低压 I/O 触摸屏控制器JMT2046

特点：

- 与 TSC2046，ADS7846 管脚兼容
- 2.2V~5.25V 工作电压
- 1.5V~5.25V 数字 I/O 接口
- 2.5V 内部参考源
- 电池检测（0V~6V）
- 片内温度测量
- 触摸压力测量
- QSPI™ 和 SPI™3 线接口
- 低功耗模式
- TTSOP-16 QFN-16 封装

应用背景：

- 产品型号规格：12 位 A/D 转换器－采样频率 125kHz
- 个人数字助理
- 便携式设备
- 消费终端
- 寻呼机
- 电阻式触摸屏
- 手机

概述

JMT2046 是 4 线触摸屏控制器，如图 1 所示。它支持从 1.5V 到 5.25V 的低压 I/O 接口。JMT2046 与 TSC2046、ADS7846 的管脚完全兼容。它芯片内部有 2.5V 参考源、电池检测、温度测量等功能。内部参考源在不使用时，可处于低功耗状态，可以在低到 2.7V 电压下正常工作，同时可以检测 0~6V 的电池电压。JMT2046 在 2.7V 工作电压下的（参考源停止工作），功耗小于 0.75mW，采样频率为 125KHz，可以广泛地应用在 PDA、寻呼机、移动电话等便携式设备上。该芯片适应温度范围为-40^{0}C~+85^{0}C。

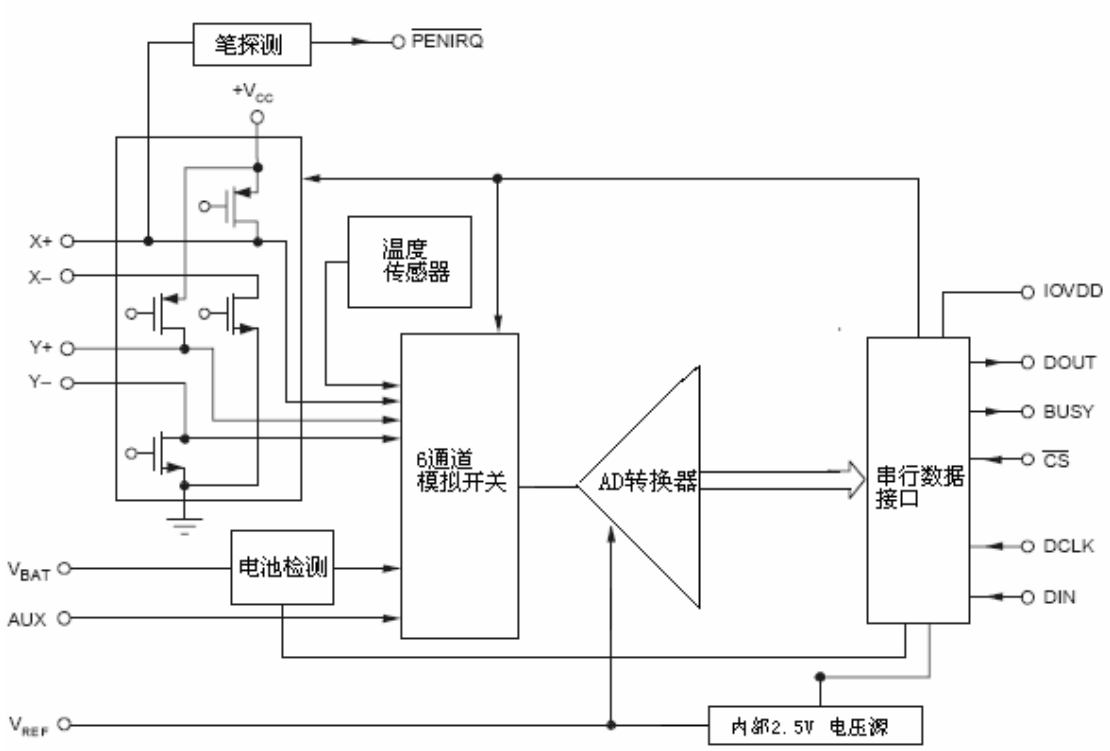


图 1 JMT2046 结构图

电学特性

（除非特殊说明，测试条件为 T_A=-40℃~ +85℃，VCC=2.7V，V_{REF}=2.5V 内部基准源，f_{SAMPLE}=125KHz，f_{CLK}=16* f_{SAMPLE}=2MHz，12 位模式，IOVDD=2.7V）

参数	工作条件	最小值	典型值	最大值	单位
模拟输入					
满量程输入范围	正端—负端	0		V_{Ref}	V
绝对输入范围	正端	−0.2		+VCC + 0.2	V
漏电流			0.1		uA
系统性能					
分辨率			12		Bit
无失码		11			Bit
积分非线性误差				±2	LSB
失调误差				±6	LSB
增益误差	外接基准电压			±4	LSB
采样性能					
转换时间				12	时钟周期
捕获时间		3			
采样率				125K	时钟周期 Hz
开关驱动					
导通电阻					

