

X9241

四E²POT™非易失性数控电位器,端电压5V, 64个抽头

一、概述

1.1 一般说明

Xicor X9241把四个非易失性E²POT™数控电位器集成在一个单片的CMOS微电路中。它的功能方框图如图1所示。

X9241包含四个电阻阵列,每个阵列包含有63个电阻单元。在每个单元之间和二个端点都有可以被滑动单元访问的抽头点。滑动单元在阵列中的位置由用户通过二线串行总线接口控制。每个电阻阵列,与一个滑动端计数寄存器(WCR)和四个8位数据寄存器联系在一起,这四个数据寄存器可以由用户直接写入和读出。滑动端计数寄存器的内容控制滑动端在电阻阵列中的位置。

数据寄存器可以由用户读出和写入。数据寄存器的内容可以传输到滑动端计数寄存器以设置滑动端的位置。当前滑动端的位置可以被传输到与它相联系的任一个数据寄存器。

这些阵列可以串联起来成为具有127、190或253个抽头的电阻元件。

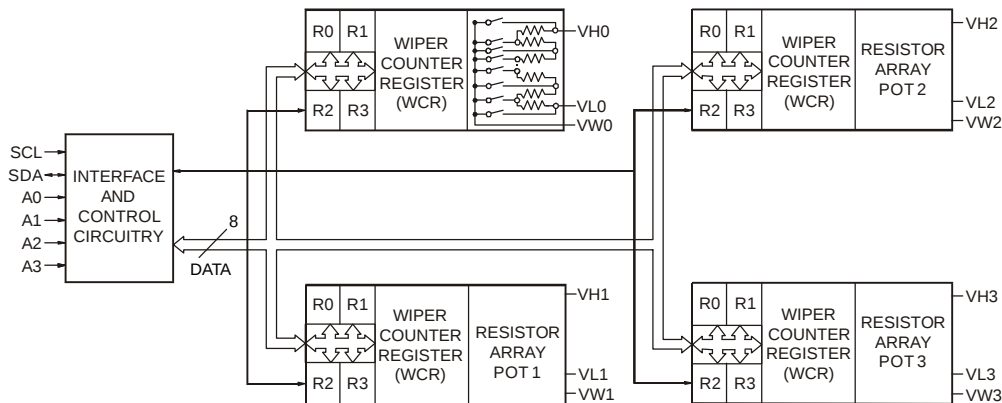


图1 功能方框图

1.2 特点

- 四个E²POT在一个封装内
- 二线串行接口
- 关于寄存器的格式
 - 直接写入滑动端位置
 - 读出滑动端位置
 - 每个电位器可贮存多达四个位置
- 指令格式
 - 快速转换寄存器内容至电阻阵列
 - 串联电阻阵列
- 低功耗CMOS
- 直接写入单元
 - 持久性：每个寄存器100,000次写入
 - 寄存器数据保存：100年

- 16字节的E²PROM存储器
- 3个电阻阵列值
 - 2k Ω 至50k Ω 掩膜可编程
 - 可串联使阻值由500 Ω 至200k Ω
- 分辨率：每个电位器64个抽头
- 20引脚塑料DIP、20引线SOIC和20引线TSSOP封装

