



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

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。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、适用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。除非另外声明, 在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗或以其他方式转让任何许可证。

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

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

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC32 徽标、RightTouch、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、ETHERSYNCH、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 QUIET-WIRE 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、Serial Quad I/O、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

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

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-0298-5

声明对象：数字电源入门工具包

EU Declaration of Conformity

Manufacturer: Microchip Technology Inc.
2355 W. Chandler Blvd.
Chandler, Arizona, 85224-6199
USA

This declaration of conformity is issued by the manufacturer.

The development/evaluation tool is designed to be used for research and development in a laboratory environment. This development/evaluation tool is not a Finished Appliance, nor is it intended for incorporation into Finished Appliances that are made commercially available as single functional units to end users under EU EMC Directive 2004/108/EC and as supported by the European Commission's Guide for the EMC Directive 2004/108/EC (8th February 2010).

This development/evaluation tool complies with EU RoHS2 Directive 2011/65/EU.

This development/evaluation tool, when incorporating wireless and radio-telecom functionality, is in compliance with the essential requirement and other relevant provisions of the R&TTE Directive 1999/5/EC and the FCC rules as stated in the declaration of conformity provided in the module datasheet and the module product page available at www.microchip.com.

For information regarding the exclusive, limited warranties applicable to Microchip products, please see Microchip's standard terms and conditions of sale, which are printed on our sales documentation and available at www.microchip.com.

Signed for and on behalf of Microchip Technology Inc. at Chandler, Arizona, USA


Derek Carlson
VP Development Tools

12-Sep-14
Date

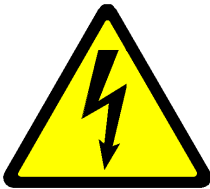
注:

安全注意事项

应遵守以下安全注意事项和操作说明，以避免安全隐患。如有任何疑问，请咨询您的供应商。



危险——数字电源入门工具包包含两个会以热量的形式消耗功率的阻性负载。根据输出功率大小，阻性负载可能会变热而无法触摸，或者与电路板直接接触的任何表面也会变热。



警告——只应由合格人员安装、操作、维修或修改数字电源入门工具包。用户执行的任何维修或修改由用户自行承担风险，并且所有保修都将失效。



小心——由于有可能出现意外的稳压行为，代码开发期间应特别小心。确保为连接到数字电源入门工具包的电源采取适当的保护以应对由代码开发引起的过流事件。

一般注意事项：

- 数字电源入门工具包用于评估和开发目的，只应工作在符合 IEC 61010-1:2001 定义的普通实验室环境下。
- 请仅使用干布清洁。
- 请在实验台上水平操作，远离实验台表面可能会与电路板接触的所有物品。请勿在操作期间移动工具包并避免与电路板底层直接接触。
- 如果该数字电源入门工具包有任何明显损坏，请不要连接或操作。

注:

目录

安全注意事项	5
前言	9
第1章 简介	15
1.1 概述	15
1.2 工具包内容	15
1.3 入门工具包的功能和特性	16
1.4 电气规范	19
第2章 硬件	21
2.1 顶层装配	21
2.2 信号配置	23
2.3 应用元件	24
2.4 板上连接器	25
2.5 指示灯和人机接口	25
2.6 测试点	26
2.7 转换器级的额定功率值	28
2.8 编程器/调试器	29
第3章 演示程序操作	31
3.1 程序演示	31
3.2 代码演示	33
3.3 其他代码示例	34
附录A 电路板布线和原理图.....	35
全球销售及服务中心	40

注:

前言

客户须知

所有文档均会过时，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“DSXXXXXXXXA_CN”，其中“XXXXXXXX”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

本章包含使用数字电源入门工具包前需要了解的一般信息。内容包括：

- [文档编排](#)
- [本指南使用的约定](#)
- [保修登记](#)
- [推荐读物](#)
- [Microchip 网站](#)
- [开发系统变更通知客户服务](#)
- [客户支持](#)
- [文档版本历史](#)

文档编排

本用户指南提供数字电源入门工具包的概述。文档内容编排如下：

- [第1章“简介”](#) —— 本章介绍了数字电源入门工具包并对其特性进行了简要概述。
- [第2章“硬件”](#) —— 本章介绍了数字电源入门工具包的电路板布线和主要元件。
- [第3章“演示程序操作”](#) —— 本章介绍了数字电源入门工具包随附的器件上预装的演示软件。
- [附录 A“电路板布线和原理图”](#) —— 本附录提供了数字电源入门工具包的硬件布线和原理图。

数字电源入门工具包用户指南

本指南使用的约定

本指南采用以下文档约定：

文档约定

说明	表示	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	…… 为仅有的编译器 ……
首字母大写	窗口	Output 窗口
	对话框	Settings 对话框
	菜单选择	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
N'Rnnnn	verilog 格式的数字，其中 N 为总位数，R 为基数，n 为其中一位。	4'b0010, 2'hF1
尖括号 <> 括起的文字	键盘上的按键	按下 <Enter>, <F1>
Courier New 字体：		
常规 Courier New	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-
	二进制位值	0, 1
	常量	0xFF, 'A'
斜体 Courier New	可变参数	<i>file.o</i> , 其中 <i>file</i> 可以是任一有效文件名
方括号 []	可选参数	mcc18 [选项] <i>file</i> [选项]
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...]
	表示由用户提供的代码	void main (void) { ... }

保修登记

请填写随附的保修登记卡（Warranty Registration Card）并尽快寄出。寄出保修登记卡的用户将可收到新产品更新信息。可在 Microchip 网站上获得临时软件版本。

推荐读物

本用户指南介绍了如何使用数字电源入门工具包。具体器件的数据手册包含有关编程特定单片机或数字信号控制器的最新信息。以下Microchip文档均已提供，并建议读者作为补充参考材料：

MPLAB® XC16 C编译器用户指南 (DS50002071E_CN)

该综合指南介绍了Microchip适用于16位器件的MPLAB XC16 C编译器（以前的MPLAB C30）的用法、操作和特性。

MPLAB® X IDE用户指南 (DS50002027C_CN)

该文档介绍了如何设置MPLAB X IDE软件以及如何使用其创建项目和编程器件。

自述文件

有关使用数字电源入门工具包电路板的最新信息，请阅读数字电源入门工具包安装目录下的Readme.htm文件。自述文件包含本用户指南中可能未提供的更新信息和已知问题。

dsPIC33 “GS” 数据手册

有关dsPIC33 “GS” SMPS数字信号控制器（Digital Signal Controllers, DSC）的详细信息，请参阅这些文档。这些数据手册中包含以下参考信息：

- 器件存储器映射
- 器件引脚排列和封装细节
- 器件电气规范
- 器件中包含的外设列表

dsPIC33/PIC24系列参考手册章节

这些系列参考手册（Family Reference Manual, FRM）章节介绍了dsPIC® DSC与PIC® MCU系列架构和外设模块的操作。每个器件系列的具体信息在各自系列的器件数据手册中说明。

Microchip SMPS资源

- AN1114《开关电源（SMPS）的拓扑结构（第一部分）》（DS01114A_CN）
- AN1207《开关电源（SMPS）的拓扑结构（第二部分）》（DS01207A_CN）
- TB062《关于dsPIC® DSC SMPS器件的常见问题解答（FAQ）》（DS93062A_CN）

要获取这些文档，请访问Microchip网站www.microchip.com。

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。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下信息：

- **产品支持** —— 数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、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归档软件
- **一般技术支持** —— 常见问题解答 (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、研讨会和活动策划表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

开发系统变更通知客户服务

Microchip 的客户通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

要注册，请先访问 Microchip 网站 www.microchip.com，点击“变更通知客户”(Customer Change Notification)，然后按照注册指示完成注册。

开发系统产品的分类如下：

- **编译器** —— Microchip C 编译器及其他语言工具的最新信息，包括 MPLAB C 编译器、MPASM™ 和 MPLAB 16 位汇编器、MPLINK™ 和 MPLAB 16 位目标链接器，以及 MPLIB™ 和 MPLAB 16 位目标库管理器。
- **仿真器** —— Microchip MPLAB REAL ICE™ 在线仿真器的最新信息。
- **在线调试器** —— Microchip 在线调试器的最新信息，包括 MPLAB ICD 3 和 PICKit™ 3。
- **MPLAB IDE** —— 关于开发系统工具的 Windows® 集成开发环境 Microchip MPLAB IDE 的最新信息，主要针对 MPLAB IDE、MPLAB SIM 软件模拟器、MPLAB IDE 项目管理器，以及一般编辑和调试功能。
- **编程器** —— Microchip 编程器的最新信息，包括 MPLAB PM3 器件编程器和 PICKit 3 开发编程器。

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://microchip.com/support> 获得网上技术支持。

文档版本历史

版本A（2015年1月）

本文档的初始版本。

版本B（2015年5月）

更新了附录A“电路板布线和原理图”中图A-3的原理图。

注:

第1章 简介

本章介绍数字电源入门工具包并概述其特性。涵盖的主题包括：

- 概述
- 工具包内容
- 入门工具包的功能和特性
- 电气规范

1.1 概述

现代电源的发展趋势是外形更小巧，效率更高，灵活性更强，成本更低。在开关电源（Switch Mode Power Supply, SMPS）设计中采用数字信号控制器（DSC）便可实现这些期望的增强特性。本工具包提供的电路板用于介绍和演示 Microchip SMPS 系列器件的功能与特性。数字电源入门工具包具有板上编程器/调试器，因此无需任何额外的编程器或硬件接口。

已预先编程到板上 dsPIC33 “GS” 数字信号控制器（DSC）中的演示应用程序软件，可从 Microchip 网站 <http://www.microchip.com> 下载。

注： 有关如何运行演示应用程序的说明，请参见数字电源入门工具包演示软件随附的自述文件。有关如何使用入门工具包编程和调试应用程序的更多资源和说明，请参见入门工具包随附的信息手册。

1.2 工具包内容

数字电源入门工具包包含以下组件：

- 数字电源入门工具包电路板
- 9V 电源
- USB 电缆

注： 如果工具包缺少任何组件，请与 Microchip 销售办事处联系以寻求帮助。本文档的封底附有 Microchip 全球销售和服务办事处的联系方式。

1.3 入门工具包的功能和特性

数字电源入门工具包是一个开关电源（SMPS）板，由一个独立的直流/直流同步降压转换器和一个独立的直流/直流升压转换器组成。图 1-1 给出了数字电源入门工具包的高阶框图。

数字电源入门工具包提供了闭环峰值电流模式控制，该控制使用由软件实现的双极点双零点（2P2Z）补偿器，用于保持峰值电流模式（Peak Current Mode, PkCM）控制所需的输出电压。dsPIC[®] DSC 器件为 ADC 转换、PWM 生成、模拟比较和通用 I/O 提供了所需的存储器和外设，因此无需外部电路来执行这些功能。

SMPS dsPIC DSC 器件专门设计为向各种电源拓扑提供低成本的高效率控制。专用外设有利于实现开关电源的闭环反馈控制，为远程监视和监控提供通信。

dsPIC33 “GS” 系列器件包含以下特性：

- 将程序和数据存储器集成在单个芯片上
- 带中断优先级逻辑的超快速中断响应时间
- 具有多个采样/保持（Sample-and-Hold, S&H）电路的高速 ADC
- 高分辨率 PWM 发生器，专门设计为支持不同的电源拓扑
- 高速模拟比较器，用于控制环实现和系统保护
- 片上系统通信（I²C/SPI/UART）
- 片上快速 RC 振荡器，可降低系统成本

图 1-1: 数字电源入门工具包系统框图

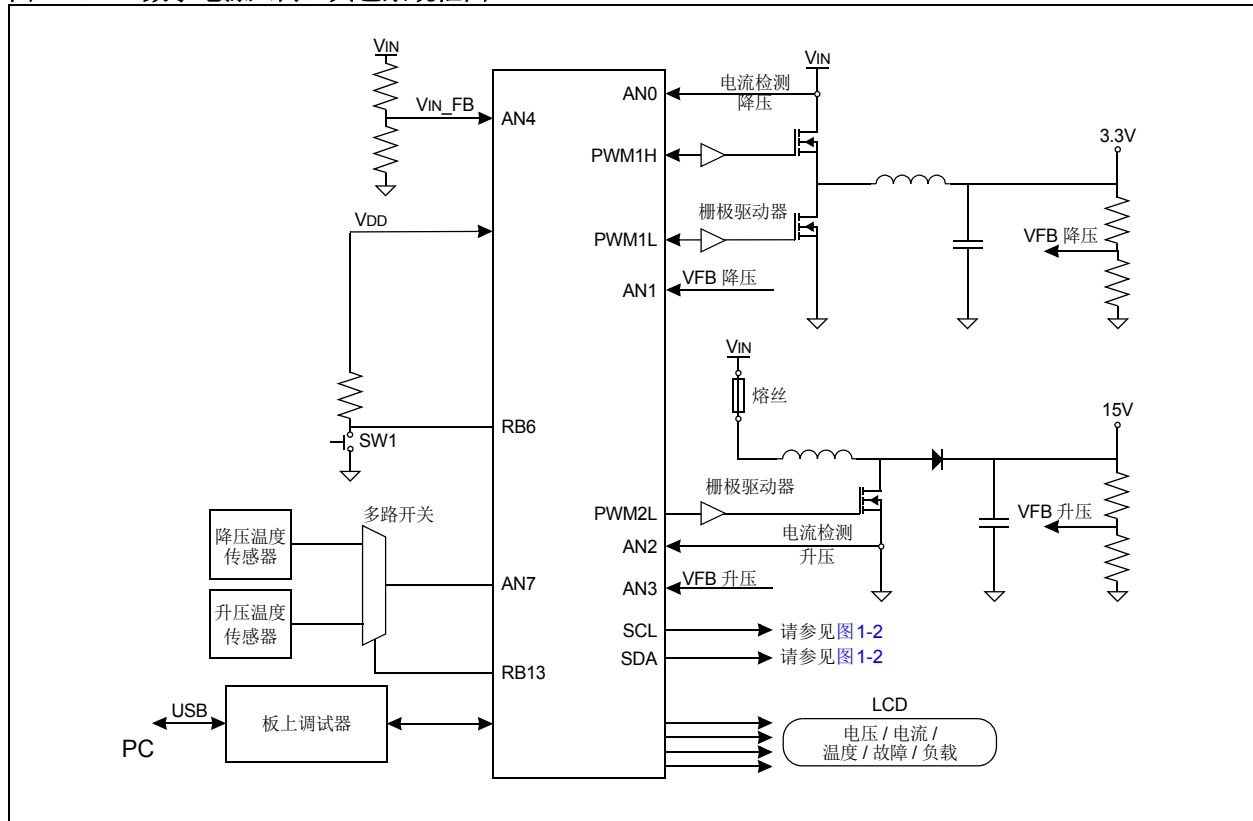
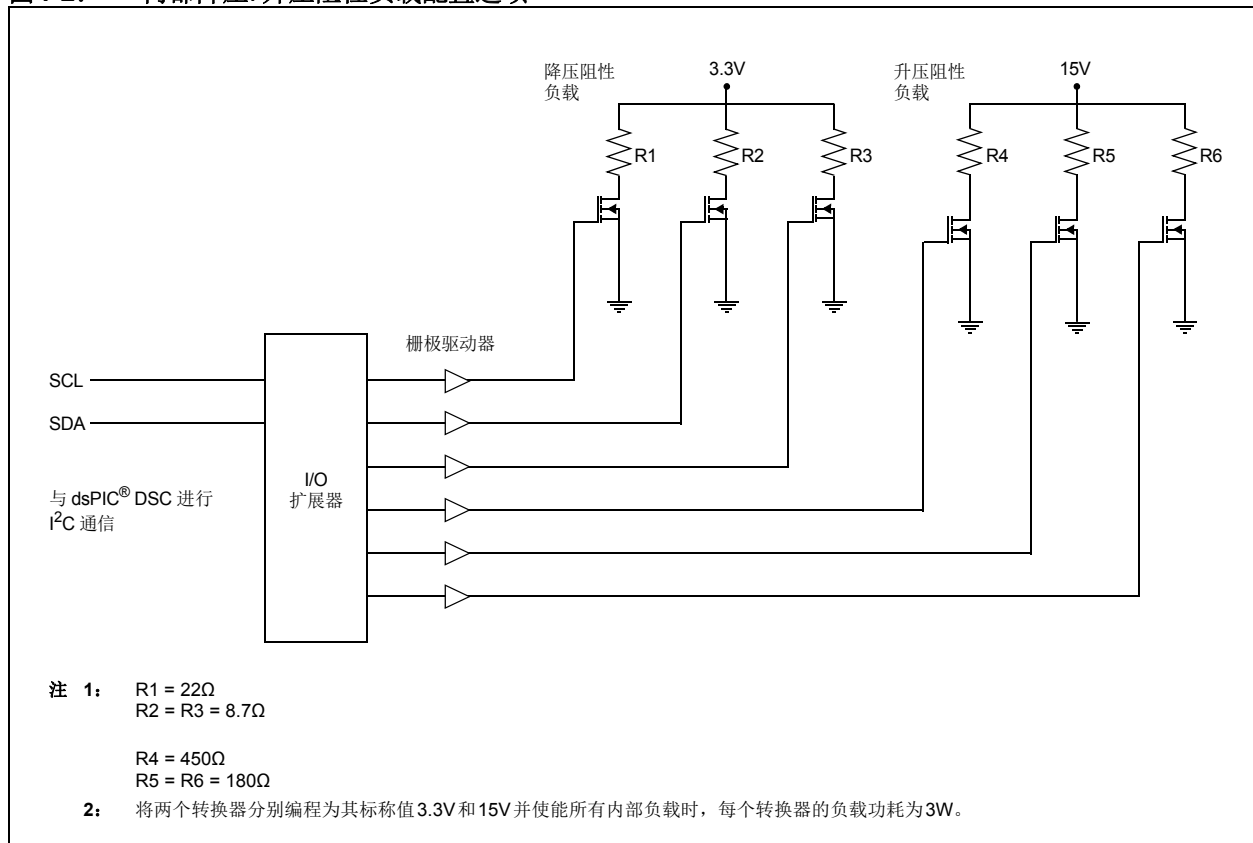


