



**MICROCHIP**

---

**dsPIC33C 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。除非另外声明，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。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

## 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PacTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、PrecisionEdge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、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。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 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。

© 2019, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-4504-3

**目录**

前言 .....	<b>5</b>
第1章 简介 .....	<b>9</b>
1.1 概述 .....	9
1.2 工具包内容 .....	9
1.3 组件 .....	10
1.3.1 俯视图和仰视图 .....	10
1.4 电路板供电 .....	11
1.5 电气规范 .....	12
1.6 硬件说明 .....	13
1.6.1 信号配置 .....	13
1.6.2 板上连接器 .....	14
1.6.3 指示灯和人机接口 .....	15
1.6.4 测试点 .....	15
1.7 入门工具包的功能和特性 .....	16
1.7.1 降压转换器 .....	17
1.7.2 升压转换器 .....	18
1.7.3 其他特性 .....	19
1.7.4 编程器/调试器 .....	20
1.8 dsPIC33C 数字电源入门工具包系统图 .....	20
附录A 开发板布线图和原理图 .....	<b>23</b>
附录B 物料清单 (BOM) .....	<b>35</b>
B.1 物料清单 .....	35
附录C 演示程序的工作原理 .....	<b>41</b>
C.1 程序演示 .....	41
C.2 代码演示 .....	43
C.2.1 系统初始化 .....	43
C.2.2 故障检查 .....	43
C.2.3 软启动 .....	43
C.2.4 2P2Z 软件控制补偿器 .....	43
C.2.5 系统while (1) 循环 .....	43
C.3 其他代码示例 .....	43
全球销售及服务中心 .....	<b>44</b>

注:



---

---

## 前言

---

---

### 客户须知

本文档如同所有其他文档一样具有时效性。Microchip 将不断改进工具和文档以满足客户的需求，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](http://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 dsPIC33C 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](#)
- [推荐读物](#)
- [Microchip 网站](#)
- [产品变更通知服务](#)
- [客户支持](#)
- [文档版本历史](#)

### 文档编排

本用户指南概述了 dsPIC33C 数字电源入门工具包。文档内容编排如下：

- **第1章 “简介”** —— 本章介绍了 dsPIC33C 数字电源入门工具包并简要概述了其特性。
- **附录 A “开发板布线图和原理图”** —— 本附录提供了 dsPIC33C 数字电源入门工具包的硬件布线图和原理图。
- **附录 B “物料清单 (BOM)”** —— 本附录提供了 dsPIC33C 数字电源入门工具包的物料清单。
- **附录 C “演示程序的工作原理”** —— 本章介绍了 dsPIC33C 数字电源入门工具包随附的器件中预编程演示软件。

## 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
<b>Arial 字体：</b>		
斜体字	参考书目	<i>MPLAB<sup>®</sup> 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&gt;Save</i>
粗体字	对话框按钮	单击 <b>OK</b>
	选项卡	单击 <b>Power</b> 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>
<b>Courier New 字体：</b>		
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) { ... }

## 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。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。

### 用于PIC24 MCU和dsPIC® DSC的MPLAB® C编译器用户指南 (DS51284H\_CN)

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

### MPLAB® X IDE用户指南 (DS52027B\_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板的最新信息，请阅读Readme.txt文本文件，文件位于MPLAB X IDE安装目录的Readme子目录下。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 “CK” 数据手册

有关dsPIC33 “CK” SMPS数字信号控制器（Digital Signal Controller, DSC）的详细信息，请参见这些文档。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和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）
- TB3062《关于dsPIC® DSC SMPS器件的常见问题解答（FAQ）》（DS93062A\_CN）

要获取上述任何文档，请访问Microchip网站[www.microchip.com](http://www.microchip.com)。

## MICROCHIP 网站

Microchip 网站 ([www.microchip.com](http://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

## 产品变更通知服务

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](http://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。

## 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 (2019 年 4 月)

这是本文档的初始版本。

---

---

## 第1章 简介

---

---

本章介绍了 dsPIC33C 数字电源入门工具包并对其特性进行了概述。

本章涵盖的主题包括：

- 概述
- 工具包内容
- 组件
- 电路板供电
- 电气规范
- 硬件说明
- 入门工具包的功能和特性
- dsPIC33C 数字电源入门工具包系统图

### 1.1 概述

现代电源正朝着更小巧、更高效率、更灵活、更便宜的方向发展。而随着数字信号控制器（DSC）被集成到开关电源（Switch Mode Power Supply, SMPS）设计中，这些理想的增强特性已得到实现。工具包中提供的电路板用于介绍和演示 Microchip SMPS 系列器件的功能和特性。dsPIC33C 数字电源入门工具包配有板上 dsPIC33CK256MP505 DSC 器件、SMPS 功率级、阻性负载、LCD 显示屏和 USB/ UART 桥接器，并且包含编程器/调试器，无需任何额外的硬件。

预编程到板上 dsPIC33C 数字信号控制器（DSC）中的演示应用软件可从 Microchip 网站下载，网址为：<http://www.microchip.com>。

**注：** 有关如何运行演示应用程序的说明，请参见 dsPIC33C 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烧写和调试应用软件的更多资源和说明，请参见入门工具包随附的信息手册。

### 1.2 工具包内容

dsPIC33C 数字电源入门工具包包含以下组件：

- dsPIC33C 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。

# dsPIC33C 数字电源入门工具包用户指南

## 1.3 组件

### 1.3.1 俯视图和仰视图

图1-1和图1-2给出了电路板的顶层和底层组件装配。表1-1和表1-2提供了组件的说明。

图1-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包 (俯视图)

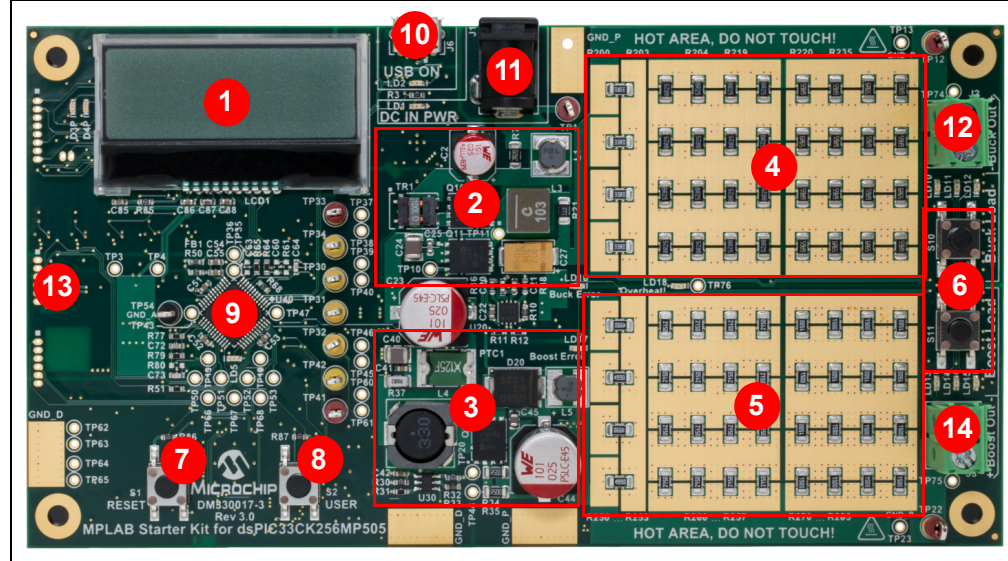


表1-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包组件 (俯视图)

编号	说明
1	2x16 字符LCD
2	降压转换器级
3	升压转换器级
4	降压负载
5	升压负载
6	用于控制阻性负载的按钮
7	复位按钮
8	用户按钮
9	dsPIC33C 数字信号控制器 (DSC)
10	USB 连接器
11	直流电源输入
12	降压转换器输出
13	dsPIC® DSC 的编程连接
14	升压转换器输出



图 1-2: dsPIC33C 数字电源入门工具包 (仰视图)

