

低成本 64 级易失性数字电位器

特性

- 易失性数字电位器，具有 SOT-23、SOIC、MSOP 和 DFN 封装形式
- 64 个抽头：在 A 端和 B 端之间连有 63 个电阻，并且电阻之间具有抽头
- 简单递增 / 递减 ($U/\bar{D}$) 协议
- 上电时恢复默认的抽头设置
 - 可以自定义上电复位时的抽头设置 (联系厂商)
- 电阻值：2.1 k Ω 、5 k Ω 、10 k Ω 或 50 k Ω
- 低温度系数：
 - 绝对 (变阻器)：50 ppm (0°C 至 70°C 时的典型值)
 - 相对 (电位器)：10 ppm (典型值)
- 低滑动电阻：75 Ω (典型值)
- 数字输入可承受较高的电压：最高可达 12.5V
- 低功耗运行：最大静态电流为 1 μ A
- 宽工作电压范围：
 - 1.8V 至 5.5V —— 正常的器件工作
 - 2.7V 至 5.5V —— 指定电阻特性
- 扩展的温度范围：-40 至 +125 $^{\circ}$ C

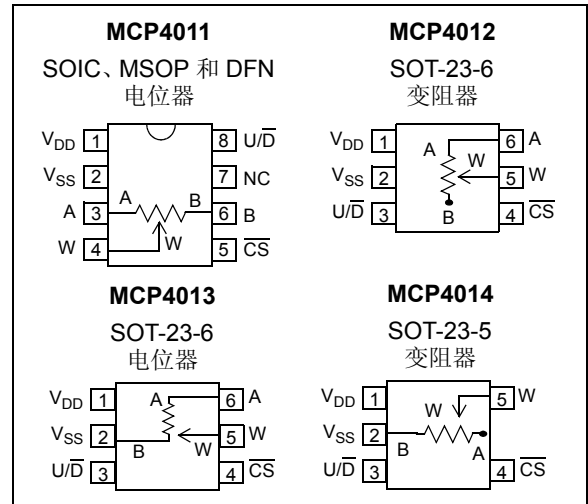
应用

- 电源调整和校准
- 在新设计中用以替换机械式电位器
- 仪表中的失调和增益调整

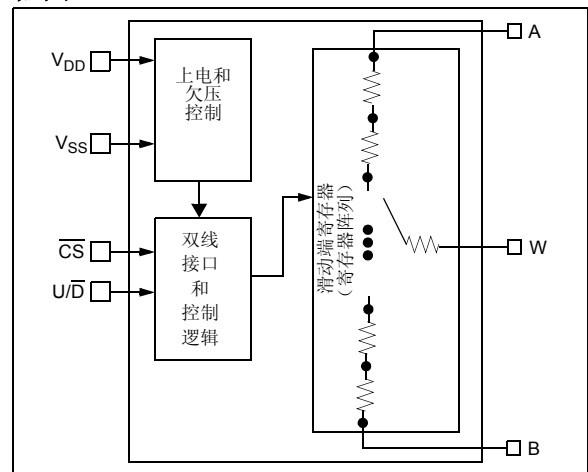
说明

MCP4011/2/3/4 器件是一款易失性 6 位数字电位器，可以被配置为电位器或变阻器。通过一个简单的递增 / 递减 ($U/\bar{D}$) 串行接口控制滑动端的设置。

封装类型



框图



器件特性

器件	滑动端配置	存储器类型	POR 时的滑动端设置	电阻 (典型值)		抽头数量	V_{DD} 工作电压范围 (2)	控制接口	WiperLock™ 技术
				可选的阻值 (k Ω)	滑动电阻 (Ω)				
MCP4011	电位器 (1)	RAM	中央刻度	2.1, 5.0, 10.0, 50.0	75	64	1.8V 至 5.5V	$U/\bar{D}$	无
MCP4012	变阻器	RAM	中央刻度	2.1, 5.0, 10.0, 50.0	75	64	1.8V 至 5.5V	$U/\bar{D}$	无
MCP4013	电位器	RAM	中央刻度	2.1, 5.0, 10.0, 50.0	75	64	1.8V 至 5.5V	$U/\bar{D}$	无
MCP4014	变阻器	RAM	中央刻度	2.1, 5.0, 10.0, 50.0	75	64	1.8V 至 5.5V	$U/\bar{D}$	无

注 1：将 A 端或 B 端中的一端悬空即可使器件用于变阻器模式。

2：模拟特性 (阻值) 是在 2.7V 至 5.5V 工作电压条件下测得的。

MCP4011/2/3/4

1.0 电气特性

绝对最大值 †

V_{DD}	6.5V
$\overline{CS}$ 和 $U/\overline{D}$ 输入相对于 V_{SS} 的电压	-0.3V 至 12.5V
A、B 和 W 端相对于 V_{SS} 的电压	-0.3V 至 $V_{DD} + 0.3V$
输入引脚的电流	±10 mA
电源引脚的电流	±10 mA
电位器引脚的电流	±2.5 mA
储存温度	-65°C 至 +150°C
通电时的环境温度	-55°C 至 +125°C
所有引脚上的 ESD 保护 ...≥ 4 kV (HBM) 或 ≥ 400V (MM)	
最大结温 (T_J)	+150°C

† 注意：如果器件工作条件超过上述“绝对最大值”，可能会对器件造成永久性损坏。上述值仅为运行条件极大值，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，其稳定性会受到影响。

交流 / 直流特性

电气规范： 除非另外指明，否则所有参数均适用于指定的工作范围。 $T_A = -40^\circ\text{C}$ 至 $+125^\circ\text{C}$ (2.1 k Ω 、5 k Ω 、10 k Ω 和 50 k Ω 器件)。典型规范值表示 $V_{DD} = 2.7V$ 至 5.5V、 $V_{SS} = 0V$ 且 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 条件下的值。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
工作电压范围	V_{DD}	2.7	—	5.5	V	
	V_{DD}	—	1.8	—	V	$V_{DD} = 1.8V$, $\overline{CS}$: $V_{IH} = 8.5V$ 、 $V_{IH} = 1.8V$ 且 $V_{IL} = 0V$, $U/\overline{D}$: $V_{IH} = 1.8V$ 且 $V_{IL} = 0V$
CS 输入电压	V_{CS}	V_{SS}	—	12.5	V	$\overline{CS}$ 引脚将位于以下三种输入电平之一 (V_{IL} 、 V_{IH} 或 V_{IHH})。 (注 6)
供电电流	I_{DD}	—	45	—	μA	5.5V、 $\overline{CS} = V_{SS}$ 且 $f_{U/D} = 1\text{ MHz}$
		—	15	—	μA	2.7V、 $\overline{CS} = V_{SS}$ 且 $f_{U/D} = 1\text{ MHz}$
		—	0.3	1	μA	串行接口无效 ($\overline{CS} = V_{IH}$ 且 $U/\overline{D} = V_{IH}$)
阻值 (±20%)	R_{AB}	1.68	2.1	2.52	k Ω	-202 器件 (注 1)
		4.0	5	6.0	k Ω	-502 器件 (注 1)
		8.0	10	12.0	k Ω	-103 器件 (注 1)
		40.0	50	60.0	k Ω	-503 器件 (注 1)

- 注 1: 此处的阻值指的是电位器 A 端和 B 端之间的阻值。
2: INL 和 DNL 是 $V_A = V_{DD}$ 且 $V_B = V_{SS}$ 时在 V_W 测得的。(-202 器件的 $V_A = 4V$)。
3: 仅适用于 MCP4011/13，测试条件为: $I_W = 1.9\text{ mA}$ 且代码 = 00h。
4: 仅适用于 MCP4012/14，测试条件如下:

器件 阻值	不同电压下的电流		备注
	5.5V	2.7V	
2.1 k Ω	2.25 mA	1.1 mA	MCP4012 包含 V_{WZSE} MCP4014 包含 V_{WFSE}
5 k Ω	1.4 mA	450 μA	
10 k Ω	450 μA	210 μA	
50 k Ω	90 μA	40 μA	

- 5: 电阻的 A 端、W 端或 B 端相对于其他两者的极性不作限制。
6: 此规范仅供设计参考。
7: 滑动电阻 (R_W) 会影响输出阻值的非线性度，阻值随电压和温度的变化非常显著。更多信息请参见第 6.0 节“电阻”。
8: 对于电压低于 2.7V 的情况，请参见第 2.0 节“典型性能曲线”。
9: 对 MCP4011 进行了外部连接的与 MCP4012 和 MCP4014 的配置匹配后，才进行测试。

交流 / 直流特性（续）

电气规范： 除非另外指明，否则所有参数均适用于指定的工作范围。 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ (2.1 k Ω 、5 k Ω 、10 k Ω 和 50 k Ω 器件)。典型规范值表示 $V_{DD} = 2.7\text{V}$ 至 5.5V 、 $V_{SS} = 0\text{V}$ 且 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 条件下的值。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
分辨率	N	64			抽头数	不丢失任何代码
步进电阻值	R_S	—	$R_{AB}/63$	—	Ω	注 6
滑动端的阻值（注 3 和注 4）	R_W	—	70	125	Ω	5.5V
		—	70	325	Ω	2.7V
标称电阻温度系数	$\Delta R/\Delta T$	—	50	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$T_A = -20^{\circ}\text{C}$ 至 $+70^{\circ}\text{C}$
		—	100	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$
		—	150	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$
电位器温度系数	$\Delta V_{WA}/\Delta T$	—	10	—	ppm/ $^{\circ}\text{C}$	仅适用于 MCP4011 和 MCP4013，代码 = 1Fh
满量程误差（仅 MCP4011/13）	V_{WFSE}	-0.5	-0.1	+0.5	LSb	代码为 3Fh， $2.7\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$
零刻度误差（仅 MCP4011/13）	V_{WZSE}	-0.5	+0.1	+0.5	LSb	代码为 00h， $2.7\text{V} \leq V_{DD} \leq 5.5\text{V}$

- 注 1: 此处的阻值指的是电位器 A 端和 B 端之间的阻值。
2: INL 和 DNL 是 $V_A = V_{DD}$ 且 $V_B = V_{SS}$ 时在 V_W 测得的。（-202 器件的 $V_A = 4\text{V}$ ）。
3: 仅适用于 MCP4011/13，测试条件为： $I_W = 1.9\text{ mA}$ 且代码 = 00h。
4: 仅适用于 MCP4012/14，测试条件如下：

器件阻值	不同电压下的电流		备注
	5.5V	2.7V	
2.1 k Ω	2.25 mA	1.1 mA	MCP4012 包含 V_{WZSE} MCP4014 包含 V_{WFSE}
5 k Ω	1.4 mA	450 μA	
10 k Ω	450 μA	210 μA	
50 k Ω	90 μA	40 μA	

- 5: 电阻的 A 端、W 端或 B 端相对于其他两者的极性不作限制。
6: 此规范仅供设计参考。
7: 滑动电阻（ R_W ）会影响输出阻值的非线性度，阻值随电压和温度的变化非常显著。更多信息请参见第 6.0 节“电阻”。
8: 对于电压低于 2.7V 的情况，请参见第 2.0 节“典型性能曲线”。
9: 对 MCP4011 进行了外部连接的与 MCP4012 和 MCP4014 的配置匹配后，才进行测试。

MCP4011/2/3/4

交流 / 直流特性（续）

电气规范：除非另外指明，否则所有参数均适用于指定的工作范围。
 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ ($2.1\text{ k}\Omega$ 、 $5\text{ k}\Omega$ 、 $10\text{ k}\Omega$ 和 $50\text{ k}\Omega$ 器件)。典型规范值表示 $V_{DD} = 2.7\text{V}$ 至 5.5V 、 $V_{SS} = 0\text{V}$ 且 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 条件下的值。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件	
电位器的积分非线性误差	INL	-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	仅 MCP4011/13 （注 2）	
电位器的微分非线性误差	DNL	-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	仅 MCP4011/13 （注 2）	
变阻器的积分非线性误差 MCP4011 （注 4 和注 9） MCP4012 和 MCP4014 （注 4）	R-INL	-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	2.1 k Ω	5.5V
		-8.5	+4.5	+8.5	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
		-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	5 k Ω	5.5V
		-5.5	+2.5	+5.5	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
		-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	10 k Ω	5.5V
		-3	+1	+3	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
		-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	50 k Ω	5.5V
		-1	+0.25	+1	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
变阻器的微分非线性误差 MCP4011 （注 4 和注 9） MCP4012 和 MCP4014 （注 4）	R-DNL	-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	2.1 k Ω	5.5V
		-1	+0.5	+2	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
		-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	5 k Ω	5.5V
		-1	+0.25	+1.25	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
		-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	10 k Ω	5.5V
		-0.5	0	+0.5	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）
		-0.5	± 0.25	+0.5	LSb	50 k Ω	5.5V
		-0.5	0	+0.5	LSb		2.7V（注 7）
		见第 2.0 节			LSb		1.8V（注 7 和注 8）

- 注 1: 此处的阻值指的是电位器 A 端和 B 端之间的阻值。
2: INL 和 DNL 是 $V_A = V_{DD}$ 且 $V_B = V_{SS}$ 时在 V_W 测得的。（-202 器件的 $V_A = 4\text{V}$ ）。
3: 仅适用于 **MCP4011/13**，测试条件为： $I_W = 1.9\text{ mA}$ 且代码 = 00h。
4: 仅适用于 **MCP4012/14**，测试条件如下：

器件 阻值	不同电压下的电流		备注
	5.5V	2.7V	
2.1 k Ω	2.25 mA	1.1 mA	MCP4012 包含 V_{WZSE} MCP4014 包含 V_{WFSE}
5 k Ω	1.4 mA	450 μA	
10 k Ω	450 μA	210 μA	
50 k Ω	90 μA	40 μA	

- 5: 电阻的 A 端、W 端或 B 端相对于其他两者的极性不作限制。
6: 此规范仅供设计参考。
7: 滑动电阻 (R_W) 会影响输出阻值的非线性度，阻值随电压和温度的变化非常显著。更多信息请参见第 6.0 节“电阻”。
8: 对于电压低于 2.7V 的情况，请参见第 2.0 节“典型性能曲线”。
9: 对 **MCP4011** 进行了外部连接的与 **MCP4012** 和 **MCP4014** 的配置匹配后，才进行测试。

交流 / 直流特性 (续)

电气规范: 除非另外指明, 否则所有参数均适用于指定的工作范围。

$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+125^{\circ}\text{C}$ (2.1 k Ω 、5 k Ω 、10 k Ω 和 50 k Ω 器件)。典型规范值表示 $V_{DD} = 2.7\text{V}$ 至 5.5V 、 $V_{SS} = 0\text{V}$ 且 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 条件下的值。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
电阻器端点输入电压范围 (A、B 和 W 端)	V_A, V_W, V_B	V_{SS}	—	V_{DD}	V	注 5 和注 6
流经 A、W 或 B 端的电流	I_W	—	—	2.5	mA	注 6
进入 A、W 或 B 端的泄漏电流	I_{WL}	—	100	—	nA	MCP4011 A = W = B = V_{SS}
		—	100	—	nA	MCP4012/13 A = W = V_{SS}
		—	100	—	nA	MCP4014 W = V_{SS}
电容 (P_A)	C_{AW}	—	75	—	pF	f = 1 MHz, 代码 = 1Fh
电容 (P_W)	C_W	—	120	—	pF	f = 1 MHz, 代码 = 1Fh
电容 (P_B)	C_{BW}	—	75	—	pF	f = 1 MHz, 代码 = 1Fh
-3 dB 带宽	BW	—	1	—	MHz	代码 = 1F, 输出负载 = 30 pF
数字输入 / 输出 (CS 和 U/D)						
输入高电压	V_{IH}	0.7 V_{DD}	—	—	V	
输入低电压	V_{IL}	—	—	0.3 V_{DD}	V	
高电压输入进入电压	V_{IHH}	8.5	—	12.5 ⁽⁶⁾	V	WiperLock™ 技术的门限电压
高电压输入退出电压	V_{IHH}	—	—	$V_{DD}+0.8^{(6)}$	V	
CS 上拉 / 下拉电阻	R_{CS}	—	16	—	kΩ	$V_{DD} = 5.5V$ 且 $V_{CS} = 3V$
CS 弱上拉 / 下拉电流	I_{PU}	—	170	—	μA	$V_{DD} = 5.5V$ 且 $V_{CS} = 3V$
输入泄漏电流	I_{IL}	-1	—	1	μA	$V_{IN} = V_{DD}$
CS 和 U/D 引脚的电容	C_{IN}, C_{OUT}	—	10	—	pF	$f_C = 1\text{ MHz}$ 且 $V_{DD} \geq 2.7V$
RAM 值 (滑动端位置)						
值的范围	N	0h	—	3Fh	hex	
POR 时的默认设置	N	1Fh			hex	
电源要求						
电源灵敏度 (仅 MCP4011 和 MCP4013)	PSS	—	0.0015	0.0035	%/%	$V_{DD} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 、 $V_A = 4.5V$ 且 代码 = 1Fh
		—	0.0015	0.0035	%/%	$V_{DD} = 2.7V$ 至 $4.5V$ 、 $V_A = 2.7V$ 且 代码 = 1Fh

- 注 1: 此处的阻值指的是电位器 A 端和 B 端之间的阻值。
 2: I_{NL} 和 DNL 是 $V_A = V_{DD}$ 且 $V_B = V_{SS}$ 时在 V_W 测得的。(-202 器件的 $V_A = 4\text{V}$)。
 3: 仅适用于 MCP4011/13, 测试条件为: $I_W = 1.9\text{mA}$ 且代码 = 00h。
 4: 仅适用于 MCP4012/14, 测试条件如下:

器件阻值	不同电压下的电流		备注
	5.5V	2.7V	
2.1 k Ω	2.25 mA	1.1 mA	MCP4012 包含 V_{WZSE} MCP4014 包含 V_{WFSE}
5 k Ω	1.4 mA	450 μA	
10 k Ω	450 μA	210 μA	
50 k Ω	90 μA	40 μA	

- 5: 电阻的 A 端、W 端或 B 端相对于其他两者的极性不作限制。
 6: 此规范仅供设计参考。
 7: 滑动电阻 (R_W) 会影响输出阻值的非线性度, 阻值随电压和温度的变化非常显著。更多信息请参见第 6.0 节 “电阻”。
 8: 对于电压低于 2.7V 的情况, 请参见第 2.0 节 “典型性能曲线”。
 9: 对 MCP4011 进行了外部连接的与 MCP4012 和 MCP4014 的配置匹配后, 才进行测试。

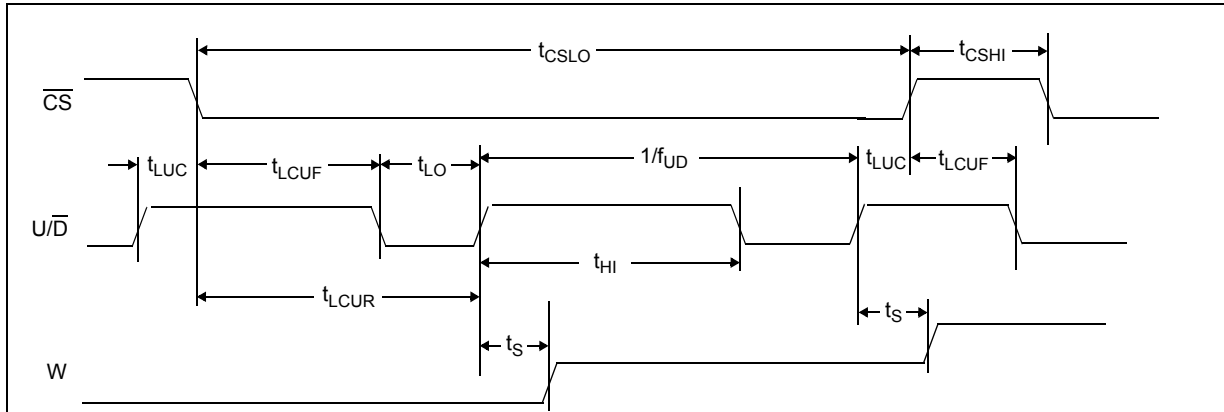


图 1-1: 递增时序波形

串行时序特性

电气规范: 除非另外指明, 否则所有参数均适用于指定的工作范围。

扩展级 (E): $V_{DD} = +1.8V$ 至 $5.5V$ 且 $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
$\overline{CS}$ 低电平时间	t_{CSLO}	5	—	—	μs	
$\overline{CS}$ 高电平时间	t_{CSHI}	500	—	—	ns	$2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$
		—	—	—	ns	$1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$
$U/\overline{D}$ 改变状态至 $\overline{CS}$ 改变状态的保持时间	t_{LUC}	500	—	—	ns	$2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$
		750	—	—	ns	$1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$
$\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为低电平的建立时间	t_{LCUF}	500	—	—	ns	
$\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为高电平的建立时间	t_{LCUR}	3	—	—	μs	
$U/\overline{D}$ 高电平时间	t_{HI}	500	—	—	ns	
$U/\overline{D}$ 低电平时间	t_{LO}	500	—	—	ns	
高 / 低电平切换频率	f_{UD}	—	—	1	MHz	
滑动端电压稳定时间	t_s	0.5	—	—	μs	$2.1 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
		1	—	—	μs	$5 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
		2	—	—	μs	$10 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
		10	5	—	μs	$50 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
上电时滑动端的响应时间	t_{PU}	—	200	—	ns	

