



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，不得暗中或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、rPIC 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、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、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、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、REAL ICE、rLAB、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。

© 2012, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-62076-492-3

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

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、非易失性存储器和模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

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

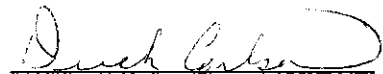
This declaration of conformity is issued by the manufacturer.

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.

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

07-Dec-11
Date

注:

安全注意事项

应遵循以下安全注意事项和操作指示信息以避免安全风险。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电阻负载，以热量的形式耗散功率。根据输出功率等级，电阻负载有可能会变得过热而无法触摸，且与电路板直接接触的任何表面也会过热。



警告——只应由专业人员安装、操作、维修、修改数字电源入门工具包。用户擅自执行任何维修或修改所造成的风险由用户承担，不提供任何保证。



注意——由于有可能出现意外的电压调节行为，代码开发期间应特别小心。确保对连接到数字电源入门工具包的电源进行适当保护以应对代码开发期间发生的过流事件。

一般注意事项：

- 数字电源入门工具包旨在用于评估和开发目的，且仅应在 IEC 61010-1:2001 所规定的正常实验室环境下工作。
- 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任何物品。请勿在操作期间移动工具包并避免直接接触电路板的底部。
- 请勿连接或操作有任何明显损坏的数字电源入门工具包。

注:

目录

安全注意事项	5
前言	9
第 1 章 简介	
1.1 概述	15
1.2 工具包内容	15
1.3 入门工具包功能和特性	16
1.4 电气规范	18
第 2 章 硬件	
2.1 顶层装配	19
2.2 信号配置	21
2.3 应用元件	22
2.4 电路板连接器	23
2.5 指示灯和人机接口	23
2.6 测试点	24
2.7 转换器级的电源额定值	25
2.8 编程器 / 调试器	26
第 3 章 演示程序操作	
3.1 演示程序	27
3.2 代码演示	29
3.3 其他代码示例	29
附录 A 电路板布线和原理图	31
全球销售及服务中心	38

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。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_CN”，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

本用户指南介绍了数字电源入门工具包。本文档的内容编排如下：

- **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概述。
- **第 2 章 “硬件”** —— 本章描述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”** —— 本章描述了数字电源入门工具包随附的器件上预先加载的演示软件。
- **附录 A “电路板布线和原理图”** —— 本附录给出了数字电源入门工具包的硬件布线图以及原理图。

数字电源入门工具包用户指南

本指南使用的约定

本手册采用以下文档约定：

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”
带右尖括号且下有划线的斜体文字	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。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。器件特定数据手册包含有关编程特定单片机或数字信号控制器器件的当前信息。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：

MPLAB® C Compiler for PIC24 MCUs and dsPIC® DSCs User's Guide (DS51284)

本综合指南介绍了用于 16 位器件的 Microchip MPLAB C 编译器（前身为 MPLAB C30）的使用、操作和特性。

MPLAB® IDE 用户指南 (DS51519A_CN)

本用户指南介绍了如何设置 MPLAB IDE 软件并使用它来创建项目和烧写器件。

MPLAB® X IDE User's Guide (DS52027)

本文档介绍了如何设置 MPLAB X IDE 软件并使用它来创建项目和烧写器件。

自述文件 (Readme)

如需了解使用数字电源入门工具包电路板的最新信息，请阅读 `Readme.txt` 文本文件，该文件位于数字电源入门工具包代码示例的 MPLAB IDE 安装目录的 `Readme` 子目录下。自述文件包含了本用户指南中可能未提供的更新信息和已知问题。

dsPIC33FJ06GS001/101A/102A/202A 和 dsPIC33FJ09GS302 数据手册 (DS75018B_CN)

请参考该文档以获取有关该 dsPIC33F SMPS 数字信号控制器（Digital Signal Controllers, DSC）系列的详细信息。本数据手册提供的参考信息包括：

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

dsPIC33F/PIC24H 系列参考手册章节

提供了系列参考手册（Family Reference Manual, FRM）章节，对 dsPIC® DSC 和 PIC24H MCU 系列架构和外设模块的操作进行了说明。每个器件系列的具体信息在各自系列的器件数据手册中讨论。

具有易失性配置位的 dsPIC33F 器件闪存编程规范 (DS70659B_CN)

请参见该文档以获取有关指令集和固件开发的信息。

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）》（DS01207B_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。

欲注册, 请登录 Microchip 网站 www.microchip.com。在“支持”(Support)下, 点击“变更通知客户”(Customer Change Notification)服务后按照注册说明完成注册。

开发系统产品的分类如下:

- **编译器**——Microchip C 编译器、汇编器、链接器及其他语言工具的最新信息, 包括所有 MPLAB C 编译器、所有 MPLAB 汇编器 (包括 MPASM™ 汇编器)、所有 MPLAB 链接器 (包括 MPLINK™ 目标链接器), 以及所有 MPLAB 库管理器 (包括 MPLIB™ 目标库管理器)。
- **仿真器**——Microchip 在线仿真器的最新信息, 包括 MPLAB REAL ICE™ 和 MPLAB ICE 2000 在线仿真器。
- **在线调试器**——Microchip 在线调试器的最新信息, 包括 MPLAB ICD 3 在线调试器和 PICKit™ 3 debug express。
- **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 IDE 项目管理器、MPLAB 编辑器和 MPLAB SIM 模拟器, 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 REAL ICE 在线仿真器、MPLAB ICD 3 在线调试器和 MPLAB PM3 器件编程器等生产编程器, 以及 PICSTART® Plus、PICKit 2 和 PICKit 3 等开发编程器。

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://support.microchip.com> 获得网上技术支持。

文档版本历史

版本 A（2012 年 6 月）

本文档的初始版本。

注:

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概述。包括的主题有：

- 工具包内容
- 入门工具包功能和特性
- 电气规范

1.1 概述

现代电源变得更小、效率更高、更灵活且更便宜。在开关电源（Switch Mode Power Supply, SMPS）设计中采用了数字信号控制器（DSC），便可实现这些期望的增强功能。本工具包中提供的电路板旨在介绍和演示 Microchip SMPS 系列器件的功能和特性。数字电源入门工具包具有板上编程器 / 调试器，因而无需任何其他编程器或硬件接口。

已预先编程到板上 dsPIC33F 数字信号控制器（DSC）的演示应用程序软件，可从 Microchip 网站 <http://www.microchip.com> 下载。

注： 请参见数字电源入门工具包演示软件随附的自述文件以获取有关如何运行演示应用程序的指示信息。请参见入门工具包随附的信息手册以获取有关如何使用入门工具包烧写和调试应用软件的其他资源和指示信息。

1.2 工具包内容

数字电源入门工具包包含以下内容：

- 数字电源入门工具包电路板
- 9V 电源
- USB 电缆

注： 如果工具包中缺少任何组件，请与 Microchip 销售办事处联系来获得帮助。本文档最后提供了 Microchip 全球销售和服务办事处的列表。

1.3 入门工具包功能和特性

数字电源入门工具包是一个电源板，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 给出了入门工具包的高阶框图。

