

# 内含 DAC 及键盘控制器的触摸屏控制器 MAX1233/MAX1234(上)

赵孔新, 王占英, 刘丽伟, 钱 锋  
(长春工业大学 计算机工程学院, 吉林 长春 130012)

摘要: 介绍了 MAXIN 公司生产的 MAX1233/MAX1234 芯片的主要特性、结构和引脚功能, 以及该芯片与主控制器的接口。系统地分析了触摸屏控制器、中断响应机制和寄存器的设置方法, 并给出了应用实例。

关键词: 触摸屏控制器 ADC 寄存器设置 接口

MAX1233/MAX1234 (以下简称 MAX1233) 是 MAXIN 公司生产的 28 脚 QFN 和 TQFN 封装、集成了多种功能模块的四线电阻式触摸屏控制器芯片。片内含有 12 位模/数转换器(ADC)、低导通电阻开关网络驱动的电阻式触摸屏控制器、内部+1.0V/+2.5V 基准或外部基准、±2.0℃精度的片内温度传感器、电池电压监视器、键盘控制器、8 位数/模转换器(DAC)和一个同步串行接口。键盘控制器的八个行和列线都能配置为通用的并行 I/O 引脚(GPIO)。所有的模拟输入都具有完备的 ESD 保护。MAX1233 的内部结构图如图 1 所示。MAX1233 提供了可编程的分辨率和采样速率, 当数据就绪、触摸屏被触摸或检测到某个键被按下时, 器件将向主控制器发出中断。软件可配置的扫描控制和内部定时器, 无需增加主

控制器的负担, 为用户提供了很大的灵活性。MAX1233 内部的 16 位寄存器便于在任何时候进行读写操作, MAX1233 支持 SPI/QSPI/MICROWIRE 兼容的串行接口, 可以方便地和具有 SPI 串行口的微控制器接口, 还可以采用 I/O 模拟 SPI 时序方式与没有 SPI 串行口的微控制器接口。MAX1233 与市面流行的其他触摸屏控制器(如 ADS7846 等)相比, 除了具有测量触点坐标、笔触压力等功能外, 片内还增加了多种功能模块, 特别是键盘控制器以及由编程自动实现触摸屏触点多次采样求平均值的特点, 颇具特色。

### 1 主要性能及参数

- ESD 保护模拟输入: ±15kV IEC 1000-4-2 气隙放电; ±8kV IEC 1000-4-2 接触放电。
- 单电源工作: +2.7V~+3.6V (MAX1233); +4.75V~+5.25V (MAX1234)。
- 四线触摸屏接口: 内部+1.0V/+2.5V 基准或外部基准(+1.0V 至 AVDD)。
- 与 SPI/QSPI/MICROWIRE 兼容 10MHz 串行接口。
- 12 位(可编程为 8 位、10 位, 低分辨率适合于如触摸屏压力测量等场合, 低分辨率转换次数较少因此功耗较低)、50KSps ADC 测量包括: 电阻式触摸屏位置坐标和压力检测; 两路辅助模拟输入检测; 两路电池电压输入检测 (0.5V~6V); 片内温度检测。
- 用于 LCD 偏压控制或其他用途的 8 位 DAC。
- 4×4 引脚可编程键盘控制器或可配置为多达 8 个 GPIO 引脚。
- 可编程转换速率。
- 低功耗: 0.3μA 的关断电流器件在 50KSps 最大采样速率下, 消耗电流仅为 260μA, 而在采样速率为 10KSps 时, 电源电流降至 50μA。