Y+，X+			5		Ω
Y-，X-			6		Ω
驱动电流				50	mA
参考电压输出					
内部基准电压		2.45	2.5	2.55	V
内部基准源温漂			15		ppm/°C
静态电流			500		uA
参考电压输入					
输入范围		1.0		+VCC	V
电池检测					
输入电压范围		0.5		6.0	V
精度	VBAT=0.5V-5.5V，	-2		+2	%
	V_{REF}=2.5V 外部部基准				
	VBAT=0.5V-5.5V，	-3		+3	%
	V_{REF}=2.5V 外部部基准				
温度测量					
测温范围		-40		+85	°C
分辨率	差分模式		1.6		°C
	TEMP0		0.3		°C
精度	差分模式		±2		°C
	TEMP0		±3		°C
数字输入/输出					
V_{IH}	$\|I_{IH}\|$<5uA	IOVDD*0.7		IOVDD+0.3	V
V_{IL}	$\|I_{IL}\|$<5uA	-0.3		0.3* OVDD	V
V_{OH}	I_{OL}=-250uA	IOVDD*0.8			V
V_{OL}	I_{OL}=+250uA			0.4	V
电源					
+VCC	性能指标	2.7		3.6	V
	操作范围	2.2		5.25	V
IOVDD		1.5		+VCC	V
静态电流	内部基准关闭		280		uA
	内部基准开启		780		uA
	f_{SAMPLE}=12.5KHz		220		uA
	低功耗模式			5	uA
功耗	VCC=2.7V			2	mW
温度范围		-40		+85	°C

极限工作条件（GND=0V；所有电压都是相对于地的。）

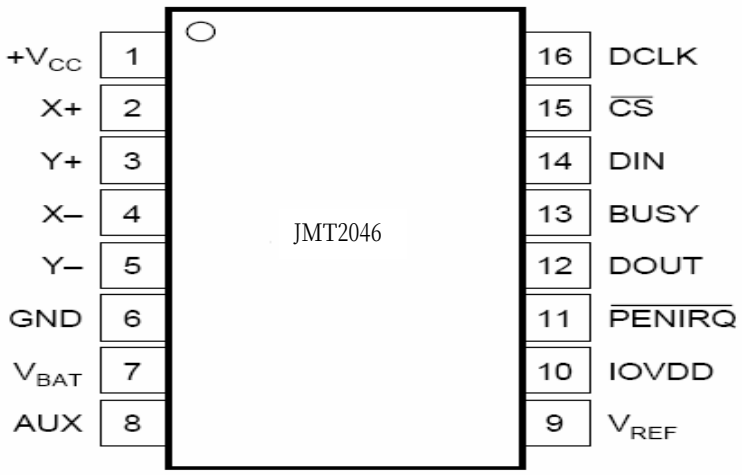
参数	符号	最小	最大	单位
直流电源	V_{cc}	-0.3	+6.0	V
模拟输入电压	V_{Ain}	-0.3	$+V_{cc}$+0.3V	V
数字接口电压	IOVDD	-0.3	+6.0	V
数字输入电压	V_{Din}	-0.3	+IOVDD+0.3V	V
功耗	P_d		250	mW
最大结温	T_j		+150	℃
工作环境温度	T_A	-40	+85	℃
存储温度	T_{stg}	-65	+150	℃
压焊温度	T_l		+300	℃

*其中 X+，Y+，X-，Y-四管脚经过 8000V 抗静电测试

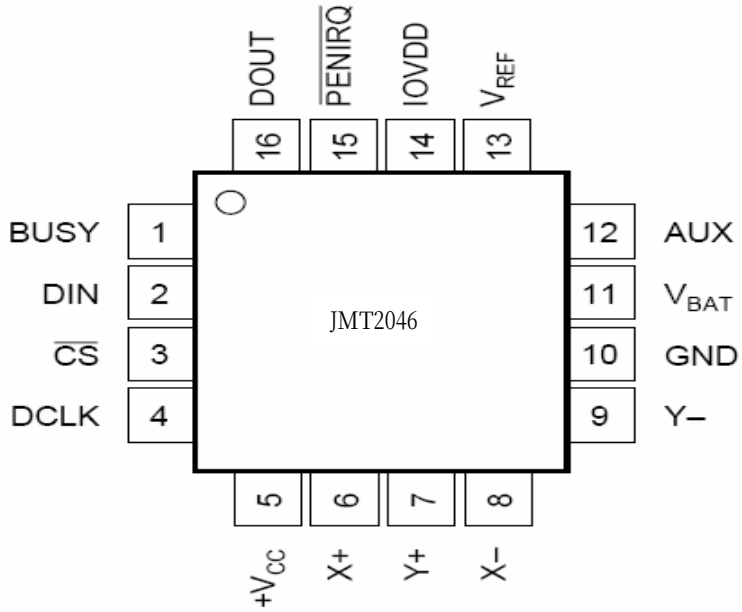
管脚说明

主要信号说明

TSSOP 管脚号	QFN 管脚号	名称	功能描述
1	5	V_{CC}	电源
2	6	X+	X+位置输入
3	7	Y+	Y+位置输入
4	8	X-	X-位置输入
5	9	Y-	Y-位置输入
6	10	GND	地
7	11	V_{BAT}	电池检测输入
8	12	AUX	转换器辅助输入
9	13	V_{REF}	电压源的输入输出
10	14	IOVDD	数字电源
11	15	$\overline{\text{PENIRQ}}$	中断
12	16	DOUT	串行数据输出
13	1	BUSY	数据转换完成信号输出
14	2	DIN	串行数据输入
15	3	$\overline{\text{CS}}$	片选输入
16	4	DCLK	外接时钟输入



