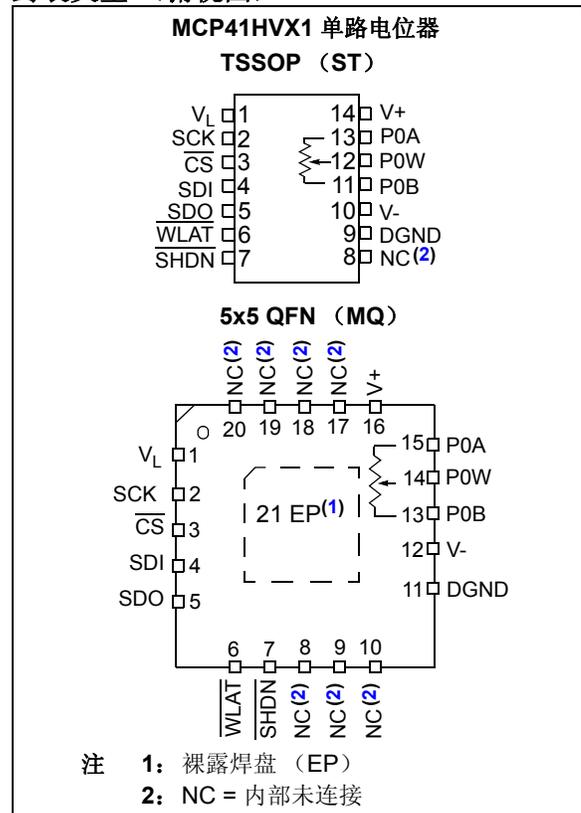


## 带 SPI 串行接口和易失性存储器的 7/8 位单路 +36V (±18V) 数字电位器

### 特性

- 支持高电压模拟：
  - +36V 接线端电压范围 (DGND = V-)
  - ±18V 接线端电压范围 (DGND = V- + 18V)
- 宽工作电压范围：
  - 模拟：10V 至 36V (规定性能)
  - 数字：2.7V 至 5.5V  
1.8V 至 5.5V (DGND ≥ V- + 0.9V)
- 单路电阻网络
- 电位器配置选项
- 电阻网络分辨率
  - 7 位：127 个电阻 (128 个分接头)
  - 8 位：255 个电阻 (256 个分接头)
- R<sub>AB</sub> 电阻选项：
  - 5 kΩ                    - 10 kΩ
  - 50 kΩ                   - 100 kΩ
- 支持高接线端 / 抽头电流 (I<sub>W</sub>)：
  - 25 mA (对于 5 kΩ)
  - 12.5 mA (对于 10 kΩ)
  - 6.5 mA (对于 50 kΩ 和 100 kΩ)
- 零量程到满量程抽头操作
- 低抽头电阻：75Ω (典型值)
- 低温系数：
  - 绝对型 (变阻器)：50 ppm (典型值) (0°C 至 +70°C)
  - 比例型 (电位器)：15 ppm (典型值)
- SPI 串行接口 (10 MHz, 模式 0, 0 和 1, 1)
- 电阻网络接线端断开功能, 通过：
  - 关断引脚 (SHDN)
  - 端控制 (TCON) 寄存器
- 写锁存 (WLAT) 引脚, 用以控制易失性抽头寄存器的更新 (如过零)
- 两个电源的上电复位 / 欠压复位：
  - 数字电源 (V<sub>L</sub>/DGND)：1.5V (典型值)
  - 模拟电源 (V+/V-)：3.5V (典型值)
- 串行接口无效电流 (3 μA (典型值))
- 500 kHz 典型带宽 (-3 dB) 操作 (5.0 kΩ 器件)
- 扩展级温度范围 (-40°C 至 +125°C)
- 封装类型：TSSOP-14 和 QFN-20 (5x5)

### 封装类型 (俯视图)



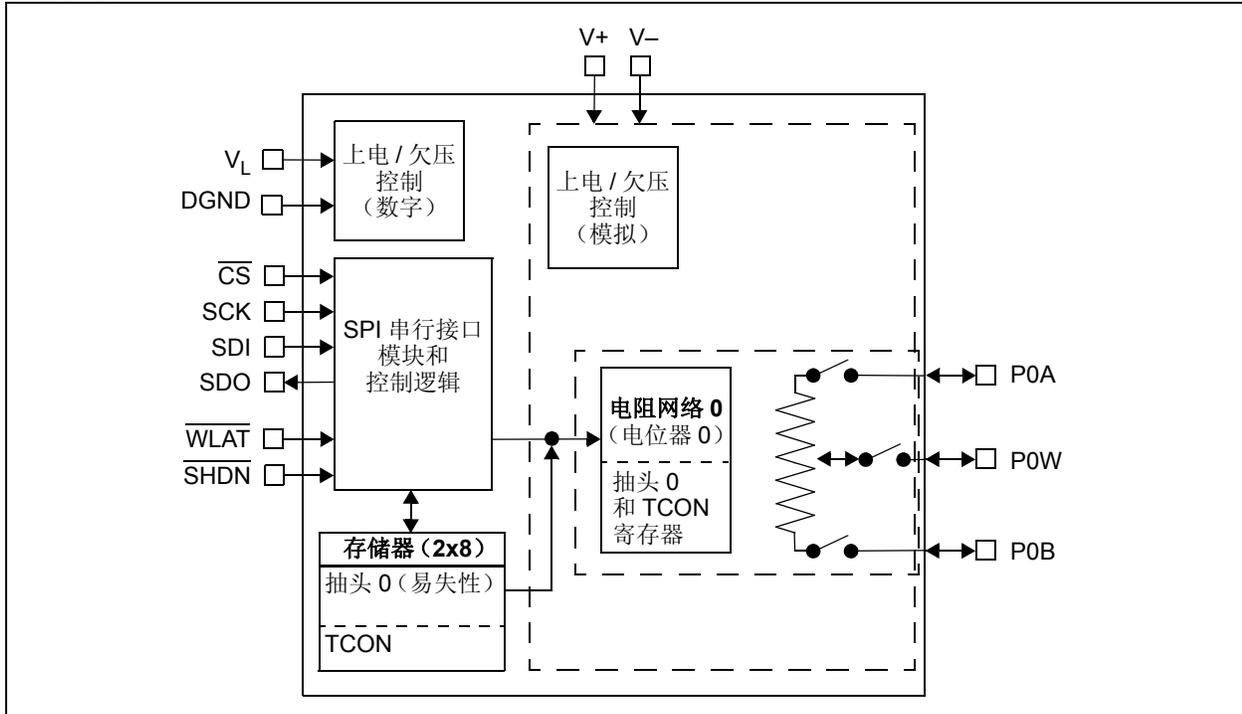
### 说明

MCP41HVX1 系列器件具有双电源轨 (模拟和数字)。模拟电源轨提供电阻网络接线端引脚上的高电压。模拟电压范围由 V+ 和 V- 电压决定。最大模拟电压为 +36V, 而工作模拟输出最小规范值则规定为 10V 或 20V。当模拟供电电压减小时, 模拟开关电阻会升高, 这会影响一些特定性能规范值。该系统可以实现为相对于数字逻辑地 (DGND) 的双电源轨 (±18V)。

该器件还具有写锁存 (WLAT) 功能, 它可以禁止使用接收到的数据更新 (锁存) 易失性抽头寄存器, 直到 WLAT 引脚变为低电平为止。这使应用程序可以指定用于更新易失性抽头寄存器的条件 (如过零)。

# MCP41HVX1

器件框图



器件特性

器件	电位器数量	抽头配置	控制接口	POR 抽头设置	电阻 (典型值)		数量:		规定工作范围	
					R <sub>AB</sub> 选项 (kΩ)	抽头—R <sub>w</sub> (Ω)	R <sub>s</sub>	抽头	V <sub>L</sub> <sup>(2)</sup>	V <sub>+</sub> <sup>(3)</sup>
MCP41HV31	1	电位器 <sup>(1)</sup>	SPI	3Fh	5.0, 10.0, 50.0, 100.0	75	127	128	1.8V 至 5.5V	10V <sup>(4)</sup> 至 36V
MCP41HV51	1	电位器 <sup>(1)</sup>	SPI	7Fh	5.0, 10.0, 50.0, 100.0	75	255	256	1.8V 至 5.5V	10V <sup>(4)</sup> 至 36V

- 注
- 1: 悬空任一接线端 (A 或 B) 时, 器件可以用作变阻器 (可变电阻)。
  - 2: 相对于 DGND 信号。对于 V+/V- 电压存在单独的要求。在 V<sub>L</sub> = 1.8V 下工作时, DGND 必须比 V- 高 0.9V。
  - 3: 相对于 V-, V<sub>L</sub> 和 DGND 信号必须介于 V- 和 V+ 之间。
  - 4: 当 V+ 电压高于器件的模拟上电复位 (Power-on Reset, POR) / 欠压复位 (Brown-out Reset, BOR) 电压时, 模拟操作会继续。当 V+ 电压低于规定的最小电压时, 工作特性可能会超出规定限制范围。

## 1.0 电气特性

### 绝对最大值 †

V- 相对于 DGND 的电压	DGND + 0.6V 至 -40.0V
V+ 相对于 DGND 的电压	DGND - 0.3V 至 40.0V
V+ 相对于 V- 的电压	DGND - 0.3V 至 40.0V
V <sub>L</sub> 相对于 V+ 的电压	-0.6V 至 -40.0V
V <sub>L</sub> 相对于 V- 的电压	-0.6V 至 +40.0V
V <sub>L</sub> 相对于 DGND 的电压	-0.6V 至 +7.0V
$\overline{CS}$ 、SCK、SDI、 $\overline{WLAT}$ 和 $\overline{SHDN}$ 相对于 DGND 的电压	-0.6V 至 V <sub>L</sub> + 0.6V
所有其他引脚 (PxA、PxW 和 PxB) 相对于 V- 的电压	-0.3V 至 V+ + 0.3V
输入钳位电流, I <sub>IK</sub> (在 HV 引脚上 V <sub>I</sub> < 0、V <sub>I</sub> > V <sub>L</sub> 、V <sub>I</sub> > V <sub>PP</sub> )	±20 mA
输出钳位电流, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 或 V <sub>O</sub> > V <sub>L</sub> )	±20 mA
流出 DGND 引脚的最大电流	100 mA
流入 V <sub>L</sub> 引脚的最大电流	100 mA
流出 V- 引脚的最大电流	100 mA
流入 V+ 引脚的最大电流	100 mA
流入 PxA、PxW 和 PxB 引脚的最大电流 (连续)	
R <sub>AB</sub> = 5 kΩ	±25 mA
R <sub>AB</sub> = 10 kΩ	±12.5 mA
R <sub>AB</sub> = 50 kΩ	±6.5 mA
R <sub>AB</sub> = 100 kΩ	±6.5 mA
流入 PxA、PxW 和 PxB 引脚的最大电流 (脉冲)	
F <sub>PULSE</sub> > 10 kHz	(最大 I <sub>连续</sub> )/(占空比)
F <sub>PULSE</sub> ≤ 10 kHz	(最大 I <sub>连续</sub> ) <sup>1/2</sup> (占空比)
任一输出引脚的最大输出灌电流	25 mA
任一输出引脚的最大输出拉电流	25 mA
封装功耗 (T <sub>A</sub> = +50°C, T <sub>J</sub> = +150°C)	
TSSOP-14	1000 mW
SOIC-16	1250 mW
QFN-20 (5x5)	2800 mW
QFN-20 (4x4)	2300 mW
引脚的焊接温度 (10s)	+300°C
所有引脚上的 ESD 保护	
人体模型 (HBM)	≥ ±4 kV
机器模型 (MM)	≥ ±400V
最高结温 (T <sub>J</sub> )	150°C
储存温度	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度	-40°C 至 +125°C

†注：如果器件工作条件超过上述“最大值”，可能引起器件永久性损坏。上述数值仅是工作条件极大值，我们建议不要使器件在该规范规定的范围以外运行。器件长时间工作在最大值条件下，其可靠性可能受到影响。

# MCP41HVX1

## 交流 / 直流特性

直流特性		标准工作条件（除非另外指定） 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ （扩展级） 除非有说明，否则所有参数均适用于规定的工作范围。 $V_+ = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ （以 $V_-$ 作为参考）； $V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ ， $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ （以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ）， $V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ ， $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。 典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。				
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
数字正供电电压 ( $V_L$ )	$V_L$	2.7	—	5.5	V	相对于 DGND（注 4）
		1.8	—	5.5	V	DGND = $V_- + 0.9\text{V}$ （以 $V_-$ 作为参考）（注 1, 注 4）
		—	—	0	V	相对于 $V_+$
模拟正供电电压 ( $V_+$ )	$V_+$	$V_L^{(16)}$	—	36.0	V	相对于 $V_-$ （注 4）
数字地电压 (DGND)	$V_{\text{DGND}}$	$V_-$	—	$V_+ - V_L$	V	相对于 $V_-$ （注 4, 注 5）
模拟负供电电压 ( $V_-$ )	$V_-$	$-36.0 + V_L$	—	0	V	相对于 DGND, $V_L = 1.8\text{V}$
电阻网络供电电压	$V_{\text{RN}}$	—	—	36V	V	$V_+$ 和 $V_-$ 之间的电压差（注 4）
$V_L$ 启动电压 (确保抽头复位)	$V_{\text{DPOR}}$	—	—	1.8	V	相对于 DGND, $V_+ > 6.0\text{V}$ RAM 保持电压 ( $V_{\text{RAM}} < V_{\text{DBOR}}$ )
$V_+$ 电压 (确保抽头复位)	$V_{\text{APOR}}$	—	—	6.0	V	相对于 $V_-$ , $V_L = 0\text{V}$ RAM 保持电压 ( $V_{\text{RAM}} < V_{\text{BOR}}$ )
数模电平转换器 工作电压	$V_{\text{LS}}$	—	—	2.3	V	$V_L$ 至 $V_-$ 电压 DGND = $V_-$
上电期间的电源轨电压 (注 1)	$V_{\text{LPOR}}$	—	—	5.5	V	数字电源 ( $V_L/\text{DGND}$ ) 先上电: $V_+$ 和 $V_-$ 悬空 或 当 $V_+/V_-$ 上电时 ( $V_+$ 必须 $\geq$ DGND)（注 18）
	$V_{\text{+POR}}$	—	—	36	V	模拟电源 ( $V_+/V_-$ ) 先上电: $V_L$ 和 DGND 悬空 或 当 $V_L/\text{DGND}$ 上电时 (DGND 必须介于 $V_-$ 和 $V_+$ 之间)（注 18）
$V_L$ 上升速率 (确保上电复位)	$V_{\text{LRR}}$	（注 6）			V/ms	相对于 DGND

注 1 这是设计规范值。

注 4  $V_+$  电压依赖于  $V_-$  电压。  $V_+$  和  $V_-$  之间的最大电压差为 36V。数字逻辑 DGND 电位可以为  $V_+$  和  $V_-$  之间的任意电压， $V_L$  电位必须  $\geq$  DGND 且  $\leq V_+$ 。

注 5 最小值由等于 36V 的最大  $V_-$  至  $V_+$  电位和用于操作的最小  $V_L = 1.8\text{V}$  决定。所以， $36\text{V} - 1.8\text{V} = 34.2\text{V}$ 。

注 6 POR/BOR 不依赖于速率。

注 16 为了达到规定的模拟性能， $V_+$  必须大于等于 20V（除非另有说明）。

注 18 在上电序列期间，为确保预期的模拟 POR 操作，两个电源系统（模拟和数字）应具有共同的参考电压，以确保所驱动的 DGND 电压不高于所驱动的  $V_+$  电压。

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定)					
		工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)					
		除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。					
		$V_+ = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V_-$ 作为参考);					
		$V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ),					
		$V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。					
		典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。					
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件	
器件退出复位状态之后的延时 ( $V_L > V_{BOR}$ )	$T_{BOR}$	—	10	20	$\mu\text{s}$		
供电电流 (注 7)	$I_{DDD}$	—	45	300	$\mu\text{A}$	串行接口有效, 向易失性抽头 0 (地址 0h) 写入全 0 $V_L = 5.5\text{V}$ , $\overline{\text{CS}} = V_{IL}$ , $F_{SCK} = 5\text{ MHz}$ , $V_- = \text{DGND}$	
		—	—	7	$\mu\text{A}$	串行接口无效, $V_L = 5.5\text{V}$ , $\text{SCK} = V_{IH}$ , $\overline{\text{CS}} = V_{IH}$ , 抽头 = 0, $V_- = \text{DGND}$	
	$I_{DDA}$	—	—	5	$\mu\text{A}$	电流 $V_+$ 至 $V_-$ , $P_{xA} = P_{xB} = P_{xW}$ , $\text{DGND} = V_- + (V_+/2)$	
电阻 ( $\pm 20\%$ ) (注 8)	$R_{AB}$	4.0	5	6.0	$\text{k}\Omega$	-502 器件, $V_+/V_- = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		8.0	10	12.0	$\text{k}\Omega$	-103 器件, $V_+/V_- = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		40.0	50	60.0	$\text{k}\Omega$	-503 器件, $V_+/V_- = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		80.0	100	120.0	$\text{k}\Omega$	-104 器件, $V_+/V_- = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
$R_{AB}$ 电流	$I_{AB}$	—	—	9.00	$\text{mA}$	-502 器件	
		—	—	4.50	$\text{mA}$	-103 器件	
		—	—	0.90	$\text{mA}$	-503 器件	
		—	—	0.45	$\text{mA}$	-104 器件	
分辨率	N	256			抽头数	8 位	无失码
		128			抽头数	7 位	无失码
步阶电阻 (见附录 B.4)	$R_S$	—	$R_{AB}/(255)$	—	$\Omega$	8 位	注 1
		—	$R_{AB}/(127)$	—	$\Omega$	7 位	注 1

注 1 这是设计规范值。

注 7 供电电流 ( $I_{DDD}$  和  $I_{DDA}$ ) 与流经电阻网络的电流无关。

注 8 电阻 ( $R_{AB}$ ) 定义为接线端 A 到接线端 B 之间的电阻。

注 9 通过  $R_{AB}$  规范值和欧姆定律确保。

# MCP41HVX1

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级) 除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。 $V_+ = +10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V_-$ 作为参考); $V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ), $V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。 典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。					
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件	
抽头电阻 (见附录 B.5)	$R_W$	—	75	170	$\Omega$	$I_W = 1\text{ mA}$	$V_+ = +18\text{V}$ , $V_- = -18\text{V}$ , 编码 = 00h, $PxA =$ 悬空, $PxB = V_-$ 。
		—	145	200	$\Omega$	$I_W = 1\text{ mA}$	$V_+ = +5.0\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ , 编码 = 00h, $PxA =$ 悬空, $PxB = V_-$ 。(注 2)
标称电阻温度系数 (见附录 B.23)	$\Delta R_{AB}/\Delta T$	—	50	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$	
		—	100	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$	
比例温度系数 (见附录 B.22)	$\Delta V_{WB}/\Delta T$	—	15	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	编码 = 中间量程 (80h 或 40h)	
电阻接线端 输入电压范围 (接线端 A、B 和 W)	$V_A$ 、 $V_W$ 和 $V_B$	$V_-$	—	$V_+$	V	注 1, 注 11	
通过接线端的电流 (A、B 和抽头) (注 1)	$I_T$ , $I_W$	—	—	25	mA	-502 器件	$I_{BW(W \neq ZS)}$ 和 $I_{AW(W \neq FS)}$
		—	—	12.5	mA	-103 器件	$I_{BW(W \neq ZS)}$ 和 $I_{AW(W \neq FS)}$
		—	—	6.5	mA	-503 器件	$I_{BW(W \neq ZS)}$ 和 $I_{AW(W \neq FS)}$
		—	—	6.5	mA	-104 器件	$I_{BW(W \neq ZS)}$ 和 $I_{AW(W \neq FS)}$
		—	—	36	mA	$I_{BW(W = ZS)}$ 或 $I_{AW(W = FS)}$	
流入 A、W 或 B 的泄漏 电流	$I_{TL}$	—	5	—	nA	$A = W = B = V_-$	

注 1 这是设计规范值。

注 2 该参数未经测试, 但由特性规定。

注 11 电阻接线端 A、W 和 B 相互之间的相对极性不受限制。

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定)							
		工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)							
		除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。							
		$V_+ = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V_-$ 作为参考);							
		$V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ),							
		$V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。							
		典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。							
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件			
满量程误差 (电位器) (8 位编码 = FFh, 7 位编码 = 7Fh) (注 10, 注 17) ( $V_A = V_+$ , $V_B = V_-$ ) (见附录 B.10)	$V_{WFSE}$	-8.5	—	—	LSb	5 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-13.5	—	—	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-4.5	—	—	LSb	10 k $\Omega$	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-7.0	—	—	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-4.5	—	—	LSb	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-6.0	—	—	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-2.25	—	—	LSb	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-3.5	—	—	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-0.9	—	—	LSb	50 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-1.25	—	—	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-0.95	—	—	LSb	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-1.1	—	—	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-0.5	—	—	LSb	100 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-0.7	—	—	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		-0.75	—	—	LSb	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		-0.9	—	—	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
零量程误差 (电位器) (8 位编码 = 00h, 7 位编码 = 00h) (注 10, 注 17) ( $V_A = V_+$ , $V_B = V_-$ ) (见附录 B.11)	$V_{WZSE}$	—	—	+8.5	LSb	5 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+13.5	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+4.5	LSb	10 k $\Omega$	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+7.0	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+4.0	LSb	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+6.0	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+2.0	LSb	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+3.0	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+0.8	LSb	50 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+1.2	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+0.5	LSb	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+0.7	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+0.5	LSb	100 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+0.7	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$	
		—	—	+0.25	LSb	7 位	$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$		
		—	—	+0.4	LSb		$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$		

注 10  $V_A = V_+$ 、 $V_B = V_-$  时, 在  $V_W$  处测量。

注 17 模拟开关泄漏电流会影响该规范值。温度上升时, 开关泄漏电流会增大。

# MCP41HVX1

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级) 除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。 $V_+ = +10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V_-$ 作为参考); $V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ), $V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。 典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件		
电位器 积分 非线性 (注 10, 注 17) (见附录 B.12)	P-INL	-1	$\pm 0.5$	+1	LSb	5 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.5	$\pm 0.25$	+0.5	LSb		7 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-1	$\pm 0.5$	+1	LSb	10 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.5	$\pm 0.25$	+0.5	LSb		7 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-1.1	$\pm 0.5$	+1.1	LSb	50 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-1	$\pm 0.5$	+1	LSb			$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (注 2)
		-1	$\pm 0.5$	+1	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ , $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (注 2)
		-0.6	$\pm 0.25$	+0.6	LSb			7 位
		-1.85	$\pm 0.5$	+1.85	LSb	100 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-1.2	$\pm 0.5$	+1.2	LSb			$V_{AB} = 20\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (注 2)
		-1	$\pm 0.5$	+1	LSb			$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ , $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ (注 2)
		-1	$\pm 0.5$	+1	LSb			7 位
电位器 微分 非线性 (注 10, 注 17) (见附录 B.13)	P-DNL	-0.5	$\pm 0.25$	+0.5	LSb	5 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.25	$\pm 0.125$	+0.25	LSb		7 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.25	$\pm 0.125$	+0.25	LSb	10 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.125	$\pm 0.1$	+0.125	LSb		7 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.25	$\pm 0.125$	+0.25	LSb	50 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.125	$\pm 0.1$	+0.125	LSb		7 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.25	$\pm 0.125$	+0.25	LSb	100 k $\Omega$	8 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$
		-0.125	-0.15	+0.125	LSb		7 位	$V_{AB} = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$

注 2 该参数未经测试, 但由特性规定。

注 10  $V_A = V_+$ 、 $V_B = V_-$  时, 在 VW 处测量。

注 17 模拟开关泄漏电流会影响该规范值。温度上升时, 开关泄漏电流会增大。

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定) 工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级) 除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。 $V_+ = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V_-$ 作为参考); $V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ), $V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。 典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件		
-3 dB 带宽 (负载 = 30 pF)	BW	—	480	—	kHz	5 k $\Omega$	8 位	编码 = 7Fh
		—	480	—	kHz		7 位	编码 = 3Fh
		—	240	—	kHz	10 k $\Omega$	8 位	编码 = 7Fh
		—	240	—	kHz		7 位	编码 = 3Fh
		—	48	—	kHz	50 k $\Omega$	8 位	编码 = 7Fh
		—	48	—	kHz		7 位	编码 = 3Fh
		—	24	—	kHz	100 k $\Omega$	8 位	编码 = 7Fh
		—	24	—	kHz		7 位	编码 = 3Fh
$V_W$ 稳定时间 ( $V_A = 10\text{V}$ , $V_B = 0\text{V}$ , $\pm 1\text{ LSb}$ 误差区间, $C_L = 50\text{ pF}$ ) (见附录 B.17)	$t_S$	—	1	—	$\mu\text{s}$	5 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h	
		—	1	—	$\mu\text{s}$	10 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h	
		—	2.5	—	$\mu\text{s}$	50 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h	
		—	5	—	$\mu\text{s}$	100 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h	

# MCP41HVX1

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定)						
		工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)						
		除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。						
		$V+ = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V-$ 作为参考);						
		$V+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 $\text{DGND}$ 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ),						
		$V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。						
		典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件		
变阻器积分非线性 (注 12, 注 13, 注 14, 注 17) (见附录 B.5)	R-INL	-1.75	—	+1.75	LSb	5 k $\Omega$	8 位	$I_W = 6.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-2.5	—	+2.5	LSb			$I_W = 3.3\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-4.0	—	+4.0	LSb			$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-1.0	—	+1.0	LSb	7 位	5 k $\Omega$	$I_W = 6.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-1.5	—	+1.5	LSb			$I_W = 3.3\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-2.0	—	+2.0	LSb			$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-1.0	—	+1.0	LSb	8 位	10 k $\Omega$	$I_W = 3.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-1.75	—	+1.75	LSb			$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-2.0	—	+2.0	LSb			$I_W = 830\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-0.5	—	+0.5	LSb	7 位	10 k $\Omega$	$I_W = 3.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-0.8	—	+0.8	LSb			$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-1.0	—	+1.0	LSb			$I_W = 830\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-1.0	—	+1.0	LSb	8 位	50 k $\Omega$	$I_W = 600\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-1.0	—	+1.0	LSb			$I_W = 330\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-1.2	—	+1.2	LSb			$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-0.5	—	+0.5	LSb	7 位	50 k $\Omega$	$I_W = 600\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 330\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-0.6	—	+0.6	LSb			$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-1.0	—	+1.0	LSb	8 位	100 k $\Omega$	$I_W = 300\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-1.0	—	+1.0	LSb			$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-1.2	—	+1.2	LSb			$I_W = 83\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$
		-0.5	—	+0.5	LSb	7 位	100 k $\Omega$	$I_W = 300\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)
		-0.6	—	+0.6	LSb			$I_W = 83\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$

注 2 该参数未经测试, 但由特性规定。

注 12 非线性会受抽头电阻 ( $R_W$ ) 影响, 该电阻随电压和温度变化较大。

注 13 外部连接到变阻器配置 ( $R_{BW}$ ), 然后进行测试。

注 14 抽头电流 ( $I_W$ ) 状态由  $R_{AB(\text{max})}$  和电压状态 (即,  $V+$  和  $V-$  之间的电压差 (电压为  $36\text{V}$ 、 $20\text{V}$  和  $10\text{V}$ )) 决定。

注 17 模拟开关泄漏电流会影响该规范值。温度上升时, 开关泄漏电流会增大。

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定)								
		工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)								
		除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。								
		$V+ = +10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V-$ 作为参考);								
		$V+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ),								
		$V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。								
		典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。								
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件				
变阻器微分非线性 (注 12, 注 13, 注 14, 注 17) (见附录 B.5)	R-DNL	-0.5	—	+0.5	LSb	5 k $\Omega$	8 位	$I_W = 6.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 3.3\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)		
		-0.6	—	+0.6	LSb			$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$		
		-0.25	—	+0.25	LSb			7 位	$I_W = 6.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 3.3\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)	
		-0.3	—	+0.3	LSb				$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$	
		-0.5	—	+0.5	LSb	10 k $\Omega$	8 位	$I_W = 3.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 830\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$		
		-0.25	—	+0.25	LSb			7 位	$I_W = 3.0\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 1.7\text{ mA}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 830\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$	
		-0.5	—	+0.5	LSb	50 k $\Omega$	8 位	$I_W = 600\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 330\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$		
		-0.25	—	+0.25	LSb			7 位	$I_W = 600\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 330\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$	
		-0.5	—	+0.5	LSb	100 k $\Omega$	8 位	$I_W = 300\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)		
		-0.5	—	+0.5	LSb			$I_W = 83\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$		
		-0.25	—	+0.25	LSb			7 位	$I_W = 300\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 36\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 170\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 20\text{V}$ (注 2)	
		-0.25	—	+0.25	LSb				$I_W = 83\text{ }\mu\text{A}$ , $(V+ - V-) = 10\text{V}$	

注 2 该参数未经测试, 但由特性规定。

注 12 非线性会受抽头电阻 ( $R_W$ ) 影响, 该电阻随电压和温度变化较大。

注 13 外部连接到变阻器配置 ( $R_{BW}$ ), 然后进行测试。

注 14 抽头电流 ( $I_W$ ) 状态由  $R_{AB(\text{max})}$  和电压状态 (即,  $V+$  和  $V-$  之间的电压差 (电压为  $36\text{V}$ 、 $20\text{V}$  和  $10\text{V}$ )) 决定。

注 17 模拟开关泄漏电流会影响该规范值。温度上升时, 开关泄漏电流会增大。

# MCP41HVX1

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		标准工作条件 (除非另外指定)				
		工作温度 $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ (扩展级)				
		除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。				
		$V_+ = 10\text{V}$ 至 $36\text{V}$ (以 $V_-$ 作为参考);				
		$V_+ = +5\text{V}$ 至 $+18\text{V}$ , $V_- = -5.0\text{V}$ 至 $-18\text{V}$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5\text{V}$ 至 $\pm 18\text{V}$ ),				
		$V_L = +2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 、 $50\text{ k}\Omega$ 和 $100\text{ k}\Omega$ 器件。				
		典型值代表 $V_L = 5.5\text{V}$ 、 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 时的值。				
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
电容 ( $P_A$ )	$C_A$	—	75	—	pF	测量至 $V_-$ , $f = 1\text{ MHz}$ , 抽头编码 = 中间量程
电容 ( $P_W$ )	$C_W$	—	120	—	pF	测量至 $V_-$ , $f = 1\text{ MHz}$ , 抽头编码 = 中间量程
电容 ( $P_B$ )	$C_B$	—	75	—	pF	测量至 $V_-$ , $f = 1\text{ MHz}$ , 抽头编码 = 中间量程
共模泄漏电流	$I_{CM}$	—	5	—	nA	$V_A = V_B = V_W$
数字接口引脚电容	$C_{IN}$ , $C_{OUT}$	—	10	—	pF	$f_C = 400\text{ kHz}$
数字输入 / 输出 ( $\overline{CS}$ 、 $\overline{SDI}$ 、 $\overline{SDO}$ 、 $\overline{SCK}$ 、 $\overline{SHDN}$ 和 $\overline{WLAT}$ )						
施密特触发器高电平输入阈值	$V_{IH}$	$0.45 V_L$	—	$V_L + 0.3\text{V}$	V	$2.7\text{V} \leq V_L \leq 5.5\text{V}$
		$0.5 V_L$	—	$V_L + 0.3\text{V}$	V	$1.8\text{V} \leq V_L \leq 2.7\text{V}$
施密特触发器低电平输入阈值	$V_{IL}$	DGND - 0.5V	—	$0.2 V_L$	V	
施密特触发器输入的滞后电压	$V_{HYS}$	—	$0.1 V_L$	—	V	
输出低电压 (SDO)	$V_{OL}$	DGND	—	$0.2 V_L$	V	$V_L = 5.5\text{V}$ , $I_{OL} = 5\text{ mA}$
		DGND	—	$0.2 V_L$	V	$V_L = 1.8\text{V}$ , $I_{OL} = 800\text{ }\mu\text{A}$
输出高电压 (SDO)	$V_{OH}$	$0.8 V_L$	—	$V_L$	V	$V_L = 5.5\text{V}$ , $I_{OH} = -2.5\text{ mA}$
		$0.8 V_L$	—	$V_L$	V	$V_L = 1.8\text{V}$ , $I_{OH} = -800\text{ }\mu\text{A}$
输入泄漏电流	$I_{IL}$	-1		1	$\mu\text{A}$	$V_{IN} = V_L$ , $V_{IN} = \text{DGND}$