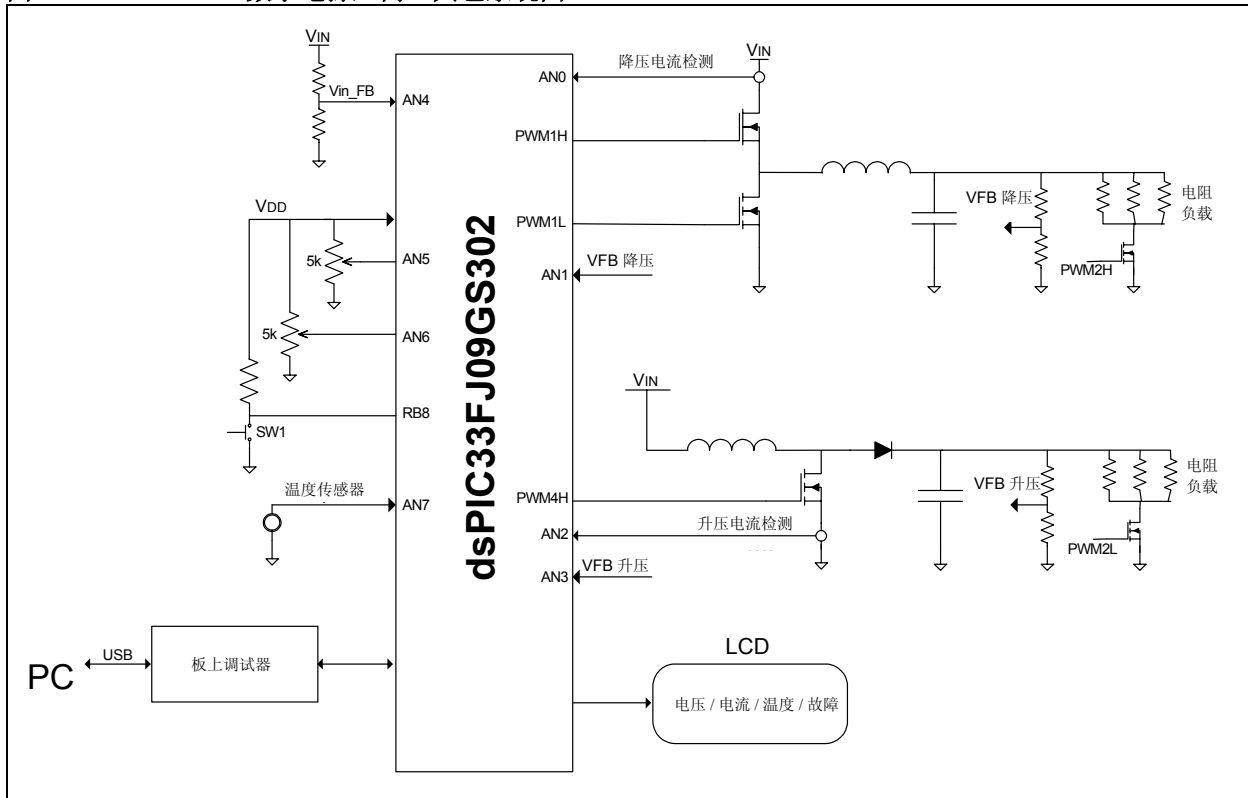
数字电源入门工具包在软件中提供了闭环比例 - 积分 - 微分（Proportional-Integral-Derivative, PID）控制以保持所需的目标输出电压。dsPIC® DSC 器件为 A/D 转换、PWM 生成、模拟比较和通用 I/O 提供了所需的存储器和外设，因而无需外部电路来执行这些功能。

SMPS dsPIC DSC 器件专门设计为用来为多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，并为远程监视和监控提供通信。

dsPIC33F SMPS 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中断响应时间
- 具有逐次逼近寄存器（Successive Approximation Register, SAR）以及三个采样 / 保持（Sample-and-Hold, S&H）电路的高达 2 Msps 的片上 ADC
- 三个独立的高分辨率 PWM 发生器，专门设计为用来支持不同的电源拓扑
- 两个高速模拟比较器，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，以降低系统成本
- PWM 引脚的高拉 / 灌电流（16 mA/16 mA）
- CPU 性能（40 MIPS）
- 众多节能特性

图 1-1: 数字电源入门工具包系统图



1.3.1 电源级

- 一个同步降压转换器电源级
- 一个升压转换器电源级
- 数字控制降压转换器的电压 / 电流测量和显示
- 数字控制升压转换器的电压 / 电流测量和显示
- 降压转换器输出 (BUCK_Out) 上 MOSFET 控制的 5W 电阻负载
- 升压转换器输出 (BOOST_Out) 上 MOSFET 控制的 5W 电阻负载

1.3.2 其他特性

- 5 k Ω 电位器 (P1 和 P2)，用于调整负载电阻的占空比
- 板上温度传感器，靠近电阻负载，使用户可设定温度保护限制
- 输入电压检测，用于检测欠压 / 过压情况
- 用于连接 PICKit™ 串行分析器的连接器 (J3)
- LED 上电指示灯 (D1)
- LED 输出电压指示灯 (D5 和 D12)
- 用于显示电压、电流、温度和故障情况的 LCD

1.3.3 入门工具包电源

- +9V 电源连接器 (J2) 为数字电源入门工具包提供电源
- USB 连接插孔 (J5) 为板上调试器提供电源 / 连接
- 降压和升压转换器均可在电压模式下工作 (默认)，但也可重新设定为工作在平均电流或峰值电流控制模式下

1.4 电气规范

表 1-1: 直流输入额定值 (J2)

参数	最小值	典型值	最大值	单位
电压	7.0	9	11	V
电流	1	—	—	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	—	4.5	V
输出电压纹波	—	50	—	mV (pk-pk)
输出电流	—	—	1.5	A
负载调节: $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 0.02-1.5A$, $V_{IN} = 9V$	—	50	—	mV/A
开关频率	—	350	—	kHz
输出功率	—	—	5	W

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)	11	—	18	V
输出电压纹波	—	100	—	mV (pk-pk)
输出电流	—	—	0.4	A
负载调节: $V_{OUT} = 15V$, $I_{OUT} = 0.02-0.3A$, $V_{IN} = 9V$	—	50	—	mV/A
开关频率	—	350	—	kHz
输出功率	—	—	5	W

第 2 章 硬件

本章介绍数字电源入门工具包的硬件元件。

包括的主题有：

- 顶层装配
- 信号配置
- 应用元件
- 电路板连接器
- 指示灯和人机接口
- 测试点
- 转换器级的电源额定值
- 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（顶视图）