16-pin TSSOP



16-pin QFN

图 2 JMT2046 引出端排列图

工作原理

JMT2046 是典型的逐次逼近 AD 转换器，该结构基于电容分布式，内部包括采样/保持功能。JMT2046 的基本操作如下图所示。该器件内部集成 2.5V 基准源，

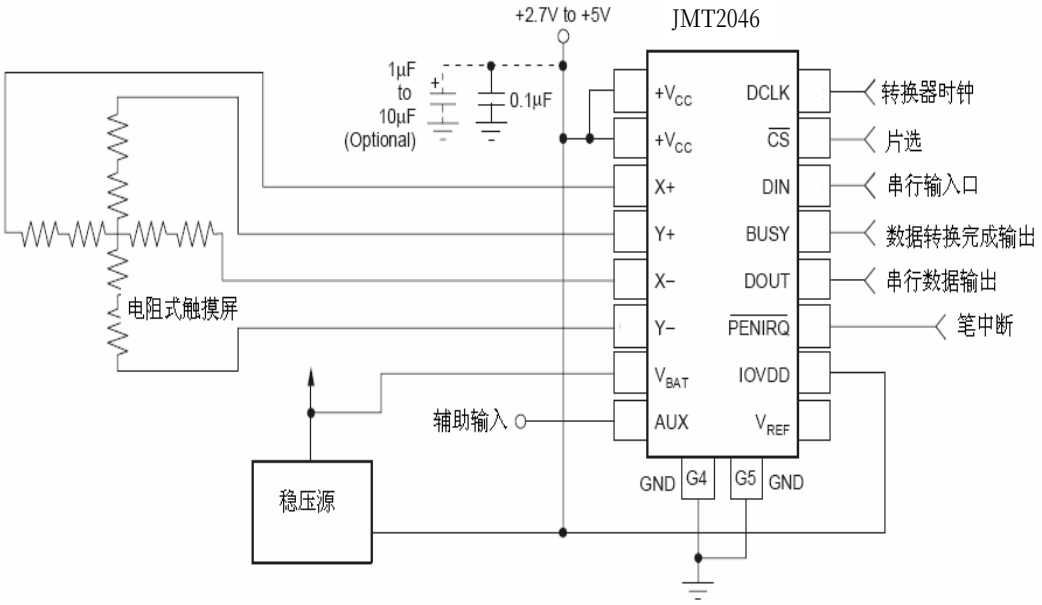


图 3 JMT2046 应用简图

使用外部时钟，工作电压为单电源 2.7V—5.25V。内部参考电压也可以用 1V-+VCC 外部低阻抗的参考电压驱动。参考电压决定转换器的输入范围。

转换器的模拟输入由内部的多路模拟开关提供。转换器提供差分输入，可以很好的消除触摸屏快关驱动电阻的误差。

表 1 输入控制结构（DIN）单端模式（SER/$\overline{DFR}$ 为高）

A2	A1	A0	V_{BAT}	AUX_{IN}	TEMP	Y-	X+	Y+	Y 方向	X 方向	Z1 方向	Z2 方向	X 驱动	Y 驱动
0	0	0			+IN（TEMP0）								关	关
0	0	1					+IN		测量				关	开
0	1	0	+IN										关	关
0	1	1					+IN				测量		X-开	Y+开
1	0	0				+IN						测量	X-开	Y+开
1	0	1						+IN		测量			开	关
1	1	0		+IN									关	关

1	1	1			+IN（TEMP1）								关	关

表 2 输入控制结构（DIN）差分模式（SER/$\overline{\text{DFR}}$ 为低）

A2	A1	A0	+REF	-REF	Y-	X+	Y+	Y 方向	X 方向	Z1 方向	Z2 方向	驱动
0	0	1	Y+	Y-		+IN		测量				Y+, Y-
0	1	1	Y+	X-		+IN				测量		Y+, X-
1	0	0	Y+	X-	+IN						测量	Y+, X-
1	0	1	X+	X-			+IN		测量			X+, X-

内部参考电压源

JMT2046 具有 2.5V 内部参考电压源，可通过控制位 PD1 来控制开关。一般内部参考源在单端模式下进行温度测量、电池检测、使用辅助端口的时候才使用。理想情况触摸屏使用差分模式。如果 JMT2046 要和 ADS7843 兼容，必须关闭内部参考源。

外部参考电压输入

JMT2046 的外部参考电压输入范围为 1V- +VCC。随着参考电压的减小，转换器输出数字码所对应的电压权重相应减小，即 LSB 相应减小。对于 12 位模式，LSB 的大小为输入参考电压除以 4096。随着 LSB 相应减小，转换器的失调误差和增益误差相应增大。由于参考电压直接驱动内部电容式 DAC，所以输入电流很低。另有一点需要注意的是在使用差分模式转换数据时，不能使用外部参考电压，只能使用 VCC 作为正端参考电压。