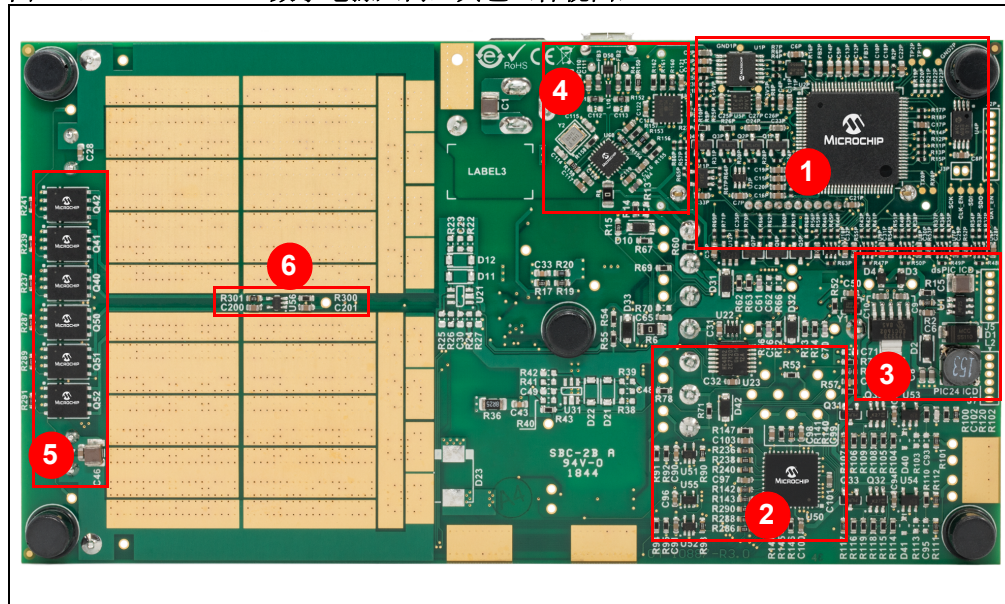


表 1-2: dsPIC33C 数字电源入门工具包组件 (仰视图)

编号	说明
1	板上 PICkit™ (PICkit On-Board, PKOB) 编程器/调试器电路
2	PIC24F 辅助单片机
3	辅助电源
4	USB/UART 集线器和桥接器
5	降压/升压负载控制开关
6	温度传感器

## 1.4 电路板供电

dsPIC33C 数字电源入门工具包设计为一款独立电源。板上功率级包括：

- 一个异步升压转换器功率级
- 一个同步降压转换器功率级

要为电路板供电，请使用连接器 J1 和/或 J6，具体如下：

- **+9V 电源连接器 (J1)** 为 dsPIC33C 数字电源入门工具包供电，其中包括：功率级和辅助电源。因此，电路板上的所有构件均通过在此输入端施加电压 (> 6V) 来供电。向该连接器提供电压后，便会立即启动电源转换。
- **USB 连接插口 (J6)** 为辅助电源供电，并连接 USB/UART 桥接器和 PKOB (编程器/调试器)，以便能够与电路板上的单片机进行通信以及对单片机进行编程和调试，而无需为降压/升压转换器供电。

**注：** 降压和升压转换器均在峰值电流模式下工作 (默认)，但也可以重新编程为在平均电流模式或电压控制模式下工作；由于使用的检测信号源有所不同，因此需要对固件和/或硬件进行少量更改。

## 1.5 电气规范

表1-3: 直流输入额定值 (J1)

参数	最小值	典型值	最大值	单位
电压	6.0	9	13.8	V
电流	—	0.9	—	A

表1-4: 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 (默认编程)	—	3.3	—	V
输出电压 (可编程范围)	1	—	3.8	V
输出电压纹波	—	—	40	mV (峰-峰值)
输出电流	—	1	2	A
负载稳定度: $V_{OUT} = 3.3V$ , $I_{OUT} = 0.1-1.0A$ , $V_{IN} = 9V$	—	13	—	mV/A
开关频率	—	500	—	kHz
输出功率	—	3.3 <sup>(1)</sup>	7.6 <sup>(2)</sup>	W

注 1: 板上阻性负载的最大功率不得超过 3.3W。

2: 只能通过外部负载实现。

表1-5: 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 (默认编程)	—	15	—	V
输出电压 (可编程范围)	10 <sup>(3)</sup>	—	17.8	V
输出电压纹波	—	10	—	mV (峰-峰值)
输出电流	—	0.2	0.4	A
负载稳定度: $V_{OUT} = 15V$ , $I_{OUT} = 0.03-0.2A$ , $V_{IN} = 9V$	—	4	—	mV/A
开关频率	—	500	—	kHz
输出功率	—	3 <sup>(1)</sup>	6 <sup>(2)</sup>	W

注 1: 板上阻性负载的最大功率不得超过 3W。

2: 只能通过外部负载实现。

3: 输入电压必须始终低于输出电压。



## 1.6 硬件说明

本节涵盖以下主题：

- 信号配置
- 板上连接器
- 指示灯和人机接口
- 测试点

### 1.6.1 信号配置

表 1-6 提供了 dsPIC33C DSC 连接的完整列表以及 dsPIC33C 数字电源入门工具包中所用引脚的简要功能说明。

表 1-6: dsPIC33C 配置详细信息

dsPIC33C 数字电源入门工具包 信号标签	引脚 编号	器件引脚 名称	说明 / 功能
RB14_PWM1H_BUCK	1	RB14	降压转换器上桥臂驱动信号
RB15_PWM1L_BUCK	2	RB15	降压转换器下桥臂驱动信号
RC12_RP60_UART1_TX	3	RC12	USB/串行通信输出引脚
RC13_RP61_UART1_RX	4	RC13	USB/串行通信输入引脚
SW_RESET	5	$\overline{\text{MCLR}}$	主复位输入
—	6	RD13	未使用
RC0_AN12_VIN_MEAS	7	RC0	模拟——输入电压检测
RA0_AN0	8	RA0	模拟——降压电流检测互感器
RA1_ANA1	9	RA1	模拟——降压电流检测电阻
—	10	RA2	未使用
RA3_DAC_OUT	11	RA3	模拟——DAC 输出
RA4_AN4_OA3_OUT	12	RA4	模拟——内部运放 3 输出
—	13	AVDD	模拟正电源
—	14	AVSS	模拟地
RC1_OA3-_AN13_BUCK_VFB	15	RC1	模拟——降压反馈
RC2_OA3+	16	RC2	模拟——内部运放 3 同相输入、DAC_OUT 和 TP35
—	17	RC6	未使用
—	18	VDD	外设逻辑和 I/O 引脚的正电源
—	19	VSS	地
—	20	RC3	未使用
RB0_CLKI	21	RB0	时钟输入引脚
—	22	RB1	未使用
RD10_AN18_BOOST_VFB	23	RD10	模拟——升压反馈
—	24	RC7	未使用
RB2_AN1_OA2_OUT	25	RB2	模拟——升压电流检测电阻
RB3_OA2-	26	RB3	模拟——内部运放 2 反相输入
RB4_OA2+	27	RB4	模拟——内部运放 2 同相输入
LCD_Reset	28	RC8	LCD 低电平有效的复位信号
LCD_SEL	29	RC9	LCD 寄存器选择信号
LCD_CSB	30	RD8	LCD 片选信号
—	31	VSS	地

表 1-6: dsPIC33C 配置详细信息 (续)

dsPIC33C 数字电源入门工具包 信号标签	引脚 编号	器件引脚 名称	说明/功能
—	32	VDD	外设逻辑和 I/O 引脚的正电源
DSP_GPIO1	33	RB5	通用 I/O
DSP_GPIO2	34	RB6	通用 I/O
RB7_AN2	35	RB7	模拟——温度传感器输入
TARGET_RB8_PGD1	36	RB8	器件编程/调试数据引脚
TARGET_RB9_PGC1	37	RB9	器件编程/调试时钟引脚
LCD_DATA	38	RC4	LCD 数据信号
LCD_CLOCK	39	RC5	LCD 时钟信号
PIC24_UART_RX	40	RC10	I/O 控制器通信引脚
PIC24_UART_TX	41	RC11	I/O 控制器通信引脚
—	42	VSS	地
—	43	VDD	外设逻辑和 I/O 引脚的正电源
SW_USER	44	RD1	用户按钮输入引脚
—	45	RB10	未使用
DSP_GPIO3	46	RB11	通用 I/O
DSP_GPIO4	47	RB12	通用 I/O
RB13_PWM2L_BOOST	48	RB13	升压转换器 PWM 驱动信号

## 1.6.2 板上连接器

表 1-7 对 dsPIC33C 数字电源入门工具包上的硬件连接进行了说明。

表 1-7: 硬件连接

标签	硬件元件说明
J1	9V 电源。
J2	降压转换器输出的端子；可用于外部负载。
J3	升压转换器输出的端子；可用于外部负载。
J5	dsPIC <sup>®</sup> 器件专用的外部编程器/调试器插座（未安装）。
J6	Micro-USB 连接器，用于通信和编程/调试。
J7	PIC24F 器件专用的外部编程器/调试器插座（未安装）。

### 1.6.3 指示灯和人机接口

表 1-8 对 dsPIC33C 数字电源入门工具包上的用户接口进行了说明。

表 1-8: 指示灯和人机接口

标签	硬件元件说明
LCD1	用户可编程 LCD 显示屏
LD1	上电状态 LED, 指示 dsPIC33C 数字电源入门工具包是否接通 9V 电源
LD2	上电状态 LED, 指示 dsPIC33C 数字电源入门工具包是否接通 USB 电源
LD5	用户可编程 LED
LD10、LD11 和 LD12	降压转换器负载 LED
LD13、LD14 和 LD15	升压转换器负载 LED
LD16	降压转换器错误
LD17	升压转换器错误
LD18	热错误或警告
S1	dsPIC <sup>®</sup> 器件复位按钮
S2	用户按钮
S10	降压负载控制按钮
S11	升压负载控制按钮