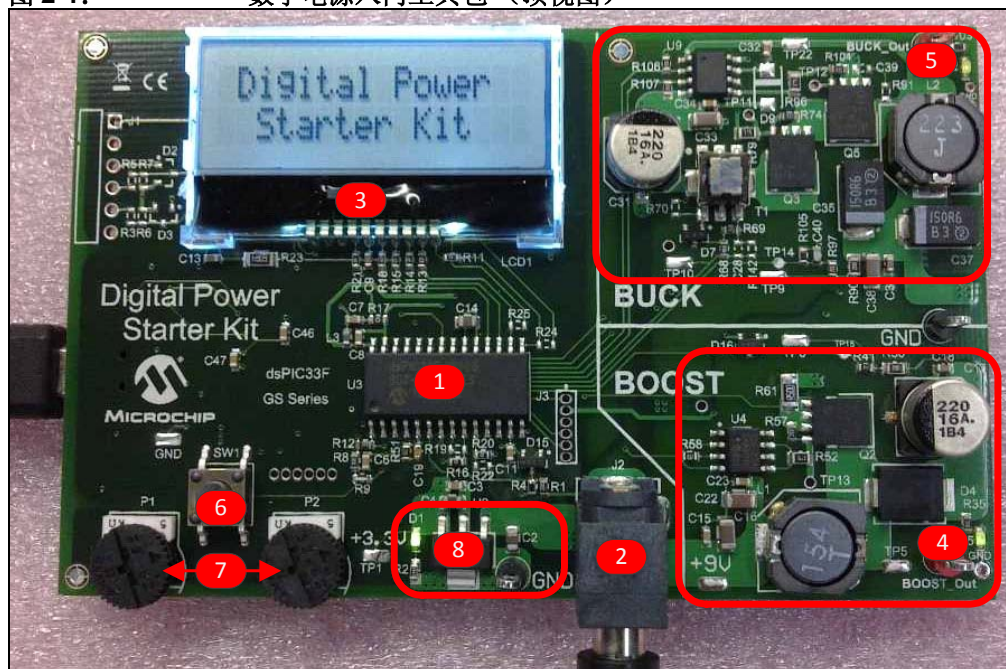


表 2-1: 数字电源入门工具包元件（顶层）

编号	说明
1	dsPIC33FJ09GS302 数字信号控制器（DSC）（U3）
2	9V 电源连接器（J2）
3	2x16 字符型 LCD
4	升压转换器级
5	降压转换器级
6	按钮（SW1）
7	电位器（P1 和 P2）
8	稳压器（3.3V）

图 2-2: 数字电源入门工具包（底视图）

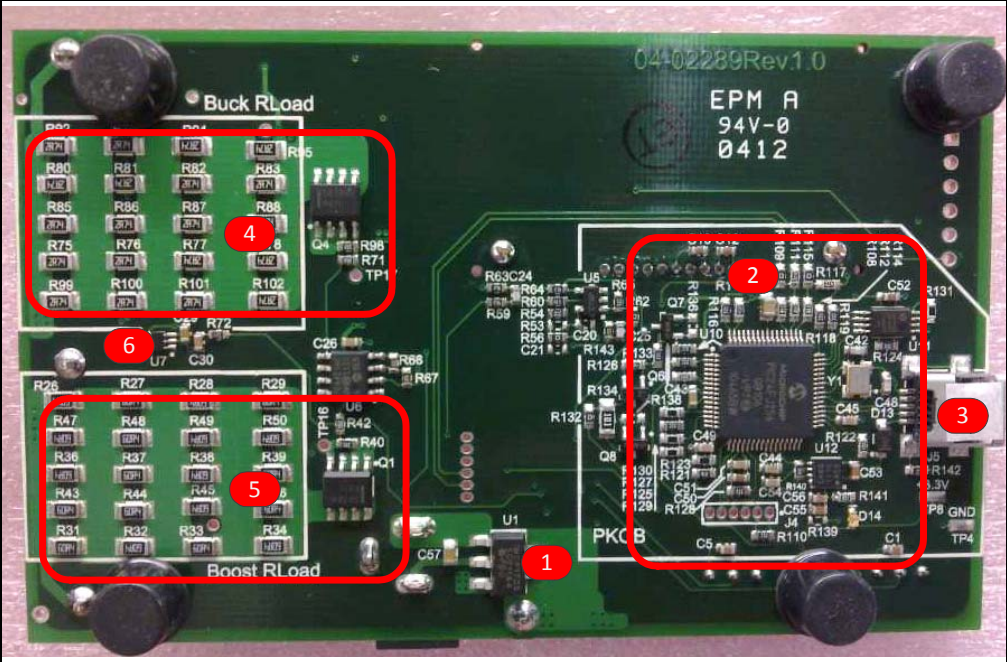


表 2-2: 数字电源入门工具包元件（底层）

编号	说明
1	稳压器（5V）
2	板上编程器 / 调试器
3	编程器 / 调试器 USB 连接器（J5）
4	降压转换器电阻负载
5	升压转换器电阻负载
6	板上温度传感器

2.2 信号配置

表 2-3 提供了 dsPIC33FJ09GS302 DSC 信号连接的完整列表以及数字电源入门工具包中使用的引脚的简要功能说明。

表 2-3: dsPIC33FJ09GS302 配置详细信息

数字电源入门工具包 信号标记	dsPIC33FJ09GS302		说明 / 功能
	引脚 编号	器件引脚名称	
ICSP_MCLR_VPP_Target	1	MCLR	主复位输入。
CS_BUCK	2	AN0/CMP1A/RA0	模拟——降压电流检测
VFB_BUCK	3	AN1/CMP1B/RA1	模拟——降压反馈
CS_BOOST	4	AN2/CMP1C/CMP2A/RA2	模拟——升压电流检测
VFB_BOOST	5	AN3/CMP1D/CMP2B/RP0/CN0/RB0	模拟——升压反馈
VIN_FB	6	AN4/ISRC4/CMP2C/RP9/CN9/RB9	模拟——输入电压反馈
EXT POT2	7	AN5/ISRC3/CMP2D/RP10/CN10/RB10	模拟——5k 电位器
—	8	Vss	地
EXT POT1	9	OSC1/CLKI/AN6/ISRC2/RP1/CN1/RB1	模拟——5k 电位器
Temp_Sensor	10	OSC2/CLKO/AN7/ISRC1//RP2/CN2/RB2	模拟——温度传感器
PGD2	11	PGED2/DACOUT/INT0/RP3/CN3/RB3	编程 / 调试通信通道 2 的数据 I/O 引脚
PGC2	12	PGEC2/EXTREF/RP4/CN4/RB4	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	PGED3/RP8/CN8/RB8	SW1 按钮
LCD_Reset	15	PGEC3/RP15/CN15/RB15	LCD 低电平有效复位信号
LCD_RSelect	16	TDO/RP5/CN5/RB5	LCD 寄存器选择信号
SCL/TX	17	PGED1/TDI/SCL1/RP6/CN6/RB6	LCD 串行时钟
SDA/RX	18	PGEC1/SDA1/RP7/CN7/RB7	LCD_Data
—	19	Vss	地
—	20	VCAP	CPU 逻辑滤波电容连接
PWM4H	21	TMS/RP11/CN11/RB11	升压 MOSFET PWM 信号
LCD_CSB	22	TCK/RP12/CN12/RB12	LCD 低电平有效片选信号
Load BUCK	23	PWM2H/RP13/CN13/RB13	降压电阻负载驱动 PWM 信号
Load BOOST	24	PWM2L/RP14/CN14/RB14	升压电阻负载驱动 PWM 信号
PWM1H	25	PWM1H/RA4	降压上桥臂 MOSFET PWM 信号
PWM1L	26	PWM1L/RA3	降压下桥臂 MOSFET PWM 信号
—	27	AVss	模拟模块的参考地
—	28	AVDD	模拟模块的正电源；该引脚必须一直处于连接状态