1.3 引脚配置及引脚说明

引脚配置如图2所示。

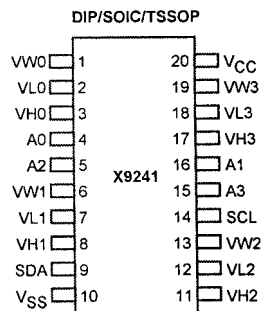


图2 X9241的引脚配置

引脚说明如表1。

表1 X9241的引脚说明

引脚	名称	功 能
1 6 13 19	V _{W0} V _{W1} V _{W2} V _{W3}	滑动端输出脚。等效于一个机械电位器滑动端的输出引脚
2 3 7 8 11 12 17 18	V _{L0} V _{H0} V _{L1} V _{H1} V _{H2} V _{L2} V _{H3} V _{L3}	V _H 和V _L 输入脚。等效机械电位器任一极端位置的连接端
4 5 15 16	A0 A1 A2 A3	地址线。地址输入端用来设置8位从属地址的低4位。从属地址的串行数据流必须与输入地址相匹配以便开始与X9241的通信
9	SDA	串行数据线。SDA是一个双向的引脚，用来向器件输入和输出数据。它是一个漏极开路输出，因此可以与任何数目的漏极开路或集电极开路输出进行线或。一个漏极开路输出需要使用上拉电阻。为了选用合适的电阻值，请参考关于总线上拉电阻曲线图以计算典型电阻值
10	V _{SS}	地
14	SCL	串行时钟。SCL输入脚用来以时钟脉冲触发数据输入和输出X9241
20	V _{CC}	电源电压

二、器件工作原理

X9241是包含了四个电阻阵列以及它们有关的寄存器、计数器和在主机与E²POT电位器间提供直接通讯的串行逻辑接口的高集成度的微电路。

2.1 串行接口

X9241支持双向总线的定向规约。这个规约定义任何器件，当它把数据送至总线时为发送器而当它从总线接收数据时为接收器。一个控制传输的器件是主机，而被控制的器件则为从机。主机总是启动数据的传输并为发送和接收操作提供时钟。所以，X9241在所有应用中被考虑成一个从属器件。

2.2 时钟和数据的约定

在SDA线上的数据只有在SCL为低的期间（ t_{LOW} ）才能改变状态。当SCL为高时，SDA状态的改变被保留用作表示开始或终止的条件。

2.3 开始条件

送给X9241所有的命令都由开始条件引导，这个条件就是当SCL为高时（ t_{HIGH} ），SDA由高至低的跳变。X9241连续地监视SDA和SCL线上的开始条件，在遇到这个条件之前将不响应任何命令。

2.4 终止条件

所有的通信必须由一个终止条件来结束，这个条件就是当SCL为高时SDA由低至高的跳变。

2.5 应答

应答是一个软件规约，这个规约用来在主、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（不管是主或从）在发送8位数码以后将释放SDA总线。主器件将产生第9个时钟周期，而在这个期间接收器把SDA线拉低，作为成功地接收了前8位数据的响应，见图10。

在识别出开始条件和它的从地址以后，X9241将给出一个应答作为响应，而在成功地接收命令字节后再一次应答。如果命令后面跟一个数据字节，则X9241将响应一个最终的应答。

2.6 阵列说明

X9241包含四个电阻阵列。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 和 V_L 输入端）。

在每个阵列的二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 ）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六十四选一的开关。

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，主器件必须输出它所访问的从器件的地址。从器件的高4位地址是器件类型标识符（见图3）。对X9241来说，这个标识符固定为0101[B]。

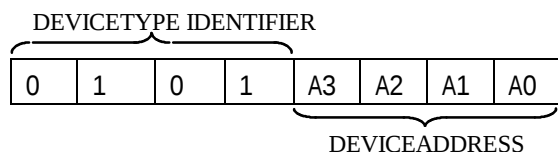


图3 从器件的地址

从器件地址的后4位是该器件的地址。物理的器件地址由A0 ~ A3输入端的状态来定义。X9241把串行数据流与地址输入端的状态比较；若要X9241作出一个应答响应，则必须是所有的4个地址位都比较成功。

2.8 应答轮询

当内部的非易失性存储器写操作时，输入端禁止可以用来作为典型的5ms E²PROM的写周期时间。表示非易失性存储器写入命令结束的停止条件一旦发出，则X9241开始内部的写周期。应答轮询可以立即启动。这包含发出开始条件并紧跟着的器件从地址。如果X9241仍然忙于写入操作，则没有应答返回。如果X9241已经完成了写操作，将有一个应答返回，于是主机可以继续下一个操作。见下面“应答轮询”流程图。