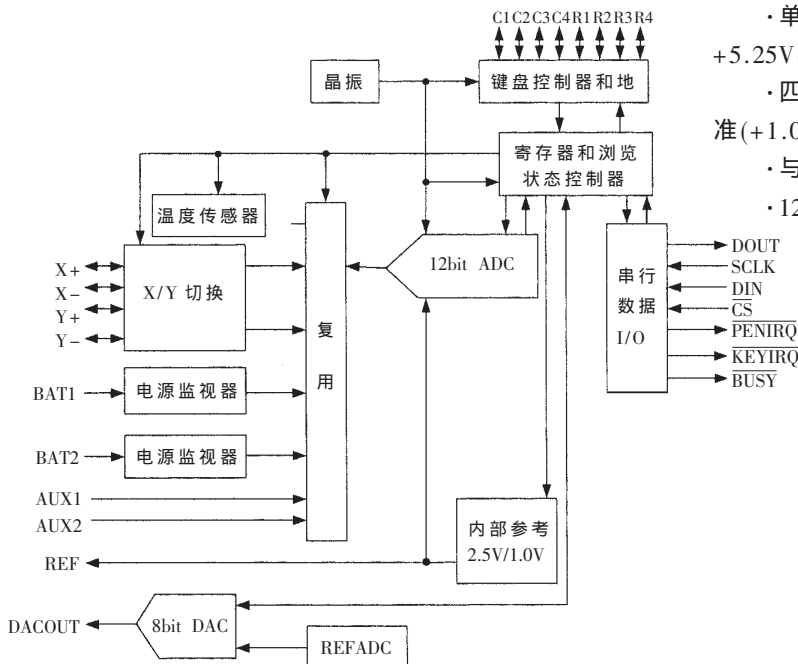


图 1 MAX1233 内部结构框图

# 集成电路应用

- 流入任一引脚的最大电流为 50mA。
- 外部基准电压  $V_{REF}=2.5V$  (MAX1233),  $V_{REF}=4.096V$  (MAX1234)。
- $f_{SCLK}=10MHz$ ,  $f_{SAMPLE}=50Ksps$ , 12 位模式。

## 2 引脚功能

MAX1233/MAX1234 封装及引脚图如图 2 所示。图 3 是 MAX123 应用系统推荐接法。

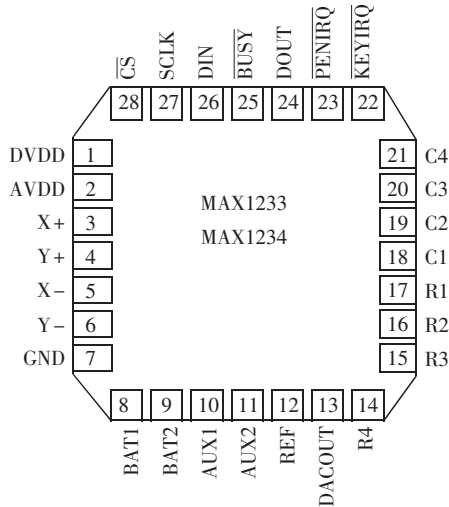


图 2 MAX1233/MAX1234 引脚排列

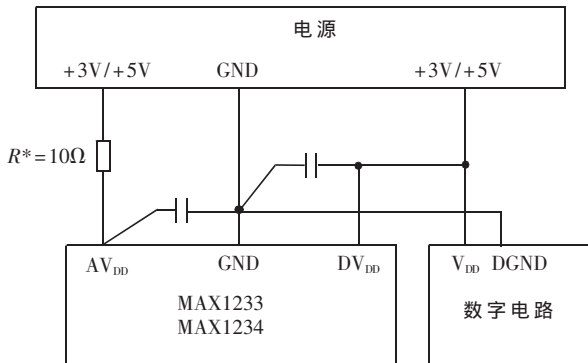


图 3 MAX1233 应用系统推荐的电源供给方式

图中:

- DVDD、AVDD: 分别是数字电源和模拟电源输入端, 范围为 +2.7V~+3.6V (MAX1233) 和 +4.75V~+5.25V (MAX1234), DVDD、AVDD 二者之差限制在 300mV 之内。
- REF: 基准电压输入/输出, DAC 的参考电压。内部基准电压模式时, 提供 2.5V 或 1.0V 的输出; 外部基准电压模式时, 作为输入, 其值在 1.0V~AVDD 之间选择。
- X+、X-、Y+、Y-: 为触摸屏四线电极输入端。
- AUX1、AUX2: 两路辅助模拟输入, 范围为 0~ $V_{REF}$ 。
- BAT1、BAT2: 两路电池电压输入, 最高可达 +6V。
- DACOUT: DAC 电压输出。
- R1、R2、R3、R4: 键盘的四根行线引脚, 能分别配置为 GPIO0、GPIO1、GPIO2、

