

# X9221A

## 双数控电位器 (XDCP™)

### 一、概述

#### 1. 1 描述

X9221A 将两个数控电位器 (XDCP) 集成在一个单片 CMOS 微电路中。

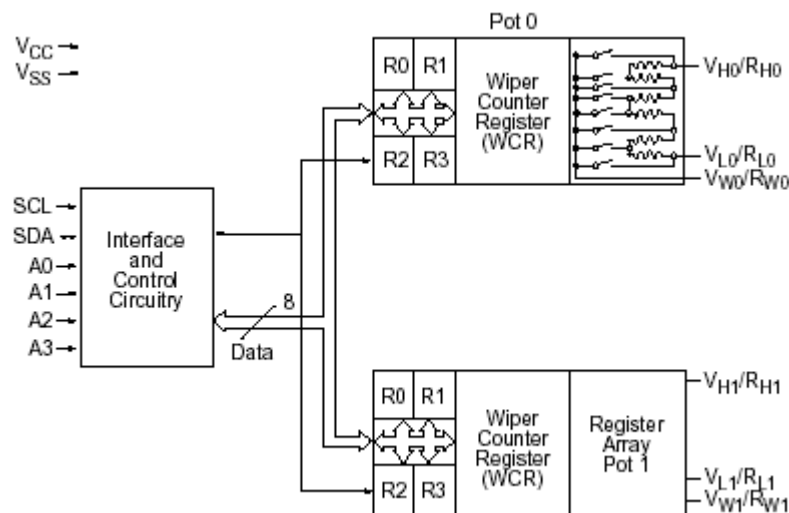
数控电位器由 63 个串联在一个阵列的电阻单元组成。每个单元之间都有通过开关连接到滑动端的抽头点。滑动端在阵列中的位置由用户通过二线总线接口控制。每个电位器均配有一个易失性的滑动端计数寄存器 (WCR) 和两个非易失性的数据寄存器 (DR0、DR1)。这两个数据寄存器可由用户直接写入或读出。WCR 的内容通过开关控制电阻阵列中滑动端的位置。上电时将 DR0 的内容重新调入 WCR 中。

XDCP 可用作一个三终端的电位器或一个二终端的可变电阻，应用范围广泛，包括控制、参数调整和信号处理。

#### 1. 2 特点

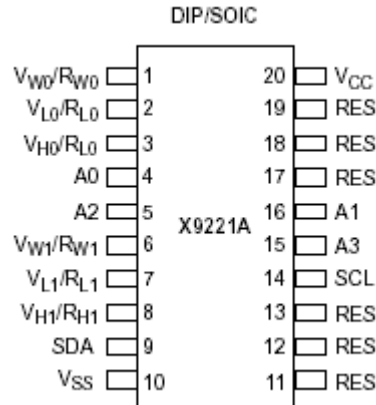
- 两个 Xicor 数控电位器集成在一个封装内
- 二线串行接口
- 寄存器的格式，总共 8 个寄存器
  - 直接写入滑动端位置
  - 读出滑动端位置
  - 每个电位器可储存多达四个位置
- 指令格式
  - 快速转换寄存器内容至电阻阵列
- 直接写单元
  - 持久性：每个寄存器每位100000次写入
- 电阻阵列值
  - 2KΩ、10KΩ、50KΩ
- 分辨率：每个电位器64个抽头
- 20引脚塑料DIP和20引脚SOIC封装

#### 1. 3 方框图



## 1.4 引脚配置及说明

### (1) 引脚配置图



### (2) 引脚名

符号	名称
SCL	串行时钟
SDA	串行数据
A0-A3	地址
$V_{H0}/R_{H0}-V_{H1}/R_{H1}$ 、 $V_{L0}/R_{L0}-V_{L1}/R_{L0}$	电位器 (等效终端)
$V_{W0}/R_{W0}-V_{W1}/R_{W1}$	电位器 (等效滑动端)
RES	保留 (不连接)

### (3) 引脚描述

#### 主机接口引脚

##### 串行时钟 (SCL)

SCL 输入引脚用于向 X9221A 输入或输出时钟数据。

##### 串行数据 (SDA)

SDA 是一个双向引脚，用于向器件输入或输出数据。它是一个漏极开路输出可以与任何数目的漏极开路输出或集电极开路输出线或。漏极开路输出要求使用一个上拉电阻。为了选择合适的典型值，请参见上拉电阻曲线图中计算典型值的指南。

##### 地址

地址输入端用来设置 8 位从地址的低 4 位。从地址的串行数据流必须与输入地址相匹配以便开始与 X9221A 通信。

## 电位器引脚

$V_H/R_H(V_{H0}/R_{H0}-V_{H1}/R_{H1})$ ,  $V_L/R_L(V_{L0}/R_{L0}-V_{L1}/R_{L1})$   
 $V_H/R_H$ 和 $V_L/R_L$ 输入脚，等效于机械电位器任一极端位置的连接端。

$V_W/R_W(V_{W0}/R_{W0}-V_{W1}/R_{W1})$   
滑动端输出脚，等效于一个机械电位器滑动端的输出引脚。

## 二、工作原理

X9221A 是包含了两个电阻阵列以及与它们有关的寄存器、计数器和在主机与 XDCP 电位器间提供直接通信的串行逻辑接口的高集成度的微电路。

### 2. 1 串行接口

X9221A 支持双向总线的协议。该协议定义任何向总线发送数据的器件为发送器，接收数据的器件为接收器。控制信号传送的器件为主机，而被控制的器件称为从机。主机总是启动数据传送并提供发送和接收操作的时钟。因此，X9221A 在所有应用中只能作为从机。

### 2. 2 时钟和数据惯例

只有在 SCL 为低的时期 ( $t_{LOW}$ ) SDA 数据线上的数据状态才允许改变。当 SCL 为高时 SDA 的状态改变被保留用作开始和停止的条件

### 2. 3 开始条件

向X9221A发出的所有命令都由开始条件引导，它是一个当SCL为高时( $t_{HIGH}$ )在SDA线上由高到低的跳变。X9221A不断监视SDA和SCL线上的开始条件，并且在没有遇到这个条件之前不响应任何命令。