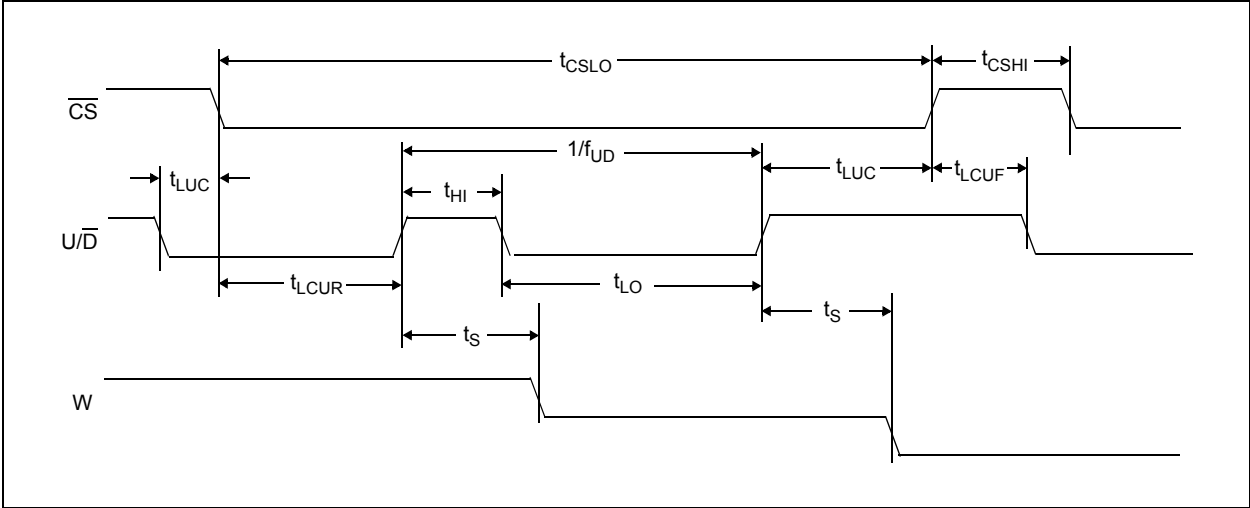


图 1-2: 递减时序波形

串行时序特性

电气规范：除非另外指明，否则所有参数均适用于指定的工作范围。 扩展级（E）：V _{DD} = +1.8V 至 5.5V 且 T _A = -40°C 至 +125°C。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
$\overline{CS}$ 低电平时间	t_{CSLO}	5	—	—	μs	
$\overline{CS}$ 高电平时间	t_{CSHI}	500	—	—	ns	$2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$
		—	—	—	ns	$1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$
$U/\overline{D}$ 改变状态至 $\overline{CS}$ 改变状态的保持时间	t_{LUC}	500	—	—	ns	$2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$
		750	—	—	ns	$1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$
$\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为低电平的建立时间	t_{LCUF}	500	—	—	ns	
$\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为高电平的建立时间	t_{LCUR}	3	—	—	μs	
$U/\overline{D}$ 高电平时间	t_{HI}	500	—	—	ns	
$U/\overline{D}$ 低电平时间	t_{LO}	500	—	—	ns	
高 / 低电平切换频率	f_{UD}	—	—	1	MHz	
滑动端电压稳定时间	t_S	0.5	—	—	μs	2.1 kΩ 且 C _L = 100 pF
		1	—	—	μs	5 kΩ 且 C _L = 100 pF
		2	—	—	μs	10 kΩ 且 C _L = 100 pF
		10	5	—	μs	50 kΩ 且 C _L = 100 pF
上电时滑动端的响应时间	t_{PU}	—	200	—	ns	

MCP4011/2/3/4

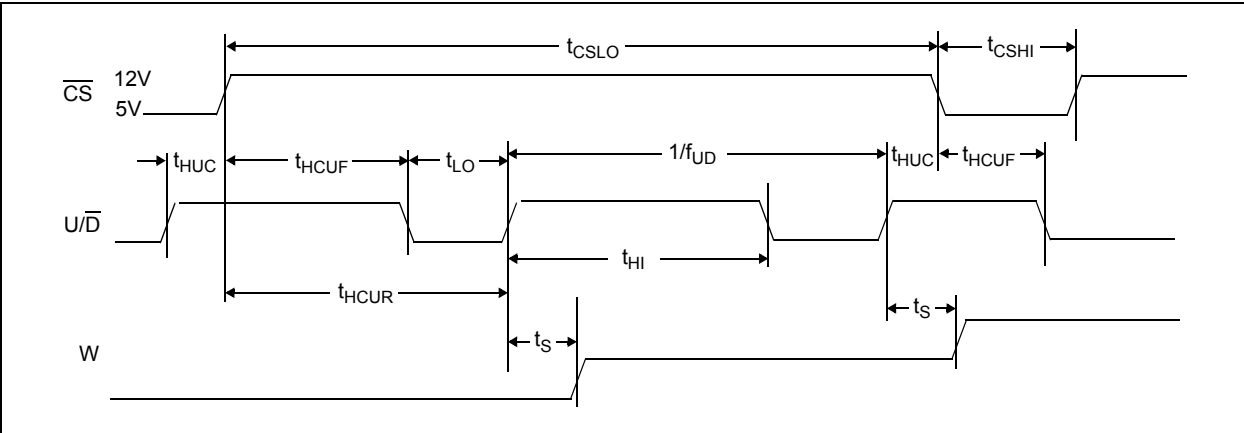


图 1-3: 高电压状态下，滑动电阻值递增的时序波形

串行时序特性

电气规范: 除非另外指明，否则所有参数均适用于指定的工作范围。
扩展级 (E): $V_{DD} = +1.8V$ 至 $5.5V$ 且 $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。

参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
$\overline{CS}$ 低电平时间	t_{CSLO}	5	—	—	μs	
$\overline{CS}$ 高电平时间	t_{CSHI}	500	—	—	ns	$2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$
		—	—	—	ns	$1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$
$U/\overline{D}$ 高电平时间	t_{HI}	500	—	—	ns	
$U/\overline{D}$ 低电平时间	t_{LO}	500	—	—	ns	
高 / 低电平切换频率	f_{UD}	—	—	1	MHz	
高电压状态下， $U/\overline{D}$ 改变状态至 $\overline{CS}$ 改变状态的保持时间	t_{HUC}	1.5	—	—	μs	
高电压状态下， $\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为低电平的建立时间	t_{HCUF}	8	—	—	μs	
高电压状态下， $\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为高电平的建立时间	t_{HCUR}	4.5	—	—	μs	
滑动端电压稳定时间	t_S	0.5	—	—	μs	$2.1 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
		1	—	—	μs	$5 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
		2	—	—	μs	$10 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
		10	5	—	μs	$50 k\Omega$ 且 $C_L = 100 pF$
上电时滑动端的响应时间	t_{PU}	—	200	—	ns	

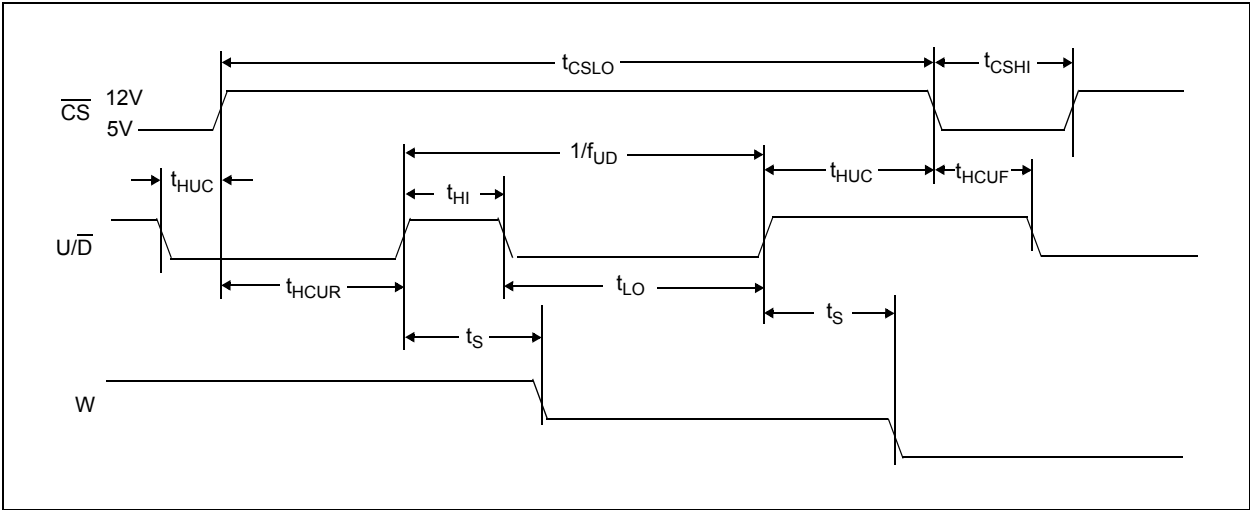


图 1-4： 高电压状态下，滑动电阻值递减的时序波形

串行时序特性

电气规范： 除非另外指明，否则所有参数均适用于指定的工作范围。 扩展级（E）： $V_{DD} = +1.8V$ 至 $5.5V$ 且 $T_A = -40^{\circ}C$ 至 $+125^{\circ}C$ 。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
$\overline{CS}$ 低电平时间	t_{CSLO}	5	—	—	μs	
$\overline{CS}$ 高电平时间	t_{CSHI}	500	—	—	ns	$2.7V \leq V_{DD} \leq 5.5V$
		—	—	—	ns	$1.8V \leq V_{DD} < 2.7V$
$U/\overline{D}$ 高电平时间	t_{HI}	500	—	—	ns	
$U/\overline{D}$ 低电平时间	t_{LO}	500	—	—	ns	
高 / 低电平切换频率	f_{UD}	—	—	1	MHz	
高电压状态下， $U/\overline{D}$ 改变状态至 $\overline{CS}$ 改变状态的保持时间	t_{HUC}	1.5	—	—	μs	
高电压状态下， $\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为低电平的建立时间	t_{HCUF}	8	—	—	μs	
高电压状态下， $\overline{CS}$ 改变状态至 $U/\overline{D}$ 变为高电平的建立时间	t_{HCUR}	4.5	—	—	μs	
滑动端电压稳定时间	t_s	0.5	—	—	μs	$2.1\text{ k}\Omega$ 且 $C_L = 100\text{ pF}$
		1	—	—	μs	$5\text{ k}\Omega$ 且 $C_L = 100\text{ pF}$
		2	—	—	μs	$10\text{ k}\Omega$ 且 $C_L = 100\text{ pF}$
		10	5	—	μs	$50\text{ k}\Omega$ 且 $C_L = 100\text{ pF}$
上电时滑动端的响应时间	t_{PU}	—	200	—	ns	

MCP4011/2/3/4

温度特性

电气规范：除非另外指明，否则 $V_{DD} = +2.7V$ 至 $+5.5V$ 且 V_{SS} 接地。						
参数	符号	最小值	典型值	最大值	单位	条件
温度范围						
指定的温度范围	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	
封装热阻						
5 引脚 SOT-23 封装的热阻	θ_{JA}	—	70	—	°C/W	
6 引脚 SOT-23 封装的热阻	θ_{JA}	—	120	—	°C/W	
8 引脚 DFN（2x3）封装的热阻	θ_{JA}	—	85	—	°C/W	
8 引脚 MSOP 封装的热阻	θ_{JA}	—	206	—	°C/W	
8 引脚 SOIC 封装的热阻	θ_{JA}	—	163	—	°C/W	

2.0 典型性能曲线

注： 以下图表来自有限数量样本的统计结果，仅供参考。所列出的性能特性未经测试，不做任何保证。一些图表中列出的数据可能超出规定的工作范围（如，超出了规定电源电压范围），因此不在担保范围内。

注： 除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

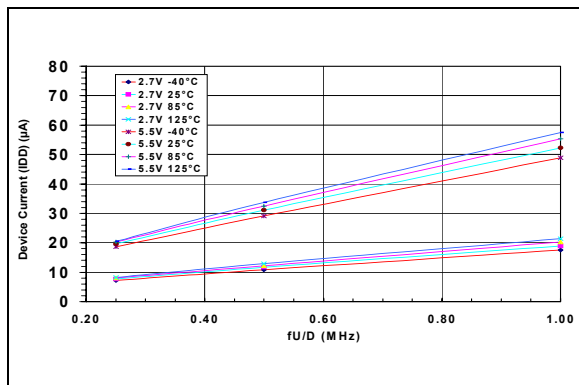


图 2-1： 器件电流 (I_{DD}) — $\overline{U/D}$ 频率 ($f_{U/D}$) 和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$ 和 5.5V)

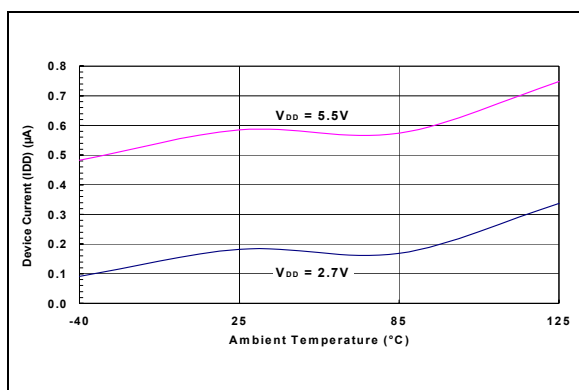


图 2-2： 不同 V_{DD} ($\overline{CS} = V_{DD}$) 条件下，器件电流 (I_{SHDN}) — 环境温度的关系曲线

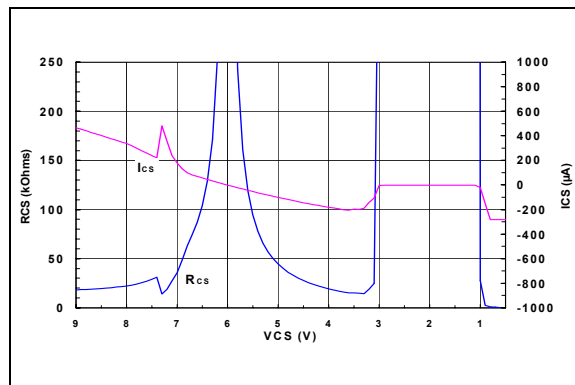


图 2-3： $\overline{CS}$ 上拉/下拉电阻 (R_{CS}) 和电流 (I_{CS}) — $\overline{CS}$ 输入电压 (V_{CS}) 的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

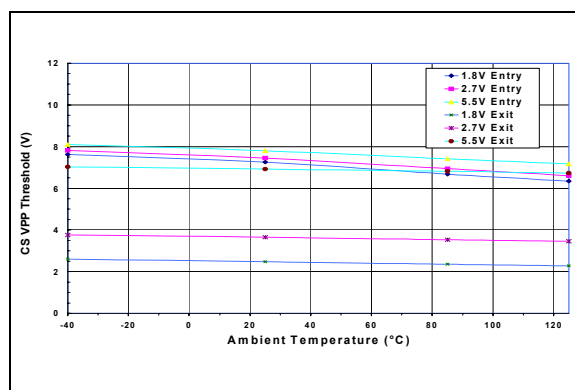


图 2-4： $\overline{CS}$ 高电压输入状态的进入/退出门限电压 — 环境温度和 V_{DD} 的关系曲线

MCP4011/2/3/4

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

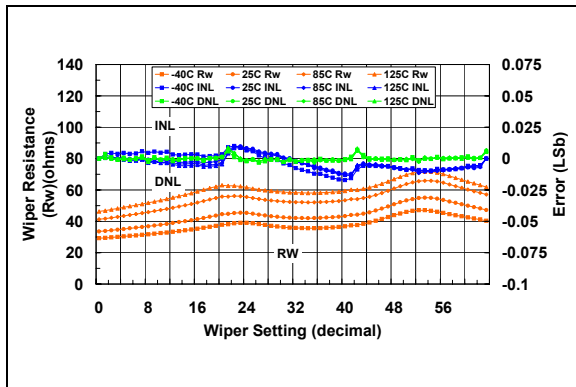


图 2-5: 2.1 k Ω 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

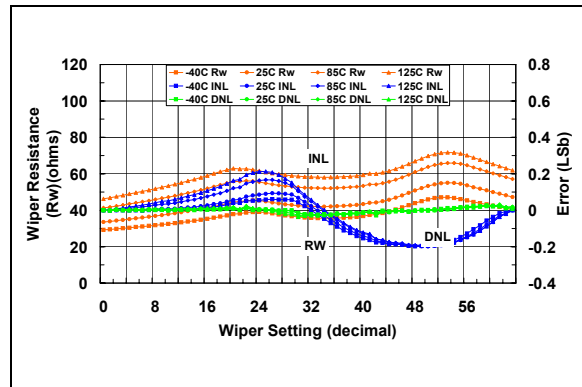


图 2-8: 2.1 k Ω 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

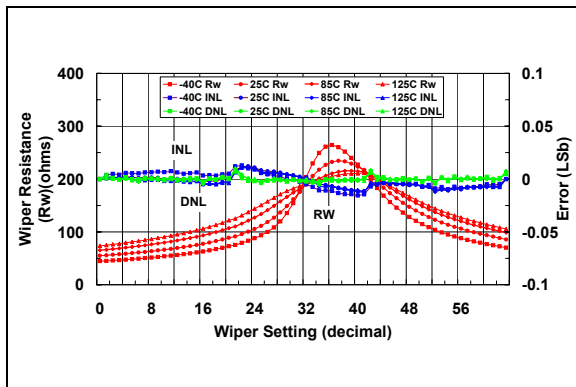


图 2-6: 2.1 k Ω 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

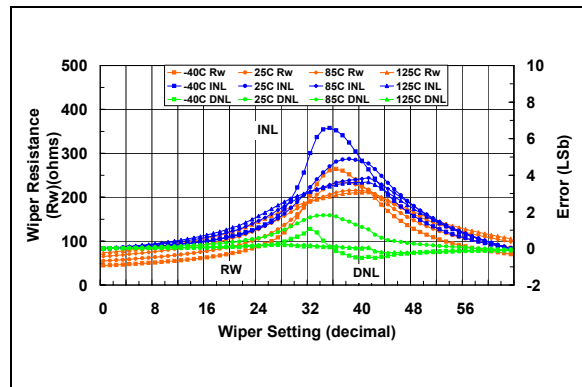


图 2-9: 2.1 k Ω 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

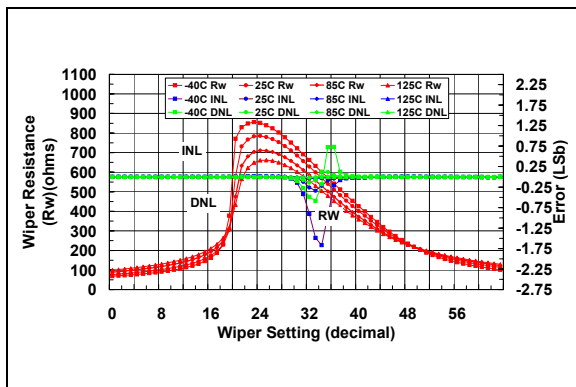


图 2-7: 2.1 k Ω 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

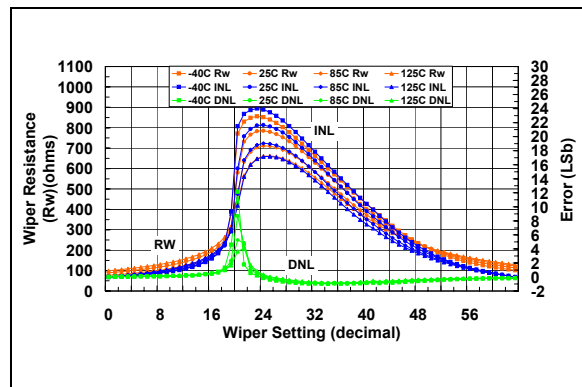


图 2-10: 2.1 k Ω 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

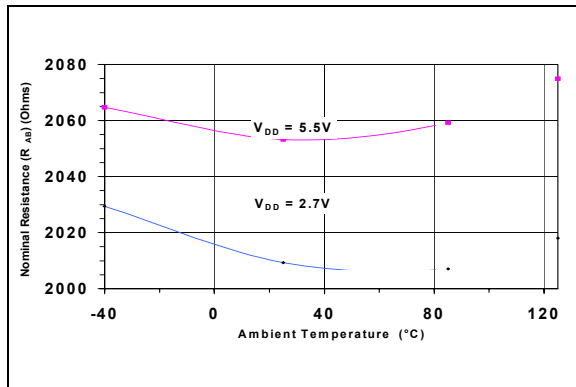


图 2-11: $2.1\text{ k}\Omega$ ——标称阻值 (Ω)——环境温度和 V_{DD} 的关系曲线

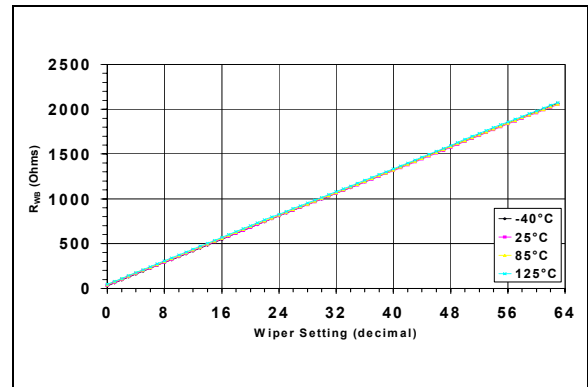


图 2-12: $2.1\text{ k}\Omega$ —— R_{WB} (Ω)——滑动端设置和环境温度的关系曲线

MCP4011/2/3/4

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

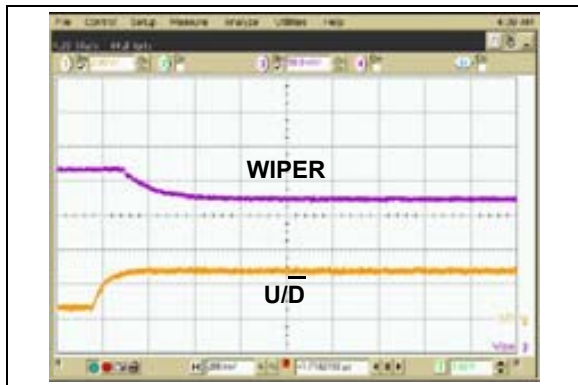


图 2-13: $2.1\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)