触摸屏设置

在一些应用中，也许需要外部电容来滤除触摸屏操作过程中产生的噪声（例如液晶显示器面板或背景照明电路产生的噪声）。这些电容提供低通滤波来减小噪声，但是会导致对建立时间有要求，因为当面板被触摸时这会显现出增益误差。有一些措施能减小或消除这种不利的后果。问题是输入或参考电压没有在模数转换采样和提供数字输出之前建立最终的稳定模式。加之参考电压在测量周期内可能仍会变化。可以采取的措施一是为满足触摸屏建立时间的要求停止或降低 JMT2046 的 D_{CLK}。这一措施允许输入或参照在获取阶段（JMT2046 的 3 个时钟周期，见图 7）具有稳定的值。这一措施既可以应用在单端模式也可以应用在差分模式。措施二仅可以应用于 JMT2046 的差分模式，即触摸屏处于测量模式或命令JMT2046 处在保持模式（触摸屏保持开通状态），并且不会处于低功耗模式（PD0=1）.这些变换的发生取决于建立时间的要求和 JMT2046 的数据速率。一旦转换所需的数据确定，处理器就会命令 JMT2046 在最后一次测量时转为低功耗模式。这个以过程需要 X 坐标，Y 坐标和 Z 坐标的测量。措施三是在每一转换模式的 15 个时钟周期内进行操作，这与模数转换和固定触摸屏在工作

模式直到处理器命令它停止相交叠。

温度测量

在电池充电时，需要测量周边环境的温度。应用于JMT2046的温度测量技术依赖于半导体结工作在某一固定电流的特性。前置二极管电压（V_{BE}）相对于温度具有良好的特性，应用中通过知道+25°C 的VBE值并监控当温度变化时电压的Δ值，能预测到周围环境的温度。JMT2046提供两种工作模式，第一种工作模式需要在已知的温度条件下进行校准，但是仅仅需要一个阅读模式来预测周边的环境温度。在这一测量周期二极管开启。二极管的电压与多路选择器MUX连接，通过ADC地址A2=0,A1=0,和A0=0（详细情况请见表1和图4），将正向偏压数字化。这一电压是在+25°C 时通过二极管电流为20μA时的典型值。二极管的电压绝对值变化范围为几毫伏。然而这一电压的温度系数(TC)几乎恒定在–2.1mV/°C 。在最后结果的测试中，使用者出于校准的目的将二极管的电压被固定在已知的室温下。结果是相等的温度测量结果0.3/LSB（在12位的模式下）。第二种工作模式不需要测试温度校准，但使用一种双测量方法来消除绝对温度的校准需要以达到2°C 的精度。这种模式需要地址为A2 = 1, A1= 1, 和 A0 = 1的二次转换和91倍大小的电流。第一次和第二次的电压差使用91倍的偏置电流由方程式（1）表述：