## 交流 / 直流特性 (续)

直流特性		<p>标准工作条件 (除非另外指定)</p> <p>工作温度 <math>-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}</math> (扩展级)</p> <p>除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。</p> <p><math>V_+ = 10\text{V}</math> 至 <math>36\text{V}</math> (以 <math>V_-</math> 作为参考);</p> <p><math>V_+ = +5\text{V}</math> 至 <math>+18\text{V}</math>, <math>V_- = -5.0\text{V}</math> 至 <math>-18\text{V}</math> (以 DGND 作为参考 <math>\rightarrow \pm 5\text{V}</math> 至 <math>\pm 18\text{V}</math>),</p> <p><math>V_L = +2.7\text{V}</math> 至 <math>5.5\text{V}</math>, <math>5\text{ k}\Omega</math>、<math>10\text{ k}\Omega</math>、<math>50\text{ k}\Omega</math> 和 <math>100\text{ k}\Omega</math> 器件。</p> <p>典型值代表 <math>V_L = 5.5\text{V}</math>、<math>T_A = +25^{\circ}\text{C}</math> 时的值。</p>					
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件	
<b>RAM (抽头和 TCON) 值</b>							
抽头值范围	N	0h	—	FFh	十六进制	8 位	
		0h	—	7Fh	十六进制	7 位	
抽头 POR/BOR 值	$N_{\text{POR/BOR}}$	7Fh			十六进制	8 位	
		3Fh			十六进制	7 位	
TCON 值范围	N	0h	—	FFh	十六进制		
TCON POR/BOR 值	$N_{\text{TCON}}$	FF			十六进制	所有接线端均已连接	
<b>电源要求</b>							
电源灵敏度 (见附录 B.20)	PSS	—	0.0015	0.0035	%/%	8 位	$V_L = 2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $V_+ = 18\text{V}$ , $V_- = -18\text{V}$ , 编码 = 7Fh
		—	0.0015	0.0035	%/%	7 位	$V_L = 2.7\text{V}$ 至 $5.5\text{V}$ , $V_+ = 18\text{V}$ , $V_- = -18\text{V}$ , 编码 = 3Fh
功耗	$P_{\text{DISS}}$	—	260	—	mW	$5\text{ k}\Omega$	$V_L = 5.5\text{V}$ , $V_+ = 18\text{V}$ , $V_- = -18\text{V}$ (注 15)
		—	130	—	mW	$10\text{ k}\Omega$	
		—	26	—	mW	$50\text{ k}\Omega$	
		—	13	—	mW	$100\text{ k}\Omega$	

注 15  $P_{\text{DISS}} = I * V$ , 或者  $((I_{\text{DDD}} * 5.5\text{V}) + (I_{\text{DDA}} * 36\text{V}) + (I_{\text{AB}} * 36\text{V}))$ 。

# MCP41HVX1

---

## 交流 / 直流注释:

1. 这是设计规范值。
2. 该参数未经测试，但由特性规定。
3. 请参见“绝对最大值”。
4.  $V+$  电压依赖于  $V-$  电压。 $V+$  和  $V-$  之间的最大电压差为 36V。数字逻辑 DGND 电位可以为  $V+$  和  $V-$  之间的任意电压， $V_L$  电位必须  $\geq$  DGND 且  $\leq V+$ 。
5. 最小值由等于 36V 的最大  $V-$  至  $V+$  电位和用于操作的最小  $V_L = 1.8V$  决定。所以， $36V - 1.8V = 34.2V$ 。
6. POR/BOR 不依赖于速率。
7. 供电电流 ( $I_{DDD}$  和  $I_{DDA}$ ) 与流经电阻网络的电流无关。
8. 电阻 ( $R_{AB}$ ) 定义为接线端 A 到接线端 B 之间的电阻。
9. 通过  $R_{AB}$  规范值和欧姆定律确保。
10.  $V_A = V+$ 、 $V_B = V-$  时，在  $V_W$  处测量。
11. 电阻接线端 A、W 和 B 相互之间的相对极性不受限制。
12. 非线性会受抽头电阻 ( $R_W$ ) 影响，该电阻随电压和温度变化较大。
13. 外部连接到变阻器配置 ( $R_{BW}$ )，然后进行测试。
14. 抽头电流 ( $I_W$ ) 状态由  $R_{AB(max)}$  和电压状态 (即， $V+$  和  $V-$  之间的电压差 (电压为 36V、20V 和 10V)) 决定。
15.  $P_{DISS} = I * V$ ，或者  $(I_{DDD} * 5.5V) + (I_{DDA} * 36V) + (I_{AB} * 36V)$ 。
16. 为了达到规定的模拟性能， $V+$  必须大于等于 20V (除非另有说明)。
17. 模拟开关泄漏电流会影响该规范值。温度上升时，开关泄漏电流会增大。
18. 在上电序列期间，为确保预期的模拟 POR 操作，两个电源系统 (模拟和数字) 应具有共同的参考电压，以确保所驱动的 DGND 电压不高于所驱动的  $V+$  电压。

## 1.1 SPI 模式时序波形和要求

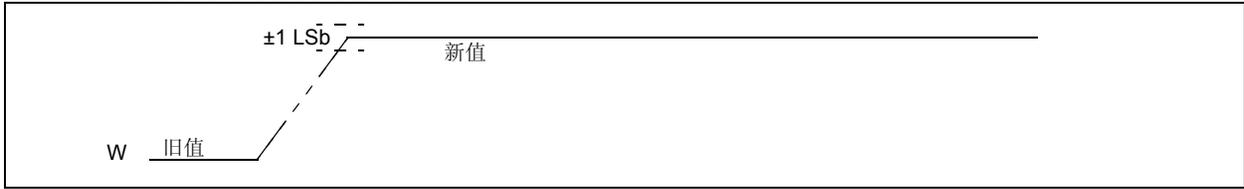


图 1-1: 稳定时间波形

表 1-1: 抽头稳定时间

时序特性	标准工作条件 (除非另外指定)						
	参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
$V_W$ 稳定时间 ( $V_A = 10V$ , $V_B = 0V$ , $\pm 1$ LSB 误差区间, $C_L = 50$ pF)	工作温度 $-40^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ (扩展级)						
	除非有说明, 否则所有参数均适用于规定的工作范围。						
	$V_+ = +10V$ 至 $36V$ (以 $V_-$ 作为参考);						
	$V_+ = +5V$ 至 $+18V$ , $V_- = -5.0V$ 至 $-18V$ (以 DGND 作为参考 $\rightarrow \pm 5V$ 至 $\pm 18V$ ), $V_L = +2.7V$ 至 $5.5V$ , $5$ k $\Omega$ 、 $10$ k $\Omega$ 、 $50$ k $\Omega$ 和 $100$ k $\Omega$ 器件。 典型值代表 $V_L = 5.5V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ 时的值。						
$V_W$ 稳定时间	$t_s$	—	1	—	$\mu s$	5 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h
		—	1	—	$\mu s$	10 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h
		—	2.5	—	$\mu s$	50 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h
		—	5	—	$\mu s$	100 k $\Omega$	编码 = 00h $\rightarrow$ FFh (7Fh); FFh (7Fh) $\rightarrow$ 00h

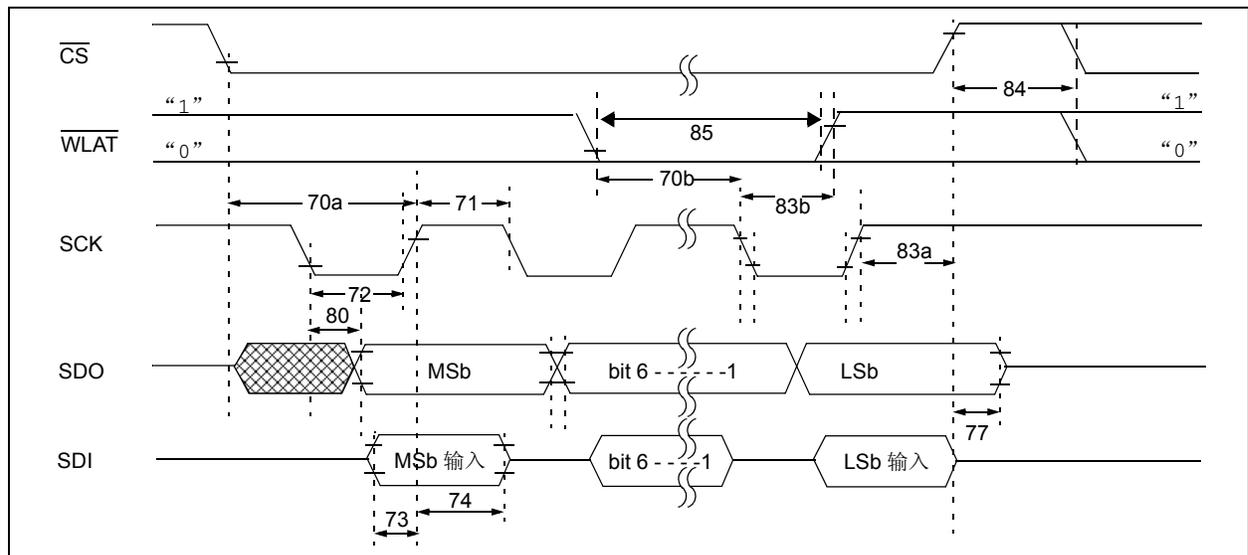


图 1-2: SPI 时序波形 (模式 = 11)

# MCP41HVX1

表 1-2: SPI 要求 (模式 = 11)

编号	特性	符号	最小值	最大值	单位	条件
	SCK 输入频率	$F_{SCK}$	—	10	MHz	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			—	1	MHz	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
70a	$\overline{CS}$ 有效 ( $V_{IL}$ ) 到 $SCK\uparrow$ 输入的时间	$T_{csA2sch}$	25	—	ns	
70b	$\overline{WLAT}$ 有效 ( $V_{IL}$ ) 到串行命令的第 8 个 (或第 16 个) $SCK\downarrow$ 的时间 (建立时间, 用以确保锁存先前数据)	$T_{wlA2sch}$	20	—	ns	
71	SCK 输入高电平时间	$T_{sch}$	35	—	ns	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			120	—	ns	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
72	SCK 输入低电平时间	$T_{scl}$	35	—	ns	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			120	—	ns	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
73	SDI 输入到 $SCK\uparrow$ 边沿的建立时间	$T_{diV2sch}$	10	—	ns	
74	从 $SCK\uparrow$ 边沿起 SDI 输入的保持时间	$T_{sch2diL}$	20	—	ns	
77	$\overline{CS}$ 无效 ( $V_{IH}$ ) 到 SDO 输出高阻态的时间	$T_{csH2doZ}$	—	50	ns	注 1
80	SCK $\downarrow$ 边沿后 SDO 数据输出有效的的时间	$T_{scl2doV}$	—	55	ns	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			—	90	ns	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
83a	$SCK\uparrow$ 边沿后 $\overline{CS}$ 无效 ( $V_{IH}$ ) 的时间	$T_{sch2csl}$	100	—	ns	
83b	第 8 个 (或第 16 个) $SCK\downarrow$ 边沿后 $\overline{WLAT}$ 无效 ( $V_{IH}$ ) 的时间 (保持时间)	$T_{sch2wlatl}$	50	—	ns	
84	$\overline{CS}$ (或 $\overline{WLAT}$ ) 无效 ( $V_{IH}$ ) 到 $\overline{CS}$ (或 $\overline{WLAT}$ ) 有效 ( $V_{IL}$ ) 的保持时间	$T_{csA2csl}$	20	—	ns	
85	$\overline{WLAT}$ 输入低电平时间	$T_{WLATL}$	25	—	ns	

注 1: 这是设计规范值。

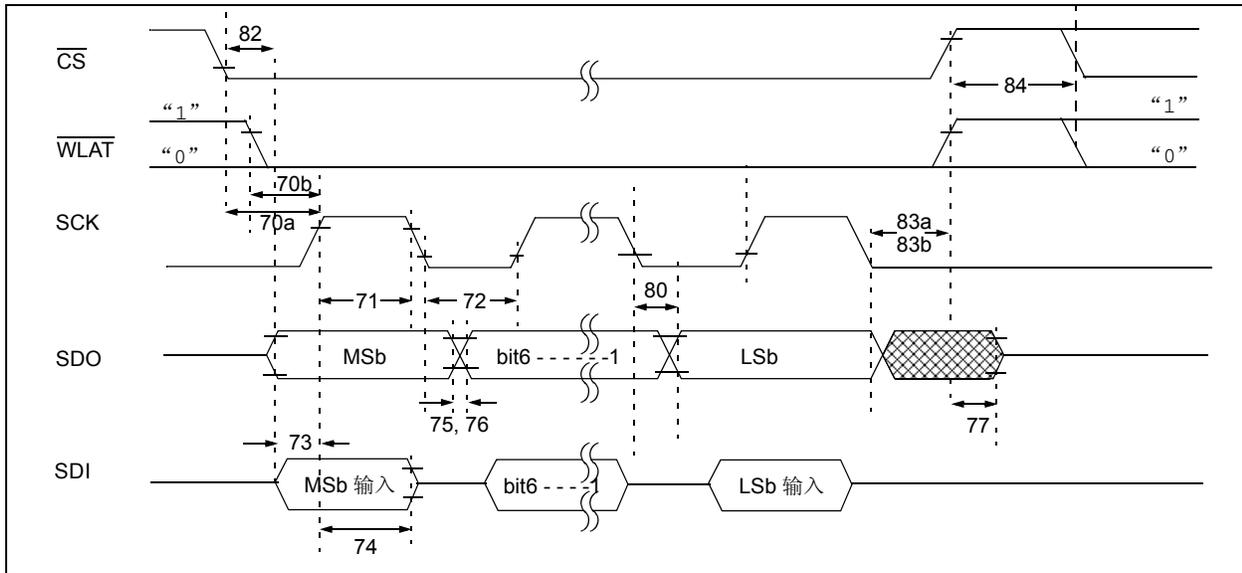


图 1-3: SPI 时序波形 (模式 = 00)

**表 1-3: SPI 要求 (模式 = 00)**

编号	特性	符号	最小值	最大值	单位	条件
	SCK 输入频率	$F_{SCK}$	—	10	MHz	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			—	1	MHz	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
70a	$\overline{CS}$ 有效 ( $V_{IL}$ ) 到 SCK $\uparrow$ 输入的时间	$T_{csA2scH}$	25	—	ns	
70b	$\overline{WLAT}$ 有效 ( $V_{IL}$ ) 到串行命令的第 8 个 (或第 16 个) SCK $\downarrow$ 的时间 (建立时间, 用以确保锁存先前数据)	$T_{wlA2scH}$	20	—	ns	
71	SCK 输入高电平时间	$T_{scH}$	35	—	ns	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			120	—	ns	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
72	SCK 输入低电平时间	$T_{scL}$	35	—	ns	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			120	—	ns	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
73	SDI 输入到 SCK $\uparrow$ 边沿的建立时间	$T_{DIV2scH}$	10	—	ns	
74	从 SCK $\uparrow$ 边沿起 SDI 输入的保持时间	$T_{scH2DI}$	20	—	ns	
77	$\overline{CS}$ 无效 ( $V_{IH}$ ) 到 SDO 输出高阻态的时间	$T_{csH2DoZ}$	—	50	ns	注 1
80	SCK $\downarrow$ 边沿后 SDO 数据输出有效的的时间	$T_{scL2DoV}$	—	55	ns	$V_L = 2.7V$ 至 $5.5V$
			—	90	ns	$V_L = 1.8V$ 至 $2.7V$
82	$\overline{CS}$ 有效 ( $V_{IL}$ ) 后 SDO 数据输出有效的的时间	$T_{ssL2doV}$	—	70	ns	
83a	SCK $\downarrow$ 边沿后 $\overline{CS}$ 无效 ( $V_{IH}$ ) 的时间	$T_{scL2csl}$	100	—	ns	
83b	SCK $\downarrow$ 边沿后 $\overline{WLAT}$ 无效 ( $V_{IH}$ ) 的时间	$T_{scL2wlatl}$	50	—	ns	
84	$\overline{CS}$ (或 $\overline{WLAT}$ ) 无效 ( $V_{IH}$ ) 到 $\overline{CS}$ (或 $\overline{WLAT}$ ) 有效 ( $V_{IL}$ ) 的保持时间	$T_{csA2csl}$	20	—	ns	
85	$\overline{WLAT}$ 输入低电平时间	$T_{wlatL}$	25	—	ns	

注 1: 这是设计规范值。

# MCP41HVX1

## 温度特性

电气规范: 除非另外声明, 否则 $V_{DD} = +2.7V$ 至 $+5.5V$ , $V_{SS} = GND$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
<b>温度范围</b>						
规定温度范围	$T_A$	-40	—	+125	°C	
工作温度范围	$T_A$	-40	—	+125	°C	
储存温度范围	$T_A$	-65	—	+150	°C	
<b>封装热阻</b>						
热阻, 14 引脚 TSSOP (ST)	$\theta_{JA}$	—	100	—	°C/W	
热阻, 20 引脚 QFN (MQ)	$\theta_{JA}$	—	36.1	—	°C/W	

## 2.0 典型性能曲线

**注：** 器件性能曲线在一个独立文档中提供。这样做是为了使本 PDF 文档的文件大小保持小于许多邮件服务器的 10 MB 文件附件限制。  
MCP41HVX1 性能曲线文档的文献编号为 DS20005209，可在 Microchip 网站上找到。请在 MCP41HVX1 产品页面 **Documentation and Software**（文档与软件）下的 **Data Sheets**（数据手册）类别中查找。

# MCP41HVX1

---

注:

## 3.0 引脚说明

表 3-1 列出了引脚说明。其后还附有更多的器件引脚说明。

表 3-1: MCP41HVX1 的引脚说明

引脚					功能
TSSOP	QFN	符号	类型	缓冲器类型	
14 引脚	20 引脚				
1	1	V <sub>L</sub>	P	—	正数字电源输入
2	2	SCK	I	ST	SPI 串行时钟引脚
3	3	$\overline{\text{CS}}$	I	ST	片选
4	4	SDI	I	ST	SPI 串行数据输入引脚
5	5	SDO	O	—	SPI 串行数据输出
6	6	$\overline{\text{WLAT}}$	I	ST	抽头锁存使能 0 = 将接收到的 SPI 移位寄存器缓冲器 (SPIBUF) 值传输到抽头寄存器。 1 = 将接收到的 SPI 数据值保留在 SPI 移位寄存器缓冲器 (SPIBUF) 中。
7	7	$\overline{\text{SHDN}}$	I	ST	关断
8	11	DGND	P	—	接地
9	8, 9, 10, 17, 18, 19, 20	NC	—	—	引脚在内部不与裸片连接。为降低噪声耦合, 请将引脚连接到 DGND 或 V <sub>L</sub> 。
10	12	V-	P	—	模拟负电位电源
11	13	P0B	I/O	A	电位器 0 接线端 B
12	14	P0W	I/O	A	电位器 0 抽头端
13	15	P0A	I/O	A	电位器 0 接线端 A
14	16	V+	P	—	模拟正电位电源
—	21	EP	P	—	裸露焊盘, 连接到 V- 信号或不连接 (悬空)。(注 1)

图注:      A = 模拟                      ST = 施密特触发器  
              I = 输入                      O = 输出                      I/O = 输入 / 输出                      P = 电源

注 1: QFN 封装在封装底部有一个触点。该触点电气连接到裸片基板, 因此应当无连接或连接到与器件 V- 引脚相同的地。

# MCP41HVX1

## 3.1 正电源输入 ( $V_L$ )

$V_L$  引脚是器件的正电源输入。输入电源的电压相对于 DGND，其范围为 1.8V 至 5.5V。为了实现最高性能，建议在  $V_L$  上连接一个去耦电容（至 DGND）。

当器件  $V_L < V_{min}$  (2.7V) 时，器件的电气性能可能无法满足数据手册中的规范。

## 3.2 串行时钟 (SCK)

SCK 引脚是串行接口的串行时钟引脚。该引脚连接到主机控制器的 SCK 引脚。MCP41HVX1 是 SPI 从器件，所以它的 SCK 引脚是仅用作输入的引脚。

## 3.3 片选 ( $\overline{CS}$ )

$\overline{CS}$  引脚是串行接口的片选输入。将  $\overline{CS}$  引脚强制为  $V_{IL}$  可以使能串行命令。

## 3.4 串行数据输入 (SDI)

SDI 引脚是串行接口的串行数据输入引脚。该引脚连接到主机控制器的 SDO 引脚。

## 3.5 串行数据输出 (SDO)

SDO 引脚是串行接口的串行数据输出引脚。该引脚连接到主机控制器的 SDI 引脚。

通过该引脚，主机控制器可以读取数字电位器寄存器（抽头和 TCON），或者监视命令错误位的状态。

## 3.6 抽头锁存 ( $\overline{WLAT}$ )

$\overline{WLAT}$  引脚用于推迟将接收到的抽头值（处于移位寄存器中）传输到抽头寄存器。这样便可以将该传输操作与外部事件（如过零）同步。

## 3.7 关断 ( $\overline{SHDN}$ )

$\overline{SHDN}$  引脚用于将电阻网络接线端强制为硬件关断状态。

## 3.8 数字地 (DGND)

DGND 引脚是器件的数字地参考。

## 3.9 无连接 (NC)

该引脚在内部不与裸片连接。为了降低噪声耦合，应将这些引脚连接到  $V_L$  或 DGND。

## 3.10 模拟负电压 (V-)

模拟电路负供电电压。电位不得高于 DGND 引脚。

## 3.11 电位器接线端 B

接线端 B 引脚连接到内部电位器的接线端 B。

电位器的接线端 B 固定连接到数字电位器的零量程抽头值。对于 7 位和 8 位器件，这对应于抽头值 0x00。

接线端 B 引脚的极性与接线端 W 或 A 引脚无关。接线端 B 引脚可以支持正电流和负电流。接线端 B 上的电压必须介于  $V_+$  和  $V_-$  之间。

## 3.12 电位器抽头 (W) 端

接线端 W 引脚连接到内部电位器的接线端 W（抽头）。抽头端是数字电位器的可调接线端。接线端 W 引脚的极性与接线端 A 或 B 引脚无关。接线端 W 引脚可以支持正电流和负电流。接线端 W 上的电压必须介于  $V_+$  和  $V_-$  之间。

如果  $V_+$  电压在  $V_L$  电压之前上电，则在超过模拟 POR 电压时，会立即将抽头强制设为中间量程值。

如果  $V_+$  电压在  $V_L$  电压大于数字 POR 电压之后上电，则在超过模拟 POR 电压之后，会立即将抽头强制设为抽头寄存器中的值。

## 3.13 电位器接线端 A

接线端 A 引脚连接到内部电位器的接线端 A。

电位器的接线端 A 固定连接到数字电位器的满量程抽头值。对于 8 位器件，这对应于抽头值 0xFF；对于 7 位器件，这对应于抽头值 0x7F。

接线端 A 引脚的极性与接线端 W 或 B 引脚无关。接线端 A 引脚可以支持正电流和负电流。接线端 A 上的电压必须介于  $V_+$  和  $V_-$  之间。

## 3.14 模拟正电压 ( $V_+$ )

模拟电路正供电电压。电位必须高于  $V_-$  引脚。

## 3.15 裸露焊盘 (EP)

该焊盘仅处于 QFN 封装的底部。该焊盘电气连接到器件基板。EP 引脚必须连接到  $V_-$  信号或保留悬空。该焊盘可以与 PCB 散热器连接，用于协助器件散热。

## 4.0 功能概述

本数据手册介绍包含 2 个易失性数字电位器器件的系列，称为 MCP41HVX1。

如**器件框图**所示，有 6 个主要功能模块。包括：

- 工作电压范围
- POR/BOR 操作
- 存储器映射
- 控制模块
- 电阻网络
- 串行接口 (SPI)

本节讨论 POR/BOR 操作和存储器映射，电阻网络和 SPI 操作将在它们各自的小节中描述。第 7.0 节中讨论了**器件命令**。

## 4.1 工作电压范围

MCP41HVX1 器件具有 4 个电压信号。包括：

- V+ - 模拟电源
- V<sub>L</sub> - 数字电源
- DGND - 数字地
- V- - 模拟地

图 4-1 给出了两种可能的上电序列：模拟电源轨先上电或数字电源轨先上电。器件设计为其中任一电源轨都可以先上电。器件具有一个同时可用于数字电源电路和模拟电源电路的 POR 电路。

如果 V+ 电压在 V<sub>L</sub> 电压之前上电，则在超过模拟 POR 电压时，会立即将抽头强制设为中间量程值。

如果 V+ 电压在 V<sub>L</sub> 电压大于数字 POR 电压之后上电，则在超过模拟 POR 电压之后，会立即将抽头强制设为抽头寄存器中的值。

图 4-2 显示了数字电源信号 (V<sub>L</sub>/DGND) 相对于模拟电源信号 (V+/V-) 的 3 种情形。器件实现了数字和模拟电源系统之间的电平转换，使数字接口电压可以为 V+/V- 电压窗口之间的任意电压。

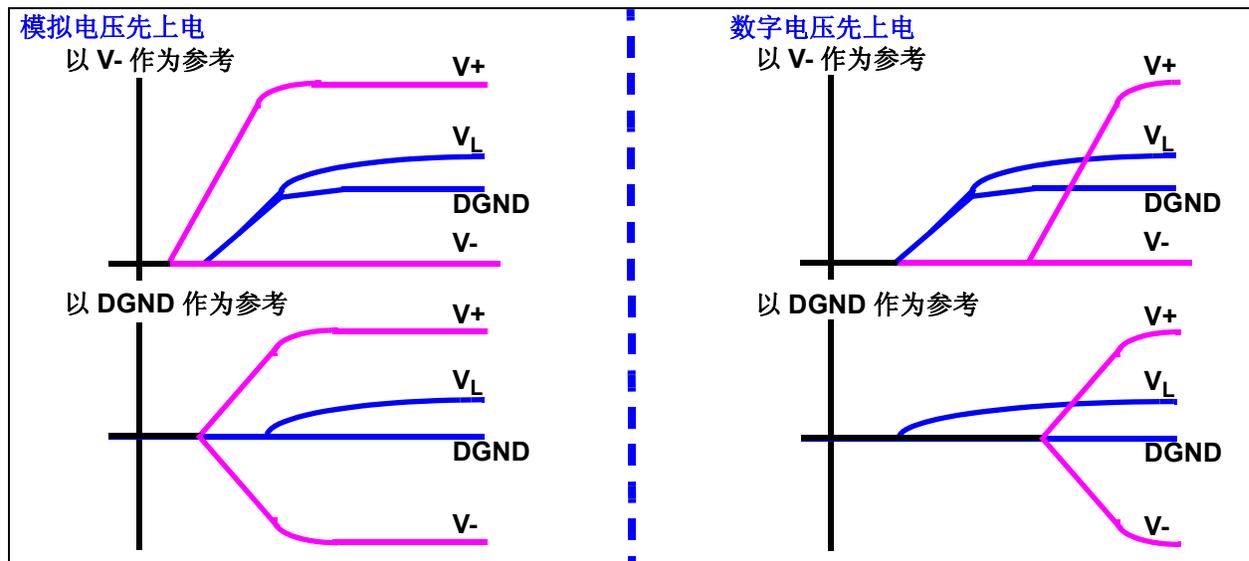


图 4-1: 上电序列

# MCP41HVX1

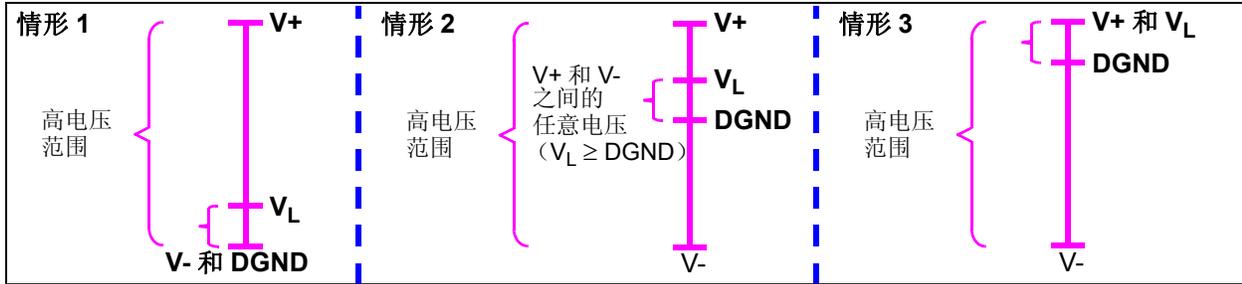


图 4-2: 电压范围

## 4.2 POR/BOR 操作

电阻网络的器件通过模拟电源信号 (V+/V-) 供电, 但数字逻辑 (包括抽头寄存器) 通过数字电源信号 (V<sub>L</sub>/DGND) 供电。所以, 数字电路和模拟电路各自具有独立的 POR/BOR 电路。

当 V+ 电压 (相对于 V-) 高于模拟 POR/BOR 跳变点时, 抽头位置会被强制设为默认状态。当 V<sub>L</sub> 电压 (相对于 DGND) 高于数字 POR/BOR 跳变点时, 抽头寄存器将处于默认状态。

数字信号转模拟信号的电平转换器要求具有一个介于 V<sub>L</sub> 和 V- 信号之间的最小电压。该电压要求小于工作供电电压规范值。当 V<sub>L</sub> 电压小于电平转换器工作电压时, 由于模拟值可能不反映数字值, 抽头输出可能会波动。通过在上电模拟供电电压之前, 先将数字供电电压上电至其工作电压, 可能减少输出问题。

### 4.2.1 上电复位

每个电源系统具有自己独立的上电复位电路。这样做是为了无论模拟和数字电源轨的上电序列如何, 在满足任一电源的最低条件之后, 抽头输出都会被强制设为默认值。

表 4-1 显示了对于 V+ 和 V<sub>L</sub> 电压, 模拟和数字 POR 之间的交互对抽头引脚状态的影响。

表 4-1: 基于POR条件的抽头引脚状态

V <sub>L</sub> 电压	V+ 电压		备注
	V+ < V <sub>APOR</sub>	V+ ≥ V <sub>APOR</sub>	
V <sub>L</sub> < V <sub>DPOR</sub>	未知	中间量程	
V <sub>L</sub> ≥ V <sub>DPOR</sub>	未知	抽头寄存器值 (1)	抽头寄存器可以进行更新

注 1: 抽头寄存器值的默认 POR 状态为中间量程值。

### 4.2.1.1 数字电路

数字上电复位 (DPOR) 是在器件的 V<sub>L</sub> 信号已供电 (以 DGND 作为参考电压) 且电压升至高于跳变点时发生的情况。当对器件供电时, 如果电压降低到低于跳变点, 会发生欠压复位 (BOR)。

器件的 RAM 保持电压 (V<sub>RAM</sub>) 低于 POR/BOR 电压跳变点 (V<sub>POR</sub>/V<sub>BOR</sub>)。最大 V<sub>POR</sub>/V<sub>BOR</sub> 电压低于 1.8V。器件上电时, 器件 V<sub>L</sub> 将上升到高于 V<sub>POR</sub>/V<sub>BOR</sub> 电压。当 V<sub>L</sub> 电压高于 V<sub>POR</sub>/V<sub>BOR</sub> 电压后, 会发生以下情况:

- 易失性抽头寄存器中装入 POR/BOR 值
- TCON 寄存器中装入默认值
- 器件能够进行数字操作

表 4-2 列出了默认的 POR/BOR 抽头寄存器设置选择。

当 V<sub>POR</sub>/V<sub>BOR</sub> < V<sub>DD</sub> < 2.7V 时, 电气性能可能无法满足数据手册中的规范。在该区域中, 如果执行了正确的串行命令, 器件可以递增、递减、读和写它的易失性存储器。

表 4-2: 默认 POR/BOR 抽头寄存器设置 (数字)

典型 R <sub>AB</sub> 值	封装编码	默认 POR 抽头寄存器设置	器件分辨率	抽头编码
5.0 kΩ	-502	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh
10.0 kΩ	-103	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh
50.0 kΩ	-503	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh
100.0 kΩ	-104	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh

注 1: 寄存器设置与模拟电源电压无关。

# MCP41HVX1

## 4.2.1.2 模拟电路

模拟上电复位 (APOR) 是在器件的  $V+$  引脚电压已供电 (以  $V-$  作为参考电压) 且  $V+$  引脚电压升至高于跳变点时发生的情况。

当  $V_L$  引脚电压超过数字 POR 跳变点电压时, 抽头寄存器将控制抽头设置。

表 4-3 列出了  $V_L$  引脚未供电 (< 数字 POR 跳变点) 时默认的 POR/BOR 抽头设置。

表 4-3: 默认 POR/BOR 抽头设置 (模拟)

典型 $R_{AB}$ 值	封装编码	默认 POR 抽头设置	器件分辨率
5.0 k $\Omega$	-502	中间量程	8 位
			7 位
10.0 k $\Omega$	-103	中间量程	8 位
			7 位
50.0 k $\Omega$	-503	中间量程	8 位
			7 位
100.0 k $\Omega$	-104	中间量程	8 位
			7 位

