

双斜率模数转换器

概述

GC7166 是一款 44,000/440,000 数目的双溢出模数转换器，同时有 10 倍放大和峰值保持的功能。GC7166 也可以实现对电容、频率和占空比的测量。可以通过外部微处理器来选择转换率和分辨率。另外，片上集成了蜂鸣器驱动，电池低电检测，与微处理器的接口等其他功能。

1. 极限工作条件

典型参数	极限值
正电源电压 (V+ to AGND)	3.5V
负电源电压 (V- to AGND)	-3.5V
模拟电压输出输入	$((V-) - 0.5V)$ to $((V+) + 0.5V)$
数字电压输出输入	$((V-) - 0.5V)$ to $((V+) + 0.5V)$
电源损耗	800mW
操作温度	0° C to 70° C
存储温度	-25° C to 125° C
铅浴回火(软焊, 10sec)	270° C

2. 特征

- ◆ 外部晶振
 - 1) 4MHz: 计数可达 44,000 次(输入范围: $\pm 440\text{mV}$)
 - 2) 10MHz: 仿真可达 440,000 次(输入范围: $\pm 440\text{mV}$)
- ◆ 4 个可选的转换率
- ◆ 20, 10, 5, 2 conversion/sec
- ◆ 片上电阻开关来实现范围转变
- ◆ 电压(直流/交流), 电流(直流/交流), 电阻, 二极管, 电容, 频率和占空比的测量
- ◆ 400mV 独立输入
- ◆ 片上集成了运算放大器
- ◆ 自动置零功能
- ◆ 校准模式下的峰值保持功能
- ◆ 10 倍放大功能
- ◆ 微处理器的输入输出端口
- ◆ 电容测量
- ◆ 4nF 到 40mF, 计数可达 40,000 次
- ◆ 放电指示
- ◆ 频率为 400MHz 的计数器和 1MHz 占空比的测量
- ◆ 片上蜂鸣器驱动: 2KHz
- ◆ 单个 5V 直流供电电源 ($V+$ to $V-$)
- ◆ 低电指示
- ◆ 睡眠模式
- ◆ 64 引脚 QFP 封装

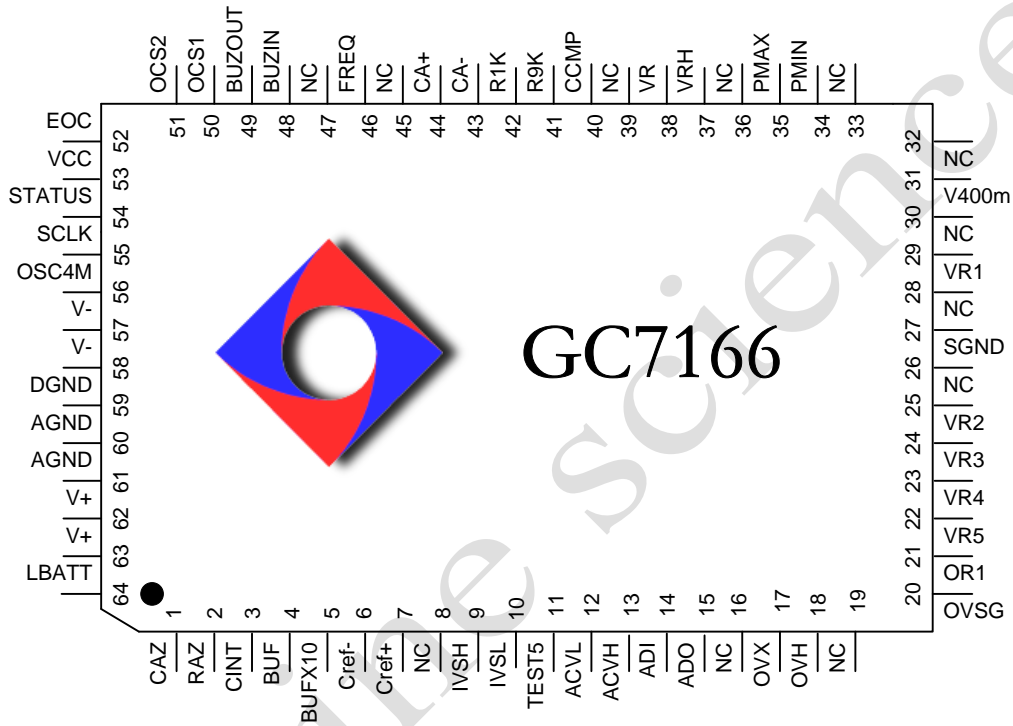
3. 电学参数

TA=25°C, DGND=AGND=0V

标识符	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
V+	正供电电源		2.3	2.5	2.7	V
V-	负供电电源		-2.3	-2.5	-2.7	V
I(V+)	操作电流	正常电源 (V+ to V-)	/	1.0	1.7	mA
I(GND)	DGND to V-应用电流	DGND 和 V-之差为-0.2V	5	10	/	count
Zero	零输入读取	输入电阻 1 M Ω , 从失效到零 用微处理器	-0	0	+0	%F.S.
NLV1	非线性(电压 x1)	最佳线性	-0.01	/	0.01	%F.S.
REV1	翻转误差(电压 x1)	1 M Ω 输入电阻	-0.01	/	0.01	%F.S.
NLV10	非线性(电压 x10)	最佳线性	-0.1	/	0.1	%F.S.
REV10	翻转误差(电压 x10)	1 M Ω 输入电阻	-0.1	/	0.1	V
V12	带隙基准电压	100 k Ω 电阻在 V12 和 AGND 之间	-1.31	-1.23	-1.10	mV
LBATT	低电检测	LBATT 到 V12	-60	0	60	%F.S.
	峰值保持精度(10 μ s)	10nF 聚乙酯薄膜电容	-1.2	/	+1.2	\pm count
TCRF	参考电压 (V12) 温度系数	100 k Ω 在 V12 和 AGND 之间 (0°C to 70°C)	/	50	/	ppm/°C

4. 芯片管脚示意图

64 引脚 QFP 封装



5. 芯片引脚功能描述

引脚号	标识符	类型	描述
1	CAZ	输出	自动清零电容连接
2	RAZ	输出	自动清零电阻连接
3	CINT	输出	积分电容连接
4	BUF	输出	积分电阻输出连接
5	BUFX10	输出	积分电阻输出连接
6	Cref-	双向	连接参考电容的负极
7	Cref+	双向	连接参考电容的正极
9	IVSH	输入	高电流测量输入接口
10	IVSL	输入	低电流测量输入接口
11	TEST5	双向	测试引脚
12	ACVL	输出	交流变直流负端输出端口
13	ACVH	输出	交流变直流正端输出端口
14	ADI	输入	内部交流到直流运放负输入
15	ADO	输出	交流到直流内部运放的输出端
17	OVX	输入	电阻测量的高压输入端口
18	OVH	输入	电阻测量的输出连接端口
20	OVSG	输入	电阻测量的低压输入端口
21	OR1	输出	399.9 Ω 范围的参考电阻连接
22	VR5	输出	电压测量 $\div 10000$ 衰减器 (4000V.)
23	VR4	输出	电压测量 $\div 1000$ 衰减器 (400.0V.)
24	VR3	输出	电压测量 $\div 100$ 衰减器(40.00V.)
25	VR2	输出	电压测量 $\div 10$ 衰减器 (4.000V.)
27	SGND	接地端	信号接地端
29	VR1	输入	测量输入端
31	V400m	输入	400mV 独立输入端
34	PMIN	输出	最小峰值保持输出
35	PMAX	输出	最大峰值保持输出
37	VRH	输出	带隙基准电压输出端。通常为-1.2V