### 2. 4 停止条件

所有的通信必须以停止条件终止，它是一个当SCL为高时在SDA线上由低到高的跳变。在一次读操作后，停止条件也被用来将器件置入电源等待方式。只有在发送器释放总线后，才能发送一个停止条件。

### 2. 5 应答

应答是一个软件协议，用来在主、从器件的总线间提供一个正的握手信号，以表示数据接收成功。发送器件不管是主机还是从机，在发送 8 位数据后释放总线。主机产生第 9 个时钟周期，且在此周期接收器将 SDA 拉低，作为它已接收到 8 位数据的应答，见图 7。

在识别出一个开始条件及其从地址后，X9221A将以一个应答作为响应，并在成功地接收到命令字节后它将再次应答。如果命令后面跟一个数据字节，则X9221A将响应一个最终应答。

### 2. 6 阵列说明

X9221A包含两个电阻阵列。每个阵列包含63个串联连接的分立的电阻段。每个阵列的物理终端等效于一个机械电位器的固定端 ( $V_H/R_H$ 和 $V_L/R_L$ 输入端)。

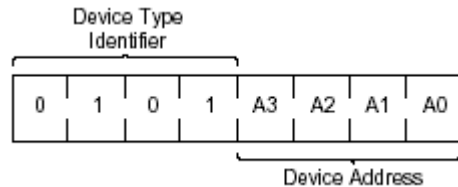
在每个阵列的两个终端以及每个电阻段之间是一个连接到滑动输出端 ( $V_W/R_W$ ) 的FET开关。在每个单独的阵列中，同一时间只有一个开关可以接通。这些开关由滑动端计数寄存器 (WCR) 控制。WCR中的低6位被译码以选择和使能64选1的开关。

WCR可以直接被写入，或者它也可以通过把4个辅助数据寄存器之一的内容传输到WCR中来改变其内容。这些数据寄存器和WCR都可以由主系统来读出和写入。

## 2.7 器件寻址

在开始条件的后面，主机必须输出它所要访问的从机的地址。从机的高4位地址是器件类型标识符（见下面图1）。对X9221A来说，这个标识符固定为0101[B]。

图1 从地址



从地址的后4位是该器件的地址。物理器件地址由 A0-A3 输入端的状态来定义。X9221A 把串行数据流与地址输入端的状态进行比较；若要 X9221A 作出一个应答响应，则必须是所有的4位都能成功地比较。

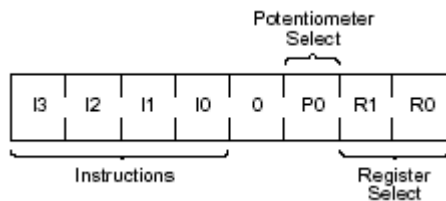
## 2.8 应答查询

在内部非易失性写周期，输入端被禁止，可用作典型时间为 5ms 的 EEPROM 写周期时间。一旦主机的非易失性写命令结束发出停止条件，X9221A 即可开始内部写周期。这时可立即启动应答查询。这包括发出开始条件并紧跟着器件从地址。如果 X9221A 仍忙于高电压周期，则不返回任何应答，如果 X9221A 完成了写操作则返回一个应答，而主机可以开始下一个操作。

## 2.9 指令结构

送到 X9221A 的下一个字节包括指令以及寄存器指针的信息。最高4位是指令。后4位指出二个电位器中的一个，并指出4个辅助寄存器中的一个。其格式示于图中。

图2 指令字节的格式



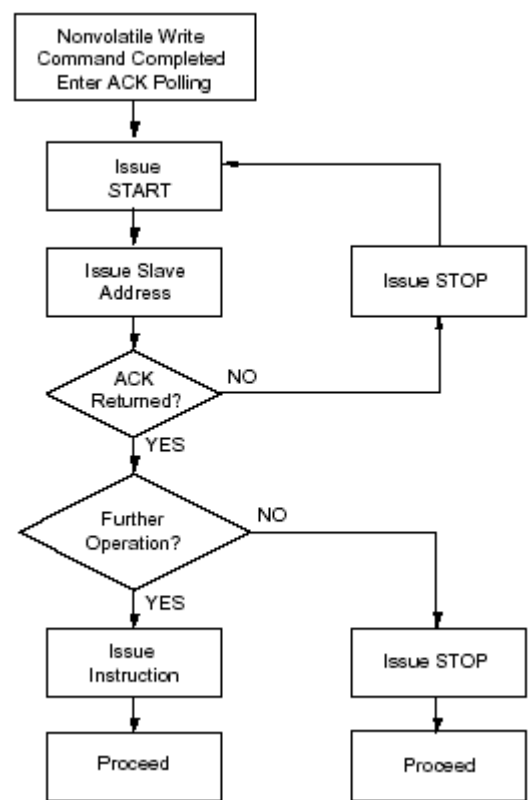
4个高位决定了指令。第6位（P0）选择两个电位器的哪一个将受指令影响。最后2位（R1和R0）选择4个寄存器中的一个，当一条与寄存器有关的指令发出时，该寄存器将受影响。

9条指令中的4条以发送指令字节来作为结束。在图3中说明了基本的序列。这个二字节指令在WCR与数据寄存器中的一个之间对换数据。从一个数据寄存器到一个WCR间的传输实质上是对一个静态RAM的一次写入。滑动端对这种作用的响应将延迟  $t_{STPWV}$ 。从WCR的当前滑动端位置到一个数据寄存器间的传输是一次对非易失性存储器的写入，最少需要  $t_{WR}$  去完成。这种传输可以发生在无论是电位器与它们的辅助寄存器之间或发生在二个电位器以及它们的辅助寄存器中的一个之间。

4条指令需要一个3字节的序列来完成。这引起指令在主机和X9221A之间传输数据；无论是在主机与数据寄存器或是直接在主机与WCR间都可以。这些指令是：读WCR，即读出选定电位器的当前滑动端的位置；写WCR，即改变选定电位器的当前滑动端的位置；读数据寄存器，即读出选定的非易失性寄存器的内容；写数据寄存器，即写一个新的值到选定的数据寄存器中。操作的序列示于图4