图 2-16: $2.1\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

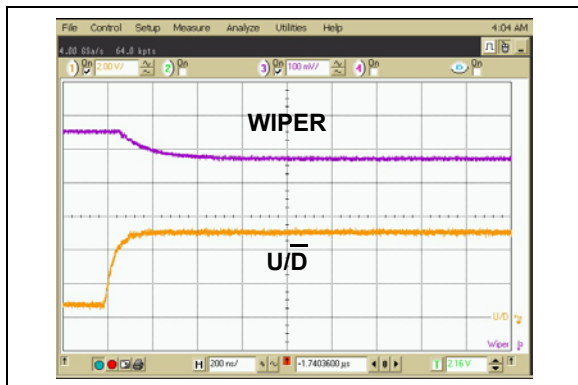


图 2-14: $2.1\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

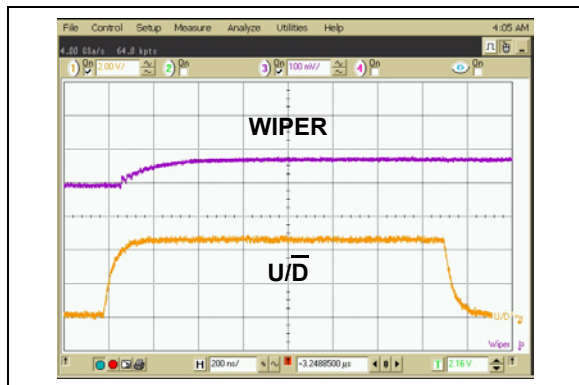


图 2-17: $2.1\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

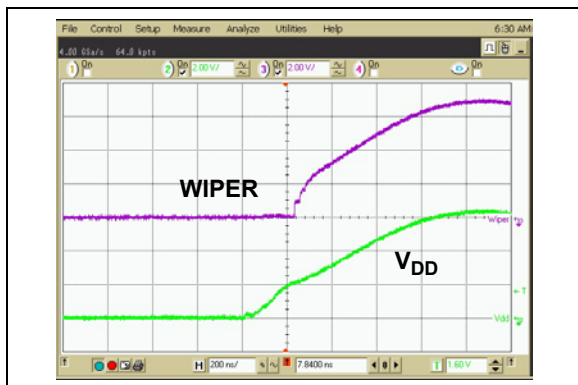


图 2-15: $2.1\text{ k}\Omega$ ——上电时，滑动端的响应时间

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

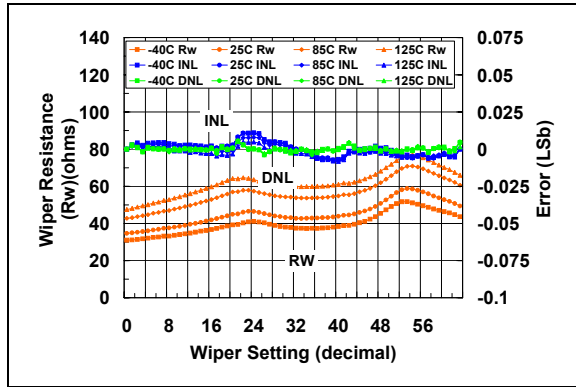


图 2-18: 5 kΩ 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

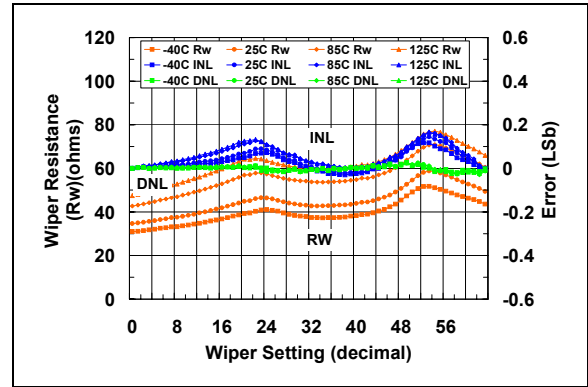


图 2-21: 5 kΩ 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

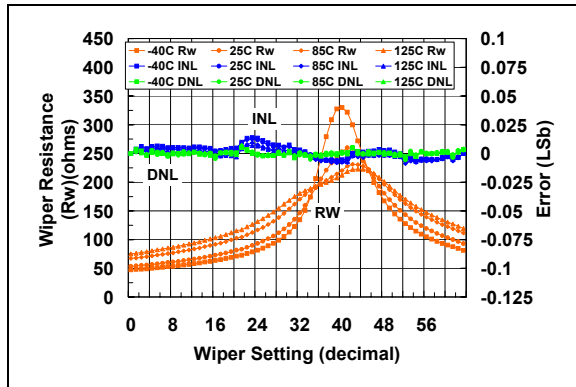


图 2-19: 5 kΩ 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

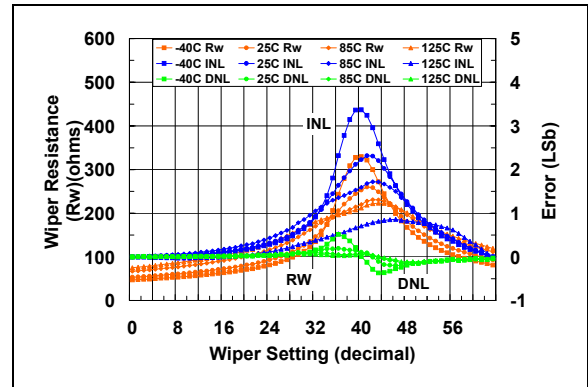


图 2-22: 5 kΩ 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

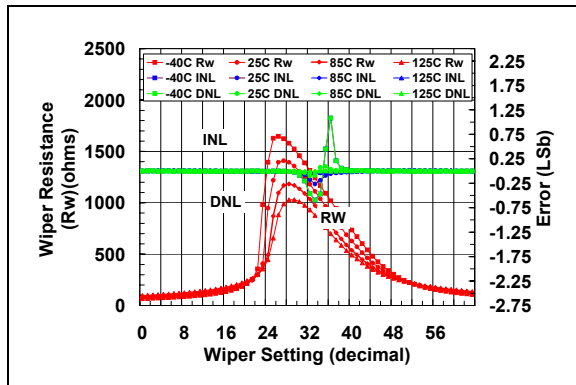


图 2-20: 5 kΩ 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

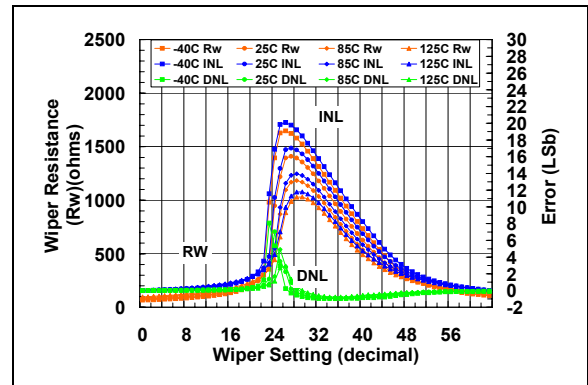


图 2-23: 5 kΩ 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

MCP4011/2/3/4

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

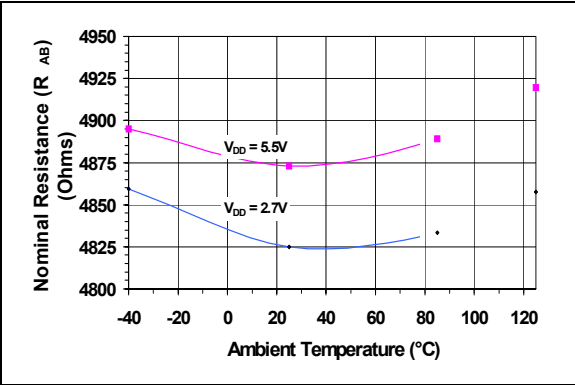


图 2-24: $5\text{ k}\Omega$ ——标称阻值 (Ω)——环境温度
和 V_{DD} 的关系曲线

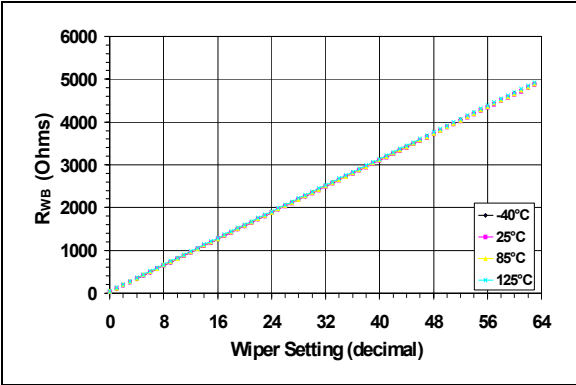


图 2-25: $5\text{ k}\Omega$ —— R_{WB} (Ω)——滑动端设置和
环境温度的关系曲线

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

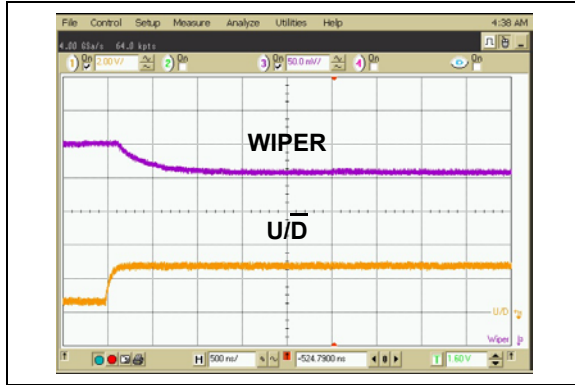


图 2-26: $5\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

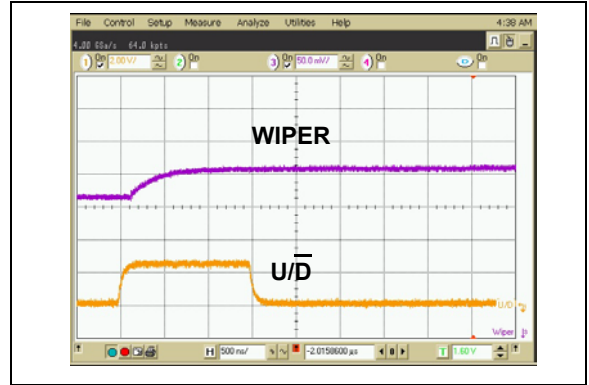


图 2-28: $5\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

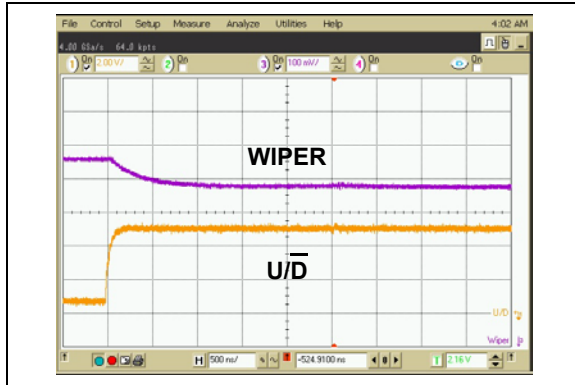


图 2-27: $5\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

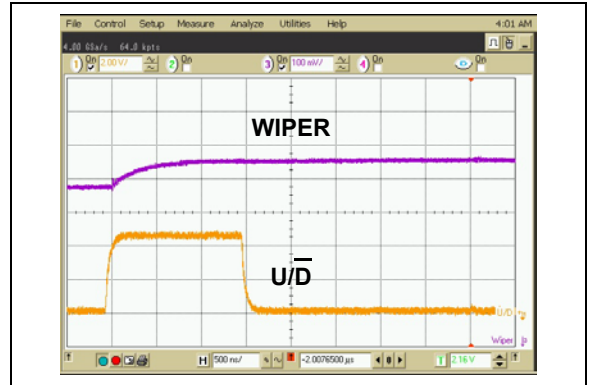


图 2-29: $5\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

MCP4011/2/3/4

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

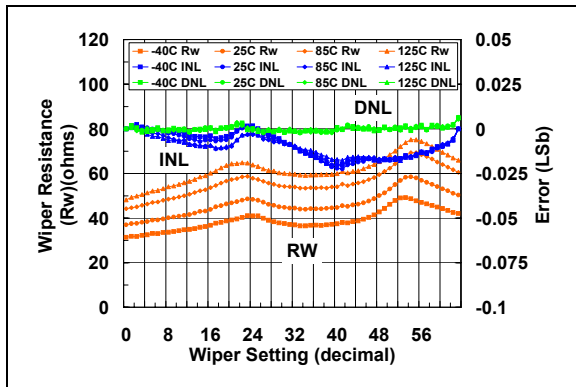


图 2-30: 10 kΩ 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

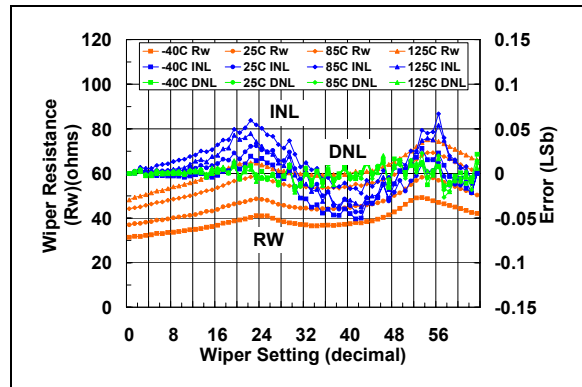


图 2-33: 10 kΩ 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

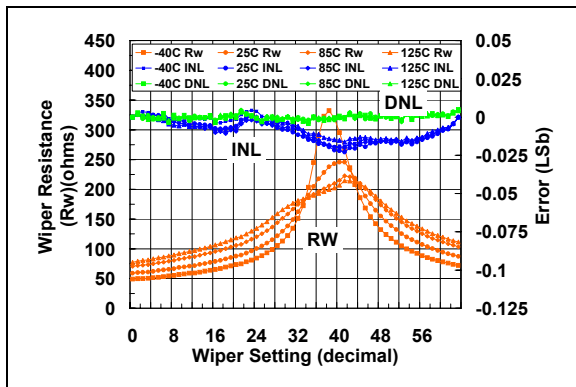


图 2-31: 10 kΩ 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

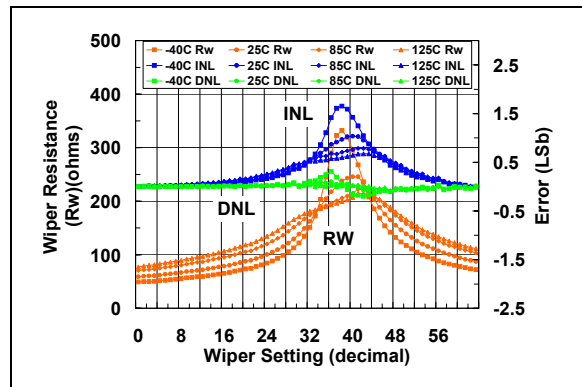


图 2-34: 10 kΩ 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

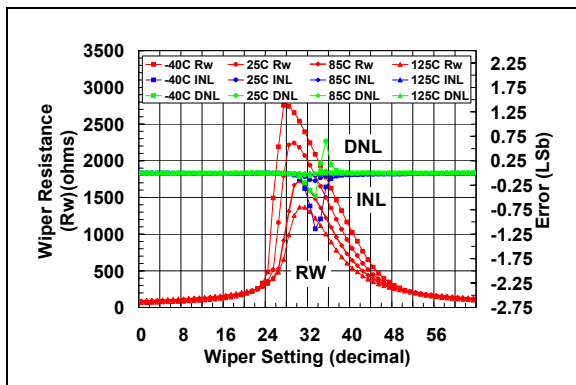


图 2-32: 10 kΩ 电位器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

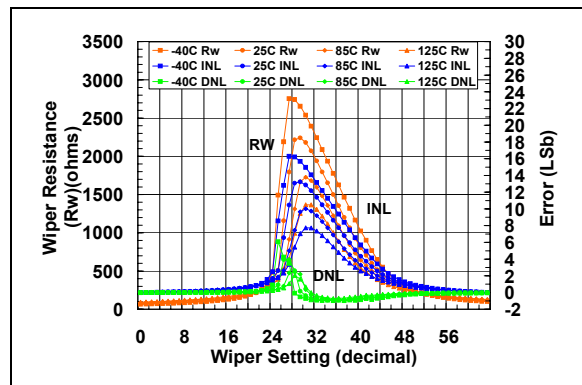


图 2-35: 10 kΩ 变阻器模式—— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

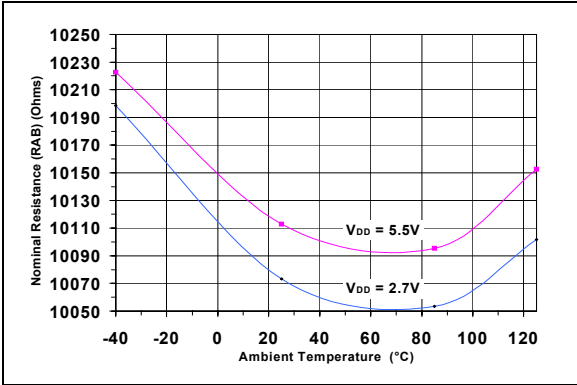


图 2-36: $10\text{ k}\Omega$ ——标称阻值 (Ω)——环境温度 和 V_{DD} 的关系曲线

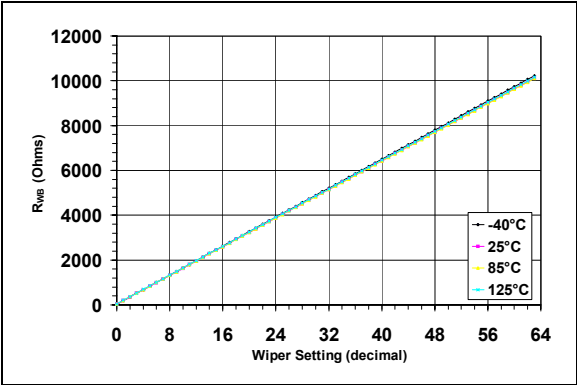


图 2-37: $10\text{ k}\Omega$ —— R_{WB} (Ω)——滑动端设置 和环境温度的关系曲线

MCP4011/2/3/4

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

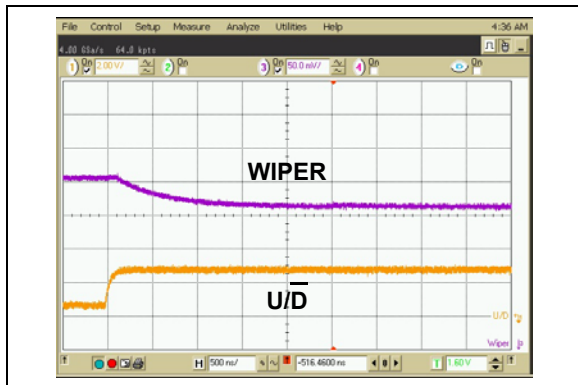


图 2-38： $10\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

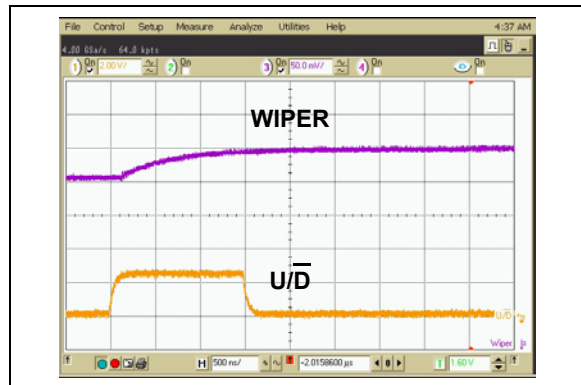


图 2-40： $10\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

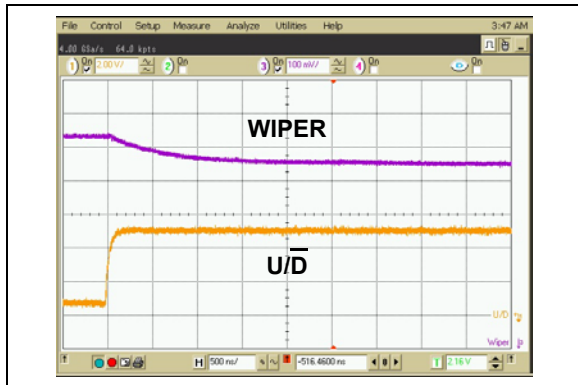


图 2-39： $10\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

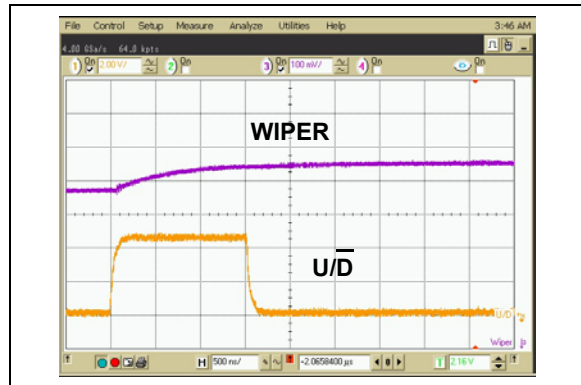


图 2-41： $10\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

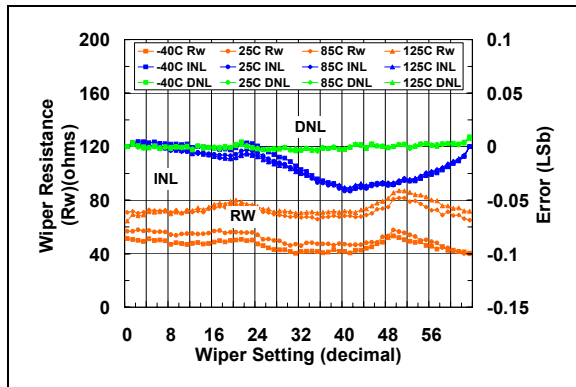


图 2-42: 50 kΩ 电位器模式— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

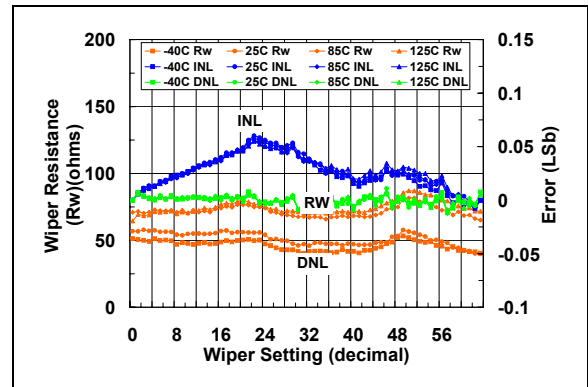


图 2-45: 50 kΩ 变阻器模式— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

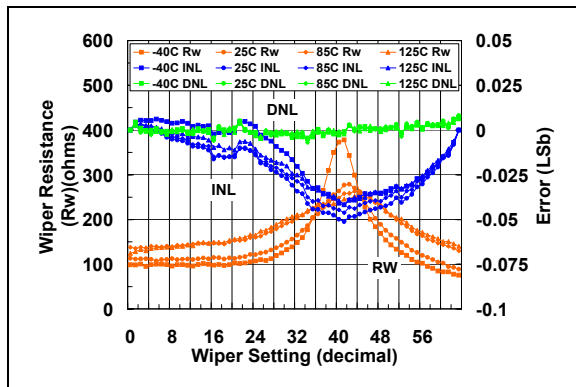


图 2-43: 50 kΩ 电位器模式— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

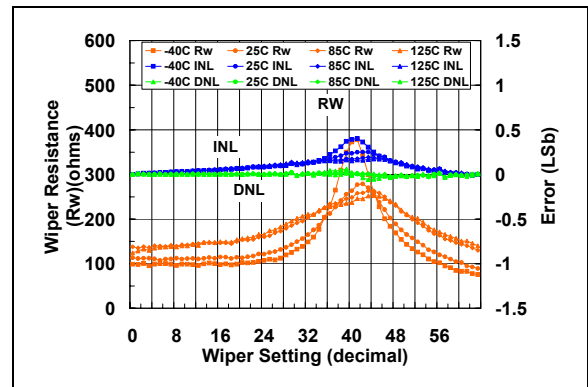


图 2-46: 50 kΩ 变阻器模式— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

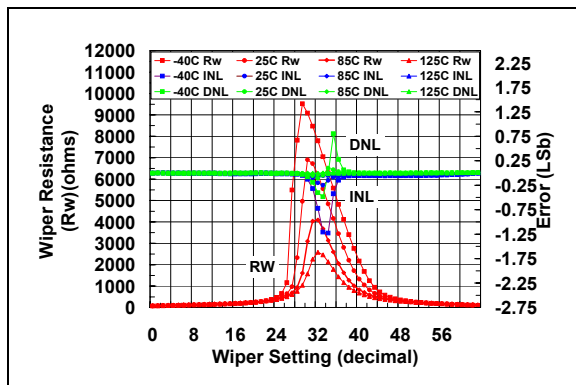


图 2-44: 50 kΩ 电位器模式— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

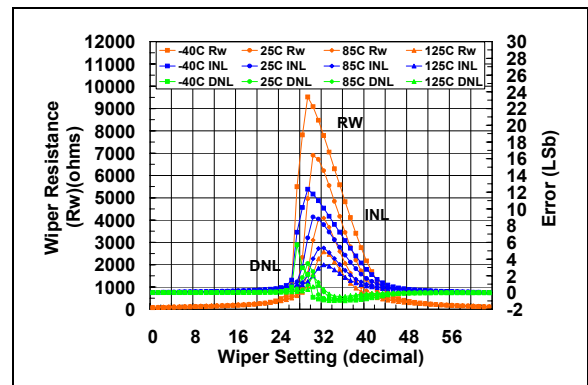


图 2-47: 50 kΩ 变阻器模式— R_W (Ω)、INL (LSb) 和 DNL (LSb) —滑动端设置和环境温度的关系曲线 ($V_{DD} = 1.8\text{V}$)

MCP4011/2/3/4

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

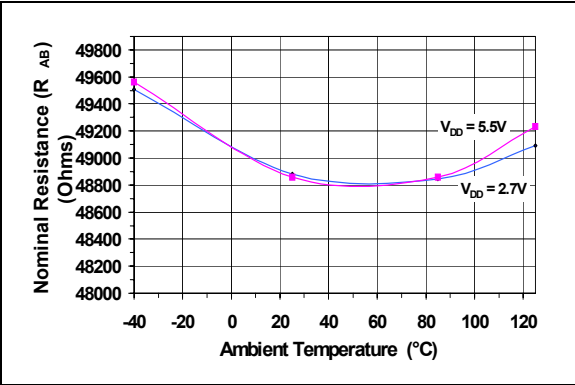