数字电源入门工具包用户指南

2.3 应用元件

表 2-4 给出了数字电源入门工具包上提供的应用元件（请参见图 2-1 和图 2-2 了解元件位置）。

表 2-4: 应用元件

元件	标记	编号	说明
顶层装配元件（见图 2-1）			
dsPIC33FJ09GS302 DSC	U3	1	为入门工具包上的演示应用程序和应用程序开发提供处理电源。MCU 具有 9 KB 闪存程序存储器和 1 KB RAM。演示应用程序将 MCU 器件带 PLL 的片上 FRC 振荡器用作时钟源。
9V 电源连接器	J2	2	9V 电源为 dsPIC33FJ09GS302 DSC 供电并为入门工具包上的两个直流 / 直流转换器提供电源。要运行入门工具包，请将随入门工具包提供的电源连接到 J2。
2x16 字符型 LCD	LCD1	3	用户可编程 2x16 字符型 LCD。
升压转换器级	N/A	4	5W 升压转换器（升压）。
降压转换器级	N/A	5	5W 降压转换器（降压）。
电位器	P1 和 P2	7	两个电位器（POT）。每个 POT 连接到 DSC 的一个模拟输入引脚，提供 3.3V 到地（0V）范围的模拟参考电压。
稳压器	U2	8	稳压器（3.3V）为 dsPIC33FJ09GS302 DSC、LCD、按钮、电位器和温度传感器提供电源。
底层装配元件（见图 2-2）			
稳压器	U1	1	稳压器（5V）为 3.3V 稳压器和降压级栅极驱动器（U9）提供电源。
板上编程器 / 调试器	N/A	2	控制目标 dsPIC33FJ09GS302 DSC 的编程 / 调试操作。
编程器 / 调试器 USB 连接器	J5	3	为编程器 / 调试器及主机 PC 和入门工具包之间的双向通信提供电源。
降压电阻负载	N/A	4	MOSFET 控制的 2.2 Ω 电阻负载（最大为 5W）。
升压电阻负载	N/A	5	MOSFET 控制的 48.3 Ω 电阻负载（最大为 5W）。
板上温度传感器	U7	6	温度传感器靠近负载电阻巧妙地放置，用于向 DSC 提供电路板温度并在温度超过设置的限制值时禁止这两个电阻负载。

2.4 电路板连接器

表 2-5 说明了数字电源入门工具包上提供的硬件连接（请参见图 2-1 和图 2-2 了解元件位置）。

表 2-5: 硬件连接

标记	硬件元件说明
J1	用于连接 PICKIT™ 串行分析器的连接器（未安装）。
J2	9V 电源（未安装）。
J3	用于烧写 dsPIC33FJ09GS302 DSC 的 ICSP™ 编程器接口连接器。
J4	用于烧写 PIC24FJ256GB106 MCU USB 转 UART 桥接器的 ICSP 编程器接口连接器（未安装）。
J5	微型 USB 连接器提供了主机 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 说明了入门工具包上提供的用户接口。

表 2-6: 指示灯和人机接口

标记	硬件元件说明
SW1	按钮开关，连接到 RB8 端口引脚。短暂按下时，LCD 测量和电路板状态信息发生变化。
D1	上电状态指示 LED，用于指示数字电源入门工具包已通过 9V 电源上电。
D14	USB 总线指示器，用于指示器件连接到 USB 总线且编程器 / 调试器已上电。
P1 和 P2	两个可变电阻（电位器）。每个电位器与一个模拟输入引脚连接，提供 3.3V 到地（0V）范围的模拟参考电压。
D12	降压转换器上电状态指示 LED，用于指示何时使能降压直流 / 直流转换器。
D5	升压转换器上电状态指示 LED，用于指示何时使能升压直流 / 直流转换器。由于升压配置，当 J2 连接器上有 +9V 电压时，该 LED 将点亮。
LCD1	用户可编程 2x16 字符型 LCD 显示屏。

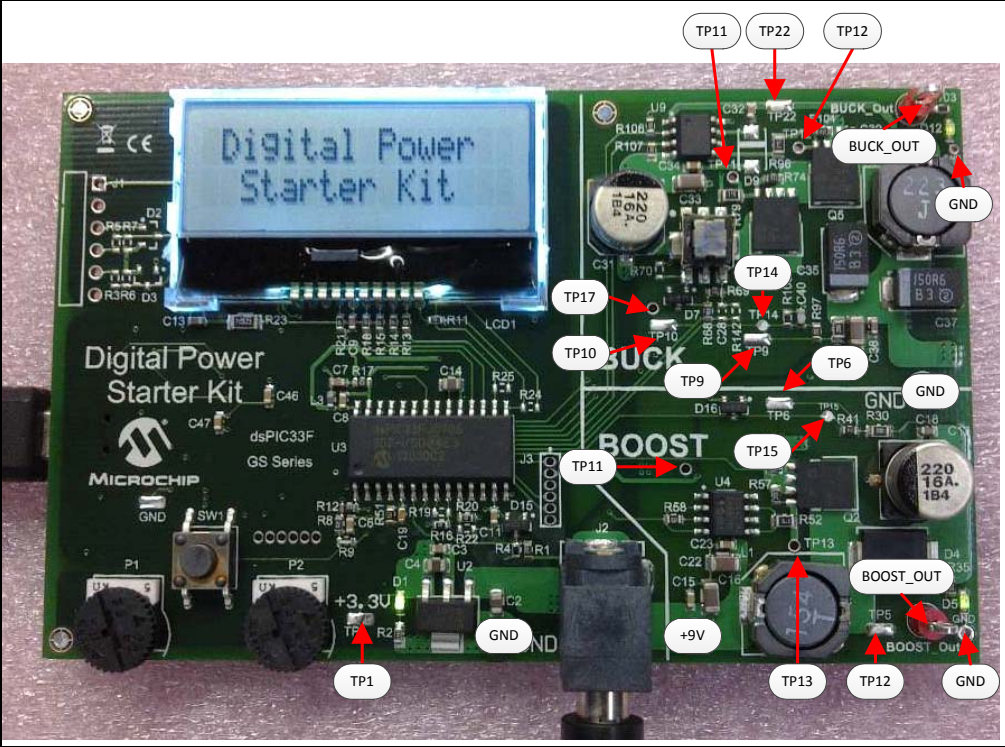
2.6 测试点

表 2-7 说明了数字电源入门工具包上提供的测试点。请参见图 2-3 了解测试点位置。

表 2-7: 测试点

测试点	说明
+9V	9V 电源测试点
BUCK_OUT	降压级的输出电压测试点
BOOST_OUT	升压级的输出电压测试点
TP1	3.3V 电源电压测试点
TP5	升压级开关节点测试点
TP6	升压级 BODE 测试点
TP9	降压级 BODE 测试点
TP10	降压级电流检测测试点
TP11	降压级上桥臂 MOSFET 栅极信号测试点
TP12	降压级下桥臂 MOSFET 栅极信号测试点
TP13	升压级 MOSFET 栅极信号测试点
TP14	降压级输出电压反馈测试点
TP15	升压级输出电压反馈测试点
TP16	电阻负载 MOSFET 栅极信号（升压）测试点
TP17	电阻负载 MOSFET 栅极信号（降压）测试点
TP22	降压级开关节点测试点