$$\frac{kT}{q}\bullet\ln(N) \qquad (1)$$

这里 ：

N为电流倍数=91。

K=波尔兹曼常数（$1.38054\bullet10^{-23}$ 电子伏/开尔文温度）

q=电子荷（$1.602189\bullet10^{-19}C$ ）

T=开尔文温度

这种方法能提供比第一种模式节省至少1.6°C /LSB的绝对温度测量方法。方程式为：

$$^{\circ}K = q\bullet\frac{\triangle V}{(k\bullet\ln(N))} \qquad (2)$$

这里：

$$\triangle V = V(I_{g1}) - V(I_1)(inmV)$$

$$\therefore {}^{\circ}K = 2.573^{\circ}K / mV\bullet\triangle V$$

$$^{\circ}C = 2.573\bullet\triangle V(mV) - 273^{\circ}K$$

注释：为每个二极管温度测量的偏置电流仅仅作用于3个时钟周期（在获取模式），在功耗上不会引起明显的增加，特别是当温度测量只是偶尔发生的时候。

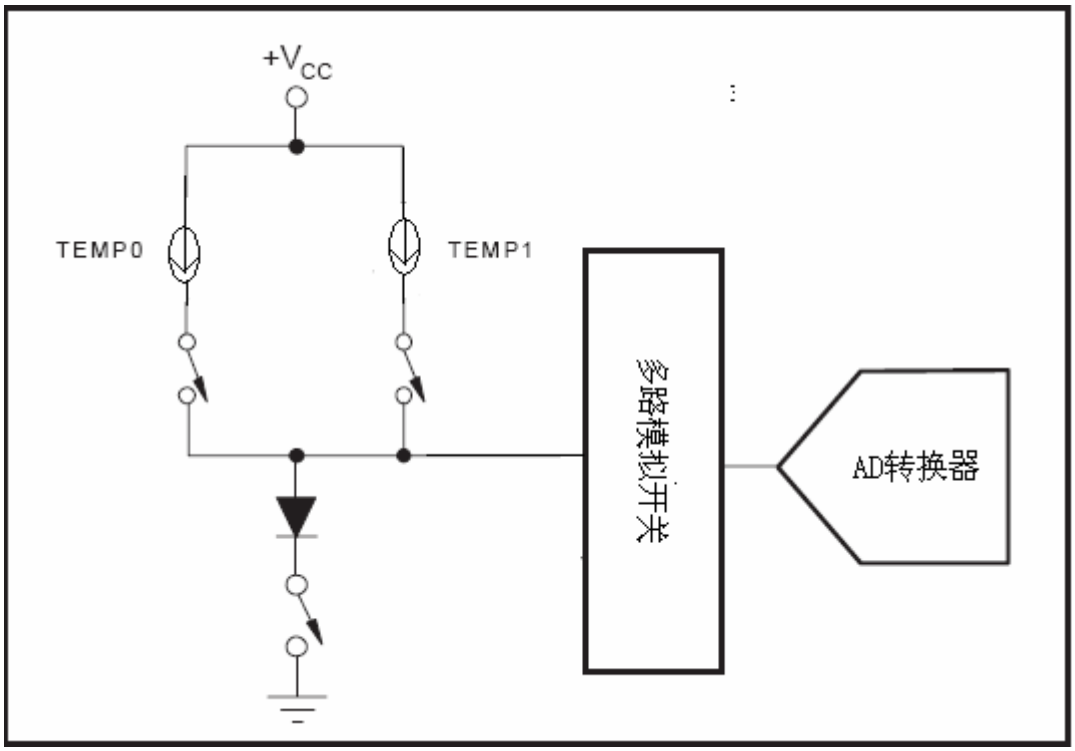


图4 温度测量功能模块图

电池测量

JMT2046具有一项额外的功能即从稳压器（dc/dc转换器）对面监测电池电压，如图7所示。电池电压的变化范围从0V到6V，固定供给JMT2046电压2.7V，3.3V。输入电压（V_{BAT}）用4除，即将5.5V电池电压用1.375V电压代替用于模数转换器。这一设计简化了多路选择器和控制逻辑。为了使功耗最低，除法器只作用于取样周期当A2 = 0, A1 = 1, 和A0 = 0（见表1 控制位和JMT2046的结构之间的关系）。