图 2-48: $50\text{ k}\Omega$ ——标称阻值 (Ω)——环境温度和 V_{DD} 的关系曲线

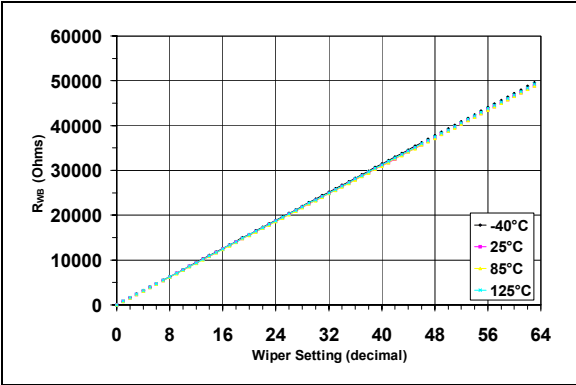


图 2-49: $50\text{ k}\Omega$ —— R_{WB} (Ω)——滑动端设置和环境温度的关系曲线

注：除非另外指明，否则 $T_A = +25^\circ\text{C}$ 、 $V_{DD} = 5\text{V}$ 且 $V_{SS} = 0\text{V}$ 。

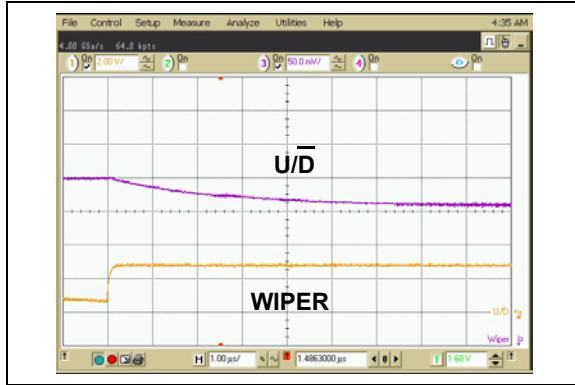


图 2-50: $50\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

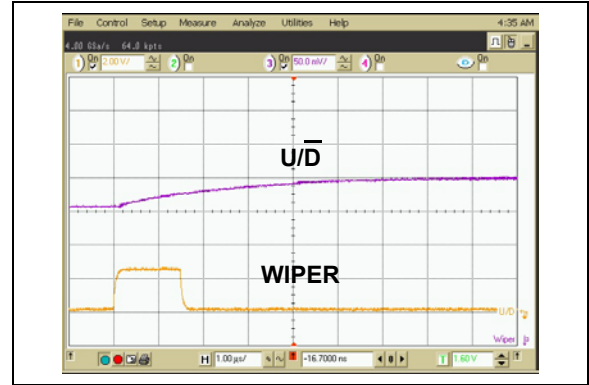


图 2-53: $50\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 2.7\text{V}$)

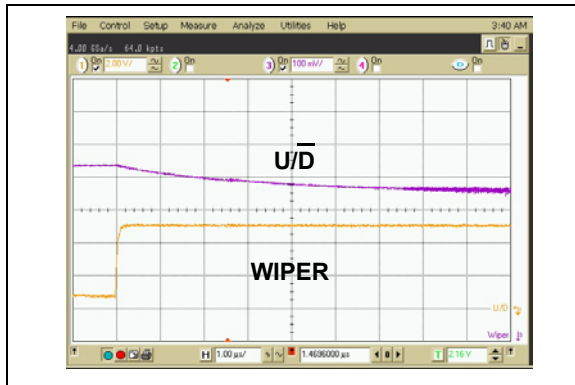


图 2-51: $50\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递减时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)

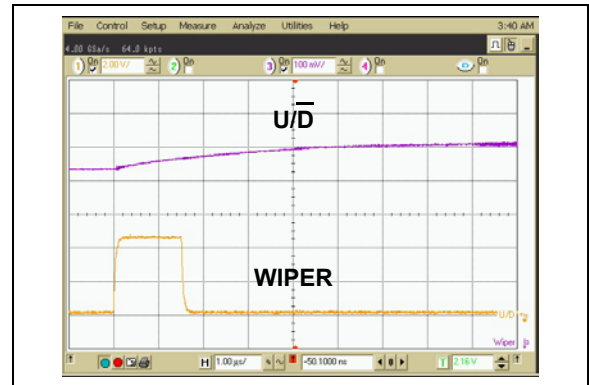


图 2-54: $50\text{ k}\Omega$ ——低电压状态下，滑动电阻值递增时，滑动端电压的稳定时间 ($V_{DD} = 5.5\text{V}$)



图 2-52: $50\text{ k}\Omega$ ——上电时，滑动端的响应时间

MCP4011/2/3/4

3.0 引脚说明

表 3-1 列出了引脚的说明。

表 3-1: 引脚功能表

引脚编号			符号	引脚类型	缓冲器类型	功能
MCP4011 (SOIC-8)	MCP4012, MCP4013 (SOT-23-6)	MCP4014 (SOT-23-5)				
1	1	1	V_{DD}	P	—	正电源输入端
2	2	2	V_{SS}	P	—	接地端
3	6	—	A	I/O	A	电位器的 A 端
4	5	5	W	I/O	A	电位器的滑动端
5	4	4	$\overline{CS}$	I	TTL	片选输入
6	—	—	B	I/O	A	电位器的 B 端
7	—	—	NC	—	—	无连接
8	3	3	$U/\overline{D}$	I	TTL	递增 / 递减输入

图注: TTL = TTL 兼容输入

I = 输入

P = 电源

A = 模拟输入

O = 输出

3.1 正电源输入端 (V_{DD})

V_{DD} 引脚是器件的正电压输入引脚。输入电源的电压值相对于 V_{SS} 其范围为 1.8V 至 5.5V。为了使性能最佳，建议在 V_{DD} 和 V_{SS} 之间连接一个去耦电容。

3.2 接地端 (V_{SS})

V_{SS} 引脚是器件的接地参考点。

3.3 电位器的 A 端

A 端引脚与内部电位器的 A 端（在某些器件上存在）相连。电位器 A 端始终与数字电位器的 0x3F 点相连。

在 MCP4011、MCP4012 和 MCP4013 器件上存在 A 端引脚。A 端引脚相对于 W 端或 B 端引脚的不存在极性问题。它能够支持正向和反向电流。A 端上的电压必须介于 V_{SS} 和 V_{DD} 之间。

MCP4014 器件不具有 A 端引脚。其内部电位器的 A 端是悬空的。

3.4 电位器的滑动端 (W)

W 端引脚与内部电位器的 W 端（滑动端）相连。滑动端是数字电位器中的可调接头。W 端引脚相对于 A 端或 B 端引脚不存在极性问题。它能够支持正向和反向电流。W 端上的电压必须介于 V_{SS} 和 V_{DD} 之间。

3.5 电位器的 B 端

B 端引脚与内部电位器的 B 端（在某些器件上存在）相连。电位器 B 端始终与数字电位器的 0x00 点相连。

在 MCP4011 器件上存在 B 端引脚。B 端引脚相对于端点 W 或端点 A 引脚不存在极性问题。它能够支持正向和反向电流。B 端上的电压必须介于 V_{SS} 和 V_{DD} 之间。

MCP4012、MCP4013 和 MCP4014 器件不具有 B 端引脚。

对于 MCP4013 和 MCP4014 器件，内部电位器的 B 端在内部与 V_{SS} 相连。B 端相对于 W 端或 A 端不存在极性问题。它能够支持正向和反向电流。

对于 MCP4012 器件，内部电位器的 B 端是悬空的。

3.6 片选 ($\overline{\text{CS}}$)

$\overline{\text{CS}}$ 引脚是片选输入引脚。将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚的电平强制设定为 V_{IL} 可启用串行命令。这些命令可以使滑动端向其值递增或递减的方向移动。将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚的电平强制设定为 V_{IHH} 可启用高电压串行命令。这些命令与 MCP402X 系列器件兼容，它们也可以使滑动端向其值递增或递减的方向移动。滑动端的位置被保存到易失性存储器 (RAM) 中。

$\overline{\text{CS}}$ 引脚具有一个内部上拉电阻。当该引脚上的电压低于 V_{IH} 时，上拉电阻将被自动“禁止”。这意味着当 $\overline{\text{CS}}$ 引脚“悬空”时，其上的电压将被拉至 V_{IH} （串行命令（通过 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚发出）将被忽略）。当将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚驱动为低电平 (V_{IL}) 时，电阻将变得非常大，从而减少产生串行命令时器件的电流消耗。更多信息请参见图 2-3。

3.7 递增 / 递减 ($\text{U}/\overline{\text{D}}$)

$\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚用于使数字电位器上的滑动端向其值递增或递减的方向移动。递增使滑动端向 A 端步进移动，而递减则使滑动端向 B 端步进移动。

MCP4011/2/3/4

4.0 概述

MCP4011/2/3/4 器件是通用的数字电位器，专用于要求电阻可编程且带宽适中的应用。

MCP4011/2/3/4 器件适用的应用通常包括：

- 设定点和失调整
- 传感器校准
- 增益和失调可选的放大器设计
- 颇具成本效益的机械式调节电位器的替代产品

这种数字电位器可实现 4 种标称阻值 (R_{AB})，其中标称阻值定义为 A 端和 B 端之间的电阻值。这 4 种标称阻值为 2.1 k Ω 、5 k Ω 、10 k Ω 和 50 k Ω 。

在 A 端和 B 端之间共有 63 个电阻。滑动端可以与这 63 个电阻中任意一个电阻上的抽头相连，因而提供了 64 种不同的设置（包括 A 端和 B 端）。

图 4-1 给出了器件中电阻网络的框图。公式 4-1 给出了计算步进电阻值的方法，而公式 4-2 则说明了用于确定滑动端和 B 端之间阻值的计算过程。

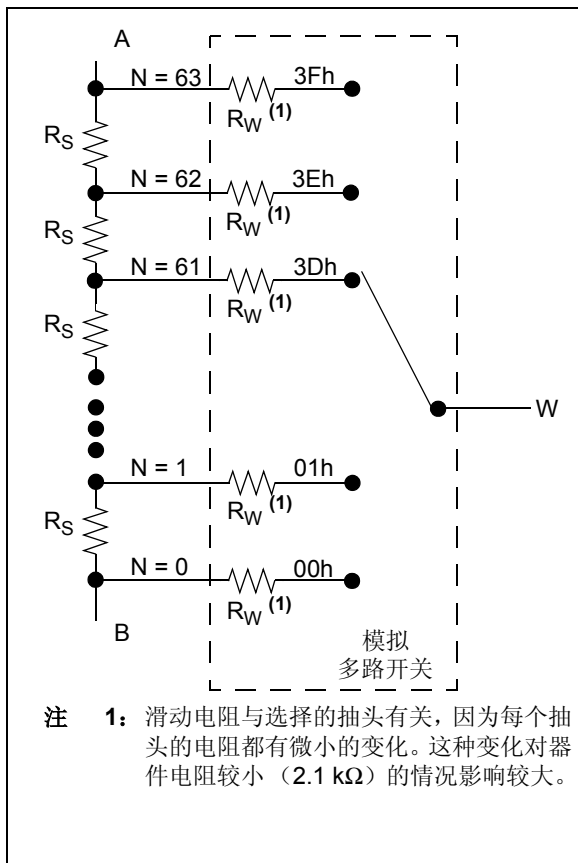


图 4-1: 电阻框图

公式 4-1: 计算 R_S

$$R_S = \frac{R_{AB}}{63}$$

公式 4-2: 计算 R_{WB}

$$R_{WB} = \frac{R_{AB} \cdot N}{63} + R_W$$

$N = 0$ 至 63 (十进制)

1 LSB 是两个连续代码之间电阻误差的理想值。如果公式 4-2 中的 $N = 1$ 且 $R_W = 0$ ，我们就能计算出每次递增或递减命令的阻值改变量。

MCP4011 器件是一个所有端点均由引脚提供的分压器（电位器）。

MCP4012 是一个真正的变阻器，变阻器的 A 端和滑动端 (W) 可由引脚提供。

MCP4013 器件是一个 B 端接地的分压器（电位器）。

MCP4014 器件是一个变阻器，其电阻的 A 端悬空、B 端接地且滑动端 (W) 可由引脚提供。

可在外部对 MCP4011 进行配置以实现 MCP4012、MCP4013 或 MCP4014 中的任一配置。

4.1 串行接口

数字电位器滑动端的递增或递减是使用双线同步串行协议实现的。递增 / 递减 ($U/\bar{D}$) 协议使用 $\overline{CS}$ 和 $U/\bar{D}$ 输入引脚。每个输入引脚在不损坏器件的前提下，均能承受电压最高为 12.5V 的信号。 $\overline{CS}$ 引脚能够区分两种高电压电平 V_{IH} 和 V_{IHH} 。这样在不需要增加输入引脚的情况下就能使能额外的命令。高电压命令 ($\overline{CS}$ 引脚上的电压为 V_{IHH}) 与标准命令相似，器件支持高电压命令是为了与 MCP401X 系列器件兼容。

简单 $U/\bar{D}$ 协议使用当 $\overline{CS}$ 引脚出现下降沿时 $U/\bar{D}$ 引脚的状态，以确定想进入的是递增模式还是递减模式。在 $U/\bar{D}$ 引脚信号的后续上升沿移动滑动端。

