



MCP651

输入失调 评估板 用户指南

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。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. 的英文原本文档。

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、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、PIC³² 徽标、rfPIC 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、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 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、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Octopus、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICKtail、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、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。

© 2010, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-60932-350-9

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

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-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、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。

目录

前言	1
简介	1
文档编排	1
本指南中使用的约定	2
推荐读物	3
Microchip 网站	3
客户支持	3
文档版本历史	4
第 1 章 产品概述	
1.1 简介	5
1.2 工具包组件	5
1.3 用途	6
1.4 说明	6
第 2 章 安装与操作	
2.1 简介	11
2.2 所需工具	11
2.3 配置实验室设备和 PCB	12
2.4 工作条件	14
2.5 转换为其他参数	15
2.6 建立时间、噪声和采样率	17
第 3 章 可能进行的修改	
3.1 简介	19
3.2 MCP651 输入失调评估板支持的部件范围	19
3.3 适应其他 DUT 所需的更改	21
附录 A 原理图与布线图	
A.1 简介	25
A.2 原理图与布线图	25
A.3 电路板—原理图	26
A.4 电路板—顶部丝印层、顶部阻焊层和顶部金属层的组合图	27
A.5 电路板—顶部丝印层	28
A.6 电路板—顶部阻焊层和顶部金属层	29
A.7 电路板—底部金属层	30

MCP651 输入失调评估板用户指南

附录 B 物料清单 (BOM)

B.1 MCP651 输入失调评估板 BOM	31
B.2 适配器板 BOM	33
全球销售及服务网点	34

前言

客户须知

所有文档都会过时，本文档也不例外。Microchip 的工具和文档将不断演变以满足客户的需求，因此实际使用中有些对话框和 / 或工具说明可能与本文档所述之内容有所不同。请访问我们的网站 (www.microchip.com) 获取最新文档。

文档均标记有“DS”编号。该编号出现在每页底部的页码之前。DS 编号的命名约定为“DSXXXXXA”，其中“XXXXX”为文档编号，“A”为文档版本。

欲了解开发工具的最新信息，请参考 MPLAB® IDE 在线帮助。从 Help（帮助）菜单选择 Topics（主题），打开现有在线帮助文件列表。

简介

本章包含在使用 MCP651 输入失调评估板前需要了解的有用的一般信息。内容包括：

- 文档编排
- 本指南中使用的约定
- 推荐读物
- Microchip 网站
- 客户支持
- 文档版本历史

文档编排

本文档介绍了如何使用 MCP651 输入失调评估板。本手册的内容编排如下：

- **第 1 章“产品概述”**——有关 MCP651 输入失调评估板的重要信息。
- **第 2 章“安装与操作”**——介绍 MCP651 输入失调评估板的初始设置。其中列有所需的工具，并介绍了如何设置评估板以及如何连接实验室设备。然后，演示了该评估板的使用方法。
- **第 3 章“可能进行的修改”**——介绍如何针对 SOIC-8、PDIP-8 等封装内的其他 Microchip 单运放对评估板进行修改。
- **附录 A“原理图与布线图”**——介绍 MCP651 输入失调评估板的原理图与布线图。
- **附录 B“物料清单 (BOM)”**——列有用于组装 MCP651 输入失调评估板的部件。同时还列出了 ESD 包装内随电路板提供的可拆部件、替换元件以及未组装元件。

MCP651 输入失调评估板用户指南

本指南中使用的约定

本手册采用以下文档约定：

文档约定

说明	涵义	示例
Arial 字体:		
斜体字	参考书目	<i>MPLAB® IDE User's Guide</i>
	需强调的文字	... 仅有的编译器 ...
首字母大写	窗口	Output 窗口
	对话框	Settings 对话框
	菜单选项	选择 Enable Programmer
引用	窗口或对话框中的字段名	“Save project before build”
带右尖括号且有下划线的斜体文字	菜单路径	<i>File>Save</i>
粗体字	对话框按钮	单击 OK
	选项卡	单击 Power 选项卡
'bnnnn'	二进制数, <i>n</i> 是一个数字	'b00100, 'b10
尖括号 < > 括起的文字	键盘上的按键	按 <Enter>, <F1>
Courier 字体:		
常规 Courier	源代码示例	#define START
	文件名	autoexec.bat
	文件路径	c:\mcc18\h
	关键字	_asm, _endasm, static
	命令行选项	-Opa+, -Opa-
	位值	0, 1
	常数	0xFF, 'A'
斜体 Courier	可变参数	<i>file.o</i> , 其中 <i>file</i> 可以是任一有效文件名
0xn timer	十六进制数, <i>n</i> 是一个十六进制数字	0xFFFF, 0x007A
方括号 []	可选参数	mcc18 [options] <i>file</i> [options]
花括号和竖线: {}	选择互斥参数; “或”选择	errorlevel {0 1}
省略号 ...	代替重复文字	var_name [, var_name...]

推荐读物

本用户指南介绍如何使用 MCP651 输入失调评估板。下面列出了其他有用的文档。以下 Microchip 文档均已提供，并建议读者作为补充参考材料。

MCP6V01/2/3 数据手册，《300 μ A 自动调零运放》，DS22058C_CN

针对在 MCP651 输入失调评估板上执行信号处理和输出电压控制的运放系列产品，提供详细信息。

MCP651 数据手册，《具有 mCal 功能的 50 MHz、6 mA 运算放大器》，DS22146A_CN

针对在 MCP651 输入失调评估板上用作 DUT 的运放系列产品，提供详细信息。

AN1177 应用笔记，“Op Amp Precision Design: DC Errors”，DS01177

论述如何在运放电路中获得高直流精度。还论述了运放的输入失调电压 (V_{OS})、CMRR、PSRR、开环增益以及随温度产生的 V_{OS} 漂移之间的关系。

AN1258 应用笔记，“Op Amp Precision Design: PCB Layout Techniques”，DS01258

论述如何布置 PCB 才能在运放电路中获得高直流精度。还论述了其他与 PCB 相关的精度问题。

《8 引脚 SOIC/MSOP/TSSOP/DIP 评估板用户指南》，DS51544A_CN

介绍了 SOIC8EV 评估板的使用方法。

MICROCHIP 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。只要使用常用的因特网浏览器即可访问。网站提供以下信息：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和样本程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及存档软件
- **一般技术支持**——常见问题 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (FAE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师 (FAE) 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 <http://support.microchip.com> 获得网上技术支持。

文档版本历史

版本 A（2009 年 5 月）

- 本文档的初始版本。

第 1 章 产品概述

1.1 简介

MCP651 输入失调评估板可通过以下方式描述：

- 组件号：102-00258-R2
- 订货号：MCP651EV-VOS
- 名称：MCP651 输入失调评估板

本章所讨论的内容包括：

- 工具包组件
- 用途
- 说明

1.2 工具包组件

- 一块 MCP651 输入失调评估板，102-00258-R2
- 重要信息“使用前必读”



图 1-1: MCP651 输入失调评估板工具包组件。

1.3 用途

MCP651 输入失调评估板为测量各种工作条件下 MCP651 输入失调评估板运放的输入失调电压提供简易的方法。测得的输入失调电压 (V_{OST}) 包括数据手册中指定的输入失调电压 (V_{OS})，以及受以下因素影响产生的变化量：电源电压 ($PSRR$)、共模电压 ($CMRR$)、输出电压 (A_{OL})、随温度产生的输入失调电压漂移 ($\Delta V_{OS}/\Delta T_A$) 以及 $1/f$ 噪声。

MCP651 输入失调评估板在室温 (25°C 左右) 条件下的效率最高。其他温度下的测量应在烘箱中进行，其中的气流速度已降至最低。

1.4 说明

本节首先介绍 MCP651 数据手册所述的 DUT 偏压向板上电压的转换。之后，将对控制 DUT 输出电压 (V_{OUTX}) 并放大其总输入失调电压 (V_{OST}) 的电路进行讨论。最后，将对电路的其他部分及相应用途进行讨论。在附录 A “原理图与布线图” 和附录 B “物料清单 (BOM)” 中给出了该板的完整详细信息。

1.4.1 偏压的转换

MCP651 数据手册介绍了其相对于 V_{SS} (假设已接地，即 $0V$) 的全部偏压。另一方面，MCP651 输入失调评估板将 DUT 的输入共模电压设为 $0V$ 。用户需要将第一套电压转换为第二套 (减去 V_{CM})：

表 1-1: 偏压的转换

数据手册偏压 (V)	转换公式	评估板偏压 (V)
V_{CM}	$V_{CM} - V_{CM}$	$V_{CMX} = 0V$
V_{DD}	$V_{DD} - V_{CM}$	V_{DDI}
V_{SS}	$V_{SS} - V_{CM}$	V_{SSI}
V_{OUT}	$V_{OUT} - V_{CM}$	V_{OUTX}
V_L	$V_L - V_{CM}$	V_{LX}
V_{CAL}	$V_{CAL} - V_{CM}$	V_{CALX}

可利用 MCP651 的典型静态电流 ($I_Q = 6\text{ mA}$) 估算电源电压 V_{DDX} 和 V_{SSX} 。

公式 1-1:

$V_{DDX} = V_{DDI} + I_Q(10\Omega) \approx V_{DDI} + 60\text{ mV}$ $V_{SSX} = V_{SSI} - I_Q(10\Omega) \approx V_{SSI} - 60\text{ mV}$

1.4.2 简化的电路和操作

图 1-2 是简化的电路图，该电路使 DUT 获得偏压，并产生放大版的 DUT 输入失调电压 (V_{OST})。电路包含输入端增益、比例积分 (Proportional plus Integral, PI) 控制器回路、高增益放大器以及滤波器。