图 1-2: 内部降压/升压阻性负载配置选项



1.3.1 电源级

- 一个升压转换器电源级
- 一个同步降压转换器电源级

1.3.2 显示

- 电压、电流、温度、内部负载设置和转换器状态（使能/禁止）

1.3.3 转换器负载

- 降压3W可配置阻性负载
- 升压3W可配置阻性负载

1.3.4 附加功能

- 两个板上温度传感器，靠近两个转换器的阻性负载，使用户可编程温度保护限制
- 输入电压检测，用于检测欠压/过压情况
- 用于连接PICkit™ 3编程器/调试器（J3）的连接器
- LED上电指示灯（D1）
- 负载指示LED
- 用于显示电压、内部负载、温度和故障情况的LCD

1.3.5 入门工具包电源

- +9V电源连接器（J2）为数字电源入门工具包供电
- USB连接插孔（J5）为板上编程器/调试器提供电源/连接
- 降压和升压转换器均可在峰值电流模式（默认）下工作，但也可重新编程为在平均电流或电压控制模式下工作；这需要对电流检测和斜率补偿电路进行少量硬件更改

注： 平均电流模式控制需要进行以下更改：

降压转换器：

R5 – DNP

R14 – DNP

C26 – 0Ω

升压转换器：

R7 – DNP

R13 – DNP

R62 – 0Ω

C20 – 0Ω

1.4 电气规范

表1-1: 直流输入值 (J2)

参数	最小值	典型值	最大值	单位
电压	7.0	9	11	V
电流	—	1.3	—	A

表1-2: 降压转换器电气规范

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输出电压 (默认设定)	—	3.3	—	V
输出电压 (可编程范围) ⁽¹⁾	2.4	—	3.8	V
输出电压纹波	—	50	—	mV (峰峰值)
输出电流	—	—	2.5	A
负载稳定度: V _{OUT} = 3.3V, I _{OUT} = 0.02A 至 1.51A, V _{IN} = 9V	—	50	—	mV/A
开关频率	—	350	—	kHz
输出功率	—	3 ⁽¹⁾	5 ⁽²⁾	W

注 1: 阻性负载的最大功耗不应超过3W。

2: 无论输出电压和电流如何, 确保始终不超过5W最大值。

表1-3: 升压转换器电气规范

参数	最小值	典型值	最大值	单位
输出电压 (默认设定)	—	15	—	V
输出电压 (可编程范围) ⁽¹⁾	13.4	—	17.8	V
输出电压纹波	—	100	—	mV (峰峰值)
输出电流	—	—	0.37	A
负载稳定度: V _{OUT} = 15V, I _{OUT} = 0.02A 至 0.33A, V _{IN} = 9V	—	50	—	mV/A
开关频率	—	350	—	kHz
输出功率	—	3 ⁽¹⁾	5 ⁽²⁾	W

注 1: 阻性负载的最大功耗不应超过3W。

2: 无论输出电压和电流如何, 确保始终不超过5W最大值。

注:

第2章 硬件

本章介绍了数字电源入门工具包的硬件元件。

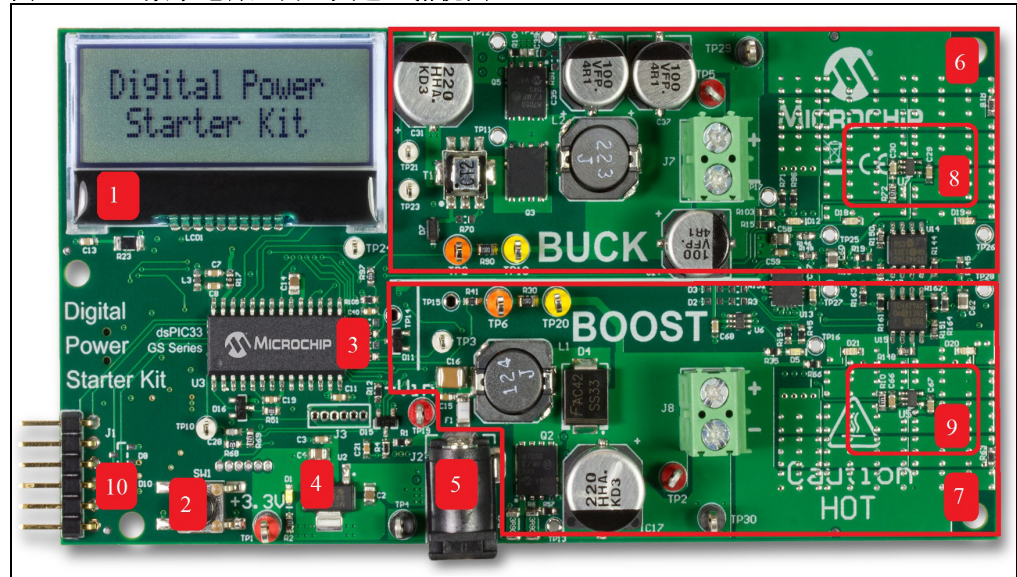
涵盖的主题包括：

- 顶层装配
- 信号配置
- 应用元件
- 板上连接器
- 指示灯和人机接口
- 测试点
- 转换器级的额定功率值
- 编程器/调试器

2.1 顶层装配

电路板的顶层和底层装配如图2-1和图2-2所示。表2-1和表2-2提供了元件说明。

图2-1： 数字电源入门工具包（俯视图）



数字电源入门工具包用户指南

表2-1: 数字电源入门工具包元件（俯视图）

编号	说明
1	2x16字符LCD
2	按钮（SW1）
3	dsPIC33“GS”数字信号控制器（DSC）（U3）
4	稳压器（3.3V）
5	9V电源连接器（J2）
6	降压转换器级
7	升压转换器级
8	降压温度传感器
9	升压温度传感器
10	PICkit™ 3编程器/调试器

图2-2: 数字电源入门工具包（仰视图）

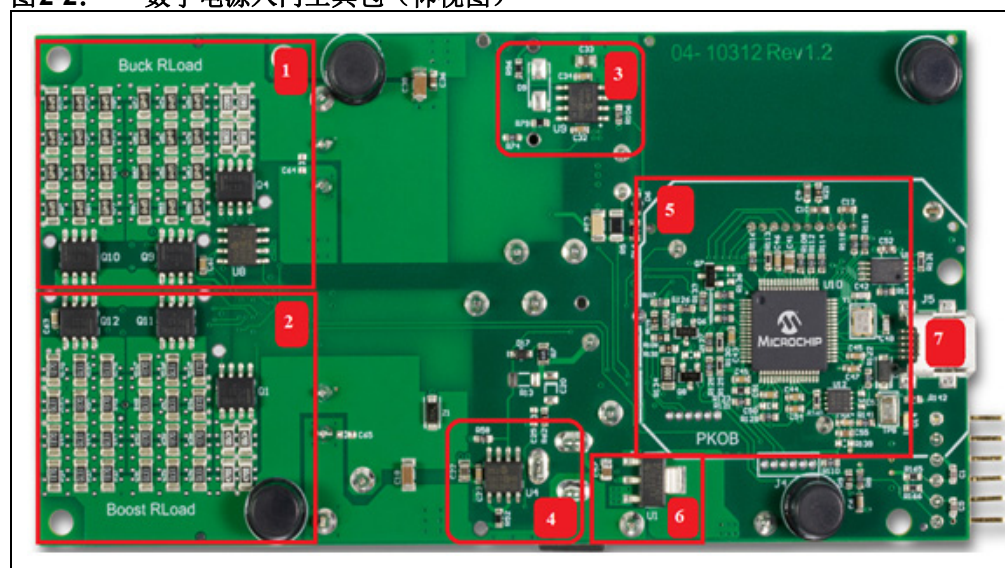


表2-2: 数字电源入门工具包元件（仰视图）

编号	说明
1	降压负载
2	升压负载
3	降压PWM驱动电路
4	升压PWM驱动电路
5	板上PKOB编程器/调试器电路
6	稳压器（+5V）
7	编程器/调试器USB连接器（J5）