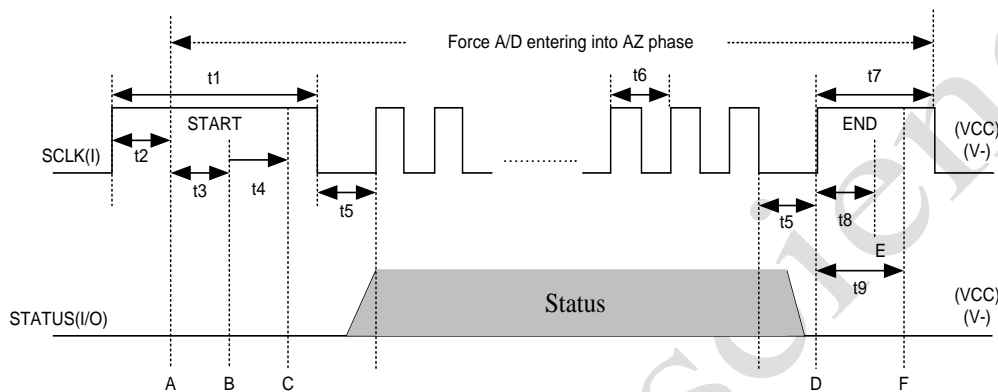
38	VR	输出	参考电压输入端。通常为-200mV
40	CCMP	输入	电容模式下，会连接一个补偿电容
41	R9K	输出	为了电容测量与 9K Ω 电阻连接
42	R1K	输出	为了电容测量与 1K Ω 电阻连接
43	CA-	双向	电容测量时连接自动清零电容的负极
44	CA+	双向	电容测量时连接自动清零电容的正极
46	FREQ	输入	频率计数器输入端，V-/2 偏压
48	BUZIN	输入	驱动蜂鸣器，高电平有效
49	BUZOUT	输出	当引脚 48 为高电平，为驱动电压蜂鸣器而输出 2KHz 声频信号
50	OSC1	输入	连接晶振输入端口
51	OSC2	输出	连接晶振输出端口
52	EOC	输出	转换结束指示器
53	VCC	输入	高电平
54	STATUS	双向	数字输入输出信号的高电平，与微处理器的 VCC 引脚连接
55	SCLK	输入	来自微处理器的时钟输入
56	OSC4M	输入	晶振选择。不连接为 4MHz；连接 V- 为 10MHz
57	V-	接电源	负供电电源，通常与电池阴极连接
58	V-	接电源	负供电电源，通常与电池阴极连接
59	DGND	接地端	数字接地端(片上直流到直流转换的输出), $VDGND = (V+ - V-) / 2$
60	AGND	接地端	模拟接地端
61	AGND	接地端	模拟接地端
62	V+	接电源	正电压源
63	V+	接电源	正电压源
64	LBATT	输入	电池低电压检测
8, 16, 19, 26, 28, 30, 32, 33, 36, 39, 45, 47			无连接

6. 操作模式

6.1 GC7166 和微处理器之间的数字接口

GC7166 的 EOC、SCLK 和 STATUS 引脚通常被用作 GC7166 和微处理器之间的数字交流接口。STATUS 引脚为双向接口，其余两个为单向接口：EOC 是从 GC7166 到微处理器，SCLK 是从微处理器到 GC7166。计时和通讯数据见下图：

◆ 模式 1：GC7166 接收来自微处理器的控制状态



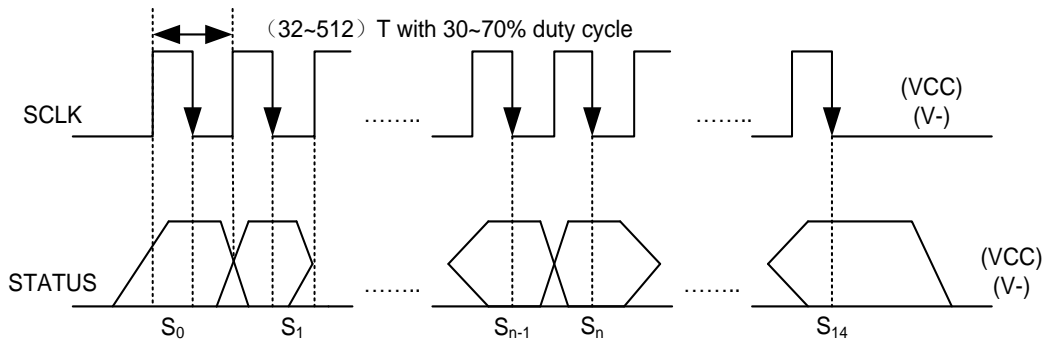
上图的时序见下表：

T1	(1040 ~ 4096) T
T2	512 T
T3	(4 ~ 256) T
T4	> 4 T
T5	(16 ~ 1024) T
T6	(32 ~ 512) T
T7	(520 ~ 1020) T
T8	(0 ~ 256) T
T9	520 T

注意：

- 1) 开始时：在时间 A 后，GC7166 进入到 AZ 阶段。同一时间，GC7166 内部提供 3uA 下拉电流，STATUS 从输出引脚切换到输入引脚。这样，微处理器才可以发送控制状态到 STATUS 引脚。建议微处理器在 B 和 C 之间开始驱动 STATUS。
- 2) 结束时：微处理器在 D 和 E 之间停止驱动 STATUS，GC7166 在 F 之后将会开始驱动 STATUS。

SCLK 和 STATUS 之间详细的计时如下：



串联数据格式 (STATUS)

F0	F1	F2	Q0	Q1	Q2	C0	C1	C2	AC	ZERO	PEAK	PHCAL	X10	SLEEP
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

F0, F1, F2, 测量选项

F0	F1	F2	Measurement
0	0	0	电压 2
0	0	1	电压伴随着频率 3
0	1	0	电流 2
0	1	1	电流伴随着频率 3
1	0	0	电阻
1	0	1	二极管
1	1	0	频率和占空比 1
1	1	1	电容

- 1) 在频率和占空比测量过程中，GC7166 同时测量引脚 46 (FREQ) 输入信号的频率和占空比。
- 2) 在电压/电流测量过程中，只测量电压/电流。
- 3) 在电压/电流伴随频率测量中，除了测量电压/电流，FREQ 的频率也会被测量。

下面的部分详细描述了这些测量模式。

Q0, Q1, Q2, 范围选择

Q0	Q1	Q2	V1	A1	Ω 1	F1	C1
0	0	0	440mV	IVSL (pin15)4	420 Ω	40Hz	4.2nF
0	0	1	4.4V	IVSH (pin 14) 4	4.2K Ω	400Hz	42nF
0	1	0	44V		42K Ω	4KHz	420nF
0	1	1	440V		420K Ω	40KHz	4200nF
1	0	0	4400V		4.2M Ω	400KHz	40uF
1	0	1			42M Ω	4MHz	400uF
1	1	0				40MHz	4000uF
1	1	1				400MHz	40000uF

1: 当振荡器为 4MHz, 电压/电流被计数达到 44,000, 电阻能被计数达到 42,000。当振荡器为 10MHz, 电压/电流被计数达到 440,000, 电阻能被计数达到 420,000。

2: 从 4.2nF 到 4200nF 的范围, 最大计数为 42000。另外一个从 40 μ F 到 40000 μ F 的范围, 不管振荡器的频率如何, 只能计数到 40,000。

3: 不管振荡器的频率如何, 只能计数到 40,000。在 40Hz 范围, GC7166 可以从 0.5Hz 到 40Hz 计数; 在 400Hz 范围, GC7166 可以从 2.5Hz 到 400Hz 读数; 在 4000Hz, GC7166 可以从 25Hz 到 4000Hz 读数。

4 :在电流测量时, 2 个输入引脚为 IVSH 和 IVSL , 可以通过 Q2 进行选择。

C0, C1, C2, 选择

电压为 (F[0:2]="000"), 电流为("010")测量, C0&C1 通常用来选择转换率:

C0	C1	Conversion/sec	Conversion/period
0	0	20	50ms
0	1	10	100ms
1	0	5	200ms
1	1	2	500ms

50Hz 下, 不能进行转换率为 10, 5, 和 2 conversion/sec 的转换, 其中, 转换率 2 conversion/sec 在 50Hz 和 60Hz 下均不可实现。

电阻测量时，转换周期如下：

C0	C1	Conversion/period
0	0	70ms
0	1	140ms
1	0	280ms
1	1	700ms

当 PEAK 或者 PHCAL 功能关闭，转换周期如下：

C0	C1	Conversion/period
0	0	55ms
0	1	110ms
1	0	220ms
1	1	550ms

在频率和占空比(F[0:2] = “110”)测量时，只有 C0 用来选择转换周期。当范围从 40Hz 到 4000Hz，转换周期没有被选中(见频率和占空比描述)；当范围从 40KHz 到 400MHz，转换周期由 C0 决定。