图 2-3: 数字电源入门工具包测试点位置



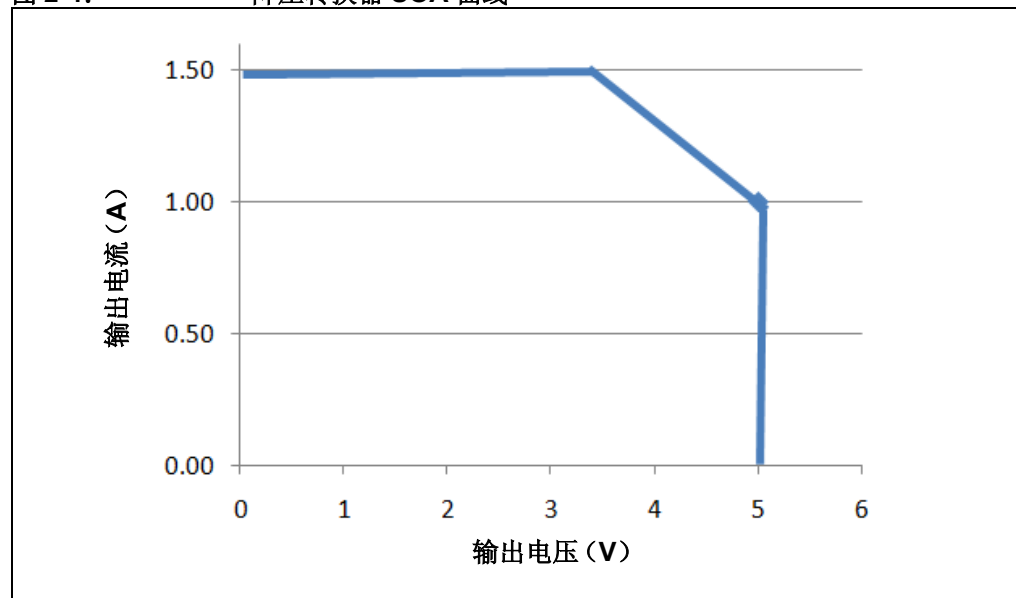
2.7 转换器级的电源额定值

数字电源入门工具设计为一个具有连接到每个直流 / 直流转换器的可变 5W 负载的自供电电源板。

2.7.1 降压转换器

降压转换器级为专用板上电阻负载提供最大为 5W 的输出功率。输出电压和输出电流应保持在其安全工作区（Safe Operating Area, SOA）范围内以防损坏电路板，如图 2-4 所示。降压转换器的输出电压（BUCK_Out）可设定为 1.2V 到 4.5V 范围内，默认设定电压为 3.3V。BUCK_Out 电压反馈的硬件增益 $[5k/(3.3k + 5k)]$ 通过电阻分压网络 R97 和 R105 提供。另外，还在反馈网络中串联一个 20 Ω 的电阻 R90，用于波特图测量。电流反馈的硬件增益由具有 1:60 匝数比和 R69 负载电阻的电流互感器（T1）提供。

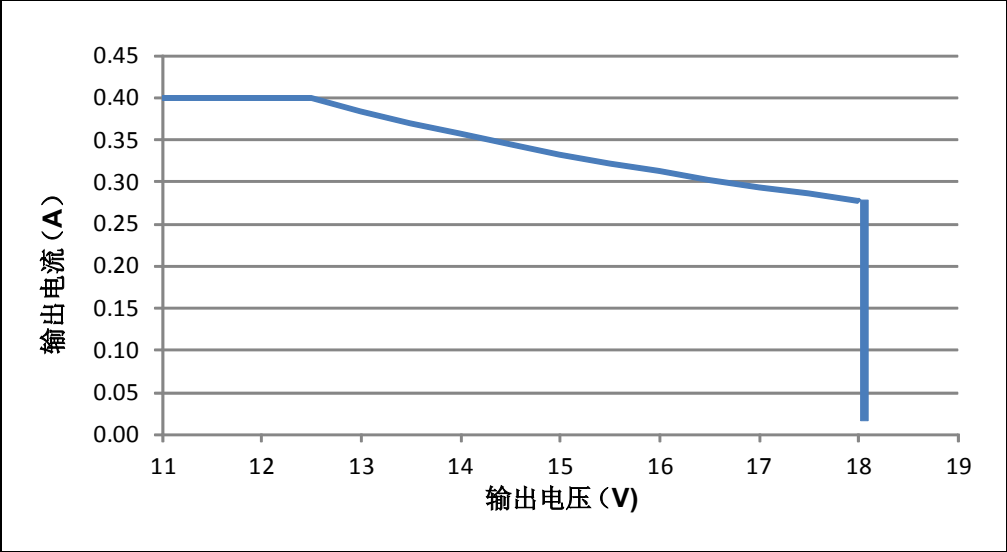
图 2-4: 降压转换器 SOA 曲线



2.7.2 升压转换器

升压转换器级为专用板上电阻负载提供最大为 5W 的输出功率。输出电压和输出电流应保持在安全工作区（SOA）范围内以防损坏电路板，如图 2-5 所示。升压转换器的输出电压（BOOST_Out）可设定为 11V 到 18V 范围内，默认设定电压为 15V。BOOST_Out 电压反馈的硬件增益 $[20k/(20k + 3.3k)]$ 通过电阻分压网络 R41 和 R51 提供。另外，还在反馈网络中串联一个 20 Ω 的电阻 R30，用于波特图测量。电流反馈的硬件增益由电流检测电阻 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一个通过 USB 提供连接的板上编程器 / 调试器电路。该电路硬连线到 dsPIC DSC 器件以提供 ICSP™ 调试 / 编程功能。

2.8.1 编程器 / 调试器组件

表 2-8 给出了数字电源入门工具包上提供的编程器 / 调试器组件（请参见图 2-2 了解组件位置）。

表 2-8: 编程器 / 调试器组件

组件	标记	编号	说明
板上编程器 / 调试器	N/A	2	控制目标 dsPIC33FJ09GS302 DSC 的编程 / 调试操作。
编程器 / 调试器 USB 连接器	J5	3	为编程器 / 调试器及主机 PC 和数字电源入门工具包之间的双向通信提供电源。

第 3 章 演示程序操作

dsPIC33FJ09GS302 数字电源入门工具包预编程了演示应用程序，该演示应用程序用于演示对数字电源入门工具包电路板上的两个直流 / 直流转换器电路的输出电压的同时比例 - 积分 - 微分（PID）控制。代码可从 Microchip 网站（www.microchip.com）下载。

本章包含以下主题：

- [演示程序](#)
- [代码演示](#)
- [其他代码示例](#)