增加/减少命令与其它的命令不同。一旦这个命令发出而X9221A已经用一个应答来响应时，主机才

流程图1 应答查询时序



能够以时钟来触发选定的滑动端升或降一个电阻段；这样，为主机提供一个精细的调整能力。当 SDA 为高时，每一个 SCL 时钟脉冲 ( $t_{HIGH}$ ) 将使选定的滑动端向  $V_H/R_H$  端移动一个电阻段。相似地，当 SDA 为低时，每个 SCL 时钟脉冲将使选定的滑动端向  $V_L/R_L$  端移动一个电阻段。这个操作的命令时序的详细说明请分别见图 5 和图 6。

图 3 二字节命令序列

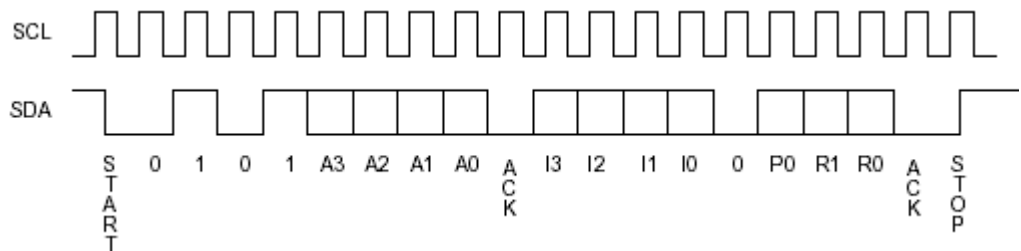


图 4 3 字节命令序列

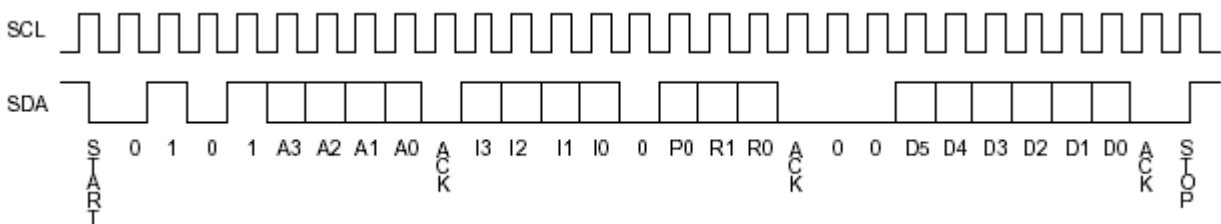


图 5 增加/减少命令序列

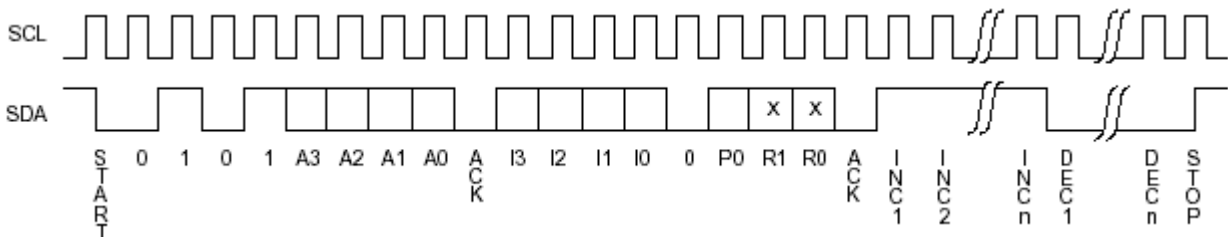


图 6 增加/减少命令时序范围

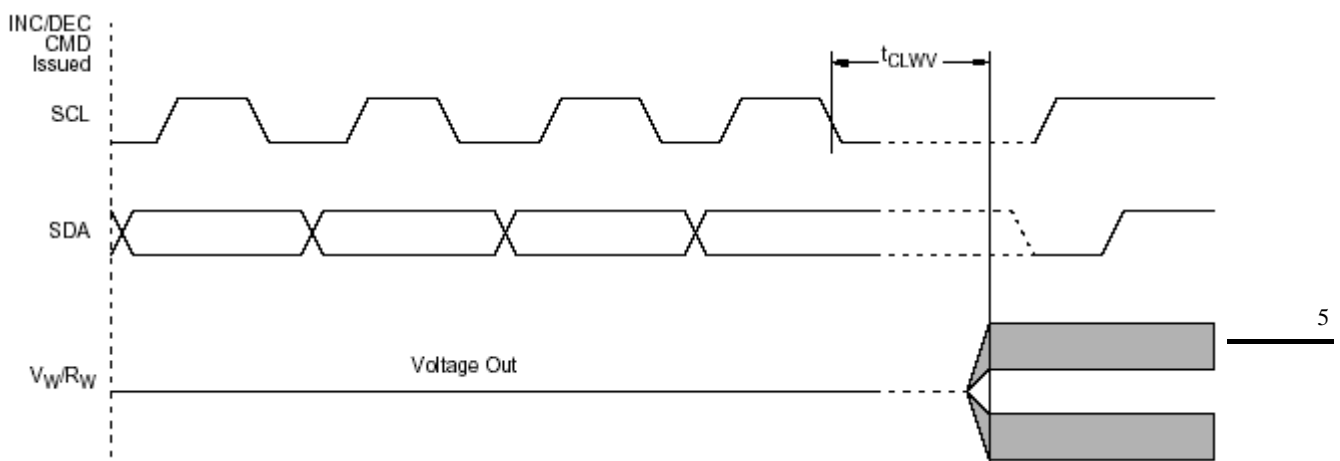
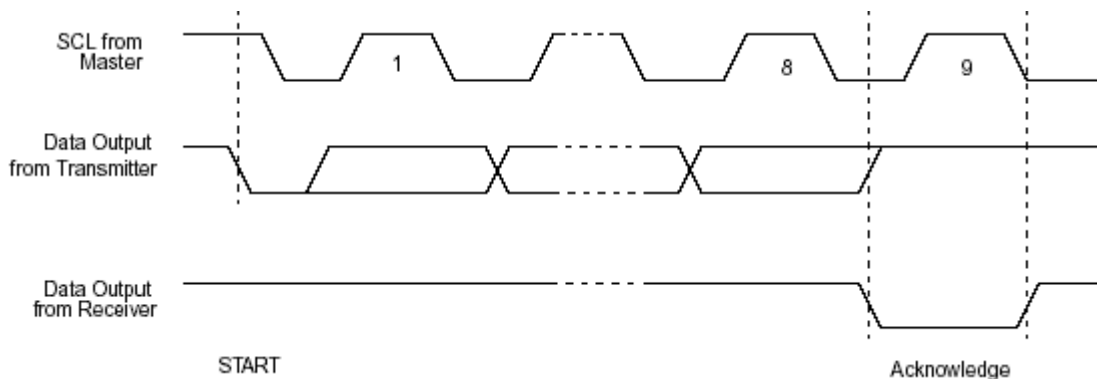