### 1.6.4 测试点

表 1-9 对 dsPIC33C 数字电源入门工具包上的测试点进行了说明。

表 1-9: 测试点

测试点	说明
TP1	+9V DPSK 电路板输入电压 (红色)
TP10	降压下桥臂 MOSFET 栅极 (过孔)
TP11	降压转换器的开关节点
TP12	降压输出节点 (红色)
TP13	地
TP20	升压 MOSFET 栅极
TP21	升压转换器的开关节点
TP22	升压输出节点 (红色)
TP23	地
TP3	3.3V LDO 的输入电压
TP30	PWM1L 降压下桥臂驱动信号 (黄色)
TP31	PWM1H 降压上桥臂驱动信号 (黄色)
TP32	PWM2L 升压驱动信号 (黄色)
TP33	降压转换器波特图测试点 (红色)
TP34	降压转换器波特图测试点 (黄色)
TP35	OA3+/DAC 输出
TP36	OA3-/降压反馈电压
TP37	降压电流检测 (Current Sense, CS) 互感器
TP38	低通滤波器后的降压 CS 互感器
TP39	降压 CS 电流检测电阻放大器

表1-9: 测试点 (续)

测试点	说明
TP4	3.3V LDO的输出电压
TP40	低通滤波器后的降压CS电流检测电阻放大器
TP41	升压转换器波特测试点 (红色)
TP42	升压转换器波特测试点 (黄色)
TP43	升压反馈电压
TP44	升压CS下桥臂电流检测电阻
TP45	升压CS上桥臂电流检测电阻
TP46	低通滤波器后的升压CS上桥臂电流检测电阻
TP47	输入电压检测
TP48	OA3输出
TP49	升压CS/OA2输出
TP50	DSP_GPIO1
TP51	DSP_GPIO2
TP52	DSP_GPIO3
TP53	DSP_GPIO4
TP60	降压OVP比较器
TP61	升压OVP比较器
TP62	降压OCP比较器
TP63	降压OCP栅极
TP64	升压OCP
TP65	升压OCP栅极
TP66	PROT_GPIO2
TP67	PROT_GPIO3
TP68	PROT_GPIO4
TP74	降压负载3
TP75	升压负载3
TP76	温度传感器

## 1.7 入门工具包的功能和特性

dsPIC33C 数字电源入门工具包是一款开关电源 (SMPS) 板, 包含一个独立的DC/DC同步降压转换器、一个独立的DC/DC升压转换器、独立的阻性负载、保护电路、USB/UART转换器/桥接器和板上编程器/调试器电路。两个功率级均由dsPIC33C器件控制。负载和保护电路由辅助PIC24F单片机控制。PIC24F单片机和dsPIC33C器件通过UART进行通信以交换信息, 例如: 负载温度、负载状态和保护状态。用户可以调整或扩展这些消息。

### 1.7.1 降压转换器

降压转换器级的额定最大功率为7.6W。但是，板上可配置的最大阻性负载功耗为3.3W。输出电压和输出电流应保持在其安全工作区域（Safe Operating Area, SOA）内，以避免保护电路跳闸。降压转换器的输出电压（Buck\_Out）可以编程为1V至3.8V，默认编程电压为3.3V。来自Buck\_Out的电压反馈的硬件增益 $1k/(1k + 1k + 20)$ 由电阻分压网络R62和R63提供。此外，反馈网络中还串联一个用于波特图测量的20Ω电阻R60。电流反馈的硬件增益由匝数比为（1:100）的电流互感器（T1）和负载电阻R14提供。总的来说，该电压的增益为1V/A。

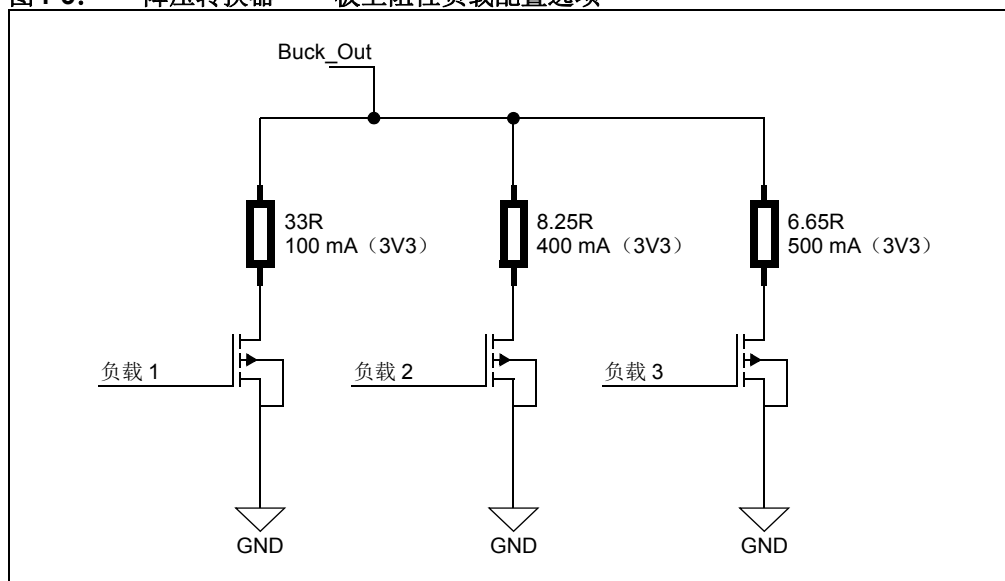
图1-3所示为负载配置。负载由三个并联电阻网络组成，每个网络都有自己的等效电阻，如图1-3所示。因此，每个网络在不同的输出电压下将消耗不同的电流，产生不同的功耗。电路板由降压输出上预编程的3.3V电压供电，产生3.3W负载功耗。功耗会导致电路板上出现40°C ΔT。

**注：** 凭借辅助PIC24F单片机支持的当前固件，可以使用以下选项来操作负载：0%（无负载）、10%、50%和100%负载（最大1A）。短暂按下“降压负载”按钮（图1-1中的编号6）可增加负载。此外，LED（LD10、11和12）将点亮以指示负载状态。达到100%后，再次按下按钮将导致跳至0%，即关闭负载。所有LED都将熄灭，整个过程可以从头开始。负载阶跃发生器在100Hz、50%占空比条件下工作。支持的负载阶跃模式包括：

- 10% → 50%
- 50% → 100%
- 10% → 100%

按住“降压负载”按钮两秒钟，可在静态负载模式与负载阶跃模式之间切换。

图1-3: 降压转换器——板上阻性负载配置选项



## 1.7.2 升压转换器

升压转换器级的额定最大功率为6W。但是，板上可配置的最大阻性负载功耗为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域（SOA）内，以避免损坏电路板。升压转换器的输出电压（Boost\_Out）可以编程为10V至17.8V，默认编程电压为15V。来自Boost\_Out的电压反馈的硬件增益 $1k/(1k + 6.98k + 20)$ 由电阻分压网络R72和R73提供。此外，反馈网络还串联一个用于波特图测量的20Ω电阻R71。电流反馈的硬件增益由电流检测电阻R34和R35以及内部运放增益（值为4）提供。总的来说，该电压的偏移电压为1V，增益为1V/A。

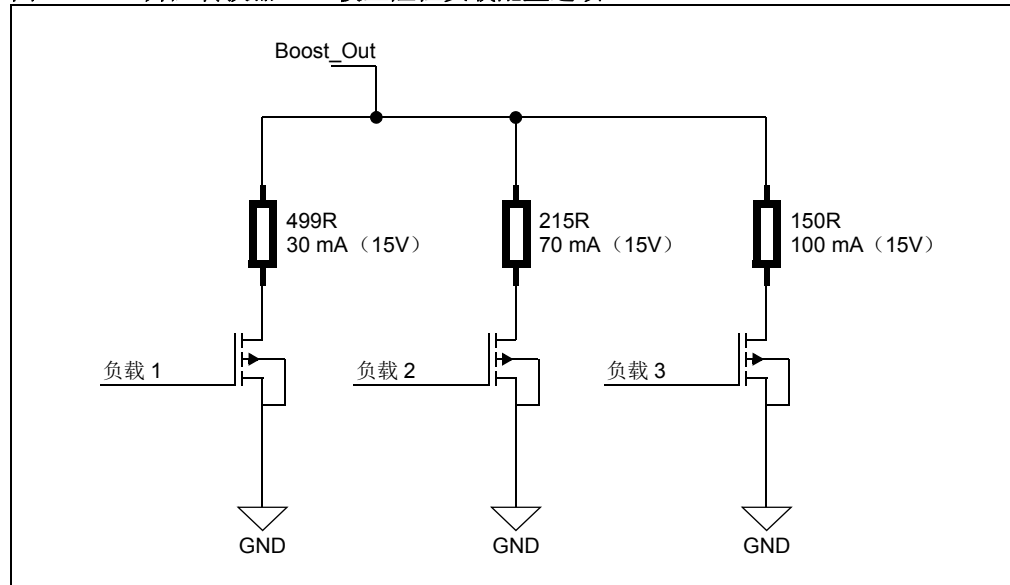
图1-4所示为负载配置。负载由三个并联电阻网络组成，每个网络都有自己的等效电阻，如图1-4所示。因此，每个网络在不同的输出电压下将消耗不同的电流，产生不同的功耗。电路板由升压输出上预编程的15V电压供电，产生3W负载功耗。功耗会导致电路板上出现40°C ΔT。

