

## 一、概述

TM9936 是静止式三相电子电度表专用集成电路，电路采用 CMOS 工艺制造。电路设计先进，内部集成有电流缓冲放大器，乘法器，A/D 转换器等电路。本品性能优良，质量安全可靠。封装采用 DIP40 和 QFP44 封装。

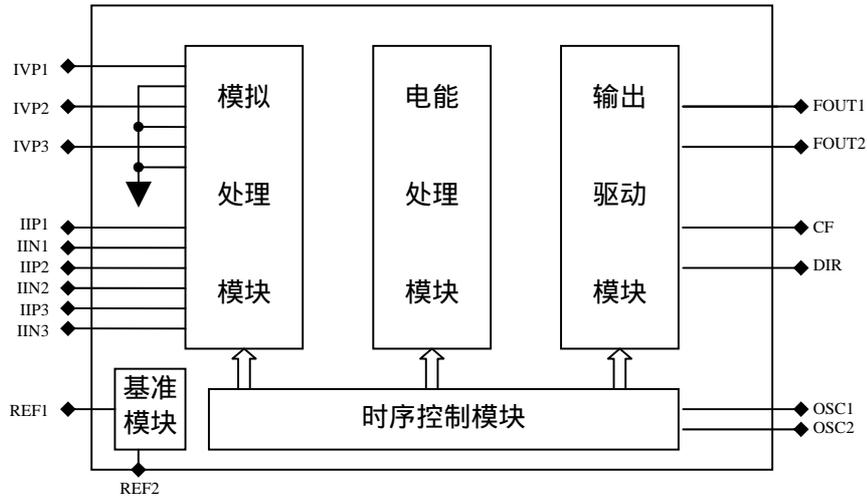
## 二、特性说明

- 精确测量单相，二相和三相的功率和电能
- 可测量正负两个方向的有功功率，且有方向指示
- 跳变小，线性度高，动态工作范围宽
- 采用电流互感器作为电流取样
- 具有防潜动功能，低功耗
- FOUT1 和 FOUT2 可直接驱动步进电机
- 校验脉冲输出，可用 MCU 处理
- 适用于三相三线或三相四线电度表
- 管脚加有 ESD 保护
- 可完全兼容替代 SA9105/SM9935

## 三、结构

TM9936是将来自电阻网络的交流电压采样信号和来自互感器交流电流采样信号进行取样，通过斩波平衡式电流缓冲器、空分乘法器的处理和电流型二阶delta-sigma模数转换器，对采样的信号进行有效功率测量，然后通过分频等处理，输出相关的频率脉冲。

## 四、内部功能框图



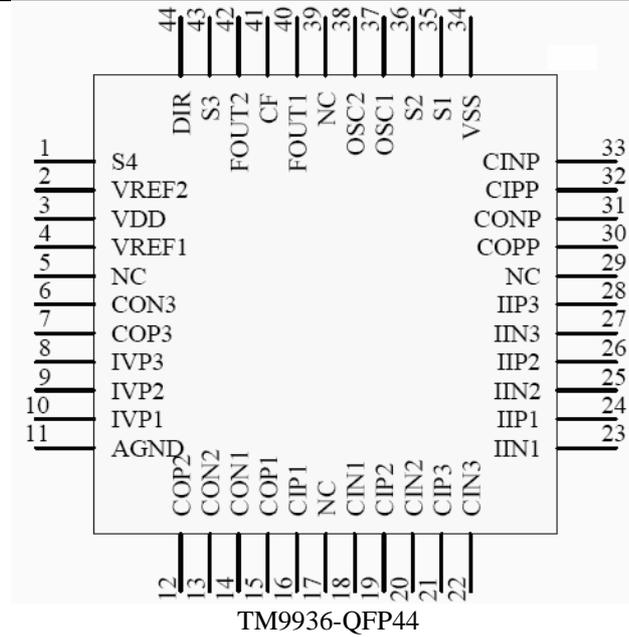
### 五、管脚定义

1	CIN1	CIP1	40
2	CIP2	COP1	39
3	CIN2	CON1	38
4	CIP3	CON2	37
5	CIN3	COP2	36
6	IIN1	AGND	35
7	IIP1	IVP1	34
8	IIN2	IVP2	33
9	IIP2	IVP3	32
10	IIN3	COP3	31
11	IIP3	CON3	30
12	COPP	VREF1	29
13	CONP	VDD	28
14	CIPP	VREF2	27
15	CINP	S4	26
16	VSS	DIR	25
17	S1	S3	24
18	S2	FOUT2	23
19	OSC1	CF	22
20	OSC2	FOUT1	21