滑动端的值不会上溢或下溢。

4.2 上电

当器件上电时（使 V_{DD} 电压上升到跳变点电压（ V_{TP} ）之上），将恢复“默认”的滑动端设置。表 4-1 给出了在 POR 和 BOR 时装载给滑动端的默认值。

表 4-1： 默认的 POR 滑动端设置选择

封装代码	默认 POR 滑动端设置	滑动端代码	典型 R_{AB} 值
-202	中央刻度	1Fh	2.1 k Ω
-502	中央刻度	1Fh	5.0 k Ω
-103	中央刻度	1Fh	10.0 k Ω
-503	中央刻度	1Fh	50.0 k Ω

当 $V_{DD} < V_{min}$ （1.8V）时，电气性能可能无法满足数据手册中的规范要求（见图 4-2）。滑动端的状态可能是未知的，而且当在 $\overline{CS}$ 和 $\overline{U/D}$ 引脚上检测到有效命令时，器件可能会递增或递减。

4.3 欠压

如果 V_{DD} 低于规定的最小电压，则必须十分小心以确保 $\overline{CS}$ 和 $\overline{U/D}$ 引脚不会“创建”任何串行命令。

当器件 V_{DD} 跌落到 V_{MIN} （1.8V）以下时，电气性能可能无法满足数据手册中的规范要求（见图 4-2）。滑动端的状态可能是未知的，而且当在 $\overline{CS}$ 和 $\overline{U/D}$ 引脚上检测到有效命令时，器件可能会递增或递减。

当器件电压从上电跳变点（ V_{TP} ）以下上升到有效工作电压范围内时，滑动端的状态将被强制为默认的 POR 滑动端设置（见表 4-1）。

4.4 串行接口无效

只要 $\overline{CS}$ 引脚的电压为 V_{IH} 并且所有写周期均已完成，串行接口就处于无效状态。

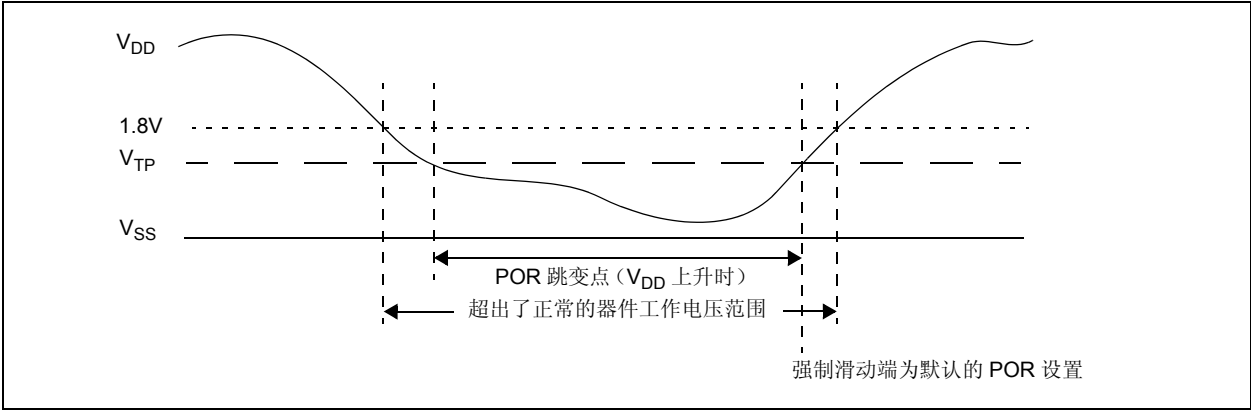


图 4-2： 上电和欠压

MCP4011/2/3/4

5.0 串行接口

5.1 概述

MCP4011/2/3/4 使用简单的双线接口将数字电位器的滑动端 (W) 向递增或递减的方向移动。该接口使用 CS 和 U/D 引脚。CS 引脚是片选输入引脚，而 U/D 引脚是递增 / 递减输入引脚。

递增/递减协议使得器件电阻每次都在可能的阻值范围内前进一步。上电时，使用“默认”值对滑动端进行初始化。

滑动电阻值为 00h 时，滑动端与 B 端相连。滑动电阻值为 3Fh 时，滑动端与 A 端相连。递增命令使滑动端向 A 端移动，但滑动端的值不会递增到大于 3Fh。递减命令使滑动端向 B 端移动，但滑动端的值不会递减到小于 00h。

请参见第 1.0 节“电气特性”中的交流 / 直流电气特性表，获取详细的输入门限电压和时序规范。

通信是单向的。因此滑动端的当前设置值无法从 MCP401X 器件读出。

5.2 串行命令

MCP401X 器件支持 8 种串行命令。其中 6 条命令是为了方便与 MCP402X 系列器件移植。这些命令可被分为以下两组：

- 串行命令
- 高电压串行命令

表 5-1 显示了所有的命令。

命令的类型取决于 $\overline{\text{CS}}$ 引脚被驱动的电平。必须将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚的初始状态驱动为 V_{IH} 。CS 引脚可以从 V_{IH} 驱动为以下两种电平：

- V_{IL}
- V_{IHH}

如果 CS 引脚的电平从 V_{IH} 被驱动到 V_{IL} ，则选择了串行命令。如果 CS 引脚的电平从 V_{IH} 被驱动到 V_{IHH} ，则选择了高电压串行命令。

支持高电压串行命令是为了与 MCP402X 器件兼容。

表 5-1: 命令

命令名称	$\overline{\text{CS}}$ 引脚上是否存在高电压?
递增	—
递增 (为了与 MCP402X 兼容)	—
递减	—
递减 (为了与 MCP402X 兼容)	—
高电压递增 1 (为了与 MCP402X 兼容)	是
高电压递增 2 (为了与 MCP402X 兼容)	是
高电压递减 1 (为了与 MCP402X 兼容)	是
高电压递增 2 (为了与 MCP402X 兼容)	是

5.2.1 递增

通过在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚上的电平达到低状态 (V_{IL}) 前将 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚初始化为高状态 (V_{IH})，可实现此模式。 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 A 端递增，如图 5-1 所示。

当滑动端递增至所需的位置时，应将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚强制设定为 V_{IH} 以确保滑动电阻不会因 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚上的“意外”的跳变而递增。当上一次所需的递增完成后，应尽快将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚驱动为 V_{IH} （在器件规范内）。

当器件电压跌落到器件 RAM 数据保存电压以下时，滑动端状态可能被破坏。当器件返回到工作范围时，滑动端将装入默认的 POR 滑动端设置。

在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他的串行命令。

注： 滑动电阻值不会溢出。即，一旦滑动电阻值等于 0x3F，后续的递增命令就将被忽略。

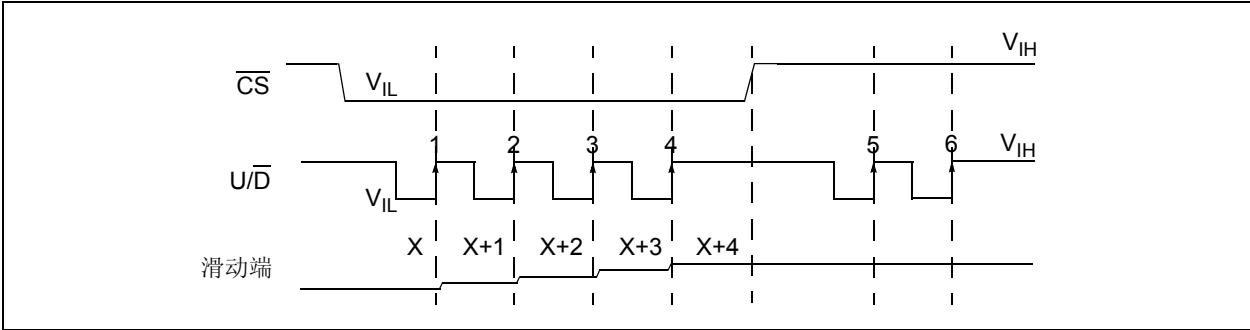


图 5-1: 递增

MCP4011/2/3/4

5.2.2 递增（为了与 MCP402X 兼容）

注： 该命令能与 MCP402X 系列兼容，该系列支持对非易失性滑动端设置进行更新。

通过在 $\overline{CS}$ 引脚达到低电平状态 (V_{IL}) 前将 $U/\overline{D}$ 引脚初始化为高电平状态 (V_{IH})，可实现此模式。 $U/\overline{D}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 A 端递增，如图 5-2 所示。

在滑动端递增至所需的位置后， $U/\overline{D}$ 引脚应被驱动为低电平 (V_{IL})，且 $\overline{CS}$ 引脚应被强制设定为 V_{IH} 以确保滑动电阻不会因 $U/\overline{D}$ 引脚上的“意外”跳变而递增。当上一次所需的递增完成后，应尽快将 $\overline{CS}$ 引脚驱动为 V_{IH} （在器件规范内）。

当器件电压跌落到器件 RAM 数据保存电压以下时，滑动端状态可能被破坏。当器件返回到工作范围时，滑动端将装入默认的 POR 滑动端设置。

在 $\overline{CS}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会溢出。即，一旦滑动电阻值等于 0x3F，后续的递增命令就将被忽略。

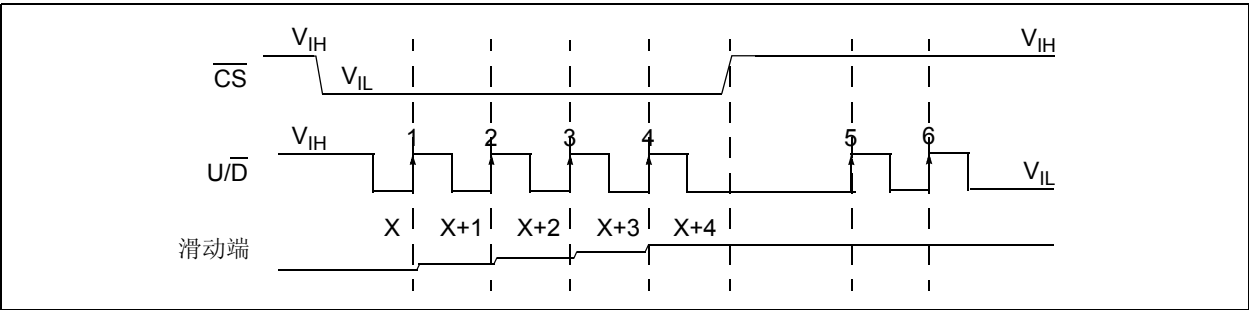


图 5-2: 递增（为了与 MCP402X 兼容）

5.2.3 递减

通过在 $\overline{CS}$ 引脚上的电平达到低状态 (V_{IL}) 前将 $U/\overline{D}$ 引脚初始化为低状态 (V_{IL})，可实现此模式。 $U/\overline{D}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 B 端递减，如图 5-3 所示。

在滑动端递减至所需的位置后， $U/\overline{D}$ 引脚应被驱动为低电平 (V_{IL})，且 $\overline{CS}$ 引脚应被强制设定为 V_{IH} 以确保滑动电阻值不会因 $U/\overline{D}$ 引脚上“意外”的跳变而递减。当上一次所需的递减完成后，应尽快将 $\overline{CS}$ 引脚驱动为 V_{IH} （在器件规范内）。

当器件电压跌落到器件 RAM 数据保存电压以下时，滑动端状态可能被破坏。当器件返回到工作范围时，滑动端将装入默认的 POR 滑动端设置。

在 $\overline{CS}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会下溢。即，一旦滑动电阻值等于 0x00，后续的递减命令就将被忽略。

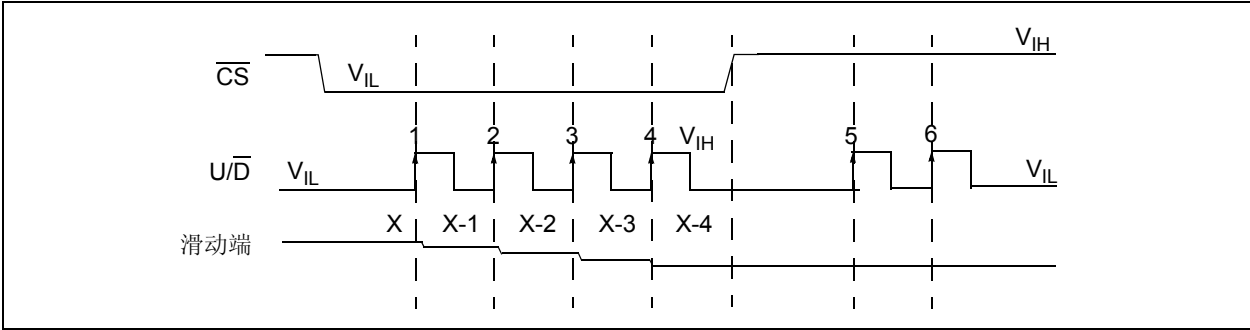


图 5-3: 递减

MCP4011/2/3/4

5.2.4 递减（为了与 MCP402X 兼容）

注： 该命令能与 MCP402X 系列兼容，该系列支持对非易失性滑动端设置进行更新。

通过在 $\overline{CS}$ 引脚上的电平达到低状态 (V_{IL}) 前将 $U/\overline{D}$ 引脚初始化为低状态 (V_{IL})，可实现此模式。 $U/\overline{D}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 B 端递减，如图 5-4 所示。

在滑动端递减至所需的位置后， $U/\overline{D}$ 引脚应保持高电平 (V_{IH})，且 $\overline{CS}$ 引脚应被强制设定为 V_{IH} 以确保滑动电阻值不会因 $U/\overline{D}$ 引脚上“意外”的跳变而递增。当上一次所需的递减完成后，应立即将 $\overline{CS}$ 引脚驱动为 V_{IH} （在器件规范内）。

当器件电压跌落到器件 RAM 数据保存电压以下时，滑动端状态可能被破坏。当器件返回到工作范围时，滑动端将装入默认的 POR 滑动端设置。

在 $\overline{CS}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会下溢。即，一旦滑动电阻值等于 0x00，后续的递减命令就将被忽略。

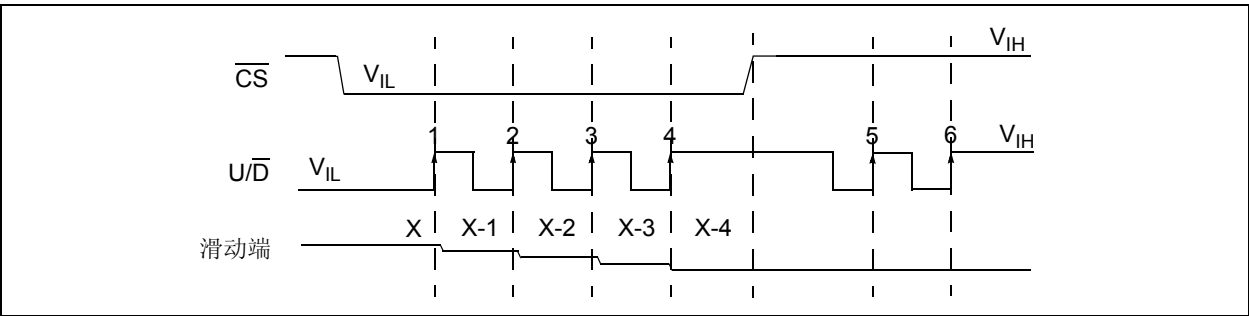


图 5-4: 递增（为了与 MCP402X 兼容）

5.2.5 高电压递增 1（为了与 MCP402X 兼容）

注： 该命令能与 MCP402X 系列兼容，该系列支持对使用 WiperLock 技术的非易失性滑动端设置进行更新。

在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会溢出。即，一旦滑动电阻值等于 0x3F，后续的递增命令就将被忽略。

通过在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚驱动为 V_{IHH} 前初始化 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚可实现该模式。 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 A 端递增。在将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚强制设定为 V_{IH} 前将 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚设置为高电平状态（ V_{IH} ）。如图 5-5 所示。

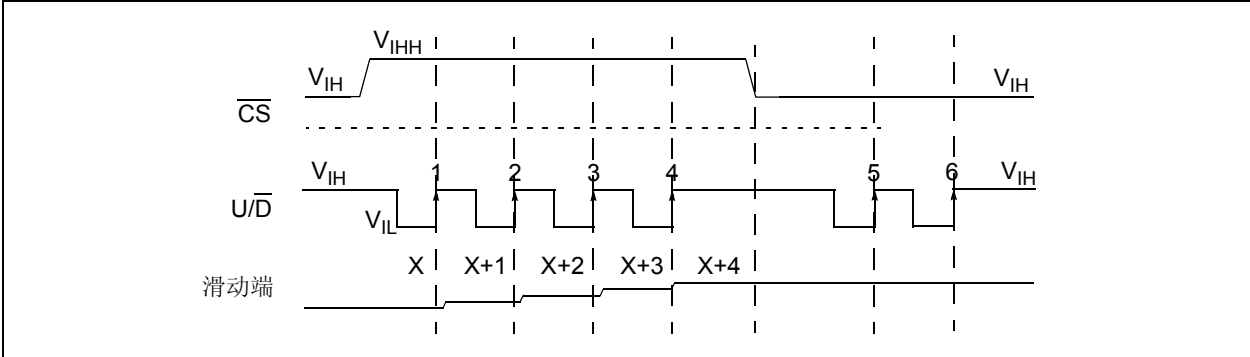


图 5-5: 高电压递增 1（为了与 MCP402X 兼容）

MCP4011/2/3/4

5.2.6 高电压递增 2（为了与 MCP402X 兼容）

注： 该命令能与 MCP402X 系列兼容，该系列支持对使用 WiperLock 技术的非易失性滑动端设置进行更新。

通过在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚驱动为 V_{IHH} 前将 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚初始化为高电平状态（ V_{IH} ）可实现该模式。U/D 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 A 端递增。在将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚强制设定为 V_{IH} 前将 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚设置为低电平状态（ V_{IL} ）。如图 5-6 所示。

在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会溢出。即，一旦滑动电阻值等于 0x3F，后续的递增命令就将被忽略。

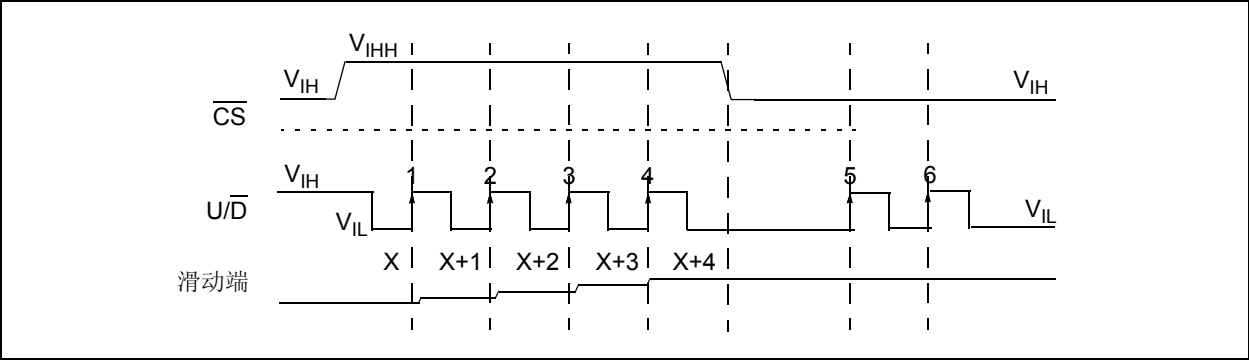


图 5-6: 高电压递增 2（为了与 MCP402X 兼容）

5.2.7 高电压递减 1（为了与 MCP402X 兼容）

注： 该命令能与 MCP402X 系列兼容，该系列支持对使用 WiperLock 技术的非易失性滑动端设置进行更新。

在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会下溢。即，一旦滑动电阻值等于 0x00，后续的递减命令就将被忽略。

通过在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚驱动为 V_{IH} 前将 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚初始化为低电平状态 (V_{IL}) 可实现该模式。 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 B 端递减。在将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚强制设定为 V_{IH} 前将 $\text{U}/\overline{\text{D}}$ 引脚设置为低电平状态 (V_{IL})。如图 5-7 所示。