**注：** 凭借辅助PIC24F单片机支持的当前固件，可以使用以下选项来操作负载：0%（无负载）、15%、50%和100%负载（最大200 mA）。短暂按下“升压负载”按钮（图1-1中的编号6）可增加负载。此外，LED（LD13、14和15）将点亮以指示负载状态。达到100%后，再次按下按钮将导致跳至0%；即关闭负载。所有LED都将熄灭，整个过程可以从头开始。负载阶跃发生器在100 Hz、50%占空比条件下工作。支持的负载阶跃模式包括：

- 15% → 50%
- 50% → 100%
- 15% → 100%

按住“升压负载”按钮两秒钟，可在静态负载模式与负载阶跃模式之间切换。

图1-4： 升压转换器——板上阻性负载配置选项



### 1.7.3 其他特性

- 板上温度传感器：位于阻性负载区域；允许用户编程温度保护限值和高温故障保护关断。温度阈值如下：
  - 65°C：警告；LD18（过热）永久开启
  - 75°C：LD18（过热）正在闪烁
 请注意，在这种情况下，负载将永久关闭，直到电路板温度降至65°C以下的安全工作区域。

**注：** 考虑到电路板的物理尺寸、环境温度、功耗和保护阈值，有两种可能的组合：

1. 单个功率级全功率（最大3.3W）运行。
2. 两个功率级均以50%负载运行。

**以100%负载运行两个功率级意味着将产生6.3W功耗。这将在短时间后（几分钟内）导致电路板过热。**

- 输入电压检测：用于监视电压轨并检测欠压/过压条件。
- 输入电压LED指示灯：
  - LD1：USB电压指示灯
  - LD2：AUX偏置电压指示灯
- 负载指示LED：
  - LD（10、11和12）：降压转换器负载
  - LD（13、14和15）：升压转换器负载
- 错误指示LED：
  - LD 16：降压转换器错误
  - LD 17：升压转换器错误
- 板上保护电路可永久监视系统中的电流和电压。跳变值调整如下：
  - 3 APEAK降压转换器输入电流
  - 4V降压转换器输出电压
  - 1.6A升压转换器输入电流
  - 18V升压转换器输出电压

**注：** 一旦信号超过阈值，保护电路将锁存该信息并禁止相关的栅极驱动器。功率流将停止，相关LED将闪烁，表示发生了锁存的故障。在故障事件发生后，辅助单片机将每秒复位此状态，相关的LED将返回OFF状态。

- LD18：热错误
- 复位按钮：按下并释放此按钮后，dsPIC器件将执行复位程序。
- 用户按钮：按下此按钮可切换LCD上的信息页面。
- 板上LCD 2x16字符显示屏：显示不同的系统相关数据，例如电压、电流、温度、内部负载设置和转换器状态（使能/禁止）。按下“USER”（用户）按钮（图1-1中的编号8），可从一个信息页面跳转到另一个信息页面。

## 1.7.4 编程器/调试器

dsPIC33C 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<sup>®</sup> DSC 器件，用于提供ICSP<sup>™</sup> 调试/编程功能。

表1-10: 编程器/调试器组件

组件	标签	说明
板上编程器/调试器	N/A	控制目标dsPIC33C DSC 的编程/调试操作。
编程器/调试器USB 连接器	J6	为编程器/调试器供电，以及实现主机PC和dsPIC33C 数字电源入门工具包之间的双向通信。对于UART 通信，USB/UART 集线器和桥接器位于板上，与dsPIC33C 器件硬接线。可使用dsPIC33C DSC 通过UART 通道与PIC24F 进行通信。

## 1.8 dsPIC33C 数字电源入门工具包系统图

dsPIC33C 数字电源入门工具包使用2极点2零点（2-Pole, 2-Zero, 2P2Z）补偿器提供闭环峰值电流模式控制（通过软件实现），以保持所需的负载阶跃响应和转换器稳定性标准。dsPIC DSC 器件为ADC转换、PWM生成、模拟信号比较和通用I/O提供必要的存储器 and 外设，无需使用外部电路即可执行这些功能。

dsPIC DSC SMPS 器件经过专门设计，能够以低成本为各种电源拓扑提供高效控制。专用外设有助于实现开关电源的闭环反馈控制，从而为远程监视和监控提供通信基础。

dsPIC33C 系列器件具有以下特性：

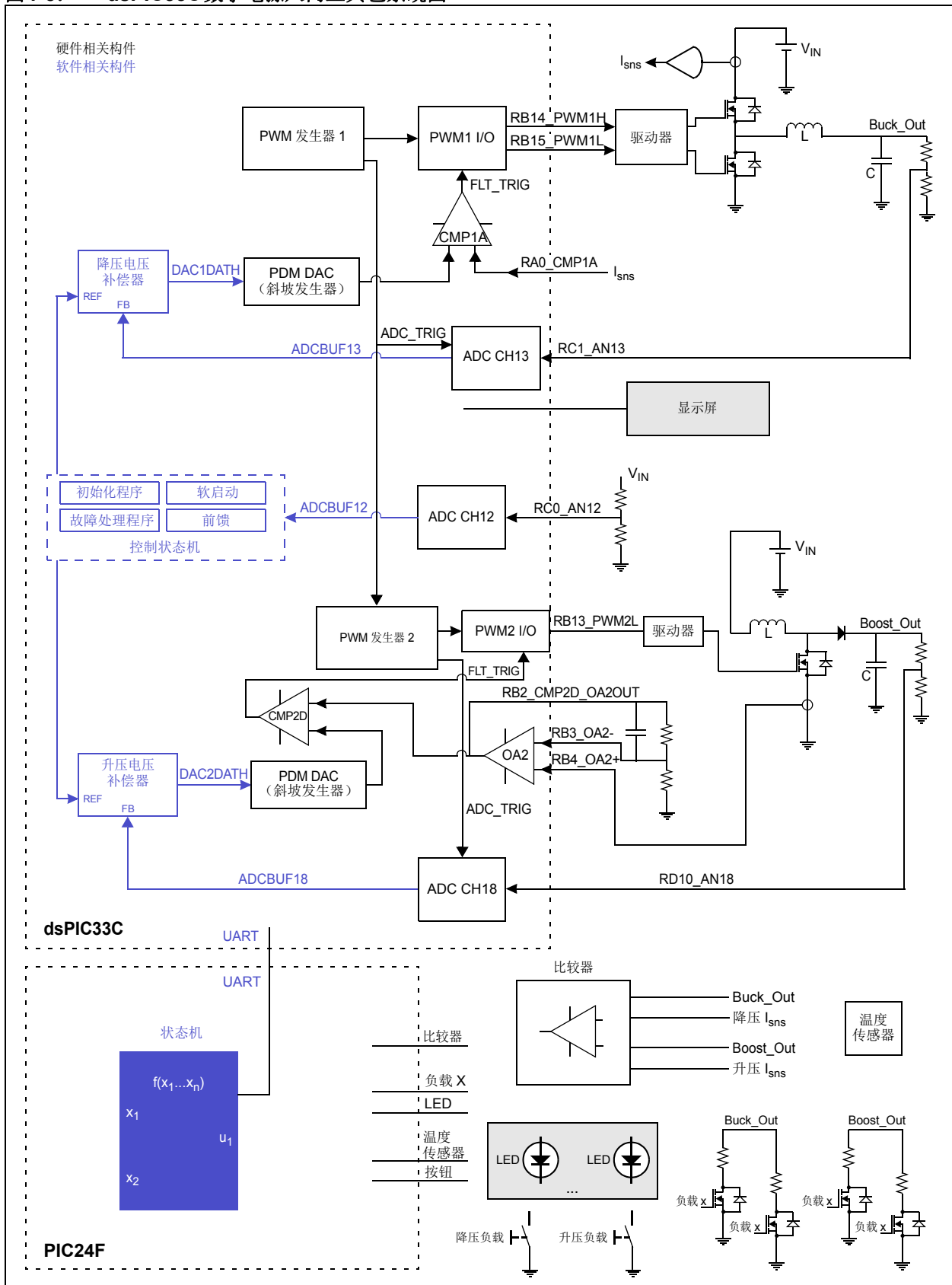
- 在一颗芯片上集成程序存储器和数据存储器
- 采用中断优先级逻辑实现超快速中断响应
- 高速ADC，具有多个采样保持（Sample-and-Hold, S&H）电路
- 高分辨率PWM 发生器，专为支持不同的电源拓扑而设计
- 高速模拟比较器，用于实现控制环和系统保护
- 片上系统通信（I<sup>2</sup>C/SPI/UART）
- 内部PDM DAC斜率补偿
- 片上快速RC（Fast RC, FRC）振荡器，可降低系统成本