TM9936-DIP40

管脚号	符号	说明
35	VREF	外接参考电压
28	VDD	正电源
16	VSS	负电源 (GND)

34	IVP1	电压采样信号输入端：第 1 相
33	IVP2	
32	IVP3	
6	IIN1	电流采样信号输入端：第 1 相
7	IIP1	
8	IIN2	电流采样信号输入端：第 2 相
9	IIP2	
10	IIN3	电流采样信号输入端：第 3 相
11	IIP3	
19	OSC1	外接晶体或陶瓷振荡器 OSC1 输入，OSC2 输出
20	OSC2	
21	FOUT1	脉冲输出端
23	FOUT2	
25	DIR	电能方向输出指示
38	CON1	外接 AD 转换器的外部回路电容
39	COP1	
37	CON2	
36	COP2	
30	CON3	
31	COP3	
13	CONP	
12	COPP	
1	CIN1	外接 AD 转换器的内部回路电容
40	CIP1	
3	CIN2	
2	CIP2	
5	CIN3	
4	CIP3	
15	CINP	
14	CIPP	
29	VREF1	基准电流输出脚
27	VREF2	内置 1.2V 基准电压输出脚
17	S1	分频比设置端
18	S2	
26	S4	
24	S3	
22	CF	高频脉冲输出端



管脚号	符号	说明
11	VREF	外接参考电压
3	VDD	正电源
34	VSS	负电源 (GND)
10	IVP1	电压采样信号输入端：第 1 相
9	IVP2	电压采样信号输入端：第 2 相
8	IVP3	电压采样信号输入端：第 3 相
23	IIN1	电流采样信号输入端：第 1 相
24	IIP1	
25	IIN2	电流采样信号输入端：第 2 相
26	IIP2	
27	IIN3	电流采样信号输入端：第 3 相
28	IIP3	
37	OSC1	外接晶体或陶瓷振荡器 OSC1 输入，OSC2 输出
38	OSC2	
40	FOUT1	脉冲输出端
42	FOUT2	
44	DIR	电能方向输出指示
14	CON1	外接 AD 转换器的外部回路电容
15	COP1	
13	CON2	
12	COP2	
6	CON3	
7	COP3	
31	CONP	

30	COPP	外接 AD 转换器的内部回路电容
18	CIN1	
16	CIP1	
20	CIN2	
19	CIP2	
22	CIN3	
21	CIP3	
33	CINP	
32	CIPP	
4	VREF1	
2	VREF2	内置 1.2V 基准电压输出脚
35	S1	分频比设置端
36	S2	
43	S4	
1	S3	
41	CF	高频脉冲输出端
5	N.C.	空脚
17	N.C.	
29	N.C.	
39	N.C.	

## 六、分频设置表

分频比 DIV	S1	S2	S3	S4	CF 脉宽
1	0	0	0	0	无
2	0	0	0	1	15ms
3	0	0	1	0	15ms
4	0	0	1	1	30ms
5	0	1	0	0	30ms
6	0	1	0	1	30ms
7	0	1	1	0	60ms
9	0	1	1	1	60ms
11	1	0	0	0	90ms
13	1	0	0	1	90ms
18	1	0	1	0	90ms
21	1	0	1	1	90ms
27	1	1	0	0	90ms
36	1	1	0	1	90ms
54	1	1	1	0	90ms
60	1	1	1	1	90ms