2.2 信号配置

表2-3提供了dsPIC33“GS”DSC连接的完整列表，以及数字电源入门工具包中所用引脚的简要功能说明。

表2-3: dsPIC33“GS”配置详细信息

数字电源入门工具包 信号标记	引脚 编号	器件引脚功能	说明/功能
ICSP_MCLR_VPP_Target	1	MCLR	主复位输入
CS_BUCK	2	AN0	模拟——降压电流检测
VFB_BUCK	3	AN1	模拟——降压电压反馈
CS_BOOST	4	AN2	模拟——升压电流检测
VFB_BOOST	5	AN3	模拟——升压电压反馈
VIN_FB	6	AN4	模拟——输入电压反馈
LCD_CLOCK	7	RB10	LCD器件时钟
—	8	Vss	地
LCD_DATA	9	RB1	LCD器件数据
TEMP_SENSE	10	AN7	模拟——温度传感器
PGD2	11	PGD2	编程/调试通信通道2的数据I/O引脚
PGC2	12	PGC2	编程/调试通信通道2的时钟输入引脚
—	13	VDD	外设逻辑和I/O引脚的正电源
SW	14	RB8	SW1按钮
LCD_RESET	15	RB15	LCD低电平有效复位信号
LCD_RSELECT	16	RB5	LCD寄存器选择信号
SCL	17	SCL1	LCD串行时钟
SDA	18	SDA1	LCD数据
—	19	Vss	地
—	20	VCAP	CPU逻辑滤波电容连接
LCD_CSB	21	RB11	低电平有效LCD片选信号
GPIO1	22	RB12	通用I/O
GPIO2	23	RB13	通用I/O
PWM2L	24	PWM2L	升压PWM驱动信号
PWM1H	25	PWM1H	降压转换器上桥臂驱动信号
PWM1L	26	PWM1L	降压转换器下桥臂驱动信号
—	27	AVss	模拟地
—	28	AVDD	模拟正电源

数字电源入门工具包用户指南

2.3 应用元件

表2-4介绍了数字电源入门工具包上的应用元件（关于元件位置，请参见图2-1和图2-2）。

表2-4: 应用元件

元件	标记	说明
顶层装配元件 （见图2-1）		
dsPIC33 “GS”	U3	为入门工具包上的演示应用和应用开发提供处理能力。
3.3V稳压器	U2	稳压器（3.3V）为dsPIC33、LCD、I/O扩展器器件、按钮和温度传感器供电。
9V电源连接器	J2	9V电源为入门工具包的板上5V稳压器以及降压和升压直流/直流转换器的MOSFET驱动器供电。
降压转换器级	BUCK	具有三个板上可选阻性负载的降压转换器。
升压转换器级	BOOST	具有三个板上可选阻性负载的升压转换器。
降压/升压转换器 温度传感器	U7/U5	有针对性地将温度传感器靠近降压/升压负载电阻放置，用于向DSC提供电路板温度并在温度超过设置的限值时禁止所有降压/升压阻性负载。
底层装配元件 （见图2-2）		
降压阻性负载	BUCK RLOAD	3.6Ω阻性负载（最大功耗为3W）。
升压阻性负载	BOOST RLOAD	75Ω阻性负载（最大功耗为3W）。
降压PWM驱动电路	U9	用于接通/关断降压阻性负载的双高速功率FET驱动器。
升压PWM驱动电路	U4	用于接通/关断升压阻性负载的双高速功率FET驱动器。
板上编程器/调试器	PKOB	控制目标dsPIC33的编程/调试操作。
5V稳压器	U1	稳压器（5V）为3.3V稳压器和降压级栅极驱动器（U9）供电。
编程器/调试器 USB连接器	J5	为编程器/调试器以及主机PC和入门工具包之间的双向通信供电。

2.4 板上连接器

表2-5介绍了数字电源入门工具包上的硬件连接（关于元件位置，请参见图2-1和图2-2）。

表2-5: 硬件连接

标记	硬件元件说明
J1	用于连接PICKit™ 3编程器/调试器的连接器。
J2	9V电源。
J5	Mini-USB连接器提供主机PC和板上编程器/调试器之间的双向通信。

2.5 指示灯和人机接口

表2-6介绍了入门工具包上的用户接口。

表2-6: 指示灯和人机接口

标记	硬件元件说明
D1	上电状态LED，用于指示数字电源入门工具包是否已由9V电源供电。
D14	USB总线指示灯，指示器件是否连接到USB总线以及编程器/调试器是否上电。
D12、D18 和D19	降压转换器负载LED。有关详细信息，请参见原理图。
D5、D20 和D21	升压转换器负载LED。有关详细信息，请参见原理图。

数字电源入门工具包用户指南

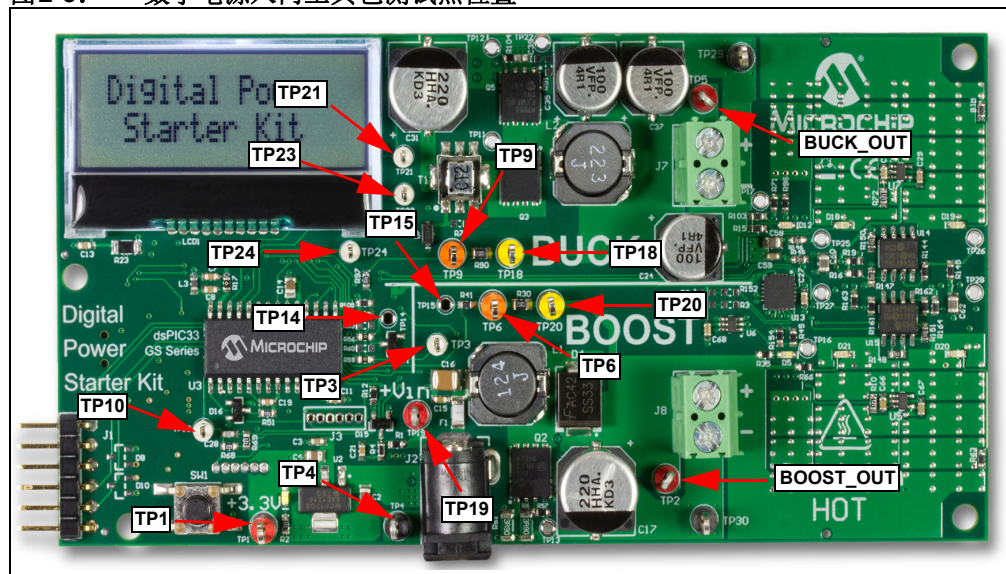
2.6 测试点

表2-7介绍了数字电源入门工具包上的测试点。关于测试点的位置，请参见图2-3。

表2-7: 测试点

测试点	说明
TP1	+3.3V稳压器输出电压
TP2	+15V升压输出电压
TP3	CS_BOOST (白色)
TP4	地
TP5	+3.3V降压输出电压
TP6	升压转换器波特图测试点 (橙色)
TP7	N/A
TP8	+3.3V_PKOB
TP9	降压转换器波特图测试点 (橙色)
TP10	CS_BUCK
TP11	降压转换器上桥臂MOSFET栅极信号测试点
TP12	降压转换器下桥臂MOSFET栅极信号测试点
TP13	升压转换器MOSFET栅极信号测试点
TP14	VFB_BUCK
TP15	VFB_BOOST
TP16	升压0.5W负载MOSFET栅极信号测试点
TP17	降压0.5W负载MOSFET栅极信号测试点
TP18	降压转换器波特图测试点 (黄色)
TP19	+9V DPSK 电路板输入电压
TP20	升压转换器波特图测试点 (黄色)
TP21	降压PWM1L栅极驱动信号 (白色)
TP22	降压转换器开关节点测试点
TP23	降压PWM1H栅极驱动信号 (白色)
TP24	升压PWM2L栅极驱动信号 (白色)
TP25	第一个降压1.25W负载MOSFET栅极信号测试点
TP26	第二个降压1.25W负载MOSFET栅极信号测试点
TP27	第一个升压1.25W负载MOSFET栅极信号测试点
TP28	第二个升压1.25W负载MOSFET栅极信号测试点
TP29	地
TP30	地