C0	Conversion/period
0	110ms
1	1.1s

在电压/电流伴随频率模式中(F[0:2] = “001” and “011”)，转换周期固定在 110ms, C0, C1&C2 决定所测量频率的范围：

C0	C1	C2	Range
0	-	-	40KHz
1	0	0	400KHz
1	0	1	4MHz
1	1	0	40MHz
1	1	1	400MHz

电容测量时，这些位不会被用到：

AC: 在电流/电压测量时 “L” 表示直流；“H” 表示交流。如果在没有电压或者电流测量的情况下，这一位可以被忽略。

ZERO: “H” 表示校准清零。

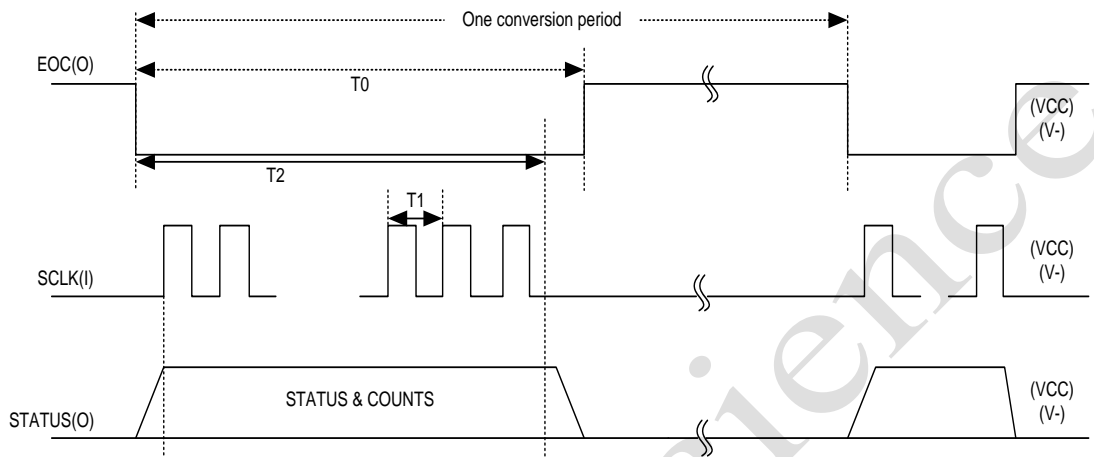
PEAK: "H" 表示在电压/电流测量时的峰值保持功能。

PHCAL: "H" 表示在电压/电流测量时的峰值保持校准模式。

X10: "H" 表示 10 倍放大功能。

SLEEP: "H" 表示 DMM 在睡眠模式下。

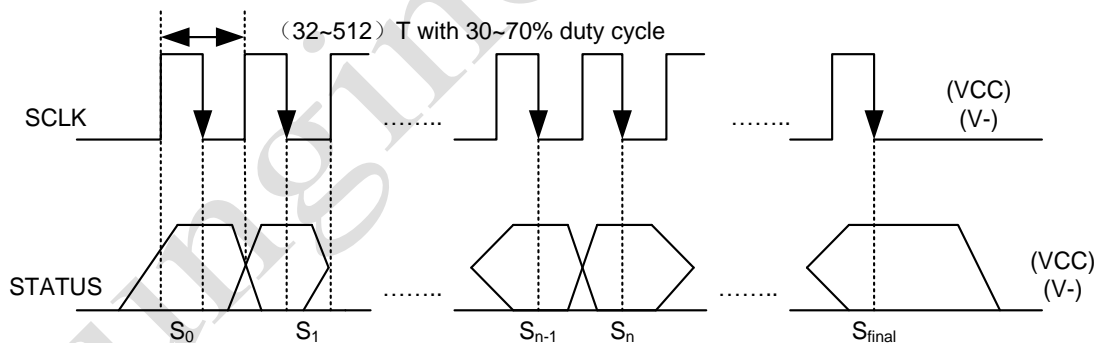
◆ 模式 2: GC7166 发送状态和次数 (来自 DINT 的计数值) 到微处理器



T_0 最小为 5ms, t 必须为 $(32 \sim 512)T$, $T = 0.25\mu s$.

T_2 为从 EOC 下降沿到数据传输完的时间。 T_2 小于等于 4.9ms。这就意味着所有数据必须在 EOC 下降沿之后的 4.9ms 内完成传输。

SCLK 和 STATUS 之间详细的时序如下图所示:



串行数据格式 (STATUS):

电压 ("000"), 电流 ("010"), 电阻 ("100") 和 二极管 ("101") 测量:

SING	PMAX	BAIT	D0<0:19>(20bits)
0	1	2	3~22

SIGN: "H" 表示负向; "L" 表示正向。在 AC, Ω 和二极管测量时, 这位可以被忽略。

PMAX: 当 PEAK 或 PHCAL 生效, "H" 表示 PEAK 最大值测量, "L" 表示 PEAK 最小值测量。

BAIT: "H" 表示电池低电量指示。

D0<0:19>: 转换结果 (重要)。格式为二进制码。LSB 最先输出。当振荡器为 4MHz, D0<0:19>

可达到 44,000 次。当振荡器为 10MHz，如果转换率为 20/sec，其计数可达 220,000；如果转换率不是 20/se，其计数值可达 44,000。

电容 (“111”) 测量:

DISCH	0	BATT	D0<0:19>(20bits)
0	1	2	3~22

DISCH “H” 指示 DMM 正在放电。如果这一位是“H”，GC7166 进入 AZ 模式，自动释放电容的电量。然而，通过 GC7166 放电的速度很低，用户可以通过短接电容器的两个引脚来快速放电。当 DISCH 为 ‘H’，所有的 STATUS 不会再输出 (EOC 不会再为高电平)，但是 DISCH 的状态将会展示在 STATUS 引脚。因此，微处理器应该在电容测量时注意 STATUS 引脚，这样就可以知道电容是否需要放电。

0: 这一位始终为 0。

BATT: “H” 表示电池低电量指示。

D0<0:19>: 转换结果(重要)。格式为二进制码，LSB 最先输出。

电压/电流伴随着频率 (“001” & “010”) 测量:

SIGN	PMAX	BATT	D0<0:19> (20 bits)	D1<0:17> (18 bits)
0	1	2	3~22	23~40

SIGN: 对于电压/电流测量，’H’ 表示负；’L’ 表示正。在 AC， Ω 和二极管测量时，这位可以被忽略。

PMAX: 对于电压/电流测量，当 PEAK 或者 PHCAL 有效，’H’ 表示 PEAK 最大值测量，’L’ 表示 PEAK 最小值测量。

BATT: ’H’ 表示电池低容量指示。

D0<0:19>: 电压或者电流测量结果转换。

D1<0:17>: 频率测量结果转换。

频率 (“110”) 测量:

OL	UL	BATT	D0<0:19> (20 bits)	D1<0:17> (18 bits)	D2<0:5> (6 bits)
0	1	2	3~22	23~40	41~46

OL: 在 40, 400 和 4000Hz 范围时溢出。

UL: 在 40, 400 和 4000Hz 范围时下溢。

BATT: ’H’ 表示电池低容量指示。

D0<0:19>, D1<0:17>, D2<0:5>: 请查阅关于频率和占空比测量的章节。

6.2 双斜率模/数—4 阶段计时

- ◆ GC7166 的测量周期包含 4 个阶段，分别是：ZI，AZ，INT，和 DINT。随着转换率的改变，时序也会发生变化。下面会列举一些例子，其他的可以以此类推。
- ◆ GC7166 是一款双斜率的模数转换芯片(ADC)。图 2.1 是 GC7166 的集成结构框架。GC7166 的测量周期由 2 个截然不同的阶段：输入信号积分阶段 (INT) 和参考电压反积分阶段 (DINT)。
- ◆ 在 INT 阶段，输入信号被积分一个固定的时间。然后进入 DINT（反积分）阶段，在这个阶段里，一个相反极性的参考电压被积分，直到积分器的电压输出为零。因为输入信号的积分时间和参考电压都是固定值，所以反积分的时间就与输入信号成比例。因此，我们可以用数学方程式表示输入信号与参考电压的关系（见图 2.1）：

$$1/(Buf * C_{int}) \int T_{int} 0 V_{int}(t) dt = 1/(Buf * C_{int}) * V_{REF} * T_{DINT}$$