3.1 演示程序

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

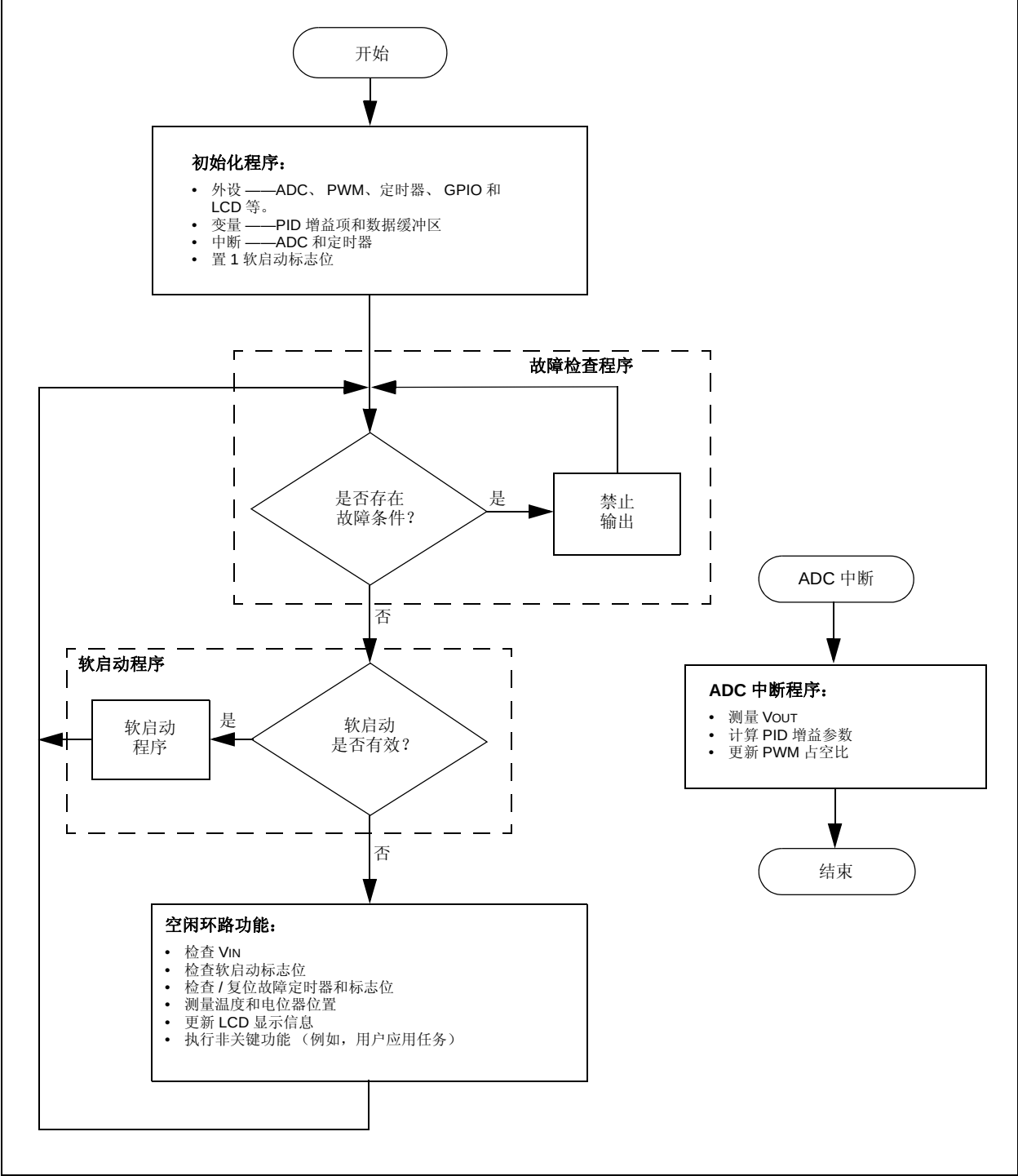
一个 PID 环将降压转换器输出电压（BUCK_Out）控制在 3.3V。另一个 PID 环将升压转换器输出电压（BOOST_Out）控制在 15V。

PID 控制方案由以下参数组成：

- 比例误差增益（P 增益）—— 该参数产生一个与输出电压误差幅值成比例的校正因子。
- 积分误差增益（I 增益）—— 该参数使用累积电压误差生成一个校正因子，可消除由于失调电压和测量分辨率的限制而产生的任何残留误差。
- 微分误差增益（D 增益）—— 该参数产生一个与输出电压误差的变化率成比例的校正因子，可帮助系统快速响应系统条件的变化。

演示程序除了将 9V 电源连接到 J2 连接器外不需要任何手动准备操作。

图 3-1: SMPS 演示程序流程图



3.2 代码演示

3.2.1 系统初始化

当将电源施加到电路板上时，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、定时器和 GPIO）
- 变量 —— 定义程序变量。定义和记录 RAM 存储单元以及寄存器使用情况
- 常量 —— 定义程序常量，包括降压输出电压和升压输出电压的参考设置点、输入电压、电流限制、故障条件、PWM 存储单元和定时器周期
- 中断 —— 设置并允许 ADC 和定时器中断

3.2.2 故障检查

程序检查输入是否欠压 / 过压、输出是否过压或电路板温度是否超出限制。如果发生故障，将禁止 PWM 输出，直到清除故障条件。如果未检测到任何故障，那么程序继续。

3.2.3 软启动

软启动程序以闭环方式升高输出电压，使系统在 PID 控制环的工作范围内。该程序确保输出不会超出期望的电压；同时，还限制了启动时的电流。

3.2.4 ADC 中断

ADC 中断为演示程序的核心。该程序大概花费 75% 的执行时间。它执行所有 PID 计算并将所有需要的校正应用到输出。

注： ADC 中断可在程序执行期间的任何时候发生。ADC 中断的优先级高于程序正在执行的任何其他任务。

3.2.5 系统空闲循环

所有辅助功能均在系统空闲程序中执行。这是在演示程序等待 ADC 中断时的 CPU 执行时间。非关键功能可在该循环中执行。在 LCD 刷新期间，将检查电位器位置、输入电压、故障定时器和软启动标志。

3.3 其他代码示例

Microchip 网站提供了其他几种 SMPS 代码示例。请参见位于每个代码示例文件夹中的自述文件以获取有关每个代码示例所演示的内容的详细信息。请查看 Microchip 网站（www.microchip.com/SMPS）以获取代码示例的最新更新以及其他代码示例。

注：

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 (顶层)