表 1 指令组

指令	指令格式								操作
	I <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>0</sub>	0	P <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>0</sub>	
读 WCR	1	0	0	1	0	1/0	N/A <sup>(7)</sup>	N/A	读出由 P <sub>0</sub> 指定的滑动端计数寄存器的内容
写 WCR	1	0	1	0	0	1/0	N/A	N/A	写入新的值到 P <sub>0</sub> 指定的滑动端计数寄存器中
读数据寄存器	1	0	1	1	0	1/0	1/0	1/0	读出由 P <sub>0</sub> 和 R <sub>1</sub> 、R <sub>0</sub> 指定的寄存器的内容
写数据寄存器	1	1	0	0	0	1/0	1/0	1/0	写入新的值到由 P <sub>0</sub> 和 R <sub>1</sub> 、R <sub>0</sub> 指定的寄存器中
XFR 数据寄存器到 WCR	1	1	0	1	0	1/0	1/0	1/0	传输由 P <sub>0</sub> 和 R <sub>1</sub> 、R <sub>0</sub> 指定的寄存器中的内容至与它相关的 WCR
XFR WCR 到数据寄存器	1	1	1	0	0	1/0	1/0	1/0	传输由 P <sub>0</sub> 指定的 WCR 中的内容至由 R <sub>1</sub> 、R <sub>0</sub> 指定的寄存器中
全局 XFR 数据寄存器到 WCR	0	0	0	1	N/A	N/A	1/0	1/0	传输由 R <sub>1</sub> 、R <sub>0</sub> 指定的所有的数据寄存器的内容至与它们相应的 WCR 中
全局 XFR WCR 到数据寄存器	1	0	0	0	N/A	N/A	1/0	1/0	传输所有 WCR 中的内容至与它们相应的由 R <sub>1</sub> 、R <sub>0</sub> 指定的数据寄存器中
增加/减少	0	0	1	0	0	1/0	N/A	N/A	使能增加/减少由 P <sub>0</sub> 指定的 WCR

注：(7) N/A=不应用或不必关心；即，该数据寄存器没有参与在操作中，因而不需要指定地址（典型情况下）。

图 7 接收器发出的应答响应



### 三、详细工作

两个 XDCP 电位器分享串行接口并分享一个公共的结构。每个电位器包括一个电阻阵列、一个滑动端计数寄存器以及 4 个数据寄存器。下面将详细讨论寄存器组织以及阵列的工作。

#### 3.1 滑动端计数寄存器

X9221A 包括两个滑动端计数寄存器 (WCR)，每个 XDCP 电位器各有一个。WCR 可以被认为是一个 6 位并行和串行装载的带有输出译码的计数器，用来选择沿着电阻阵列的六十四选一的开关。WCR 的内容可以有四种方法来改变：它可以由主机通过“写 WCR”指令来直接写入 (串行装载)；它可以通过“XFR 数据寄存器”指令把四个辅助数据寄存器之一的内容直接写入 (并行装载)；它可以通过“增加/减少”指令一步一步地修改；最后，它可以在上电时装入它的数据寄存器 0 (R0) 的内容。

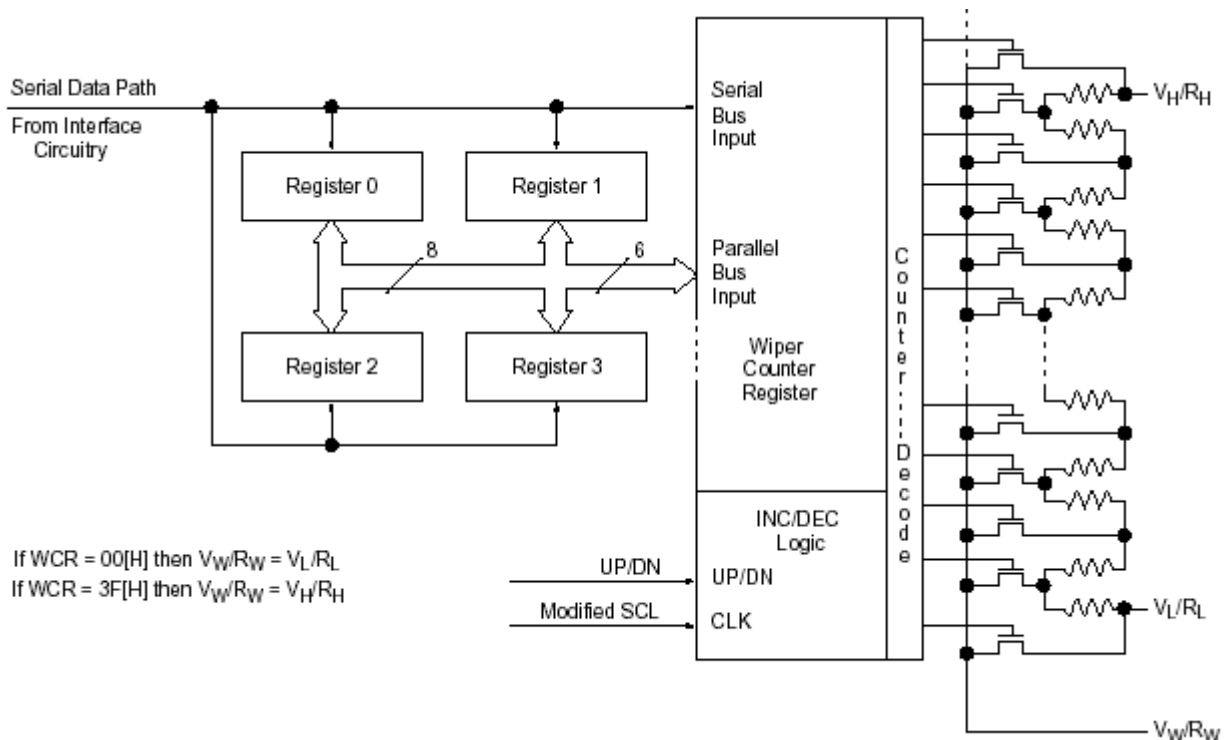
WCR 是一个易失性寄存器，即当 X9221A 断电时它的内容将失去。虽然，该寄存器将在上电时自动地装入 R0 中的值，但必须注意这个值可能与断电时的值不同。