注：

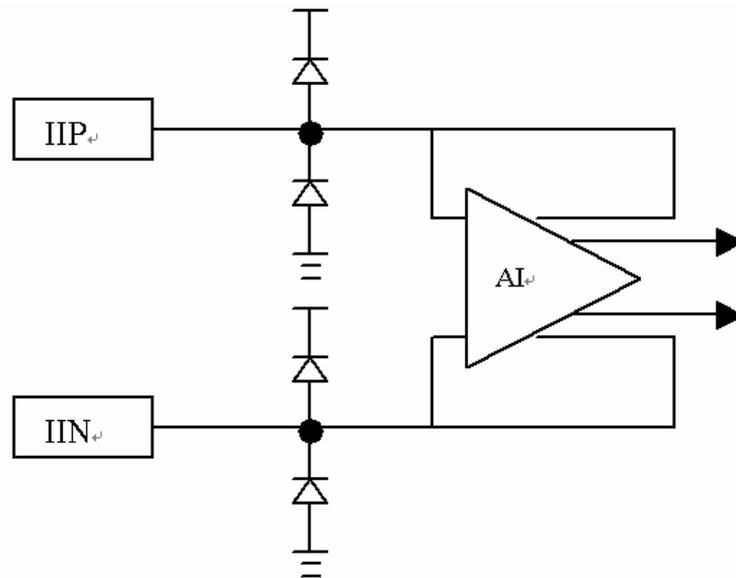
- 1、S1, S2, S3, S4 为 0000 时, FOUT1, FOUT2 输出最大, 该模式与 SA9105 兼容 (既 SA9105 中所有 TP 脚浮空);
- 2、当 S1, S2, S3, S4 为 0001-1110 时, CF 输出频率是 S1, S2, S3, S4 为 0000 时, FOUT1, FOUT2 输出最大频率 (即 64Hz) 与分频比之比, 而 FOUT1 和 FOUT2 输出为 CF 的 8 分频。例如: 当 S1, S2, S3, S4 为 1010 时, 分频比 DIV 为 18, 则 CF 的频率为  $64\text{Hz}/18=3.556\text{Hz}$ , 则 FOUT1, FOUT2 的频率为  $3.556/8=0.4445\text{Hz}$ ;

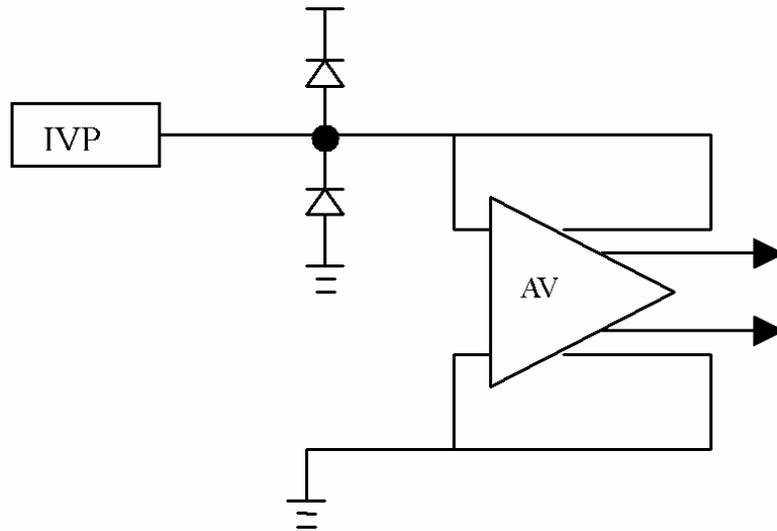
### 七、管脚功能描述：

TM9936是一个采用CMOS电路制作的数字模拟混合集成电路。工作动态范围宽, 在三相的电能测试中可达到500:1, 并且精度完全满足国家一级表的要求; 这块集成电路包括三相电能测量中的所有基本功能, 如: 电压和电流信号的采样, 放大电路, 采用过采样技术的AD转换电路, 有效功率乘法电路和电能计算电路等; TM9936输出产生的脉冲频率数正比与电能的消耗数。有两个脉冲频率输出脚, 脉冲的产生表示了顺太的功率消耗, 也表示了瞬态的电能方向。