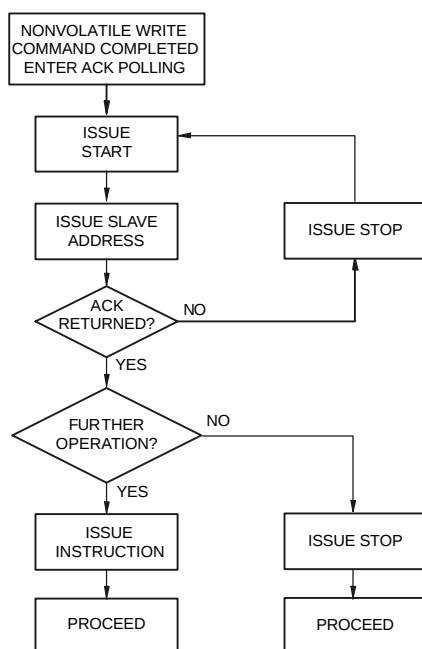


图4 应答轮询序列

2.9 指令结构

送到X9241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位指出四个电位器中的一个，当应用时它还指出4个辅助寄存器中的一个。其格式示于图5中。

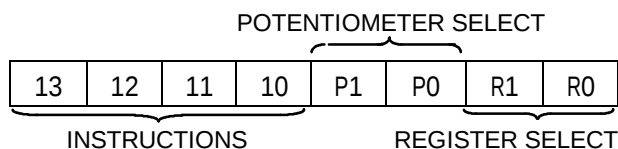


图5 指令字节的格式

4个高位决定了指令。接着二位（P1和P0）选择四个电位器中的哪一个。最后二位（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结束。在图6中说明了基本的序列。这些二字节指令在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_{STPW} 。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四个电位器之一与它们的一个辅助寄存器之间；或它可以全局性地发生在所有四个电位器与它们的一个辅助寄存器之间。

4条指令需要一个3字节的序列来完成。这些指令在主机和X9241之间传输数据；无论是在主机与一个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6。

增加/减小命令与其它的命令不同。一旦这个命令发出而X9241已经用一个应答来响应时，主机才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 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 端移动一个电阻段。这个操作的命令序列和时序的详细说明请分别见图7和图8。