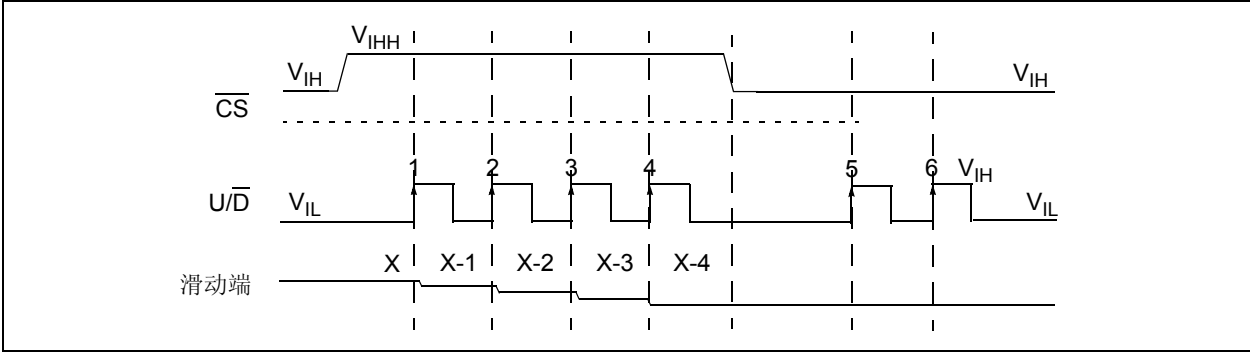


图 5-7: 高电压递减 1（为了与 MCP402X 兼容）

MCP4011/2/3/4

5.2.8 高电压递增 2（为了与 MCP402X 兼容）

注： 该命令能与 MCP402X 系列兼容，该系列支持对使用 WiperLock 技术的非易失性滑动端设置进行更新。

通过在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚驱动为 V_{IHH} 前将 $\overline{\text{U/D}}$ 引脚初始化为低电平状态 (V_{IL}) 可实现该模式。 $\overline{\text{U/D}}$ 引脚信号的后续上升沿使滑动端设置向 B 端递减。在将 $\overline{\text{CS}}$ 引脚强制设定为 V_{IH} 前将 $\overline{\text{U/D}}$ 引脚设置为高电平状态 (V_{IH})。如图 5-8 所示。

在 $\overline{\text{CS}}$ 引脚从 V_{IL} 被驱动为 V_{IH} 后，可立即输入任何其他串行命令。

注： 滑动电阻值不会下溢。即，一旦滑动电阻值等于 0x00，后续的递减命令就将被忽略。

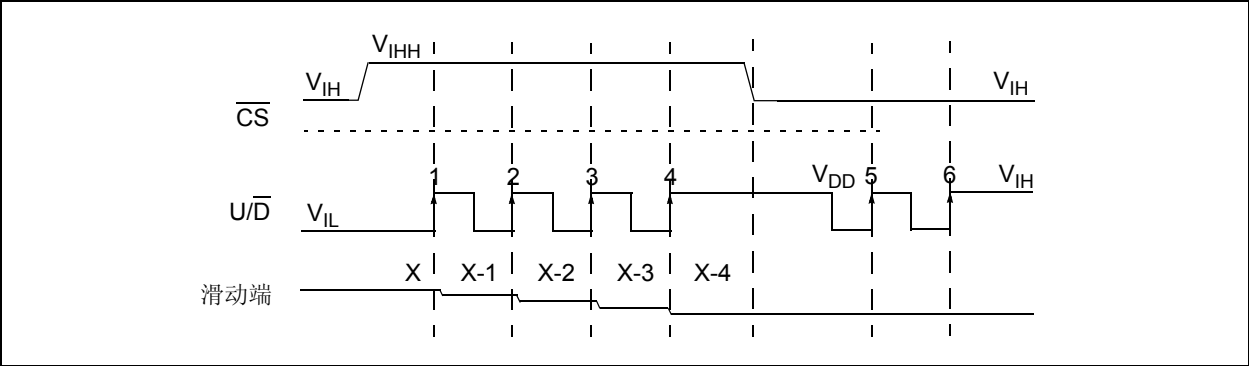


图 5-8: 高电压递增 2（为了与 MCP402X 兼容）

5.3 $\overline{\text{CS}}$ 高电压

和 MCP402X 器件一样， $\overline{\text{CS}}$ 引脚也能承受高电压 (V_{IHH})。这允许在 MCP402X 应用中使用 MCP401X，而不需要改变应用电路的其他部分。

6.0 电阻

数字电位器应用可分为以下两个类别：

- 变阻器配置
- 电位器（或分压器）配置

图 6-1 显示了 MCP401X 的电阻框图。

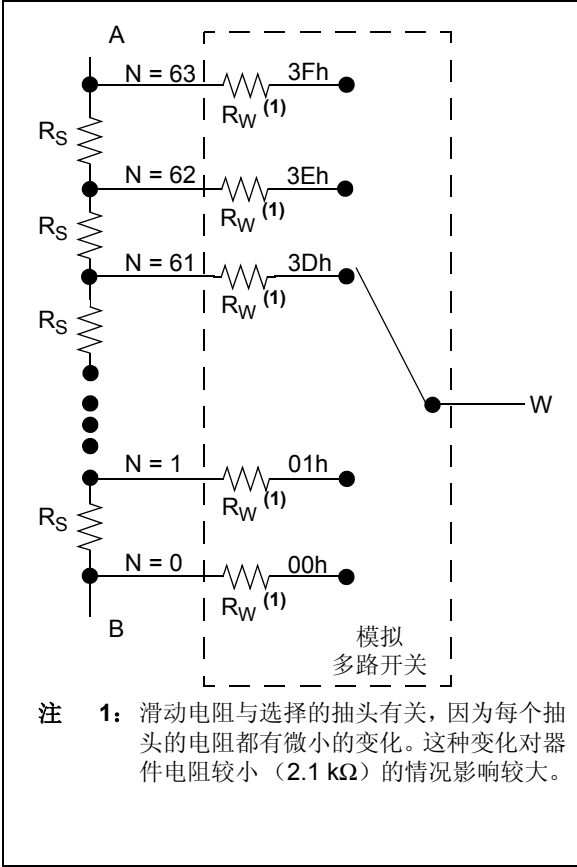


图 6-1: 电阻框图

步进电阻 (R_S) 是从一个抽头到下一个抽头之间的阻值。该值取决于选定的 R_{AB} 值。表 6-1 给出了每个器件的典型步进电阻值。

器件的总阻值会随工作电压产生微小变化（见图 2-11、图 2-24、图 2-36 或图 2-48）。

表 6-1: 典型步进电阻值

器件编号	典型电阻 (Ω)	
	总电阻 (R_{AB})	步进电阻 (R_S)
MCP401X-203E	2100	33.33
MCP401X-503E	5000	79.37
MCP401X-104E	10000	158.73
MCP401X-504E	50000	793.65

A 端、B 端和滑动端 W 均无极性。这些端点都可以支持正向和反向电流。

6.1 电阻配置

6.1.1 变阻器配置

作为变阻器使用时，数字电位器三个端点中的两个被用作电路的阻性元件。可变电阻由 W（滑动端）端和 A 端或 B 端确定。阻值将取决于滑动端的抽头设置和滑动端的电阻。通过改变滑动端设置可控制阻值。

未用的端点（B 或 A）应悬空。图 6-2 所示为可被使用的两个电阻。翻转 A 端和 B 端的极性对操作没有影响。

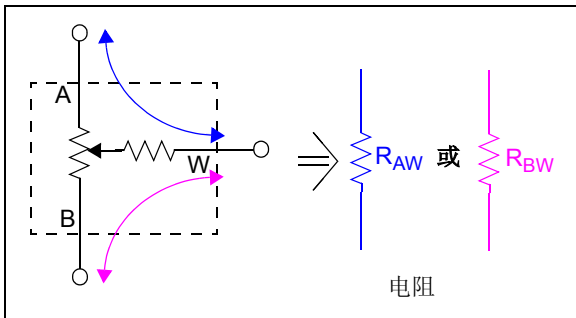


图 6-2: 变阻器配置

这允许控制两个节点间的总阻值。总阻值取决于“起始”端点到滑动端这一段。当代码为 00h 时， R_{BW} 阻值最小 (R_W)，但 R_{AW} 阻值最大 ($R_{AB} + R_W$)。相反，当代码为 3Fh 时， R_{AW} 阻值最小 (R_W)，但 R_{BW} 阻值最大 ($R_{AB} + R_W$)。

阻值步进变化值 (R_S) 等于电阻的一个 LSb。

注： 在这种配置下，必须格外小心以保证流经变阻器的电流不会超过 2.5 mA，以免损坏内部滑动端电路。

图 2-11、图 2-24、图 2-36 和图 2-48 给出了滑动端至末端的阻值随温度变化的曲线。由于滑动端的电阻系数会对总阻值造成影响，阻值随温度变化最显著的地方出现在最初的某些代码处。而余下的代码由总电阻的温度系数 R_{AB} 决定。

6.1.2 电位器配置

作为电位器使用时，所有的三个端点与电路中的不同节点相连。这允许电位器输出与输入电压成正比的电压。这种配置有时被称为分压器模式。通过调节滑动端在两个端点间的位置，可使用电位器提供可变电压，如图 6-3 所示。翻转 A 端和 B 端的极性对操作没有影响。

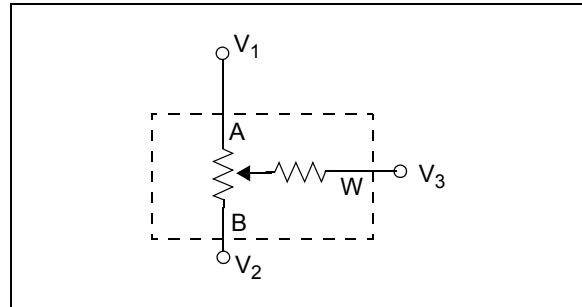


图 6-3: 电位器配置

已将 R_{AB} 电阻的温度系数设计为最小。在该配置中，所有电阻统一变化，因此变化很小。

滑动电阻的温度系数与 R_{AB} 的温度系数不同。节点 V_3 （图 6-3）上的电压与滑动电阻值无关，它的值与 R_{AB} 电阻成比例，因此在大多数情况下可忽略滑动电阻的温度系数。

注： 在这种配置下，必须格外小心以保证流经电位器的电流不会超过 2.5 mA，以免损坏内部滑动端电路。

6.2 滑动电阻

滑动电阻指的是滑动端的串联电阻。该阻值通常在滑动端被设置在零刻度（00h）或满量程（3Fh）时测得。

滑动电阻不是导致电位器产生分压的应用出现误差的主要原因。

变阻器应用中的滑动电阻会在滑动端向零刻度移动（00h）时产生明显的非线性误差。电阻标称值越低，可能导致的误差就越大。

滑动电阻值在很大程度上取决于器件的工作电压。随着器件电压的减小滑动电阻值增加（见图 6-4 和表 6-2）。

在变阻器配置中，需要考虑电压的变化，尤其是对于阻值较低的器件。对于 2.1 kΩ 器件，在 5.5V 时的最大滑动端阻值约为总阻值的 6%，而在 2.7V 时约为总阻值的 15.5%。

在电位器配置中，滑动端阻值的变化不会影响 W 端引脚上的输出电压。

阻值曲线有一个线性区（当电压较高时）和一个非线性区（当电压较低时），电压较低的区域中阻值的增加比电压的下降快。

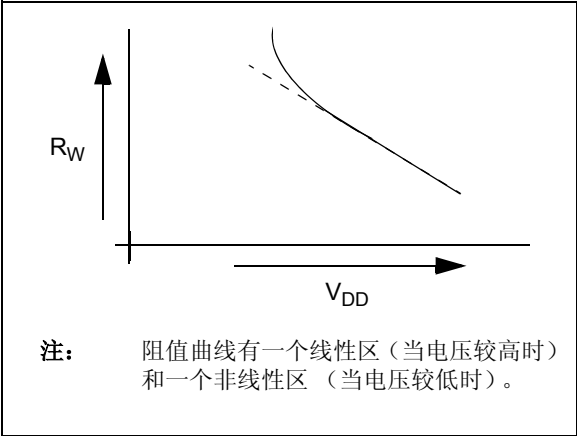


图 6-4： 滑动电阻（ R_W ）与电压的关系曲线
由于在温度恒定时，器件总阻值随电压的变化最小（见图 2-11、图 2-24、图 2-36 或图 2-48），滑动端阻值随电压的变化会对 INL 和 DNL 误差造成重大影响。

表 6-2： 典型步进电阻及其与滑动电阻之间的关系

电阻（Ω）					R_W/R_S （%） ^(1,2)			R_W/R_{AB} （%） ^(1,3)		
典型		滑动电阻（ R_W ）			R_W = 典型值	R_W = 最大值 @5.5V	R_W = 最大值 @2.7V	R_W = 典型值	R_W = 最大值 @5.5V	R_W = 最大值 @2.7V
总阻值（ R_{AB} ）	步进值（ R_S ）	典型值	最大值 @5.5V	最大值 @2.7V						
2100	33.33	75	125	325	225.0%	375.0%	975.0%	3.57%	5.95%	15.48%
5000	79.37	75	125	325	94.5%	157.5%	409.5%	1.5%	2.50%	6.50%
10000	158.73	75	125	325	47.25%	78.75%	204.75%	0.75%	1.25%	3.25%
50000	793.65	75	125	325	9.45%	15.75%	40.95%	0.15%	0.25%	0.65%

- 注 1：滑动电阻（ R_W ）不是导致电位器产生分压的应用出现误差的主要原因。在变阻器应用中， R_W 值的变化会导致明显的非线性误差。
- 2： R_S 为典型值。该阻值随电压的变化最小。
- 3： R_{AB} 为典型值。该阻值随电压的变化最小。

6.3 工作特性

了解器件中电阻元件的工作特性对系统设计很重要。

6.3.1 精度

6.3.1.1 积分非线性误差 (INL)

这些器件的 INL 误差是指去除失调和增益误差后，实际代码转换点和相应理想转换点之间的最大偏离量。发生转换的端点从 0x00 至 0x3F。请参见图 6-5。

INL 为正表示电阻比理想阻值高。INL 为负表示电阻比理想阻值低。

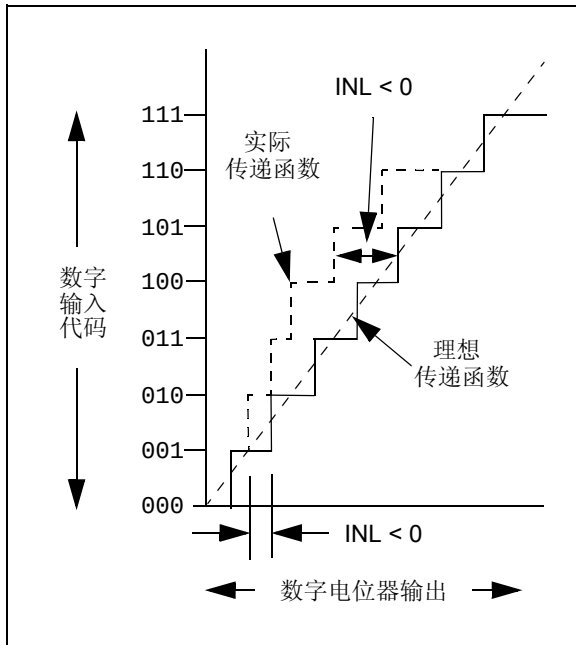


图 6-5: INL 精度

6.3.1.2 微分非线性误差 (DNL)

DNL 误差衡量的是实际代码宽度与理想代码宽度之间的差别。DNL 误差为零表示每个代码正好为 1 个 LSB 宽。

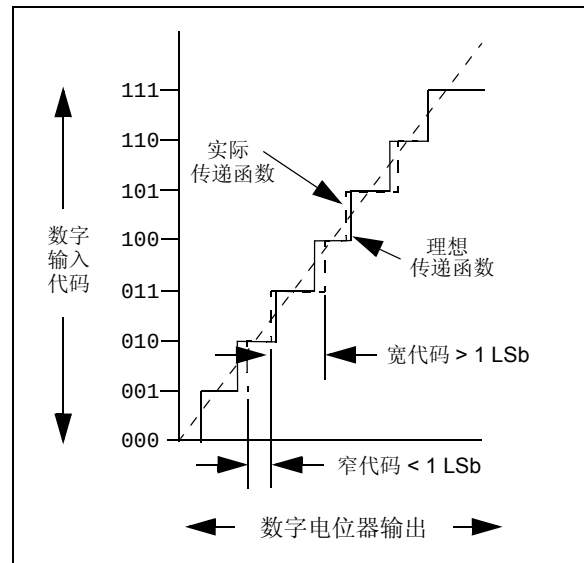


图 6-6: DNL 精度

6.3.1.3 相对温度系数

相对温度系数以 R_{AW} 与 R_{WB} 之比量化由于温度漂移而产生的误差。当将电位器器件 (MCP4011 和 MCP4013) 配置为分压器时，这通常是主要误差。

6.3.1.4 绝对温度系数

绝对温度系数以两个端点间的阻值 (标称电阻 R_{AB}) 量化由于温度漂移而产生的误差。当将变阻器器件 (MCP4012 和 MCP4014) 配置为可变电阻时，这通常是关键误差。

6.3.2 单调工作

单调操作意味着器件的阻值以单步变化值递增（从 A 端到 B 端或从 B 端到 A 端）。

滑动端阻值在每个抽头位置都不同。当滑动端从一个抽头位置移至下一个抽头位置（递增或递减）时， ΔR_W 小于 ΔR_S 。当变化发生时，两个抽头位置的器件电压和温度 “相同”。

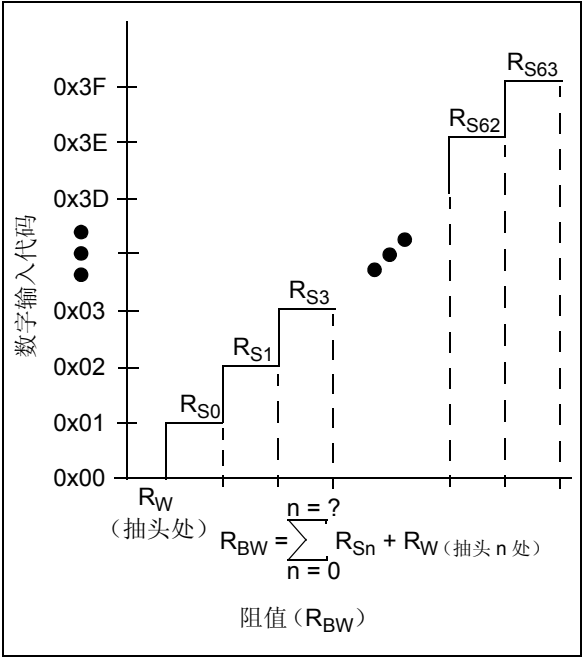


图 6-7: 阻值 R_{BW}

7.0 设计注意事项

在使用 MCP401X 器件的系统设计中，应对以下两点加以考虑：

- 电源
- 布线

7.1 电源注意事项

为了过滤会被引入电源走线的高频噪声，典型应用将需要一个旁路电容。旁路电容有助于将这些噪声源对信号完整性的影响降至最小。图 7-1 说明了一种合适的旁路策略。

在该示例中，旁路电容的建议值为 $0.1\ \mu\text{F}$ 。电容应尽可能被放置在靠近器件电源引脚 (V_{DD}) 的地方（距电源引脚 $4\ \text{mm}$ 之内）。

提供给这些器件的电源应尽可能干净。如果应用电路有独立的数字和模拟电源， V_{DD} 和 V_{SS} 应位于模拟板上。

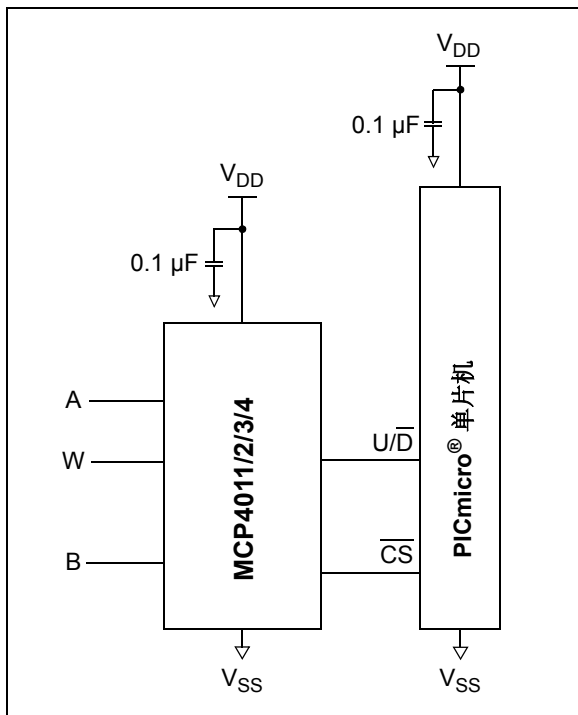


图 7-1: 典型的单片机连接

7.2 布局注意事项

感应耦合交流瞬态噪声和数字开关噪声可使输入和输出信号的完整性降低，潜在地影响 MCP4011/2/3/4 的性能。在电路板上进行仔细地布线将使这些影响降至最小并提高信噪比（Signal-to-Noise Ratio, SNR）。基准测试表明，使用低感应系数的接地层、独立的输入和输出以及合适去耦电路的多层电路板对于达到硅片所能提供的性能至关重要。在特别恶劣的环境中可能需要对关键信号进行保护。