图2-3: 数字电源入门工具包测试点位置



2.7 转换器级的额定功率值

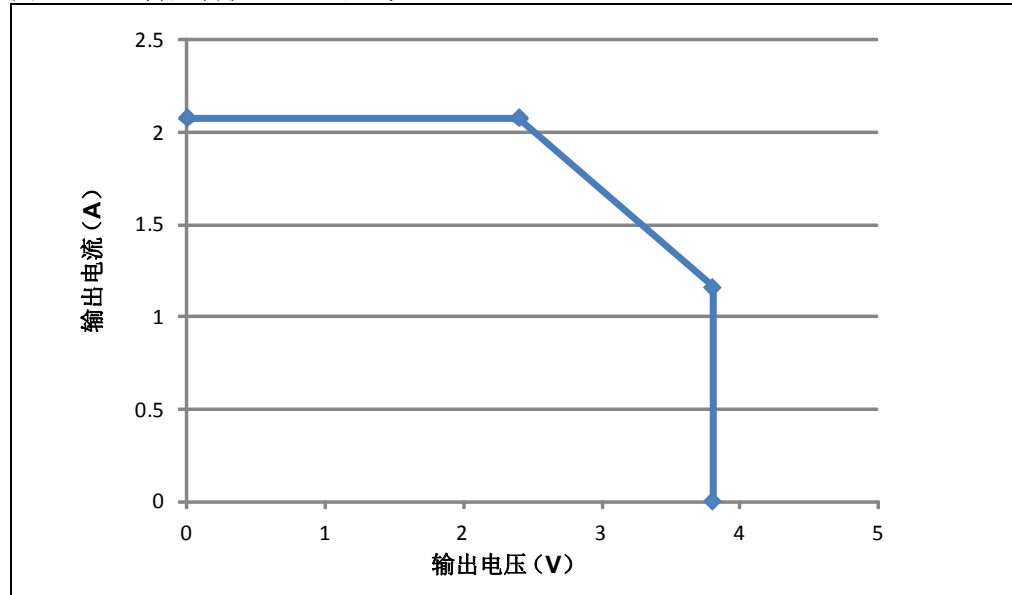
数字电源入门工具包设计为一款功能完备的电源，其上的每个转换器都有三个板上阻性负载。每个转换器均包含一个0.5W阻性负载和两个1.25W阻性负载，并且仅在转换器编程为其各自的标称输出电压时总功耗才达到3W。有关硬件配置的更多详细信息，请参见图1-2。

注： 使用板上阻性负载时，输出电压的设定值不应超过其标称值，否则可能导致阻性负载超出其功率承受能力，进而可能损坏电路板。

2.7.1 降压转换器

降压转换器级的最高额定输出功率为5W。但是，板上可配置阻性负载的最大功耗为3W。输出电压和输出电流应保持在安全区（Safe Operating Area, SOA）内以避免损坏电路板，如图2-4所示。降压转换器的输出电压（BUCK_Out）可设定为2.4V至3.84V，默认电压设定值为3.3V。BUCK_Out电压反馈的硬件增益 $3.16k/(3.16k + 1k + 20)$ 由电阻分压网络R97和R105提供。此外，还在该反馈网络中串联一个20Ω电阻R90，用于波特图测量。电流反馈的硬件增益由匝数比为1:125并带有负载电阻R69的电流互感器（T1）提供。

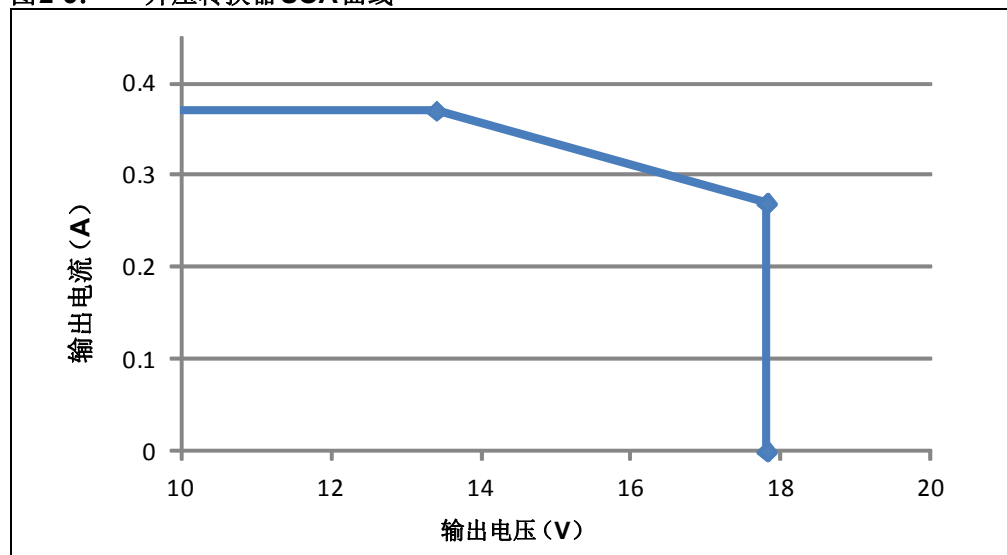
图2-4： 降压转换器SOA曲线



2.7.2 升压转换器

升压转换器级的最高额定输出功率为5W。但是，板上可配置阻性负载的最大功耗为3W。输出电压和输出电流应保持在升压转换器的安全工作区（SOA）内以避免损坏电路板，如图2-5所示。升压转换器的输出电压（BOOST_Out）可设定为13.4V至17.8V，默认电压设定值为15V。BOOST_Out电压反馈的硬件增益 $1k/(1k + 5.1k + 20)$ 由电阻分压网络R41和R51提供。此外，还在该反馈网络中串联一个20Ω电阻R30，用于波特图测量。电流反馈的硬件增益由电流检测电阻R6和R61提供。

图2-5: 升压转换器SOA曲线



2.8 编程器/调试器

数字电源入门工具包包含板上编程器/调试器电路，可通过USB进行连接。此电路硬接线到dsPIC DSC器件，用于提供ICSP™调试/编程功能。

表2-8: 编程器/调试器元件

元件	标记	说明
板上编程器/调试器	N/A	控制目标dsPIC33“GS”DSC的编程/调试操作。
编程器/调试器USB连接器	J5	为编程器/调试器以及主机PC和数字电源入门工具包之间的双向通信供电。

注:

第3章 演示程序操作

数字电源入门工具包上的dsPIC33“GS”预编程了峰值电流模式控制应用软件，该应用软件用于演示对两个直流/直流转换器电路的输出电压的同时双极点双零点（2P2Z）补偿器控制。此代码可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。

本章涵盖以下主题：

- 程序演示
- 代码演示
- 其他代码示例

3.1 程序演示

本演示程序提供了对数字电源入门工具包的两个直流/直流转换器级输出电压的同时闭环控制。

2P2Z控制环将降压转换器输出电压控制在3.3V，并将升压转换器输出电压控制在15V。

2P2Z控制方案由以下参数组成：

- 参考电压——所需的输出电压设定值
- 误差——（参考电压 - 反馈）的计算结果。补偿器根据该值执行操作
- 系统被控对象——受控的转换器
- 输出——输出电压或电流
- 反馈——测得的输出信号大小