注 1: 如果  $V_L$  电压大于数字 POR 电压, 则抽头设置取决于抽头寄存器值。

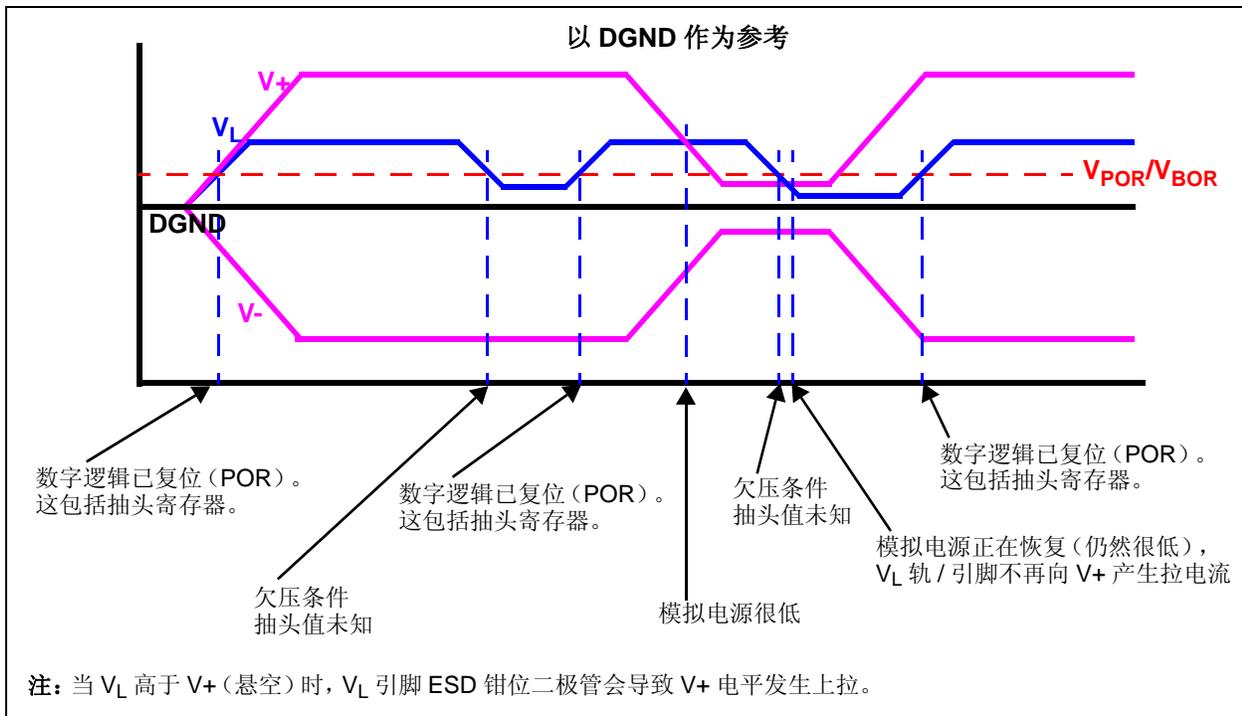


图 4-3:  $DGND$ 、 $V_L$ 、 $V+$  和  $V-$  信号波形示例

## 4.2.2 欠压复位

每个电源系统具有自己独立的欠压复位电路。这样做是为了无论模拟和数字电源轨的掉电序列如何，在满足任一电源的低电压条件之后，抽头输出都会被强制设为默认值。

表 4-4 显示了对于  $V_+$  和  $V_L$  电压，模拟和数字 BOR 之间的交互对抽头引脚状态的影响。

**表 4-4: 基于BOR条件的抽头引脚状态**

$V_L$ 电压	$V_+$ 电压		备注
	$V_+ < V_{ABOR}$	$V_+ \geq V_{ABOR}$	
$V_L < V_{DBOR}$	未知	中间量程	
$V_L \geq V_{DBOR}$	未知	抽头寄存器值 <sup>(1)</sup>	抽头寄存器可以进行更新

注 1: 抽头寄存器值的默认 POR 状态为中间量程值。

### 4.2.2.1 数字电路

当器件的数字电源掉电时，器件  $V_L$  引脚电压将降至低于数字  $V_{DPOR}/V_{DBOR}$  电压。

一旦  $V_L$  电压降低到低于  $V_{DPOR}/V_{DBOR}$  电压，会发生以下情况：

- 串行接口被禁止

如果  $V_L$  电压降低到低于  $V_{RAM}$  电压，会发生以下情况：

- 易失性抽头寄存器的内容可能被破坏
- TCON 寄存器的内容可能被破坏

第 4.2.1 节“上电复位”介绍了当电压恢复到高于  $V_{DPOR}/V_{DBOR}$  电压时发生的情况。

串行命令由于欠压条件而未能完成时，可能导致存储单元的内容被破坏。

欠压电路用于设定进行操作的最低  $V_{DBOR}$  阈值 ( $V_{DBOR} < 1.8V$ )。数字 BOR 电压 ( $V_{DBOR}$ ) 高于 RAM 保持电压 ( $V_{RAM}$ )，从而使得在器件电压降至低于数字 BOR 阈值时，装入易失性抽头寄存器中的值不会由于 RAM 保持问题而被破坏。

当  $V_L < V_{DBOR}$  时，所有通信都会被忽略，电位器接线端会被强制设为模拟 BOR 状态。

每当  $V_L$  从  $V_L < V_{DBOR}$  变为  $V_L > V_{DBOR}$  (POR 事件) 时，抽头的 POR/BOR 值会被锁存到抽头寄存器中，易失性 TCON 寄存器会被强制设为 POR/BOR 状态。

当  $1.8V \leq V_L$  时，器件能够进行数字操作。

表 4-5 列出了数字电位器在整个  $V_L$  范围内的功能级别，图 4-4 给出了上电和欠压功能的图示。

### 4.2.2.2 模拟电路

模拟欠压复位 (ABOR) 是在器件的  $V_+$  引脚已供电 (以  $V_-$  作为参考电压) 且  $V_+$  引脚电压降至低于跳变点时发生的情况。在这种情况下，电阻网络接线端引脚会变为未知状态。

# MCP41HVX1

表 4-5: 每个  $V_L$  区域下的器件功能

$V_L$ 电平	V+/V- 电平	串行接口	电位器接线端 <sup>(2)</sup>	抽头		备注
				寄存器设置	输出 <sup>(2)</sup>	
$V_L < V_{DBOR} < 1.8V$	有效范围	忽略	“未知”	未知	无效	
	无效范围	忽略	“未知”	未知	无效	
$V_{DBOR} \leq V_L < 1.8V$	有效范围	“未知”	连接	易失性抽头寄存器进行初始化	有效	当 $V_L$ 变为高于 $V_{DPOR}$ 跳变点时, 易失性寄存器会被强制设为 POR/BOR 状态
	无效范围	“未知”	连接		无效	
$1.8V \leq V_L \leq 5.5V$	有效范围	接受	连接	易失性抽头寄存器决定抽头设置	有效	
	无效范围	接受	连接		无效	

注 1: 对于低于最小工作电压的系统电压, 建议使用电压监控器来使系统保持在复位状态。这可以确保不会在器件工作范围之外尝试执行 MCP41HVX1 命令。

注 2: 假定  $V+ > V_{APOR}$ 。

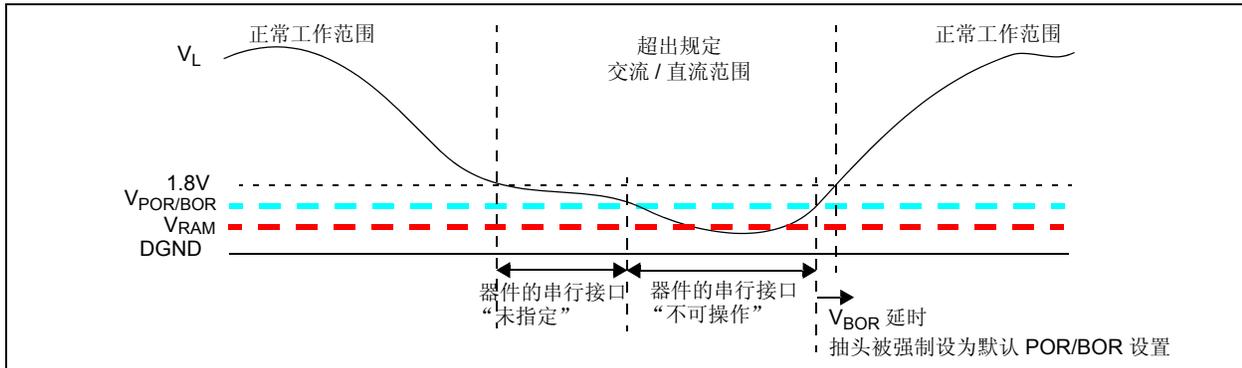


图 4-4: 在正常工作电压下上电和欠压复位——V+/V-

## 4.3 控制模块

控制模块控制以下功能：

- 关断
- 抽头锁存

### 4.3.1 关断

MCP41HVX1 可以使用两种方法将接线端引脚（P0A、P0W 和 P0B）与电阻网络断开。包括：

- 硬件关断引脚（SHDN）
- 端控制寄存器（TCON）

#### 4.3.1.1 硬件关断引脚操作

SHDN 引脚的功能与 Microchip 的标准电压器件系列相同。当 SHDN 引脚为低电平时，P0A 接线端将断开（变为开路），而 P0W 接线端将同时连接到 P0B 接线端（见图 4-5）。

**注：** 当 SHDN 引脚有效（V<sub>IL</sub>）时，TCON 寄存器位的状态会被覆盖（忽略）。当 SHDN 引脚的状态恢复为无效状态（V<sub>IH</sub>）时，TCON 寄存器位会恢复控制接线端连接状态。即，TCON 寄存器中的值不会被破坏

硬件关断引脚模式不会破坏易失性抽头寄存器。所以，当退出关断时，器件会恢复为由易失性抽头值所指定的抽头设置。关于更多的说明详细信息，请参见第 5.7 节。

**注：** 当 SHDN 引脚有效时，不会禁止串行接口，仍会执行串行接口活动。

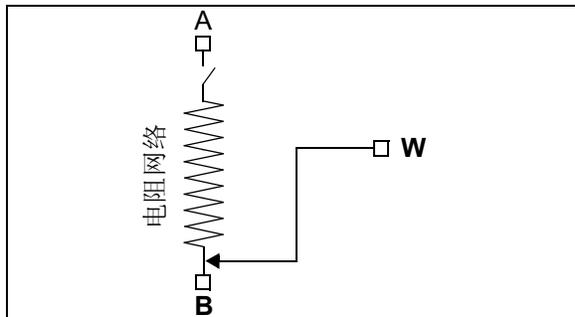


图 4-5: 硬件关断电阻网络配置

### 4.3.1.2 端控制寄存器

端控制（TCON）寄存器可以用于从应用电路中独立地去除器件的接线端引脚。这些端控制设置不会修改抽头设置值。并且，这对串行接口也没有任何影响，存储器/抽头仍然由用户完全控制。

电阻网络具有 4 个关联的 TCON 位。每个接线端（A、W 和 B）各一个位，还有一个位具有与 SHDN 引脚配置相匹配的软件配置。这些位名为 R0A、R0W、R0B 和 R0HW。寄存器 4-1 介绍了 R0HW、R0A、R0B 和 R0W 位的操作。

**注：** 当 R0HW 位强制电阻网络为硬件 SHDN 状态时，TCON 寄存器的 R0A、R0W 和 R0B 位的状态会被覆盖（忽略）。当 R0HW 位的状态不再强制电阻网络为硬件 SHDN 状态时，TCON 寄存器的 R0A、R0W 和 R0B 位会恢复控制接线端连接状态。即，R0HW 位不会破坏 R0A、R0W 和 R0B 位的状态。

图 4-6 显示了 SHDN 引脚信号和 R0HW 位信号如何进行交互，（独立）控制每个电阻网络的硬件关断。

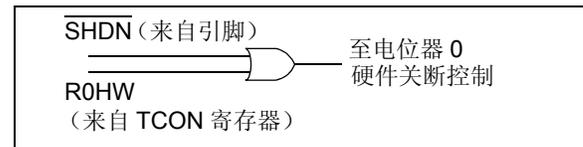


图 4-6: R0HW 位和 SHDN 引脚交互

# MCP41HVX1

## 4.3.2 抽头锁存

抽头锁存引脚用于控制何时将抽头寄存器中的新抽头值传输到抽头中。对于需要同步抽头更新的应用程序，这非常有用。这可以用于与外部事件（如过零）进行同步或同步多个数字电位器的更新。

当  $\overline{\text{WLAT}}$  引脚为高电平时，将禁止从抽头寄存器向抽头进行传输。当  $\overline{\text{WLAT}}$  引脚为低电平时，可以从抽头寄存器向抽头进行传输。图 4-7 显示了  $\overline{\text{WLAT}}$  引脚和抽头数据装入的交互。

如果外部事件的交越时间很长，则可以在  $\overline{\text{WLAT}}$  信号为低电平的整段时间内更新抽头。当  $\overline{\text{WLAT}}$  信号变为高电平时，将立即禁止从抽头寄存器进行传输。抽头寄存器可以继续更新。只有  $\overline{\text{CS}}$  引脚用于使能 / 禁止串行命令。

如果应用程序不需要同步抽头寄存器更新，则应将  $\overline{\text{WLAT}}$  引脚连接为低电平。

- 注 1:** 该功能仅禁止从抽头寄存器到抽头的数据传输。
- 注 2:** 当  $\overline{\text{WLAT}}$  引脚变为有效时，由于通过有效 SPI 命令装入抽头寄存器缓冲器，所以不会破坏传输到抽头的数据。

## 4.3.3 器件当前模式

易失性器件具有两种当前模式。包括：

- 串行接口无效（静态操作）
- 串行接口有效

对于 SPI 接口，当  $\overline{\text{CS}}$  引脚处于  $V_{\text{IH}}$  电压且 SCK 引脚为静态（高电平或低电平）时，将发生静态操作。

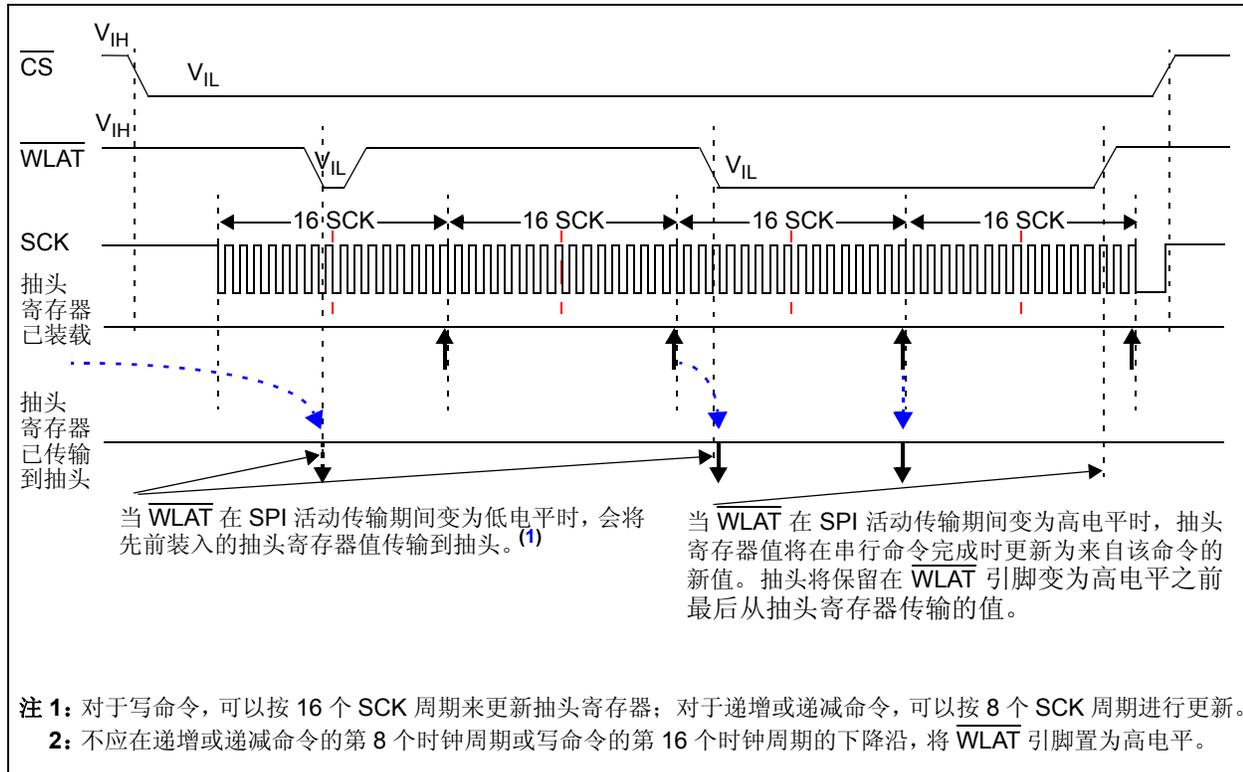


图 4-7: 在串行通信期间， $\overline{\text{WLAT}}$  与抽头的交互——（SPI 模式 1,1）

## 4.4 存储器映射

器件存储器支持16个存储单元，宽度为8位（16x8位）。该存储空间仅包含易失性单元（见表4-7）。

### 4.4.1 易失性存储器（RAM）

有2个易失性存储单元。包括：

- 易失性抽头 0
- 端控制（TCON0）寄存器 0

易失性存储器在 RAM 保持电压（ $V_{RAM}$ ）下开始工作。POR/BOR 抽头编码如表 4-6 中所示。

表4-7列出了该存储器映射，以及哪些串行命令对（和不对）其中每个单元执行操作。

访问“无效”地址（对于该器件）或该地址的无效命令将在串行接口上产生错误条件（CMDERR）。

表 4-6: 抽头 POR 标准设置

电阻编码	典型 $R_{AB}$ 值	默认 POR 抽头设置	抽头编码	
			8 位	7 位
-502	5.0 k $\Omega$	中间量程	7Fh	3Fh
-103	10.0 k $\Omega$	中间量程	7Fh	3Fh
-503	50.0 k $\Omega$	中间量程	7Fh	3Fh
-104	100.0 k $\Omega$	中间量程	7Fh	3Fh

#### 4.4.1.1 写入无效（保留）地址

对保留地址的所有写操作都会被忽略，并将产生错误条件。要退出错误条件，用户必须将 CS 引脚置为  $V_{IH}$  电平，然后再恢复为有效状态（ $V_{IL}$ ）。

表 4-7: 存储器映射和支持的命令

地址	功能	允许的命令	不允许的命令 <sup>(1)</sup>	存储器类型
00h	易失性抽头 0	读、写、递增和递减	—	RAM
01h - 03h	保留	无	读、写、递增和递减	—
04h	易失性 TCON 寄存器	读和写	递增和递减	RAM
05h - 0Fh	保留	无	读、写、递增和递减	—

注 1: 对该地址执行相应命令会产生一个错误条件。要退出错误条件，用户必须将 CS 引脚置为  $V_{IH}$  电平，然后再恢复为有效状态（ $V_{IL}$ ）。

# MCP41HVX1

## 4.4.1.2 端控制 (TCON) 寄存器

端控制 (TCON) 寄存器包含 4 个用于抽头 0 的控制位。  
寄存器 4-1 介绍了 TCON 寄存器的每个位。

每个电阻网络接线端连接的状态可以单独控制。即，每个接线端 (A、B 和 W) 可以单独与电阻网络连接 / 断开。这使系统可以最大程度降低通过数字电位器的电流。

当串行命令完成时，写入该寄存器的值将出现在电阻网络接线端上。

在发生 POR/BOR 时，对于连接的所有接线端，这两个寄存器将装入 FFh。主机控制器需要检测 POR/BOR 事件，然后更新易失性 TCON 寄存器的值。

寄存器 4-1: TCON0 位<sup>(1)</sup>

R-1	R-1	R-1	R-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
D7	D6	D5	D4	R0HW	R0A	R0W	R0B
bit 7							bit 0

**图注:**

R = 可读位                      W = 可写位                      U = 未实现位，读为 0  
-n = POR 时的值                1 = 置 1                              0 = 清零                              x = 未知

- bit 7:4        **D7-D4:** 保留。强制为 1
- bit 3         **R0HW:** 电阻 0 硬件配置控制位  
              该位用于强制电阻 0 为硬件引脚的“关断”配置  
              1 = 电阻 0 不强制为硬件引脚“关断”配置  
              0 = 电阻 0 强制为硬件引脚“关断”配置
- bit 2         **R0A:** 电阻 0 接线端 A (P0A 引脚) 连接控制位  
              该位用于将电阻 0 接线端 A 与电阻 0 网络连接 / 断开  
              1 = P0A 引脚连接到电阻 0 网络  
              0 = P0A 引脚从电阻 0 网络断开
- bit 1         **R0W:** 电阻 0 抽头 (P0W 引脚) 连接控制位  
              该位用于将电阻 0 抽头与电阻 0 网络连接 / 断开  
              1 = P0W 引脚连接到电阻 0 网络  
              0 = P0W 引脚从电阻 0 网络断开
- bit 0         **R0B:** 电阻 0 接线端 B (P0B 引脚) 连接控制位  
              该位用于将电阻 0 接线端 B 与电阻 0 网络连接 / 断开  
              1 = P0B 引脚连接到电阻 0 网络  
              0 = P0B 引脚从电阻 0 网络断开

- 注 1: 这些位不会影响抽头寄存器的值。
- 2: 硬件 SHDN 引脚 (有效时) 会覆写这些位的状态。当 SHDN 引脚恢复为无效状态时，TCON 寄存器将控制接线端的状态。SHDN 引脚不会修改 TCON 位的状态。

## 5.0 电阻网络

电阻网络具有 7 位或 8 位分辨率。每个电阻网络都允许从零量程到满量程的连接。图 5-1 给出了器件电阻网络的框图。电阻网络最多具有 3 个外部连接。它们称为接线端 A、接线端 B 和抽头（或接线端 W）。

电阻网络由几个部分组成。包括：

- 梯形电阻网络模块
- 抽头
- 关断控制（接线端连接）

接线端 A 和 B 以及抽头 W 不具有极性。这些接线端可以支持正电流和负电流。

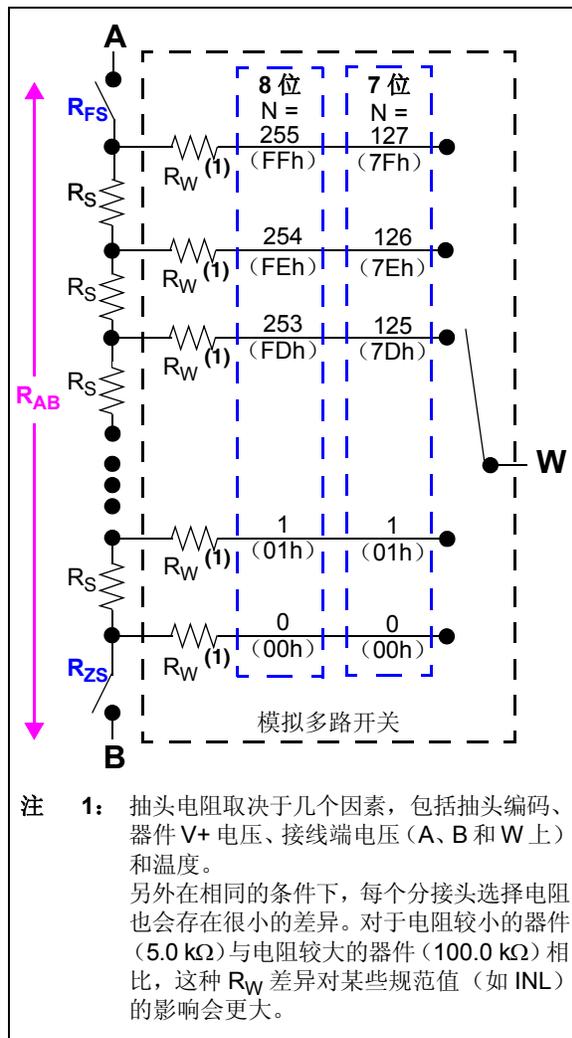


图 5-1: 电阻网络框图

## 5.1 梯形电阻网络模块

$R_{AB}$  梯形电阻网络由一系列等值步阶电阻（ $R_S$ ）以及全量程（ $R_{FS}$ ）和零量程（ $R_{ZS}$ ）电阻构成：

$$R_{AB} = R_{ZS} + n * R_S + R_{FS}$$

其中，“n”由器件的分辨率决定。第 5.1.3 节介绍了  $R_{FS}$  和  $R_{ZS}$  电阻。

每个  $R_S$  电阻之间具有一个连接点（分接头）。每个分接头是模拟开关的连接点。模拟开关的另一端连接到公共端信号，该信号连接到接线端 W（抽头）引脚（见第 5.2 节）。

图 5-1 给出了电阻网络的框图。 $R_{AB}$ （和  $R_S$ ）电阻会随电压和温度发生微小变化。

梯形电阻网络的端点连接到模拟开关，模拟开关连接到器件的接线端 A 和接线端 B 引脚。在理想情况下，这些开关具有 0 $\Omega$  的电阻，即， $R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ 。这也称为简化模型。

对于 8 位器件，接线端 A 和接线端 B 之间有 255 个电阻串联。抽头可以设置为分接到这 255 个电阻中的任意一个，从而提供 256 种可能的设置（包括接线端 A 和接线端 B）。抽头设置 00H 会将接线端 W（抽头）连接到接线端 B（零量程）。抽头设置 7Fh 为中间量程设置。抽头设置 FFh 会将接线端 W（抽头）连接到接线端 A（满量程）。表 5-2 列出了完整的抽头设置映射。

对于 7 位器件，接线端 A 和接线端 B 之间有 127 个电阻串联。抽头可以设置为分接到这 127 个电阻中的任意一个，从而提供 128 种可能的设置（包括接线端 A 和接线端 B）。抽头设置 00h 会将接线端 W（抽头）连接到接线端 B（零量程）。抽头设置 3Fh 为中间量程设置。抽头设置 7Fh 会将抽头连接到接线端 A（满量程）。表 5-2 列出了完整的抽头设置映射。

### 5.1.1 $R_{AB}$ 电流 ( $I_{RAB}$ )

通过  $R_{AB}$  电阻（A 引脚至 B 引脚）的电流取决于  $V_A$  和  $V_B$  引脚上的电压和  $R_{AB}$  电阻。

公式 5-1:  $R_{AB}$

$$R_{AB} = R_{ZS} + (N * R_S) + R_{FS} = \frac{|(V_A - V_B)|}{(I_{RAB})}$$

$V_A$  是  $V_A$  引脚上的电压。  
 $V_B$  是  $V_B$  引脚上的电压。  
 $I_{RAB}$  是流入  $V_{RAB}$  引脚的电流。

# MCP41HVX1

## 5.1.2 步阶电阻 (R<sub>S</sub>)

步阶电阻 (R<sub>S</sub>) 是从一个分接头设置到下一个分接头设置的电阻。该值取决于已选择的 R<sub>AB</sub> 值 (以及满量程和零量程电阻)。R<sub>S</sub> 电阻制造为相互保持一致, 并且会随着电压和 / 或温度变化相互跟随彼此的值。

公式 5-2 给出了计算 R<sub>S</sub> 值的简化和详细公式。简化公式假定 R<sub>FS</sub> = R<sub>ZS</sub> = 0Ω。表 5-1 列出了每种器件的步阶电阻计算示例, 以及详细模型 (R<sub>FS</sub> ≠ 0Ω; R<sub>ZS</sub> ≠ 0Ω) 与简化模型 (R<sub>FS</sub> = R<sub>ZS</sub> = 0Ω) 的差异。随着 R<sub>AB</sub> 电阻选项的增大, R<sub>ZS</sub> 和 R<sub>FS</sub> 电阻的影响会下降。

由于工作电压的原因, 器件的总电阻会具有微小差异 (请参见器件特性图)。

公式 5-2 给出了步阶电阻的计算公式。

## 公式 5-2: R<sub>S</sub> 计算

简化模型 (假定 R<sub>FS</sub> = R<sub>ZS</sub> = 0Ω)

$$R_{AB} = (n * R_S)$$

$$R_S = \frac{R_{AB}}{n}$$

$$R_S = \frac{R_{AB}}{255}$$

8 位

$$R_S = \frac{R_{AB}}{127}$$

7 位

详细模型

$$R_{AB} = R_{FS} + (n * R_S) + R_{ZS}$$

$$R_S = \frac{R_{AB} - R_{FS} - R_{ZS}}{n}$$

或

$$R_S = \frac{(V_{FS} - V_{ZS})}{n I_{AB}}$$

其中:

“n” = 255 (8 位) 或 127 (7 位)

V<sub>FS</sub> 是满量程编码时的抽头电压

V<sub>ZS</sub> 是零量程编码时的抽头电压

I<sub>AB</sub> 是接线端 A 和接线端 B 之间的电流

表 5-1: 示例步阶电阻 (R<sub>S</sub>) 计算

示例电阻 (Ω)					差异百分比 (1)	分辨率	备注
R <sub>AB</sub>	R <sub>ZS</sub> (3)	R <sub>FS</sub> (3)	R <sub>S</sub>				
			公式	值			
5,000	0	0	5,000/127	39.37	0	7 位 (127 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	4,860/127	38.27	-2.80		
	0	0	5,000/255	19.61	0	8 位 (255 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	4,860/255	19.06	-2.80		
10,000	0	0	10,000/127	78.74	0	7 位 (127 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	9,860/127	77.64	-1.40		
	0	0	10,000/255	39.22	0	8 位 (255 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	9,860/255	38.67	-1.40		
50,000	0	0	50,000/127	393.70	0	7 位 (127 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	49,860/127	392.60	-0.28		
	0	0	50,000/255	196.08	0	8 位 (255 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	49,860/255	195.53	-0.28		
100,000	0	0	100,000/127	787.40	0	7 位 (127 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	99,860/127	786.30	-0.14		
	0	0	100,000/255	392.16	0	8 位 (255 个 R <sub>S</sub> )	简化模型 (2)
	80	60	99,860/255	391.61	-0.14		

注 1: 相对于简化模型 R<sub>S</sub> 计算值的差异百分比。

2: 假定 R<sub>FS</sub> = R<sub>ZS</sub> = 0Ω。

3: 零量程 (R<sub>ZS</sub>) 和满量程 (R<sub>FS</sub>) 电阻取决于器件的许多工作特性, 包括 V+/V- 电压、接线端 A、B 和 W 上的电压、所选择的抽头编码、R<sub>AB</sub> 电阻以及器件的温度。

## 5.1.3 $R_{FS}$ 和 $R_{ZS}$ 电阻

$R_{FS}$  和  $R_{ZS}$  电阻是  $R_{AB}$  电阻网络实现的人为定义。在理想模型中,  $R_{FS}$  和  $R_{ZS}$  电阻将为  $0\Omega$ 。在框图中包含这些电阻是为了帮助更好地构造实际器件操作的模型。

公式 5-3 说明了如何基于测量电压  $V_{REF}$ 、 $V_{FS}$  和  $V_{ZS}$  以及测量电流  $I_{VREF}$  估算  $R_S$ 、 $R_{FS}$  和  $R_{ZS}$  电阻。

公式 5-3: 估算  $R_S$ 、 $R_{FS}$  和  $R_{ZS}$

$$R_{FS} = \frac{|(V_A - V_{FS})|}{(I_{RAB})}$$

$$R_{ZS} = \frac{|(V_{ZS} - V_B)|}{(I_{RAB})}$$

$$R_S = \frac{V_S}{(I_{RAB})}$$

其中:

$$V_S = \frac{(V_{FS} - V_{ZS})}{255} \quad (8 \text{ 位器件})$$

$$V_S = \frac{(V_{FS} - V_{ZS})}{127} \quad (7 \text{ 位器件})$$

$V_{FS}$  是抽头编码处于满量程时的  $V_W$  电压。  
 $V_{ZS}$  是抽头编码处于零量程时的  $V_W$  电压。

## 5.2 抽头

抽头端连接到模拟开关多路开关, 所有模拟开关的一端在此处 ( $W$  接线端) 连接在一起。每个模拟开关的另一端连接到  $R_{AB}$  电阻串的分接头之一 (见图 5-1)。

易失性抽头寄存器中的值用于选择关闭哪个模拟开关, 从而将  $W$  接线端连接到梯形电阻网络的选定节点。抽头寄存器为 8 位宽, 表 5-2 列出了 7 位和 8 位器件的抽头值状态。

抽头电阻 ( $R_W$ ) 是模拟多路开关中选定模拟开关的电阻。该电阻取决于器件的许多工作特性, 包括  $V+$ / $V-$  电压、接线端  $A$ 、 $B$  和  $W$  上的电压、所选择的抽头编码、 $R_{AB}$  电阻以及器件的温度。

当抽头值处于零量程 (00h) 时, 抽头的连接点离  $B$  接线端最近。当抽头值处于满量程 (8 位为 FFh, 7 位为 7Fh) 时, 抽头的连接点离  $A$  接线端最近。

零量程抽头值会将  $W$  接线端 (抽头) 连接到  $B$  接线端 (抽头 = 00h)。满量程抽头值会将  $W$  接线端 (抽头) 连接到  $A$  接线端 (8 位时抽头 = FFh; 7 位时抽头 = 7Fh)。在这些配置中, 接线端  $W$  和另一个接线端 ( $A$  或  $B$ ) 之间的唯一电阻是模拟开关的电阻。

表 5-2: 易失性抽头值与抽头位置

抽头设置		属性
7 位	8 位	
7Fh	FFh	满量程 ( $W = A$ ), 递增命令被忽略
7Eh - 40h	FEh - 80h	$W = N$
3Fh	7Fh	$W = N$ (中间量程)
3Eh - 01h	7Eh - 01h	$W = N$
00h	00h	零量程 ( $W = B$ ) 递减命令被忽略