建议在要求噪声很低的应用中不要使用实验板和走线来回弯折的电路板。

8.0 应用示例

非易失性数字电位器在现代电子电路中的应用极其广泛。最常见的应用包括设定点门限值的精度校准、传感器调节、LCD 偏置调节、音频衰减、可调节电源、电机控制过电流跳变点设置以及可调增益放大器和偏置调节等。MCP4011/2/3/4 器件可用来替代工作电压和端点电压在 CMOS 工艺限制内 ($V_{DD} = 2.7V$ 至 $5.5V$) 的应用中的普通机械式调节电位器。

8.1 设定点门限值调节

需要准确检测输入门限值事件的应用通常需要消除几个误差源。使用低失调和增益误差的比较器和运算放大器（运放）有助于达到规定的精度，但在很多应用中，输入源的变化并不在设计人员的控制之内。如果能在受控环境中对已装配完成的整机系统进行校准（如厂内测试），这些误差源即便不能被完全消除也会被最大限度地减小。

图 8-1 给出了一种常见的数字电位器配置。该配置通常被称为“窗型分压器”。注意， R_1 和 R_2 不是分压器的必要元件，但有了它们有助于限制所需门限值的范围。由于 R_1 和 R_2 能将 V_{TRIP} 的可调范围缩小在一个比 $V_{DD} - V_{SS}$ 小很多的值内，因此称该分压器为“窗型”分压器。如果输出范围缩小，每个输出级的电压幅值都将减小。这有效地提高了固定数字电位器分辨率的调节精度。该技术可使低成本数字电位器得到应用（以 64 级代替 256 级）。

MCP4011 和 MCP4013 的低 DNL 性能是使生产中校准精度满足要求而不必使用高精度数字电位器的关键因素。

公式 8-1: 在给定 V_{TRIP} 的条件下计算滑动端的设置

$$V_{TRIP} = V_{DD} \left(\frac{R_2 + R_{WB}}{R_1 + R_{AB} + R_2} \right)$$

$$R_{AB} = R_{Nominal}$$

$$R_{WB} = R_{AB} \cdot \left(\frac{D}{63} \right)$$

$$D = \left(\left(\frac{V_{TRIP}}{V_{DD}} \right) \cdot ((R_1 + R_{AB} + R_2) - R_2) \right) \cdot 63$$

其中：

D = 数字电位器滑动端设置 (0-63)

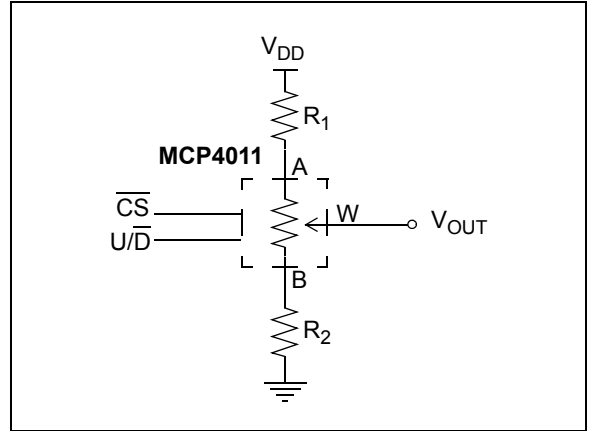


图 8-1: 使用数字电位器设置高精度输出电压

8.1.1 调节光传感器的门限值

在需要校准二极管、晶体管或电阻门限值的应用中一般使用 0.1V 的变化量。通常，大于等于 2 mV 的分辨率就足以准确地检测出有效的信号。一个使用 MCP4011 或 MCP4013 的“窗型”分压器就是一种可能的解决方案，如图 8-2 所示。

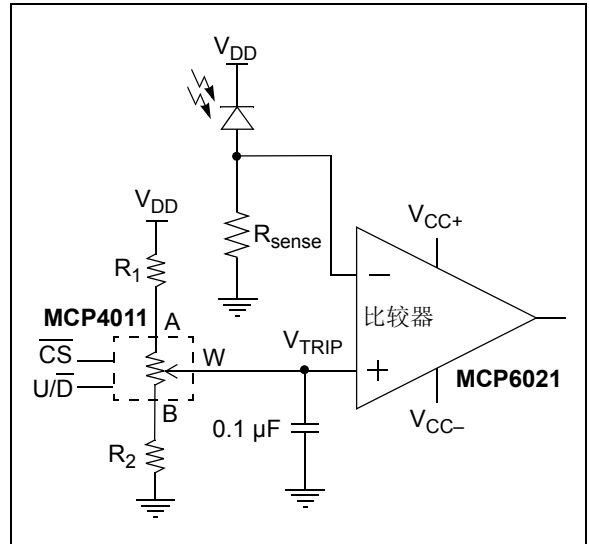


图 8-2: 设定点或门限值校准

8.2 运算放大器应用

图 8-3、图 8-4 和图 8-5 给出了可用 MCP4011/2/3/4 代替固定电阻以实现可数字调节的模拟方案的典型放大器电路。

图 8-4 显示了一个独立调节同相放大器的失调和增益的电路。MCP4011 与电阻 R1 和 R2 一同使用来设置失调电压。R1 + R2 的阻值之和应该显著大于 (> 100 倍) MCP4011 的阻值。这使得 MCP4011 滑动电阻的每次递增或递减能够精密地调节失调电压。运放的输入电压 (VIN) 应该为滑动端居中时的 VW 电压。增益由 MCP4012 调节。如果 MCP4012 的阻值小于 R3 的阻值, 那么就可以对增益实现微调。如果 MCP4012 的阻值与 R3 的阻值相等 (或比它大), 则可以对增益进行粗调。一般应先进行粗调再进行微调。

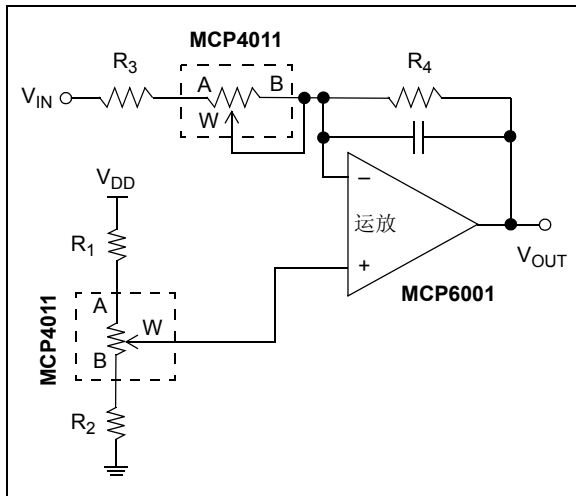


图 8-3: 调节反相放大器的偏置电压和增益

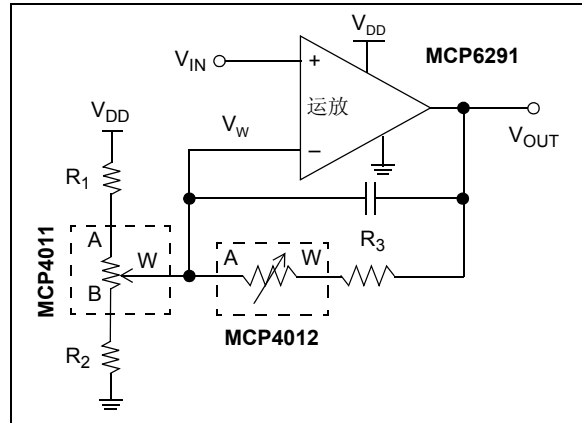


图 8-4: 调节同相放大器的失调电压和增益

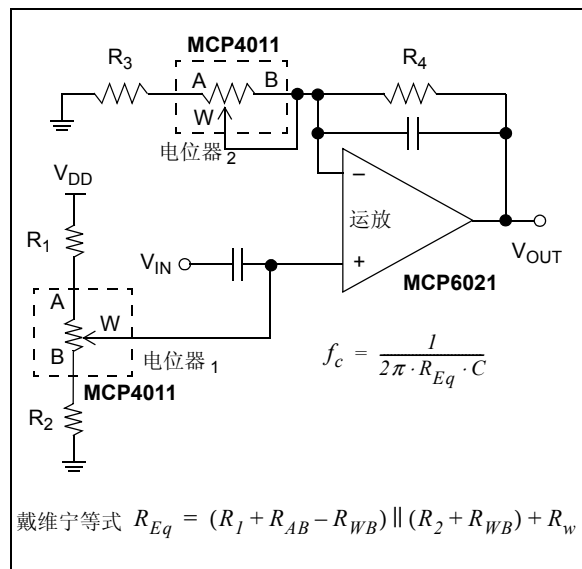


图 8-5: 可编程滤波器

8.3 温度传感器应用

热敏电阻是阻值随温度有规律变化的电阻。它常用于低成本的温度检测方案。但是，热敏电阻还具有不受欢迎的非线性特征，通常要求在中应用中调节以实现更高的精度。有几个调节热敏电阻和使其线性化的常用方案。图 8-6 和图 8-7 是使 3 端 NTC 热敏电阻线性化的简单方法。这两种电路都是使用正温度系数（Temperature Coefficient, PTC）电阻（ R_1 ）的简单分压器， R_1 的传递函数能补偿负温度系数（Negative Temperature Coefficient, NTC）热敏电阻中的线性误差。

图 8-6 给出的电路使用数字变阻器调节因器件差异导致的失调误差。该解决方案将数字电位器的 R_W 引入分压器的计算。MCP4011/2/3/4 的 R_{AB} 温度系数是 50 ppm（-20°C 至 +70°C）。由于 R_W 会随 V_{DD} 、滑动端设置和温度而变化，因此 R_W 的误差远大于 R_{AB} 的误差。对于 50 kΩ 的器件，只要滑动端设置 > 6，由 R_W 产生的误差在大多数情况下可以忽略。而对于 2 kΩ 的器件，由 R_W 产生的误差就很重要了，这是因为 R_W 在 R_{WB} 中占有了较高的比例。由于这些原因，图 8-6 中给出的电路并不是“激励”和使热敏电阻线性化的最佳方法。

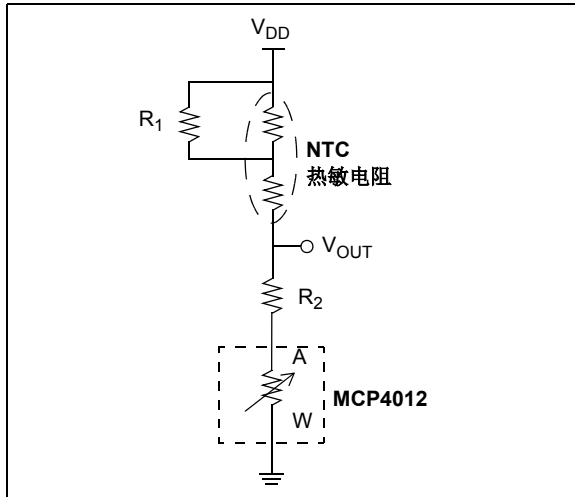


图 8-6：使用配置为变阻器的数字电位器校准热敏电阻

图 8-7 给出的电路使用数字电位器调节失调误差。该解决方案将 R_W 及其相关误差一并从调节计算中删除。 R_2 不是必须的，但可利用它来缩小调节“窗口”并减少由于器件差异而导致的 R_{AB} 的变化。

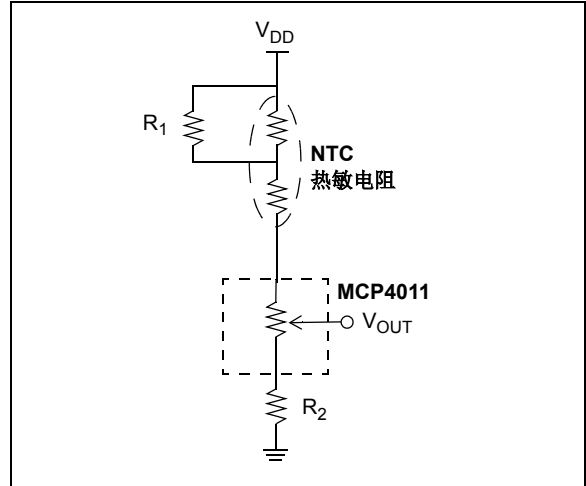


图 8-7：使用电位器配置中的数字电位器校准热敏电阻

8.4 惠斯通电桥调节

另一个“激励”传感器（如应变计、压力传感器或热敏电阻）的常见配置是惠斯通电桥配置。惠斯通电桥提供的是差分输出而不是单端输出。图 8-8 给出了使用一到三个数字电位器的惠斯通电桥。本例中的数字电位器用于调节惠斯通电桥的失调和增益。

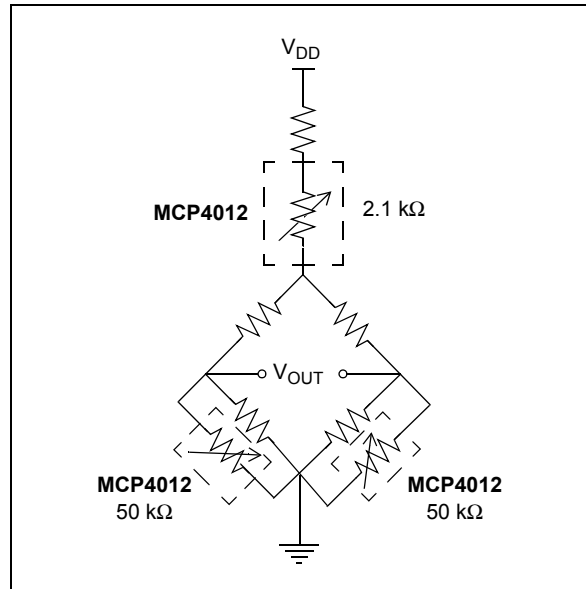


图 8-8：惠斯通电桥调节

9.0 开发支持

9.1 评估 / 演示板

目前有三种可用来评估 MCP401X 系列器件的电路板。

1. MCP402X 数字电位器评估板工具包 (MCP402XEV) 包含一个使用 PIC10F206 简单演示板、一个 MCP401X 器件和一个空白的 PCB，该 PCB 可用来安装 SOT-23-5、SOT-23-6 或 150 mil SOIC 8 引脚封装形式的任何所需的 MCP4011/2/3/4 器件。

该演示板具有两个按钮，可用来控制 PICmicro® 单片机产生 MCP402X 串行命令的时间。示例固件演示以下命令：

- 递增
- 递减
- 高电压递增和使能 WiperLock 技术
- 高电压递减和使能 WiperLock 技术
- 高电压递增和禁止 WiperLock 技术
- 高电压递减和禁止 WiperLock 技术

通过在 PCB 板上采用合理的跳线，使用 MCP4011 组装的电路板也可用来评估其他 MCP401X 器件。

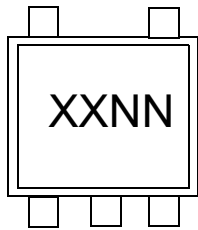
2. SOT-23-5/6 评估板 (VSUPEV2) 可用来评估 MCP4012、MCP4013 和 MCP4014 器件的特性。
3. 8 引脚 SOIC/MSOP/TSSOP/DIP 评估板 (SOIC8EV) 可用来评估 SOIC 或 MSOP 封装形式的 MCP4011 器件的特性。

评估板可直接从 Microchip 网站 www.microchip.com 购买。

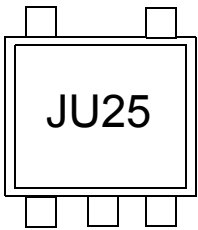
10.0 封装信息

10.1 封装标识信息

5 引脚 SOT-23 (MCP4014)



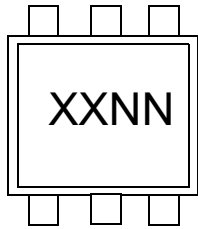
示例:



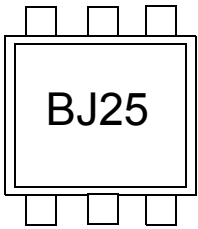
器件编号	代码
MCP4014T-202E/OT	JUNN
MCP4014T-502E/OT	JVNN
MCP4014T-103E/OT	JWNN
MCP4014T-503E/OT	JXNN

注： 适用于 5 引脚 SOT-23

6 引脚 SOT-23 (MCP4012 和 MCP4013)



示例:



器件编号	代码	
	MCP4012	MCP4013
MCP401xT-202E/CH	BJNN	BPNN
MCP401xT-502E/CH	BKNN	BQNN
MCP401xT-103E/CH	BLNN	BRNN
MCP401xT-503E/CH	BMNN	BSNN

注： 适用于 6 引脚 SOT-23

图注:	XX...X 客户信息
	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 JEDEC 无铅标志
	* 表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 ((e3)) 标示于此种封装的外包装上。
注:	Microchip 元器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信息的字符数。

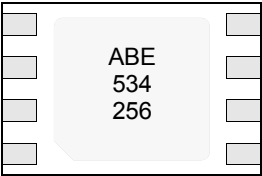
MCP4011/2/3/4

封装标识信息

8 引脚 DFN (2x3) (MCP4011)



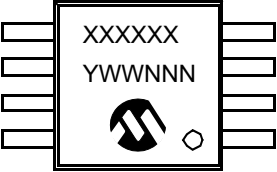
示例:



器件编号	代码
MCP4011T-202E/MC	ABE
MCP4011T-502E/MC	ABF
MCP4011T-103E/MC	ABG
MCP4011T-503E/MC	ABH

注： 适用于 8 引脚 DFN

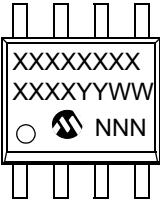
8 引脚 MSOP (MCP4011)



示例:



8 引脚 SOIC (150 mil) (MCP4011)



示例:



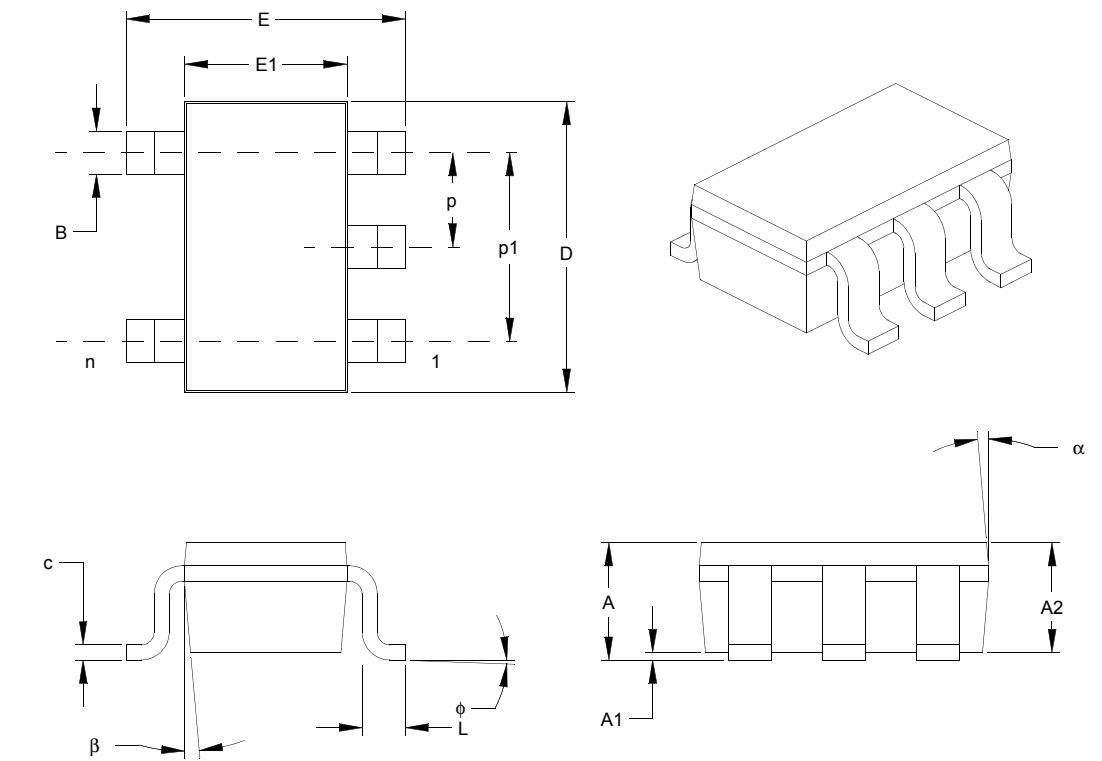
器件编码	代码 xx=
MCP4011-202E/ <u>xx</u>	22
MCP4011-502E/ <u>xx</u>	52
MCP4011-103E/ <u>xx</u>	13
MCP4011-503E/ <u>xx</u>	53

注： 适用于 8 引脚 MSOP 和 SOIC

图注: XX...X 客户信息
 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”)
 (e3)N 以字母数字排序的追踪代码
 * 雾锡 (Matte Tin, Sn) 的 JEDEC 无铅标志
 表示无铅封装。JEDEC 无铅标志 (e3) 标示于此种封装的外包装