更多详细信息，请参见第3.2.4节“2P2Z软件控制补偿器”。除了将9V电源连接到J2连接器外，本演示程序无需任何手动准备工作。

图3-1： 峰值电流模式控制环框图

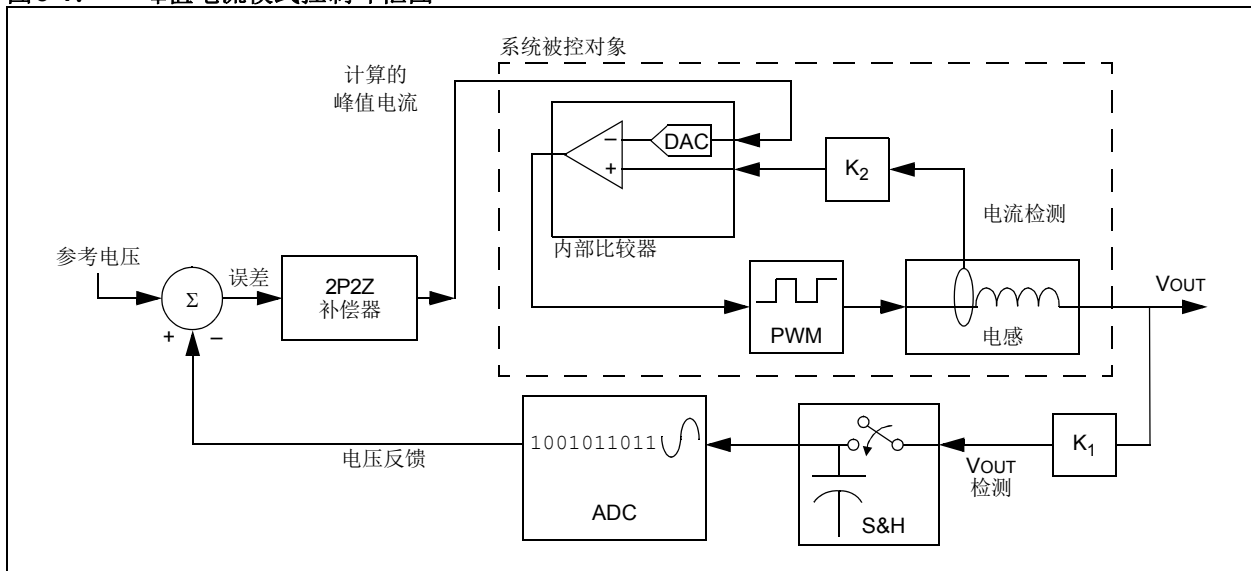
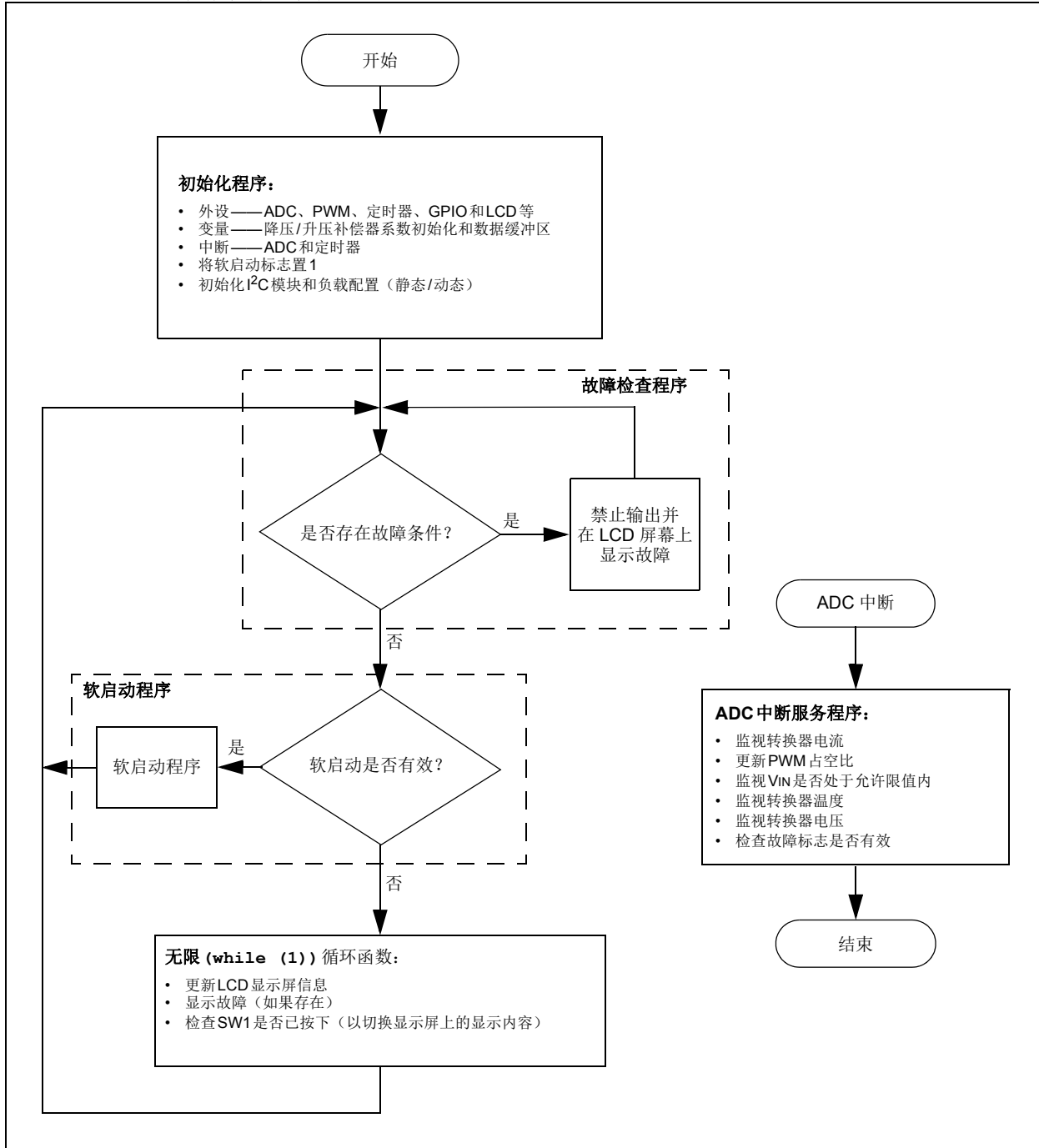


图3-2: SMPS演示程序流程图



3.2 代码演示

3.2.1 系统初始化

电路板上电后，程序通过执行以下系统初始化程序启动：

- 外设——配置和使能所需的外设（PWM、ADC、比较器、I²C 模块、定时器和GPIO）。
- 中断——包括ADC、定时器、I²C 和比较器中断。
- 负载——可配置为静态模式或动态模式。选择动态模式时，可在应用软件中配置开关频率。

3.2.2 故障检查

该程序检查程序操作期间是否已发生故障。故障检查包含以下内容：

- 输入过压/欠压
- 降压/升压转换器过温
- 降压/升压软启动

如果发生上述任意故障，则相应的故障将显示在LCD显示屏上。在故障条件清除之前，将禁止相应的PWM信号和负载。故障检查分散在所有中断中。如果未检测到故障条件，则程序继续执行。

3.2.3 软启动

软启动程序以闭环方式斜升输出电压，直到输出电压达到设定的输出电压值为止。该程序确保输出不会超过所需的电压。

3.2.4 2P2Z 软件控制补偿器

软件中实现的双极点双零点（2P2Z）控制器是模拟II型控制器的数字实现。该滤波器能够维持输出电压的稳定度，并确保在不同的线路/负载条件下保持稳定。该控制器需要三个反馈误差（与其相关系数相乘），加上两个最近的控制器的输出值（与其相关系数相乘），以及延时线路来为电源转换器提供适当的补偿。系数由模拟工具在外部确定。

有关进一步的实现细节，请参见 DPSK 软件包中的 `smcs_2p2z_dspic.s` 库和 `smcs_control.h` 头文件。

3.2.5 系统while (1) 循环

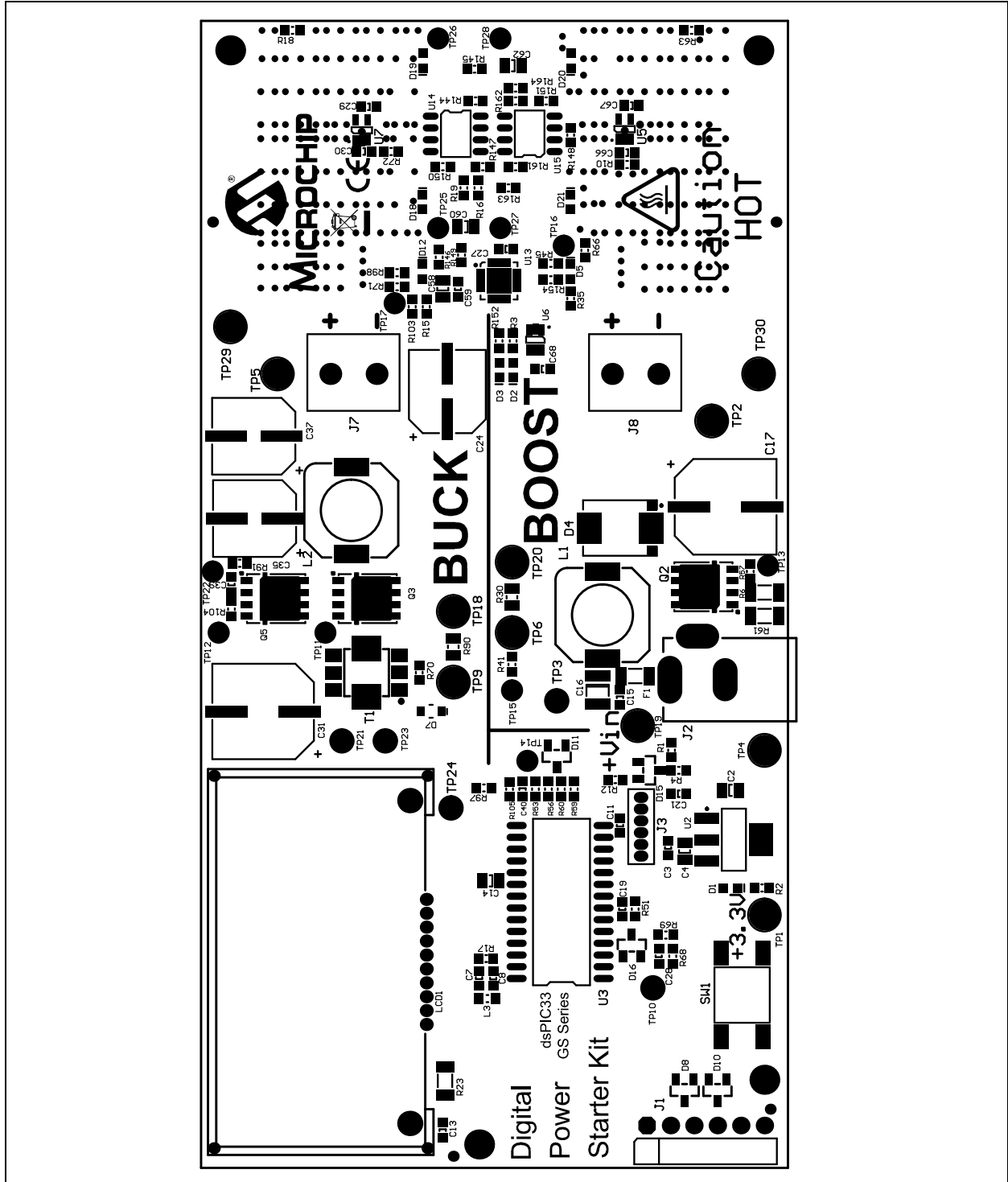
LCD刷新函数在系统空闲程序中调用。该程序会根据用户输入（SW1）和转换器反馈（故障标志/V_{IN}测量/转换器输出电压）来刷新LCD屏幕。所有故障显示更新都在系统空闲循环程序中执行，按下SW1可以切换测量结果的显示。