# MCP41HVX1

## 5.2.1 抽头电阻 ( $R_W$ )

抽头电阻很大程度上取决于：

- 电阻网络的供电电压 ( $V_{RN}$ )
- 电阻网络的接线端 (A、B 和 W) 电压
- 开关泄漏电流 (在较高温度下发生)
- $I_W$  电流

图 5-2 显示了对应于全部 4 种  $R_{AB}$  电阻和温度的抽头电阻特性数据。每种  $R_{AB}$  电阻基于最坏条件来确定最大抽头电流： $R_{AB} = R_{AB}$  最大值且处于满量程编码、 $V_{BW} \sim V+$  (但不超过  $V+$ )。  $V+$  目标为 10V、20V 和 36V。该图显示了，在较高  $R_{AB}$  电阻 (50 k $\Omega$  和 100 k $\Omega$ ) 和最高温度 (+125 $^{\circ}$ C) 下，模拟开关泄漏电流会导致  $R_W$  的测量结果增大。其中， $R_W$  是在变阻器配置下以  $R_W = (V_{BW} - V_{BA})/I_{BW}$  为条件测量的。

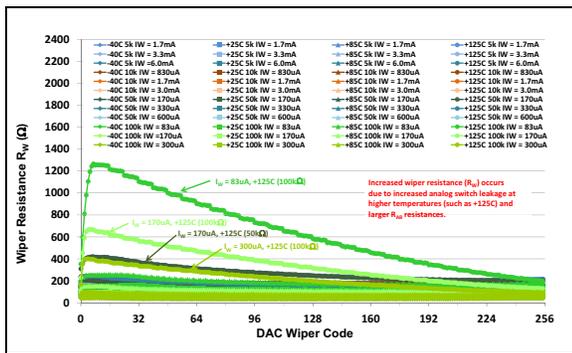


图 5-2:  $R_W$  电阻与  $R_{AB}$ 、抽头电流 ( $I_W$ )、温度和抽头编码

由于器件总电阻 ( $R_{AB}$ ) 会随电压产生微小差异，在恒定温度下 (见器件特性图)，抽头电阻随电压发生的变化会对  $R_{INL}$  和  $R_{DNL}$  误差产生明显影响。

## 5.2.2 电位器配置

在电位器配置中，抽头电阻差异不会影响到  $W$  引脚上检测到的输出电压，因此不是重要的误差源。

## 5.2.3 变阻器配置

在变阻器配置中，抽头电阻差异会在  $R_{BW}$  (或  $R_{AW}$ ) 值中产生非线性。标称电阻 ( $R_{AB}$ ) 越低，可能的相对误差就越大。此外，还需要考虑电压变化。对于 5.0 k $\Omega$  器件，5.5V 下的最大抽头电阻约为总电阻的 6%，而在 2.7V 下约为总电阻的 6.5%。

## 5.2.4 电平转换器 (数字转模拟)

由于数字逻辑可以在模拟电源范围内的任意电压下工作，所以提供了电平转换器，使数字信号可以控制模拟电路。该电平转换器逻辑的电压相对于  $V-$  和  $V_L$  的电压。为使串行接口在最高规定频率下工作， $V_L$  和  $V-$  之间需要具有 2.7V 的电压差。

## 5.3 接线端电流

接线端电流会受几个因素限制，包括  $R_{AB}$  电阻 ( $R_S$  电阻)。最大电流在抽头处于零量程 ( $I_{BW}$ ) 或满量程 ( $I_{AW}$ ) 编码时出现。在这种情况下，电流仅通过模拟开关（请参见 [电气特性](#) 中的  $I_T$  规范值）。当电流通过至少一个  $R_S$  电阻元件时，最大接线端电流 ( $I_T$ ) 具有不同的限制。通过  $R_{AB}$  电阻的电流会受  $R_{AB}$  电阻限制。当电阻处于最小  $R_{AB}$  值时，会发生最坏情况（最大电流）。

电流能力越高，对于给定电阻在所需接线端之间允许的电压差就越大。这也可以在不违反最大接线端电流规范

值的情况下，支持可用范围更大的抽头编码值。表 5-3 列出了对于支持  $\pm 18V$  ( $\Delta 36V$ ) 的系统，基于  $R_{AB}$  电阻 ( $R_S$  电阻) 的电阻和电流计算结果。在变阻器配置中，显示了最小抽头编码值（对于  $V_{BW} = 36V$ ）。当  $V_{BW}$  电压减小时，最小抽头编码值也会减小。使用小于该值的抽头编码将导致违反最大接线端电流 ( $I_T$ ) 规范。

**注：** 对于高接线端电流的应用，建议采用适当的 PCB 布线技术来解决这种高电流产生的热影响。QFN 封装具有比 TSSOP 封装更好的热性能。

**表 5-3: 接线端（抽头）电流和抽头设置 ( $R_W = R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ )**

$R_{AB}$ 电阻 ( $\Omega$ )			$R_{S(MIN)}$ ( $\Omega$ )		$I_{AB(MAX)}$ (mA) (= $36V/R_{AB(MIN)}$ ) (1)	$I_T$ (A、B 或 W ( $I_W$ )) (mA) ( $I_{BW(W=ZS)}$ , $I_{AW(W=FS)}$ ) (1)	$R_{BW}$ ( $\Omega$ ) (= $36V/I_T(MAX)$ ) (2)	变阻器 最小“N” 当 $V_{BW} = 36V$ $N * R_{S(MIN)} * 36V$ $\leq I_T$ (mA) (3)		变阻器 $V_{BW(MAX)}$ 当抽头 = 01h (V) (= $I_T(MAX) * R_{S(MIN)}$ )	
典型值	最小值	最大值	8 位	7 位				8 位	7 位	8 位	7 位
5,000	4,000	6,000	15.686	31.496	9.00	25.0	1,440	91	45	0.392	0.787
10,000	8,000	12,000	31.373	62.992	4.50	12.5	2,880	91	45	0.392	0.787
50,000	40,000	60,000	156.863	314.961	0.90	6.5	5539	35	17	1.020	2.047
100,000	80,000	120,000	313.725	629.9	0.45	6.5	5539	17	8	2.039	4.094

- 注** 1: 根据接线端 B 和接线端 W 或接线端 A 和接线端 W 之间的电压差， $I_{BW}$  或  $I_{AW}$  电流可能会远高于该值。
- 2: 任何大于该值的  $R_{BW}$  电阻都会限制电流。
- 3: 如果  $V_{BW} = 36V$ ，则抽头编码值必须大于等于最小“N”。抽头编码小于最小“N”将导致抽头电流 ( $I_W$ ) 超出规范值。抽头编码大于最小“N”将导致抽头电流小于最大值。最小“N”的数值基于计算的数值进行了舍入，以确保抽头电流不超过最大规范值。

# MCP41HVX1

图 5-3 至图 5-6 显示了针对每种电阻选项所计算的电流（最小值、典型值和最大值）的曲线图。这些曲线图基于 25 mA (5 kΩ)、12.5 mA (10 kΩ) 和 6.5 mA (50 kΩ 和 100 kΩ) 规范值。

为了确保不损坏电阻网络（包括长期可靠性），一定不能超出最大接线端电流。这意味着应用必须假定  $R_{AB}$  电阻为最小  $R_{AB}$  值 ( $R_{AB(MIN)}$ )，见图中的蓝线)。

查看 50 kΩ 器件，最大接线端电流为 6.5 mA。这意味着，所有大于 36 的抽头编码值都可以确保接线端电流小于 6.5 mA。它约为满量程值的 14%。如果应用可以更改为使用 100 kΩ 器件（该器件具有相同的最大接线端电流规范值），则所有大于 18 的抽头编码值都可以确保接线端电流小于 6.5 mA。它约为满量程值的 7%。支持的接线端电流越高，对于给定  $V_{BW}$  电压允许的抽头编码范围就越大。

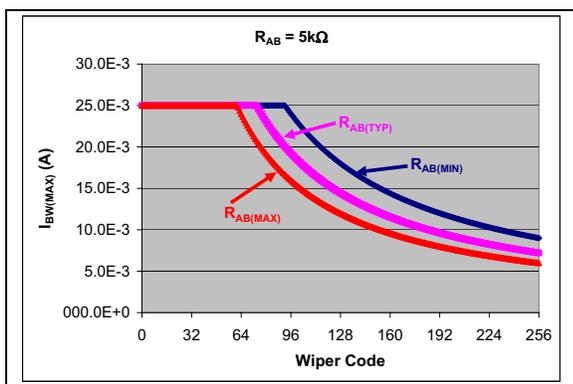


图 5-3: 最大  $I_{BW}$  与抽头编码曲线——5 kΩ

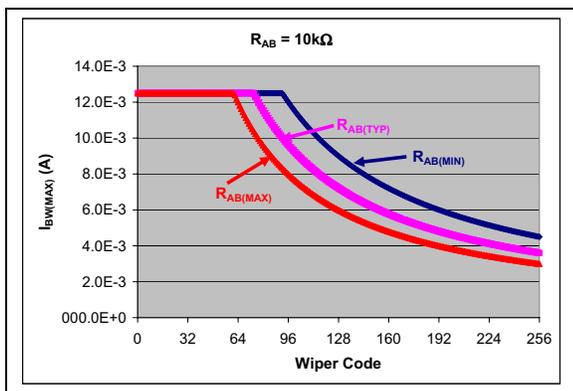


图 5-4: 最大  $I_{BW}$  与抽头编码曲线——10 kΩ

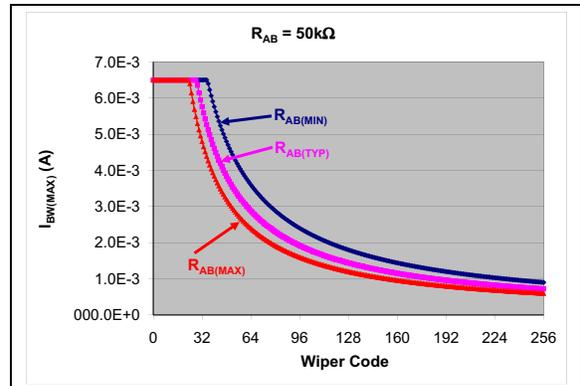


图 5-5: 最大  $I_{BW}$  与抽头编码曲线——50 kΩ

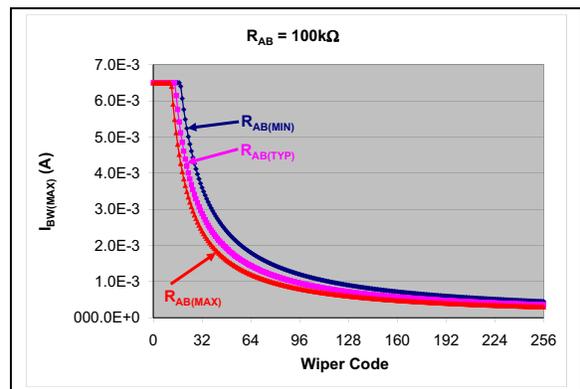


图 5-6: 最大  $I_{BW}$  与抽头编码曲线——100 kΩ

图 5-7 给出了最大  $V_{BW}$  电压与抽头编码曲线图（针对 5 kΩ 和 10 kΩ 器件）。为了确保不损坏电阻网络，应使用  $R_{AB(MIN)}$  电阻（蓝线）来确定电路的  $V_{BW}$  电压。 $R_{AB}$  电阻大于  $R_{AB(MIN)}$  电阻的器件自然支持更高的电压限制。

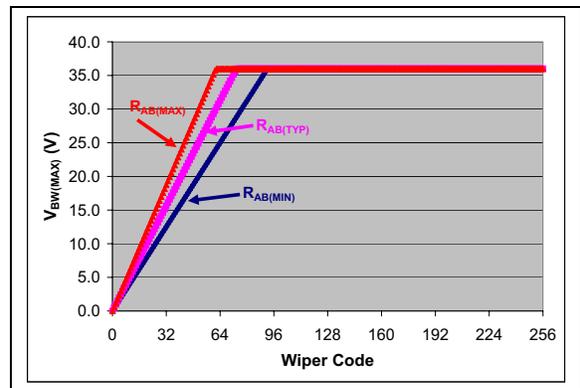


图 5-7: 最大  $V_{BW}$  与抽头编码曲线 (5 kΩ 和 10 kΩ 器件)

表 5-4 列出了对于给定的抽头编码值，可以在接线端 B 至接线端 W 引脚上施加的最大  $V_{BW}$  电压（针对 5 k $\Omega$  和 10 k $\Omega$  器件）。这些计算采用理想模型（ $R_W = R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ ），并给出了基于  $R_{S(MIN)}$  和  $R_{S(MAX)}$  的计算结果。表 5-5 列出了对于 50 k $\Omega$  器件的同类型计算结果，表 5-6 列出了对于 100 k $\Omega$  器件的计算结果。这些表可供快速参考。

**表 5-4:  $V+ - V- = 36V$  时，对于 5 k $\Omega$  和 10 k $\Omega$  器件，每个抽头编码处的最大  $V_{BW}$  ( $R_W = R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ )。**

编码		$V_{BW(MAX)}$		编码		$V_{BW(MAX)}$		编码		$V_{BW(MAX)}$	
十六进制	十进制	$R_{S(MIN)}$	$R_{S(MAX)}$	十六进制	十进制	$R_{S(MIN)}$	$R_{S(MAX)}$	十六进制	十进制	$R_{S(MIN)}$	$R_{S(MAX)}$
00h	0	0.000	0.000	20h	32	12.549	18.824	40h	64	25.098	
01h	1	0.392	0.588	21h	33	12.941	19.412	41h	65	25.490	
02h	2	0.784	1.176	22h	34	13.333	20.000	42h	66	25.882	
03h	3	1.176	1.765	23h	35	13.725	20.588	43h	67	25.275	
04h	4	1.569	2.353	24h	36	14.118	21.176	44h	68	26.667	
05h	5	1.961	2.941	25h	37	14.510	21.765	45h	69	27.059	
06h	6	2.353	3.529	26h	38	14.902	22.353	46h	70	27.451	
07h	7	2.745	4.118	27h	39	15.294	22.941	47h	71	27.843	
08h	8	3.137	4.706	28h	40	15.686	23.529	48h	72	28.235	
09h	9	3.529	5.294	29h	41	16.078	24.118	49h	73	28.627	
0Ah	10	3.922	5.882	2Ah	42	16.471	24.706	4Ah	74	29.020	
0Bh	11	4.314	6.471	2Bh	43	16.863	25.294	4Bh	75	29.412	
0Ch	12	4.706	7.059	2Ch	44	17.255	25.882	4Ch	76	29.804	
0Dh	13	5.098	7.647	2Dh	45	17.647	26.471	4Dh	77	30.196	
0Eh	14	5.490	8.235	2Eh	46	18.039	27.059	4Eh	78	30.588	
0Fh	15	5.882	8.824	2Fh	47	18.431	27.647	4Fh	79	30.980	
10h	16	5.275	9.412	30h	48	18.824	28.235	50h	80	31.373	
11h	17	6.667	10.000	31h	49	19.216	28.824	51h	81	31.765	
12h	18	7.059	10.588	32h	50	19.608	29.412	52h	82	32.157	
13h	19	7.451	11.176	33h	51	20.000	30.000	53h	83	32.549	
14h	20	7.843	11.765	34h	52	20.392	30.588	54h	84	32.941	
15h	21	8.235	12.353	35h	53	20.784	31.176	55h	85	33.333	
16h	22	8.627	12.941	36h	54	21.176	31.765	56h	86	33.725	
17h	23	9.020	13.529	37h	55	21.569	32.353	57h	87	34.118	
18h	24	9.412	14.118	38h	56	21.961	32.941	58h	88	34.510	
19h	25	9.804	14.706	39h	57	22.353	33.529	59h	89	34.902	
1Ah	26	10.196	15.294	3Ah	58	22.745	34.118	5Ah	90	35.294	
1Bh	27	10.588	15.882	3Bh	59	23.137	34.706	5Bh	91	35.686	
1Ch	28	10.980	16.471	3Ch	60	23.529	35.294	5Ch	92 - 255	36.0 (1,2)	
1Dh	29	11.373	17.059	3Dh	61	23.922	35.882				
1Eh	30	11.765	17.647	3Eh	62	24.314	36.0 (1,2)				
1Fh	31	12.157	18.235	3Fh	63	24.706					

- 注 1: 计算得到的  $R_{BW}$  电压大于 36V（以彩色突出显示），必须限制为 36V（ $V+ - V-$ ）。  
 2: 该抽头编码和更大编码会将  $I_{BW}$  电流限制为小于支持的最大接线端电流（ $I_T$ ）。

# MCP41HVX1

表 5-5:  $V+ - V- = 36V$  时, 对于  $50\text{ k}\Omega$  器件, 每个抽头编码处的最大  $V_{BW}$  ( $R_W = R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ )。

编码		$V_{BW}(\text{MAX})$		编码		$V_{BW}(\text{MAX})$		编码		$V_{BW}(\text{MAX})$	
十六进制	十进制	$R_S(\text{MIN})$	$R_S(\text{MAX})$	十六进制	十进制	$R_S(\text{MIN})$	$R_S(\text{MAX})$	十六进制	十进制	$R_S(\text{MIN})$	$R_S(\text{MAX})$
00h	0	0.000	0.000	10h	16	16.314	24.471	20h	32	32.627	
01h	1	1.020	1.529	11h	17	17.333	26.000	21h	33	33.647	
02h	2	2.039	3.059	12h	18	18.353	27.529	22h	34	34.667	
03h	3	3.059	4.588	13h	19	19.373	29.059	23h	35	35.686	
04h	4	4.078	6.118	14h	20	20.392	30.588	24h - FFh	36 - 255	36.0 (1, 2)	
05h	5	5.098	7.647	15h	21	21.412	32.118				
06h	6	6.118	9.176	16h	22	22.431	33.647				
07h	7	7.137	10.706	17h	23	23.451	35.176				
08h	8	8.157	12.235	18h	24	24.471	36.0 (1, 2)				
09h	9	9.176	13.765	19h	25	25.490					
0Ah	10	10.196	15.294	1Ah	26	26.510					
0Bh	11	11.216	16.824	1Bh	27	27.529					
0Ch	12	12.235	18.353	1Ch	28	28.549					
0Dh	13	13.255	19.882	1Dh	29	29.569					
0Eh	14	14.275	21.412	1Eh	30	30.588					
0Fh	15	15.294	22.941	1Fh	31	31.608					

- 注 1: 计算得到的  $R_{BW}$  电压大于  $36V$  (以彩色突出显示), 必须限制为  $36V$  ( $V+ - V-$ )。  
 注 2: 该抽头编码和更大编码会将  $I_{BW}$  电流限制为小于支持的最大接线端电流 ( $I_T$ )。

表 5-6:  $V+ - V- = 36V$  时, 对于  $100\text{ k}\Omega$  器件, 每个抽头编码处的最大  $V_{BW}$  ( $R_W = R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ )。

编码		$V_{BW}(\text{MAX})$		编码		$V_{BW}(\text{MAX})$	
十六进制	十进制	$R_S(\text{MIN})$	$R_S(\text{MAX})$	十六进制	十进制	$R_S(\text{MIN})$	$R_S(\text{MAX})$
00h	0	0.000	0.000	10h	16	32.627	
01h	1	2.039	3.059	11h	17	34.667	
02h	2	4.078	6.118	12h - FFh	18 - 255	36.0 (1, 2)	
03h	3	6.118	9.176				
04h	4	8.157	12.235				
05h	5	10.196	15.294				
06h	6	12.235	18.353				
07h	7	14.275	21.412				
08h	8	16.314	24.471				
09h	9	18.353	27.529				
0Ah	10	20.392	30.588				
0Bh	11	22.431	33.647				
0Ch	12	24.471	36.0 (1, 2)				
0Dh	13	26.510					
0Eh	14	28.549					
0Fh	15	30.588					

- 注 1: 计算得到的  $R_{BW}$  电压大于  $36V$  (以彩色突出显示), 必须限制为  $36V$  ( $V+ - V-$ )。  
 注 2: 该抽头编码和更大编码会将  $I_{BW}$  电流限制为小于支持的最大接线端电流 ( $I_T$ )。

## 5.4 可变电阻（变阻器）

可变电阻使用接线端 W 和接线端 A 或接线端 B 构造。由于抽头编码值 0 会将抽头连接到接线端 B，所以  $R_{BW}$  电阻会随抽头编码值的增大而增大。相反， $R_{AW}$  电阻将随抽头编码值的增大而减小。图 5-8 给出了基于电位器来构造变阻器配置的连接。

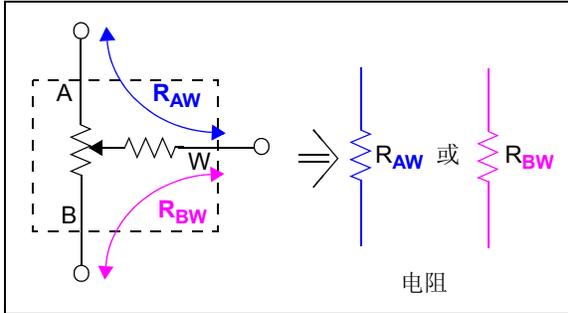


图 5-8: 变阻器配置

公式 5-4 给出了  $R_{BW}$  和  $R_{AW}$  的计算公式。 $R_{BW}$  计算公式对应于抽头和接线端 B 之间的电阻。 $R_{AW}$  计算公式对应于抽头和接线端 A 之间的电阻。

### 公式 5-4: $R_{BW}$ 和 $R_{AW}$ 计算

简化模型（假定  $R_{FS} = R_{ZS} = 0\Omega$ ）

$$R_{BW} = (n * R_S)$$

$$R_{AW} = ((FSV - n) * R_S)$$

其中:

$$R_S = \frac{R_{AB}}{\text{分辨率}}$$

N = 抽头编码

FSV = 满量程值

(8 位时为 255, 7 位时为 127)

$$R_S = \frac{R_{AB}}{255} \quad R_S = \frac{R_{AB}}{127}$$

详细模型

$$R_{BW} = R_{ZS} + (n * R_S)$$

$$R_{AW} = R_{FS} + ((FSV - n) * R_S)$$

其中:

N = 抽头编码

FSV = 满量程值

(8 位时为 255, 7 位时为 127)

## 5.5 模拟电路电源要求

该器件具有两个电源。一个用于数字接口 ( $V_L$  和  $DGND$ )，另一个用于高电压模拟电路 ( $V+$  和  $V-$ )。 $V+$  和  $V-$  之间的最大电压差为 36V。数字电源信号的电压必须介于  $V+$  和  $V-$  之间。

如果数字地 ( $DGND$ ) 引脚的电位等于  $V+$  的一半（相对于  $V-$ ），则接线端引脚电位可以相对于  $DGND$  为  $\pm(V+/2)$ 。

图 5-9 说明了 4 个电源信号的关系。这表明， $V+/V-$  信号不需要按  $DGND$  信号对称。

为确保抽头寄存器正确装入 POR/BOR 值， $V_L$  电压必须处于最小规定工作电压（以  $DGND$  作为参考）。

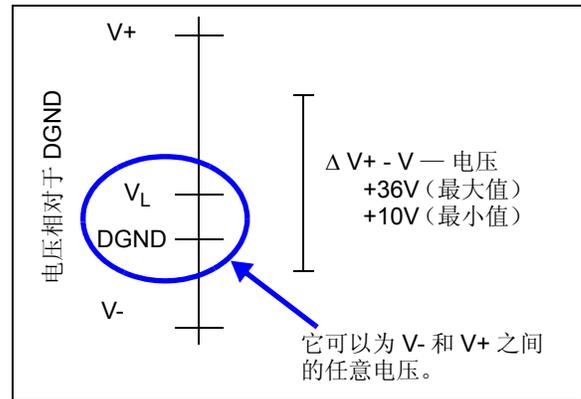


图 5-9: 模拟电路电压范围

## 5.6 电阻特性

### 5.6.1 $V+/V-$ 低电压操作

电阻网络的规定工作电压为 20V 至 36V。电压低于 20V 时，电阻网络可以工作，但工作特性可能超出规定限制范围。更多信息，请参见第 2.0 节“典型性能曲线”。

### 5.6.2 电阻温度系数

以接近中间供电电压 ( $(V+ - |V-|)/2$ ) 偏置端点（接线端 A 和接线端 B）会得到最差的开关电阻温度系数。

# MCP41HVX1

## 5.7 关断控制

关断功能用于最大程度降低器件的电流消耗。MCP41HVX1 有两种方法可以实现这一点：

- 硬件关断引脚 ( $\overline{\text{SHDN}}$ )
- 端控制寄存器 (TCON)

硬件关断引脚与 MCP42X1 器件向后兼容。

### 5.7.1 硬件关断引脚 ( $\overline{\text{SHDN}}$ )

电位器器件中提供  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚。当  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚被强制为有效时 ( $V_{IL}$ )：

- P0A 接线端会被断开
- P0W 接线端连接到 P0B 接线端 (见 [图 4-5](#))
- 串行接口不会被禁止，所有串行接口活动会被执行

硬件关断引脚模式不会破坏易失性抽头寄存器和 TCON 寄存器中的值。退出关断模式时 ( $\overline{\text{SHDN}}$  引脚变为无效 ( $V_{IH}$ )：

- 器件恢复为易失性抽头值指定的抽头设置
- TCON 寄存器位恢复控制接线端连接状态

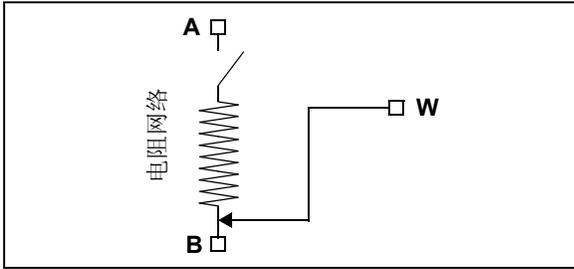


图 5-10: 硬件关断电阻网络配置

### 5.7.2 端控制寄存器 (TCON)

端控制 (TCON) 寄存器是易失性寄存器，用于配置每个电阻网络接线端引脚 (A、B 和 W) 到电阻网络的连接。[寄存器 4-1](#) 中显示了该寄存器。

R0HW 位会强制选定电阻网络为与  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚相同的状态。通过 R0A、R0W 和 R0B 位，可以实现备用的低功耗配置。

当 R0HW 位为 0 时：

- P0A 接线端会被断开
- P0W 接线端同时连接到 P0B 接线端 (见 [图 5-11](#))

**注：** 当 R0HW 位强制电阻网络为硬件  $\overline{\text{SHDN}}$  状态时，TCON0 寄存器的 R0A、R0W 和 R0B 位的状态会被覆盖 (忽略)。当 R0HW 位的状态不再强制电阻网络为硬件  $\overline{\text{SHDN}}$  状态时，TCON0 寄存器的 R0A、R0W 和 R0B 位会恢复控制接线端连接状态。即，R0HW 位不会破坏 R0A、R0W 和 R0B 位的状态。

R0HW 位不会破坏易失性抽头寄存器和 TCON 寄存器中的值。当退出关断模式时 (R0HW 位 = 1)：

- 器件恢复为易失性抽头值指定的抽头设置
- TCON 寄存器位恢复控制接线端连接状态

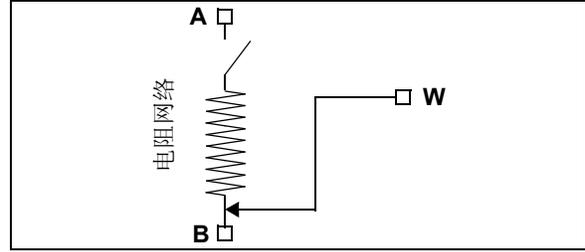


图 5-11: 电阻网络关断状态 (R0HW = 0)

### 5.7.3 $\overline{\text{SHDN}}$ 引脚和 TCON 寄存器的交互

[图 4-6](#) 显示了  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚信号和 R0HW 位信号如何进行交互，控制电阻网络的硬件关断。

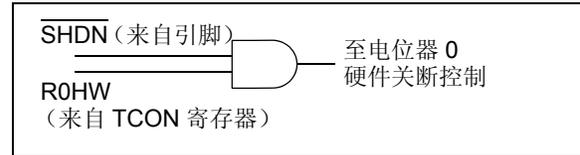


图 5-12: R0HW 位和  $\overline{\text{SHDN}}$  引脚交互

## 6.0 串行接口 (SPI)

MCP41HVX1 器件支持 SPI 串行协议。该 SPI 以从模式工作（不会产生串行时钟）。器件的 SPI 命令格式对 8 位的倍数位进行操作。

SPI 接口最多使用 4 个引脚。它们是：

- $\overline{\text{CS}}$ ——片选
- SCK——串行时钟
- SDI——串行数据输入
- SDO——串行数据输出

图 6-1 显示了典型的 SPI 接口。在 SPI 接口中，主器件的输出引脚连接到从器件的输入引脚，主器件的输入引脚连接到从器件的输出引脚。

MCP41HVX1 SPI 的模块支持两种（共 4 种）标准 SPI 模式。它们是模式 0,0 和 1,1。SPI 模式由 SCK 引脚的状态 ( $V_{IH}$  或  $V_{IL}$ ) 决定（当  $\overline{\text{CS}}$  引脚从无效 ( $V_{IH}$ ) 转变为有效 ( $V_{IL}$ ) 时）。

**注：** 一些主机控制器 SPI 模块仅支持 16 位传输操作。对于这些主机控制器，只能使用读命令和写命令，或者属于递增或递减命令偶数倍数的连续递增或递减命令。

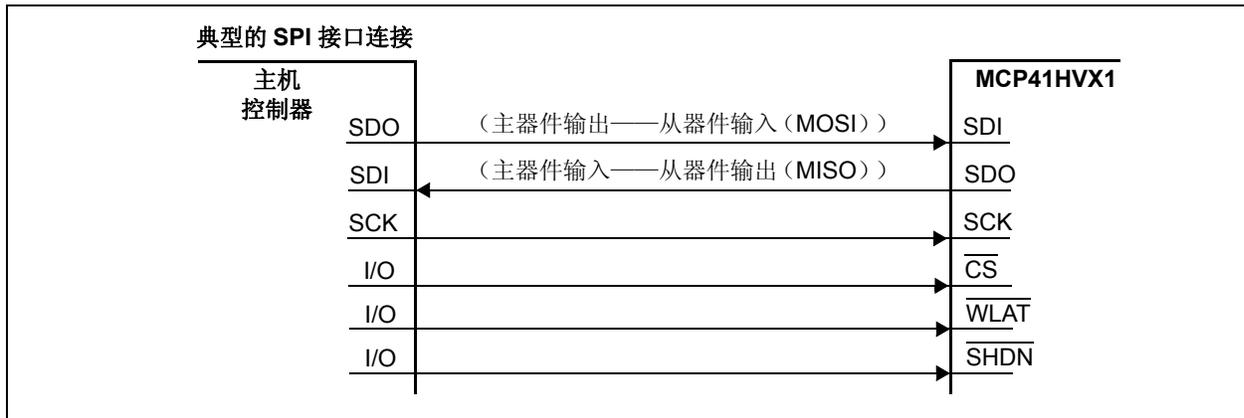


图 6-1: 典型的 SPI 接口框图

# MCP41HVX1

## 6.1 SDI、SDO、SCK 和 $\overline{\text{CS}}$ 操作

本节讨论 4 个 SPI 接口引脚的操作。这些引脚是：

- 串行数据输入 (SDI)
- 串行数据输出 (SDO)
- 串行时钟 (SCK)
- 片选信号 ( $\overline{\text{CS}}$ )

根据所选择的命令，串行接口在 8 位或 16 位边界工作。片选 ( $\overline{\text{CS}}$ ) 引脚用于构造 SPI 命令。

### 6.1.1 串行数据输入 (SDI)

串行数据输入 (SDI) 信号是进入器件的数据信号。该引脚上的值在 SCK 信号的上升沿进行锁存。

### 6.1.2 串行数据输出 (SDO)

串行数据输出 (SDO) 信号是从器件传出的数据信号。该引脚上的值在 SCK 信号的下降沿驱动。

一旦  $\overline{\text{CS}}$  引脚被强制为有效电平 ( $V_{\text{IL}}$ )，SDO 引脚将被驱动。SDO 引脚的状态由命令中串行位的位置、所选择的命令和是否存在命令错误状态 (CMDERR) 决定。

### 6.1.3 串行时钟 (SCK)

串行时钟 (SCK) 信号是 SPI 模块的时钟信号。SCK 引脚的频率决定 SPI 工作频率。

SPI 接口规定的工作频率最高可达 10 MHz。实际的时钟速率取决于系统的配置和所使用的串行命令。表 6-1 列出了 SCK 频率。

表 6-1: SCK 频率

$V_{\text{L}}$ 电压	命令		备注
	读	写、递增和递减	
2.7V	10 MHz	10 MHz	
1.8V	1 MHz	1 MHz	DGND = V- + 0.9V
2.0V	1 MHz	1 MHz	DGND = V-

### 6.1.4 片选信号 ( $\overline{\text{CS}}$ )

片选 ( $\overline{\text{CS}}$ ) 信号用于选择器件和构造命令序列。要启动命令或命令序列， $\overline{\text{CS}}$  信号必须从无效状态 ( $V_{\text{IH}}$ ) 转换为有效状态 ( $V_{\text{IL}}$ )。