#### 1. 模拟量输入构造

下面为电流和电压的输入结构示意图。





采样输入端有嵌位二极管的保护电路，与输入的放大器结构制作在一起。通过在每个输入端的负反馈，电压采样放大器和电流采样放大器产生了一个虚拟的信号输入端，输入阻抗接近为零。在放大器的输出端，产生了一个与输入电流完全一样的镜像电流。

## 2. ESD保护

TM9936的输入输出端都加有ESD保护。

## 3. 功耗消耗

TM9936在5V的工作电源情况下，消耗的功率小于50mw。

## 4. 脉冲输出信号

计量的电能由FOUT的输出脉冲表示，最大的输出频率为64Hz。在FOUT1和FOUT2的输出端频率相同。

# 八、电气特性

## 极限参数

项目	符号	最小值	最大值	单位
电源电压	Vdd-Vss	-0.3	6.0	V
管脚通过的电流	I <sub>pin</sub>	-150	+150	mA
储存温度	T <sub>stg</sub>	-40	+125	
工作温度	T <sub>o</sub>	-40	+85	

电气参数(测试条件:除非有指出,测试温度范围从-10 到+70 )

项目	符号	最小	典型	最	单	测试条件
----	----	----	----	---	---	------

				大	位	
工作温度	T0	-25		+85		
电源工作电压	VDD-VSS	4.5	5	5.5	V	
电源工作电流	IDD			10	mA	
电流输入端(差分输入方式)						
电流输入范围	I <sub>ii</sub>	-25		+25	uA	峰值电流
电压输入端(单端输入方式)						
电流输入范围	I <sub>iv</sub>	-25		+25	uA	峰值电流
Fout1, Fout2, DIR 输出低电平 输出高电平	VOL VOH	VDD-1	VSS+1	V V		I <sub>OL</sub> =5mA I <sub>oh</sub> =-2mA
Fout1, Fout2 输出频率	Fp	0 0	64 180	Hz Hz		额定的线性范围 区内从最大到最小的极值状态
振荡电路, 使用电视机的彩色副载波晶体, f=3.579545MHz						
VREF2 脚 电压	Vref	1.1	1.25	1.4	V	对 Vss 的电压范围
VREF1 脚 电流	Iref	40	50	60	uA	加 22K 对 VSS 电阻, Iref=Vref/22K