Where, $V_{IN}(t)$ =input signal

V_{REF} =reference voltage

T_{INT} =integration time (fixed)

T_{DINT} =de-integration time (proportional to $V_{IN}(t)$)

If $V_{IN}(t)$ is a constant, we can rewrite above equation:

$$T_{DINT} = T_{INT} / V_{REF} * V_{IN}$$

- ◆ 除了 INT 阶段和 DINT 阶段，GC7166 开发了自动清零 (AZ) 阶段和零积分 (ZI) 阶段来实现更加精确的测量。在 AZ 阶段，系统补偿被存储。补偿误差会在 DINT 阶段被清除。因此可实现更加高的精确度。在 ZI 阶段，内部状态将被快速恢复到零输入。所以成功的测量将不会被电流测量特别是超载情况所干扰。

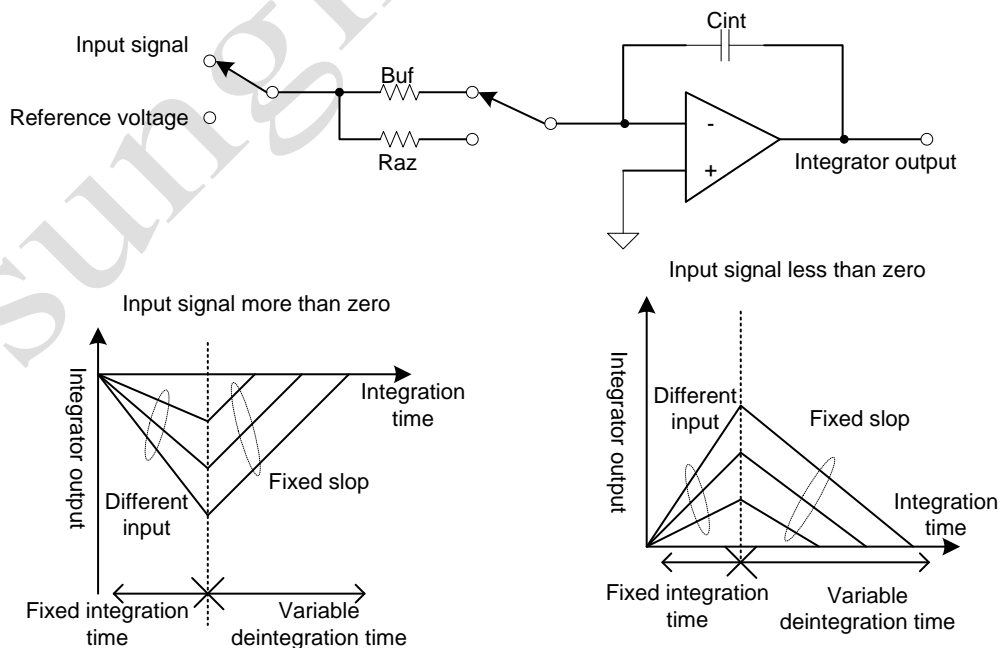


图 2.1 双斜率积分器的结构和它的输出波形

正如上面提到的，GC7166 的测量周期包含 4 个阶段：

- 1) 自动置零阶段 (AZ)
- 2) 输入信号积分阶段 (INT)
- 3) 参考电压积分阶段 (DINT)
- 4) 零积分阶段 (ZI)

通常这四个阶段各占测量周期的比率为：AZ，INT，DINT 和 ZI 分别是 20%，20%，44% 和 16%。但是实际的时间分配由转换率决定。每个转换率的时间见下表，主要在电压/电流（没有 PEAK HOLD 和频率测量），二极管测量的时候应用：

C[0:1]	CR (times/sec)	ZI (ms)	AZ (ms)	INT (ms)	DINT (ms)
00	20	8	10	10	22
01	10	16	20	20	44
10	5	32	40	40	88
11	2	80	100	100	220

注意：Vref = -200 mV

6.3 ADC 各个部分值的选择

- ◆ 针对各种转换速率和输入范围的应用需求，AD 转换的外部元器件的值我们建议使用图 2.1 中所示的标称值以获得更好的性能。在默认情况下，当操作时钟为 4 MHz：

- 1) 转换率 = 10 times/sec
- 2) 参考电压 = -200 mV
- 3) 输入信号全刻度 = 440 mV (灵敏度 = 10 uV)

我们建议：Cint = 33 nF, Buf = 200 kΩ, Raz = 200 kΩ。

- ◆ 如果用户不用默认转换率而选择了另一个值，积分电容 Cint 的值必须遵循下式来进行相应的改变，从而取得更好的性能：

$$C_{int} \times (\text{转换率}) = (33 \text{ nF}) \times (10 \text{ times/sec}).$$

- ◆ 值得注意的比较重要的一点是：Cint 的实际值不能小于标称值。比较小的 Cint 值会减小输入信号的满量程。但是比较大的 Cint 值会带来更多的噪音。
- ◆ 用户可以通过改变参考电压 (Vref) 和积分电阻的值来扩大输入信号的范围。比如，如果 Vref, Buf 和 Raz 都扩大为默认值的 2 倍，那么输入满量程的值变为 880 mV。输入信号的满量程可以被扩大到 1.1V (大概是默认值的 2.5 倍)。下面，我们列出了一般规则，它可以帮助我们确定各个组件的值。

$$\text{Buf} / (\text{reference voltage}) = 200 \text{ k}\Omega / (-200 \text{ mV})$$

6.4 电压测量

◆ 直流/交流电压测量

可重配置的分压器提供了合适的全刻度量程电压测量模式。下表总结了每个配置下的全刻度量程。

配置	全刻度量程	比率	电阻连接
VR1	440.00mV	1	-
VR2	4.4000V	1/10	R2 / (R1+R2)
VR3	44.000V	1/100	R3 / (R1+R3)
VR3	440.00V	1/1000	R4 / (R1+R4)
VR5	4400.0V	1/10000	R5 / (R1+R5)

配置 VR1，满量程为 440mV，电压从 V400m 引脚输入，来避免当悬空时噪音的影响。其他配置，电压从 VR1 引脚输入。

引脚 11 到 15 用于交流测量。图 4.1 为交流到直流电路 (AC-to-DC)，AC-to-DC 电路抽出电压 (ADO-TEST5) 的交流部分。接着 ADC 转换 (ACVH-ACVL) 的电压来获取输入电压的交流部分。5KΩ 可变电阻用于调整直流分量。光二极管 D1 和 D2 要求对光不敏感，以防止漏电流。这个电路仅仅在输入正弦电压时正常工作。如果输入电压不是正弦(比如方波)，则需要一个 RMS-to-DC 的转换器来获得输入信号真实的 RMS 值。