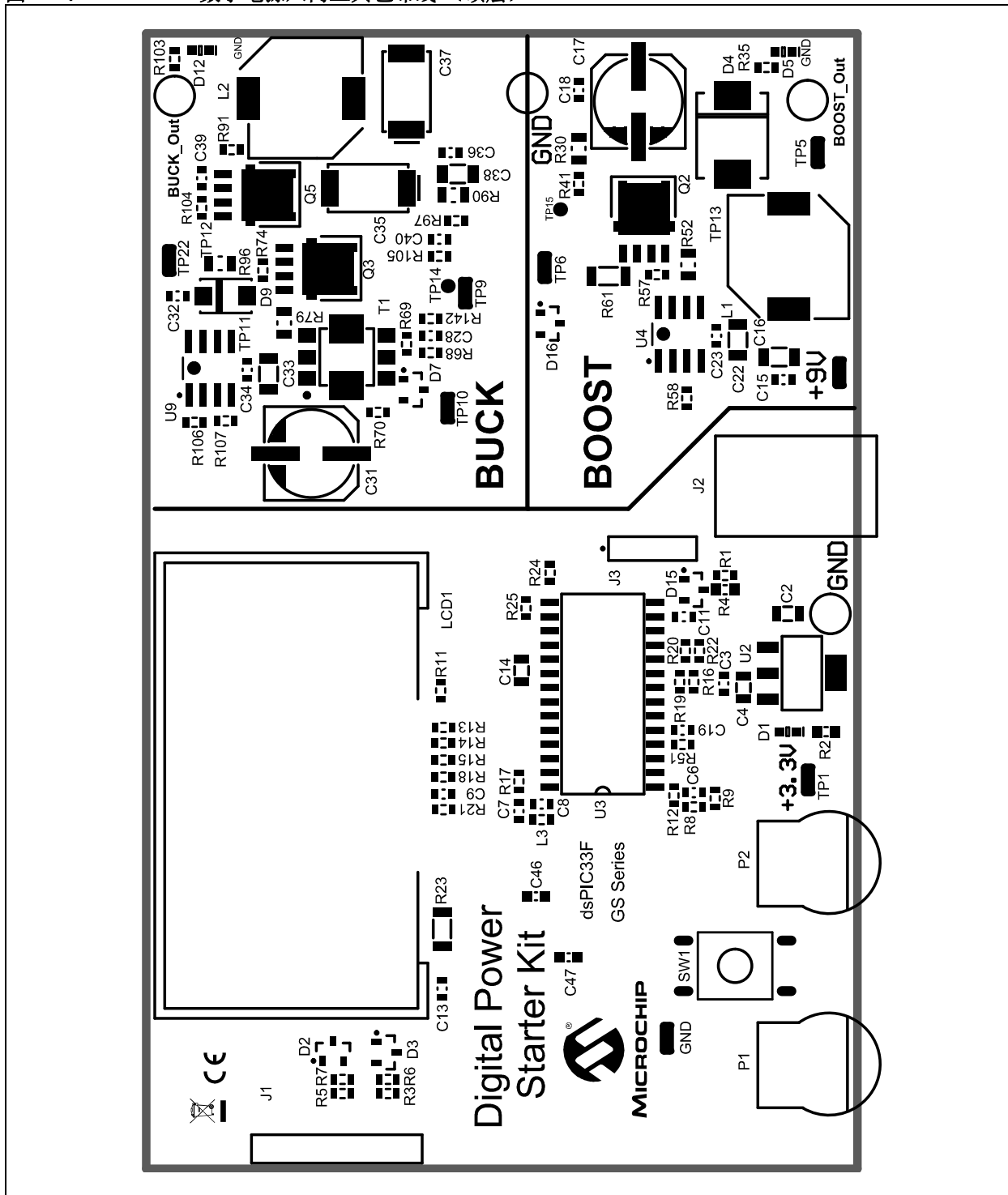


图 A-3: 数字电源入门工具包原理图

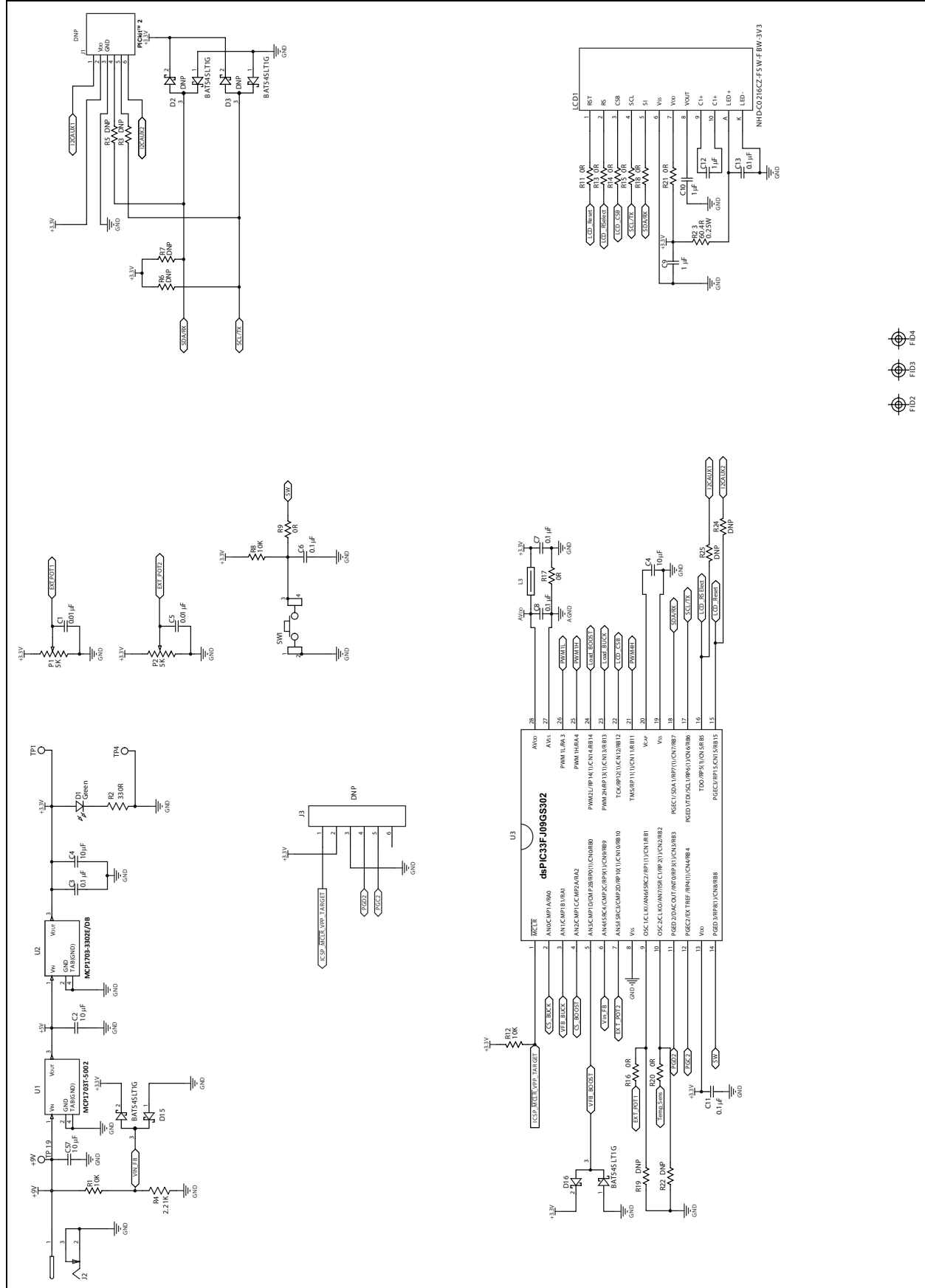


图 A-4：数字电源入门工具包原理图（升压转换器）

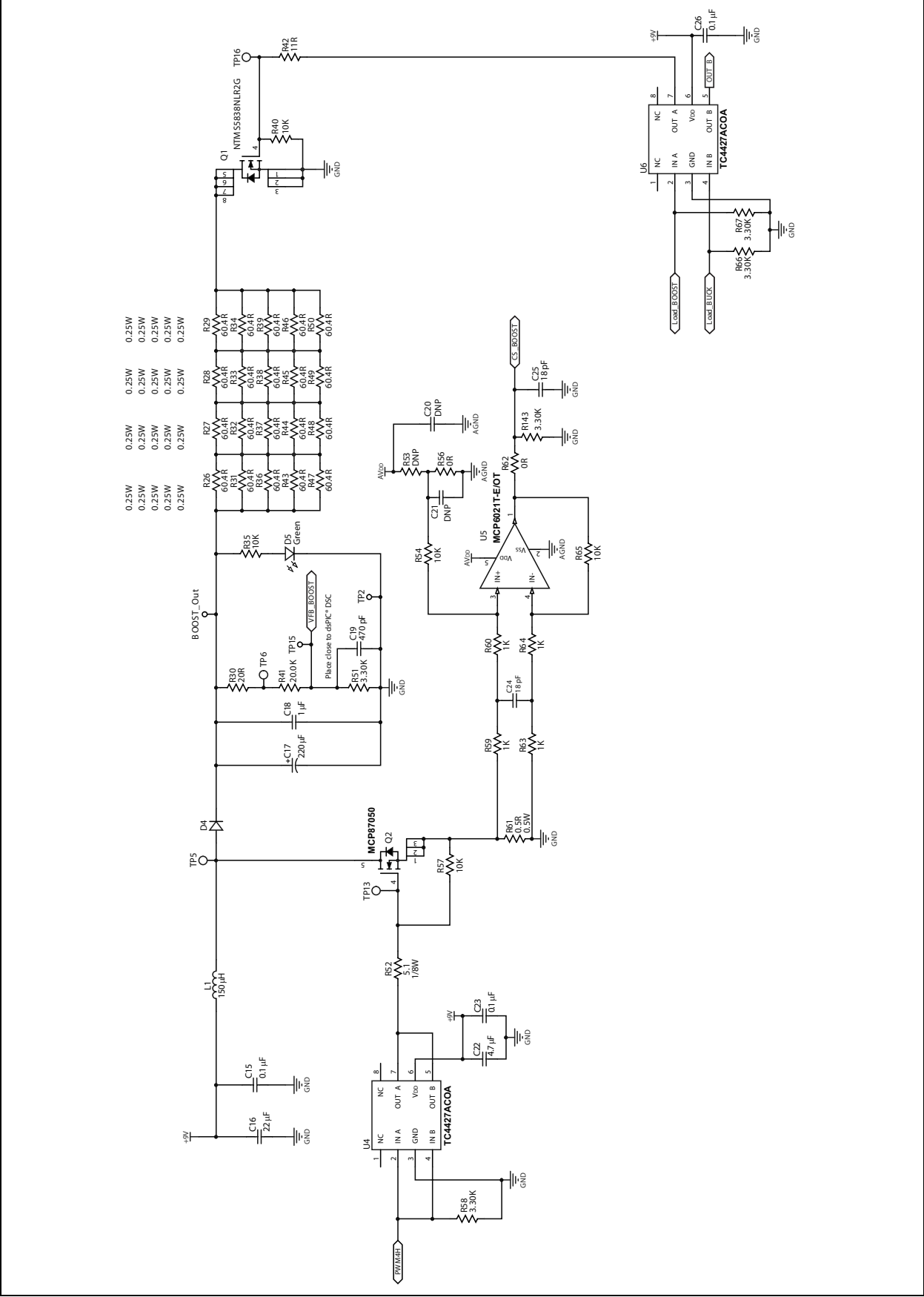
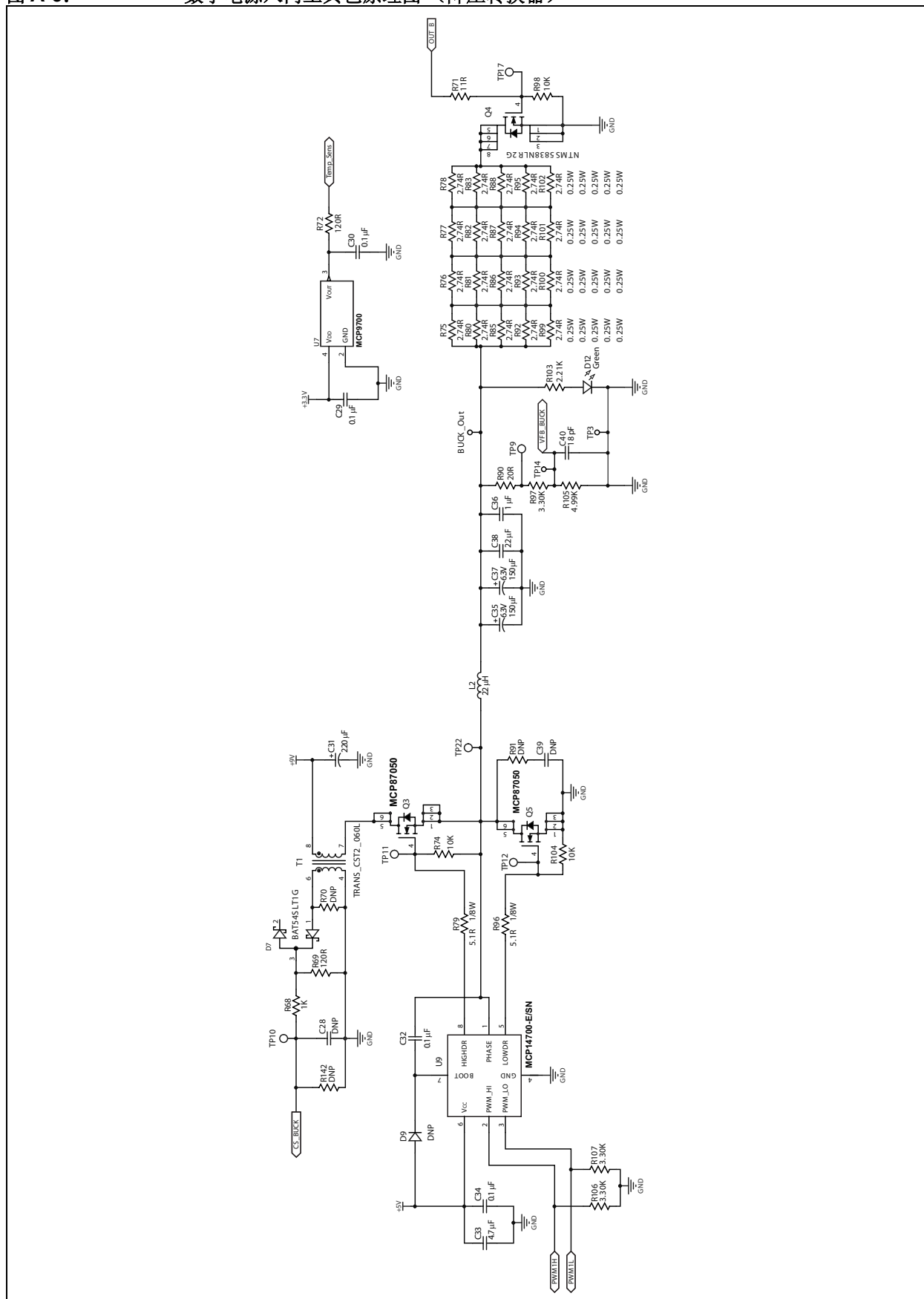


图 A-5: 数字电源入门工具包原理图 (降压转换器)



注：

注:

全球销售及服务网点

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

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

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

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 1-408-961-6444
Fax: 1-408-961-6445

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

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

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

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

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
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

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-330-9305

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

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
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: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-66-152-7160
Fax: 81-66-152-9310

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 - Druenen
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