#### 3.2 数据寄存器

每个电位器有 4 个非易失性数据寄存器。这些寄存器可以被主机直接读出或写入，而且数据可以在 4 个数据寄存器和 WCR 之间传输。必须注意，在这些寄存器中的任何一个改变数据的操作都是非易失性的操作，将花去 10ms 的时间 (最大)。

如果在应用中不需要对电位器有多个置数的储存时，这些寄存器可以被用作通用的存储器单元，它可以储存系统参数或用户选择的数据。

图 8 电位器的详细方框图



### 四、特性

#### 4.1 极限参数

工作温度

-65°C 至+135°C

贮存温度	-65°C 至+150°C
SCK、SCL 或任何地址输入端的电压（相对于 $V_{SS}$ ）	-1V 至+7V
任何 $V_H/R_H$ 、 $V_W/R_W$ 或 $V_L/R_L$ 上的电压（相对于 $V_{SS}$ ）	+6V / -4.3V
$\Delta V =  V_H/R_H - V_L/R_L $	10.3V
引线温度（焊接，10 秒）	300°C
$I_W$ （10 秒）	±3mA

\*注：强度超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。这些仅仅是极限参数，并不意味着在极限条件下或在任何其它超出推荐工作条件所示参数的情况下器件能有效工作。延长在极限参数条件下的工作时间会影响器件的可靠性。

#### 4. 2 推荐工作条件

Temperature	Min.	Max.
Commercial	0°C	+70°C
Industrial	-40°C	+85°C

Supply Voltage	Limits
X9221A	5V ±10%

#### 4. 3 模拟特性参数（除非另有说明，否则在推荐条件下工作）

Symbol	Parameter	Limits				Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.	Unit	
$R_{TOTAL}$	End to End Resistance	-20		+20	%	25°C, each pot
	Power Rating			50	mW	
$I_W$	Wiper Current	-1		+1	mA	
$R_W$	Wiper Resistance		40	130	$\Omega$	Wiper Current = ± 1mA
$V_{TERM}$	Voltage on any $V_H/R_H$ , $V_W/R_W$ or $V_L/R_L$ Pin	-3.0		+5	V	
	Noise		≤120		dBV	Ref. 1V
	Resolution		1.6		%	See Note 5
	Absolute Linearity <sup>(1)</sup>	-1		+1	Ml <sup>(3)</sup>	$V_{w(n)}(actual) - V_{w(n)}(expected)$
	Relative Linearity <sup>(2)</sup>	-0.2		+0.2	Ml <sup>(3)</sup>	$V_{w(n+1)} - [V_{w(n)} + Ml]$
	Temperature Coefficient		±300		ppm/°C	See Note 5
	Radiometric Temperature Coefficient			±20	ppm/°C	See Note 5
$C_H/C_L/C_W$	Potentiometer Capacitances		10/10/25		pF	See circuit #3

#### 4. 4 直流工作特性（除非另有规定，否则在推荐条件下工作）

Symbol	Parameter	Limits				Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.	Unit	
$I_{CC}$	Supply Current (Active)			3	mA	$f_{SCL} = 100kHz$ , SDA = Open, Other Inputs = $V_{SS}$
$I_{SB}$	$V_{CC}$ Current (Standby)		200	500	$\mu A$	SCL = SDA = $V_{CC}$ , Addr. = $V_{SS}$
$I_{LI}$	Input Leakage Current			10	$\mu A$	$V_{IN} = V_{SS}$ to $V_{CC}$
$I_{LO}$	Output Leakage Current			10	$\mu A$	$V_{OUT} = V_{SS}$ to $V_{CC}$
$V_{IH}$	Input HIGH Voltage	2		$V_{CC} + 1$	V	
$V_{IL}$	Input LOW Voltage	-1		0.8	V	
$V_{OL}$	Output LOW Voltage			0.4	V	$I_{OL} = 3mA$

注：（1）当用作一个电位器时，绝对线性用来决定实际的滑动端电压与由滑动端位置决定的期望电压之差。



- (2) 当用作一个电位器时，相对线性用来决定二个相邻的抽头位置间的实际的电压变化。  
 (3)  $MI=RTOT/63$  或者  $(V_H/R_H-V_L/R_L) /63$  (对单个电位器而言)。

#### 4. 5 耐用性和数据保存期

Parameter	Min.	Unit
Minimum endurance	100,000	Data changes per bit per register
Data retention	100	years

#### 4. 6 电容

Symbol	Parameter	Max.	Unit	Test Conditions
$C_{I/O}^{(5)}$	Input/output capacitance (SDA)	8	pF	$V_{I/O} = 0V$
$C_{IN}^{(5)}$	Input capacitance (A0, A1, A2, A3 and SCL)	6	pF	$V_{IN} = 0V$