如果 ADO 和 ADI 直接短接，ADI 是输入信号的分压值。因此，它可以被用做振荡器显示。

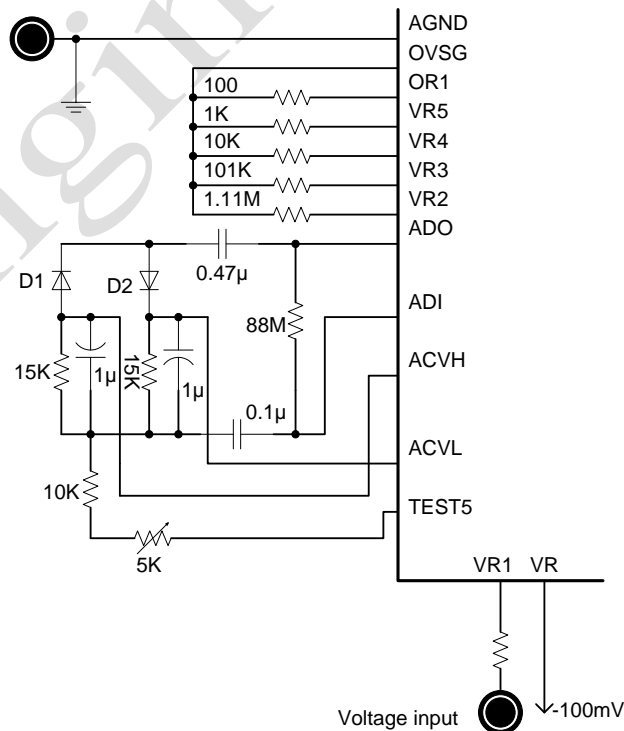


图 4.1 AC 到 DC 电路

◆ 使用 ES636 对真有效值 (RMS) 的测量

如果 ES636 用来测量真有效值 (RMS)，图 4.2 为建议的应用电路图。当 ES636 用于真有效值 (RMS) 测量，ADO 和 ADI 引脚一起短接，TEST5 引脚保持悬空，ACVL 引脚连接到 AGND。OVSG 引脚通过开关短接到 AGND。

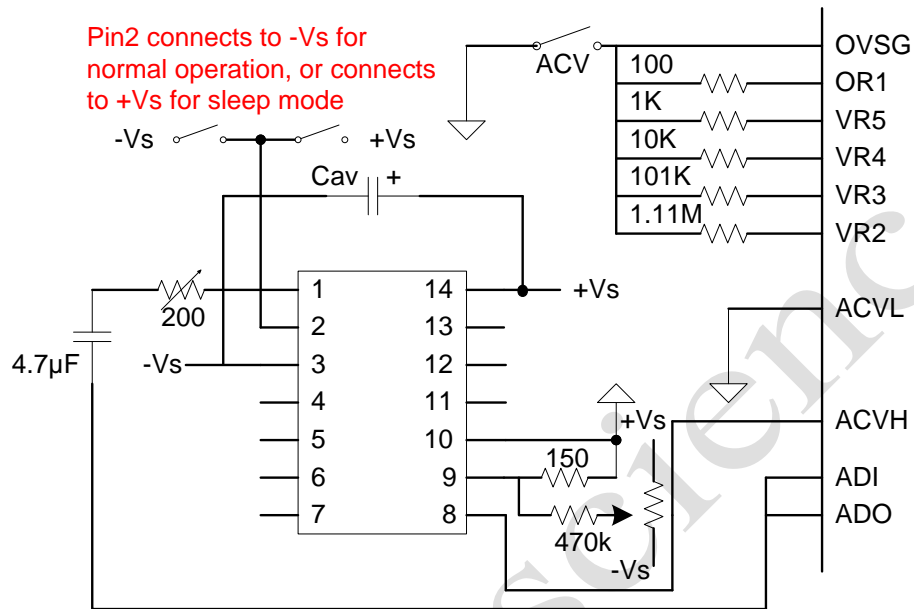


图 4.2 使用 ES636 的 AC 到 DC 电路

6.5 二极管测量

二极管测量模式和 4.4000V 电压模式共享一个配置。量程选择位 Q0, Q1 和 Q2 在这个模式里无效。

6.6 电流测量

电流测量有 3 个模式。下表总结了每个模式下的满刻度量程。

模式	量程选择	满刻度量程
μA	IVSL / IVSH	440.00 μA / 4400.0 μA
mA	IVSL / IVSH	44.000mA / 440.00mA
10A	IVSH	44.000A

操作模式是基于应用电路的。

*量程选择: IVSL (Q0, Q1, Q2) = (0, 0, 0); IVSH (Q0, Q1, Q2) = (0, 0, 1)

6.7 十倍放大功能

- ◆ GC7166 具有放大十倍功能。在这个功能模式下，输出会被增加 10 倍。但是输入量程会被缩小到 $\pm 44\text{mV}$ 。比如，在放大十倍功能下，输入电压为 10mV ，输出值将是 10,000 次，而不是 1,000 次。为了实现放大十倍功能，INT 阶段的积分电阻是 $20\text{K}\Omega$ ，而不是 $200\text{K}\Omega$ ，DINT 阶段的电阻保持在 $200\text{k}\Omega$ 。因为要求电阻值必须严格满足 $200\text{K}\Omega$ 的十分之一，即 $20\text{K}\Omega$ ，所以电路里有一个可变电阻器来匹配这两个电阻的阻值。

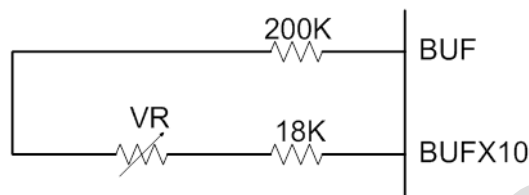


图 5.1 10 倍放大功能

- ◆ AZ/INT/DINT 阶段的电阻原理图

GC7166 有一个为了 AZ 模式而设计的片上电阻。芯片内的电阻大概是 10K 。连接方式见图 5.2。

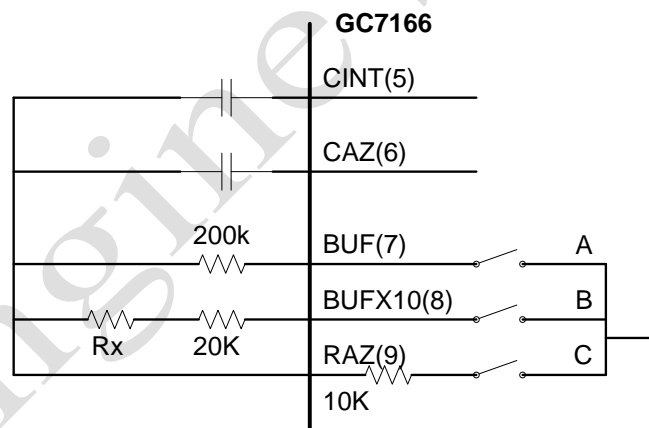


图 5.2 AZ 阶段的电阻原理图

开关 A, B 和 C 的状态描述见下表。

开关	10 倍放大功能关闭			10 倍放大功能开启		
	INT 阶段	DINT 阶段	AZ 阶段	INT 阶段	DINT 阶段	AZ 阶段
A	ON	ON	ON	OFF	ON	ON
B	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON
C	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON

AZ 阶段，所有开关都开启，电阻的有效值为所有电阻的并联电阻值。因此有效电阻小于

10 k Ω 。如果放大十倍功能一直不会被用到，那么 200 k Ω 电阻和 (VR + 18 k Ω) 电子之间就没有必要进行匹配。在这种情况下，(VR + 18 k Ω) 可以被一个阻值近似 20 k Ω 的电阻所取代，或者简单的省略。

6.8 零值校准

- ◆ 对 GC7166 而言，运放的内部延迟会将少数计数引入到输出值。可通过零值校准来防止这个问题的发生。当零值校准开启，GC7166 会在内部将输入端与 SGND 短接。微处理器需要保存零输入的结果。零值校准关闭之后，从后续测测量计数里减去零输入的结果。
- ◆ 任何测量模式下，零值校准都可以启用。当微处理器设置好 ZERO 位，GC7166 开始执行零值校准。当 ZERO 位被微处理器复位时，GC7166 停止执行零值校准。
- ◆ 在电压/电流/二极管/电容测量时，反积分电压为固定值，因此零值校准执行一次即可。校准值可以在后续的电压/电流/二极管/电容测量均适用。但是在电阻测量时，反积分电压不是固定值，它随着被测电阻阻值的变化而变化。所以，当测量电阻阻值发生变化时，零值校准需要重新执行一次。方便起见，电压测量的零输入结果可用于电阻测量中。