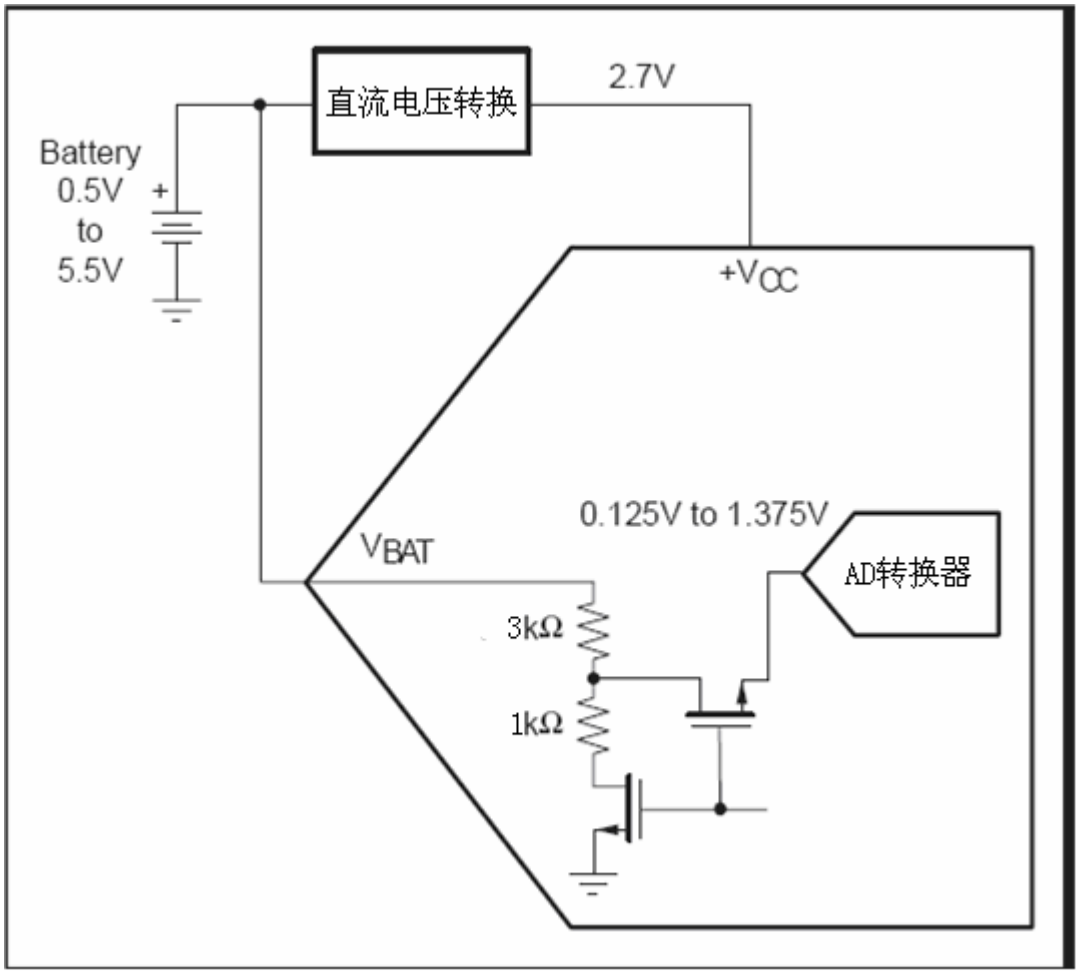


图5 电池测量功能模块图

压力测量

JMT2046具有测量触摸压力的功能。为了判断是笔还是手指触摸，需要决定触摸的压力。一般来说，这项测试不需要很高的性能；所以推荐使用8位的解决方案。（不管怎样这里使用12位的解决方案）。测量有几种不同的方法。JMT2046支持两种方法，第一种方法需要知道X平面的电阻，需从X方向测量和触摸屏两个额外的交叉平面测量（Z1和Z2），如图6中所示。使用方程式（3）来计算触摸电阻：

$$R_{TOUCH} = R_{X-Plate} \bullet \frac{X-Position}{4096}\left(\frac{Z_2}{Z_1}-1\right) \quad (3)$$

第二种方法需要知道X平面和Y平面的电阻，测量X方向，Y方向和Z1方向。使用方程式（4）来计算触摸电阻：

$$R_{TOUCH} = \frac{R_{X-Plate} \bullet X-Position}{4096}\left(\frac{4096}{Z1}-1\right) - R_{Y-Plate}\left(1-\frac{Y-Position}{4096}\right) \quad (4)$$

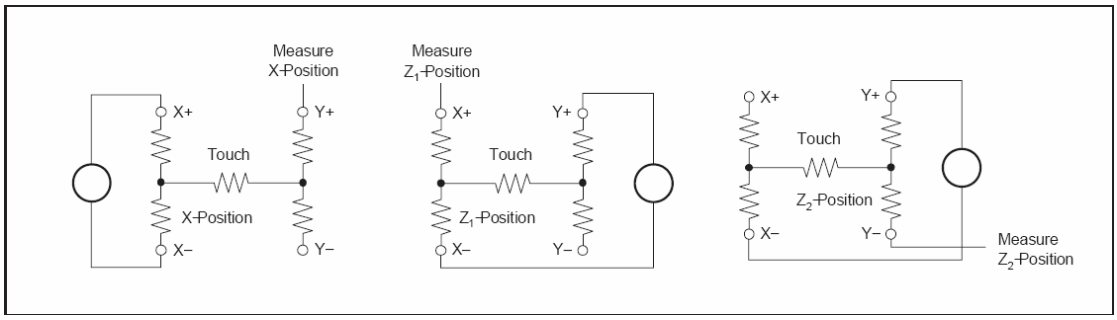


图6 压力测量功能模块图

数字接口

JMT2046 数字接口的工作时序如图 7 所示。图中的信号假设是由微处理器或者数字信号发生器通过基本串行接口输入。每个信号源和转换器之间的如 SPI，SSI，或者微线之类的同步串行接口传输都包括 8 个时钟周期。一次完整的转换需要 3 次串行传输即总共 24 个 DCLK 端的时钟周期。

在第一次 8 个时钟周期里，通过 DIN 端提供控制位的输入。当接受到足够的多路选择和参考输入的相关信息后，芯片进入采样模式；必要时，触摸屏驱动开关可保持打开。在 3 个以上的时钟周期之后，输入相关的控制位读入完成，芯片进入转换模式，也就是说，输入采样保持电路处在保持模式，此时触摸屏驱动开关关闭（单端模式下）。接下来的 12 个时钟周期完成实质上的从模拟信号到数字信号的转换。如果转换器采用差分模式（DFR），则在转换过程中触摸屏驱动开关打开，并且第 13 个时钟周期会影响转换结果的最后一位。最后几位无关紧要的输出（DOUT 为低电平）会占用 3 个以上的时钟周期。

控制位

表 3 所示的 DIN 端的输入控制位为 JMT2046 提供了转换开始，寻址，ADC 精度选择，转换模式选择和功耗模式选择等不同的控制选择。图 9，表 3 和表 4 对控制位组中的各个位的顺序和功能做了详细的描述和说明。

表 3. 控制位组中不同位的顺序

Bit 7（MSB）	**Bit 6**	**Bit 5**	**Bit 4**	**Bit 3**	**Bit 2**	**Bit 1**	**Bit 0（LSB）**
S	**A2**	**A1**	**A0**	**MODE**	**SER/DFR**	**PD1**	**PD0**

表 4. 控制位组中不同位的功能描述

BIT	**NAME**	**DESCRIPTION**
7	S	起始位。当 DIN 第一位输入位为高电平时确定转换位组开始输入。在 12 位转换精度下，可每 15 个时钟周期输入一个新的控制位组；在 8 位转换精度下，则可缩短为 11 个时钟周期。
6－4	A2－A0	通道选择位。与 SER/DFR 位组合输入，用来控制多路选择器的输入，触摸屏驱动开关和参考输入（参照表 1 和表 2）
3	MODE	12 位精度和 8 位精度选择位。控制下一次转换的输出有效位数：低电平为 12 位输出，高电平位 8 位输出。
2	SER/DFR	单端和差分模式选择位。与 A2－A0 位组合输入，用来控制多路选择器的输入，触摸屏驱动开关和参考输入（参照表 1 和表 2）