#### 4. 7 上电时序

Symbol	Parameter	Min.	Max.	Unit
$t_{PUR}^{(6)}$	Power-up to initiation of read operation		1	ms
$t_{PUW}^{(6)}$	Power-up to initiation of write operation		5	ms
$t_{RVCC}$	$V_{CC}$ Power-up ramp rate	0.2	50	V/msec

注：(5) 该参数为周期性取样，未经 100%测试。

(6)  $t_{PUR}$  和  $t_{PUW}$  是  $V_{CC}$  保持稳定直至指定操作可以开始的延迟时间。这些参数为周期性取样，未经 100%测试。

**上电要求** (上电时序会影响滑动端寄存器的正确调用)

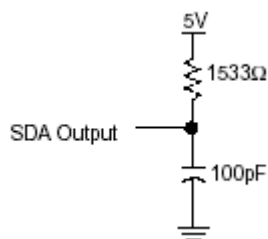
首选的上电时序如下所示：首先是  $V_{CC}$ ，然后是电位器引脚。建议在对电位器引脚加电之前  $V_{CC}$  应达到其最终值的 90%。应达到  $V_{CC}$  的斜率规定，而且如果可能的话，任何故障或斜率变化应保持为小于 100mV。并且， $V_{CC}$  的反相不应高于 0.5V。

#### 4. 8 交流特性

##### 4. 8. 1 交流测试条件

Input pulse levels	$V_{CC} \times 0.1$ to $V_{CC} \times 0.9$
Input rise and fall times	10ns
Input and output timing levels	$V_{CC} \times 0.5$

##### 4. 8. 2 等效交流测试电路



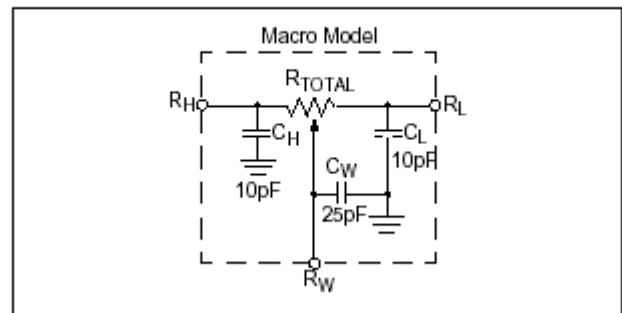
#### 4. 8. 3 交流工作特性（除非另有规定，否则在推荐条件下工作）

Symbol	Parameter	Limits		Unit	Reference Figure
		Min.	Max.		
$f_{SCL}$	SCL clock frequency	0	100	KHz	10
$t_{LOW}$	Clock LOW period	4700		ns	10
$t_{HIGH}$	Clock HIGH period	4000		ns	10
$t_R$	SCL and SDA rise time		1000	ns	10
$t_F$	SCL and SDA fall time		300	ns	10
$T_i$	Noise suppression time constant (glitch filter)		100	ns	10
$t_{SU:STA}$	Start condition setup time (for a repeated start condition)	4700		ns	10 & 12
$t_{HD:STA}$	Start condition hold time	4000		ns	10 & 12
$t_{SU:DAT}$	Data in setup time	250		ns	10
$t_{HD:DAT}$	Data in hold time	0		ns	10
$t_{AA}$	SCL LOW to SDA data out valid	300	3500	ns	11
$t_{DH}$	Data out hold time	300		ns	11
$t_{SU:STO}$	Stop condition setup time	4700		ns	10 & 12
$t_{BUF}$	Bus free time prior to new transmission	4700		ns	10
$t_{WR}$	Write cycle time (nonvolatile write operation)		10	ms	13
$t_{STPWV}$	Wiper response time from stop generation		1000	$\mu$ s	13
$t_{CLWV}$	Wiper response from SCL LOW		500	$\mu$ s	6

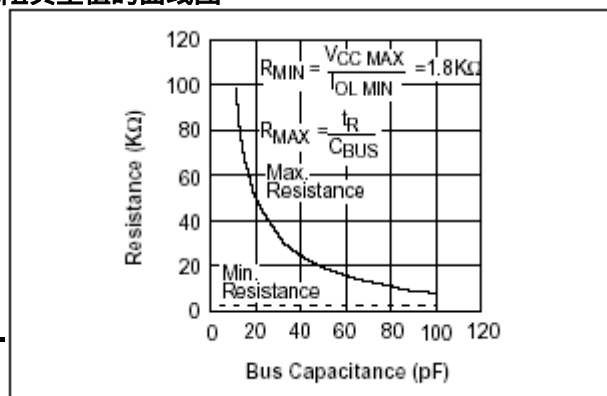
#### 符号表

WAVEFORM	INPUTS	OUTPUTS
	Must be steady	Will be steady
	May change from LOW to HIGH	Will change from LOW to HIGH
	May change from HIGH to LOW	Will change from HIGH to LOW
	Don't Care: Changes Allowed	Changing: State Not Known
	N/A	Center Line is High Impedance