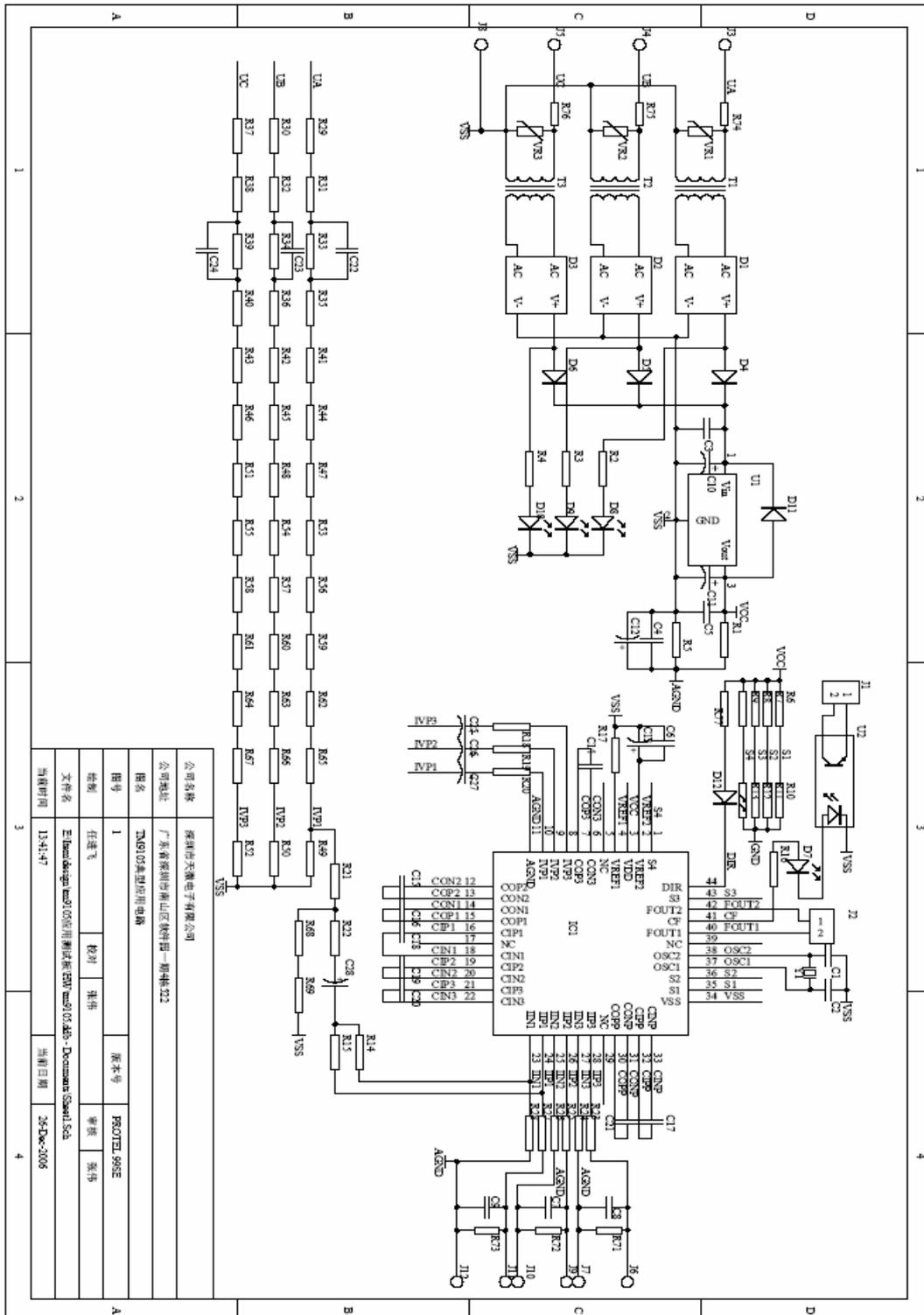
CF 脚输出频率的计算公式：

$$f_{CF} = \frac{714.24 \times \frac{F_{osc}}{3.58M} \times \frac{I_{I1} \times I_{V1} + I_{I2} \times I_{V2} + I_{I3} \times I_{V3}}{3 \times I_R \times I_R}}{DIV}$$

- Fosc: 晶振振荡器的频率 (2MHz.....4MHz)  
 I<sub>i1</sub>, I<sub>i2</sub>, I<sub>i3</sub>: 电流采样端输入电流 (最大电流小于 16uA)  
 I<sub>v1</sub>, I<sub>v2</sub>, I<sub>v3</sub>: 电压采样端输入电流 (最大电流小于 14uA)  
 I<sub>R</sub>: 基准电流 (典型值 50uA)  
 DIV: 分频系数, 见分频设置表  
 注:

为了保持电表的稳定性, 防止在长期的使用过程中电位器的漂移, 在实际的生产中, 这些电阻采用的是多个电阻的串联组成的, 可以通过对部分电阻的短路来调整电表的零点, 只需要保证电压输入端的最大值维持在 14uA 以下, 电流输入端的最大值在 16uA.

