、传感器)的整个电流消耗主要由模拟电路部分决定, 在 $3-5 \mu\text{A}$ 的范围之内。如果采用低功耗的微处理器(如 SiLabs 公司的 C8051F9xx 系列), 则整台设备的平均电流消耗可以降至 $10-15 \mu\text{A}$ 。一节 AA 型号的锂亚硫酰氯电池, 可以使整个系统工作十年。采用低成本的 3V CR2450 电池组, 也可以使用六年。

13. Bug report

13.1 石英晶振起始时间

Bug:

当晶振采用石英共鸣器时，即使采用最优化电路，晶振的开启时间也大约是 3ms。使用高速时钟时，GC7820A 的自动开启时间控制是以 640 μ s 或者 1280 μ s 的延迟为基础的。如果使用石英共鸣器，则此延迟时间过短，会引起错误。

纠正:有几种选择可以解决此种问题:

◆ 振荡器一直开启

关闭高速振荡器只是为了节省电流。此振荡器持续运行的话大约需要 270 μ A 电流。在没有特别说明要节省电流消耗的应用中，我们推荐使用高速振荡器持续运行的方式(START_CLKHS=1)。

◆ 陶瓷共鸣器

使用陶瓷共鸣器，振荡器的开启时间大约为 200 μ s。这对于 GC7820A 的延迟时间是没有问题的。在所有比率测量（如超声波流量计）的应用中，我们建议使用陶瓷共鸣器。

在所有既需要石英振荡器又需要切断功能的应用中，我们建议采用以下测量:

- ◆ 在 CLK32In 管脚输入更低的时钟频率。低频时钟可以增加内部延迟时间。在此情况下，我们建议使用 4 kHz，这样，计时器延迟时间将增加到 10ms。以此作为石英晶振的开启时间是足够了。
- ◆ 通过软件开启/关闭振荡器。通过软件向 Start_CLKHS 引脚写入“1”或者“0”来开启/关闭振荡器。采用这种方法，微处理器能够通过发送命令来开启振荡器，然后 10ms 之后再发送类似于 START_CYCLE 的测量代码。在测量结束后，微处理器再发送一个命令关闭振荡器。

13.2 噪声相位差

GC7820A 提供了一个噪声相位的功能,去除脉冲发生器带给校准时钟的耦合。这个选项的引入是为了当用户希望精度比 1LSB(大约 65ps)高很多的情况下，能够在平均计算时消除误差，同时也在 start 和参考时钟之间有很强的耦合效应。

Bug:

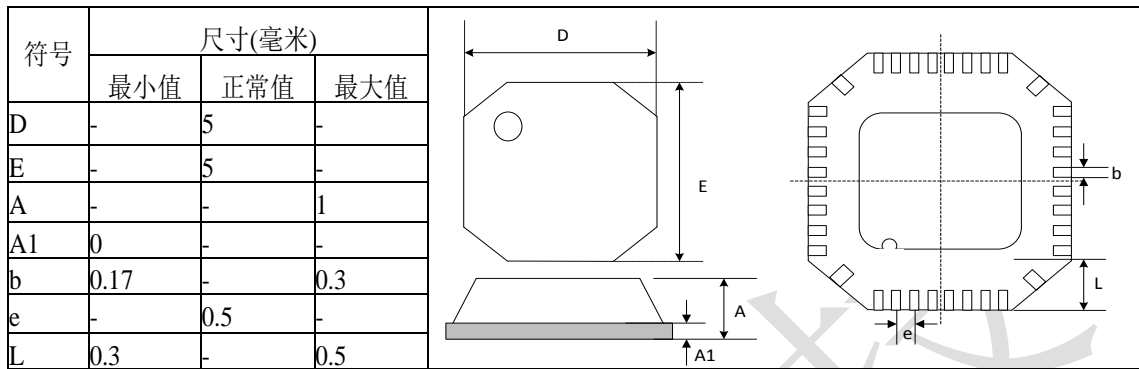
由于设计 Bug，相位噪声单元可能在有干扰的电源情况下作用失败。这仅仅与测量范围 2 相关。

纠正:

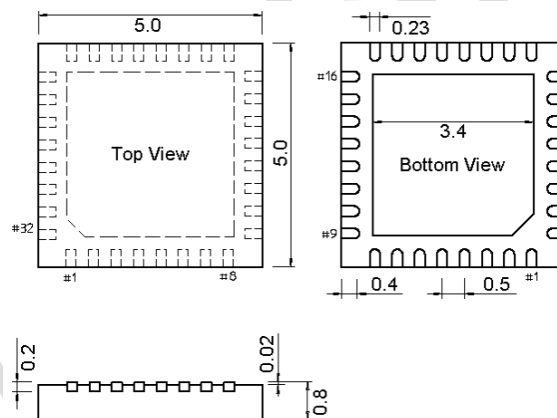
相位噪声单元必须通过设置 DIS_PHASE_NOISE=1 被关闭掉。在 start 信号已经与参考时钟异步的情况下，这样的设置对平均运算的性能没有影响。

14. 封装尺寸

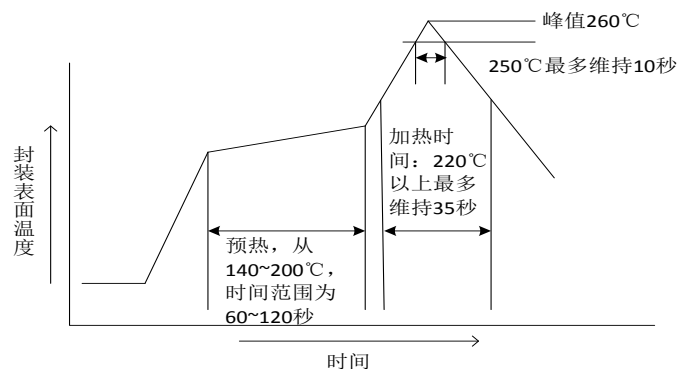
14.1 QFN32 引脚封装尺寸



14.2 QFN32 引脚封装尺寸示



- ◆ 热敏阻抗：粗略计算，0m/s 的气流中，为 40K/W；1m/s 的气流中，为 37K/W；2m/s 的气流中，为 35K/W（仅做参考）。
- ◆ 温度曲线：红外回流炉（温度为树脂表面温度）的温度曲线应该满足如下要求，由于树脂表面温度十秒钟内不允许超出 250℃，所以指定 260℃为封装最高温度，同时尽可能的缩短焊接时间，以减少封装时的热干扰。另外在您使用合适的温度曲线的同时，应确认焊脚接触是否良好。



15. 订货信息

产品型号	供货方式

16. 文档修改记录

更改版本	更改内容（每行一项）	更改日期&更改者（简写）
V11	添加封装尺寸	20130319 by anyh
	规范文档格式	20130319 by anyh

17. 文档信息

创建日期：2012-2-29