1－0	PD1-PD0	功耗模式选择位。详细说明见表 5。

起始位－控制位组的第一位，即 S 位，必须为高电平才能表示控制位组为有效输入。JMT2046 忽略 DIN 端所有无效的输入，直到检测到有效的起始位。
地址位－接下来的 3 位（A2，A1 和 A0）的组合能灵活选择多选器（如表 1，表 2），触摸屏和参考的输入。
精度位－精度位选择 ADC 的输出位数。低电平时，输出为 12 位精度；高电平，则输出位 8 位精度。
模式位－模式位控制参考电压模式，单端（高电平）或者差分（低电平）输入。差分模式也就是 ratiometric 转换模式，比较适合用于最优化性能的 X 坐标，Y 坐标和压力的测量。参考电压由开关驱动产生，和触摸屏端的电压基本一样。在这种情况下，由于 ADC 的参考电压就是触摸点的电压，因此需要一个参考电压。在单端模式下，转换器的参考电压一直是 V_{REF} 和 GND 端之间的压差（详见表 1，表 2）。

如果用单端模式来测量 X 坐标，Y 坐标和触点压力，则需要一个外部参考电压并且由这个电压来提供参考。需要注意的是，在单端模式下，尤其当电源电压高于 2.7V 时，输入电压不能超过内部参考电压。差分模式只能用于 X 坐标，Y 坐标和触点压力测试。其他功能只能通过单端模式来实现。
PD0 和 PD1－表 5 描述了功耗和内部参考电压的工作情况设置。内部参考的工作与否可以和 ADC 独立开来。这就给出了额外的时间以便内部参考电压在进行转换之前稳定到最终的电平值。当内部参考休眠的话需确定留出足够的唤醒时间。ADC 则能瞬间开始正常工作而不需要唤醒时间。当内部参考处于休眠状态时，BUSY 端输出高电平。当转换完成时，需要向 JMT2046 输入一个附加信号来使参考电压关断。

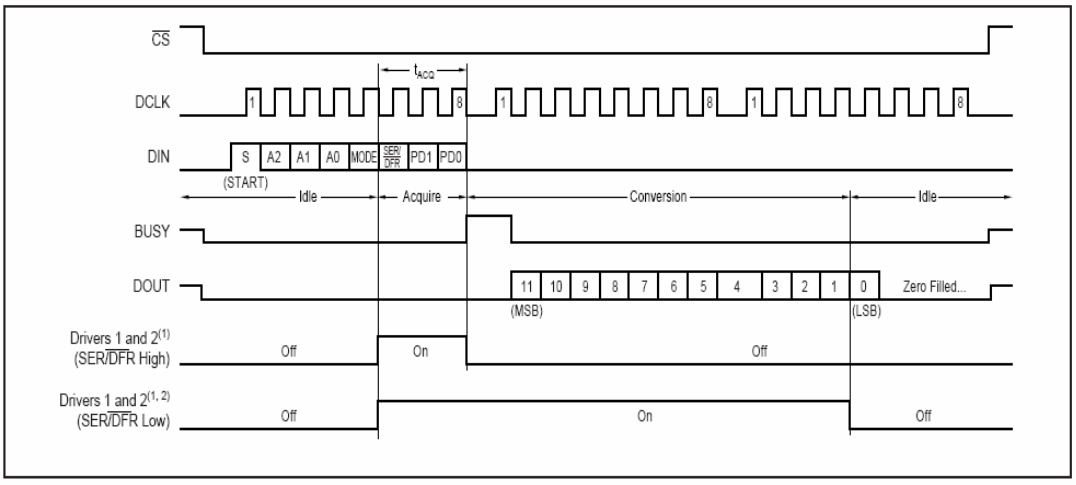


图 7. 转换时序，每次转换 24 个时钟周期，8 位总线接口。无延时的 DCLK 信号和专用串行端口

NOTES：（1）检测 Y－坐标时，X＋被选中且 driver1 打开，driver2 关断。检测 X－坐标时，Y＋被选中且 driver1 关断，driver2 打开。进入 PD0=0 的省电模式时，Y－将打开。
(2)当 PD0＝1（非省电模式）时，driver 都保持打开直到选择的输入通道，参考模式或者省电模式发生改变，或者 CS 变高。

表 5 功耗模式控制

PD1	PD0	PENIRQ	DESCRIPTION
0	0	Enabled	在两次转换之间休眠。每次转换结束后，转换器进入低功耗模式。在下一次转换前，芯片迅速进入正常状态并且不需要额外的延时，最开始的转换仍有效。当休眠时，Y 端开关打开。
0	1	Disabled	参考电压关断，ADC 正常工作
1	0	Enabled	参考电压打开，ADC 休眠
1	1	Disabled	芯片一直正常工作（参考电压和 ADC 都正常工作）

笔触中断输出

笔触中断的功能如图8所示。在PD0=0的省电模式下，Y－端驱动打开，并且将触摸屏的Y－平面接地。PENIRQ输出通过两个传输门连接到X+输入端。当触摸屏幕时，X+输入端通过触摸屏被拉到地。