九、典型应用图例



TM9936 电子式三相交流有功电能表元器件明细表

	Part Type	Designator		Part Type	Designator
1	*	R68	70	104	C4
2	0	R7	71	104	C7
3	0	R6	72	104	C9
4	0	R13	73	104	C3
5	0	R12	74	104	C5
6	0	R14	75	104	C6
7	0	R10	76	104	C8
8	0	R11	77	150K	R44
9	0	R9	78	150K	R45
10	0	R15	79	150K	R46
11	0	R8	80	200K	R43
12	1K	R5	81	200K	R42
13	1K	R1	82	200K	R41
14	1K	R3	83	220K	R37
15	1K	R77	84	220K	R31
16	1K	R2	85	220K	R40
17	1K	R4	86	220K	R34
18	1M	R22	87	220K	R29
19	1M	R19	88	220K	R36
20	1M	R20	89	220K	R35
21	1M	R21	90	220K	R32
22	1M	R18	91	220K	R30
23	2.2K	R67	92	220K	R39
24	2.2K	R65	93	220K	R38
25	2.2K	R66	94	220K	R33
26	2.2N	C21	95	510	R16
27	2.2U	C28	96	560P	C15
28	2.2U	C26	97	560P	C14
29	2.2U	C27	98	560P	C16
30	2.2U	C25	99	680V	VR2
31	3.3N	C17	100	680V	VR3
32	3.3N	C18	101	680V	VR1
33	3.3N	C20	102	1000U	C10
34	3.3N	C19	103	1000U	C11
35	3.58M	Y1	104	AGND	J10
36	4.7K	R63	105	AGND	J7
37	4.7K	R62	106	AGND	J12
38	4.7K	R64	107	DBS105	D2
39	9.1K	R60	108	DBS105	D1
40	9.1K	R59	109	DBS105	D3
41	9.1K	R61	110	C*	C22
42	10U	C13	111	C*	C24
43	10UF	C12	112	C*	C23

44	12K	R26	113	CF	D7
45	12K	R27	114	CF	J1
46	12K	R28	115	DIR	D12
47	12K	R23	116	F1 F2	J2
48	12K	R24	117	GND	J8
49	12K	R25	118	IA	J11
50	18K	R57	119	IB	J9
51	18K	R58	120	IC	J6
52	18K	R56	121	IN4007	D11
53	20P	C2	122	IN4007	D6
54	20P	C1	123	IN4007	D5
55		22 R72	124	IN4007	D4
56		22 R71	125	2501	U2
57		22 R73	126	PA	D8
58	22K	R17	127	PB	D9
59	39K	R53	128	PC	D10
60	39K	R55	129	PTC	R76
61	39K	R54	130	PTC	R74
62	75K	R48	131	PTC	R75
63	75K	R52	132	TM9105QF	IC1
64	75K	R47	133	TRANS1	T2
65	75K	R51	134	TRANS1	T3
66	75K	R50	135	TRANS1	T1
67	75K	R49	136	UA	J3
68	78L05	U1	137	UB	J4
69	100K	R69	138	UC	J5

**应用注意**

- 1、电阻分压网络的分压系数要求稳定，最好用 1%精度，温度系数小于 100 的电阻。AD 转换使用高精度的高频电容，精度控制在 10%以内。电源部分的电解电容建议使用高稳定长寿命的电容（如红宝石），晶振是彩色电视机上的彩色副载波晶体谐振器（F=3.5795MHZ）。电流采样采用三相电流互感器的方式，互感器用 0.1 级产品。RF1, RF2, RF3 取值与互感器负荷电阻相同。电源变压器功率要求 1W 以上，220V/10V。
- 2、布线时高压走线要尽量短，远离小信号走线，采样信号输入端走线要相互靠近，平行走线，尽可能使三相走线所处条件相似，抵消干扰。
- 3、调试时注意：分频比一般用 1000-1110 之间（90ms），管脚 VREF2 对地电压要准确保持为 1.2V。电压输入端最大电流不能超过 14uA，电流输入端电流不能超过 16uA，否则精度差变。电流互感器通过电流设置电阻（R23....R28）输入到 TM9936 的电流输入端，这些电阻的阻值通过下面的公式计算：