GPIO3。

- C1、C2、C3、C4: 键盘的四根列线引脚, 能分别配置为 GPIO4、GPIO5、GPIO6、GPIO7。
- $\overline{KEYIRQ}$ : 键盘中断, 低电平有效: 当检测到键盘键被按下时,  $\overline{KEYIRQ}$  为低电平。
- $\overline{PENIRQ}$ : 触摸笔中断请求, 低电平有效: 当检测到触摸屏被笔触摸时, 输出低电平, 用来通知主控制器。
- DIN、DOUT: 分别为串行数据输入、输出。
- $\overline{BUSY}$ : 忙指示信号, 低电平有效。通常  $\overline{BUSY}$  处于高电平,  $\overline{BUSY}$  输出表明操作是否正在进行中。使用串行口以前, 主控制器处于等待状态直到  $\overline{BUSY}$  为高电平。
- SCLK: 同步串行时钟输入。
- $\overline{CS}$ : 片选信号。

## 3 通信协议和接口

MAX1233 通过标准的同步串行口 (支持 SPI/QSPI/MICROWIRE 等) 连接到主控制器, 以 SPI 标准为例, 与主控制器的连接方式如图 4 所示, 通信频率可达 10MHz。图中, DIN 和  $\overline{CS}$  是 MAX1233 的数据输入, DOUT 是串行数据输出。数据在时钟 SCLK 的下降沿被同步输出, 当  $\overline{CS}$  为高电平时 SCLK 呈高阻态。当检测到屏被触及或按键压下时, MAX1233 发出中断请求信号  $\overline{PENIRQ}$  或  $\overline{KEYIRQ}$  通知主控制器。通过串行口对寄存器读出或写入完成对 MAX1233 的控制。这些寄存器是通过 16 位命令来寻址的, 并且命令优先于数据传送。表 1 给出了这些命令字的格式。

为了寻址存储器完整的页 0, 主控制器必须发送给 MAX1233 命令字 1000 0000 000x, xxxx, 然后 MAX1233 同步输出 16 位数据。为了寻址存储器的页 1, 主控制器给 MAX1233 发送命令字 0000 0000 010x, xxxx, 随后的 16 位数据被写入控制寄存器。主控制器和 MAX1233 之间完整的读写操作分别如图 5、图 6 所示。

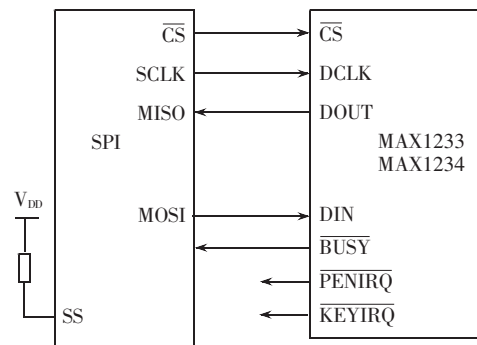


图 4 MAX1233 与主控制器接口

表 1 命令字格式

位 15 (MSB)	位 14	位 13	位 12	位 11	位 10	位 9	位 8
R/W	RES	RES	RES	RES	RES	RES	RES
位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0 (LSB)
RES	PAGE	ADD5	ADD4	ADD3	ADD2	ADD1	ADD0