在  $\overline{\text{CS}}$  信号变为有效之后，SDO 引脚会被驱动，并且时钟位计数器会被复位。

**注：** 在  $\overline{\text{CS}}$  引脚变为有效到 SCK 引脚的第一个边沿之间需要有一定的延时。

如果对于某条 SPI 命令发生了错误条件，则命令字节的命令错误 (CMDERR) 位 (在 SDO 引脚上) 将会被驱动为低电平 ( $V_{\text{IL}}$ )。要退出错误条件，用户必须将  $\overline{\text{CS}}$  引脚置为  $V_{\text{IH}}$  电平。

当  $\overline{\text{CS}}$  引脚恢复为无效状态 ( $V_{\text{IH}}$ ) 时，SPI 模块会复位 (包括地址指针)。当  $\overline{\text{CS}}$  引脚处于无效状态 ( $V_{\text{IH}}$ ) 时，串行接口会被忽略。这使主机控制器可以使用相同的 SDI、SDO 和 SCK 信号与其他 SPI 器件接口。

### 6.1.5 低电压支持

串行接口设计为也可支持 1.8V 操作 (频率、阈值等规范值减小)。这使 MCP41HVX1 器件可以连接到低电压主机控制器。

在 1.8V  $V_{\text{L}}$  下工作时，DGND 信号必须比 V- 信号高 0.9V 或更多。如果  $V_{\text{L}}$  为 2.0V 或更高，则 DGND 信号可以连接到 V- 信号 (见表 6-1)。

### 6.1.6 分离电源轨支持

串行接口设计为支持分离电源轨系统。在分离电源轨系统中，单片机可以在比 MCP41HXX1 器件低的电压下工作。这通过  $V_{\text{IH}}$  规范值实现。

对于  $V_{\text{L}} \geq 2.7\text{V}$ ，最小  $V_{\text{IH}} = 0.45 * V_{\text{L}}$ 。因此，如果单片机  $V_{\text{OH}}$  在 1.8V 下为  $0.8 * V_{\text{DD}}$ ，则  $V_{\text{L}}$  最高可以为 3.2V (见公式 6-1)。

关于分离电源轨支持的更多讨论，请参见第 8.1 节。

#### 公式 6-1: 计算单片机在 1.8V 下的最大 $V_{\text{L}}$

如果  $V_{\text{OH}} = 0.8 * V_{\text{DD}} = 0.8 * 1.8\text{V} = 1.44\text{V}$

则:  $V_{\text{IH(MIN)}} = 1.44\text{V}$

如果  $V_{\text{IH}} = 0.45 * V_{\text{L}}$

则:  $V_{\text{L}} = 1.44\text{V}/0.45 = 3.2\text{V}$

## 6.2 SPI 模式

SPI 模块支持两种（共 4 种）标准 SPI 模式。它们是模式 0,0 和 1,1。模式由（8 位字节的）第一个时钟位的上升沿时 SDI 引脚的状态决定。

### 6.2.1 模式 0,0

在**模式 0,0**下: SCK 空闲状态 = 低电平 ( $V_{IL}$ )，数据在 SCK 的上升沿从 SDI 引脚传入，在 SCK 的下降沿从 SDO 引脚传出。

### 6.2.2 模式 1,1

在**模式 1,1**下: SCK 空闲状态 = 高电平 ( $V_{IH}$ )，数据在 SCK 的上升沿从 SDI 引脚传入，在 SCK 的下降沿从 SDO 引脚传出。

## 6.3 SPI 波形

图 6-2 至图 6-5 给出了不同 SPI 命令的波形。图 6-2 和图 6-3 是读和写命令。图 6-4 和图 6-5 是递增和递减命令。

## 6.4 菊花链

该 SPI 接口不支持菊花链。

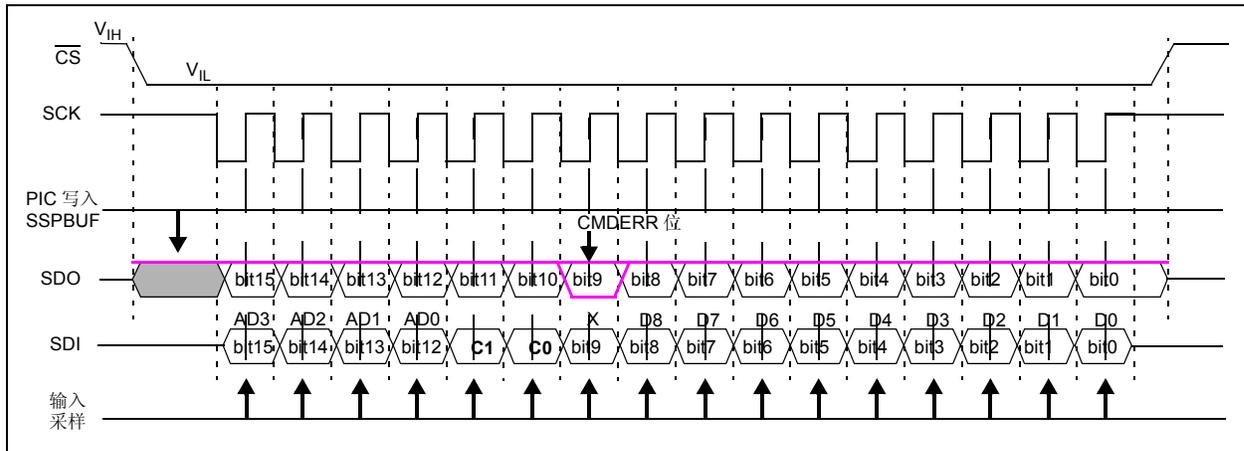


图 6-2: 16 位命令（写和读）——SPI 波形（模式 1,1）

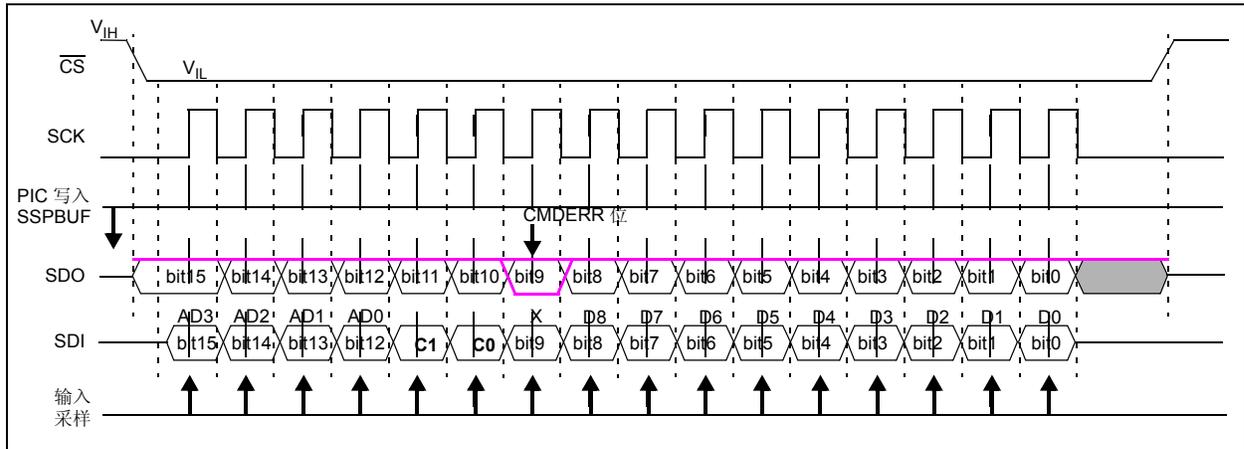


图 6-3: 16 位命令（写和读）——SPI 波形（模式 0,0）

# MCP41HVX1

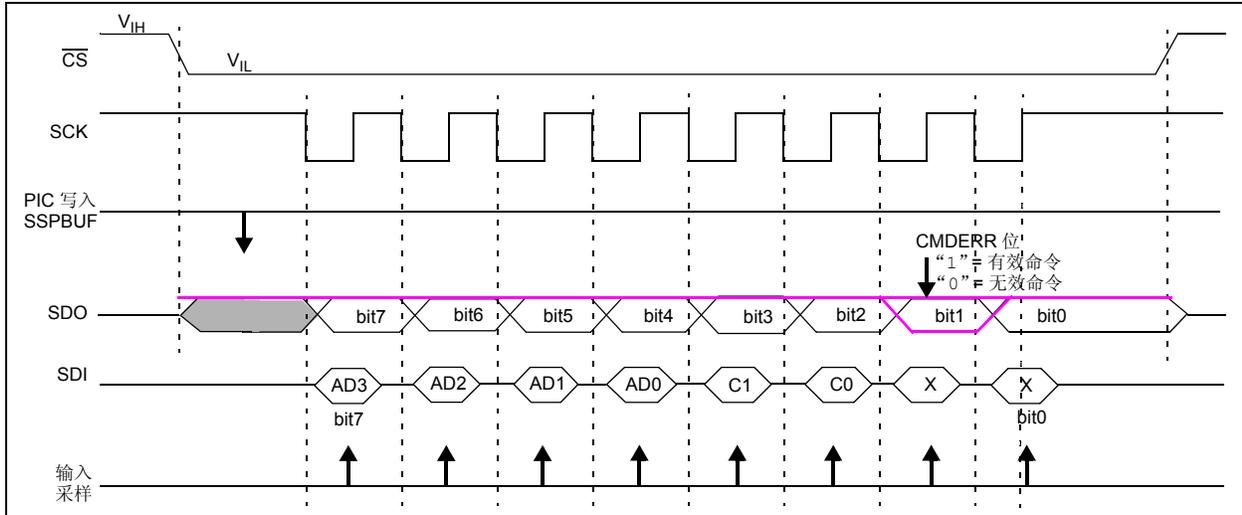


图 6-4: 8 位命令 (递增和递减) ——对于 PIC MCU 的 SPI 波形 (模式 1,1)

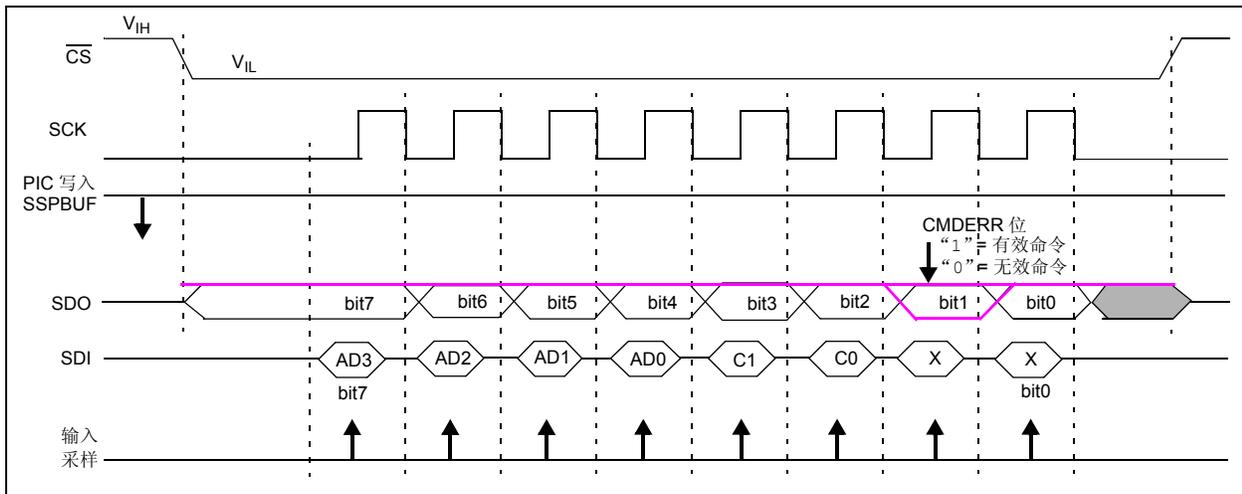


图 6-5: 8 位命令 (递增和递减) ——对于 PIC MCU 的 SPI 波形 (模式 0,0)

## 7.0 器件命令

MCP41HVX1 的 SPI 命令格式支持 16 个存储器地址单元和 4 条命令。表 7-1 列出了这些命令。

当  $\overline{CS}$  引脚驱动为  $V_{IL}$  时，可以发送命令。8 位命令（**递增抽头**和**递减抽头**命令）中包含命令字节（见图 7-1），而 16 位命令（**读数据**和**写数据**命令）中包含命令字节和数据字节。命令字节中包含两个数据位，请参见图 7-1。

表 7-2 列出了对于每个存储单元支持的命令，以及 SDI 和 SDO 引脚上的相应值。

表 7-1: 命令

C1:C0 位状态	命令名称	位数
11	读数据	16 位
00	写数据	16 位
01	递增抽头	8 位
10	递减抽头	8 位

## 7.1 命令格式

所有命令均具有**命令字节**，用于指定寄存器地址和命令。需要数据的命令（写命令和读命令）还具有**数据字节**。

### 7.1.1 命令字节

命令字节具有 3 个字段，即，地址、命令和 2 个数据位，请参见图 7-1。当前仅定义了一个数据位（D8）。它用于写命令。

当主器件发送正确的命令字节选择所需的操作时，会访问器件存储器。要访问的存储单元包含在命令字节的 AD3:AD0 位中。所期望的操作包含在命令字节的 C1:C0 位中，请参见表 7-1。C1:C0 决定所期望的存储单元是被读取、写入、递增（抽头设置 + 1）还是递减（抽头设置 - 1）。递增和递减命令仅对于易失性抽头寄存器有效。

当命令字节装入器件（在 SDI 引脚上）时，器件的 SDO 引脚被驱动。对于该命令的前 6 位，SDO 引脚将输出高位。在第 7 位，SDO 引脚将输出 CMDERR 位状态（见第 7.1.1.1 节“错误条件”）。第 8 位的状态取决于所选择的命令。

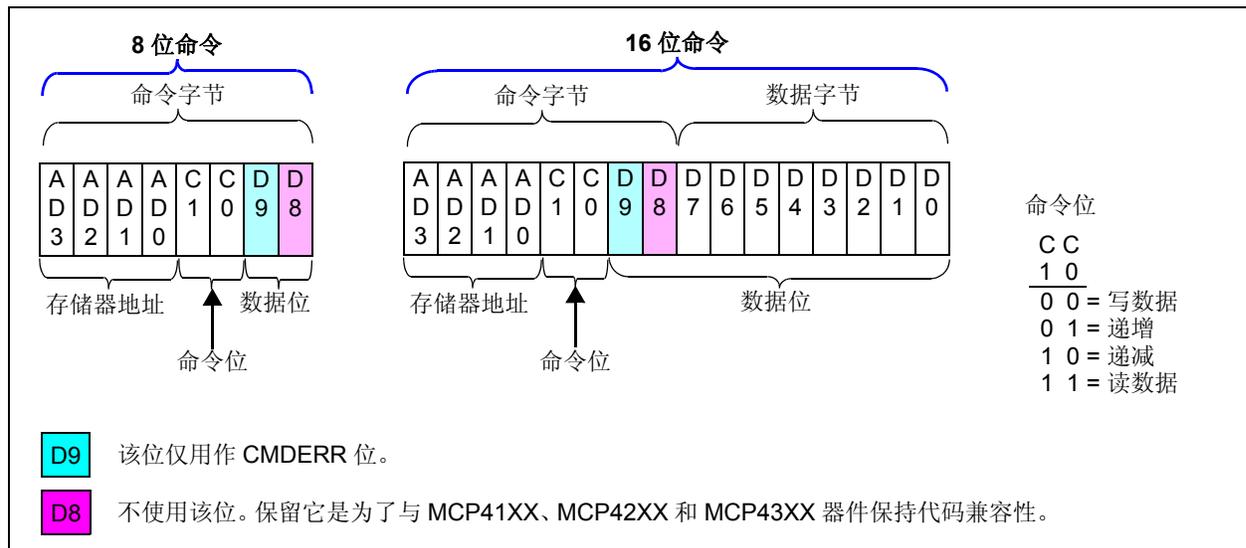


图 7-1: 通用 SPI 命令格式

# MCP41HVX1

表 7-2: 存储器映射和支持的命令

地址		命令	数据 (10 位) (1)	SPI 字符串 (二进制)	
值	功能			MOSI (SDI 引脚)	MISO (SDO 引脚) (2)
00h	易失性抽头 0	写数据	nn nnnn nnnn	0000 00nn nnnn nnnn	1111 1111 1111 1111
		读数据	nn nnnn nnnn	0000 11nn nnnn nnnn	1111 111n nnnn nnnn
		递增抽头	—	0000 0100	1111 1111
		递减抽头	—	0000 1000	1111 1111
01h - 03h (4)	保留	—	—	—	
04h (3)	易失性 TCON 寄存器	写数据	nn nnnn nnnn	0100 00nn nnnn nnnn	1111 1111 1111 1111
		读数据	nn nnnn nnnn	0100 11nn nnnn nnnn	1111 111n nnnn nnnn
05h - 0Fh (4)	保留	—	—	—	

- 注
- 1: 数据存储寄存器为 8 位宽，所以两个 MSb (D9:D8) 会被器件忽略。
  - 2: 所有这些地址 / 命令组合都是有效的，所以 CMDERR 位会置 1。任何其他地址 / 命令组合都属于命令错误状态，CMDERR 位将清零。
  - 3: 递增或递减命令对于这些地址无效。
  - 4: 保留地址: 任何命令对于这些地址都是无效的。

## 7.1.1.1 错误条件

CMDERR 位用于指示所接收到的 4 个地址位 (AD3:AD0) 和 2 个命令位 (C1:C0) 是否是有效的组合。如果组合有效, 则 CMDERR 位为高电平; 如果组合无效, 则 CMDERR 为低电平 (见表 7-3)。

如果指定了对保留地址的写操作, 则命令错误位也将为低电平。时钟数不是 8 的倍数的 SPI 命令会被忽略。

出现错误条件之后, 所有后续命令都会被忽略。随后的所有 SDO 位都将为低电平, 直到通过将 CS 引脚强制为无效状态 (V<sub>IH</sub>) 而清除 CMDERR 条件为止。

**表 7-3: 命令错误位**

CMDERR 位状态	说明
1	“有效”命令 / 地址组合
0	“无效”命令 / 地址组合

## 中止发送

只有 SPI 发送具有正确的 SCK 脉冲数时, 才会执行 SPI 发送。只有接收到全部数量的时钟之后, 命令才会被执行。一些命令还要求将 CS 引脚强制为无效 (V<sub>IH</sub>)。如果 CS 引脚被强制为无效状态 (V<sub>IH</sub>), 串行接口会复位。不完整的命令不会被执行。

SPI 比其他总线协议更容易受噪声影响。最可能的情况是噪声破坏了传入 MCP41HVX1 的数据值, 或者 SCK 引脚被插入了额外的时钟脉冲。这可能导致数据在器件中被破坏, 或者发生命令错误, 因为地址和命令位不是有效的组合。额外的 SCK 脉冲还会导致 SPI 数据 (SDI) 和时钟 (SCK) 失去同步。将 CS 引脚强制为无效状态 (V<sub>IH</sub>) 会复位串行接口。SPI 接口将忽略 SDI 和 SCK 引脚上的活动, 直到检测到 CS 引脚转换为有效状态 (V<sub>IH</sub> 至 V<sub>IL</sub>)。

- 注 1:** 当 MCP41HVX1 不接收数据时, 建议将 CS 引脚强制为无效电平 (V<sub>IL</sub>)。
- 2:** 另外, 建议将很长的连续命令串分解为单个命令或较短的连续命令串。这可以降低 SCK 引脚上的噪声破坏所需 SPI 命令的可能性。

## 7.1.2 数据字节

只有读命令和写命令使用数据字节, 请参见图 7-1。这些命令会将数据字节的 8 位与命令字节中包含的一个数据位 (D8) 连接来构成 9 位数据 (D8:D0)。命令字节格式最多支持 9 位数据, 但 MCP41HVX1 仅使用低 8 位。这意味着 8 位电阻网络的满量程编码为 FFh。处于满量程时, 抽头连接到接线端 A。保留 D8 位是为了与 MCP41XX、MCP42XX 和 MCP43XX 器件保持代码兼容性。

D9 位当前未用, 对应于 SDO 数据中的 CMDERR 位的位置。

## 7.1.3 连续命令

该器件支持在 CS 引脚处于有效状态 (V<sub>IL</sub>) 时连续执行命令的功能。可以接收任意的有效命令序列。

以下示例是有效的事件序列:

1. CS 引脚驱动为有效 (V<sub>IL</sub>)。
2. 读命令。
3. 递增命令 (抽头 0)。
4. 递增命令 (抽头 0)。
5. 递减命令 (抽头 0)。
6. 写命令。
7. 读命令。
8. CS 引脚驱动为无效 (V<sub>IH</sub>)。

- 注 1:** 建议当 CS 引脚有效时, 仅发出一类命令。当更改命令时, 建议将 CS 引脚变为无效, 然后将它强制恢复为有效状态。
- 2:** 另外, 建议将很长的命令串分解为较短的命令串。这可以降低 SCK 引脚上的噪声破坏所需 SPI 命令串的可能性。

# MCP41HVX1

## 7.2 写数据

写命令是 16 位命令。图 7-2 中给出了命令的格式。

接收到格式正确的写命令（16 个时钟）之后，针对易失性存储单元的写命令会更改该单元的内容。

### 7.2.1 单次写入易失性存储器

写操作要求  $\overline{CS}$  引脚处于有效状态 ( $V_{IL}$ )。通常， $\overline{CS}$  引脚将处于无效状态 ( $V_{IH}$ )，并被驱动为有效状态 ( $V_{IL}$ )。然后，16 位写命令（命令字节和数据字节）通过 SCK 引脚从 SDI 引脚传入。接收到全部 16 位之后，所指定的易失性地址会被更新。如果写命令不是正好为 16 个时钟脉冲，则不会发生写操作。

图 6-2 和图 6-3 给出了单次写操作的可能波形。

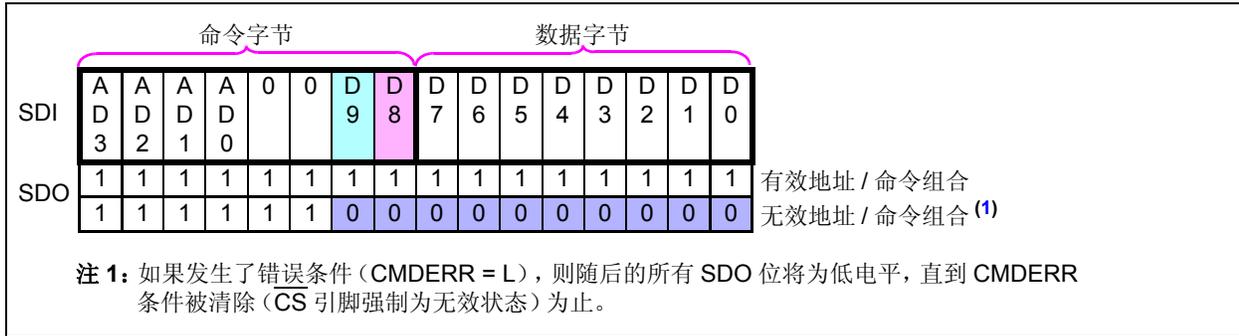


图 7-2: 写命令——SDI 和 SDO 状态

## 7.2.2 连续写入易失性存储器

只有写操作针对易失性存储器寄存器（地址00h和04h）时，才可以执行连续写操作。

图7-3给出了3次连续写操作的序列。写操作不需要针对同一易失性存储器地址。

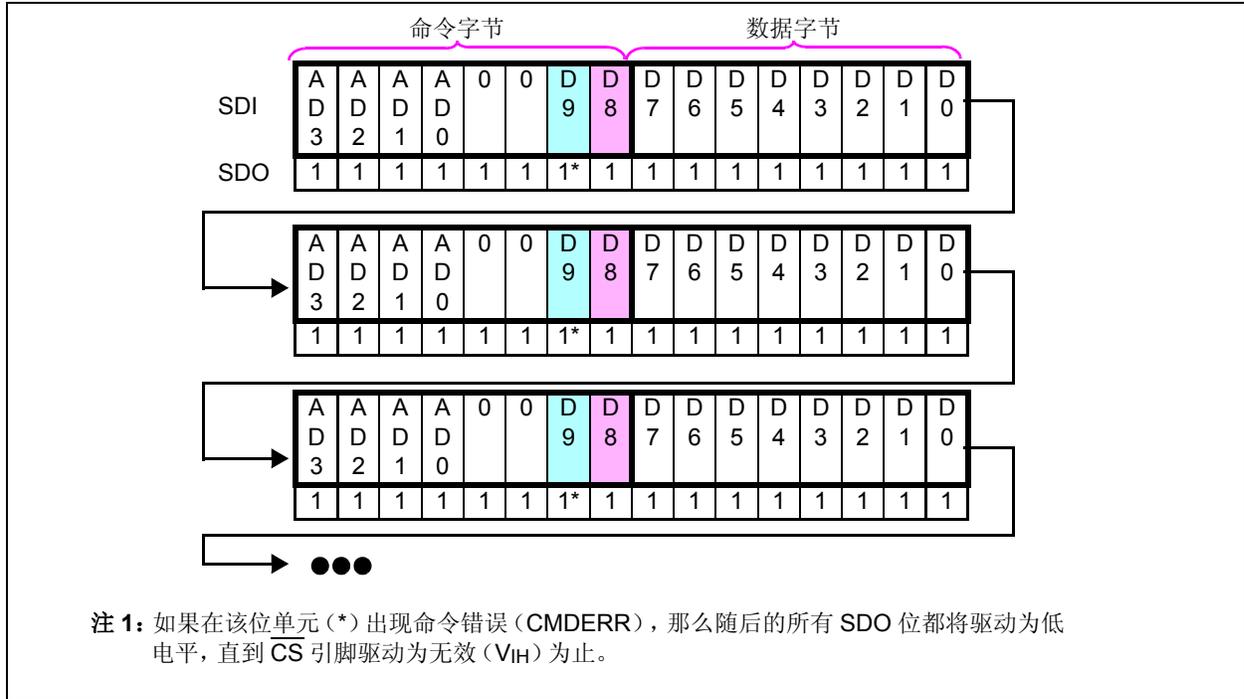


图7-3: 连续写序列

# MCP41HVX1

## 7.3 读数据

读命令是 16 位命令。图 7-4 中给出了命令的格式。

读命令的前 6 位决定地址和命令。第 7 个时钟将在 SDO 引脚上输出 CMDERR 位。第 8 个时钟将固定为 1，并且在剩余的 8 个时钟，器件将发送指定地址 (AD3:AD0) 的 8 个数据位 (D7:D0)。

图 7-4 给出了读命令的 SDI 和 SDO 信息。

### 7.3.1 单次读取

写操作要求  $\overline{CS}$  引脚处于有效状态 ( $V_{IL}$ )。通常， $\overline{CS}$  引脚将处于无效状态 ( $V_{IH}$ )，并被驱动为有效状态 ( $V_{IL}$ )。然后，16 位读命令 (命令字节和数据字节) 通过 SCK 引脚从 SDI 引脚传入。SDO 引脚在第 7 位 (CMDERR 位) 开始驱动数据，寻址获得的数据在第 8 至 16 个时钟传出。图 6-2 至图 6-3 显示了单次读操作的可能波形。

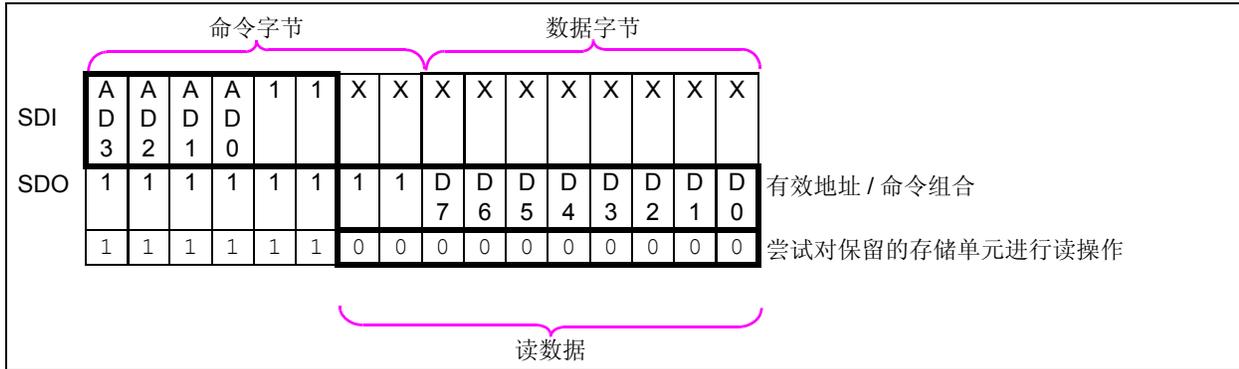


图 7-4: 读命令——SDI 和 SDO 状态

## 7.3.2 连续读取

连续读取使得可以快速读取器件存储器的内容。连续读取可以针对所有存储单元执行。

图 7-5 给出了 3 次连续读操作的序列。读操作不需要针对同一存储器地址。

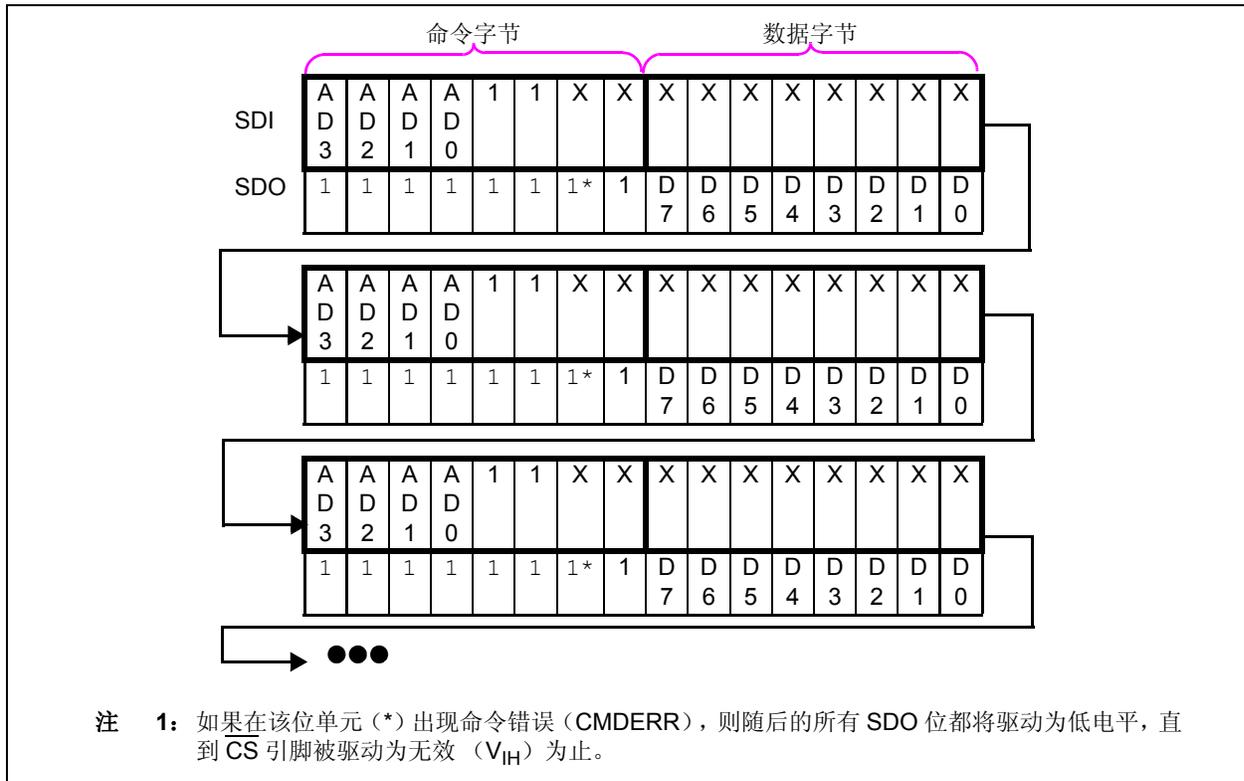


图 7-5: 连续读序列

# MCP41HVX1

## 7.4 递增抽头

递增命令是 8 位命令。只能针对特定的易失性存储单元（抽头寄存器）发出递增命令。图 7-6 中给出了命令的格式。

接收到格式正确的命令（8 个时钟）之后，针对易失性存储单元的递增命令会更改该单元的内容。

通过递增命令，可以在最低开销的情况下，快速简单地修改易失性抽头单元的值（+1）。

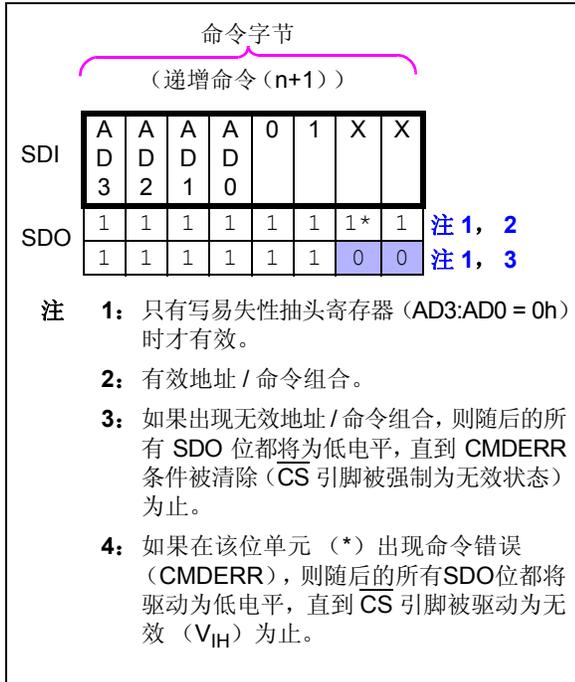


图 7-6: 递增命令——SDI 和 SDO 状态

注: 表 7-2 列出了递增抽头命令的有效地址。其他地址无效。

### 7.4.1 单次递增

通常，CS 引脚开始时处于无效状态 (V<sub>IH</sub>)，但也可能由于完成另一条命令而已经处于有效状态。

图 6-4 至图 6-5 给出了单次递增操作的可能波形。递增操作要求 CS 引脚处于有效状态 (V<sub>IL</sub>)。通常，CS 引脚将处于无效状态 (V<sub>IH</sub>)，并被驱动为有效状态 (V<sub>IL</sub>)。然后，8 位递增命令（命令字节）通过使用 SCK 引脚从 SDI 引脚传入。SDO 引脚会在第 7 个时钟驱动 CMDERR 位。