**注：** 降压和升压转换器均在峰值电流模式下工作（默认），但也可以重新编程为在平均电流模式或电压控制模式下工作；这需要在不同的检测信号源时，对固件和/或硬件进行少量更改。



图1-5给出了dsPIC33C数字电源入门工具包的概要框图。

图1-5: dsPIC33C数字电源入门工具包系统图

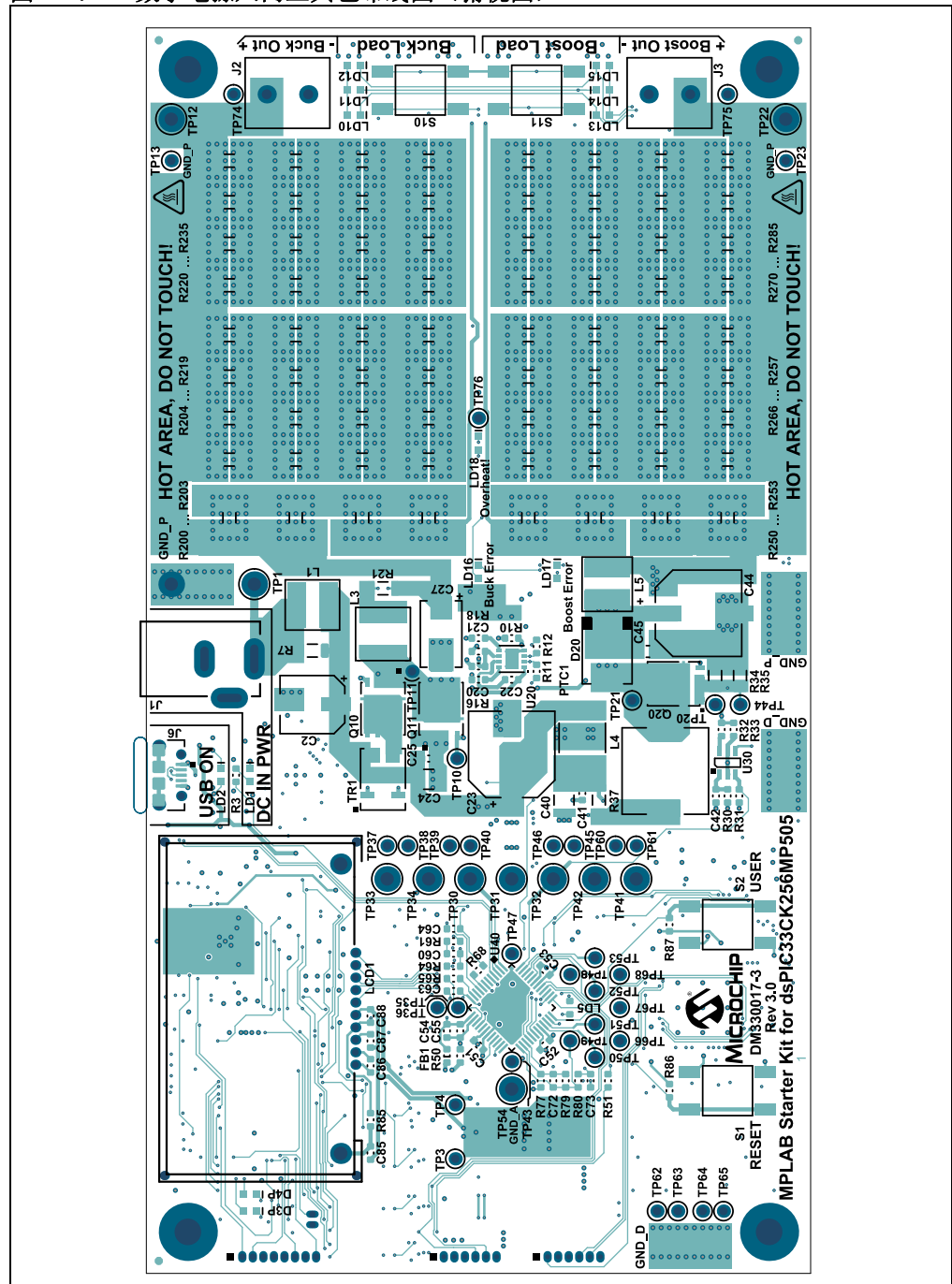


注:

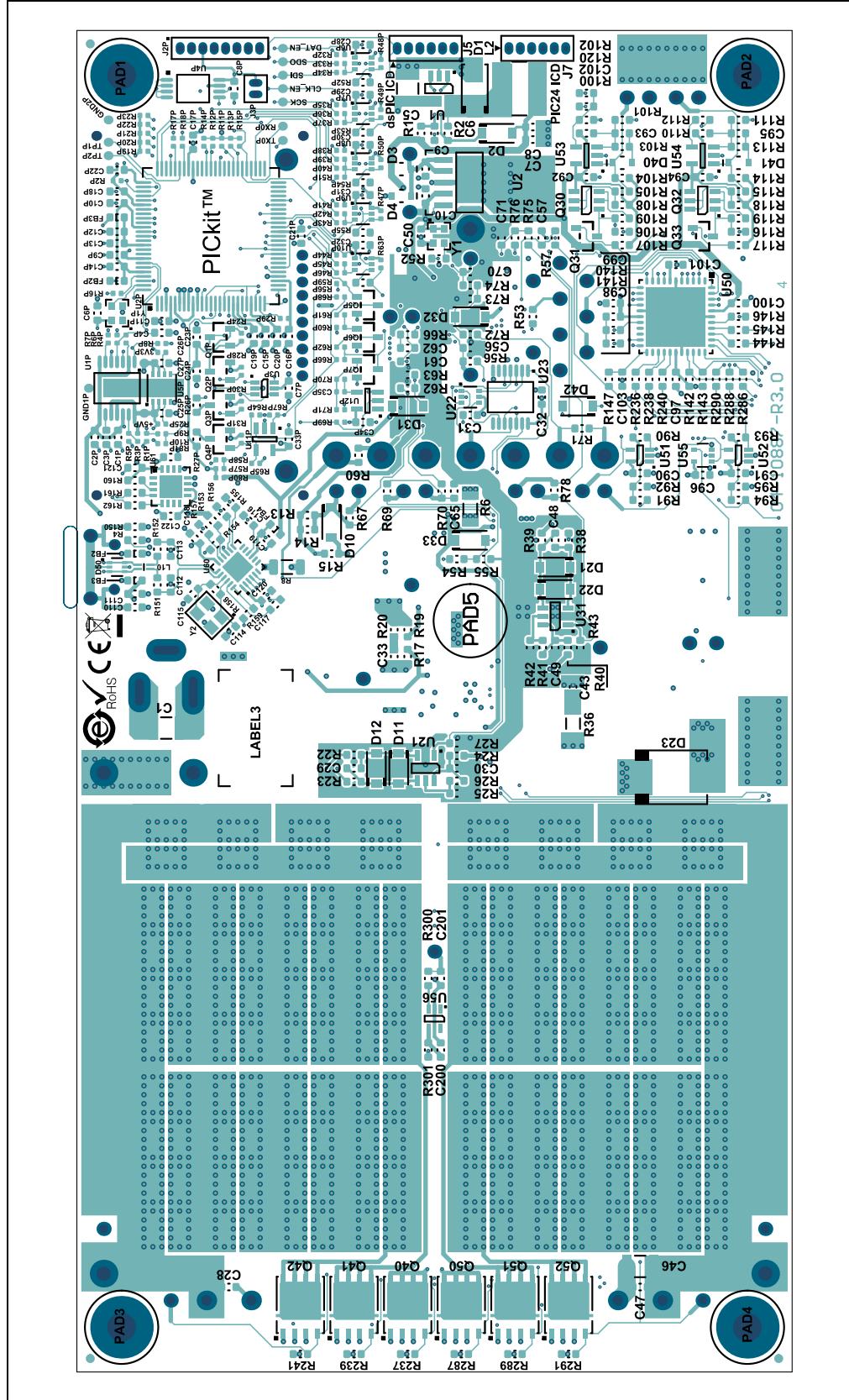
**附录 A 开发板布线图和原理图**

本附录包含 dsPIC33C 数字电源入门工具包的电路板布线图和原理图。

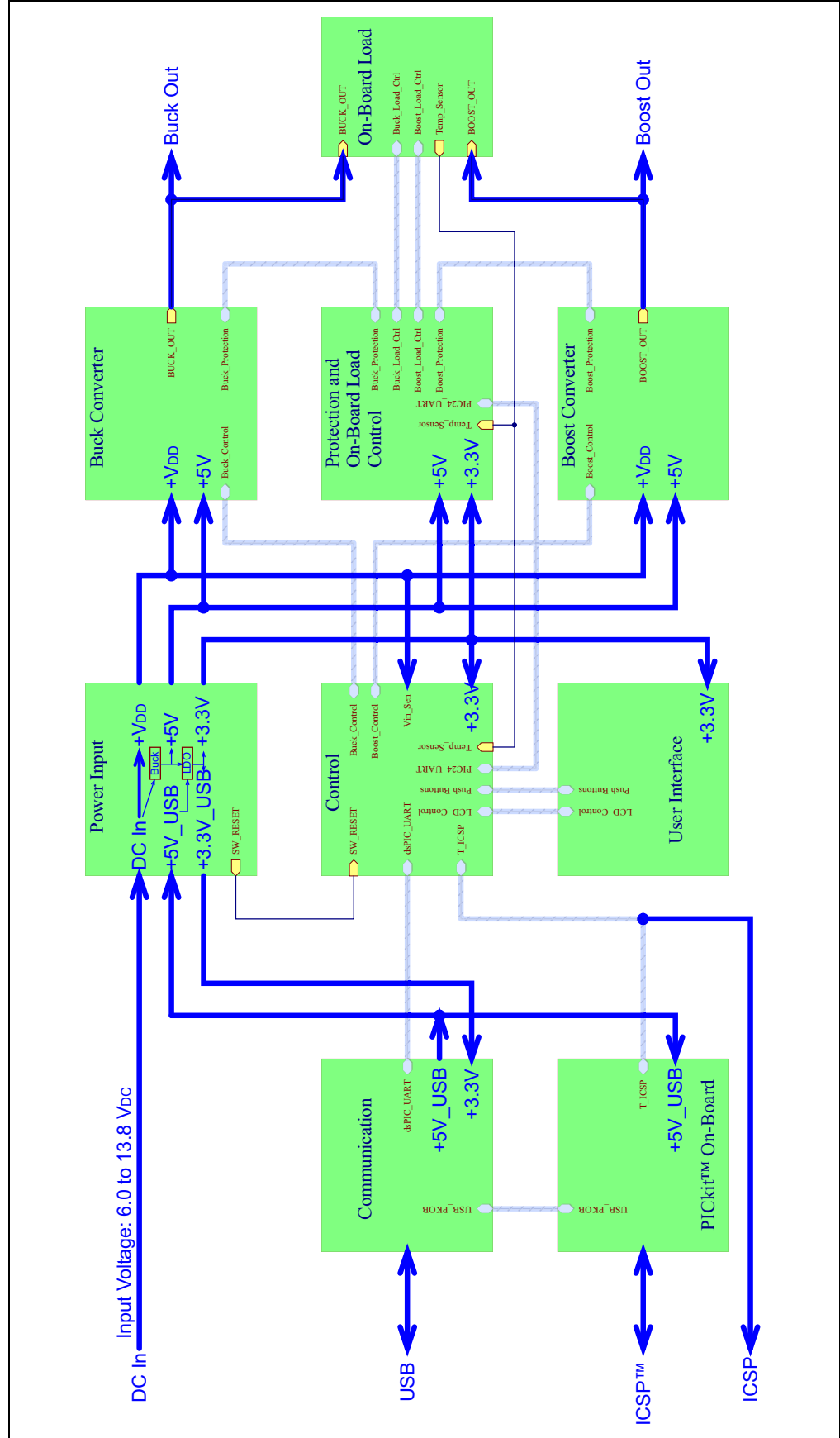
**图A-1: 数字电源入门工具包布线图（俯视图）**



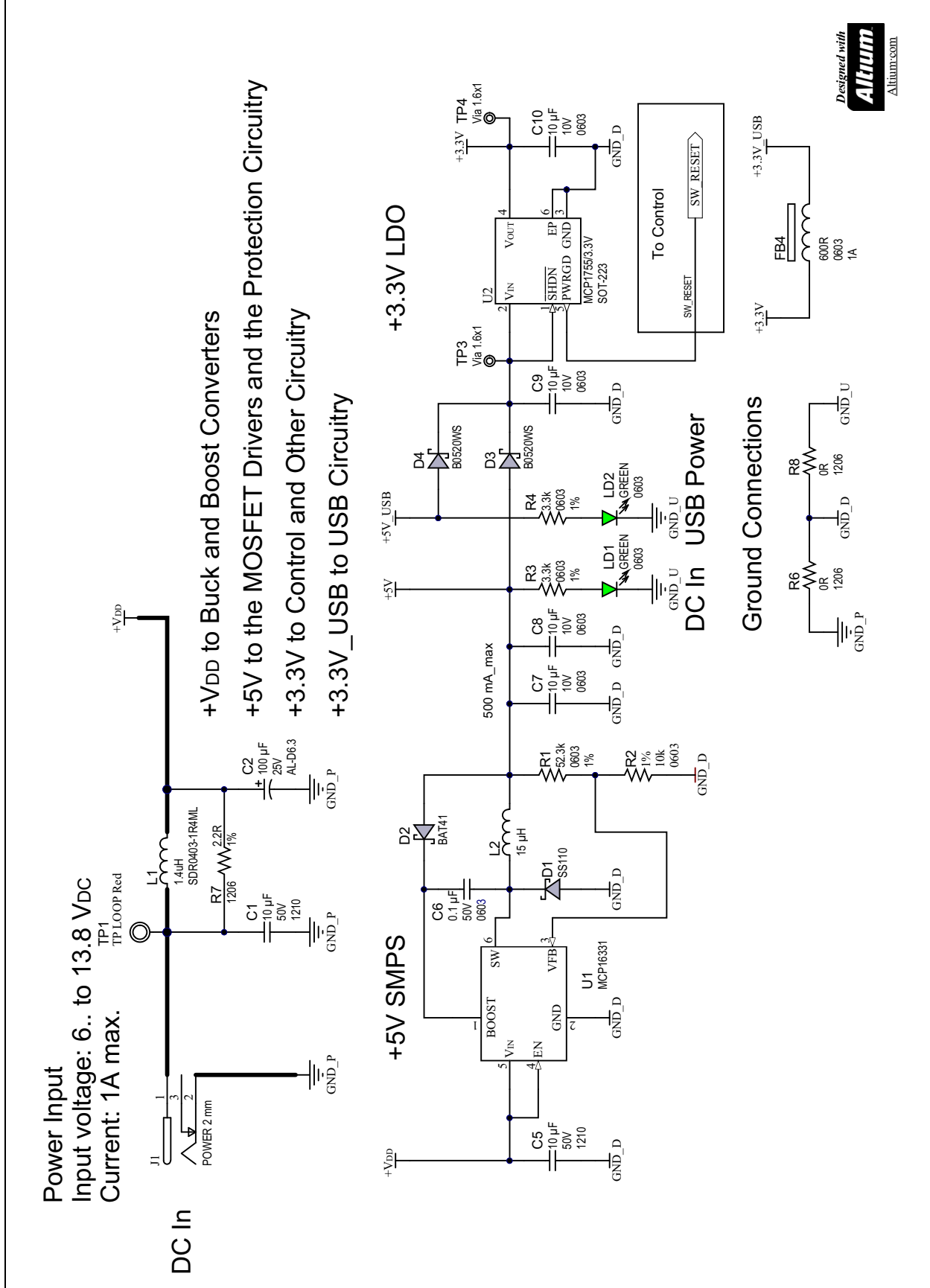
图A-2: 数字电源入门工具包布线图 (仰视图)