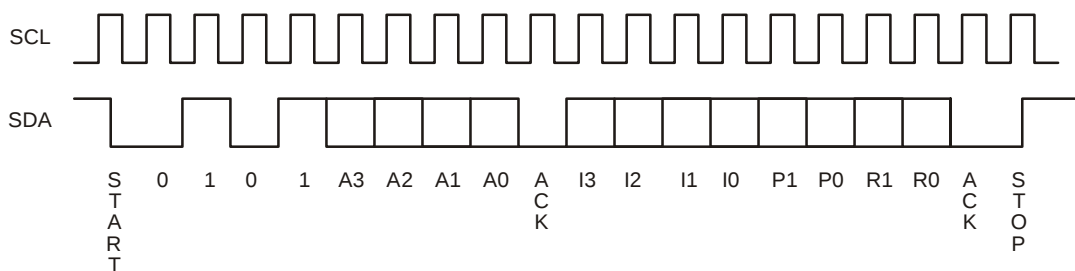


图6 二字节命令序列

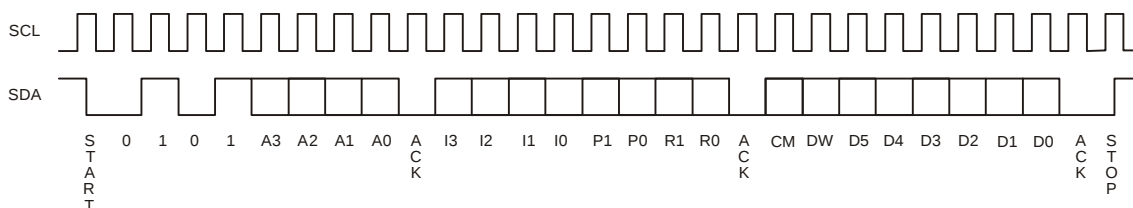


图7 三字节命令序列

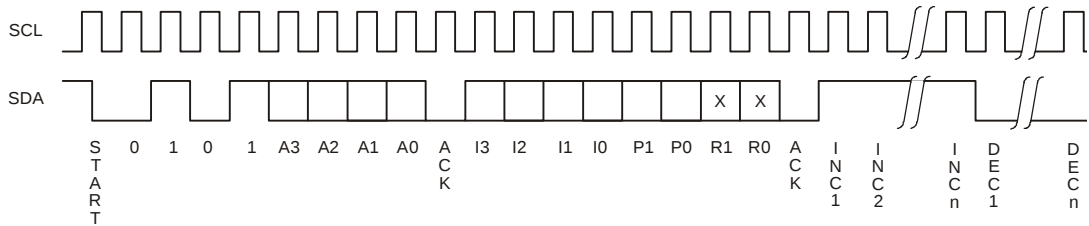


图8 增加/减小命令序列

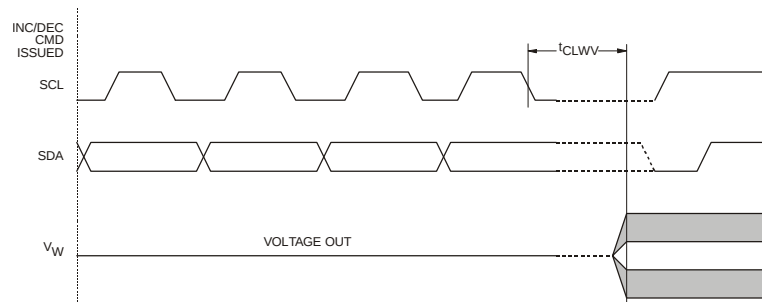


图9 增加/减小时序范围

表2 指令组

指 令	指令格式								操 作
	I ₃	I ₂	I ₁	I ₀	P ₁	P ₀	R ₁	R ₀	
Read WCR	1	0	0	1	1/0*	1/0	N/A**	N/A	读出由P ₁ 、P ₀ 指定的滑动端计数寄存器的内容
Write WCR	1	0	1	0	1/0	1/0	N/A	N/A	写入新的值到P ₁ 、P ₀ 指定的滑动端计数寄存器中
Read Data Register	1	0	1	1	1/0	1/0	1/0	1/0	读出由P ₁ 、P ₀ 和R ₁ 、R ₀ 指定的寄存器的内容
Write Data Register	1	1	0	0	1/0	1/0	1/0	1/0	写入新的值到由P ₁ 、P ₀ 和R ₁ 、R ₀ 指定的寄存器中
XFR Data Register to WCR	1	1	0	1	1/0	1/0	1/0	1/0	传输由P ₁ 、P ₀ 和R ₁ 、R ₀ 指定的寄存器中的内容至与它相关的WCR
XFR WCR to Data Register	1	1	1	0	1/0	1/0	1/0	1/0	传输由P ₁ 、P ₀ 指定的WCR中的内容至由R ₁ 、R ₀ 指定的寄存器中
Global XFR Data Register to WCR	0	0	0	1	N/A	N/A	1/0	1/0	传输由R ₁ 、R ₀ 指定的所有的四个数据寄存器的内容至与它们相应的WCR中
Global XFR WCR to Data Register	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 ₁ 、R ₀ 指定的数据寄存器中
Increment/Decrement Wiper	0	0	1	0	1/0	1/0	N/A	N/A	使能增加/减小由P ₁ 、P ₀ 指定的WCR