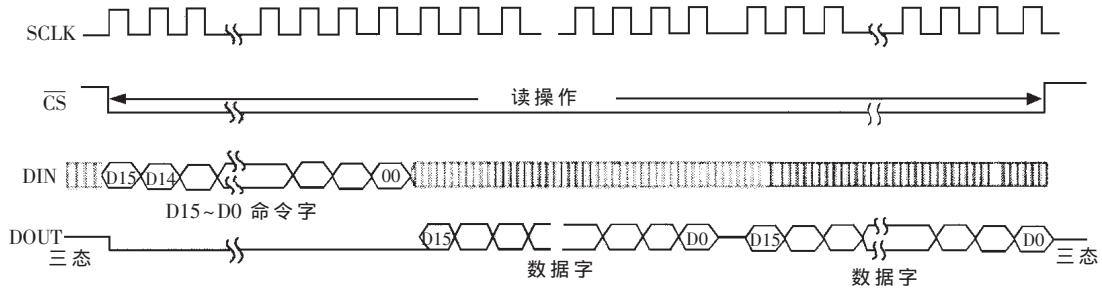


图 5 写操作时序

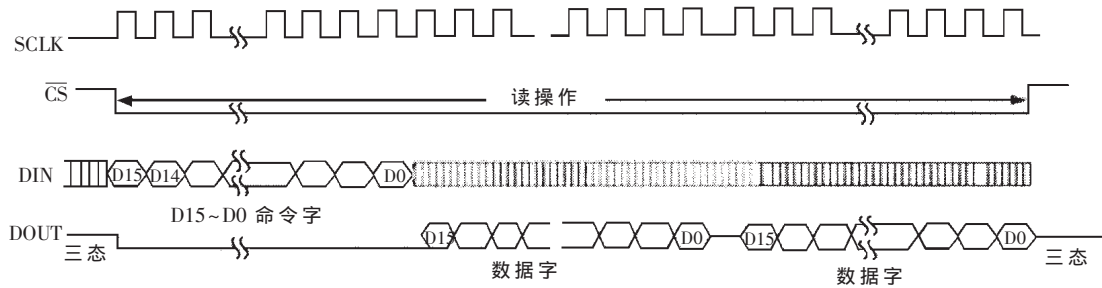


图 6 读操作时序

## 4 触摸屏操作

### 4.1 原理

四线触摸屏与 MAX1233 的模拟输入引脚连接。当触摸屏某点被笔触及时，触摸屏的垂直阻抗或水平阻抗生成一个电压梯度，根据这个原理来检测触点坐标等参数，如图 7 所示。通过内部 MOSFET 开关将各个阻抗层连接到 AVDD 和地，从而在触及点上产生一个分压。例如，为了测量触及点的 Y 坐标，通过 Y+ 和 Y-，垂直阻抗层被连接到 AVDD 和 GND。水平阻抗层的阻抗功能如同传感线。这个阻抗层的一端连接到 X+ 输入，而另一端开路。触点使两个阻抗层处于连接状态并且在这点产生一个分压，数据转换器通过 X+ 输入端检测出这个分压并使之数化。

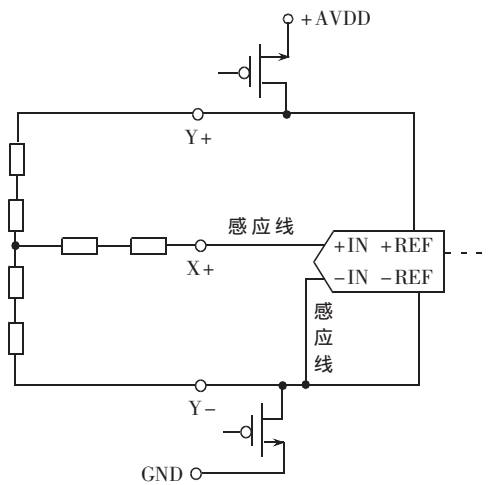


图 7 触摸屏测量

通过写 ADC 控制寄存器来完成触摸屏检测的允许或禁止。在初始上电时触摸屏检测被禁止，一旦触摸屏

检测被允许时，Y-驱动器接通，Y-引脚连接到 GND；X+引脚通过内部 1MΩ 电阻上拉到 AVDD。当触摸屏被笔触及时，X+引脚通过触摸屏被下拉到 GND，一次笔触及即被检测到。触摸屏检测原理如图 8 所示。

### 4.2 12 位 ADC 模拟输入

ADC 模拟输入简化结构图如图 9 所示，包括输入多路复用器、差分输入和基准源。输入多路复用器在 X+、X-、Y+、Y-、AUX1、AUX2、BAT1、BAT2 和内部温度传感器间进行切换。初始上电时 MAX1233 自动处于省电模式，在这种模式下，内部基准电压被正常关闭。当电池测量、温度测量或辅助输入测量的命令被写进 ADC 控制寄存器时，器件接通内部基准源，等待内部基准电压稳定后再完成相应的扫描操作，之后切断内部基准源。满功率模式下，RES1 位清零，RES0 位置位；同时器件上电