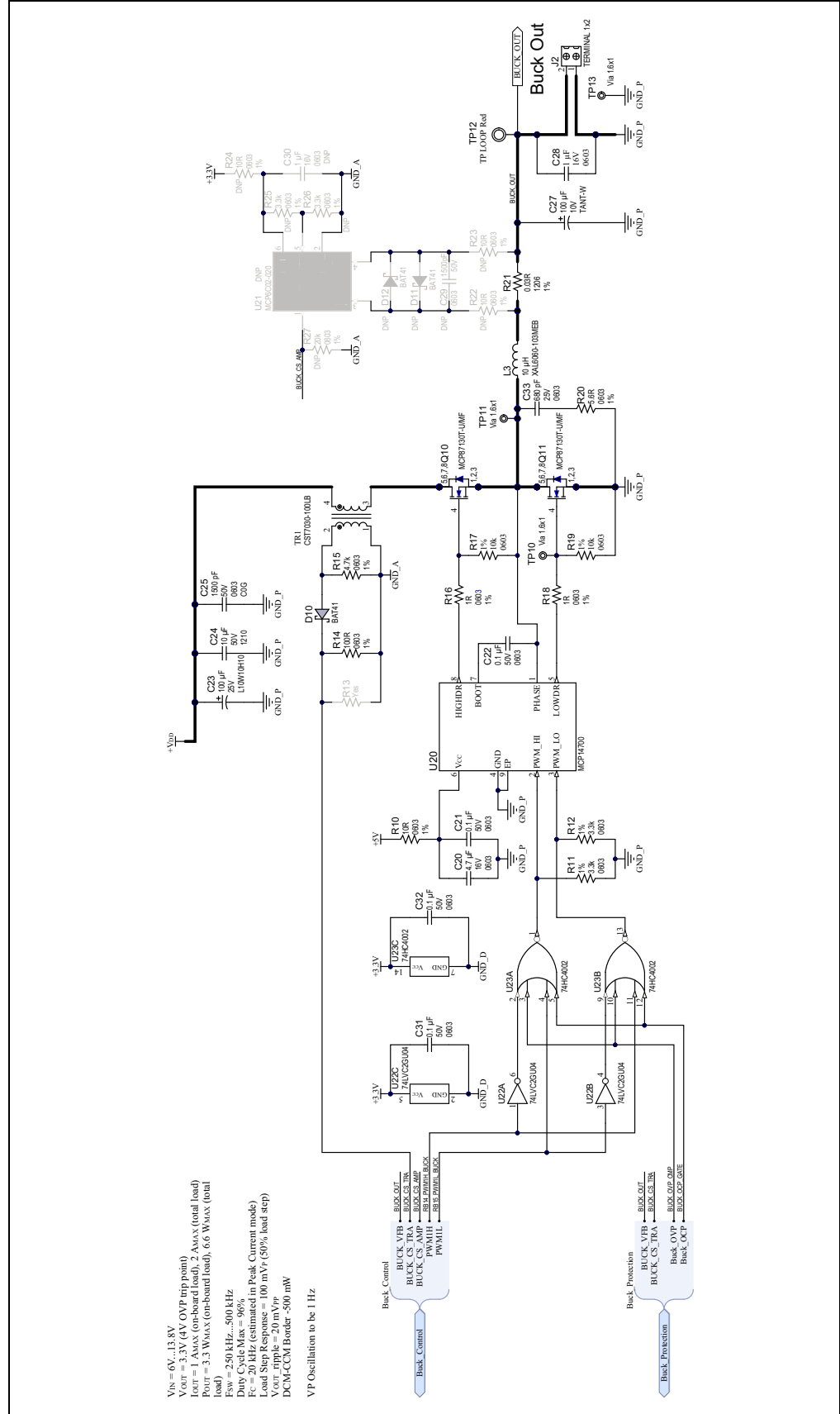
图A-3: 框图



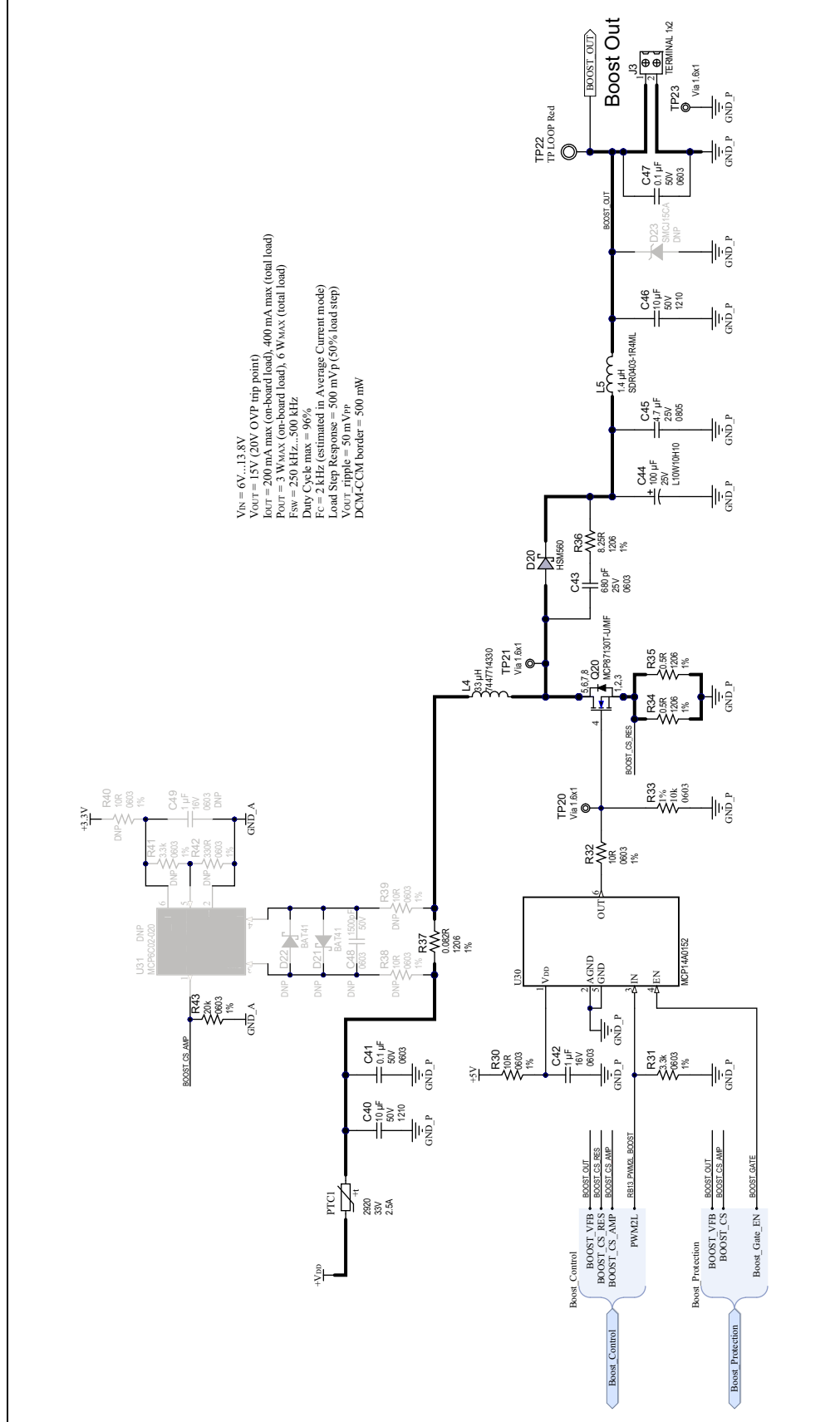
图A-4: 电源输入



图A-5: 数字电源入门工具包原理图版本3.0 (降压转换器)

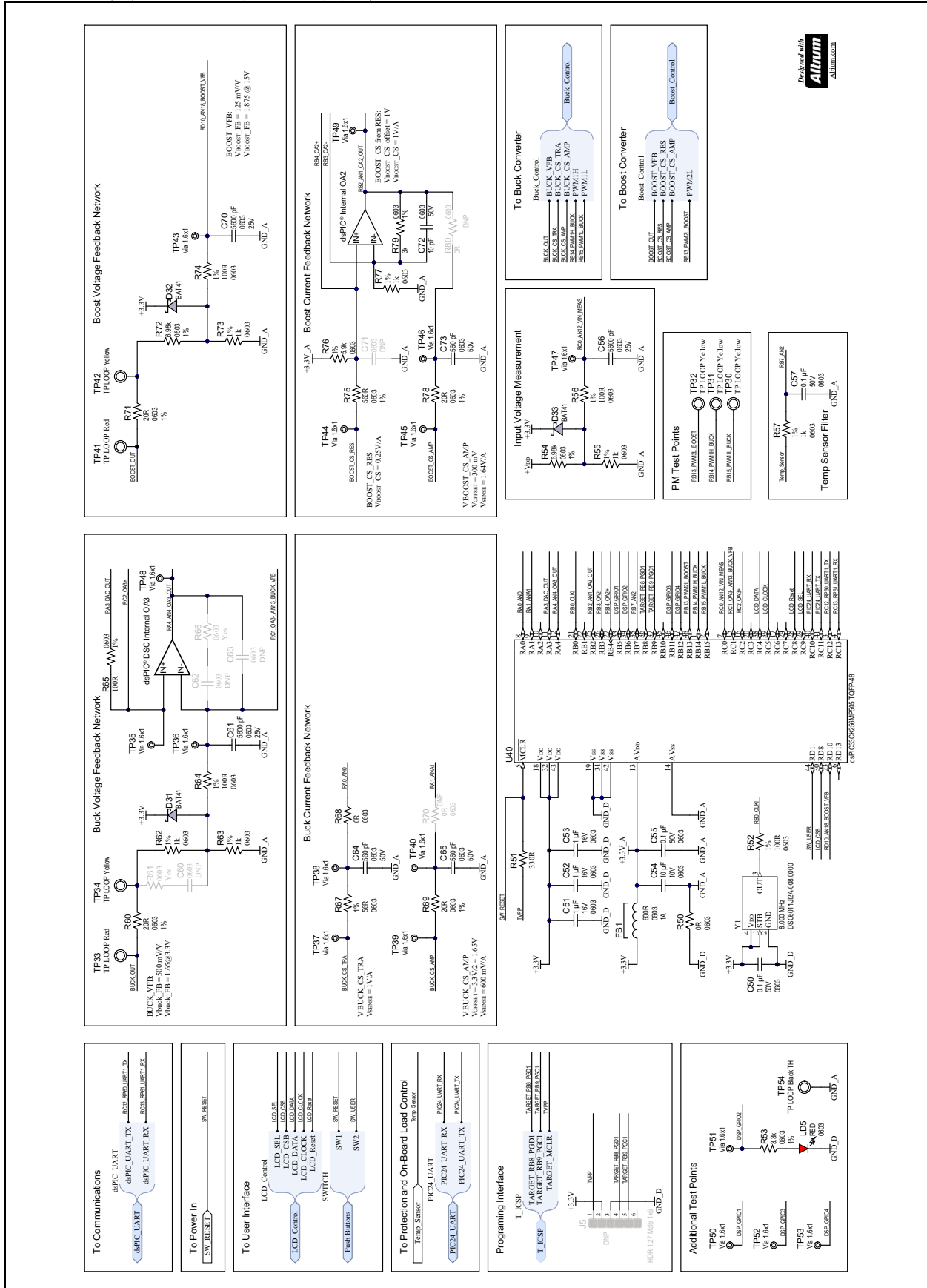


图A-6: 数字电源入门工具包原理图版本3.0 (升压转换器)