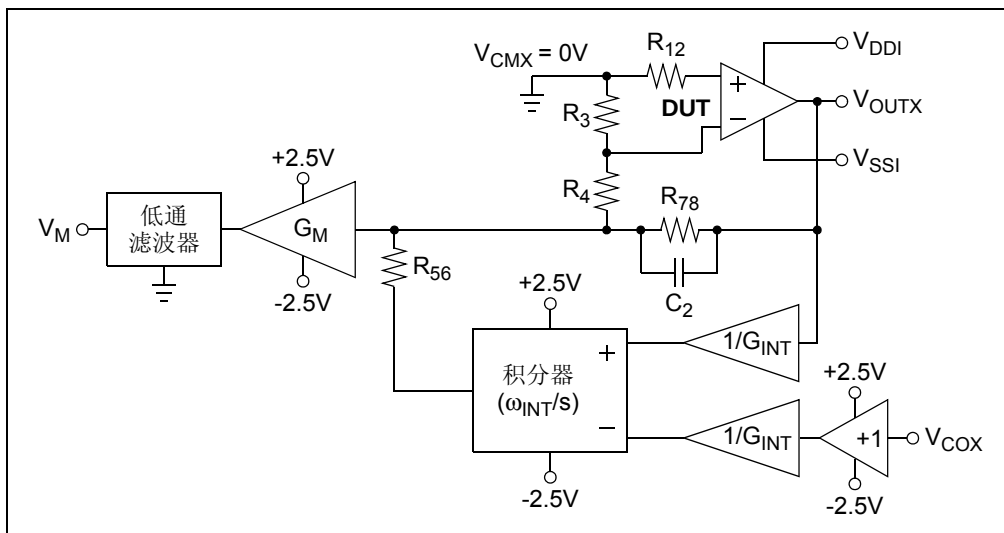


图 1-2: 简化的电路。

图 1-2 中的元件与完整原理图 (A.3 “电路板—原理图”) 中元件的对应关系如下。

表 1-2: 原理图元件的转换

完整的原理图 元件	简化的原理图 元件	转换 公式	典型值 (注 1)
R1, R2	R_{12}	$= R1 \parallel R2$	$\approx 196.1\Omega$
R3	R_3	$= R3$	$\approx 200.0\Omega$
R4	R_4	$= R4$	$\approx 10.00\text{ k}\Omega$
R5, R6	R_{56}	$= R5 + R6$	$\approx 8.04\text{ k}\Omega$
R7, R8	R_{78}	$= R7 + R8$	$\approx 40.0\text{ k}\Omega$
C2	C_2	$= C2$	$\approx 22\text{ nF}$
U1	“DUT”	—	—
U2	“+1 缓冲器”	—	—
R11, R12	“ $1/G_{INT}$ ”	$= R11 / (R11 + R12)$	$\approx 1 / (3.213\text{ V/V})$
R13, R14		$= R13 / (R13 + R14)$	$\approx 1 / (3.213\text{ V/V})$
U3, R11, R12, C6	“积分器 (ω_{INT}/s)”	$\omega_{INT} = 1 / ((R11 \parallel R12)C6)$	$\approx 2\pi (10.3\text{ Hz})$
U3, R17, C7		$\omega_{INT} = 1 / (R17 \cdot C7)$	$\approx 2\pi (10.4\text{ Hz})$
U4, R23, R24, R25, R26, S2	“ G_M ”	$= 1 + R24 / R23$	$\approx 3.941\text{ V/V}$, S2 闭合
		$= 1 + (R24 + R25 + R26) / R23$	$\approx 39.18\text{ V/V}$, S2 断开
R28, C12	“低通滤波器 (ω_{BW})”	$\omega_{BW} = 1 / (R28 \cdot C12)$	$\approx 2\pi (1.59\text{ Hz})$

注 1: 置于右侧时 (低增益)，开关 S2 上档闭合，置于左侧时 (高增益)，开关 S2 上档断开。

分析该简化电路可得出以下标称电路输出：

公式 1-2:

$$V_{OUTX} \approx V_{COX}$$
$$V_M \approx G_A G_M V_{OST}$$

其中：

$$G_A = 1 + R_4/R_3 \approx 51.00 \text{ V/V}$$
$$G_A G_M \approx 201.0 \text{ V/V, S2 (1 档) 闭合}$$
$$\approx 1998 \text{ V/V, S2 (1 档) 断开}$$

R_1 和 R_2 (R_{12}) 在 DUT 输入端起平衡电路作用。这些电阻很小，它们在印刷电路板 (Printed Circuit Board, PCB) 上的布线可消除热电动势的影响。并联电阻 $R_1 \parallel R_2$ 和 $R_3 \parallel R_4$ 的值相等，可以将 DUT 的输入偏置电流对测得的 V_{OST} 的作用降到最小 (R_5 至 R_8 产生的作用不会影响 V_M)；+125°C 下 I_{OS} 的典型值为 $\pm 100 \text{ pA}$ ，这会使 V_{OST} 产生 $\pm 0.02 \text{ }\mu\text{V}$ 的变化。

单位增益缓冲器（右下方的 +1 增益）将 V_{COX} 输入滤波器与其后的衰减器和积分器隔离。图中并未显示“+1 缓冲器”输入端的电阻 R_{14} ，但该电阻可确保 V_{COX} 连接器浮空时的输出电压为 0V。

衰减器 ($1/G_{INT}$) 对 V_{COX} 和 V_{OUTX} 进行调节，这样它们的值不会使运放 U_2 和 U_3 (“+1 缓冲器”和“积分器”) 过载。例如，当 $V_{OUTX} = 5.6\text{V}$ (假设 $V_{SSI} = 0.3\text{V}$ ， $V_{DDI} = 5.8\text{V}$ 时)，衰减器 ($1/G_{INT}$) 输出端的电压为 1.80V。

差分积分器对 V_{COX} 和 V_{OUTX} 的调整后差值进行累加，这会使差值逐渐变为零 (PI 控制器的 I 部分)。电阻 R_{56} 通过 R_4 和 R_3 将积分器的输出引入到 DUT 的输入，从而将 V_{OUTX} 的误差降至最小。

同时还通过电阻 R_{78} 将比例项 (PI 控制器的 P 部分) 引入到 DUT 的输入端；这样会使控制回路稳定 (超过 16 Hz，积分项可忽略不计)。此外，还会设置一个约为 505 V/V 的低频 DUT 噪声增益。该比例项通过 C_2 从 0.18 kHz 开始锐减；这样的频率对于不与积分项相互作用已经足够大，而对于保持 DUT 稳定也已足够小。因此， C_2 可在较高频率减小噪声增益，从而减少多余的反馈影响。

凭借 201 V/V 或 1998 V/V 的总增益 $G_A G_M$ ，该电路可以测量最大 $\pm 12.4 \text{ mV}$ 或 $\pm 1.25 \text{ mV}$ 的 V_{OST} 值。分辨率为 1 mV 的电压计可以分别识别 5 μV 或 0.5 μV 的阶跃。

G_M 输入端出现的 DUT 噪声的噪声功率带宽 (Noise Power BandWidth, NPBW) 是由 R_{78} 和 C_2 设置的 (0.28 kHz)。这表示该噪声由 1/f 噪声主导控制。在该 1/f 噪声出现在 V_M 之前，低通滤波器 ($f_{BW} \approx 1.6 \text{ Hz}$) 会使其再减小一些。使用典型部件时，在 140 秒内测得的噪声值大约为 19 μV_{P-P} ，(称为 RTI 输入)。这与 MCP651 校正后的 V_{OS} 参数 ($\pm 200 \text{ }\mu\text{V}$ ，在 +25°C 时最大) 相比更有优势。

1.4.3 DUT 偏压输入

图 1-3 显示了基本的 DUT 偏压电路，输入引脚已经在前文中讨论过，该图中并未显示 ($V_{CMX} = 0V$)。

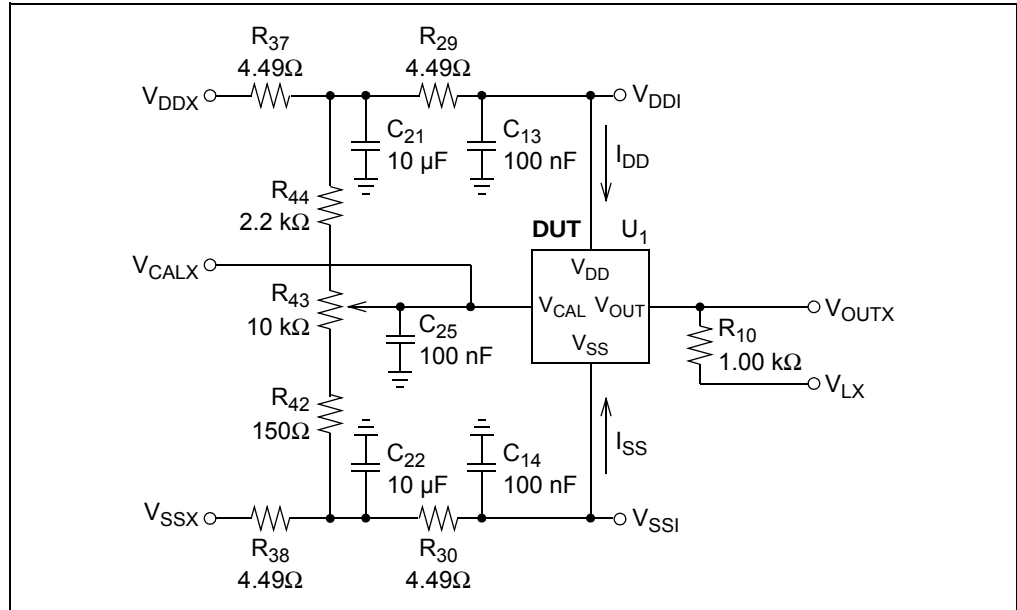


图 1-3: DUT 偏压电路。

实验室电源连接到 V_{DDX} 和 V_{SSX} 。电阻 R_{29} 、 R_{30} 、 R_{37} 和 R_{38} ，以及电容 C_{13} 、 C_{14} 、 C_{21} 和 C_{22} 可将来自板上其他运放的串扰降至最小。因为 MCP651 的静态电流在 3 mA 至 9 mA 之间，所以实际电源电压 (V_{DDI} 和 V_{SSI}) 存在 30 mV 至 90 mV 的差异。 I_{DD} 和 I_{SS} 可通过以下公式计算 (I_{SS} 为负值)：

公式 1-3:

$$I_{DD} = \frac{V_{DDX} - V_{DDI}}{10\Omega}$$

$$I_{SS} = \frac{V_{SSX} - V_{SSI}}{10\Omega}$$

处于校正模式时，DUT 的 V_{CAL} 引脚会设置其内部共模电压 (MCP651 的 V_{CMX})。因此，当 V_{CMX} (该板上为 0V) 等于 V_{CALX} 时 DUT 的失调 (V_{OS}) 较小。