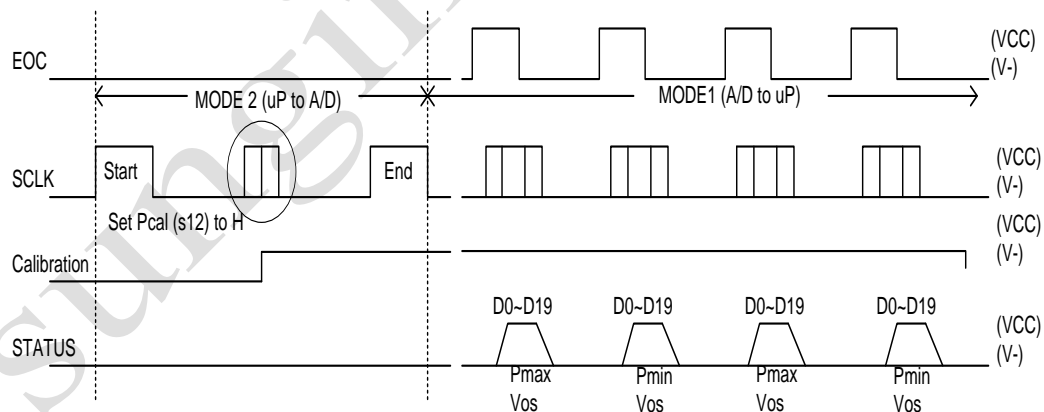
6.9 峰值保持功能

- ◆ 只有在电压和电流测量时 (F[0:2] = "000" to "011") 峰值保持功能才有效。在峰值保持测量中, 输入电压的瞬时最大值和最小值通过 ADC 进行存储和传输。Pmax 和 Pmin 交换轮流测量, Pmax 先测量。峰值保持校准交换轮流测量 Pmax 和 Pmin 的补偿电压。GC7166 会将他们转换为数字数据。然后 GC7166 发送这些数字数据到微处理器, 微处理器再对他们进行记录。
- ◆ 因为补偿电压的存在, 峰值保持电压测量的 DINT 时间要求比没有峰值保持电压测量的 DINT 时间长一些。在不同的转换率下, 各个阶段在有峰值保持时的 DINT 时间如下表所示:

C[0:1]	ZI (ms)	AZ (ms)	INT (ms)	DINT (ms)	Total time (ms)
00	8	10	10	27	55
01	16	20	20	54	110
10	32	40	40	108	220
11	80	100	100	270	550

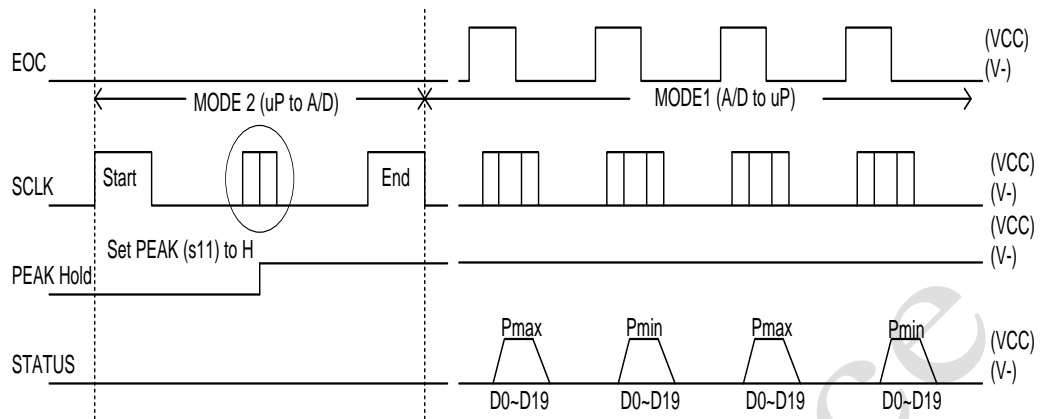
如果微处理器同时打开零值和峰值功能, 峰值功能会无效, 而零值功能有效。如果峰值功能被开启, 但是没有电压/电流测量, 同样, 峰值功能也无效。

- ◆ 峰值保持校准:

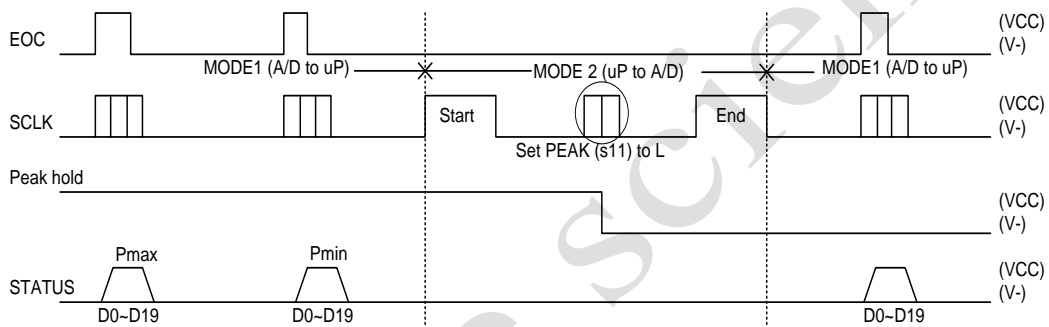


注意: 同一时间, 无需设置 PEAK 为 H。

◆ 校准之后，激活峰值保持：



◆ 取消峰值保持功能：



注意：在换到 10 倍放大模式之后，如果我们想激活峰值保持模式，我们必须再次激活校准。

6.10 频率和占空比测量

- ◆ 当 F[0:2] = "110", GC7166 将同时计算 FREQ 的频率和占空比。但是, 这需要更加多的运算来获得所需要的结果。这个测量有 3 个输出数据: D0, D1, 和 D2, 这些数据可以通过串行输出获得。

1) 40Hz 量程:

$$\text{Frequency} = [(D2+1)*106] / [5*(150950+D1)];$$

$$\text{Duty cycle} = [(100*D0) / (150950+D1)]\%;$$

2) 400Hz 量程:

$$\text{Frequency} = [(D2+1)*106] / (150950+D1);$$

$$\text{Duty cycle} = [(100*D0) / (150950+D1)]\%;$$

3) 4000Hz 量程:

$$\text{Frequency} = [(D2+1)*107] / (150950+D1);$$

$$\text{Duty cycle} = [(100*D0) / (150950+D1)]\%;$$

40KHz to 400MHz range (D2 is not needed):

$$\text{When } C[0]=0, \text{ Frequency} = 10*D1; \text{ Duty cycle} = (D0/200)\%;$$

$$\text{When } C[0]=1, \text{ Frequency} = D1; \text{ Duty cycle} = (D0/200)\%;$$

- ◆ GC7166 可以测量从 0.5Hz 到 409.6MHz 的频率。对于每一个量程, 测量的频率和分辨率见下表:

量程	测量频率范围	分辨率
40Hz	0.5Hz ~ 40Hz	0.001Hz
400Hz	2.5Hz ~ 400Hz	0.01Hz
4000Hz	25Hz ~ 4000Hz	0.1Hz
40KHz	0 ~ 40.96KHz	1Hz
400KHz	0 ~ 409.6KHz	10Hz
4MHz	0 ~ 4.096MHz	100Hz
40MHz	0 ~ 40.96MHz	1KHz
400MHz	0 ~ 409.6MHz	10KHz

在量程为 40/400/4000Hz 时, 如果输入频率小于测量量程, 会出现下溢, UL 会被设置为 'H'。同样的量程下, 如果输入频率大于测量量程, 会出现溢出, OL 会被设置为 'H'。当 UL 或者 OL 发生, 数据 D0, D1 和 D2 会出现错误, 请直接忽略。量程在 40KHz~400MHz 时, OL 和 UL 一直保持在 'L', 但是当输出值为 40,960 时, 就表示数值已经溢出了。

- ◆ 不同的量程, 转换时间也不相同。量程为 40/400/4000Hz 时, 转换时间由输入频率

来决定。其他量程下,特别的当 C[0]=0 或者 1 时,转换时间固定在 110ms 或者 1.1s。

量程	转换时间	
	C[0] = 0	C[0] = 01
40Hz	0.8s ~ 2s	
400Hz	0.16s ~ 0.4s	
4000Hz	0.16s ~ 0.4s	
40KHz	110ms	1.1s
400KHz	110ms	1.1s
4MHz	110ms	1.1s
40MHz	110ms	1.1s
400MHz	110ms	1.1s