* : 1/0=数据是1或0

** : 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）。

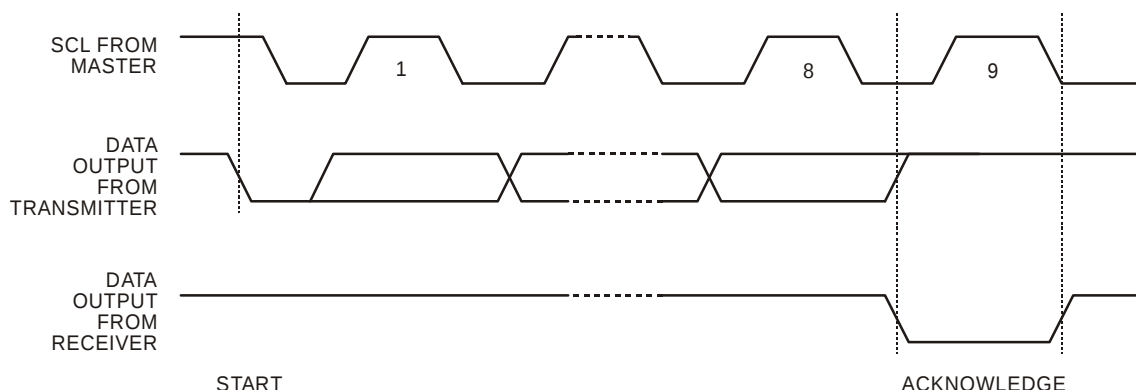


图10 由接收器来的应答响应

三、详细工作

所有的四个E²POT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。它的详细方框图见图11。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

X9241包括四个滑动端计数寄存器(WCR)，每个E²POT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Write WCR指令来直接写入（串行装载）；它可以通过XFR Data Register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Increment/Decrement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是一个易失性存储器，即当X9241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以与断电时的值不同。

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个数据寄存器的任一和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单元，它可以储存系统参数或用户的参考数据。

3.3 串联方式

X9241提供一个把阵列串联起来的机构。即，一个阵列的六十三个电阻元件可以与一个相邻阵列的电阻元件串联（链接）起来。

3.4 串联控制位

对三字节命令，其数据字节包括用来定义滑动端位置的6位（LSB）加上高2位：CM（串联方式Cascade Mode）和DW（禁止滑动端Disable Wiper）。

CM位的状态使能或禁止（正常工作）串联方式。当WCR的CM位被置为“0”，则电位器是正常工作方式。当WCR的CM位置为“1”，则电位器与它相邻的高序号的电位器串联连接。例如，电位器WCR2的位7被置为“1”，则pot2（电位器2）将与pot3（电位器3）串联。

DW位的状态使能或禁止滑动端。当WCR的DW位被置为“0”，则滑动端被使能；当置为“1”，滑动端被禁止。如果滑动端是禁止的，则该滑动端是电气上隔离的并且是浮空的。