对于 8 位器件，抽头值最高将递增至 FFh；对于 7 位器件，最高将递增至 7Fh。当抽头值到达满量程（8 位 = FFh，7 位 = 7Fh）之后，抽头值将不再递增。关于递增命令与当前易失性抽头值关系的更多信息，请参见表 7-4。

对于单次递增，递增操作只需要递增命令字节，同时 CS 引脚有效 (V<sub>IL</sub>)。

在抽头递增到所需位置之后，CS 引脚应强制为 V<sub>IH</sub>，以确保 SCK 引脚上的意外电平跳变不会导致抽头设置发生变化。在上次所需的递增发生之后，应尽快（在器件规范时间内）将 CS 引脚驱动为 V<sub>IH</sub>。

表 7-4: 递增操作与易失性抽头值

当前抽头设置		抽头 (W) 属性	递增命令起作用?
7 位 电位器	8 位 电位器		
7Fh	FFh	满量程 (W = A)	否
7Eh 40h	FEh 80h	W = N	是
3Fh	7Fh	W = N (中间量程)	
3Eh 01h	7Eh 01h	W = N	是
00h	00h	零量程 (W = B)	

## 7.4.2 连续递增

只有写操作针对易失性抽头寄存器（地址00h）时，才可以执行连续递增操作。

图 7-7 给出了连续递增序列。

执行连续递增命令时，对于接收到的每条递增命令，选定的抽头将从  $n$  修改为  $n+1$ 。对于 8 位器件，抽头值最高将递增至 FFh；对于 7 位器件，最高将递增至 7Fh。当抽头值到达满量程（8 位 = FFh，7 位 = 7Fh）之后，抽头值将不再递增。

递增命令可以无需升高  $\overline{CS}$  引脚电压重复发送，直到满足所需的条件。

执行连续的命令串时，递增命令后可以跟随任意其他有效命令。

在接收到命令（第 8 个时钟）之后，抽头端将移动。

在抽头递增到所需位置之后， $\overline{CS}$  引脚应强制为  $V_{IH}$ ，以确保 SCK 引脚上的意外电平跳变不会导致抽头设置发生变化。在上次所需的递增发生之后，应尽快（在器件规范时间内）将  $\overline{CS}$  引脚驱动为  $V_{IH}$ 。

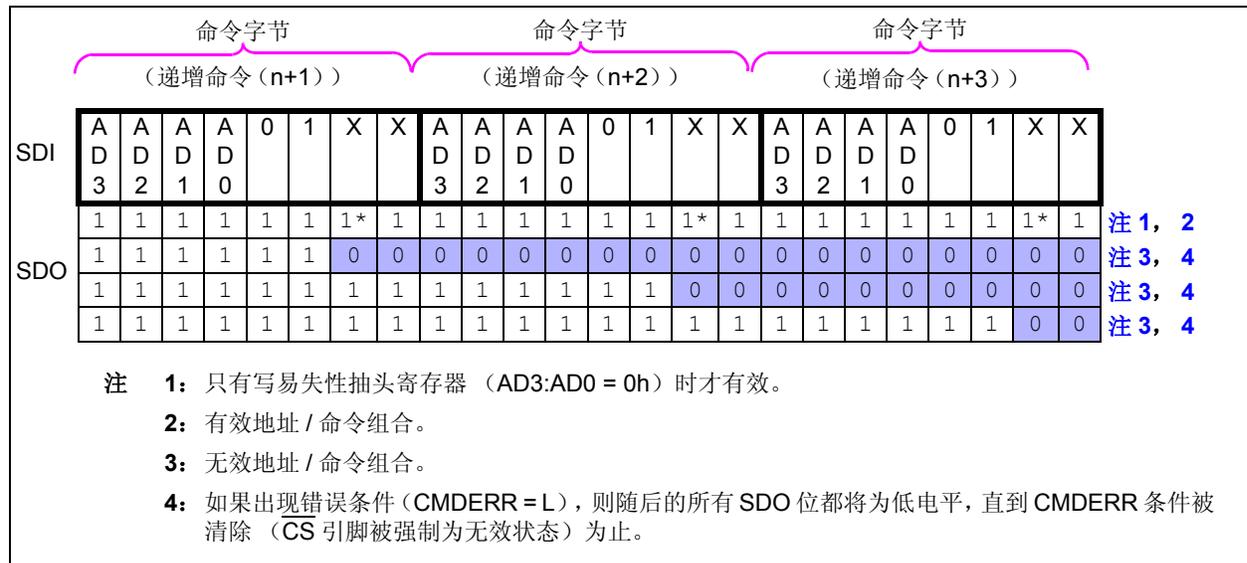


图 7-7: 连续递增命令——SDI 和 SDO 状态

# MCP41HVX1

## 7.5 递减抽头

递减命令是8位命令。只能针对易失性抽头单元发出递减命令。图7-8中给出了命令的格式。

接收到格式正确的命令（8个时钟）之后，针对易失性抽头单元的递减命令会更改该单元的内容。

通过递减命令，可以在最低开销的情况下，快速简单地修改易失性抽头单元的值（-1）。

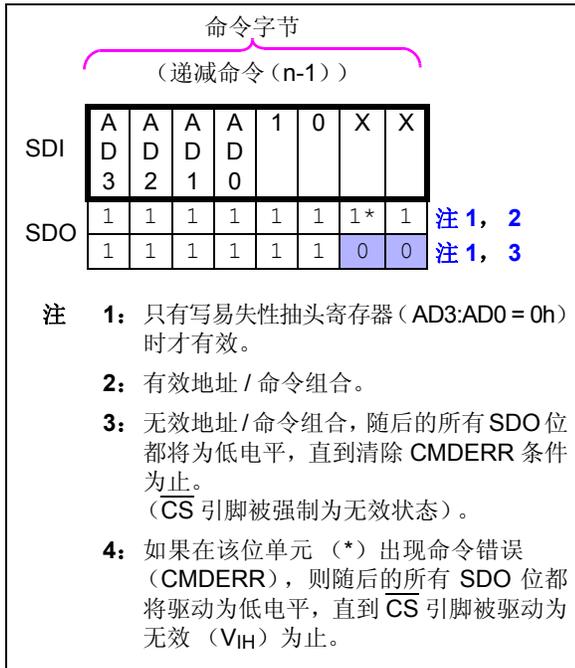


图 7-8: 递减命令——SDI 和 SDO 状态

注: 表 7-2 列出了递减抽头命令的有效地址。其他地址无效。

### 7.5.1 单次递减

通常,  $\overline{CS}$  引脚开始时处于无效状态 (VIH), 但也可能由于完成另一条命令而已经处于有效状态。

图 6-4 至图 6-5 给出了单次递减操作的可能波形。递减操作要求  $\overline{CS}$  引脚处于有效状态 (VIL)。通常,  $\overline{CS}$  引脚将处于无效状态 (VIH), 并被驱动为有效状态 (VIL)。然后, 8 位递减命令 (命令字节) 通过使用 SCK 引脚从 SDI 引脚传入。SDO 引脚会在第 7 个时钟驱动 CMDERR 位。

抽头值将从抽头的满量程值 (对于 8 位器件为 FFh; 对于 7 位器件为 7Fh) 开始递减。如果抽头寄存器的值为零量程值 (00h), 那么抽头值将不递减。关于递减命令与当前易失性抽头值关系的更多信息, 请参见表 7-5。

对于单次递减, 递减操作只需要递减命令字节, 同时  $\overline{CS}$  引脚有效 (VIL 或 VIH)。

在抽头递减到所需位置之后,  $\overline{CS}$  引脚应强制为 VIH, 以确保 SCK 引脚上的意外电平跳变不会导致抽头设置发生变化。在上次所需的递减发生之后, 应尽快 (在器件规范时间内) 将  $\overline{CS}$  引脚驱动为 VIH。

表 7-5: 递减操作与易失性抽头值

当前抽头设置		抽头 (W) 属性	递减命令起作用?
7 位电位器	8 位电位器		
7Fh	FFh	满量程 (W = A)	是
7Eh	FEh	W = N	是
40h	80h		
3Fh	7Fh	W = N (中间量程)	
3Eh	7Eh	W = N	否
01h	01h		
00h	00h	零量程 (W = B)	

## 7.5.2 连续递减

只有写操作针对易失性抽头寄存器（地址00h）时，才可以执行连续递减操作。

图 7-9 给出了连续递减序列。

执行连续递减命令时，对于接收到的每条递减命令，选定的抽头将从  $n$  修改为  $n-1$ 。抽头值将从抽头的满量程值（对于 8 位器件为 FFh；对于 7 位器件为 7Fh）开始递减。如果抽头寄存器的值为零量程值（00h），那么抽头值将不递减。关于递减命令与当前易失性抽头值关系的更多信息，请参见表 7-5。

递减命令可以无需升高  $\overline{CS}$  引脚电压重复发送，直到满足所需的条件。

执行连续的命令串时，递减命令后可以跟随任意其他有效命令。

在接收到命令（第 8 个时钟）之后，抽头端将移动。

在抽头递减到所需位置之后， $\overline{CS}$  引脚应强制为  $V_{IH}$ ，以确保 SCK 引脚上的意外电平跳变不会导致抽头设置发生变化。在上次所需的递减发生之后，应尽快（在器件规范时间内）将  $\overline{CS}$  引脚驱动为  $V_{IH}$ 。

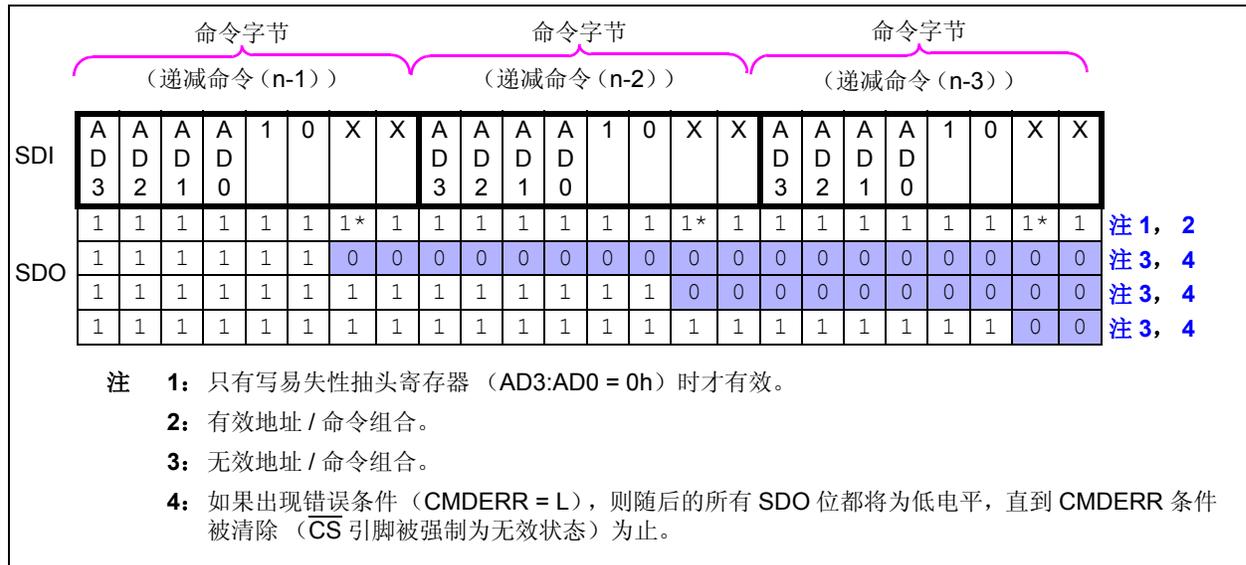


图 7-9: 连续递减命令——SDI 和 SDO 状态

# MCP41HVX1

---

注:

## 8.0 应用示例

数字电位器在现代电子电路中有大量的实际应用。最流行的应用包括设置点阈值的高精度校准、传感器微调、LCD 偏置微调、音频衰减、可调电源、电机控制过电流跳变设置、可调增益放大器和偏移微调。

### 8.1 分离电源轨应用

分离电源轨应用指的是一个器件使用一种电压电平（电源轨）工作，第二个器件使用第二种电压电平（电源轨）工作。典型场景是，单片机在较低电压电平下工作（为了节能等目的），而 MCP41HVX1 在较高电压电平下工作，以最大程度提高工作性能。图 8-1 显示了该配置。

为了确保器件之间正确地进行通信，必须仔细验证器件之间接口信号的  $V_{IL}$ 、 $V_{IH}$ 、 $V_{OL}$  和  $V_{OH}$  电平的兼容性。这些接口信号包括：

- $\overline{CS}$
- SCK
- SDI
- SDO
- $\overline{SHDN}$
- $\overline{WLAT}$

当单片机处于较低电压轨时，单片机的  $V_{OH}$  需要大于 MCP41HVX1 的  $V_{IH}$ ，单片机的  $V_{IL}$  需要大于 MCP41HVX1 的  $V_{OL}$ 。

表 8-1 列出了基于单片机的最小  $V_{OH}$  计算的最大 MCP41HVX1  $V_L$ 。

**注：**  $V_{OH}$  规范值通常规定了电流负载。这是因为预期引脚会外部驱动电路。如果引脚无负载（或低负载），则引脚的  $V_{OH}$  可能会接近器件  $V_{DD}$ （这取决于输出驱动电路的实现）。对于  $V_{OL}$ ，无负载（或低负载）引脚可能会接近器件  $V_{SS}$ 。  
关于示例单片机的  $V_{OH}$  和  $V_{OL}$  特性图，请参见 PIC16F1934 数据手册（DS41364）的图 31-15 和图 31-16。

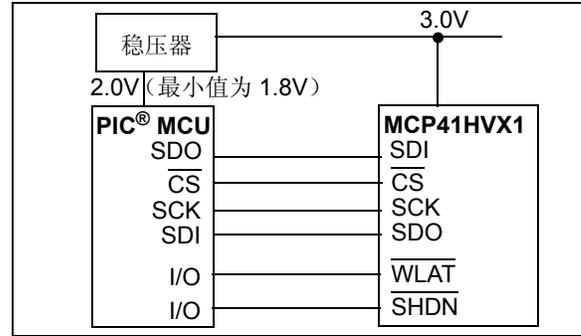


图 8-1: 示例分离电源轨系统

表 8-1: 基于单片机  $V_{OH}$  的 MCP41HVX1  $V_L$  电压

PIC <sup>®</sup> MCU		MCP41HVX1 最大 $V_L$	
$V_{DD}$ (最小值)	$V_{OH}$ (最小值) (1)		
	公式 (带有负载)	计算值	
1.8V	$0.7 * V_{DD}$	1.26V	2.8V
	$0.8 * V_{DD}$	1.44V	3.2V
	$0.85 * V_{DD}$	1.53V	3.4V
	$0.9 * V_{DD}$	1.62V	3.6V
	$V_{DD}$	1.8V	4.0V
	$V_{DD} - 0.7V$	1.1V	2.44V
2.7V	$0.7 * V_{DD}$	1.89V	4.2V
	$0.8 * V_{DD}$	2.16V	4.8V
	$0.9 * V_{DD}$	2.43V	5.4V
	$V_{DD}$	2.7V	5.5V

- 注 1:  $V_{OH}$  最小电压由引脚上的负载决定。如果负载较小，则典型输出的电压将接近器件的  $V_{DD}$  电压。这取决于器件的输出驱动器设计。
- 2: 分离电源轨电压取决于单片机和 MCP41HVX1 器件的  $V_{IL}$ 、 $V_{IH}$ 、 $V_{OL}$  和  $V_{OH}$ 。

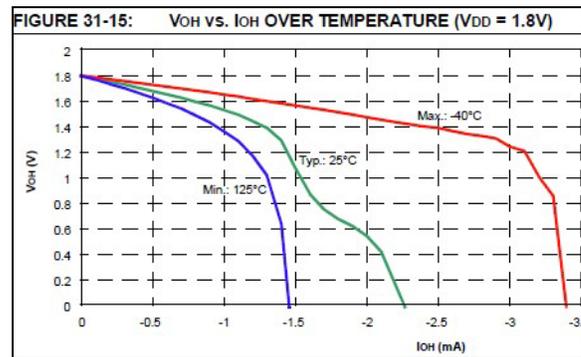


图 8-2: 示例 PIC<sup>®</sup> 单片机  $V_{OH}$  特性图 ( $V_{DD} = 1.8V$ )

# MCP41HVX1

## 8.2 使用关断模式

图 8-3 给出了可能的应用电路，其中可以使用独立接线端。断开抽头时，晶体管输入可以达到偏置电压电平（需要降低系统电流时，可以断开 A 或 B）。断开接线端 A 时，可以通过到公共端 B 的  $R_{BW}$  变阻器值修改晶体管输入。断开接线端 B 时，可以通过到公共端 A 的  $R_{AW}$  变阻器值修改晶体管输入。公共端 A 和公共端 B 可以连接到  $V+$  和  $V-$ 。

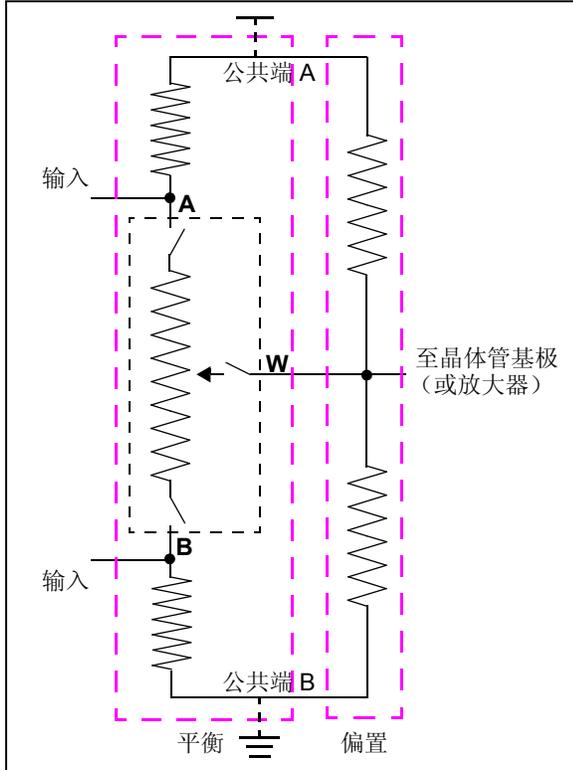


图 8-3: 使用接线端断开功能的示例应用电路

## 8.3 高电压 DAC

可以使用 MCP41HVXX 实现高电压 DAC，电压最高为 36V。电路如图 8-4 所示。公式 8-1 给出了计算电压输出的公式。

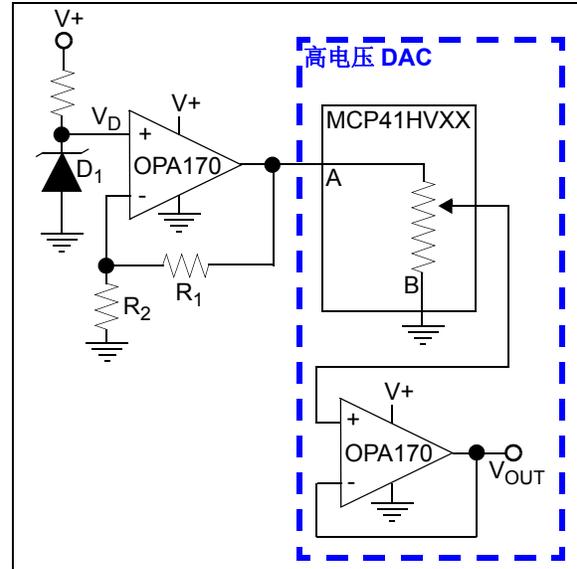


图 8-4: 高电压 DAC

### 公式 8-1: DAC 输出电压计算

8 位

$$V_{OUT(N)} = \frac{N}{255} \times (V_D \times (1 + \frac{R1}{R2}))$$

N = 0 至 255 (十进制)

7 位

$$V_{OUT(N)} = \frac{N}{127} \times (V_D \times (1 + \frac{R1}{R2}))$$

N = 0 至 127 (十进制)

## 8.4 可变增益仪表放大器

使用MCP41HVXX以及高电压双路模拟开关和高电压仪表放大器，可以实现可变增益仪表放大器。

图8-5给出了一个可变增益仪表放大器实现。公式8-2给出了计算电压输出的公式。

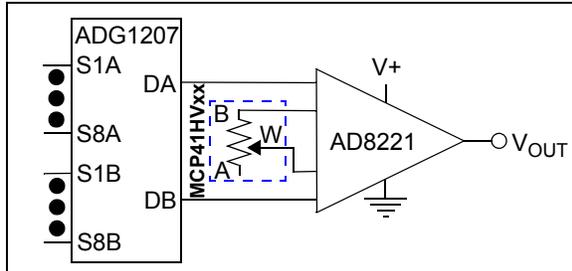


图 8-5: 用于数据采集系统的可变增益仪表放大器

### 公式 8-2: DAC 输出电压计算

8 位

$$\text{增益 (N)} = 1 + \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{(N/255) \times R_{AB}}$$

N = 0 至 255 (十进制)

7 位

$$\text{增益 (N)} = 1 + \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{(N/127) \times R_{AB}}$$

N = 0 至 127 (十进制)

## 8.5 音频音量控制

使用MCP41HVXX可以实现数字音量控制。图8-6给出了一个简单的音频音量控制实现。

图8-7给出了电路参考电压检测电路。该电路的输出可用于控制音频音量控制电路中的MCP41HVXX器件的抽头锁存，以降低拉链噪声或在同一时间更新不同通道。

运放(U1)可以采用MCP6001，而通用比较器(U2和U3)可以采用MCP6541。U4是一个简单的“与”门。

U1用于设定信号零参考电压。比较器的上限设置为高于其失调。每当电压介于2.502V和2.497V(0.005V窗口)之间时，WLAT引脚会被强制设为高电平。

电容C1用于将V<sub>IN</sub>信号交流耦合到电路中，然后再馈送到窗口比较器(以及MCP41HVXX接线端A引脚)。

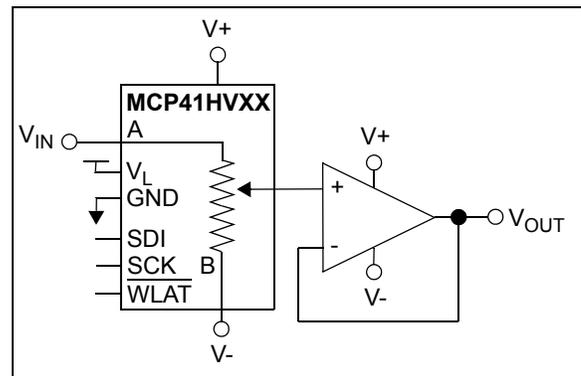


图 8-6: 音频音量控制

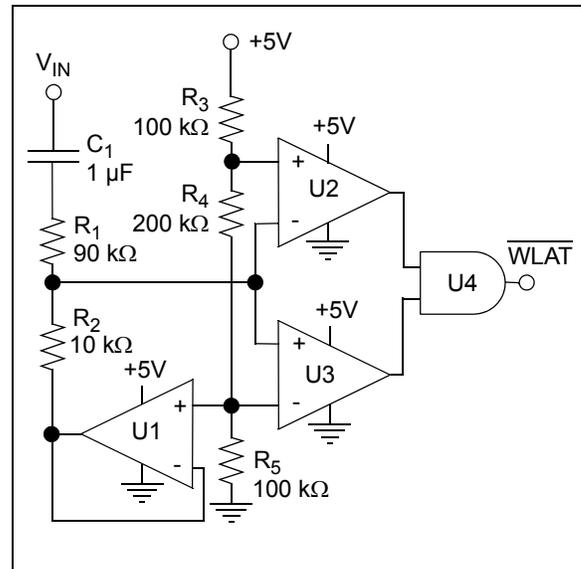


图 8-7: 参考电压过零检测

# MCP41HVX1

## 8.6 可编程电源

ADP1611 是一个步升直流 / 直流开关转换器。通过使用 MCP41HVXX 器件, 可以将电源最高编程为 20V。图 8-8 给出了一个可编程电源实现。

公式 8-3 给出了计算可编程电源输出电压的公式。该输出基于 MCP41HVXX 器件的  $R_{BW}$  电阻和  $R_2$  电阻得到。ADP1611 会调整其输出, 使 FB 引脚上的电压维持为 1.23V。

当接上电源时,  $L_1$  起到短路的作用,  $V_{OUT}$  等于 +5V 电压减去二极管压降。  $V_{OUT}$  电压将斜升至编程值。

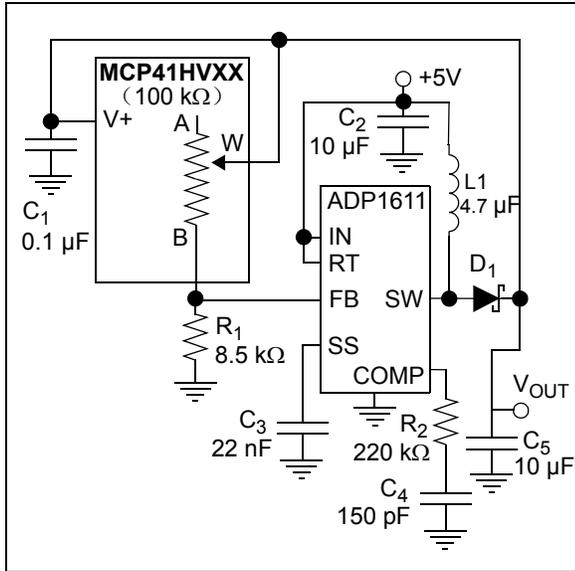


图 8-8: 可编程电源

### 公式 8-3: 电源输出电压计算

8 位

$$V_{OUT}(N) = 1.23V \times \left(1 + \left(\frac{N * R_{AB}}{255 * R_2}\right)\right)$$

$N = 0$  至 255 (十进制)

7 位

$$V_{OUT}(N) = 1.23V \times \left(1 + \left(\frac{N * R_{AB}}{127 * R_2}\right)\right)$$

$N = 0$  至 127 (十进制)

## 8.7 可编程双向电流源

使用 MCP41HVXX 可以实现可编程双向电流源。图 8-9 给出了一种实现, 其中的  $U_1$  和  $U_2$  通过配合工作而在两个方向上提供所需的电流 (取决于选定的器件)。该电路是对称的 ( $R_{1A} = R_{1B}$ ,  $R_{2A} = R_{2B}$ ,  $R_{3A} = R_{3B}$ ), 以提高稳定性。如果电阻匹配, 负载电流 ( $I_L$ ) 计算如下所示:

### 公式 8-4: 负载电流 ( $I_L$ )

$$I_L = \frac{(R_{2A} + R_{3A})}{R_{1A} * R_{3A}} \times V_W$$

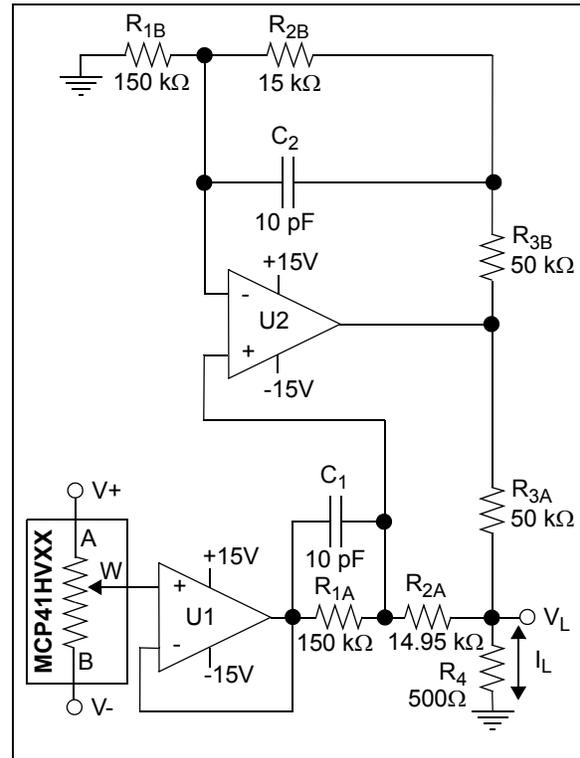


图 8-9: 可编程双向电流源

## 8.8 LCD 对比度控制

MCP41HVXX 可以用于 LCD 对比度控制。图 8-10 给出了一个简单的可编程 LCD 对比度控制实现。

一些 LCD 面板支持最高 28V 的固定电源。高电压数字电位器的抽头可以支持整个电压范围内的对比度调节。

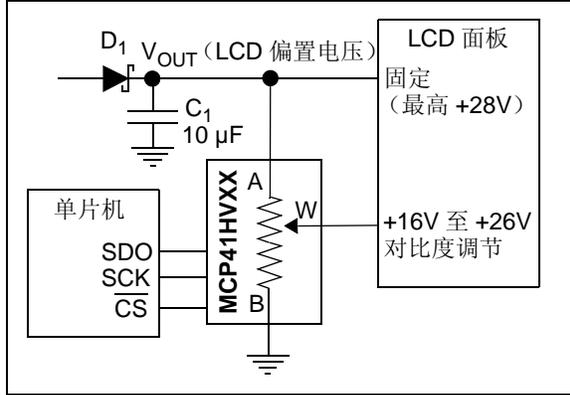


图 8-10: 可编程对比度控制

## 8.9 串行接口通信时间

表 8-2 列出了每个 SPI 串行接口命令的时间，以及数字接口支持的有效数据更新速率（基于两种 SPI 串行接口频率）。所以，串行接口性能以及抽头响应时间将用于确定应用程序的易失性抽头寄存器更新速率。

表 8-2: 串行接口时间 / 频率

命令	串行接口位的数量	示例		命令时间 (μs)		有效数据更新频率 (kHz) (2)	
		传输的字节数	串行接口位的数量	1 MHz	10 MHz	1 MHz	10 MHz
写单个字节	16	1	16	16	1.6	62,500	625,000
写连续字节	N * 16	5	80	80	8	12,500	125,000
读字节	16	1	16	16	1.6	62,500	625,000
读连续字节	N * 16	5	80	80	8	12,500	125,000
递增抽头	8	1	8	8	0.8	125,000	1,250,000
连续递增	N * 8	5	40	40	4	25,000	250,000
递减抽头	8	1	8	8	0.8	125,000	1,250,000
连续递减	N * 8	5	40	40	4	25,000	250,000

注 1: 包括启动位或停止位。

注 2: 它等于命令频率乘以传输的字节数。

# MCP41HVX1

## 8.10 设计注意事项

在使用 MCP41HVX1 器件设计系统时，需要考虑以下注意事项：

- 电源注意事项
- 布线注意事项

### 8.10.1 电源注意事项

典型的应用需要使用旁路电容，以滤除电源线上的高频噪声。旁路电容可以帮助最大程度降低这些噪声源对信号完整性的影响。图 8-11 给出了相应的旁路策略的图示。

在该示例中，建议的旁路电容值为  $0.1\ \mu\text{F}$ 。该电容应尽可能靠近（在  $4\ \text{mm}$  以内）器件电源引脚（ $V_L$ ）。