注: Microchip 元器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信息的字符数。

5 引脚塑封小型晶体管（OT）（SOT-23）



单位		英寸 *			毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		5			5	
引脚间距	p		.038			0.95	
外部引脚间距（基本）	p1		.075			1.90	
总高度	A	.035	.046	.057	0.90	1.18	1.45
塑模封装厚度	A2	.035	.043	.051	0.90	1.10	1.30
悬空间隙	A1	.000	.003	.006	0.00	0.08	0.15
总宽度	E	.102	.110	.118	2.60	2.80	3.00
塑模封装宽度	E1	.059	.064	.069	1.50	1.63	1.75
总长度	D	.110	.116	.122	2.80	2.95	3.10
底脚长度	L	.014	.018	.022	0.35	0.45	0.55
底脚倾角	f	0	5	10	0	5	10
引脚厚度	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
引脚宽度	B	.014	.017	.020	0.35	0.43	0.50
塑模顶部锥度	a	0	5	10	0	5	10
塑模底部锥度	b	0	5	10	0	5	10

* 控制参数

注：

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.005 英寸（0.127 毫米）。

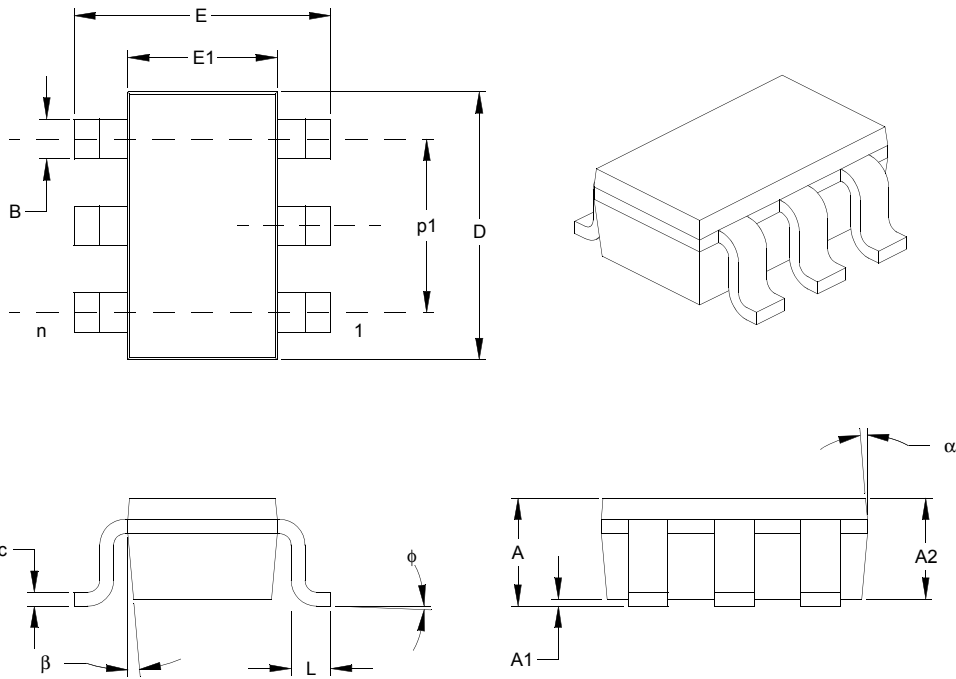
等同于 EIAJ 号：SC-74A

图号：C04-091

修订日期：09-12-05

MCP4011/2/3/4

6 引脚塑封小型晶体管（CH）（SOT-23）



单位		英寸*			毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	6			6		
引脚间距	p	.038 BSC			.95 BSC		
外部引脚间距	p1	.075 BSC			1.90 BSC		
总高度	A	.035	.046	.057	0.90	1.18	1.45
塑模封装厚度	A2	.035	.043	.051	0.90	1.10	1.30
悬空间隙	A1	.000	.003	.006	0.00	0.08	0.15
总宽度	E	.102	.110	.118	2.60	2.80	3.00
塑模封装宽度	E1	.059	.064	.069	1.50	1.63	1.75
总长度	D	.110	.116	.122	2.80	2.95	3.10
底脚长度	L	.014	.018	.022	0.35	0.45	0.55
底脚倾角	φ	0	5	10	0	5	10
引脚厚度	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
引脚宽度	B	.014	.017	.020	0.35	0.43	0.50
塑模顶部锥度	α	0	5	10	0	5	10
塑模底部锥度	β	0	5	10	0	5	10

* 控制参数

注:

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.005 英寸 (0.127 毫米)。

BSC: 基本尺寸。理论值, 不带公差。

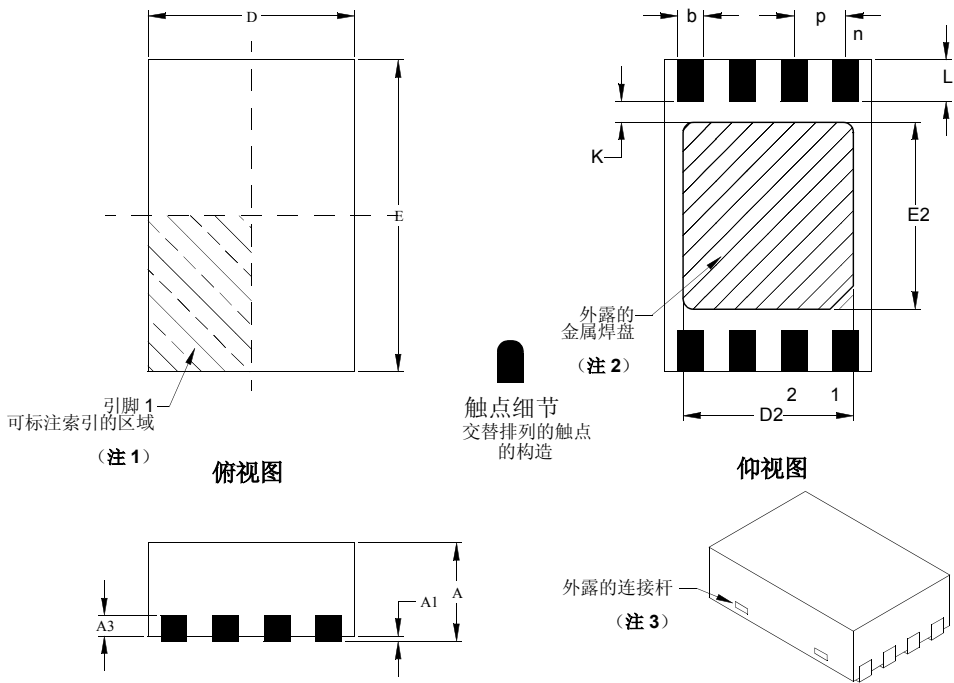
请参见 ASME Y14.5M

等同于 JEITA (前身为 EIAJ) 号: SC-74A

图号: C04-120

修订日期: 09-12-05

8 引脚塑封双列扁平无脚封装（MC）——主体 2x3x0.9 mm（DFN）（切割分离）



单位		英寸			毫米 *		
尺寸范围		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	8			8		
引脚间距	e	.020 BSC			.50 BSC		
总高度	A	.031	.035	.039	0.80	0.90	1.00
悬空间隙	A1	.000	.001	.002	0.00	0.02	0.05
触点厚度	A3	.008 REF.			.20 REF.		
总长度	D	.079 BSC			2.00 BSC		
总宽度	E	.118 BSC			3.00 BSC		
外露金属焊盘的长度	D2	.051	—	.069	1.30**	—	1.75
外露金属焊盘的宽度	E2	.059	—	.075	1.50**	—	1.90
触点长度 §	L	.012	.016	.020	0.30	0.40	0.50
触点至外露金属衬底的距离 §	K	.008	—	—	0.20	—	—
触点宽度	b	.008	.010	.012	0.20	0.25	0.30

* 控制参数

** 不在 JEDEC 参数内

§ 重要特性

注:

1. 引脚 1 的索引外观可以变化, 但必须位于阴影区域内。

2. 外露金属焊盘尺寸随管芯叶片大小而变化。

3. 封装的两端可能会有一个或多个外露连接杆。

BSC: 基本尺寸。理论值, 不带公差。

请参见 ASME Y14.5M

REF: 参考尺寸, 通常不带公差, 仅作为参考信息。

请参见 ASME Y14.5M

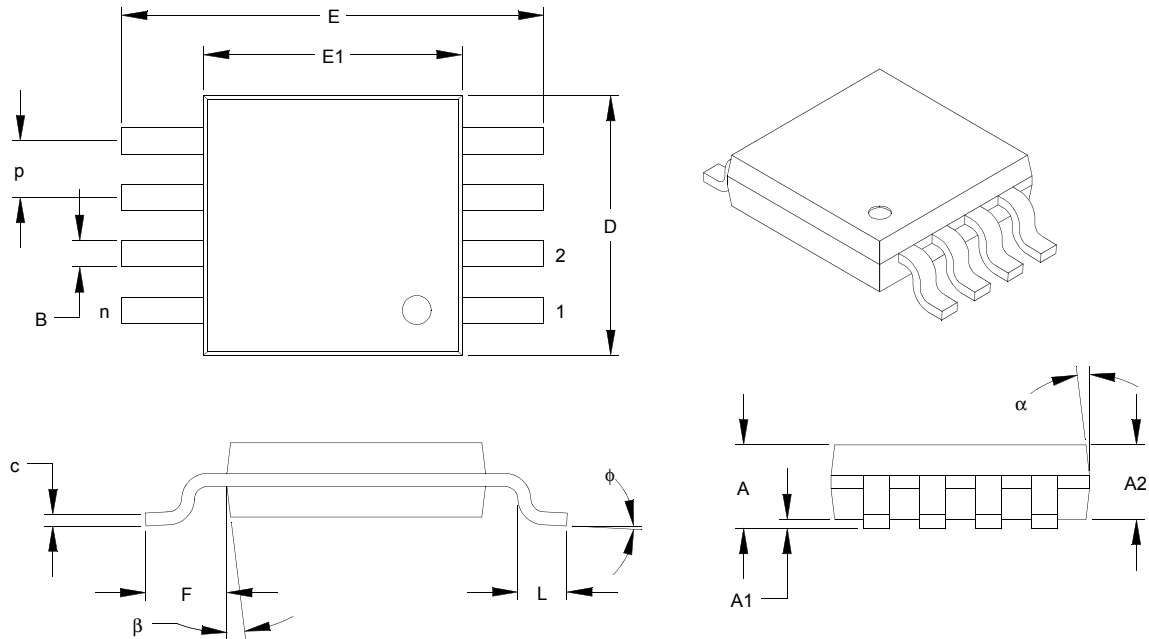
等同于 JEDEC 号: MO-229 VCED-2

图号: C04-123

修订日期: 09-12-05

MCP4011/2/3/4

8 引脚塑封微型封装（MS）（MSOP）



单位		英寸			毫米*		
尺寸范围		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n		8			8	
引脚间距	p	.026 BSC			.65 BSC		
总高度	A	-	-	.043	-	-	1.10
塑模封装厚度	A2	.030	.033	.037	0.75	0.85	0.95
悬空间隙	A1	.000	-	.006	0.00	-	0.15
总宽度	E	.193 BSC			4.90 BSC		
塑模封装宽度	E1	.118 BSC			3.00 BSC		
总长度	D	.118 BSC			3.00 BSC		
底脚长度	L	.016	.024	.031	0.40	0.60	0.80
斜面投影距离（参考）	F	.037 REF			.95 REF		
底脚倾角	φ	0°	-	8°	0°	-	8°
引脚厚度	c	.003	.006	.009	0.08	-	0.23
引脚宽度	B	.009	.012	.016	0.22	-	0.40
塑模顶部锥度	α	5°	-	15°	5°	-	15°
塑模底部锥度	β	5°	-	15°	5°	-	15°

* 控制参数

注：

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.010 英寸（0.254 毫米）。

BSC：基本尺寸。理论值，不带公差。

请参见 ASME Y14.5M

REF：参考尺寸，通常不带公差，仅作为参考信息。

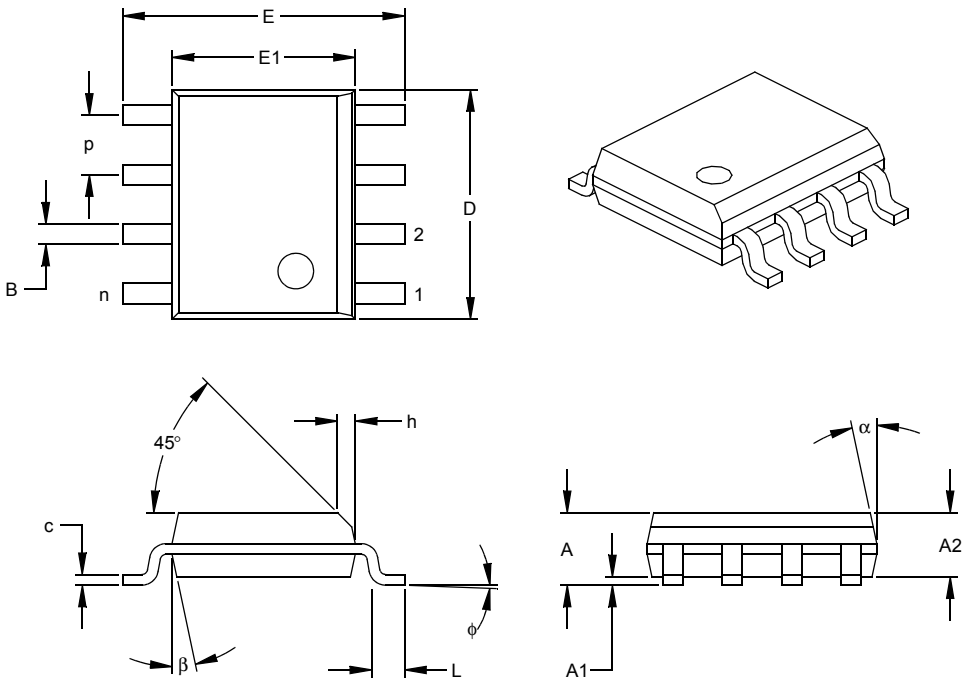
请参见 ASME Y14.5M

等同于 JEDEC 号：MO-187

图号：C04-111

修订日期：07-21-05

8 引脚窄条塑封小外形封装（SN）——150 mil（SOIC）



单位		英寸*			毫米		
尺寸范围		最小	正常	最大	最小	正常	最大
引脚数	n	8			8		
引脚间距	p		.050			1.27	
总高度	A	.053	.061	.069	1.35	1.55	1.75
塑模封装厚度	A2	.052	.056	.061	1.32	1.42	1.55
悬空间隙 §	A1	.004	.007	.010	0.10	0.18	0.25
总宽度	E	.228	.237	.244	5.79	6.02	6.20
塑模封装宽度	E1	.146	.154	.157	3.71	3.91	3.99
总长度	D	.189	.193	.197	4.80	4.90	5.00
倒棱距离	h	.010	.015	.020	0.25	0.38	0.51
底脚长度	L	.019	.025	.030	0.48	0.62	0.76
底脚倾角	φ	0	4	8	0	4	8
引脚厚度	c	.008	.009	.010	0.20	0.23	0.25
引脚宽度	B	.013	.017	.020	0.33	0.42	0.51
塑模顶部锥度	α	0	12	15	0	12	15
塑模底部锥度	β	0	12	15	0	12	15

* 控制参数

§ 重要特性

注：

尺寸 D 和 E1 不包括塑模毛边或突起。塑模每侧的毛边或突起不得超过 0.010 英寸（0.254 毫米）。

等同于 JEDEC 号：MS-012

图号：C04-057

注:

附录 A: 版本历史

版本 A (2005 年 11 月)

- 本文档的最初版本。

注:

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销售办事处联系。

器件编号	XXX	X	/XX
器件	电阻版本	温度范围	封装
器件:	MCP4011: 带有 U/D 接口的单电位器 MCP4011T: 带有 U/D 接口的单电位器 (卷带式) (SOIC 和 MSOP) MCP4012: 带有 U/D 接口的单变阻器 MCP4012T: 带有 U/D 接口的单变阻器 (卷带式) (SOT-23-6) MCP4013: 带有 U/D 接口的一端接地的单电位器 MCP4013T: 带有 U/D 接口的一端接地的单电位器 (卷带式) (SOT-23-6) MCP4014: 带有 U/D 接口的一端接地的单变阻器 MCP4014T: 带有 U/D 接口的一端接地的单变阻器 (卷带式) (SOT-23-5)		
电阻版本:	202 = 2.1 kΩ 502 = 5 kΩ 103 = 10 kΩ 503 = 50 kΩ		
温度范围:	E = -40°C 至 +125°C		
封装:	CH = 6 引脚塑封小型晶体管 MC = 8 引脚塑封双列扁平无脚封装 (2x3x0.9 mm) MS = 8 引脚塑封 MSOP SN = 8 引脚塑封 SOIC (主体 150 mil) OT = 5 引脚塑封小型晶体管		

示例:

- a) MCP4011-103E/MS: 10 kΩ 8 引脚 MSOP
b) MCP4011-103E/SN: 10 kΩ 8 引脚 SOIC
c) MCP4011T-103E/MC: 卷带式 10 kΩ 8 引脚 DFN
d) MCP4011T-103E/MS: 卷带式 10 kΩ 8 引脚 MSOP
e) MCP4011T-103E/SN: 卷带式 10 kΩ 8 引脚 SOIC
f) MCP4011-202E/MS: 2.1 kΩ 8 引脚 MSOP
g) MCP4011-202E/SN: 2.1 kΩ 8 引脚 SOIC
h) MCP4011T-202E/MC: 卷带式 2.1 kΩ 8 引脚 DFN
i) MCP4011T-202E/MS: 卷带式 2.1 kΩ 8 引脚 MSOP
j) MCP4011T-202E/SN: 卷带式 2.1 kΩ 8 引脚 SOIC
k) MCP4011-502E/MS: 5 kΩ 8 引脚 MSOP
l) MCP4011-502E/SN: 5 kΩ 8 引脚 SOIC
m) MCP4011T-502E/MC: 卷带式 5 kΩ 8 引脚 DFN
n) MCP4011T-502E/MS: 卷带式 5 kΩ 8 引脚 MSOP
o) MCP4011T-502E/SN: 卷带式 5 kΩ 8 引脚 SOIC
p) MCP4011-503E/MS: 50 kΩ 8 引脚 MSOP
q) MCP4011-503E/SN: 50 kΩ 8 引脚 SOIC
r) MCP4011T-503E/MC: 卷带式 50 kΩ 8 引脚 DFN
s) MCP4011T-503E/MS: 卷带式 50 kΩ 8 引脚 MSOP
t) MCP4011T-503E/SN: 卷带式 50 kΩ 8 引脚 SOIC
a) MCP4012T-202E/CH: 2.1 kΩ 6 引脚 SOT-23
b) MCP4012T-502E/CH: 5 kΩ 6 引脚 SOT-23
c) MCP4012T-103E/CH: 10 kΩ 6 引脚 SOT-23
d) MCP4012T-503E/CH: 50 kΩ 6 引脚 SOT-23
a) MCP4013T-202E/CH: 2.1 kΩ 6 引脚 SOT-23
b) MCP4013T-502E/CH: 5 kΩ 6 引脚 SOT-23
c) MCP4013T-103E/CH: 10 kΩ 6 引脚 SOT-23
d) MCP4013T-503E/CH: 50 kΩ 6 引脚 SOT-23

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《数字器件千年版权法案 (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，是您自身应负的责任。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。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Accuron、dsPIC、KEELOQ、microID、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PRO MATE、PowerSmart、rfPIC 和 SmartShunt 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

Amplab、FilterLab、Migratable Memory、MXDEV、MXLAB、SEEVAl、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、FlexROM、fuzzylAB、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Linear Active Thermistor、Mindi、MiWi、MPASM、MPLIB、MPLINK、PICkit、PICDEM、PICDEM.net、PICLAB、PICtail、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rfLAB、rfPICDEM、Select Mode、Smart Serial、SmartTel、Total Endurance、UNI/O、WiperLock 和 ZENA 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。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2006, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe、位于俄勒冈州 Gresham 及位于加利福尼亚州 Mountain View 的全球总部、设计中心和晶圆生产厂均于通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PICmicro® 8 位单片机、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。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。

全球销售及服务中心

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://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Alpharetta, GA
Tel: 1-770-640-0034
Fax: 1-770-640-0307

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

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

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
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: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8676-6200
Fax: 86-28-8676-6599

中国 - 福州
Tel: 86-591-8750-3506
Fax: 86-591-8750-3521

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

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: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 顺德
Tel: 86-757-2839-5507
Fax: 86-757-2839-5571

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

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7250
Fax: 86-29-8833-7256

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Gumi
Tel: 82-54-473-4301
Fax: 82-54-473-4302

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

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-646-8870
Fax: 60-4-646-5086

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: 43-7242-2244-3910
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 - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820