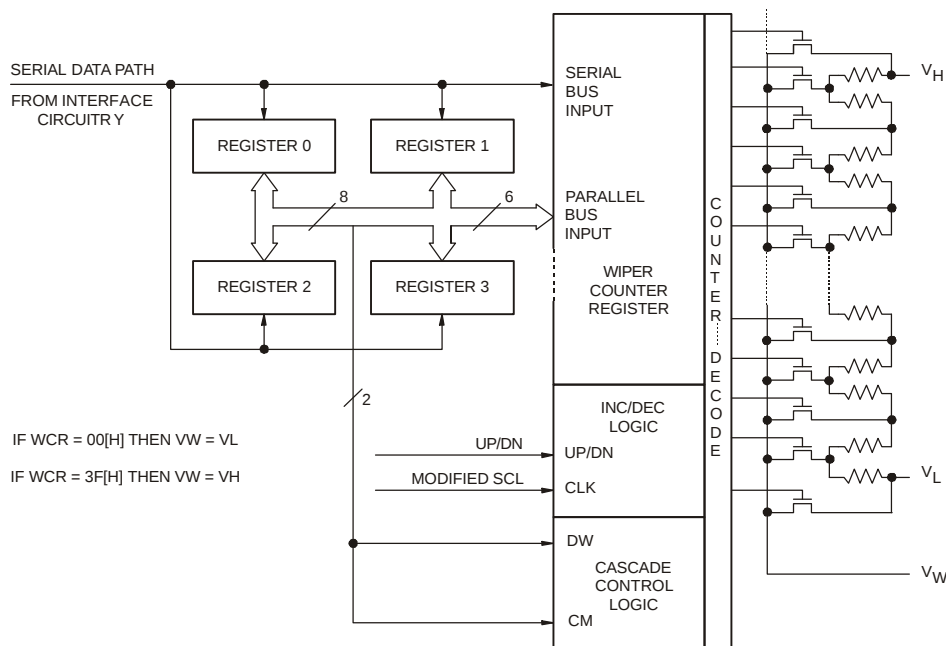


图11 X9241电位器的详细方框图

当工作于串联方式时，被串联的阵列的 V_H 、 V_L 及滑动端这三个输出端必须在电气上与外部连接；除了一个滑动端以外其余的滑动端必须禁止。用户可以通过直接写入WCR，或不直接写入而通过把数据寄存器的内容传输到WCR中，或通过使用Increment/Decrement命令来改变滑动端的位置。串联后的电阻阵列如图12所示。

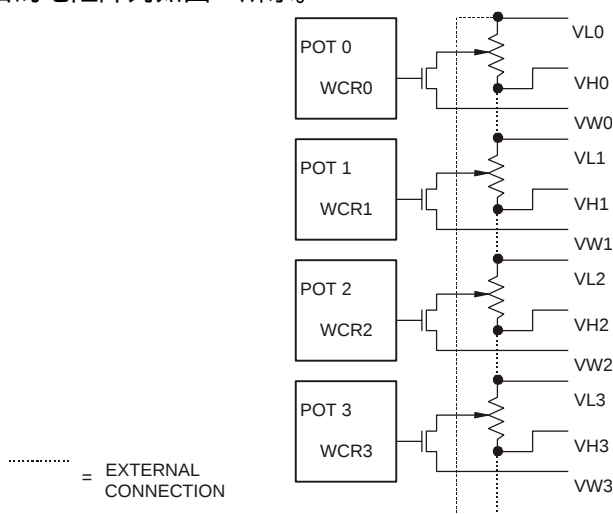


图12 串联的阵列

3.5 符号表

下面将特性曲线图中可能会用到的符号列表如下：

波形	输入	输出
	必须是稳定的	将是稳定的
	可能由低变高	将要由低变高
	可能由高变低	将要由高变低
	不必关心：允许变化	变化：状态未知
	N/A	中心线为高阻抗

四、特性

4.1 极限参数

工作温度	-65 至+135
储存温度	-65 至+150
SDA、SCL或任何地址输入脚的电压（相对于 V_{SS} ）	-1V至+7V
任意 V_H 和 V_L 上的电压（相对于 V_{SS} ）	$\pm 8V$
$\Delta V = V_H - V_L $	16V
引线温度（焊接，10秒）	300

注：强度超出上述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，并不意味着在这些条件或其它超出本技术规范规定的工作条件的情况下器件能有效地工作。长时间使器件处于极限参数条件下可能影响器件的可靠性。

4.2 建议的工作条件

温度	最小	最大
商业用	0	+70
工业用	-40	+85
军用	-55	+125

电源电压	极限
X9241	$5V \pm 10\%$

4.3 模拟特性参数

X9241的模拟特性参数见表3。

表3 X9241的模拟特性参数

（在建议的工作条件下，除非另有说明）。

Symbol	Parameter	Limits				Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.	Units	
R _{TOTAL}	End to End Resistance	-20		+20	%	
	Power Rating			50	mW	25 C, each pot
I _W	Wiper Current	-1		+1	mA	
R _W	Wiper Resistance		40	100	Ω	Wiper Current = ±1mA
V _{TERM}	Voltage on any V _H or V _L Pin	-5		+5	V	
	Noise		≤120dB		√Hz	Ref: 1V
	Resolution (4)		1.6	0.4	%	
	Absolute Linearity (1)	-1		+1	M[3]	V _{w(n)(actual)} - V _{w(n)(expected)}
	Relative Linearity (2)	-0.2		+0.2	M[3]	V _{w(n+1)} - [V _{w(n)} + MI]
	Temperature Coefficient		±300		ppm/°C	