RCAL 电位计 (POT 或 R_{43}) 可通过电阻 R_{42} 和 R_{43} 设置 V_{CALX} 。所选的值可以使 POT 覆盖指定的 V_{CALX} 范围，还会超出一些。将电压计连接到 V_{CALX} 上，即可对 POT 进行精确设置。请注意，也可使用外部电压源 (滑臂应调至中档，但并非必须) 驱动 V_{CALX} 。

如前文所述，PI 控制回路中的积分器会将 V_{OUTX} 设置成与 V_{COX} 相等。如果 V_{COX} 等于或超出 V_{SSI} 或 V_{DDI} ，则回路会强制 V_{OUTX} 达到相应的电源电压。

负载电阻 (R_L 或 R_{10}) 与外部供电电压 V_{LX} 之间存在偏压。通常将 V_{LX} 设为中度供电。 V_{LX} 连接可以浮空，这会将 V_{OUTX} 的负载降至最小 (约 40 kΩ)。

1.4.4 CAL 输入

通常，会通过电阻 R_{20} 和 R_{21} 使 DUT 的 $\overline{\text{CAL/CS}}$ 输入引脚的电压保持在 V_{SSX} ，这样会使 MCP651 处于正常工作模式。用户闭合 S_1 时， R_{20} 会将 $\overline{\text{CAL/CS}}$ 上拉到 V_{DDX} （经过由 R_{20} 和 C_9 设定的时间后），以使 MCP651 进入低功耗工作模式。断开 S_1 就会使 $\overline{\text{CAL/CS}}$ 恢复到 V_{SSX} （经过由 R_{20} 、 R_{21} 和 C_9 设定的时间后），时间常量 $(R_{20} + R_{21})C_9$ 为 0.11 秒，这个时间足以消除 S_1 的尖峰脉冲。请注意，DUT 要进入校正模式时以及正处于校正模式时（ $\overline{\text{CAL/CS}}$ 降低后最多经过 4 ms），电源电压应保持恒定。

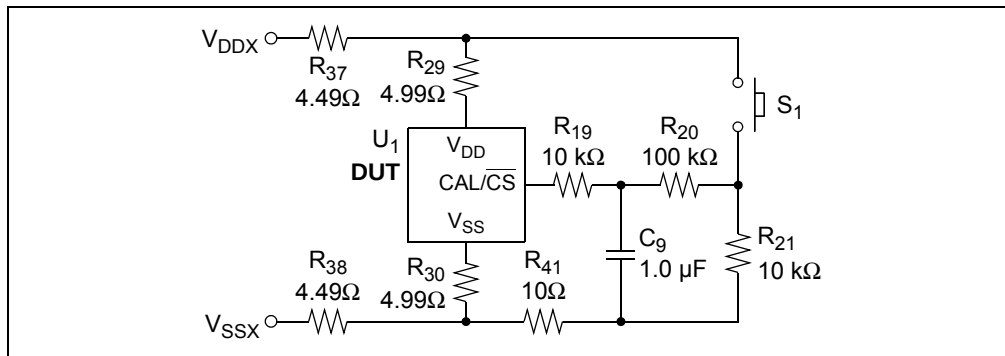


图 1-4: CAL 开关和抗尖峰脉冲电路。

1.4.5 其他运放的偏压输入

其他运放（ U_2 、 U_3 和 U_4 ）依靠以接地点为中心对称的双电源运行。该设计假设电源电压为 $\pm 2.5\text{V}$ ，这样可获得最佳性能。电源电压可低至 $\pm 0.9\text{V}$ ，这样仍能保持 MCP6V01 正常工作，但会减小 V_{COX} 和 V_{M} 可能值的范围。

1.4.6 输出

连接器 V_{CALX} 将输出由 POTRCAL 设置的电压。 V_{DDI} 和 V_{SSI} 用于测量 DUT 的实际电源电压，并对电源电流 I_{DD} 和 I_{SS} 进行估值。 V_{OUTX} 是 DUT 的输出电压，它仅用于验证电路是否正常工作。 V_{M} 是最重要的输出，它是 V_{OST} 与 201 V/V 或 1998 V/V 的乘积。

第 2 章 安装与操作

2.1 简介

本章介绍如何设置和操作 MCP651 输入失调评估板。本章所讨论的内容包括：

- 所需工具
- 配置实验室设备和 PCB
- 工作条件
- 计算 DUT 参数
- 建立时间、噪声和采样率

2.2 所需工具

- (1 个或 2 个) 带两个跟踪输出的实验室电源
 - 一个用于 +2.5V、GND、-2.5V
 - 另一个用于 V_{DDX} 、GND、 V_{SSX} (可调整至 $\pm 7.0V$ ；如果 $V_{DDX} = 2.5V$ 且 $V_{SSX} = -2.5V$ ，则为可选)
- (0 到 3 个) 独立的实验室电源
 - 驱动 V_{CALX} 、 V_{LX} 和 V_{COX} (可仅使用部分或全不使用，在下一节将有说明)
 - 可调整至 $\pm 7.0V$
- (1 个或 2 个) 电压计
 - 测量 V_M 、 V_{OUTX} (后者仅用于排除故障)
 - 1 mV 的分辨率
 - -6V 到 +6V 的最小量程
 - 差分测量 (例如，手持电压计)

2.3 配置实验室设备和 PCB

实验室设备与该板的连接方式如图 2-1 所示。实验室设备可通过（表面贴装）测试点连接到这些电路板。

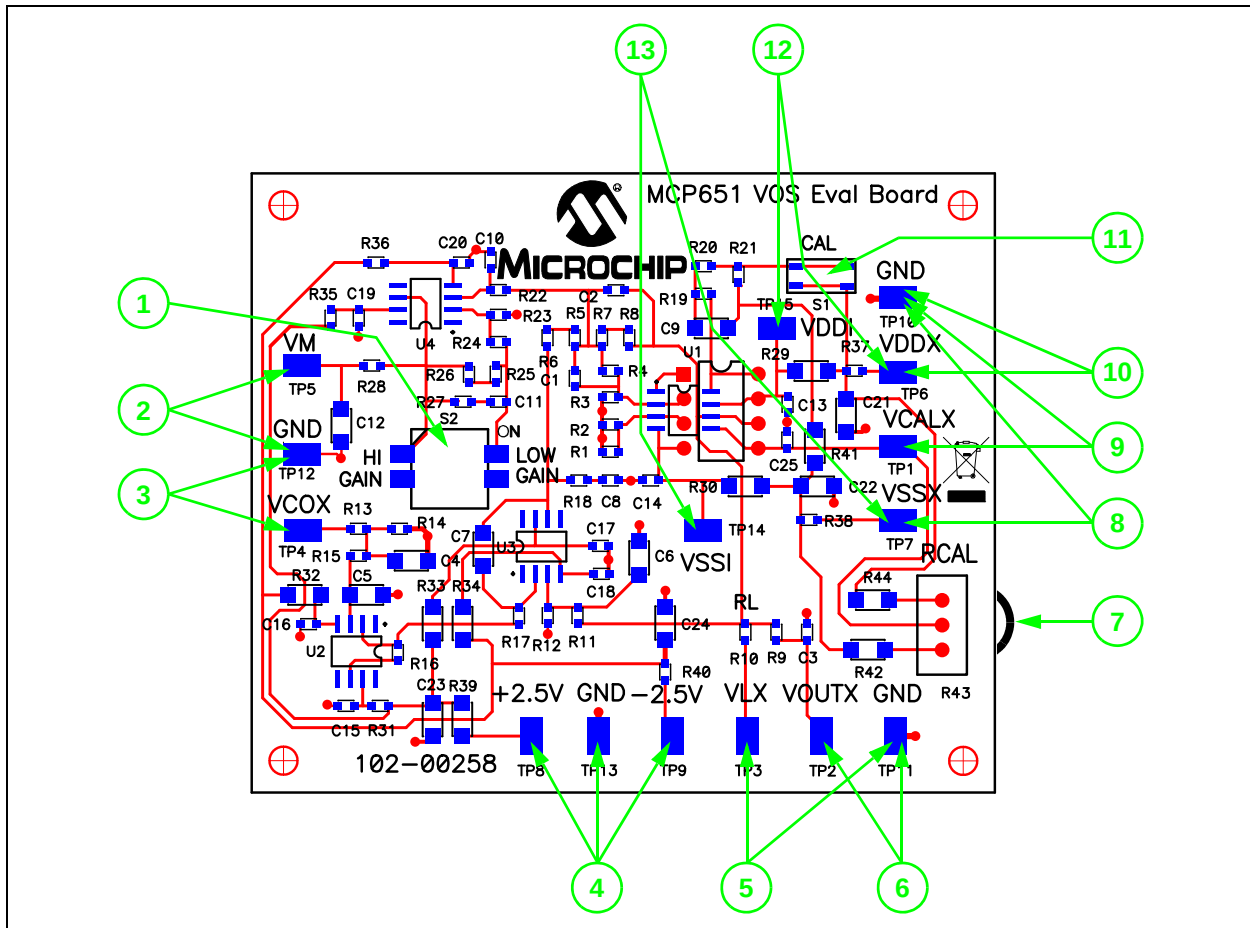


图 2-1: MCP651 输入失调评估板的实验室设备连接和配置开关。

图 2-1 中的箭头和号码分别表示：

1. 增益设置开关 – 上档 (# 1)
 - a) 置于右侧 (ON) 为低增益 ($G_M = 201 \text{ V/V}$)。
 - b) 置于左侧为高增益 ($G_M = 1998 \text{ V/V}$)。
2. 测量 VM 的电压计
 - a) 给出放大的失调电压 ($G_A G_M V_{OST}$)。
3. VCOX 的电源
 - a) 可浮空 (强制 $V_{OUTX} = 0\text{V}$)。
 - b) 设置在 VSSI 和 VDDI 之间。
4. 有 GND 的 $\pm 2.5\text{V}$ 电源
 - a) 设置在 +2.5V 和 -2.5V (性能最佳)。
5. VLX (负载电阻的偏置点) 的电源
 - a) 可浮空 (实验室电源较少; $R_L = 40 \text{ k}\Omega$)。
 - b) 可通过跳线短接至 GND ($VLX = 0\text{V}$, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$)。
 - c) 可连接到外部实验室电源 ($R_L = 1 \text{ k}\Omega$)。