为这些器件供电的电源应尽可能纯净。如果应用电路具有独立的数字电源和模拟电源， $V+$  和  $V-$  应位于模拟平面。

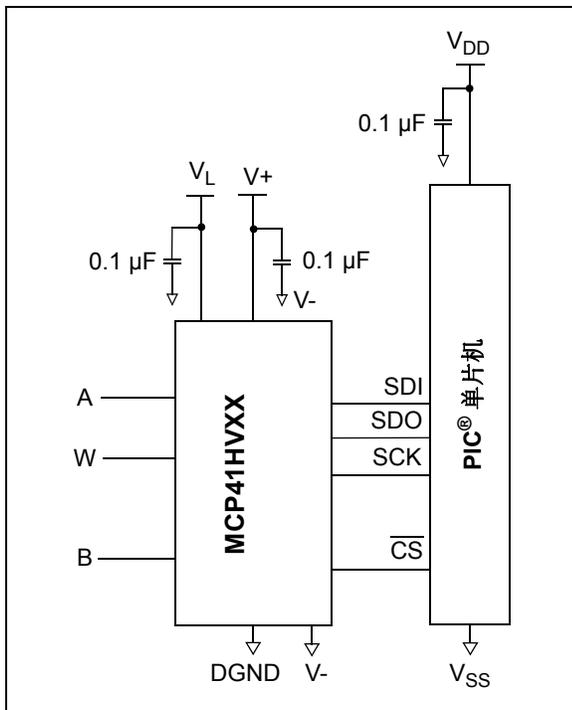


图 8-11: 典型的单片机连接

### 8.10.2 布线注意事项

在使用 MCP41HVX1 器件设计系统时，需要考虑以下布线注意事项：

- 噪声
- PCB 面积要求
- 功耗

#### 8.10.2.1 噪声

电感耦合交流瞬态和数字开关噪声会降低输入和输出信号完整性，可能会降低 MCP41HVX1 的性能。仔细的电路板布线可以最大程度降低这些影响，并提高信噪比（Signal-to-Noise Ratio, SNR）。使用低电感地平面、隔离输入、隔离输出和正确去耦的多层电路板对于实现硅片可提供的性能非常重要。对于特别恶劣的环境，可能需要对关键信号进行屏蔽保护。

如果希望确保低噪声，那么建议不要使用面包板或绕线电路板。

#### 8.10.2.2 PCB 面积要求

在某些应用中，PCB 面积是进行器件选择的一项标准。表 8-3 列出了对应于不同封装选项的封装尺寸和面积。表中还列出了相对于最小面积的相对面积因数。对于在空间方面要求严格的应用，建议采用的封装是 QFN 封装。

表 8-3: 封装尺寸<sup>(1)</sup>

引脚	封装		封装尺寸			
	类型	编码	尺寸 (mm)		面积 (mm <sup>2</sup> )	相对面积
			X	Y		
14	TSSOP	ST	5.10	6.40	32.64	1.31
20	QFN	MQ	5.00	5.00	25.00	1

注 1: 不包括建议的焊盘布局尺寸。

## 8.10.3 电阻温度系数

器件特性图中给出了电阻温度系数的特性曲线。

这些曲线显示电阻网络设计可针对随温度升高而产生的电阻变化进行修正。该技术可以降低端到端的电阻 ( $R_{AB}$ ) 变化。

### 8.10.3.1 功耗

高电压数字电位器的功耗最主要可能由电阻网络的功耗决定。

表 8-4 列出了在接线端 A = +18V、接线端 B = -18V 时，梯形电阻网络 ( $R_{AB}$ ) 的功耗。这不是基于 25 mA 接线端电流规范值的最坏情况下的功耗。表 8-4 列出了最坏情况下的电流（按电阻网络），它与  $R_{AB}$  的值无关。

表 8-4:  $R_{AB}$  功耗

$R_{AB}$ 电阻 ( $\Omega$ )			$ V_A  +  V_B $ = (V)	功耗 (mW) (1)
典型值	最小值	最大值		
5,000	4,000	6,000	36	324
10,000	8,000	12,000	36	162
50,000	40,000	60,000	36	32.4
100,000	80,000	120,000	36	16.2

注 1: 功耗 =  $V * I = V^2/R_{AB(MIN)}$ 。

表 8-5:  $R_{BW}$  功耗

$R_{AB}$ ( $\Omega$ ) (典型值)	$ V_W  +  V_B  =$ (V)	$I_{BW}$ (2) (mA)	功耗 (mW) (1)
5,000	36	25	900
10,000	36	12.5	450
50,000	36	6.5	234
100,000	36	6.5	234

注 1: 功耗 =  $V * I$ 。

注 2: 请参见电气规范（最大  $I_W$ ）。

# MCP41HVX1

---

注:

## 9.0 器件选项

### 9.1 标准选项

#### 9.1.1 POR/BOR 抽头设置

默认抽头设置（中间量程）由客户通过三位数字后缀指示：-202、-502、-103 和 -503。表 9-1 列出了器件的默认设置。

**表 9-1: 默认 POR/BOR 抽头设置选择**

典型 RAB 值	封装编码	默认 POR 抽头设置	器件分辨率	抽头编码
5.0 kΩ	-502	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh
10.0 kΩ	-103	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh
50.0 kΩ	-503	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh
100.0 kΩ	-104	中间量程	8 位	7Fh
			7 位	3Fh

## 9.2 定制选项

可提供定制选项。

### 9.2.1 POR/BOR 事件时的定制抽头值

客户可以通过 NSCAR 流程指定定制抽头设置。

- 注 1:** 定制订单需收取一次性工程（NRE）费用，并具有最低订购量要求。关于更多信息，请与 Microchip 销售人员联系。
- 2:** 定制器件将分配定制器件标识。

# MCP41HVX1

---

注:

## 10.0 开发支持

### 10.1 开发工具

有几种开发工具可以用于帮助设计和评估MCP41HVX1器件。表 10-1 列出了当前可获得的工具。

图 10-1 说明了可以如何安装 TSSOP20EV 外接 PCB 来简便地评估 MCP41HVX1 器件。评估可以使用 PICKit™ 串行分析器来控制易失性抽头的位置和 TCON 寄存器的状态。

图 10-2 说明了可以如何安装 SOIC14EV 外接 PCB 来评估 MCP41HVX1 器件。使用 PICKit 串行分析器需要蓝色接线，因为连接头 H1 的连接不兼容。

这些电路板可以从Microchip网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) 直接购买。

### 10.2 技术文档

另外还有几个技术文档可以用于帮助进行设计和开发。这些技术文档包括应用笔记、技术简介和设计指南。表 10-2 列出了其中部分文档。

表 10-1: 开发工具

电路板名称	部件编号	备注
20 引脚 TSSOP 和 SSOP 评估板	TSSOP20EV	可以简便地连接 PICKit 串行分析器 (订购编号: DV164122)
14 引脚 SOIC/TSSOP/DIP 评估板	SOIC14EV	

表 10-2: 技术文档

应用笔记编号	标题	文献编号
TB3073	Implementing a 10-bit Digital Potentiometer with an 8-bit Digital Potentiometer	DS93073
AN1316	Using Digital Potentiometers for Programmable Amplifier Gain	DS01316
AN1080	Understanding Digital Potentiometers Resistor Variations	DS01080
AN737	Using Digital Potentiometers to Design Low-Pass Adjustable Filters	DS00737
AN692	Using a Digital Potentiometer to Optimize a Precision Single Supply Photo Detect	DS00692
AN691	《优化数字电位器电路，减少绝对和温度差异》	DS00691A_CN
AN219	Comparing Digital Potentiometers to Mechanical Potentiometers	DS00219
—	Digital Potentiometer Design Guide	DS22017
—	《信号链设计指南》	DS21825G_CN
—	Analog Solutions for Automotive Applications Design Guide	DS01005

# MCP41HVX1

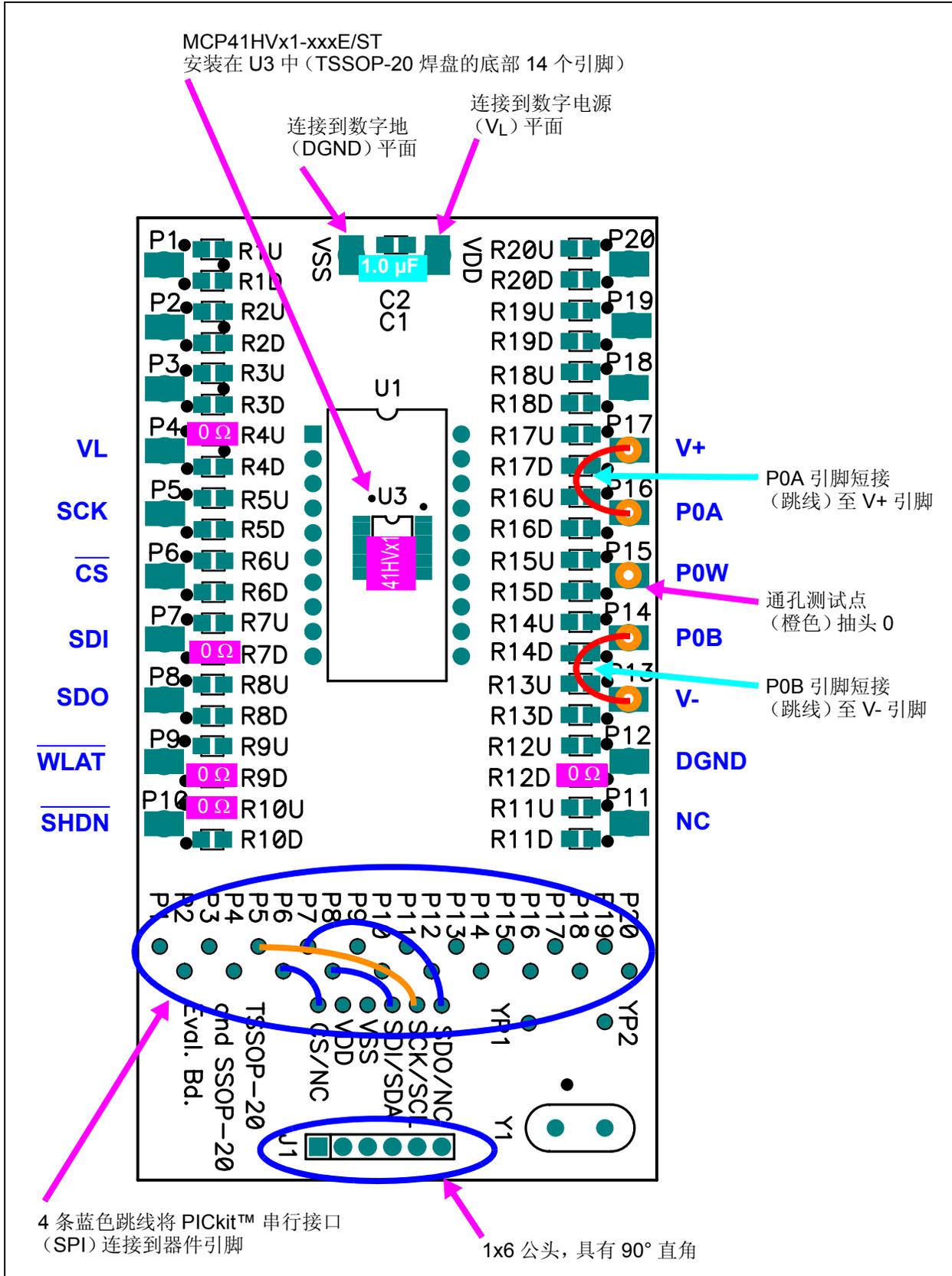


图 10-1: 使用 TSSOP20EV 的数字电位器评估板电路

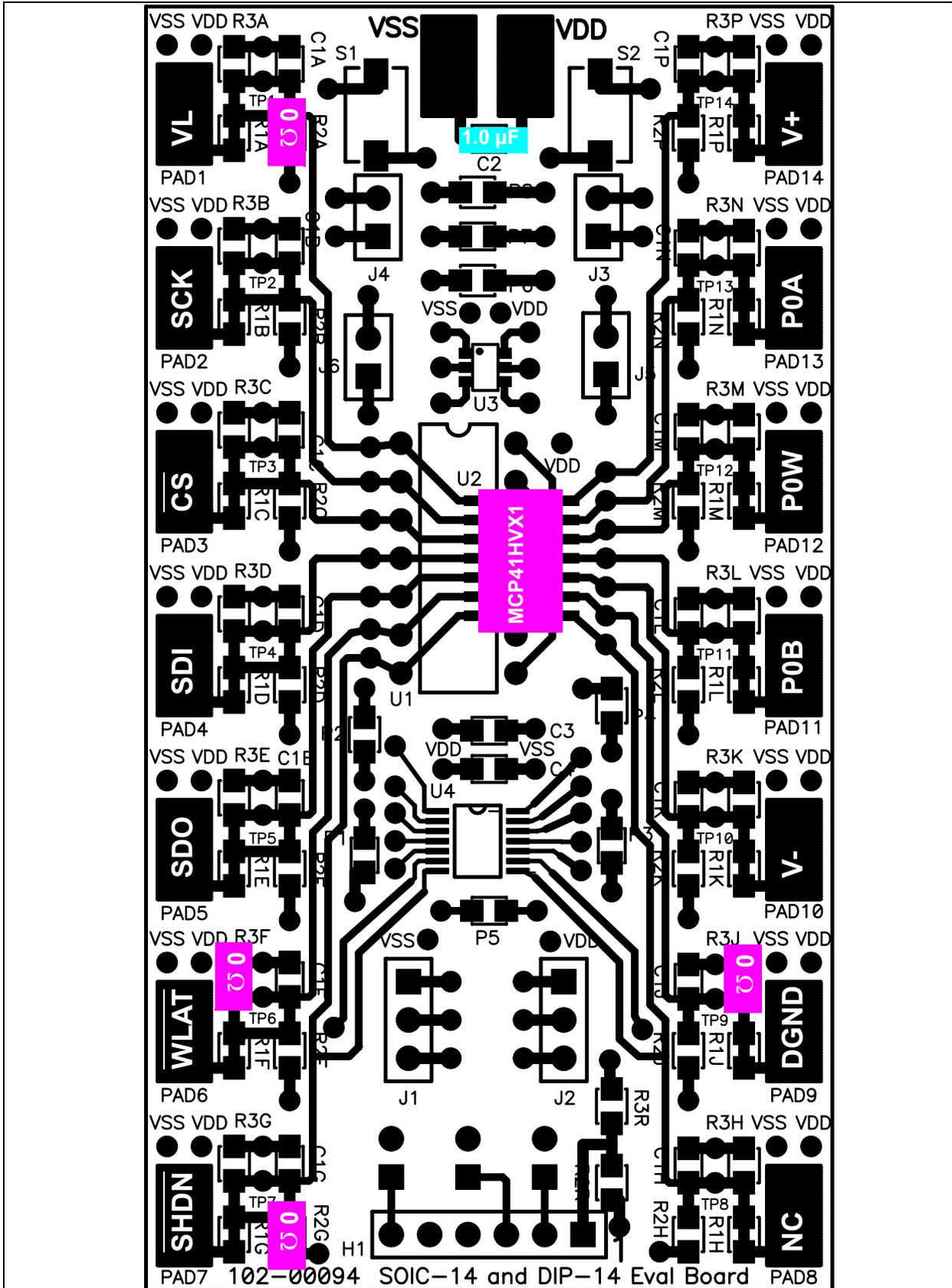


图 10-2: 使用 SOIC14EV 的数字电位器评估板电路

# MCP41HVX1

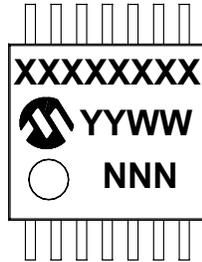
---

注:

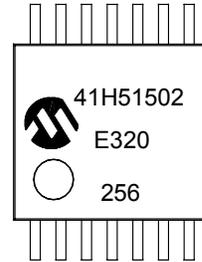
## 11.0 封装信息

### 11.1 封装标识信息

14 引脚 TSSOP (4.4 mm)

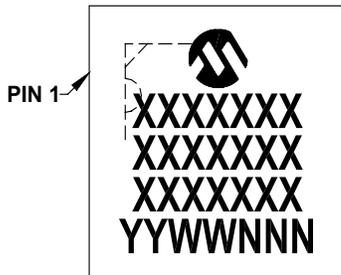


示例

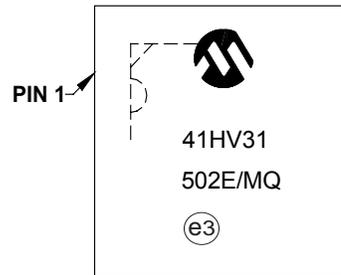


部件编号	代码	部件编号	代码
MCP41HV51-502E/ST	41H51502	MCP41HV31-502E/ST	41H31502
MCP41HV51-103E/ST	41H51103	MCP41HV31-103E/ST	41H31103
MCP41HV51-503E/ST	41H51503	MCP41HV31-503E/ST	41H31503
MCP41HV51-104E/ST	41H51104	MCP41HV31-104E/ST	41H31104

20 引脚 QFN (5x5x0.9 mm)



示例



部件编号	代码	部件编号	代码
MCP41HV51-502E/MQ	502E/MQ	MCP41HV31-502E/MQ	502E/MQ
MCP41HV51-103E/MQ	103E/MQ	MCP41HV31-103E/MQ	103E/MQ
MCP41HV51-503E/MQ	503E/MQ	MCP41HV31-503E/MQ	503E/MQ
MCP41HV51-104E/MQ	104E/MQ	MCP41HV31-104E/MQ	104E/MQ

**图注:**

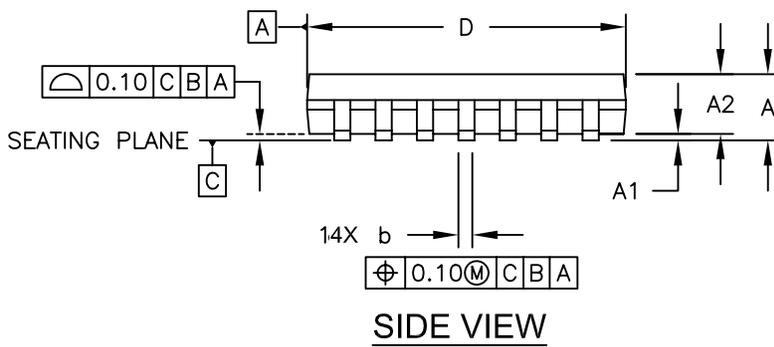
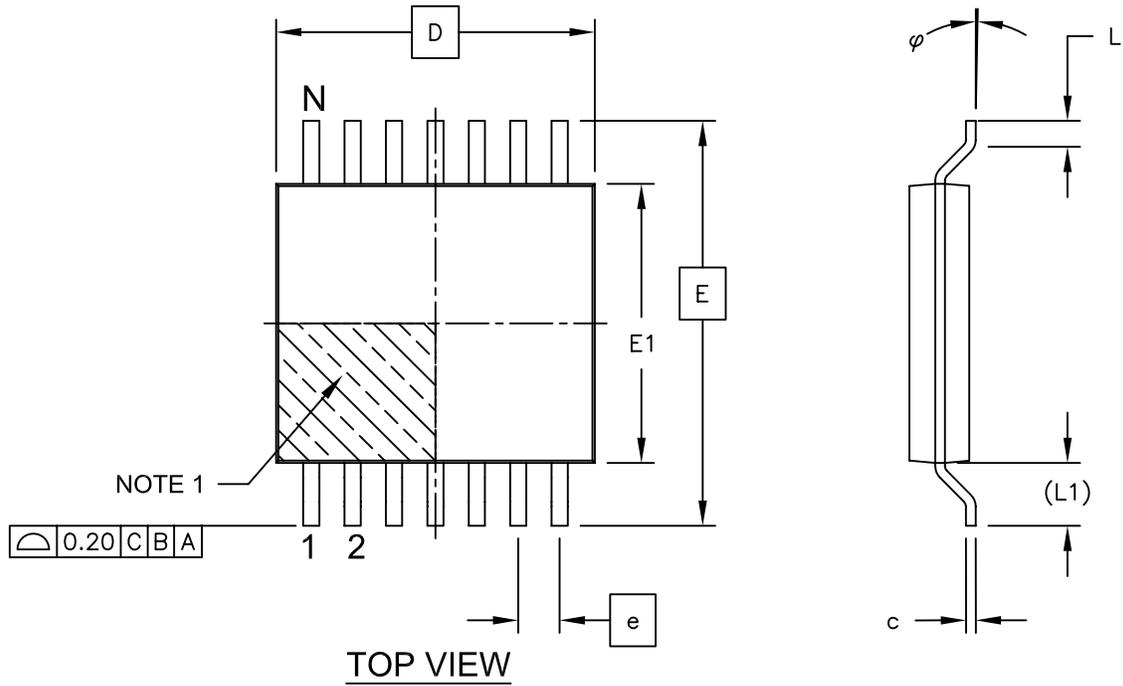
- XX...X 客户指定信息
- Y 年份代码 (日历年的最后一位数字)
- YY 年份代码 (日历年的最后两位数字)
- WW 星期代码 (一月一日的星期代码为“01”)
- NNN 以字母数字排序的追踪代码
- (e3) 雾锡 (Matte Tin, Sn) 的符合 RoHS 标准 JEDEC 标志
- \* 该封装符合 RoHS 标准。符合 RoHS 标准 JEDEC 标志 (e3) 标示于此种封装的外包装上。

**注:** Microchip 部件编号如果无法在同一行内完整标注, 将换行标出, 因此会限制表示客户指定信息的字符数。

# MCP41HVX1

## 14 引脚塑封薄型缩小外形封装 (ST) —— 主体 4.4 mm [TSSOP]

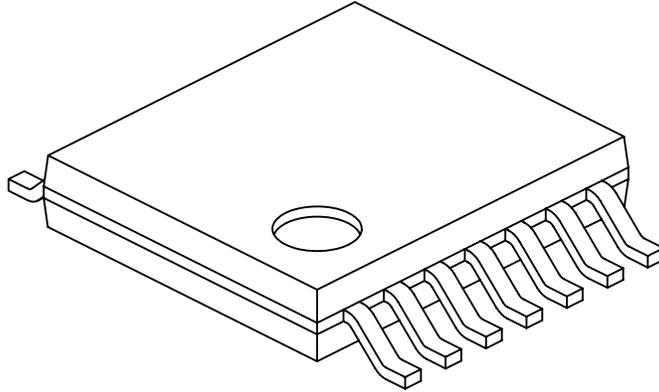
注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Microchip Technology Drawing C04-087C Sheet 1 of 2

## 14 引脚塑封薄型缩小外形封装 (ST) —— 主体 4.4 mm [TSSOP]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	14		
Pitch	e	0.65 BSC		
Overall Height	A	-	-	1.20
Molded Package Thickness	A2	0.80	1.00	1.05
Standoff	A1	0.05	-	0.15
Overall Width	E	6.40 BSC		
Molded Package Width	E1	4.30	4.40	4.50
Molded Package Length	D	4.90	5.00	5.10
Foot Length	L	0.45	0.60	0.75
Footprint	(L1)	1.00 REF		
Foot Angle	$\varphi$	0°	-	8°
Lead Thickness	c	0.09	-	0.20
Lead Width	b	0.19	-	0.30

Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.15mm per side.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

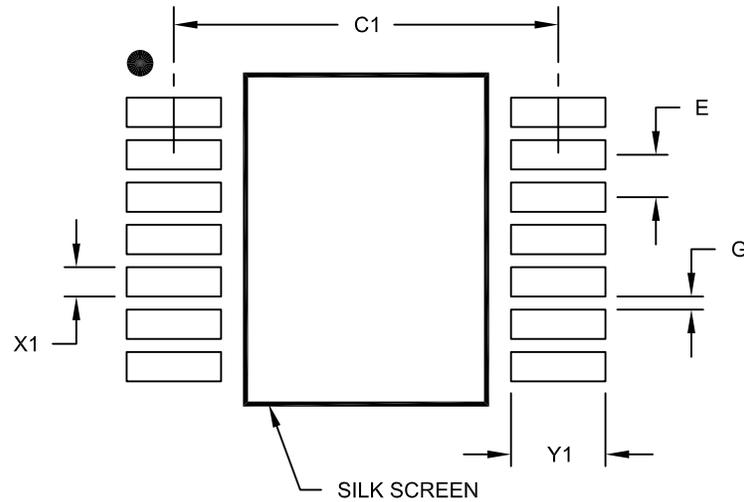
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing No. C04-087C Sheet 2 of 2

# MCP41HVX1

## 14 引脚塑封薄型缩小外形封装 (ST) —— 主体 4.4 mm [TSSOP]

注： 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.65 BSC		
Contact Pad Spacing	C1		5.90	
Contact Pad Width (X14)	X1			0.45
Contact Pad Length (X14)	Y1			1.45
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

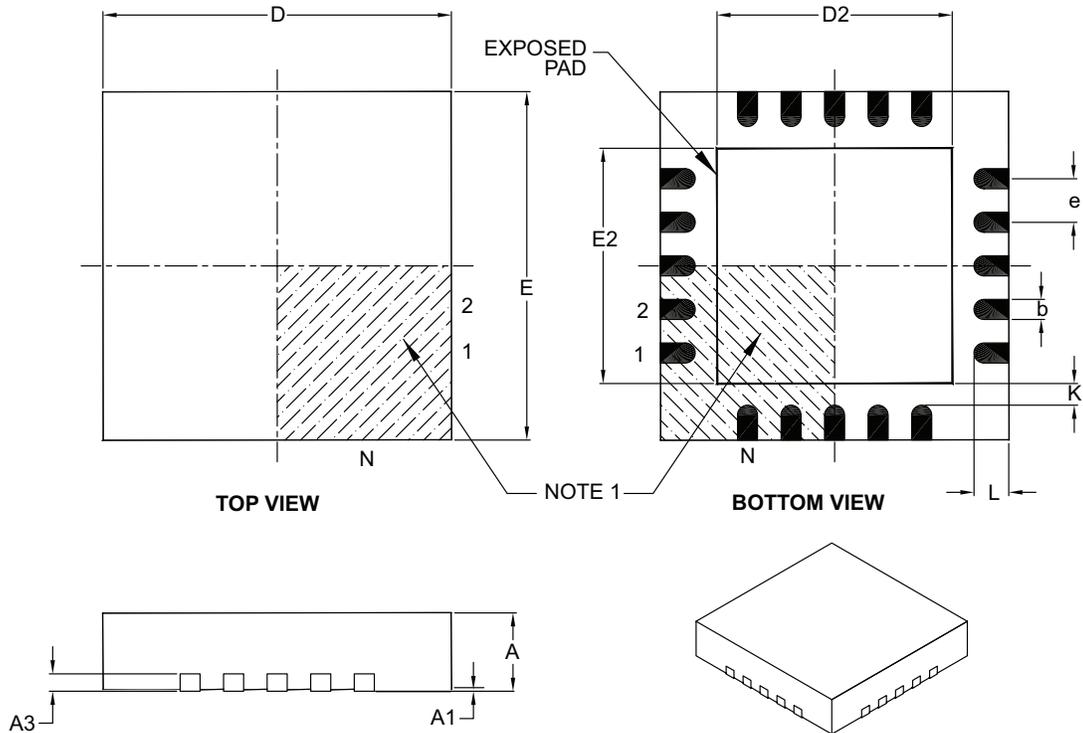
1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2087A

## 20 引脚塑封正方扁平无引脚封装 (ML) —— 主体 4x4x0.9 mm [QFN]

注：最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	20		
Pitch	e	0.50 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3	0.20 REF		
Overall Width	E	4.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	2.60	2.70	2.80
Overall Length	D	4.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	2.60	2.70	2.80
Contact Width	b	0.18	0.25	0.30
Contact Length	L	0.30	0.40	0.50
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	-	-

### Notes:

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

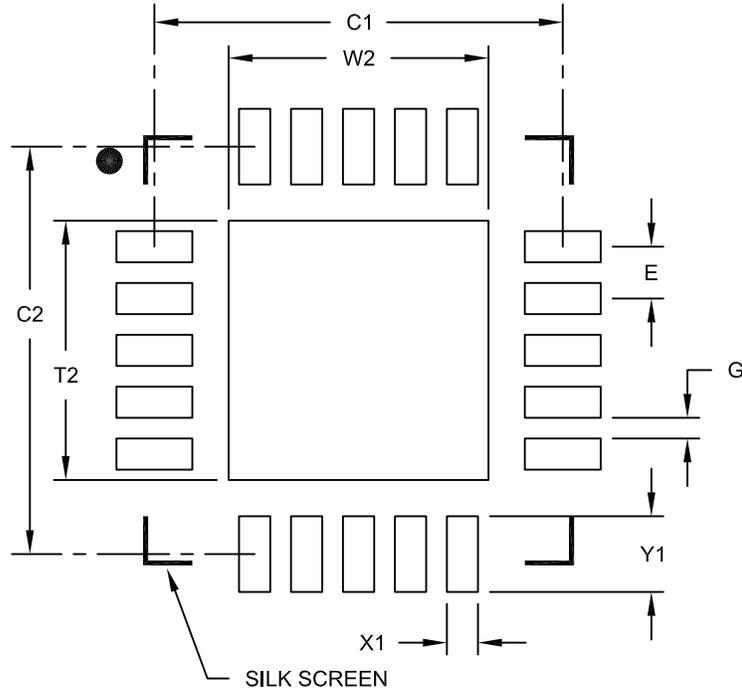
REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-126B

# MCP41HVX1

20 引脚塑封正方扁平无引脚封装 (ML) —— 主体 4x4 mm [QFN], 触点长度为 0.40 mm

注: 最新封装图请至 <http://www.microchip.com/packaging> 查看 Microchip 封装规范。



RECOMMENDED LAND PATTERN

Dimension Limits	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.50 BSC		
Optional Center Pad Width	W2			2.50
Optional Center Pad Length	T2			2.50
Contact Pad Spacing	C1		3.93	
Contact Pad Spacing	C2		3.93	
Contact Pad Width	X1			0.30
Contact Pad Length	Y1			0.73
Distance Between Pads	G	0.20		

Notes:

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2126A

## 附录 A: 版本历史

### 版本 A (2013 年 5 月)

- 本文档的初始版本。

## 附录 B: 术语

本附录介绍本文档中使用的术语，并说明如何测量参数。

### B.1 电位器 (分压器)

电位器配置指的是器件的全部 3 个接线端连接到电路中不同节点的情形。这可以使电位器输出与输入电压成正比的电压。这种配置有时称为分压器模式。电位器用于通过调节两个端点之间的抽头位置来提供可变电压，如图 B-1 所示。调换 A 和 B 接线端的极性不会影响操作。

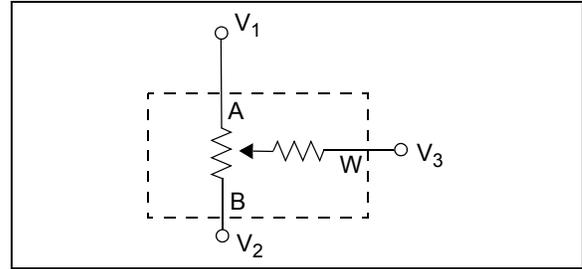


图 B-1: 电位器配置

$R_{AB}$  电阻的温度系数通过设计限制为最低程度。在这种配置中，所有电阻将一致地发生变化，所以只会检测到微小的差异。

### B.2 变阻器 (可变电阻)

变阻器配置指的是将 3 个数字电位器接线端中的两个接线端在电路中用作电阻元件的情形。使用接线端 W (抽头) 和接线端 A 或接线端 B 时，即可构成一个可变电阻。电阻值将取决于抽头的分接头设置 (以及抽头的电阻)。电阻值通过更改抽头设置进行控制。图 B-2 显示了可以使用的两个可能电阻。调换 A 和 B 接线端的极性不会影响操作。

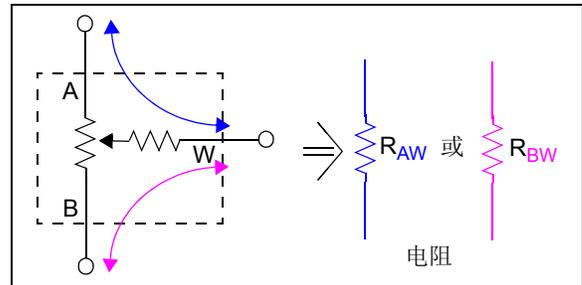


图 B-2: 变阻器配置

# MCP41HVX1

## B.3 分辨率

分辨率等于均分满量程范围的抽头输出状态的数量。对于 8 位数字电位器，分辨率为  $2^8$ ，即数字电位器抽头编码范围为 0 至 255。

## B.4 步阶电阻 ( $R_S$ )

电阻步长 ( $R_S$ ) 等于梯形电阻网络的 1 个 LSB。公式 B-1 给出了步阶电阻 ( $R_S$ ) 的计算公式。

### 公式 B-1: $R_S$ 计算

**理想值**

$$R_{S(Ideal)} = \frac{R_{AB}}{2^N - 1} \quad \text{或} \quad \frac{(V_A - V_B) / I_{AB}}{2^N - 1}$$

**测量值**

$$R_{S(Measured)} = \frac{(V_{W(@FS)} - V_{W(@ZS)}) / I_{AB}}{2^N - 1}$$

其中:

- $2^N - 1 = 255$  (MCP41HV51/61)
- $= 127$  (MCP41HV31/41)
- $V_A$  = 接线端 A 引脚上的电压
- $V_B$  = 接线端 B 引脚上的电压
- $I_{AB}$  = 通过 A 和 B 引脚的测量电流
- $V_{W(@FS)}$  = 处于满量程编码 (FFh 或 7Fh) 时，在 W 引脚上测量的电压
- $V_{W(@ZS)}$  = 处于零量程编码 (00h) 时，在 W 引脚上测量的电压