4.4 直流工作特性

直流工作特性如表4所列。

表4 X9241的直流工作特性

(在建议的工作条件下工作，除非另有规定)。

Symbol	Parameter	Limits				Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.	Units	
I _{CC}	Supply Current (Active)			3	mA	f _{SCL} = 100KHz, SDA = Open, Other Inputs = V _{SS}
I _{SB}	V _{CC} Current (Standby)		200	500	μA	SCL=SDA=V _{CC} , Addr. = V _{SS}
I _{LI}	Input Leakage Current			10	μA	V _{IN} = V _{SS} to V _{CC}
I _{LO}	Output Leakage Current			10	μA	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=R_{TOT}/63或者 (V_H - V_L) / 63 (对单个电位器而言)。

(4) Max.=所有4个阵列串联在一起的分辨率，Typ.=单个阵列的分辨率。

4.5 耐用性和数据保存性

耐用性 每个寄存器数据改变100,000次 (最少)

数据保存 100年 (最少)

4.6 电容

符号	参 数	最大	单位	测试条件
C _{I/O} ⁽⁵⁾	输入/输出电容 (SDA)	8	pF	V _{I/O} =0V
C _{IN} ⁽⁵⁾	输入电容 (A0、A1、A2、A3和SCL)	6	pF	V _{IN} =0V

4.7 上电时间

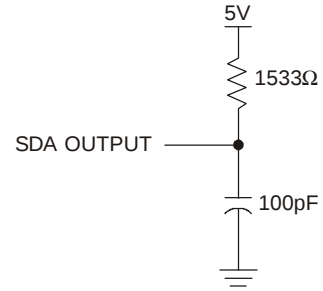
符号	参 数	最大	单位
$t_{PUR}^{(6)}$	上电至读操作开始	1	ms
$t_{PUW}^{(6)}$	上电至写操作开始	5	ms

4.8 交流测试条件及等效的测试电路

输入脉冲电平	$V_{CC} \times 0.1$ 至 $V_{CC} \times 0.9$
输入上升和下降时间	10ns
输入和输出计时的电平	$V_{CC} \times 0.5$

注：(5) 这个参数是间断性抽样而不是100%测试。

(6) t_{PUR} 和 t_{PUW} 是从 V_{CC} 稳定直到指定的操作可以开始间所需的延迟时间。这些参数是间断抽样而不是100%测试。



4.9 用于计算总线上上拉电阻典型值的曲线图

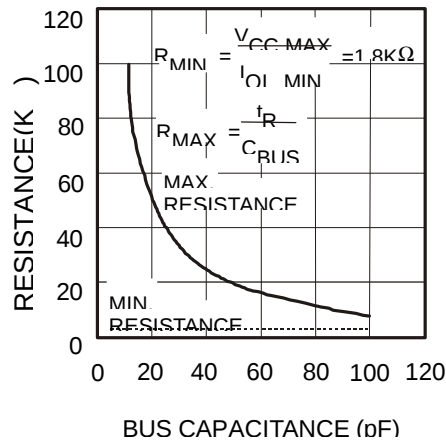


图14 计算总线上拉电阻典型值的曲线图

4.10 交流工作特性

交流工作特性如表5所示。

表5 X9241的交流工作特性

(在建议的工作条件下工作，除非另有规定)。

Symbol	Parameter	Limits		Units	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
$t_{STP WV}$	Wiper Response Time From Stop Generation		500	μs	13
t_{CLWV}	Wiper Response From SCL LOW		1000	μs	6
$t_R V_{CC}$	V_{CC} Power-up Rate	0.2	50	mV/ μs	