Circuit #3 SPICE Macro Model



#### 4. 9 计算总线上拉电阻典型值的曲线图



#### 4. 10 时序图

图 10 输入总线时序

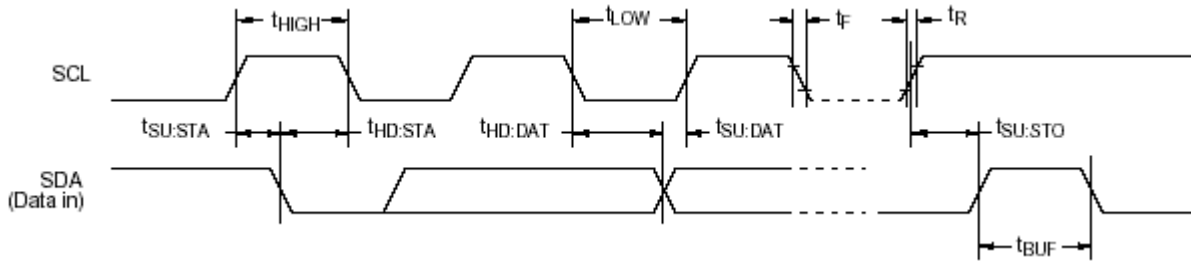


图 11 输出总线时序

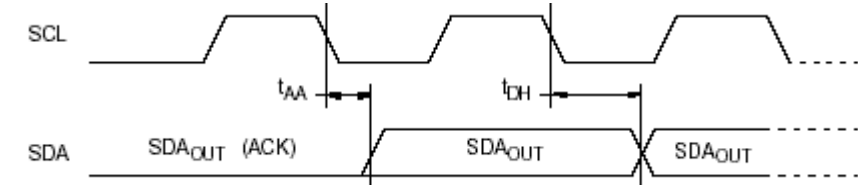


图 12 开始停止时序

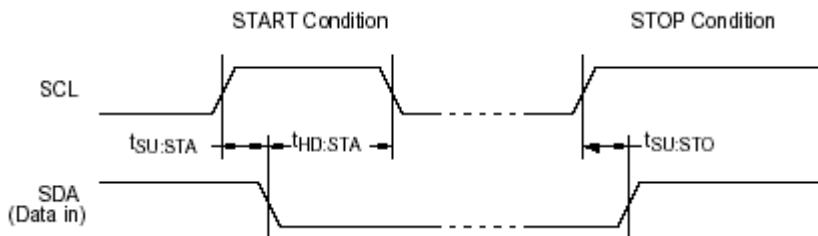
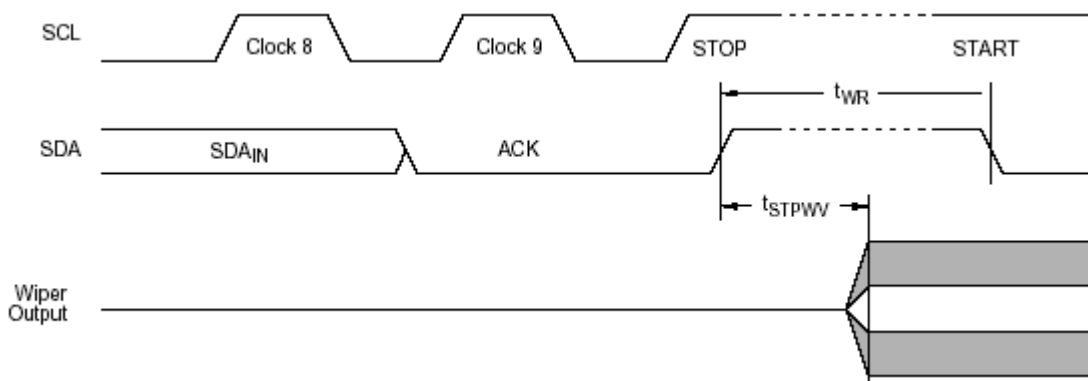
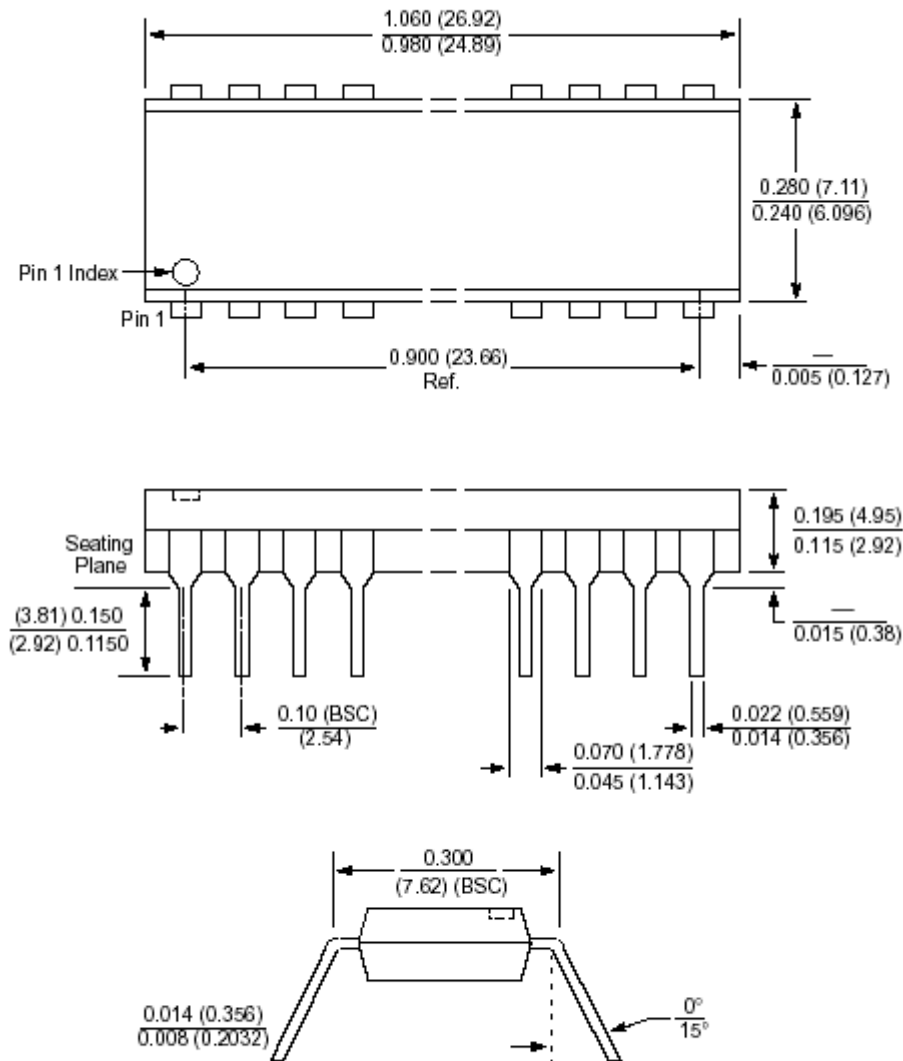