在大多数JMT2046模型中，内部上拉电阻值通常是50K欧，但是在工艺和温度变化的情况下会在36K欧和67K欧之间变化。为了保证PENIRQ电路能够获得一个0.35VDD的逻辑低电平，X+和Y-端之间的总电阻值必须小于21K欧。

-90版本的JMT2046采用如其编号所示的90K欧的上拉电阻，使得X+和Y-端之间的总电阻值可以高至30K欧。注意上拉电阻越大，PENIRQ对触摸屏接触的响应时间就越大。因此客户端软件应该把这个问题考虑进去。

流流经触摸屏到地使 PENIRQ 输出低电平，并作为一个中断信号的开始输入到处理器。在测量 X－，Y－和 Z－坐标的过程中，X＋输入端与 PENIRQ 的内部上拉电阻使断开的，这能消除从内部上拉电阻流经触摸屏的尖峰电流，从而消除误差。

此外，在 X-，Y-，Z-坐标的测量过程中，PENIRQ 无效，保持低电平。在电池监测，辅助输入和芯片温度的测量过程中，PENIRQ 无效，并保持高电平。如果对JMT2046 写入的最后一个控制位组中包含 PD0=1 的信息，则笔触中断输出的功能被禁止，当屏幕被触摸时无法检测到。如果要在这些情况下重新恢复输入笔中断输出的功能，则需要向 JMT2046 写入一个包含有 PD0=0 信息的控制位组。如果写给 JMT2046 的最后一个控制字中包含有 PD0=0 信息，那么输入笔中断输出功能将在转换结束的时候恢复。被转换数据的 bit 1 从JMT2046 输出后的 DCLK 的下降沿到来时，转换过程结束。

无论何时当处理器向JMT2046 发送控制字时，都建议处理器应当同时屏蔽掉中断 PENIRQ。这是为了防止本节讨论过的 PENIRQ 不起作用时出现的中断端的虚假触发信号。

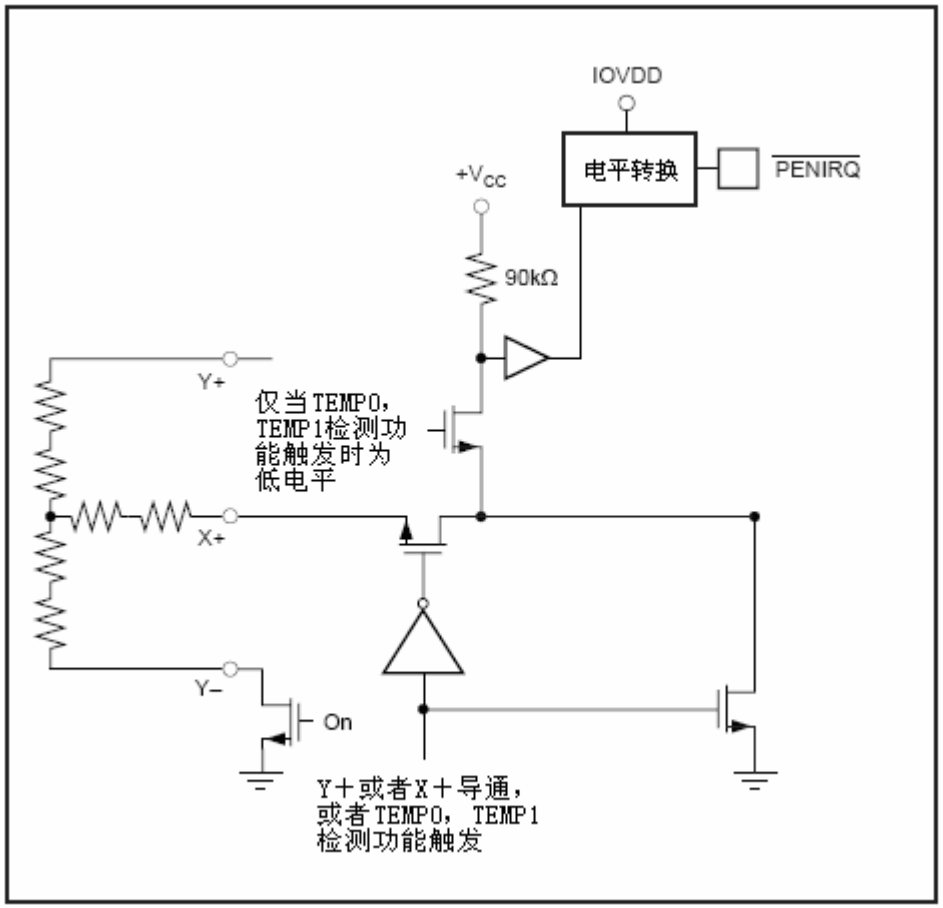

IOVDD
电平转换
PENIRQ
+Vcc
90kΩ
Y+
仅当TEMP0，
TEMP1检测功
能触发时为
低电平
X+
Y−
On
Y＋或者X＋导通，
或者TEMP0，TEMP1
检测功能触发

图 8. 笔触中断功能框图