4.11 时序图

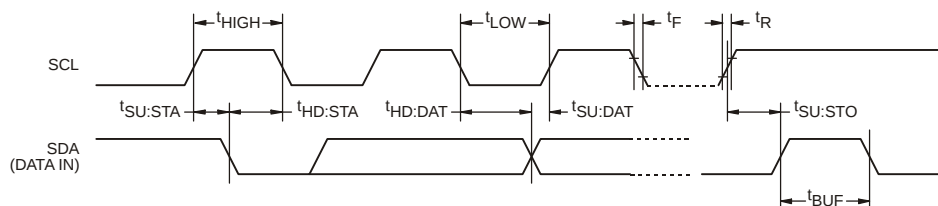


图15 输入总线时序

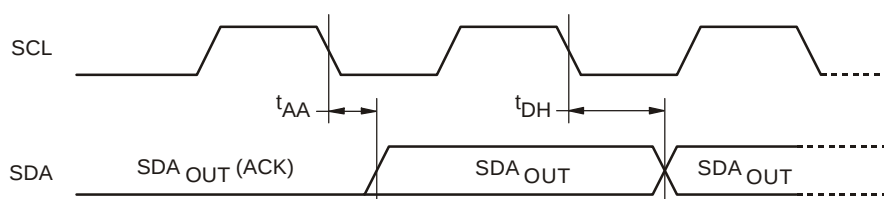


图16 输出总线时序

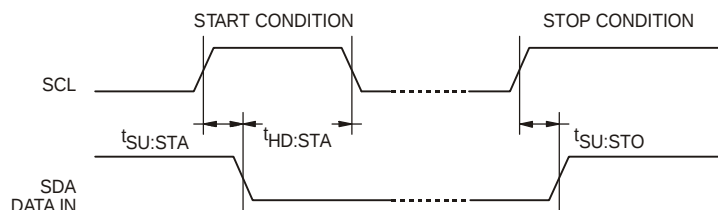


图17 开始、结束时序

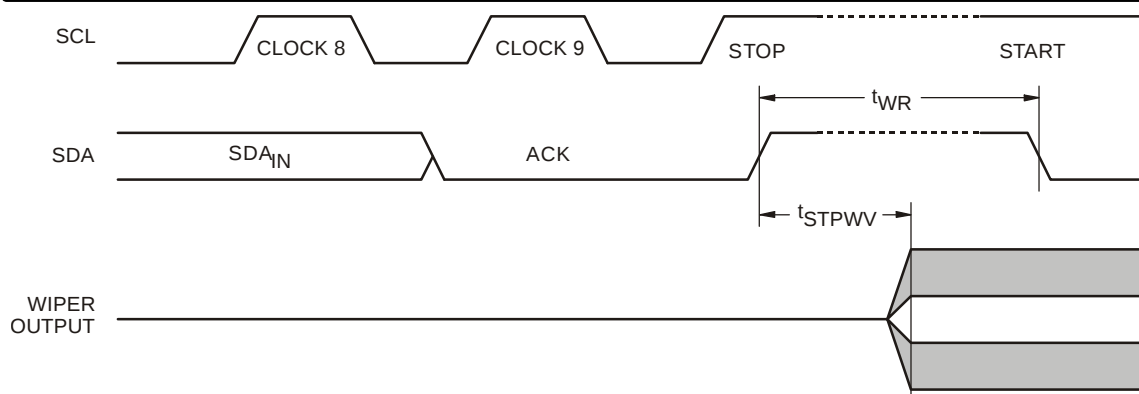


图18 写周期和滑动端响应时序

五、订购信息

X9241	Y	P	T	V	
器件				Vcc	
				空白=5V ± 10%	
				温度范围	
				空白=商业用=0 至+70	
				I=工业用=-40 至+85	
				M=军用=-55 至+125	
				封装	
				P=20引线塑料DIP	
				S=20引线SOIC	
				V=20引线TSSOP	
				电位器组织	
				POT0	POT1
				POT2	POT3
				Y = 2kΩ	2kΩ
				W = 10kΩ	10kΩ
				U = 50kΩ	50kΩ
				M = 2kΩ	10kΩ