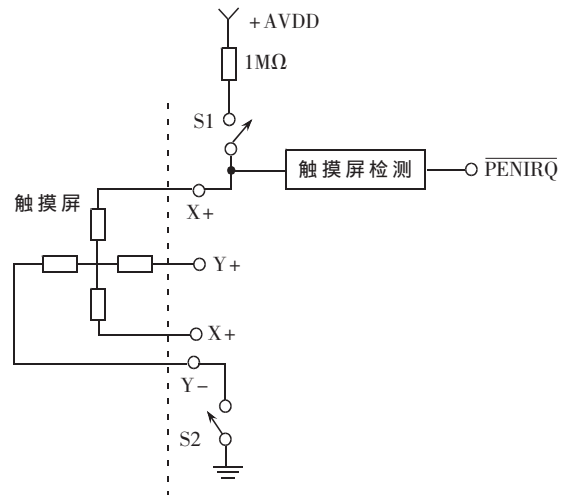


图 8 触摸屏检测原理

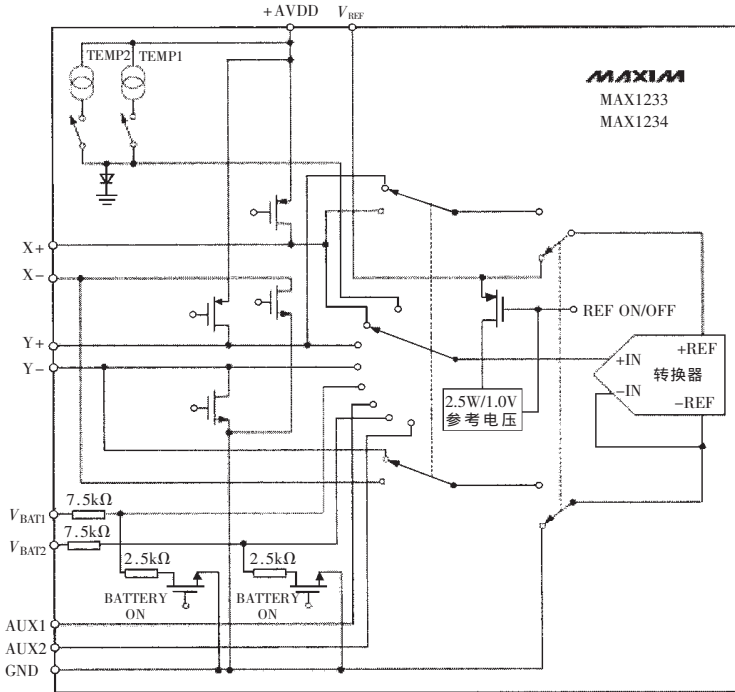


图9 模拟输入简化结构图

状态;写:设置初始化触摸屏扫描中断笔中断状态和ADC状态位。这些位用于控制或监视ADC扫描。

·ADSTS (bit 14)——读:ADC状态;写:停止ADC。PENSTS与ADSTS组合的功能如表2所示。

·A/D3、A/D2、A/D1、A/D0 (bit13~bit10):ADC扫描选择控制位,控制所选输入的转换和使用的转换模式,并且由这四位全部置0来控制内部基准电源上电,如表3所示。

·RES1、RES0 (bit[9,8]):ADC分辨率控制位,这些位确定了ADC的分辨率。当RES1、RES0编码为00或01时,选择8位分辨率(上电时默认)器件进入省电模式;当编码为10时,选择10位分辨率;当编码为11时,选择12位分辨率。

·AVG1、AVG0 (bit[7,6]):ADC平均值采样控制位。这些位确定了完成均值计算的采样数据个数。AVG1、AVG0编码为00时,表示只求一个数据不求均值;编码为01时,求四个数据的均值;编码为10时,求八个数据的均值;编码为11时,求16

表2 PENSTS与ADSTS组合的功能

即将内部ADC基准电源接通,扫描完后内部基准仍为全功率。

## 5 与触摸屏有关的控制寄存器

MAX1233所有寄存器均为16位,全部映射到内部存储器。MAX1233的内部存储器分为两页,一页用于存储数据,一页用于控制,每页都包括32个16位寄存器。上电时,所有寄存器的状态都默认为零,只有DAC数据

寄存器被设置为10000000,输出是中间值。与触摸屏有关的寄存器共有五个:X、Y、Z1、Z2、ADC。其中,ADC是控制寄存器,其他四个是存放触点坐标和阻抗运算的数据寄存器。具体描述如下:

(1)X(地址00h)、Y(地址01h)、Z1(地址02h)、Z2(地址03h):仅使用了低12位(bit11~bit0),高4位为0(bit15~bit12)。

(2)ADC控制寄存器(地址10h):ADC测量触摸屏触点位置坐标、笔压力、电池电压、辅助模拟输入和温度。ADC控制寄存器用来选择一种输入并进行转换。下面给出ADC控制寄存器的格式和从高位到低位各位的命名及含义描述:

·PENSTS (bit 15):——读:笔中断

PENSTS	ADSTS	读操作	写操作
0	0	无笔触屏;正在进行扫描或转换	执行一次扫描,等待笔触屏。一旦检测到,发中断请求并等待直到主控制器响应为止
1	0	检测到笔触屏;正在进行扫描或转换	停止任何正在进行的扫描,等待笔触屏。一旦检测到,发中断请求并执行扫描
0	1	无笔触屏;数据有效	停止任何正在进行的扫描,等待笔触屏。一旦检测到,发中断请求并等待直到主控制器响应为止
1	1	检测到笔触屏;数据有效	停止任何正在进行的扫描,切断触摸屏检测电路。这种模式没有检测到笔触屏

表3 A/D3、A/D2、A/D1、A/D0选择控制位

A/D3	A/D2	A/D1	A/D0	功能
0	0	0	0	选择RES[1:0]位配置ADC基准电压,不执行测量
0	0	0	1	测量X/Y触点坐标并将结果送到X和Y数据寄存器
0	0	1	0	测量X/Y触点坐标和Z1/Z2触摸压力并将结果送到X、Y、Z1和Z2数据寄存器
0	0	1	1	测量X触点坐标并将结果送到X数据寄存器
0	1	0	0	测量Y触点坐标并将结果送到Y数据寄存器
0	1	0	1	测量Z1/Z2触点坐标并将结果送到Z1/Z2数据寄存器
0	1	1	0	测量电池输入1电压并将结果送到BAT1数据寄存器
0	1	1	1	测量电池输入2电压并将结果送到BAT2数据寄存器
1	0	0	0	测量辅助输入1并将结果送到AUX1数据寄存器
1	0	0	1	测量辅助输入2并将结果送到AUX1数据寄存器
1	0	1	0	测量温度(单端)并将结果送到TEMP1数据寄存器
1	0	1	1	测量电池输入1、电池输入2、辅助输入1、辅助输入2和温度(差分)并将结果送到相应的数据寄存器
1	1	0	0	测量温度(差分)并将结果送到TEMP2数据寄存器
1	1	0	1	打开Y+、Y-驱动,不执行测量
1	1	1	0	打开X+、X-驱动,不执行测量
1	1	1	1	打开Y+、X-驱动,不执行测量

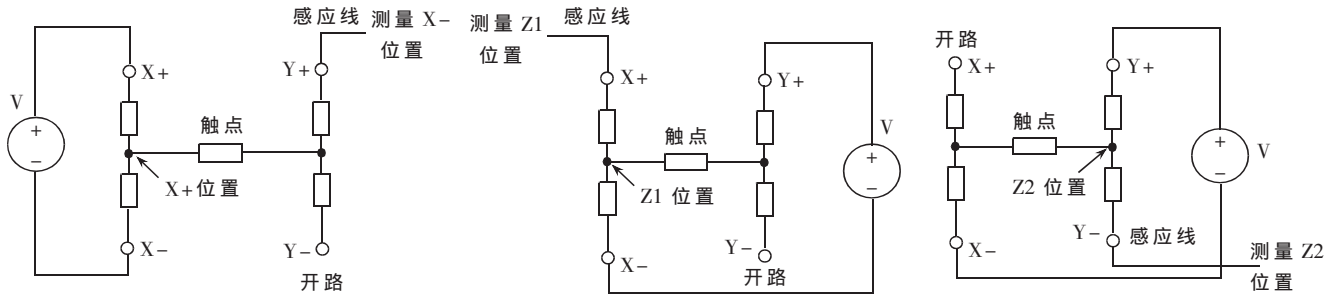


图 10 压力测量结构图

个数据的均值。

·CNR1、CNR0 (bit[5、4]): ADC 转换速率控制, 这些位确定了 ADC 完成一次转换所需要的时间. 转换速率低可降低功耗. CNR1、CNR0 编码为 00~11 时, 分别对应着 3.5、3.5、10 和 100μs 的 ADC 转换时间。

·ST2、ST1、ST0 (bit[3~1]): 触摸屏设置时间控制位. 这些位确定了从笔触及检测到转换开始的时间延迟, 允许用户为使用触摸屏设置一个适当的时间延迟。

·RFV (bit 0): ADC 内部基准电压控制位, 用来选择 ADC 的内部基准电压是 +1.0V 或 +2.5V。

## 6 触点位置坐标和笔触压力的测量

### 6.1 触摸屏压力测量

MAX1233 提供差动转换方式. 如图 7 给出的 Y 坐标测量开关矩阵的配置所示, +REF 和 -REF 直接连到 Y+ 和 Y-, 转换结果是外部电阻的百分比, 不受触摸屏总体阻抗变化或内部开关矩阵导通电阻的影响. MAX1233 提供两种触摸屏压力测量方法, 尽管 8 位分辨率是典型的应用, 但下面的计算采用 12 位分辨率来证明 MAX1233 的最大精度. 图 10 是压力测量结构框图。