6. 测量 VOUTX 的电压计
 - a) 通常不使用（主要用于验证 DUT 和电路板）。
7. POT (RCAL) 拨轮（用于调整 VCALX）
 - a) 顺时针 (ClockWise, CW) 旋转可提高 VCALX。
 - b) 逆时针 (Counter-ClockWise, CCW) 旋转可降低 VCALX。
 - c) 通常设置在中间。
 - d) 可使用接在 VCALX 的外部电源或跳线进行超驰（请参见下面的第 9 条）。
8. VSSX 的电源
 - a) 最小值约为 $VDDX - (\text{DUT 的最大工作电源电压}) - (\text{电源线电阻上的压降 } 0.12V)$ 。
 - b) 最大值为 $+0.3V$ (V_{CMX} 低于负电源轨 $0.3V$ 时)。
 - c) 当 $VSSX = -2.5V$ 且 $VDDX = +2.5V$ 时，可通过跳线连接到 $-2.5V$ 的电源（实验室电源较少）。
9. VCALX 的电源
 - a) 通常不连接 (RCAL 设置 V_{CALX} ；实验室电源较少)。
 - b) 可通过跳线短接至 GND（实验室电源较少； $V_{CALX} = V_{CMX} = 0V$ ）。
 - c) 可连接到外部实验室电源（最好将 RCAL 设置为中等供电，但并非必须）。
10. VDDX 的电源
 - a) 最小值为 $-0.3V$ (V_{CMX} 高于正电源轨 $0.3V$ 时)。
 - b) 最大值约为 $VSSX + (\text{DUT 的最大工作电源电压}) + (\text{电源线电阻上的压降 } 0.12V)$ 。
 - c) 当 $VSSX = -2.5V$ 且 $VDDX = +2.5V$ 时，可通过跳线连接到 $+2.5V$ 的电源（实验室电源较少）。
11. CAL 开关
 - a) 按下可启动校正序列（用设置为 VCALX 的内部共模电压校正 DUT 的 V_{OST} ）。
 - b) 完成校正会有大约 4 ms 的延迟，而且电路也需要零点几秒以达到稳定。
12. 用于 VDDI 和 VDDX 的电压计（测量 I_{DD} ）
 - a) 测量 $\Delta V = V_{DDX} - V_{DDI}$ 。
 - b) 计算 $I_{DD} = \Delta V / (10\Omega)$ 。
13. 用于 VSSI 和 VSSX 的电压表（测量 I_{SS} ）
 - a) 测量 $\Delta V = V_{SSX} - V_{SSI}$ 。
 - b) 计算 $I_{SS} = \Delta V / (10\Omega)$ ；（这是一个负值）

注： 为达到最佳精度并且易于使用，请将 VCALX 短接至 GND，并根据校正期间所期望的偏置电压设置其他电压，然后启动 DUT 内的校正事件（按下 S1）。随后改变偏置点，观察 V_{OST} 是如何变化的。

MCP651 输入失调评估板用户指南

2.4 工作条件

MCP651 输入失调评估板在室温（25°C 左右）条件下的效率最高。其他温度下的测量应在烘箱中进行，其中的气流速度已降至最低。表 2-1 显示了各种 DUT 电压（与数据手册内容相同）、对应的标称值和范围以及如何转换为 MCP651 输入失调评估板所需的电压。

表 2-1: 电路板的电压转换

单电源电压 (V)			转换 公式 (V)
数据手册 符号	标称值	范围	
V_{DD}	2.5 或 5.5	2.5 至 5.5	$V_{DDX} \leftarrow V_{DD} - V_{CM}$
V_{SS}	0	0	$V_{SSX} \leftarrow V_{SS} - V_{CM}$
V_{CM}	$V_{DD}/3$	$V_{SS} - 0.3$ 至 $V_{DD} - 1.3$ (注 1)	$0 \leftarrow V_{CM} - V_{CM}$
V_{OUT} (注 2)	$V_{DD}/2$	$V_{SS} + 0.2$ 至 $V_{DD} - 0.2$	$V_{OUTX} \leftarrow V_{OUT} - V_{CM}$
V_L	$V_{DD}/2$	V_{SS} 至 V_{DD}	$V_{LX} \leftarrow V_L - V_{CM}$
V_{CAL}	$V_{DD}/3$ (注 3)	$V_{SS} + 0.1$ 至 $V_{DD} - 1.4$	$V_{CALX} \leftarrow V_{CAL} - V_{CM}$
$\overline{CAL/CS}$	V_{SS}	V_{SS} 至 V_{DD}	(注 4)

注 1: $T_A = +25^\circ\text{C}$ 时。请参见数据手册，了解 V_{CM} 范围随 T_A 的变化情况。

2: 将期望的 V_{OUT} 电压设置在 V_{COX} 输入；然后，积分器会强制 V_{OUT} 达到相同电压。

3: V_{CAL} 引脚浮空时。然而，由于该电路板始终连接 POT (R43)，因此 V_{CALX} 永远不会真正浮空。

4: 电路强制 $\overline{CAL/CS}$ 处于其范围之内（只要 CAL 开关激活时电源电压保持不变）。通常，这部分为开启状态。

5: 这些数字针对的是 MCP651 运放。

给 MCP651 输入失调评估板上电后，可设置开关执行所需操作。按下 S1（常闭按钮开关）时，将在 DUT 内部启动校正事件（CAL）。S2（上档）可将放大器（ G_M ）的增益设置为高或低。有关详细信息，请参见表 2-2。

表 2-2: 开关操作

开关	输入	结果
S1	无输入	常规操作
	按下	在 DUT 内启动校正事件
S2	上开关置于左侧	高增益（1998 V/V）
	上开关置于右侧	低增益（201 V/V）
	（下开关）	（无影响）

增益通常设置为低。改变 DUT 的偏置点之前，可在校正事件过后立即设置高增益，以便校正后的失调电压可以得到更为准确的结果。

POT (R_{CAL} 或 R_{43}) 用于调整 V_{CALX} 。该电压即为校正事件（通过按下 S1 启动）期间设置的 DUT 的共模输入电压。只有在按下 CAL 开关（S1）后，调整该 POT 才会影响电路的行为。

2.5 转换为其他参数

2.5.1 计算 DUT 参数

可根据测量结果计算出 DUT 的总输入失调电压 (V_{OST})，如公式 2-1 所示。

公式 2-1:

$$V_{OST} = V_M / (G_A G_M)$$

改变 DUT 的偏置电压或环境温度会改变 V_{OST} 。Microchip 的应用笔记 AN1177 详细论述了 V_{OST} 的变化与数据手册中的规范之间的联系。以下内容对结果进行了概括：

- 指定的输入失调电压：
 - V_{OS} = 指定偏置点的输入失调
- 直流共模抑制比：
 - $CMRR = \Delta V_{CM} / \Delta V_{OS}$
- 直流电源抑制比：
 - $PSRR = (\Delta V_{DD} - \Delta V_{SS}) / \Delta V_{OS}$
- 直流开环增益：
 - $A_{OL} = \Delta V_{OUT} / \Delta V_{OS}$
- 随温度产生的输入失调漂移：
 - $\Delta V_{OS} / \Delta T_A$

注： 数据手册输入失调电压 (V_{OS}) 规范仅适用于某一偏置点和温度的情况。总输入失调电压 (V_{OST}) 包括 V_{OS} 以及由偏置电压和温度变化导致的输入失调的改变。

例 2-1 给出了 V_{OST} 如何随共模输入电压 (V_{CM}) 变化的示例。

例 2-1: 共模变化示例

假设：

$$\begin{aligned} V_{OST} &= 0.5 \text{ mV}, & V_{CM} &= 0 \text{ V} \\ V_{OST} &= 1.0 \text{ mV}, & V_{CM} &= 5 \text{ V} \end{aligned}$$

则：

$$\begin{aligned} \Delta V_{OST} &= 0.5 \text{ mV} \\ \Delta V_{CM} &= 5.0 \text{ V} \\ CMRR &= 5.0 \text{ V} / 0.5 \text{ mV} \\ &= 10 \text{ V/mV} \\ &= 80 \text{ dB} \end{aligned}$$

2.5.2 应用

表 2-3 列出了一个可能的测量模型，使得用户可以估计 DUT 的关键参数。显然， V_{DD} 和 V_{CAL} 可以选择其他值。

表 2-3: 测量模型

工作输入						测量（注 1）				
T _A (°C)	V _{DD} (V)	V _{OUT} (V)	V _{CM} (V)	G _M (V/V)	符号	备注				
+25	5.5	2.75	1.83	40	V _{M1}	V _{OS} 和 PSRR				
			-0.30	4	V _{M2}	CMRR				
			4.20		V _{M3}	CMRR				
		0.20	V _{M4}		A _{OL}					
		5.30	V _{M5}		A _{OL}					
		2.5	1.25		0.83	V _{M6}	V _{OS} 和 PSRR			
	-0.30				V _{M7}	CMRR				
	1.20				V _{M8}	CMRR				
	0.20		0.83		V _{M9}	A _{OL}				
					2.30	V _{M10}	A _{OL}			
					-40	5.5	2.75	1.83	V _{M11}	温度条件下的 V _{OS} 和 ΔV _{OS} /ΔT _A
									+85	
	+125	V _{M13}								

注 1: 执行这些测量之前，将 DUT 设置到用于 V_{M1} 的偏置点。将 V_{CALX} 短接至 GND。然后使用 S1 启动校正（CAL）事件。测量 V_{M1} ，然后针对后续的各次测量改变工作条件；在完成所有测量以前，不要再启动其他校正事件。

根据这些测量结果可做如下估计，其中，可通过测得的 V_{Mk} 值计算得出 V_{OST_k} 的值（见公式 2-1）：

表 2-4: 估算

工作输入		估算	
V_{DD} (V)	T_A (°C)	公式	单位
1.8 和 5.5	+25	$1/PSRR = (V_{OST_1} - V_{OST_6}) / (3.0V)$	$\mu V/V$
5.5	-40	$V_{OS} = V_{OST_11}$	μV
	+25	$V_{OS} = V_{OST_1}$	μV
	+85	$V_{OS} = V_{OST_12}$	μV
	+125	$V_{OS} = V_{OST_13}$	μV
	-40 至 +125	$\Delta V_{OS}/\Delta T_A = (V_{OST_13} - V_{OST_11}) / (165^\circ C)$	$\mu V/^\circ C$
	+25	$1/CMRR = (V_{OST_3} - V_{OST_2}) / (4.5V)$	$\mu V/V$
		$1/A_{OL} = (V_{OST_5} - V_{OST_4}) / (5.1V)$	$\mu V/V$
1.8	+25	$V_{OS} = V_{OST_6}$	μV
		$1/CMRR = (V_{OST_8} - V_{OST_7}) / (1.5V)$	$\mu V/V$
		$1/A_{OL} = (V_{OST_10} - V_{OST_9}) / (2.1V)$	$\mu V/V$