6.11 用频率计时器进行电压/电流测量

当 F[0:2] = "001" 或者 "011" 时, GC7166 测试输入信号的频率, 同时测量电压和电流。在这个测试模式下, 电压 (或者电流) 输入为 VR1/400mV (或者 IVSH/IVSL), 频率输入为 FREQ。Q[0:2] 为电压/电流测量的量程, C[0:2] 为频率测量的量程。这里只能选 40K 到 400MHz 的量程。与频率测量不同 (F[0:2] = "110"), 占空比在这个模式下不被测量。转换时间被固定在 110ms。电压/电流可计数达 54,000 (或者当 OSC 为 10MHz 时, 为 540,000)。AC 和 PEAK 也可以被激活。电压/电流输出为 D0, 频率测量结果输出为 (10 × D1)。

6.12 电容测量

- ◆ GC7166 有 8 个量程测量电容。电容只能被计数到 40,000 次,与振荡器的频率无关。转换时间, 量程和分辨率见下表:

量程	转换时间	测量频率量程	分辨率
4nF	0.7sec	4.0000nF	0.1pF
40nF	0.7sec	40.000nF	1pF
400nF	0.7sec	400.00nF	10pF
4 μ F	0.7sec	4.0000 μ F	100pF
40 μ F	0.75sec	40.000 μ F	1nF
400 μ F	1.5sec	400.00 μ F	10nF
4000 μ F	3.75sec	4000.0 μ F	100nF
40000 μ F	7.5sec	40000 μ F	1 μ F

- ◆ 如果需要, GC7166 可以使电容在测量之前自动放电, 直到这个芯片可以保证在接下来的两次测量中可以获得正确的数值。然而, 通过芯片放电十分缓慢, 特别是当电容容量很大或者电容连接了比较高的电压的情况下, 会更加缓慢。这是因为 GC7166 为了安全起见, 必须通过 PTC 电阻(大概 1.5K Ω)来放电。因此, 我们强烈建议如果用户有放电需求的话, 自己通过其他手段快速放电。如果开始放电, STATUS 会立刻被拉高, 微处理器可以检查 STATUS 来确定 GC7166 是否在放电。
- ◆ 图 10.1 为电容测量的应用电路, 9K Ω 和 1K Ω 电阻与 R9K 和 R1K 引脚连接, 这两个电阻必须是阻值十分精确的电阻。
- ◆ 因为芯片内存在寄生电容, PCB 板(大概 200 ~300pF), 在低量程范围 (4n~400nF) 必须进行补偿以消除偏移误差。补偿寄生电容影响的方法有两个。一个方法是在输入开路(比如, 输入电容大小为零)的情况下直接测量寄生电容大小, 在每个量程(特别是 4nF/40nF/400nF)下记录寄生电容的测量值, 然后从每次测量的结果里直接减去寄生电容的值。另一个方法是如图 10.1 所示, 在 CCMP 引脚连接一个补偿电容, GC7166 将会使这个 CCMP 直接生效。CCMP 的值与寄生电容的大小相关。如果 CCMP 的值足够大, 可以在输入开路的情况下, 使数字显示增加 10 个数。

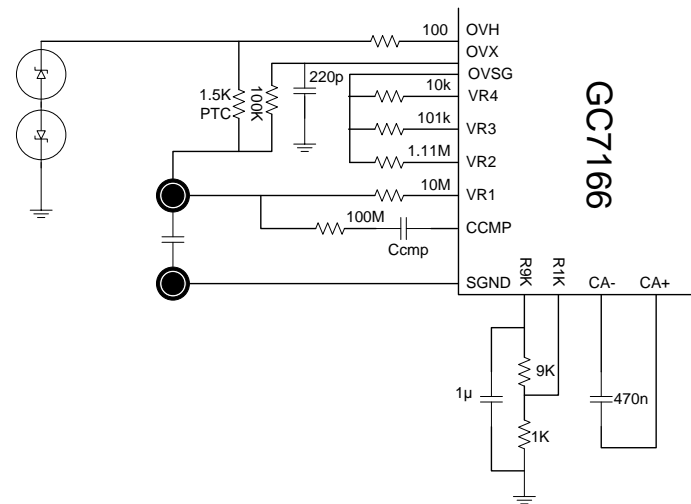


图 10.1 电容测量的应用电路

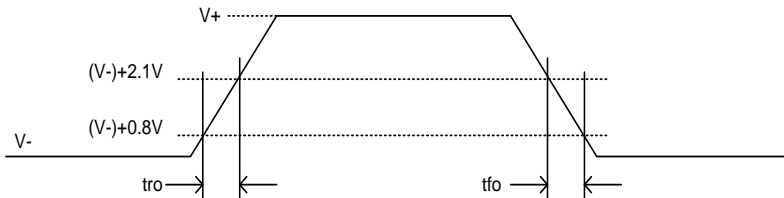
6.13 睡眠模式

如果微处理器设置 SLEEP 位为'H'，GC7166 将进入睡眠模式。在睡眠模式下，如果 SCLK 保持低电平，所有电路将会关断，供给电流大概为 0.1uA。如果 SCLK 在睡眠模式下保持高电平，只有振荡器处于激活状态，来为接下来的电路重新上电做好准备。

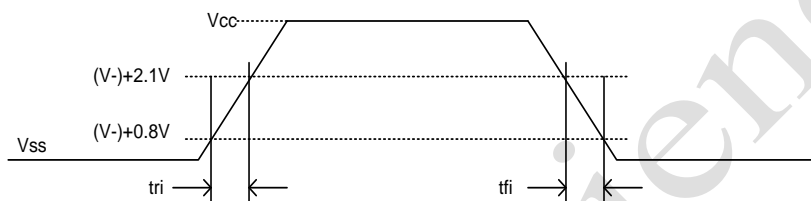
6.14 数字信号上升和下降的时间

数字信号包括 EOC, SCLK, 和 STATUS, 这些数字信号的上升和下降时间的定义如下所示:

- ◆ EOC 和 STATUS 输出信号到微处理器:



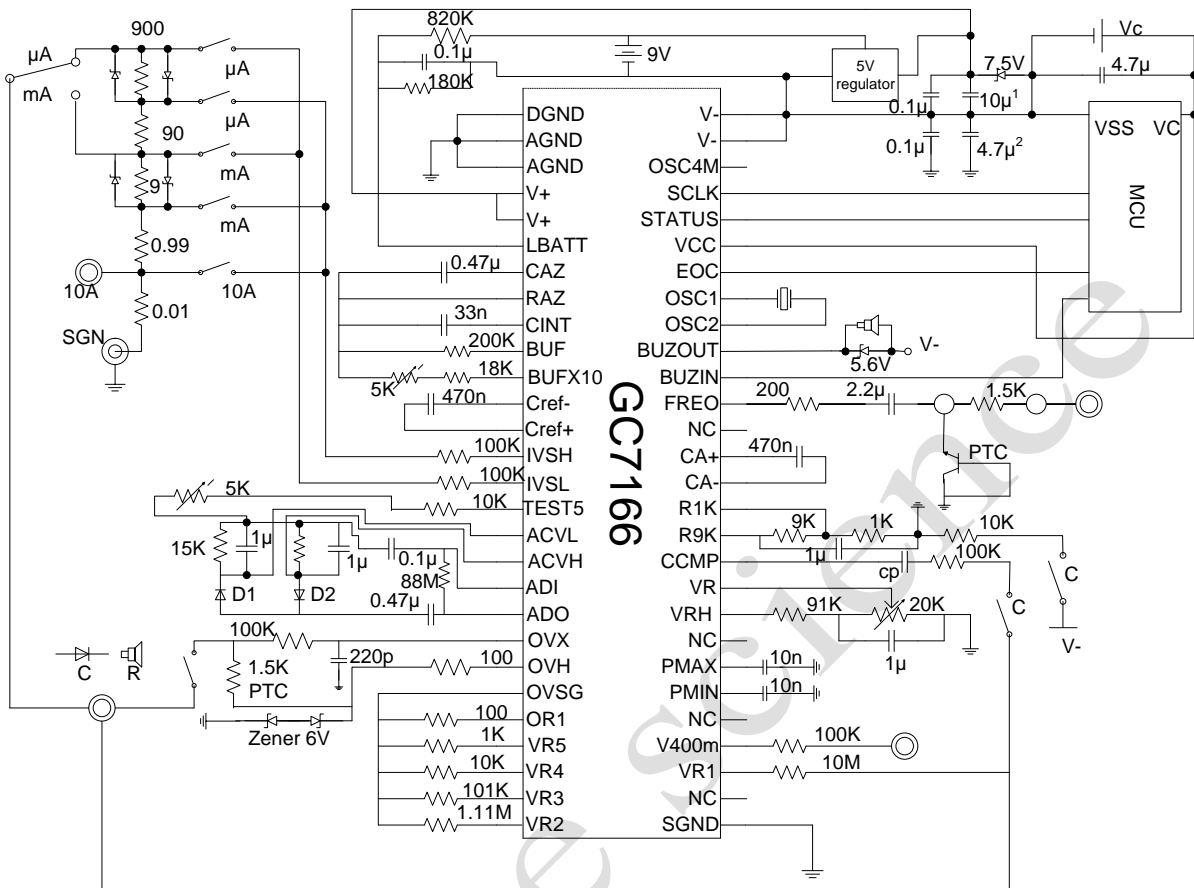
- ◆ SCLK 和 STATUS 接收来自微处理器的信号:



Note: Vss= V-

标识符	条件	最小值	最大值	单位
tro	A/D to 微处理器	/	20	ns
tfo	A/D to 微处理器	/	20	ns
tri	微处理器 to A/D	/	20	ns
tfi	微处理器 to A/D	/	20	ns

7. 应用电路



注意:

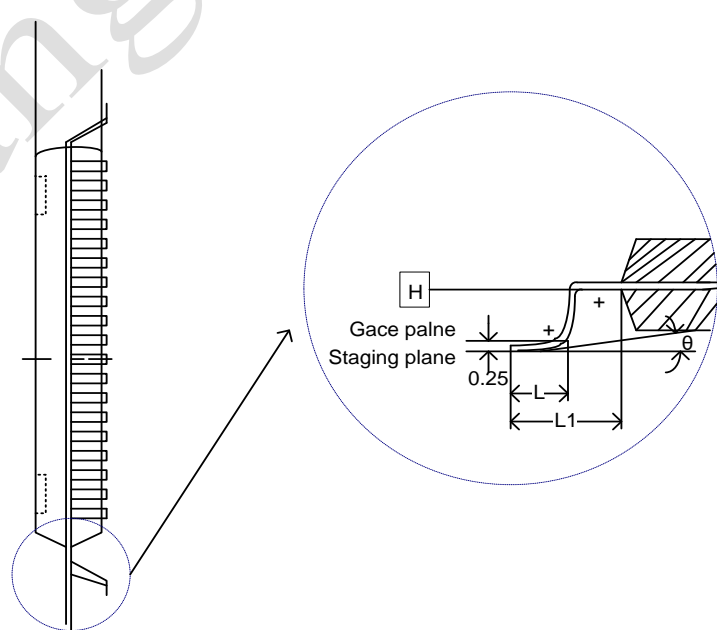
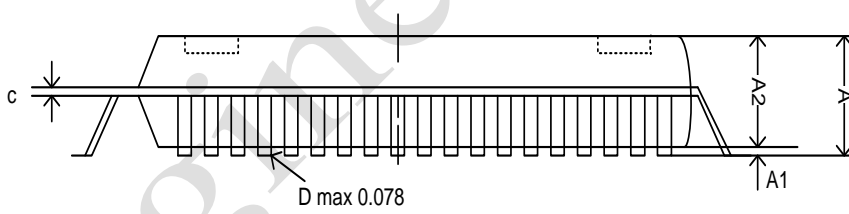
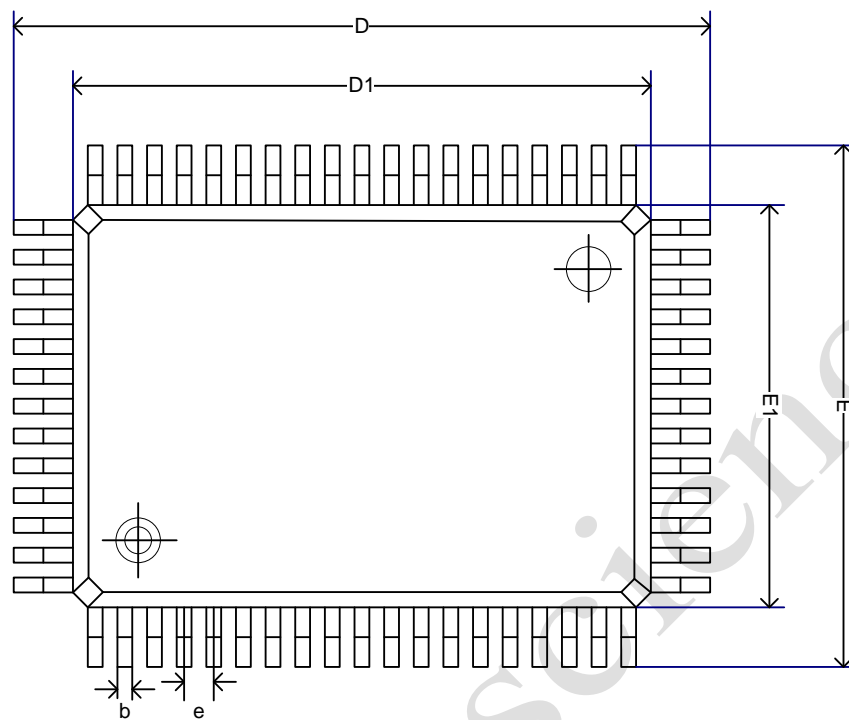
- 1) 在峰值保持模式下，SCLK，STATUS，EOC 的线必须得有屏蔽措施，来避免噪音干扰。
- 2) 在电容测量的模式下，V-和 COM 之间必须连接阻值为 10kΩ 的电阻。
- 3) 在放大十倍功能模式下，BuffX10 电阻必须非常精确的满足阻值是 Buffer 电阻阻值十分之一的条件($R_{buff} = 10 R_{buffX10}$)，否则的话，会出现运算错误。
- 4) 如果使用上述 AC-to-DC 电路原理图，将会读出负号。请直接忽略出现的负号。二极管的极性不允许改变。
- 5) 补偿电容 C_p 用来补偿 PCB 板的寄生电容所产生的误差。 C_p 的值约等于 OVX 引脚滤波电容的值。
- 6) 齐纳二极管用来保护积分电路 (IC)，必须在焊接 IC 之前先在 PCB 板上焊接齐纳二极管。

*在电容测量模式下，将 33nF 改为 220nF 或者将 200KΩ 改为 1MΩ。

¹ 钽介质电容器

² 钽介质电容器

8. 封装尺寸图



标识符	最小值	典型值	最大值
A	/	/	3.4
A1	0.25	/	/
A2	2.55	2.72	3.05
b	0.35	0.40	0.50
c	0.11	0.15	0.23
D	25.00 BASIC		
D1	20.00 BASIC		
e	1.00 BASIC		
E	19.00 BASIC		
E1	14.00 BASIC		
L	1.15	1.30	1.45
L1	2.50 REF		
θ 0	0	3.5	7

注意：

- 1) 基准面“H”位于封装片横向分界线的下面，也就是芯片管脚引出的地方，模缝线与铸型本身有铅存在的地方一致。
- 2) D1 和 E1 的尺寸不包括封装突出的部分。每边允许突出尺寸为 0.25mm。D1 和 E1 的尺寸包括铸型的非匹配部分，具体大小以基准面“H”为基准来确定。
- 3) 尺寸 b 不包括边角的突出部分。

9. 订货信息

产品型号	供货方式
GC7166XX	QFP64 引脚封装，塑封，每盘 96 个

10. 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	规范格式	20130408 by anyh
	添加订货信息项	
V12	更改章节 2, 6, 7 和 8	20130918 by anyh
	规范格式	
V13	更新说明书模板	20160928 by liuyy
	修改应用电路图错误	