3.3 其他代码示例

Microchip 网站提供了几种其他的 SMPS 代码示例。有关每个代码示例演示内容的详细信息，请参见每个代码示例文件夹中的自述文件。有关代码示例的最新更新和其他代码示例，请访问 Microchip 网站 (www.microchip.com/SMPS)。

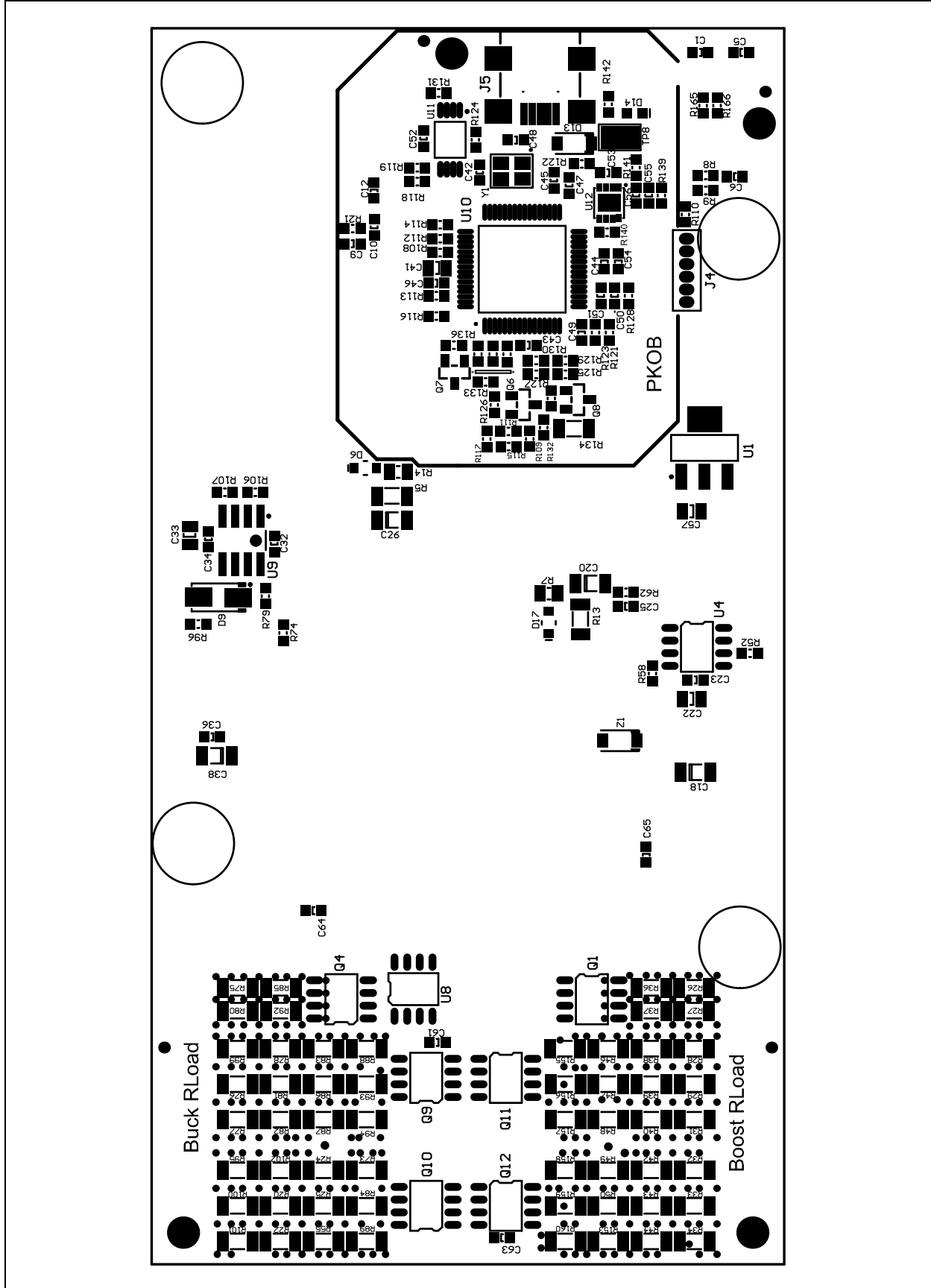
附录 A 电路板布线和原理图

图 A-1: 数字电源入门工具包布线图 (顶层)

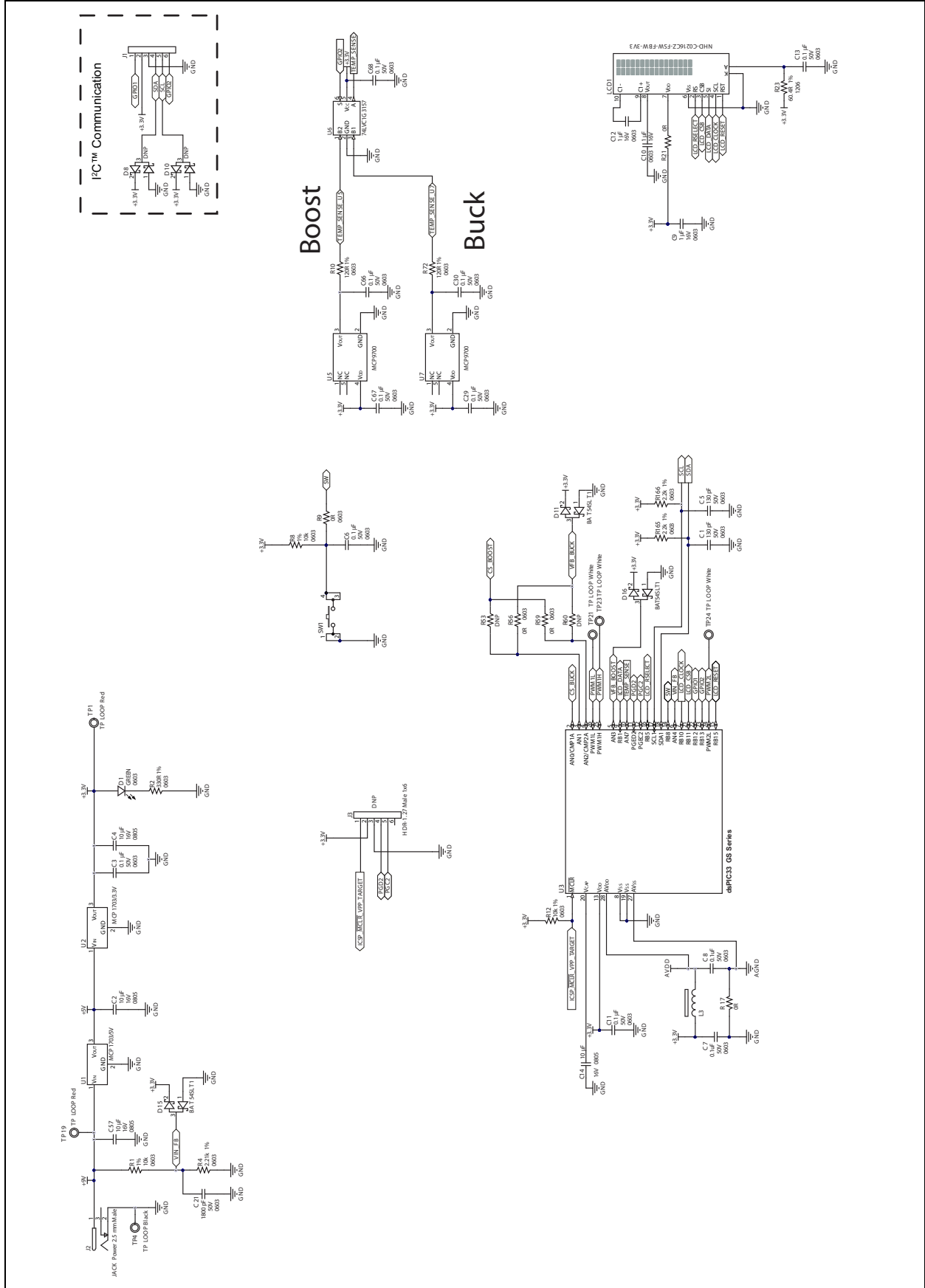


数字电源入门工具包用户指南

图A-2: 数字电源入门工具包布线图(底层)