第一种方法使用已知的 X 极电阻来测量压力. 在完成 X 位置、Z1 位置和 Z2 位置这三次转换之后, 使用下列方程计算  $R_{TOUCH}$ :

$$R_{TOUCH} = (R_{XPLATE}) \times \left( \frac{X_{POSITION}}{4096} \right) \times \left[ \left( \frac{Z2}{Z1} \right) - 1 \right]$$

第二种方法需要知道 X 层和 Y 层电阻. 这种方法需要进行三次触摸屏转换, 完成 X 位置、Y 位置和 Z 位置的测量, 用下列方程式计算  $R_{TOUCH}$ :

$$R_{TOUCH} = \left\{ \left( \frac{R_{XPLATE}}{Z1} \right) \times \left( \frac{X_{POSITION}}{4096} \right) \times \left[ \left( \frac{4096}{Z1} \right) - 1 \right] \right\} - \left\{ R_{YPLATE} \times \left( \frac{Y_{POSITION}}{4096} \right) \right\}$$

### 6.2 触摸屏测量过程

测量过程: 在 ADC 采样输入之前输入信号、基准电压或这两者还不能最终建立一个稳态值时, 使用 ADC 控制寄存器中的触摸屏延迟控制位, 建立一个在 0~100ms 之内的延迟 (固定的等待时间). MAX1233 提供了两种触摸屏扫描方式: 一种是笔触及启动触摸屏扫描模式 (PENSTS=1, ADSTS=0), MAX1233 自动执行触摸屏扫

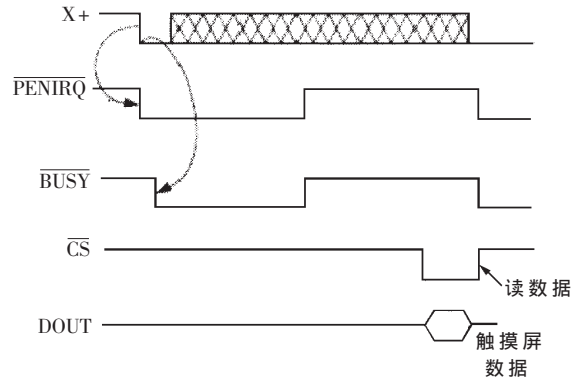


图 11 笔触及启动触摸屏扫描

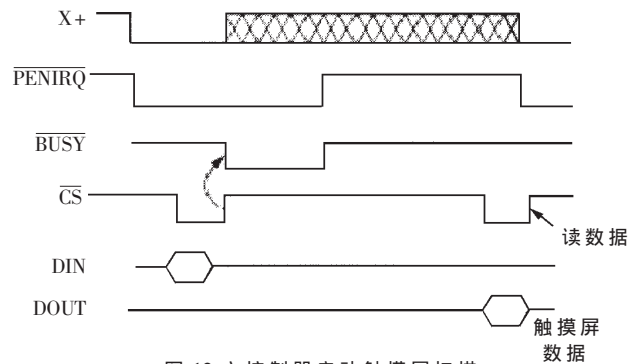


图 12 主控制器启动触摸屏扫描

描, 如图 11 所示. 通过写入 ADC 控制寄存器位 [A/D3: A/D0] 来设置触摸屏自动扫描; 另一种是主控制器启动扫描模式 (PENSTS=ADSTS=0), 如图 12 所示. 在这种模式下, MAX1233 检测到屏已被触及并驱动  $\overline{PENIRQ}$  为低电平, 主控制器响应中断请求并且能通过写 ADC 控制寄存器来选择一种触摸屏扫描功能, 由主控制器决定触摸屏扫描什么时候开始. 转换结束后将转换结果存入到相应的数据寄存器, 等待主控制器的读取。

本文只给出了器件内部触摸屏控制器部分的工作过程及相关的寄存器配置. 下篇将介绍器件内部键盘控制器工作过程及 DAC 应用实例。

(未完待续)

### 参考文献

- 1 MAX1233/1234 Datasheet. MAXIM INC, 2005
- 2 MAX1234EVC16-MAX1234EVKIT. MAXIM INC, 2002

(收稿日期: 2006-05-12)