图 13 写周期和滑动端响应时序



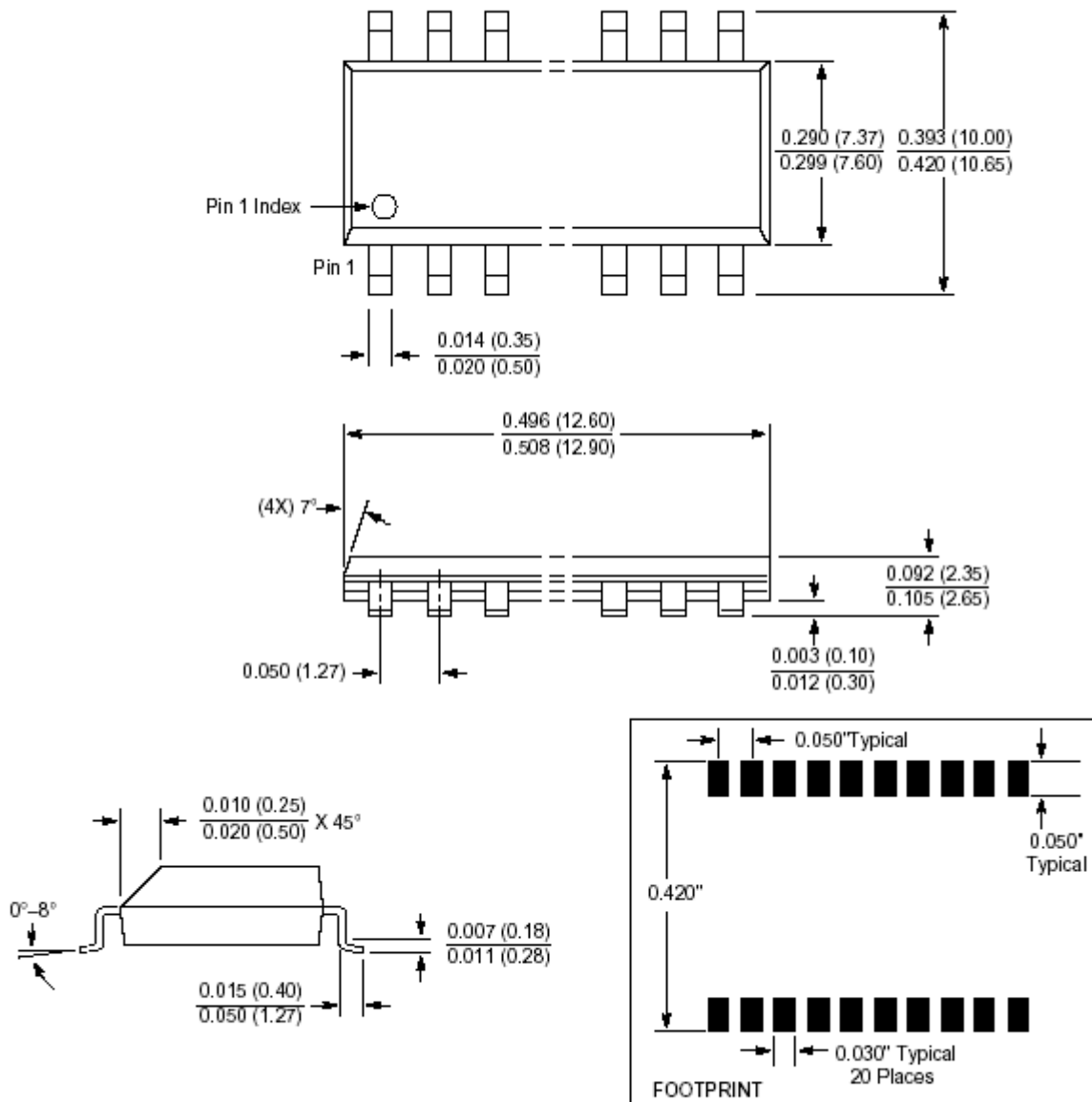
## 五、封装信息

20-Lead Plastic Dual In-Line Package Type P



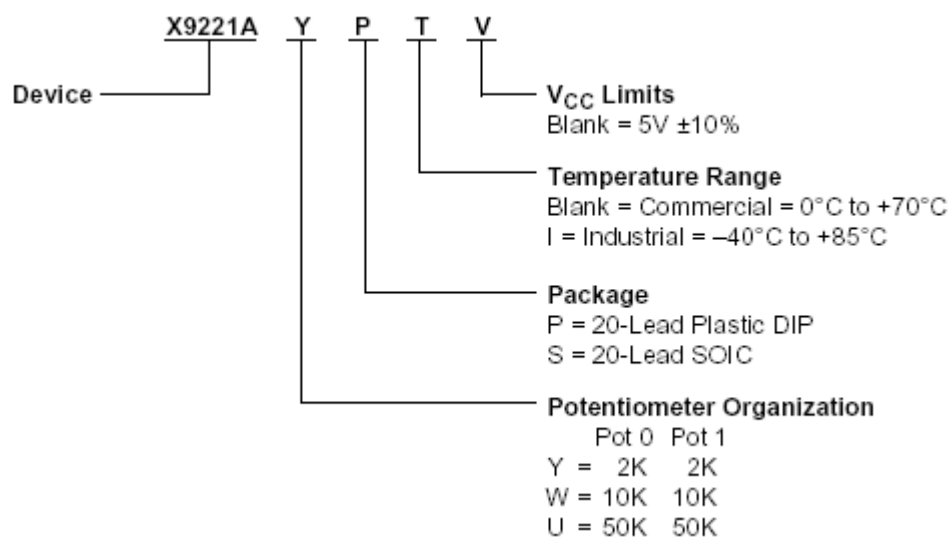
NOTE:  
 1. ALL DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES IN MILLIMETERS)  
 2. PACKAGE DIMENSIONS EXCLUDE MOLDING FLASH

20-Lead Plastic Small Outline Gull Wing Package Type S



NOTE: ALL DIMENSIONS IN INCHES (IN PARENTHESES IN MILLIMETERS)

## 六、订购信息



**声明：** 本资料仅供参考。如有不同之处，请以相应英文资料为准。