显然，只需适当调整这些公式，即可使用 T_A 、 V_{DD} ... 的其他值。

2.6 稳定时间、噪声和采样率

在 DUT 的输入和 VM 之间，信号（DUT 的 V_{OST} 和噪声电压）的带宽主要由 VM 测试点（TP5）的低通滤波器设置；该带宽约为 1.6 Hz。该带宽将 VM 处的稳定时间（在 DUT 的偏置点改变以后）设置为大约 0.6 秒。

测量结果里的噪声是 DUT 的输入噪声电压通过了同一个 1.6 Hz 低通滤波器所产生的。由于 MCP651 的 $1/f$ 噪声在如此低的频率下起主导作用，因此 V_{OST} 将随时间产生漂移。该 $1/f$ 漂移的标准差可粗略估计：

- $5 \mu V_{P-P}$ ，时间段为 1 秒
- $34 \mu V_{P-P}$ ，时间段为 10 年

计算若干测量结果的平均值有助于减少一段时间内的噪声。然而，必须清楚的是在较长一段时间过后， $1/f$ 噪声会改变 V_{OST} 。

采样率的增加是存在实际极限的；噪声在特定点之后不会显著增加。1.6 Hz 的模拟低通极使得密集的采样结果互相关联。为避免采样过快引起的开销，应使采样周期始终接近或大于低通极的时间常量（0.10s）；这样最小采样率则为每秒 10 次采样。

注： 采样速度明显高于 10 SPS 时不会显著增加平均噪声。

注:

第 3 章 可能进行的修改

3.1 简介

本章介绍如何修改 MCP651 输入失调评估板以用于测量 Microchip Technology Inc. 生产的其他单运放。本章讨论的内容包括：

- MCP651 输入失调评估板所支持的器件范围
- 适应其他 DUT 所需的更改

3.2 MCP651 输入失调评估板支持的器件范围

MCP651 输入失调评估板仅支持处于特定性能范围内的运放。

3.2.1 输入失调电压

为使运放 U3 和 U4 保持正常工作，DUT 的 V_{OS} 必须为：

公式 3-1:

其中：	$V_{OS} < \pm 12.4 \text{ mV},$	低增益
	$V_{OS} < \pm 1.25 \text{ mV},$	高增益
低增益	= 201 V/V	
高增益	= 1998 V/V	

更精确的运放需要更高的增益以获得良好的分辨率。表 3-1 列出了不同电压计分辨率和放大器增益所支持的 V_{OS} 参数。

表 3-1: V_{OS} 范围的下限（注 1）

电压计分辨率 (mV)	$G_A G_M$ (V/V)	$\max(V_{OS}) \geq$ ($\pm \mu\text{V}$)
1 mV	201（低增益）	500
	1998（高增益）	50
0.1 mV	201（低增益）	50
	1998（高增益）	5（注 2）

注 1: 这些结果都是在假设最小测量分辨率是 V_{OS} 范围的 1% 的情况下计算出来的。

2: 当 V_{OST} 最大范围小于 $\pm 50 \mu\text{V}$ 左右时，需要将 DUT 焊接到 PCB 上。将 PDIP-8 封装的器件插入 8 引脚插座会产生 $\pm 1 \mu\text{V}$ 左右的接触电势（误差）。同时，1/f 噪声也需要为低。

3.2.2 输出裕量

DUT 的输出裕量需要尽量接近 0V，以免使 U2 或 U3 过载。支持的最大 DUT V_{OH} 和 V_{OL} 值（相对于 V_{CM} ）为：

公式 3-2:

$$\begin{aligned}V_{OH} - V_{CM} &\leq 7.5V \\ V_{CM} - V_{OL} &\leq 7.5V\end{aligned}$$

单电源电压的轨到轨输出运放必须小于 7.5V。

3.2.3 增益带宽积

为保持反馈回路稳定，需要有最小增益带宽积（Gain Bandwidth Product, GBWP），而为避免串扰及其他问题，还需要有最大 GBWP。

公式 3-3:

$$500\text{ kHz} \leq \text{GBWP} \leq 100\text{ MHz}$$

3.3 适应其他 DUT 所需的更改

本节主要介绍连接到其他 DUT 的方法；电路设计并未改变。可在附录 B “物料清单 (BOM)” 中找到部件信息。

3.3.1 引脚分配

图 3-1 显示了 MCP651 运放的引脚分配。除引脚 5 和 8 (V_{CAL} 和 $CAL/\overline{CS}$) 外，这是标准的 8 引脚分配情况。MCP651 输入失调评估板旨在利用这些输入引脚，但它们对于板的工作而言不是必需的。

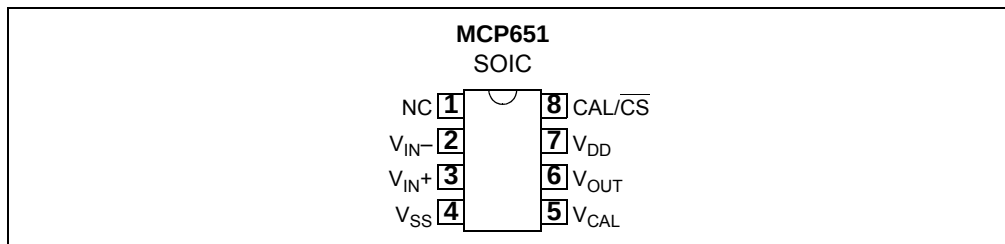


图 3-1: MCP651 引脚分配。

引脚 1、5 和 8 上无连接 (No Connection, NC) 的运放可在 MCP651 输入失调评估板上正常工作。其他运放可能需要使用适配器板，请参见第 3.3.5 节 “其他单运放”。

3.3.2 移除 DUT

由于供货时 DUT (SOIC-8 中) 焊接在板上，因此有必要将其脱焊。图 3-2 显示了 SOIC-8 或 PDIP-8 封装的 DUT 位置。优质的脱焊台会使这项工作变得更加简单。

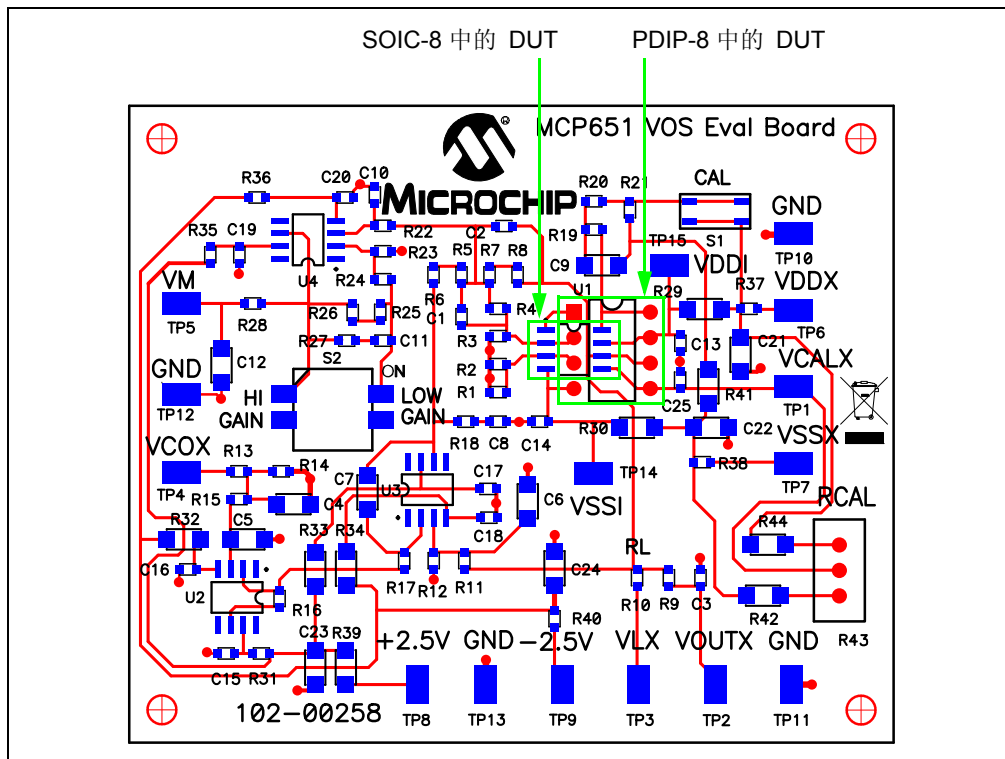


图 3-2: DUT 在 PCB 上的位置。

3.3.3 SOIC-8 封装中的单运放

图 3-2 中显示了 SOIC-8 焊盘上的焊点。引脚 1 位于左上方（与 U1 标签相邻）。为避免多次焊接及脱焊，对于慢速器件，最好采用第 3.3.5 节“其他单运放”中讨论的方法。

3.3.4 PDIP-8 封装中的单运放

移除原有 SOIC-8 封装器件。将 DIP-8 IC 插座焊接到图 3-2 所示的 PDIP-8 位置上；这样使得 PDIP-8 器件易于更换。同时对具有其他封装形式以及引脚分配情况的器件也十分有用；请参见第 3.3.5 节“其他单运放”。图 3-3 显示了在该板上安装 DIP-8 IC 插座后的情况。