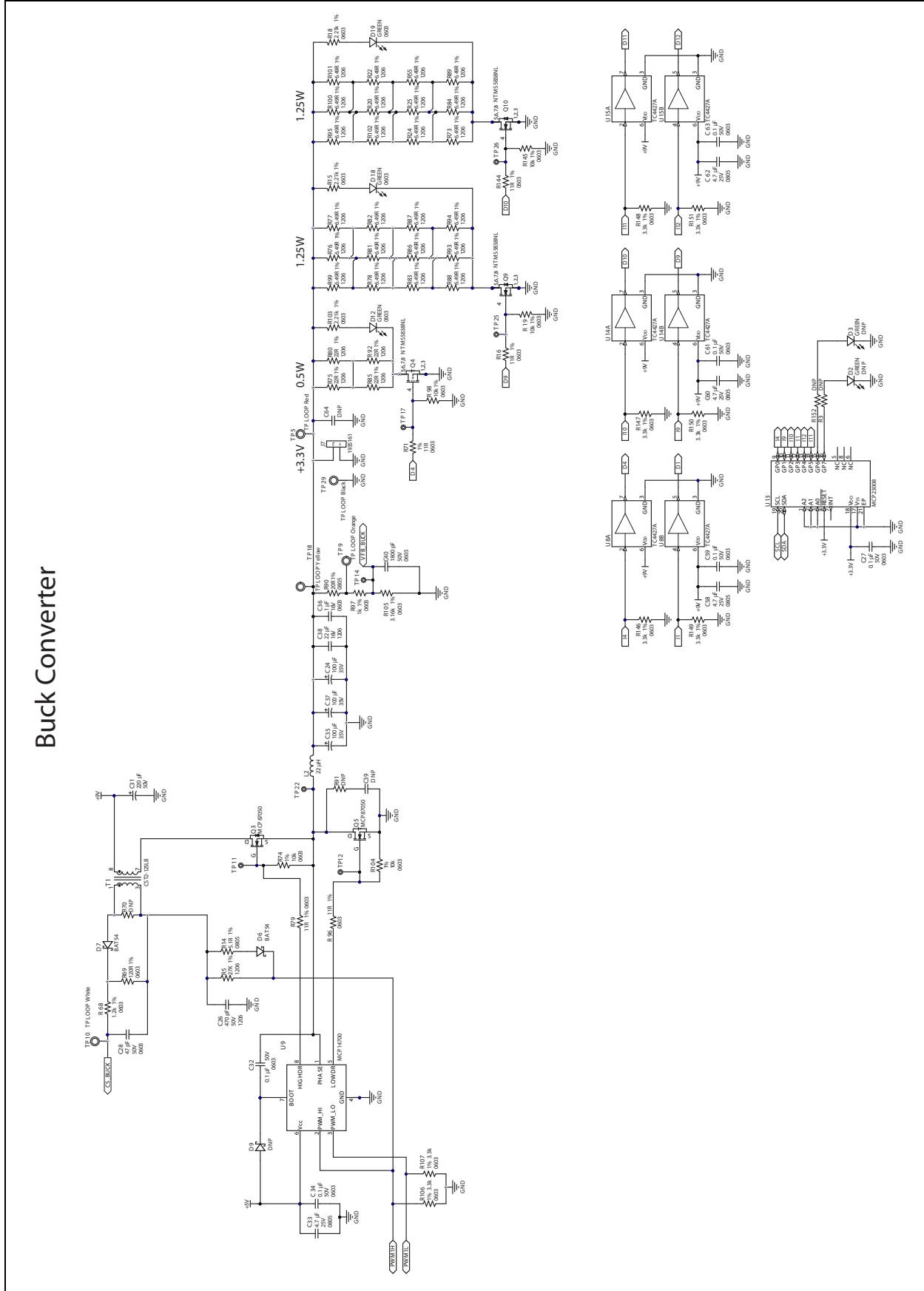


图A-3: 数字电源入门工具包原理图版本1.2

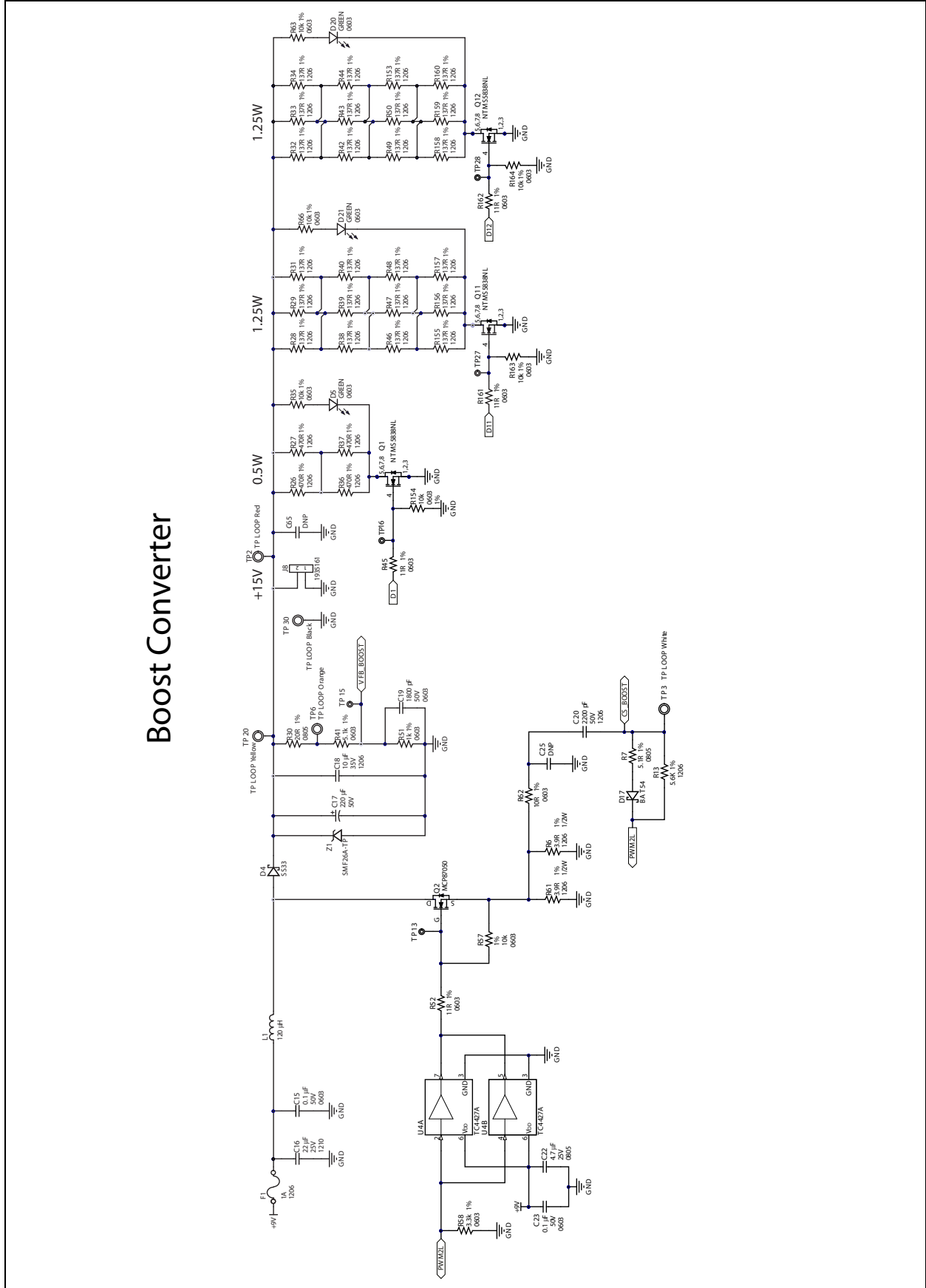


数字电源入门工具包用户指南

图A-4: 数字电源入门工具包原理图版本1.2 (降压转换器)



图A-5: 数字电源入门工具包原理图版本1.2 (升压转换器)



全球销售及及服务网点

美洲

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

技术支持:

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

网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 1-678-957-9614
Fax: 1-678-957-1455

奥斯汀 Austin, TX
Tel: 1-512-257-3370

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

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

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

底特律 Detroit
Novi, MI
Tel: 1-248-848-4000

休斯敦 Houston, TX
Tel: 1-281-894-5983

印第安纳波利斯 Indianapolis
Noblesville, IN
Tel: 1-317-773-8323
Fax: 1-317-773-5453

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

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor

Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

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

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

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

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
Fax: 852-2401-3431

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

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

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

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

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

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

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

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

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

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7828

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

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

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

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

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark - Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

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

德国 Germany - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

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

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

瑞典 Sweden - Stockholm
Tel: 46-8-5090-4654

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5800
Fax: 44-118-921-5820