$$\text{相位 1: } R23=R24 \quad (IL1/16\mu A) * RF1/2$$

$$\text{相位 2: } R25=R26 \quad (IL2/16\mu A) * RF2/2$$

$$\text{相位 3: } R27=R28 \quad (IL3/16\mu A) * RF3/2$$

其中 ILX=互感器在额定最大电流条件下的次级电流。

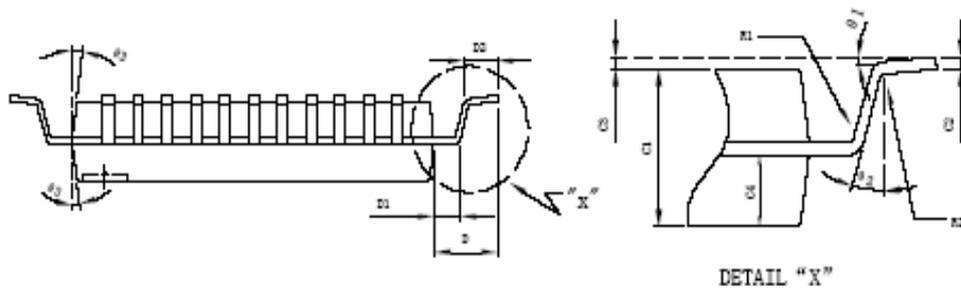
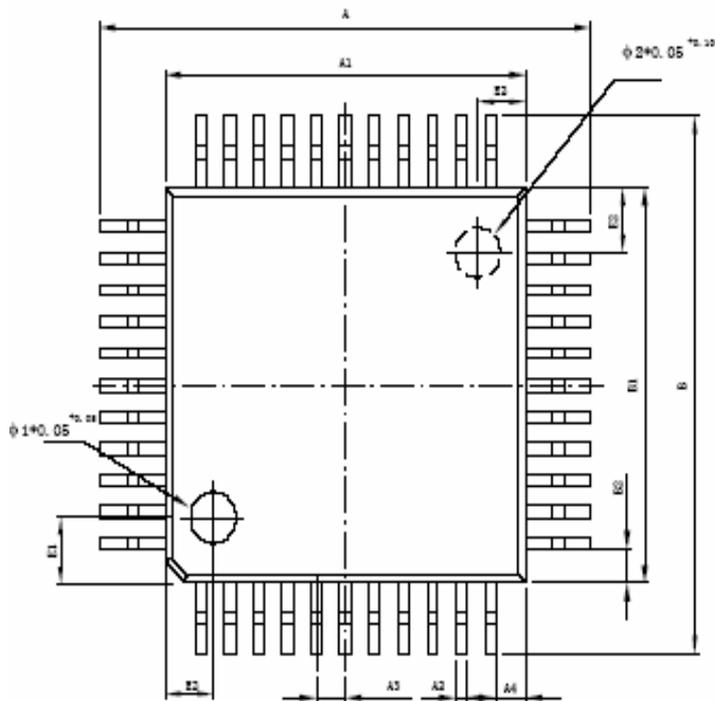
一次电流	二次电流	二次负荷	精度等级	备注
1.5(6)A	5mA	20	0.1	
5(20)A	5mA	20	0.1	
10(40)A	10mA	10	0.1	
15(60)A	15mA	10	0.1	
20(80)A	20mA	5	0.1	

- 4、在 SM9935 中需在 VREF 端外加外部基准，在 TM9936 的应用中可以将该外部基准省去，直接使用芯片内部基准，节约系统成本。
- 5、S1/S2/S3/S4 分频设置

S1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
S2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
S3	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1
S4	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
CF	无	15ms	15ms	30ms	30ms	30ms	60ms	60ms	90ms								
分频比	1	2	3	4	5	6	7	9	11	13	18	21	27	36	54	60	

十、封装

尺寸 标注	最小 (mm)	最大 (mm)	尺寸 标注	最小 (mm)	最大 (mm)
A	13.20	14.00	D	1.8 TYP	
A (引脚)	12.90	13.50	D (引脚)	1.6 TYP	
A1	9.90	10.10	D1	0.80 TYP	
A2	0.20	0.375	D2	0.50	1.00
A3	0.67	0.93	E1	1.34	1.45
A4	0.85TYP		E2	1.37	1.45
B	13.20	14.00	E1	0.13MIN	
B (引脚)	12.90	13.50	E2	0.13	0.3
B1	9.90	10.10	φ1	1.5TYP	
B2	0.85TYP		φ2	1.5TYP	
C1	1.90	2.10	θ1	4° TYP	
C2	0.11	0.23	θ2	20° TYP	
C3	0.05	0.20	θ3	8° TYP	
C4	0.904	0.944			



QFP44