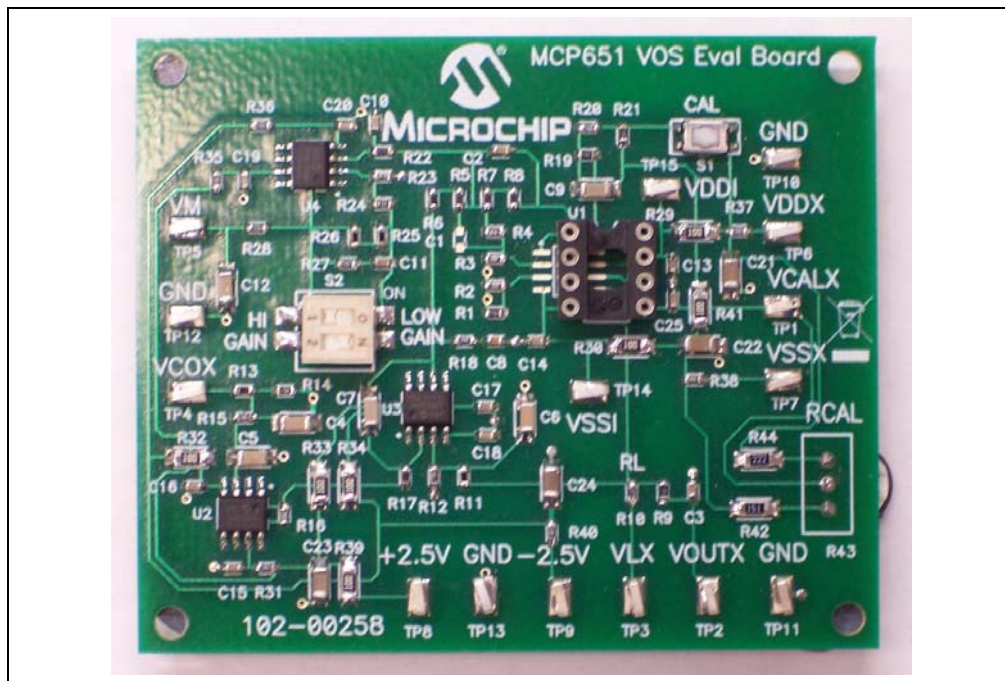


图 3-3: 移除 SOIC-8 器件并安装了 DIP-8 IC 插座的 PCB。

以下两种情况下，插座可能无法正常发挥作用（替代方法为直接焊接到 PCB 上）：

- 超高速运放（即， $GBWP > 100 \text{ MHz}$ ）
- 高精度运放（即， $V_{OST} < \pm 50 \mu\text{V}$ ）

3.3.5 其他单运放

利用评估板上的 DIP-8 IC 插座（见第 3.3.4 节“PDIP-8 封装中的单运放”），调整 MCP651 输入失调评估板以使其适应其他许多运放则相对比较容易。通过将焊接在适配器板上（利用 PDIP-8 通孔）的排针插入评估板上的 DIP-8 插座中，可将适配器板叠放于顶部。适配器板可适应：

- 不同封装
- 不同引脚分配情况（可在适配器板上进行处理）
- 带多运放的器件

两种情况下，适配器板方法可能无法正常发挥作用：

- 高速运放（即， $GBWP > 10 \text{ MHz}$ ）；向适配器板添加旁路电容可能会有所帮助
- 精确运放（即， $V_{OST} < \pm 50 \mu\text{V}$ ）

图 3-4 显示了焊接在 Microchip Technology Inc. 提供的 8 引脚 SOIC/MSOP/TSSOP/DIP 评估板上的 SOIC-8 运放。底部的两排互连端子被焊接到用于 DIP-8 插座的通孔中。图 3-5 显示了将该板插入 MCP651 输入失调评估板中的情况。

- 注 1:

请按照以下顺序构建适配器板。将互连排针插入 MCP651 输入失调评估板上的 DIP-8 插座。将 SOIC8EV 板放置在互连排针上，同时保持引脚方向正确。将排针焊接到评估板顶部。修剪引脚使其与 SOIC8EV 板的上表面平齐，然后将（SOIC-8）运放焊接到上面。
- 2:

关于该板及其元件的部件编号，请参见表 B-4。

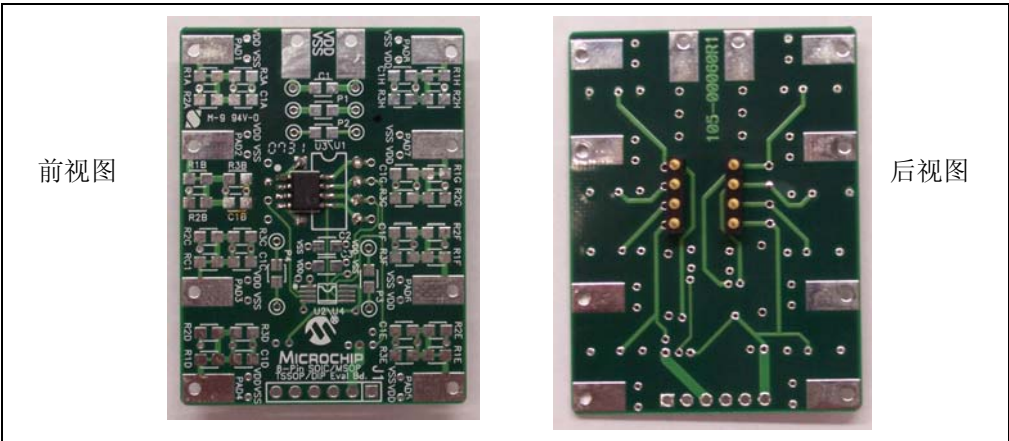


图 3-4: SOIC-8 封装中的运放以及焊接到适配器 PCB 的互连排针。

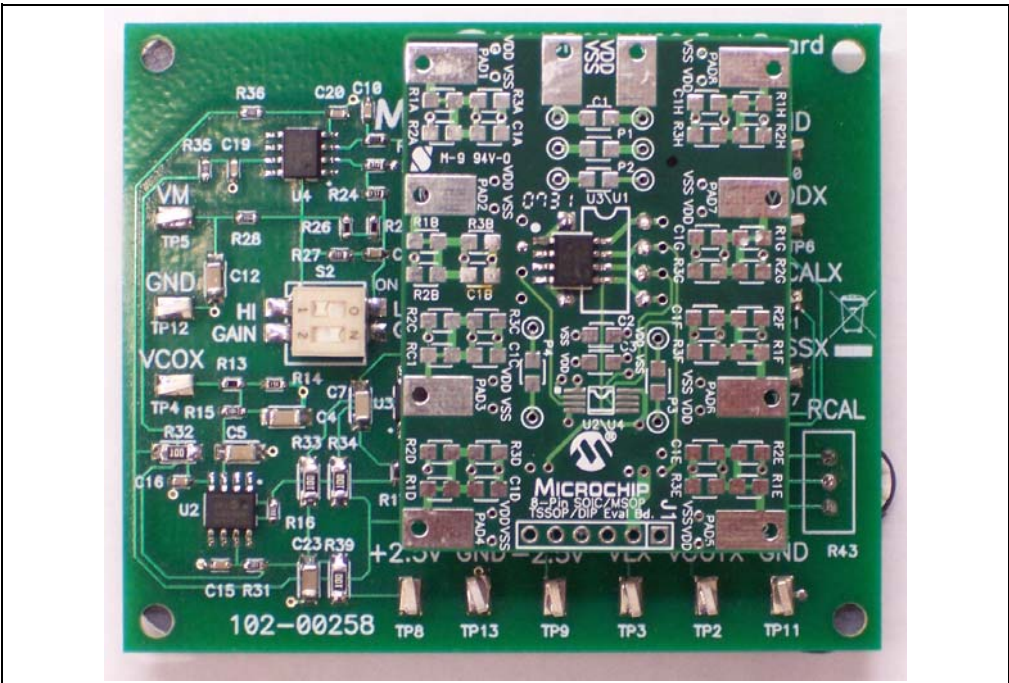


图 3-5: 连接到 MCP651 输入失调评估板的适配器板。

注:

附录 A 原理图与布线图

A.1 简介

本附录包含 MCP651 输入失调评估板的原理图与布线图。

A.2 原理图与布线图

电路图请参见 **A.3 “电路板—原理图”**。U1 为 DUT (MCP651)。U2 对经过衰减和滤波的控制电压 VCOX 进行缓冲。U3 为差分积分器。U4 为 DUT 的输入失调电压 (V_{OST}) 提供最终增益的放大器。开关 S1 可用于启动 DUT 内的自动校正循环。开关 S2 使得放大器 (U4) 具有两种不同的增益, 以便在精度与量程间权衡。

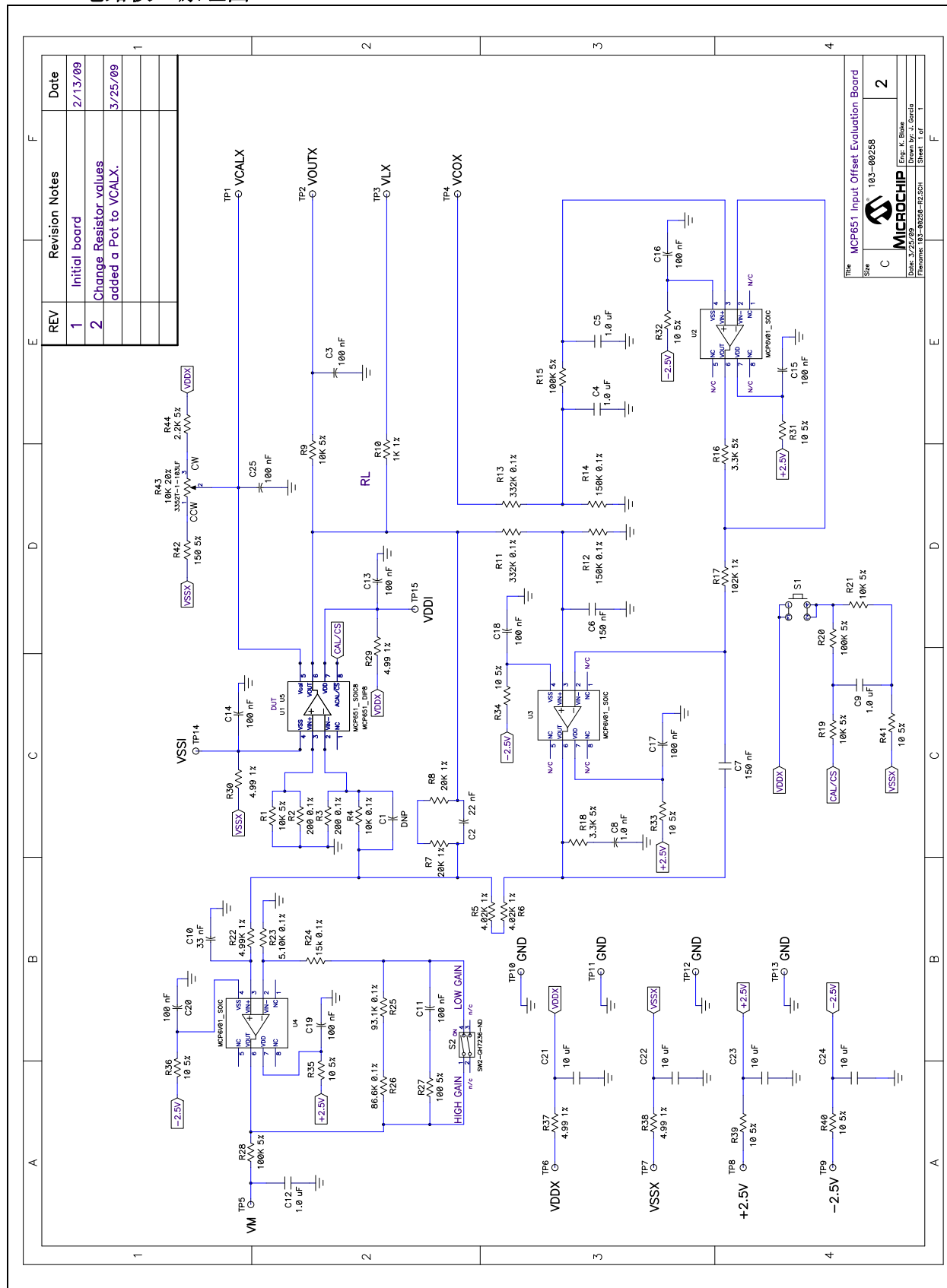
A.4 “电路板—顶部丝印层、顶部阻焊层和顶部金属层的组合图” 至 **A.7 “电路板—底部金属层”** 显示了 PCB 布线图。该 PCB 有两个金属层: 顶部的信号走线和电源走线以及底部的接地层。各组关键电阻采用合理布线, 以便消除热电动势的影响 (假设温度梯度不变); 具体包括以下各组:

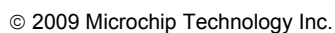
- R_1 至 R_4
- R_5 和 R_6
- R_7 和 R_8
- R_{21} 至 R_{23}
- R_{24} 和 R_{25}

Microchip 的网站 (www.microchip.com) 提供了该评估板的 Gerber 文件, 这些文件包含在压缩文件 “00258R2_Gerbers.zip” 中。

MCP651 输入失调评估板用户指南

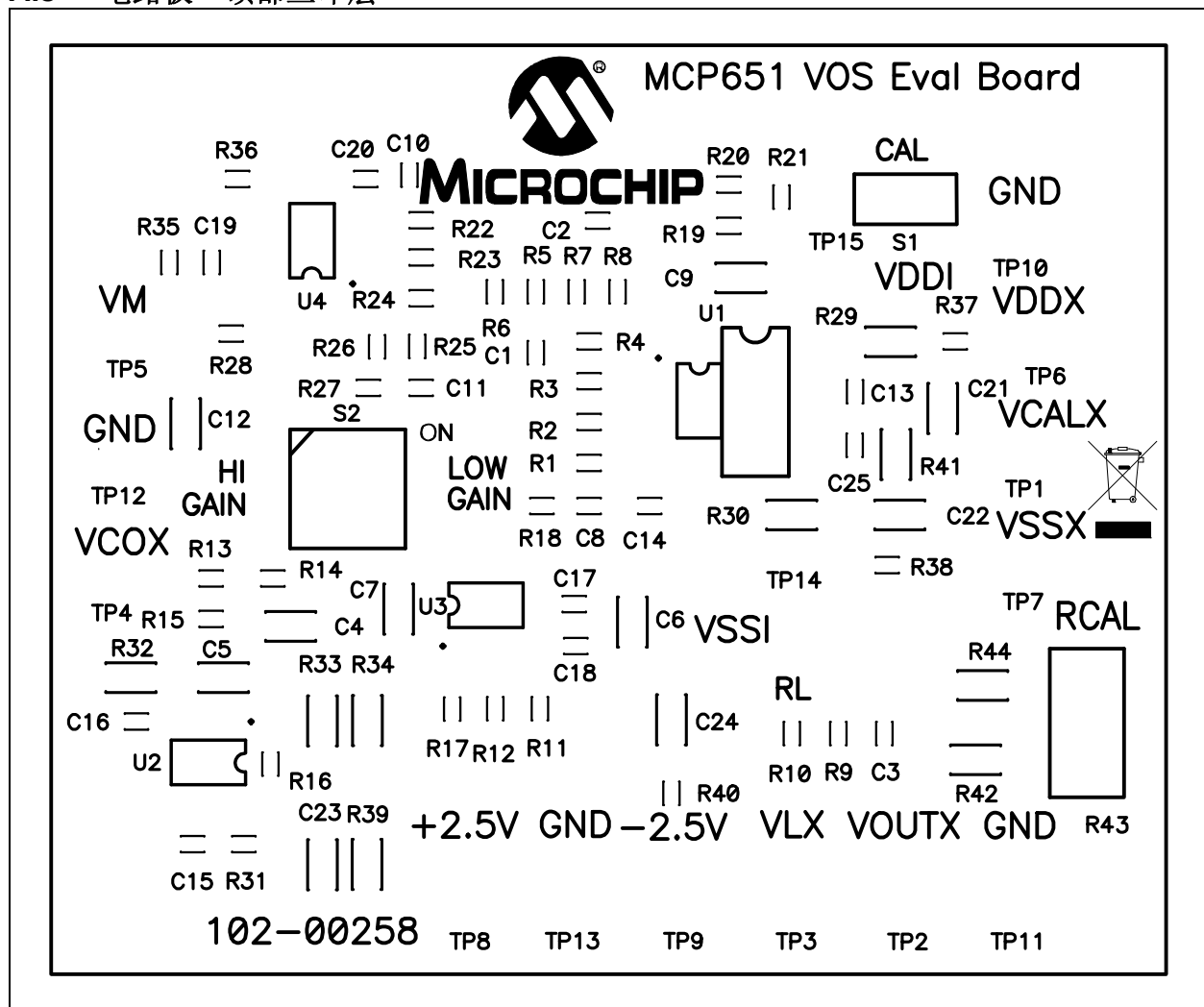
A.3 电路板—原理图



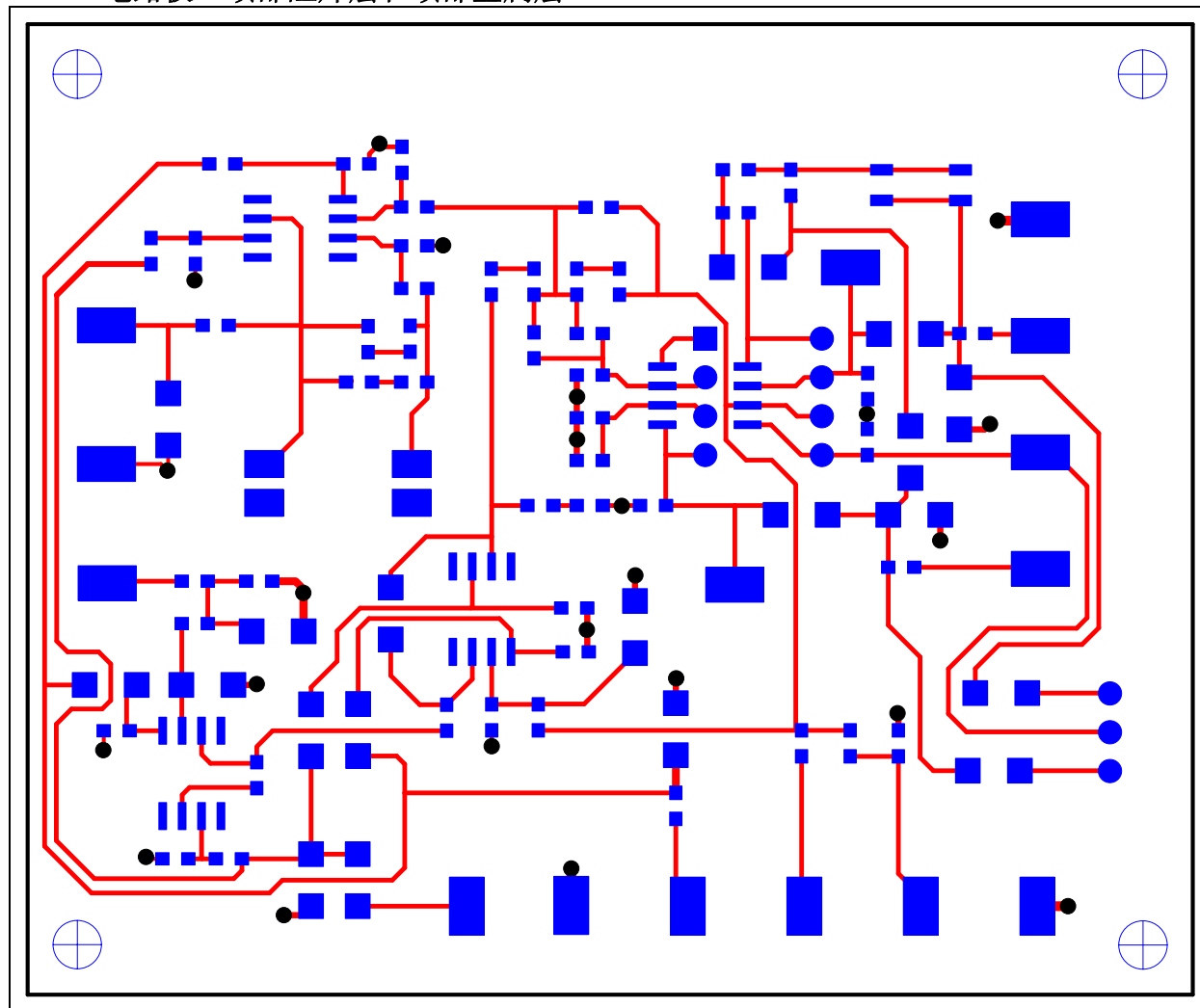


MCP651 输入失调评估板用户指南

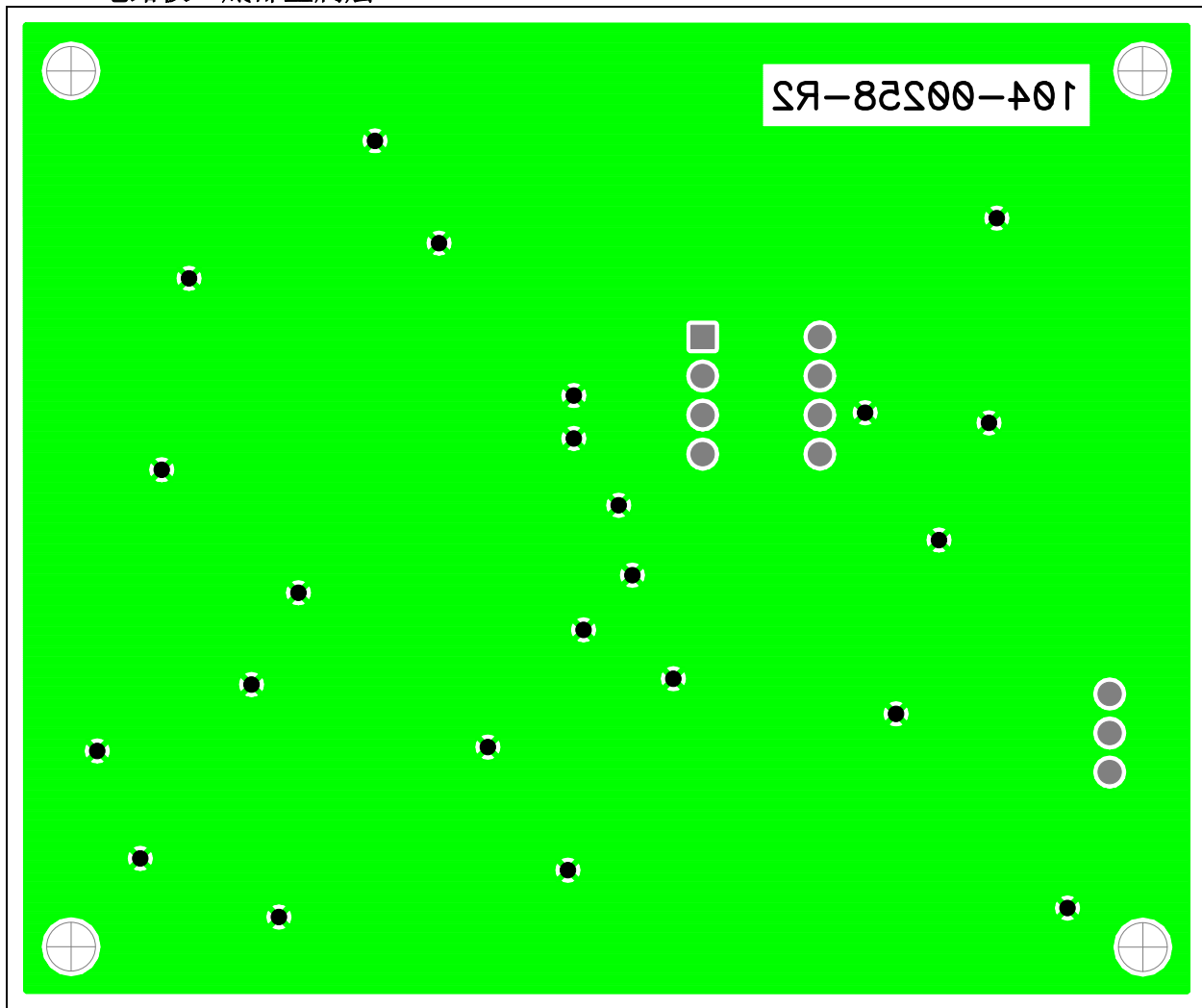
A.5 电路板—顶部丝印层



A.6 电路板—顶部阻焊层和顶部金属层



A.7 电路板—底部金属层



附录 B 物料清单 (BOM)

B.1 MCP651 输入失调评估板 BOM

表 B-1 中的 BOM 列出了 PCB 上装配的所有元件。表 B-2 列出了可安装在该 PCB 上的替换元件（修改之后）。表 B-3 列出了未组装的元件。

表 B-1: 已装配 PCB 的物料清单

数量	参考标识	说明	制造商	部件编号
1	C8	1.0 nF, 0603 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic®-ECG	ECJ-1VB1H102K
1	C2	22 nF, 0603 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic-ECG	ECJ-1VB1C223K
1	C10	33 nF, 0603 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic-ECG	ECJ-1VB1C333K
11	C3, C11, C13 – C20, C25	100 nF, 0603 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic-ECG	ECJ-1VB1C104K
2	C6, C7	150 nF, 1206 SMD, X7R, 50V, 10%	Panasonic-ECG	ECJ-3VB1C154K
4	C4, C5, C9, C12	1.0 μ F, 1206 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic-ECG	ECJ-3YB1C105K
4	C21 – C24	10 μ F, 1206 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic-ECG	ECJ-3YX1C106K
1	PCB	MCP651 输入失调评估板, 2 层 PCB (3.00 in $\times$ 2.50 in)	Microchip Technology Inc.	102-00258
2	R2, R3	200 Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-201-B-T5
1	R23	5.10 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-512-B-T5
1	R4	10.0 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-103-B-T5
1	R24	15.0 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-153-B-T5
1	R26	86.6 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-8662-B-T5
1	R25	93.1 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-9312-B-T5
2	R12, R14	150 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-154-B-T5
2	R11, R13	332 k Ω , 0603 SMD, 0.1%, 25 ppm/ $^{\circ}$ C, 1/10W	Susumu Co. Ltd.	RG1608P-3323-B-T5
2	R37, R38	4.99 Ω , 0603 SMD, 1%, 1/10W	Yageo	RC0603FR-074R99L
1	R10	1.00 k Ω , 0603 SMD, 1%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3EKF1001V
2	R5, R6	4.02 k Ω , 0603 SMD, 1%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3EKF4021V
1	R22	4.99 k Ω , 0603 SMD, 1%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3EKF4991V
2	R7, R8	20.0 k Ω , 0603 SMD, 1%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3EKF2002V
1	R17	102 k Ω , 0603 SMD, 1%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3EKF1023V
4	R31, R35, R36, R40	10 Ω , 0603 SMD, 5%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3GEYJ100V
1	R27	100 Ω , 0603 SMD, 5%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3GEYJ101V
2	R16, R18	3.3 k Ω , 0603 SMD, 5%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3GEYJ332V