## B.5 抽头电阻

抽头电阻是将选定梯形电阻网络节点连接到抽头端公共信号 (见 图 5-1) 的模拟开关的串联电阻。

易失性抽头寄存器中的值用于选择关闭哪个模拟开关，从而将 W 接线端连接到梯形电阻网络的选定节点。

电阻取决于模拟开关源极、栅极和漏极节点上的电压，以及器件的抽头编码、温度和通过开关的电流。当器件电压减小时，抽头电阻将增大。

抽头电阻的测量方法是，强制电流通过 W 和 B 接线端 ( $I_{WB}$ ) 并测量 W 和 A 接线端上的电压 ( $V_W$  和  $V_A$ )。公式 B-2 说明了如何计算该电阻。

### 公式 B-2: $R_W$ 计算

$$R_{W(Measured)} = \frac{(V_W - V_A)}{I_{WB}}$$

其中:

$V_A$  = 接线端 A 引脚上的电压

$V_W$  = 接线端 W 引脚上的电压

$I_{WB}$  = 通过 W 和 B 引脚的测量电流

在电位器构成的分压器应用中，抽头电阻不是重要的误差源 (它不会影响到在 W 引脚上检测到的输出电压)。

在变阻器应用中，当抽头向零量程 (00h) 方向移动时，抽头电阻会产生明显的非线性。标称电阻越低，可能的误差就越大。

## B.6 $R_{ZS}$ 电阻

梯形电阻网络和接线端 B 引脚之间的模拟开关会引入电阻，我们称之为零量程电阻 ( $R_{ZS}$ )。公式 B-3 说明了如何计算该电阻。

### 公式 B-3: $R_{ZS}$ 计算

$$R_{ZS(Measured)} = \frac{(V_{W(@ZS)} - V_B)}{I_{AB}}$$

其中:

$V_{W(@ZS)}$  = 处于零量程抽头编码时，接线端 W 引脚上的电压

$V_B$  = 接线端 B 引脚上的电压

$I_{WB}$  = 通过 A 和 B 引脚的测量电流

## B.7 $R_{FS}$ 电阻

梯形电阻网络和接线端 A 引脚之间的模拟开关会引入电阻，我们称之为满量程电阻 ( $R_{FS}$ )。公式 B-4 说明了如何计算该电阻。

### 公式 B-4: $R_{FS}$ 计算

$$R_{FS(Measured)} = \frac{(V_A - V_{W(@FS)})}{I_{AB}}$$

其中:

$V_A$  = 接线端 A 引脚上的电压

$V_{W(@FS)}$  = 处于满量程抽头编码时，接线端 W 引脚上的电压

$I_{WB}$  = 通过 A 和 B 引脚的测量电流

## B.8 最低有效位 (LSb)

它指的是两个连续编码之间的差值 (以电阻或电压表示)。对于给定的输出范围，需要将它除以器件的分辨率 (公式 B-5)。

## 公式 B-5: LSb 计算

理想值

$$LSb(Ideal) = \begin{array}{l} \text{以电阻表示} \\ \frac{R_{AB}}{2^N - 1} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{以电压表示} \\ \frac{V_A - V_B}{2^N - 1} \end{array}$$

测量值

$$LSb(Measured) = \frac{(V_{W(@FS)} - V_{W(@ZS)}) / I_{AB}}{2^N - 1} = \frac{V_{W(@FS)} - V_{W(@ZS)}}{2^N - 1}$$

其中:

- $2^N - 1 = 255$  (MCP41HV51/61)
- $= 127$  (MCP41HV31/41)
- $V_A$  = 接线端 A 引脚上的电压
- $V_B$  = 接线端 B 引脚上的电压
- $V_{AB}$  = A 和 B 引脚之间的测量电压
- $I_{AB}$  = 通过 A 和 B 引脚的测量电流
- $V_{W(@FS)}$  = 处于满量程编码 (FFh 或 7Fh) 时, 在 W 引脚上测量的电压
- $V_{W(@ZS)}$  = 处于零量程编码 (00h) 时, 在 W 引脚上测量的电压

## B.9 单调性操作

单调性操作意味着器件的输出 (电阻 ( $R_{BW}$ ) 或电压 ( $V_W$ )) 会随着抽头寄存器的每一个编码步阶 (LSb) 递增而增大。

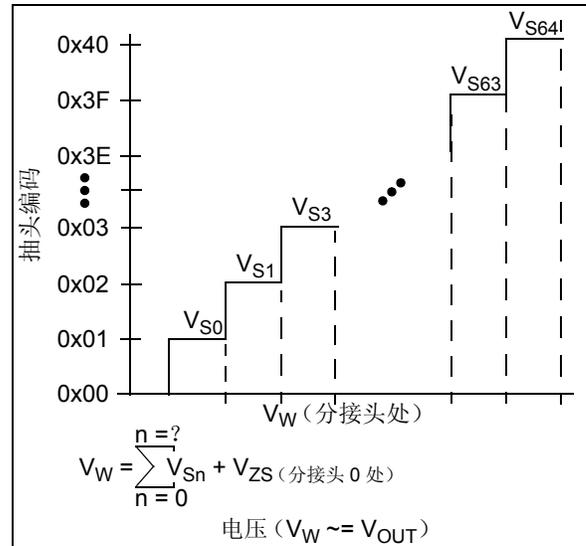


图 B-3: 理论  $V_W$  输出与编码 (单调性操作)

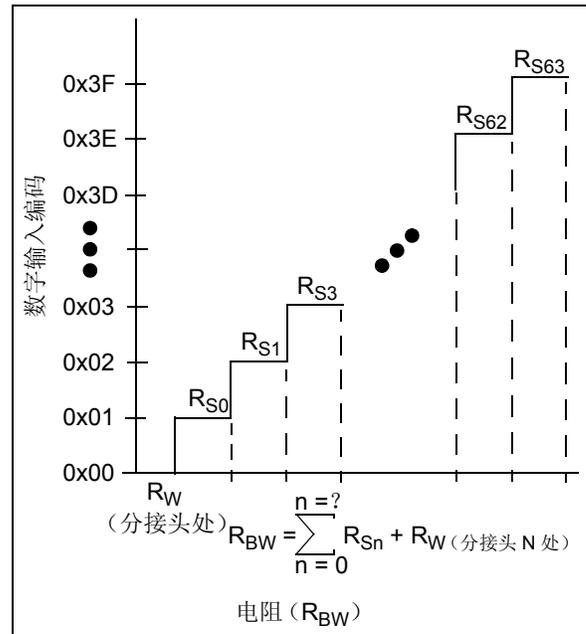


图 B-4: 理论  $R_{BW}$  输出与编码 (单调性操作)

# MCP41HVX1

## B.10 满量程误差 ( $E_{FS}$ )

满量程误差 (见图 B-5) 指的是对于最大器件抽头寄存器编码 (8 位时编码为 FFh, 7 位时编码为 7Fh),  $V_W$  引脚相对于预期  $V_W$  电压 (理论值) 的误差, 请参见公式 B-6。该误差取决于  $V_{OUT}$  引脚上的阻性负载 (以及该负载所连接的位置, 如  $V_{SS}$  或  $V_{DD}$ )。对于大于规定值的负载 (至  $V_{SS}$ ), 满量程误差将更大。

以位数表示的误差将由理论电压步长决定, 得到以 LSB 表示的误差。

**注:** 模拟开关泄漏电流会随温度而增大。在较高温度 ( $> \sim 100^\circ\text{C}$ ) 下, 该泄漏电流会显著增大。随着模拟开关泄漏电流的增大, 满量程输出值会减小, 这会增大满量程误差。

### 公式 B-6: 满量程误差

$$E_{FS} = \frac{V_{W(@FS)} - V_A}{V_{LSb(IDEAL)}}$$

其中:

$E_{FS}$  以 LSB 为单位表示

$V_{W(@FS)}$  是抽头寄存器编码处于满量程时的  $V_W$  电压。

$V_{IDEAL(@FS)}$  是抽头寄存器编码处于满量程时的理想输出电压。

$V_{LSb(IDEAL)}$  是理论电压步长。

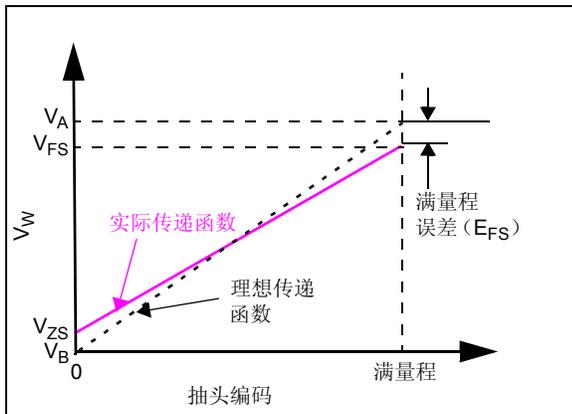


图 B-5: 满量程误差示例

## B.11 零量程误差 ( $E_{ZS}$ )

零量程误差 (见图 B-6) 是指在抽头寄存器编码等于 00h 时, 理想输出电压与测量的  $V_{OUT}$  电压之间的差值 (公式 B-7)。该误差取决于  $V_{OUT}$  引脚上的阻性负载 (以及该负载所连接的位置, 如  $V_{SS}$  或  $V_{DD}$ )。对于大于规定值的负载 (至  $V_{DD}$ ), 零量程误差将更大。

以位数表示的误差将由理论电压步长决定, 得到以 LSB 表示的误差。

**注:** 模拟开关泄漏电流会随温度而增大。在较高温度 ( $> \sim 100^\circ\text{C}$ ) 下, 该泄漏电流会显著增大。随着模拟开关泄漏电流的增大, 零量程输出值会减小, 这会减小零量程误差。

### 公式 B-7: 零量程误差

$$E_{ZS} = \frac{V_{W(@ZS)}}{V_{LSb(IDEAL)}}$$

其中:

$E_{FS}$  以 LSB 为单位表示

$V_{W(@ZS)}$  是抽头寄存器编码处于零量程时的  $V_W$  电压。

$V_{LSb(IDEAL)}$  是理论电压步长。

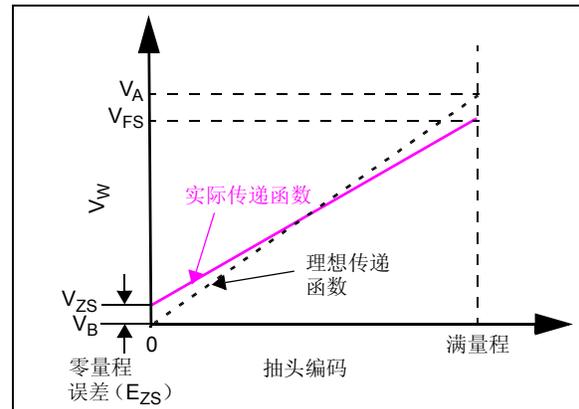


图 B-6: 零量程误差示例

## B.12 积分非线性 (P-INL) 电位器配置

电位器积分非线性 (P-INL) 误差是实际  $V_W$  传递函数相对于理想传递函数 (直线) 的最大偏差。

在 MCP41HVX1 中, P-INL 使用零量程和满量程抽头编码端点计算。P-INL 以  $LSb$  为单位表示。P-INL 也称为相对精度。公式 B-8 说明了如何以  $LSb$  为单位计算 P-INL 误差, 图 B-7 给出了 P-INL 精度的一个示例。

P-INL 为正值意味着  $V_W$  电压大于理想电压。P-INL 为负值意味着  $V_W$  电压小于理想电压。

**注:** 模拟开关泄漏电流会随温度而增大。在较高温度 ( $> \sim 100^\circ C$ ) 下, 该泄漏电流会显著增大。  
随着模拟开关泄漏电流的增大, 抽头输出电压 ( $V_W$ ) 会减小, 这会影响 INL 误差。

### 公式 B-8: P-INL 误差

$$E_{INL} = \frac{(V_{W(@Code)} - (V_{LSB(Measured)} * 编码))}{V_{LSB(Measured)}}$$

其中:

INL 以  $LSb$  为单位表示。

编码 = 抽头寄存器的值

$V_{W(@Code)}$  = 对于给定抽头寄存器编码测量的  $V_W$  输出电压

$V_{LSb}$  = 对于理想值:  
 $V_{AB} / 分辨率$   
对于测量值:  
 $(V_{W(@FS)} - V_{W(@ZS)}) / 255$

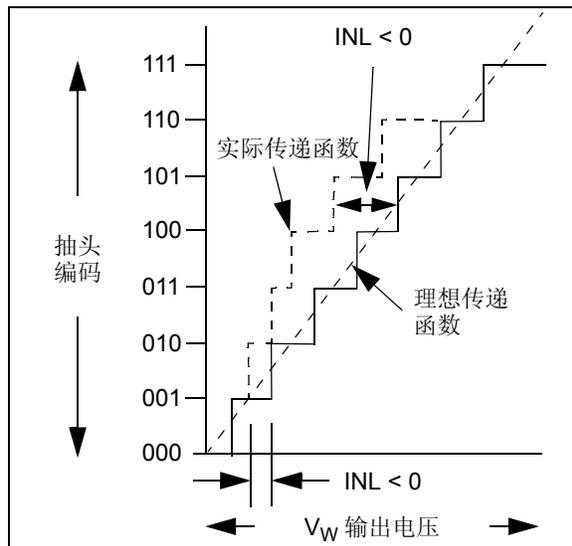


图 B-7: P-INL 精度

## B.13 微分非线性 (P-DNL) 电位器配置

电位器微分非线性 (P-DNL) 误差 (见图 B-8) 用于衡量编码之间的  $V_W$  步长。编码之间的理想步长为  $1LSb$ 。P-DNL 误差为零意味着每个编码正好为  $1LSb$  宽。如果 P-DNL 误差小于  $1LSb$ , 则数字电位器可以确保单调输出和无失码。公式 B-9 给出了任意两个相邻编码之间 P-DNL 误差的计算方法。

P-DNL 误差用于衡量编码宽度相对于理想编码宽度的差异。

**注:** 模拟开关泄漏电流会随温度而增大。在较高温度 ( $> \sim 100^\circ C$ ) 下, 该泄漏电流会显著增大。  
随着模拟开关泄漏电流的增大, 抽头输出电压 ( $V_W$ ) 会减小, 这会影响 DNL 误差。

### 公式 B-9: P-DNL 误差

$$E_{DNL} = \frac{(V_{W(code = n+1)} - V_{W(code = n)}) - V_{LSB(Measured)}}{V_{LSB(Measured)}}$$

其中:

DNL 以  $LSb$  为单位表示。

$V_{W(Code = n)}$  = 对于给定抽头寄存器编码测量的  $V_W$  输出电压。

$V_{LSb}$  = 对于理想值:  
 $V_{AB} / 分辨率$   
对于测量值:  
 $(V_{W(@FS)} - V_{W(@ZS)}) / R_S$  数量

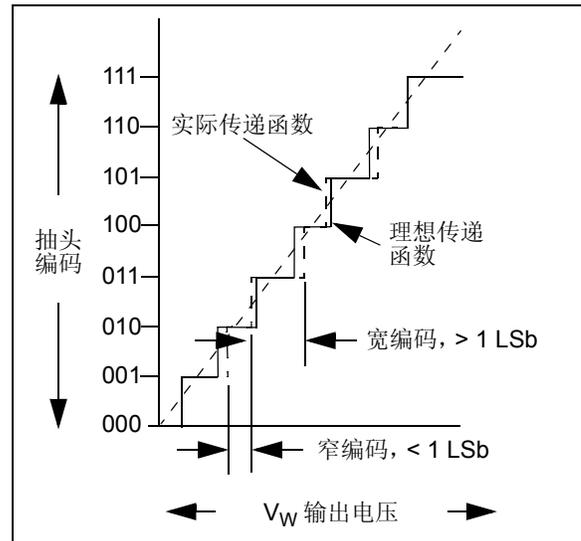


图 B-8: P-DNL 精度

# MCP41HVX1

## B.14 积分非线性 (R-INL) 变阻器配置

变阻器积分非线性 (R-INL) 误差是实际  $R_{BW}$  传递函数相对于理想传递函数 (直线) 的最大偏差。

在 MCP41HVX1 中, INL 使用零量程和满量程抽头编码端点计算。R-INL 以  $LSb$  为单位表示。R-INL 也称为相对精度。公式 B-8 说明了如何以  $LSb$  为单位计算 R-INL 误差, 图 B-9 给出了 R-INL 精度的一个示例。

R-INL 为正值意味着  $V_{OUT}$  电压大于理想电压。R-INL 为负值意味着  $V_{OUT}$  电压小于理想电压。

### 公式 B-10: R-INL 误差

$$E_{INL} = \frac{(R_{BW(@code)} - R_{BW(Ideal)})}{R_{LSb(Ideal)}}$$

其中:

INL 以  $LSb$  为单位表示。

$R_{BW(Code = n)}$  = 对于给定抽头寄存器编码测量的  $R_{BW}$  电阻

$R_{LSb}$  = 对于理想值:  
 $R_{AB} / \text{分辨率}$   
 对于测量值:  
 $R_{BW(@FS)} / R_S \text{ 数量}$

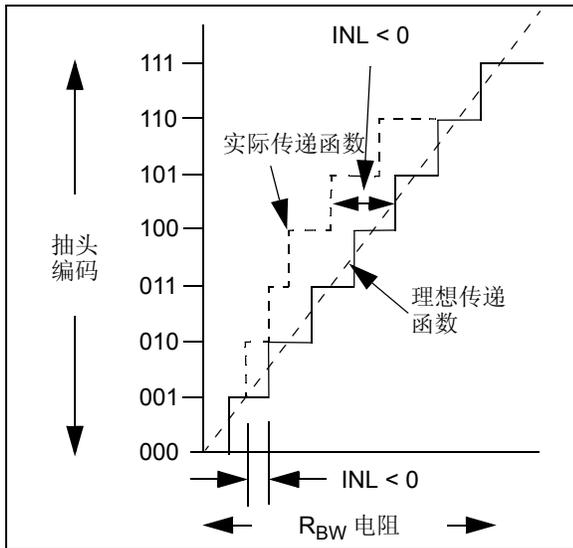


图 B-9: R-INL 精度

## B.15 微分非线性 (R-DNL) 变阻器配置

变阻器微分非线性 (R-DNL) 误差 (见图 B-10) 用于衡量实际传递函数中编码之间的  $R_{BW}$  步长。编码之间的理想步长为  $1 LSb$ 。R-DNL 误差为零意味着每个编码正好为  $1 LSb$  宽。如果 R-DNL 误差小于  $1 LSb$ , 则  $R_{BW}$  电阻可以确保单调输出和无失码。公式 B-11 给出了任意两个相邻编码之间 R-DNL 误差的计算方法。

R-DNL 误差用于衡量编码宽度相对于理想编码宽度的差异。R-DNL 误差为零意味着每个编码正好为  $1 LSb$  宽。

### 公式 B-11: R-DNL 误差

$$E_{DNL} = \frac{(V_{OUT(code = n+1)} - V_{OUT(code = n)}) - V_{LSb(Measured)}}{V_{LSb(Measured)}}$$

其中:

DNL 以  $LSb$  为单位表示。

$R_{BW(Code = n)}$  = 对于给定抽头寄存器编码测量的  $R_{BW}$  电阻

$R_{LSb}$  = 对于理想值:  
 $R_{AB} / \text{分辨率}$   
 对于测量值:  
 $R_{BW(@FS)} / R_S \text{ 数量}$

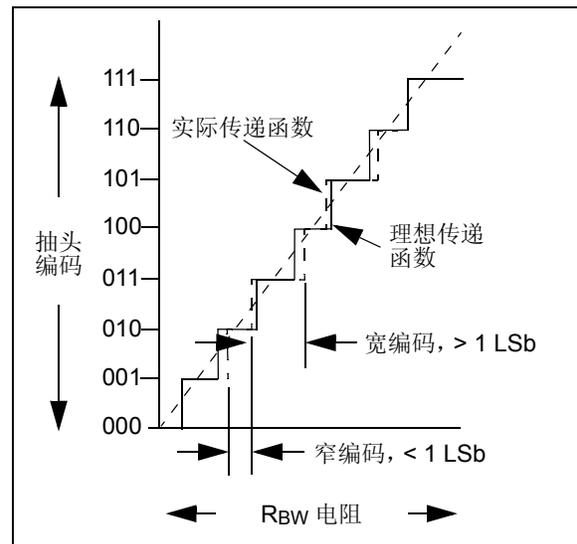


图 B-10: R-DNL 精度

## B.16 未调整总误差 (E<sub>T</sub>)

未调整总误差 (E<sub>T</sub>) 是理想 V<sub>W</sub> 电压和测量 V<sub>W</sub> 电压之间的差值。通常情况下, 将通过实现输出电压校准来提高系统性能。

以位数表示的误差将由理论电压步长决定, 得到以 LSB 表示的误差。

公式 B-12 给出了未调整总误差的计算方法。

**注:** 模拟开关泄漏电流会随温度而增大。在较高温度 (>~100°C) 下, 该泄漏电流会显著增大。  
随着模拟开关泄漏电流的增大, 抽头输出电压 (V<sub>W</sub>) 会减小, 这会影响未调整总误差。

### 公式 B-12: 未调整总误差计算

$$E_T = \frac{(V_{W\_Actual}(@code) - V_{W\_Ideal}(@code))}{V_{LSb(Ideal)}}$$

其中:

E<sub>T</sub> 以 LSB 为单位表示。

V<sub>W\_Actual</sub>(@code) = 在指定编码处测量的 W 引脚输出电压

V<sub>W\_Ideal</sub>(@code) = 在指定编码处计算的 W 引脚输出电压 (编码 \* V<sub>LSb(Ideal)</sub>)

$$V_{LSb(Ideal)} = \frac{V_{AB}}{R_S \text{ 数量}}$$

8 位 = V<sub>AB</sub> / 255  
7 位 = V<sub>AB</sub> / 127

## B.17 稳定时间

稳定时间是指 V<sub>W</sub> 电压稳定为其新输出值所需的延时。该时间从编码跳变起始点开始测量, 直到 V<sub>W</sub> 电压处于规定精度范围为止。它与梯形电阻网络和抽头开关的 RC 特性有关。

在 MCP41HVX1 中, 稳定时间用于衡量在易失性抽头寄存器从零量程变为满量程 (或从满量程变为零量程) 时, V<sub>W</sub> 电压达到其最终值的 0.5 LSB 范围内的延时。

## B.18 主编码跳变毛刺

主编码跳变毛刺是在抽头寄存器中的编码改变状态时, 注入抽头引脚中的脉冲能量。它通常规定为以 nV-s 为单位的毛刺面积, 并且在数字编码在主进位跳变处改变 1 LSB 时测量 (如 01111111 变为 10000000 或 10000000 变为 01111111)。

## B.19 数字馈通

数字馈通是指由于器件数字输入引脚耦合而在模拟输出中出现的毛刺。毛刺面积以 nV-s 为单位表示, 并在数字输入引脚发生满量程变化 (如全 0 变为全 1, 以及反之) 时测量。数字馈通在数字电位器未被写入输出寄存器时测量。

## B.20 电源灵敏度 (PSS)

PSS 指示供电电压的变化对数字电位器输出 (V<sub>W</sub> 或 R<sub>BW</sub>) 的影响程度。PSS 是数字电位器中间量程输出时, V<sub>W</sub> 变化量与 V<sub>DD</sub> 变化量之比。V<sub>W</sub> 在 V<sub>DD</sub> 以一个步阶从 5.5V 变为 2.7V 时测量, 以 % / % 表示, 即 V<sub>W</sub> 输出电压变化百分比与 V<sub>DD</sub> 电压变化百分比之比。

### 公式 B-13: PSS 计算

$$PSS = \frac{(V_{W(@5.5V)} - V_{W(@2.7V)}) / V_{W(@5.5V)}}{(5.5V - 2.7V) / 5.5V}$$

其中:

PSS 以 % / % 表示。

V<sub>W(@5.5V)</sub> = V<sub>DD</sub> = 5.5V 时测量的 V<sub>W</sub> 输出电压

V<sub>W(@2.7V)</sub> = V<sub>DD</sub> = 2.7V 时测量的 V<sub>W</sub> 输出电压

## B.21 电源抑制比 (PSRR)

PSRR 用于指示供电电压变化对于数字电位器输出的影响程度。PSRR 是数字电位器满量程输出时, V<sub>W</sub> 变化量与 V<sub>DD</sub> 变化量之比。V<sub>W</sub> 在 V<sub>DD</sub> 变化 +/-10% (V<sub>A</sub> 和 V<sub>B</sub> 电压保持不变) 时测量, 并以 dB 或 μV/V 表示。

# MCP41HVX1

---

## B.22 比例温度系数

比例温度系数用于量化  $R_{AW}/R_{WB}$  比率中由于温度漂移产生的误差。这通常是在分压器配置中使用数字电位器时的关键误差。

## B.23 绝对温度系数

绝对温度系数用于量化端到端电阻（标称电阻  $R_{AB}$ ）中由于温度漂移产生的误差。这通常是在可调电阻配置中使用该器件时的关键误差。

[第 2.0 节 “典型性能曲线”](#) 中给出了电阻温度系数的特性曲线。

## B.24 -3 dB 带宽

这是 A 接线端上的信号的频率，导致 W 引脚上的电压相对于 A 接线端上的静态值下降 -3 dB。输出会由于电阻网络的 RC 特性而减小。

## B.25 电阻噪声密度 ( $e_{N\_WB}$ )

这是由于器件的内部电阻而产生的随机噪声。它以谱密度（电压 / 平方根赫兹）的形式指定。

## 产品标识体系

欲订货或获取价格、交货等信息，请与我公司生产厂或各销售办事处联系。

部件编号	XXX	X	/XX
器件	电阻版本	温度范围	封装
<b>器件:</b>	MCP41HV31: 带 SPI 接口的单路电位器 (7 位)		
	MCP41HV31T: 带 SPI 接口的单路电位器 (7 位) (卷带式)		
	MCP41HV51: 带 SPI 接口的单路电位器 (8 位)		
	MCP41HV51T: 带 SPI 接口的单路电位器 (8 位) (卷带式)		
<b>电阻版本:</b>	502 = 5 k $\Omega$		
	103 = 10 k $\Omega$		
	503 = 50 k $\Omega$		
	104 = 100 k $\Omega$		
<b>温度范围:</b>	E = -40°C 至 +125°C		
<b>封装:</b>	ST = 塑封 TSSOP-14, 14 引脚		
	MQ = 塑封 QFN-20 (5x5), 20 引脚		

示例:

- a) MCP41HV51T-502E/ST  
5 k $\Omega$ , 8 位, 14 引脚 TSSOP。
  - b) MCP41HV51T-103E/ST  
10 k $\Omega$ , 8 位, 14 引脚 TSSOP。
  - c) MCP41HV31T-503E/ST  
50 k $\Omega$ , 7 位, 14 引脚 TSSOP。
  - d) MCP41HV31T-104E/MQ  
100 k $\Omega$ , 7 位, 20 引脚 QFN (5x5)。
- 
- a) MCP41HV51T-502E/MQ  
5 k $\Omega$ , 8 位, 20 引脚 QFN (5x5)。
  - b) MCP41HV51T-103E/MQ  
10 k $\Omega$ , 8 位, 20 引脚 QFN (5x5)。
  - c) MCP41HV31T-503E/MQ  
50 k $\Omega$ , 7 位, 20 引脚 QFN (5x5)。
  - d) MCP41HV31T-104E/MQ  
100 k $\Omega$ , 7 位, 20 引脚 QFN (5x5)。

# MCP41HVX1

---

注:

---

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点：

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前，仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知，所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下，能访问您的软件或其他受版权保护的成果，您有权依据该法案提起诉讼，从而制止这种行为。

---

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分，因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应尽的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中以其他方式转让任何许可证。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM  
CERTIFIED BY DNV  
= ISO/TS 16949 =**

## 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、FlashFlex、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC<sup>32</sup> 徽标、rPIC、SST、SST 徽标、SuperFlash 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MTP、SEEVAl 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、REAL ICE、rLAB、Select Mode、SQI、Serial Quad I/O、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、WiperLock、ZENA 和 Z-Scale 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

GestIC 和 ULPP 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. & KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2014, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-62077-788-6

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC<sup>®</sup> MCU 与 dsPIC<sup>®</sup> DSC、KEELOQ<sup>®</sup> 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。



# MICROCHIP

## 全球销售及及服务网点

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:

<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

#### 亚特兰大 Atlanta

Duluth, GA  
Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

#### 奥斯汀 Austin, TX

Tel: 1-512-257-3370

#### 波士顿 Boston

Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

#### 芝加哥 Chicago

Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

#### 克里夫兰 Cleveland

Independence, OH  
Tel: 1-216-447-0464  
Fax: 1-216-447-0643

#### 达拉斯 Dallas

Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

#### 底特律 Detroit

Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

#### 休斯敦 Houston, TX

Tel: 1-281-894-5983

#### 印第安纳波利斯 Indianapolis

Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453

#### 洛杉矶 Los Angeles

Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608

#### 纽约 New York, NY

Tel: 1-631-435-6000

#### 圣何塞 San Jose, CA

Tel: 1-408-735-9110

#### 加拿大多伦多 Toronto

Tel: 1-905-673-0699  
Fax: 1-905-673-6509

### 亚太地区

#### 亚太总部 Asia Pacific Office

Suites 3707-14, 37th Floor  
Tower 6, The Gateway  
Harbour City, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

#### 中国 - 北京

Tel: 86-10-8569-7000  
Fax: 86-10-8528-2104

#### 中国 - 成都

Tel: 86-28-8665-5511  
Fax: 86-28-8665-7889

#### 中国 - 重庆

Tel: 86-23-8980-9588  
Fax: 86-23-8980-9500

#### 中国 - 杭州

Tel: 86-571-2819-3187  
Fax: 86-571-2819-3189

#### 中国 - 香港特别行政区

Tel: 852-2943-5100  
Fax: 852-2401-3431

#### 中国 - 南京

Tel: 86-25-8473-2460  
Fax: 86-25-8473-2470

#### 中国 - 青岛

Tel: 86-532-8502-7355  
Fax: 86-532-8502-7205

#### 中国 - 上海

Tel: 86-21-5407-5533  
Fax: 86-21-5407-5066

#### 中国 - 沈阳

Tel: 86-24-2334-2829  
Fax: 86-24-2334-2393

#### 中国 - 深圳

Tel: 86-755-8864-2200  
Fax: 86-755-8203-1760

#### 中国 - 武汉

Tel: 86-27-5980-5300  
Fax: 86-27-5980-5118

#### 中国 - 西安

Tel: 86-29-8833-7252  
Fax: 86-29-8833-7256

#### 中国 - 厦门

Tel: 86-592-238-8138  
Fax: 86-592-238-8130

#### 中国 - 珠海

Tel: 86-756-321-0040  
Fax: 86-756-321-0049

### 亚太地区

#### 台湾地区 - 高雄

Tel: 886-7-213-7830

#### 台湾地区 - 台北

Tel: 886-2-2508-8600  
Fax: 886-2-2508-0102

#### 台湾地区 - 新竹

Tel: 886-3-5778-3666  
Fax: 886-3-5770-955

#### 澳大利亚 Australia - Sydney

Tel: 61-2-9868-6733  
Fax: 61-2-9868-6755

#### 印度 India - Bangalore

Tel: 91-80-3090-4444  
Fax: 91-80-3090-4123

#### 印度 India - New Delhi

Tel: 91-11-4160-8631  
Fax: 91-11-4160-8632

#### 印度 India - Pune

Tel: 91-20-3019-1500

#### 日本 Japan - Osaka

Tel: 81-6-6152-7160  
Fax: 81-6-6152-9310

#### 日本 Japan - Tokyo

Tel: 81-3-6880-3770  
Fax: 81-3-6880-3771

#### 韩国 Korea - Daegu

Tel: 82-53-744-4301  
Fax: 82-53-744-4302

#### 韩国 Korea - Seoul

Tel: 82-2-554-7200  
Fax: 82-2-558-5932 或  
82-2-558-5934

#### 马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur

Tel: 60-3-6201-9857  
Fax: 60-3-6201-9859

#### 马来西亚 Malaysia - Penang

Tel: 60-4-227-8870  
Fax: 60-4-227-4068

#### 菲律宾 Philippines - Manila

Tel: 63-2-634-9065  
Fax: 63-2-634-9069

#### 新加坡 Singapore

Tel: 65-6334-8870  
Fax: 65-6334-8850

#### 泰国 Thailand - Bangkok

Tel: 66-2-694-1351  
Fax: 66-2-694-1350

### 欧洲

#### 奥地利 Austria - Wels

Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

#### 丹麦 Denmark - Copenhagen

Tel: 45-4450-2828  
Fax: 45-4485-2829

#### 法国 France - Paris

Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

#### 德国 Germany - Dusseldorf

Tel: 49-2129-3766400

#### 德国 Germany - Munich

Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

#### 德国 Germany - Pforzheim

Tel: 49-7231-424750

#### 意大利 Italy - Milan

Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

#### 意大利 Italy - Venice

Tel: 39-049-7625286

#### 荷兰 Netherlands - Drunen

Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

#### 波兰 Poland - Warsaw

Tel: 48-22-3325737

#### 西班牙 Spain - Madrid

Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

#### 瑞典 Sweden - Stockholm

Tel: 46-8-5090-4654

#### 英国 UK - Wokingham

Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820

10/28/13