4	R1, R9, R19, R21	10 k Ω , 0603 SMD, 5%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3GEYJ103V
3	R15, R20, R28	100 k Ω , 0603 SMD, 5%, 1/10W	Panasonic-ECG	ERJ-3GEYJ104V
2	R29, R30	4.99 Ω , 1206 SMD, 1%, 1/4W	Yageo	RC1206FR-074R99L

注 1: 本物料清单中列出的元件是 PCB 组装用的典型元件。用于制造的已发布 BOM 使用所有符合 RoHS 标准的元件。

物料清单 (BOM)

数量	参考标识	说明	制造商	部件编号
5	R32 – R34, R39, R41	10Ω, 1206 SMD, 5%, 1/4W	Panasonic-ECG	ERJ-8GEYJ100V
1	R42	150Ω, 1206 SMD, 5%, 1/4W	Panasonic-ECG	ERJ-8GEYJ151V
1	R44	2.2 kΩ, 1206 SMD, 5%, 1/4W	Panasonic-ECG	ERJ-8GEYJ222V
1	R43	10 kΩ POT, SMD, 20%, 1 个旋转拨轮	Bournes Inc.	3352T-1-103LF
1	S1	SPST-NO, SMD, 开关, 按钮, 1 档	Panasonic-ECG	EVQ-P2R02M
1	S2	SMD, 开关, DIP, 2 档	Grayhill Inc.	90HBW02PT
15	TP1 – TP15	SMD, 测试点	Keystone Electronics®	5016
1	U1	SOIC-8, 单运放	Microchip	MCP651-E/SN
3	U2 – U4	MCP6V01, SOIC-8, 单运放	Technology Inc.	MCP6V01-E/SN
4	(用于 PCB 安装)	半球 Bumpon 脚垫, 0.44 in × 0.20 in	3M	SJ-5003 (黑色)

注 1: 本物料清单中列出的元件是PCB组装用的典型元件。用于制造的已发布BOM使用所有符合RoHS标准的元件。

表 B-2: 替换元件的物料清单

数量	参考标识	说明	制造商	部件编号
0	U1	PDIP-8, 单运放	Microchip Technology Inc.	MCP6XXX (注 1)
0	U1	DIP-8 IC 插座	Tyco Electronics	2-641260-1
0	(用于 PCB 安装)	脚垫, 六方, 0.500", 4 × 40 螺纹, 尼龙, 0.285" 最大外径	Keystone Electronics	1902C
0	(用于 PCB 安装)	机器螺钉, Phillips, 4 × 40 螺纹, 1/4" 长, 尼龙	Building Fasteners	NY PMS 440 0025 PH

注 1: MCP6XXX 表示具有标准引脚分配, 且符合给定设计的所有 Microchip 单运放。

2: 本物料清单中列出的元件是PCB组装用的典型元件。用于制造的已发布BOM使用所有符合RoHS标准的元件。

表 B-3: 未组装元件的物料清单

数量	参考标识	说明	制造商	部件编号
0	C1	未知值, 0603 SMD, X7R, 16V, 10%	Panasonic®-ECG	—

注 1: 本物料清单中列出的元件是PCB组装用的典型元件。用于制造的已发布BOM使用所有符合RoHS标准的元件。

B.2 适配器板 BOM

表 B-4 中的 BOM 列出了要构建适配器板以替换 DUT 所需的元件（请参见图 3-4）。

表 B-4: 适配器板的物料清单

数量	参考标识	说明	制造商	部件编号
1	—	8 引脚 SOIC/MSOP/TSSOP/DIP 评估板	Microchip Technology Inc.	SOIC8EV
2	—	板到板连接器，低高度排针 4 个位置，0.100 in，镀金	Samtec Inc.	BBL-104-G-F
2	—	100 nF，0603 SMD，X7R，16V，10%	Panasonic®-ECG	ECJ-1VB1C104K
1	—	标准 8 引脚单运放	Microchip Technology Inc.	MCP6XXX

注 1: 本物料清单中列出的元件是PCB组装用的典型元件。用于制造的已发布BOM使用所有符合RoHS标准的元件。

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
Duluth, GA

Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

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: 216-447-0464

Fax: 216-447-0643

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

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

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
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: 86-755-8203-2660
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

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

亚太地区

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

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: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

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

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 - 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