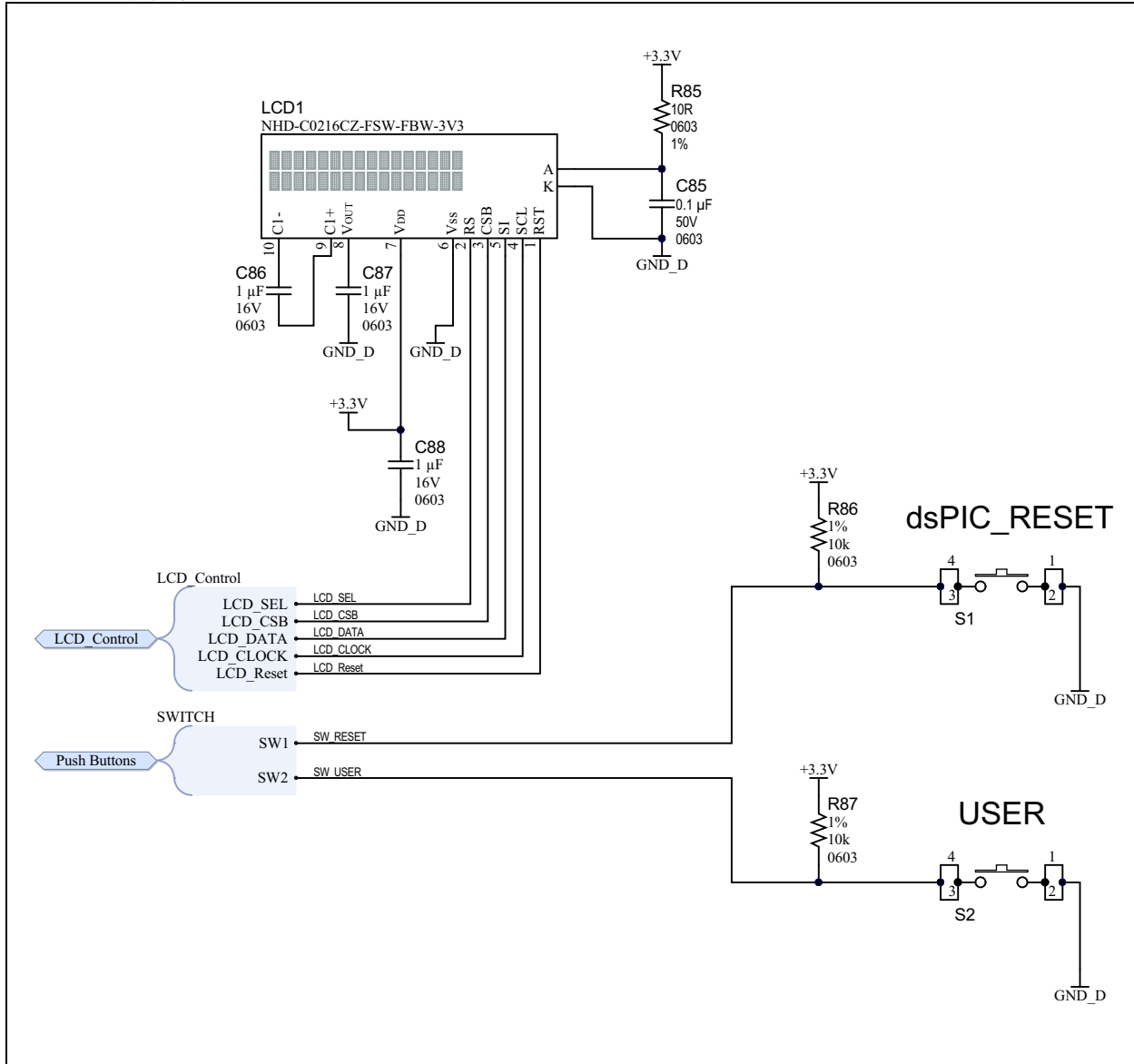


图A-7: 数字电源入门工具包原理图版本3.0

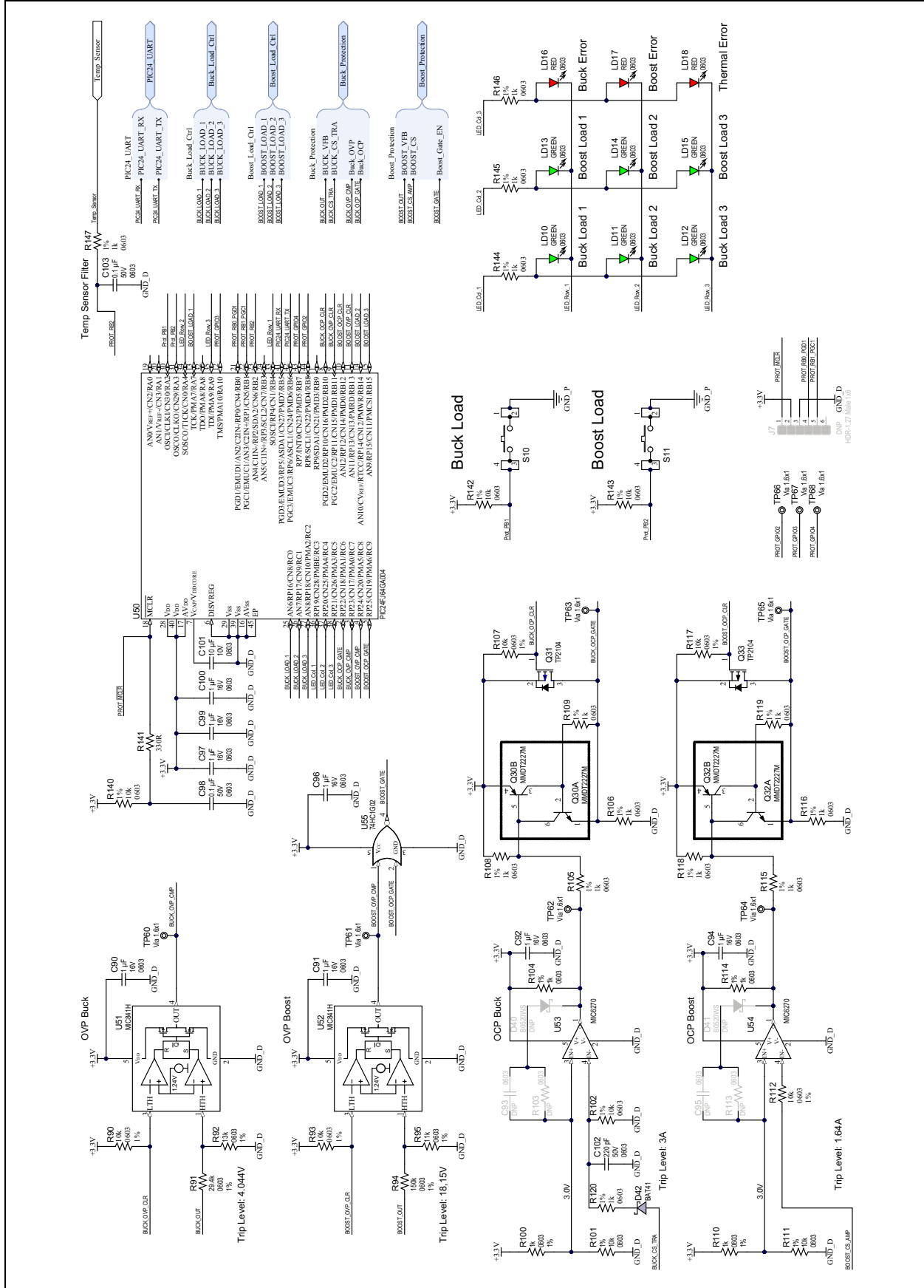


# dsPIC33C 数字电源入门工具包用户指南

图A-8: 用户接口

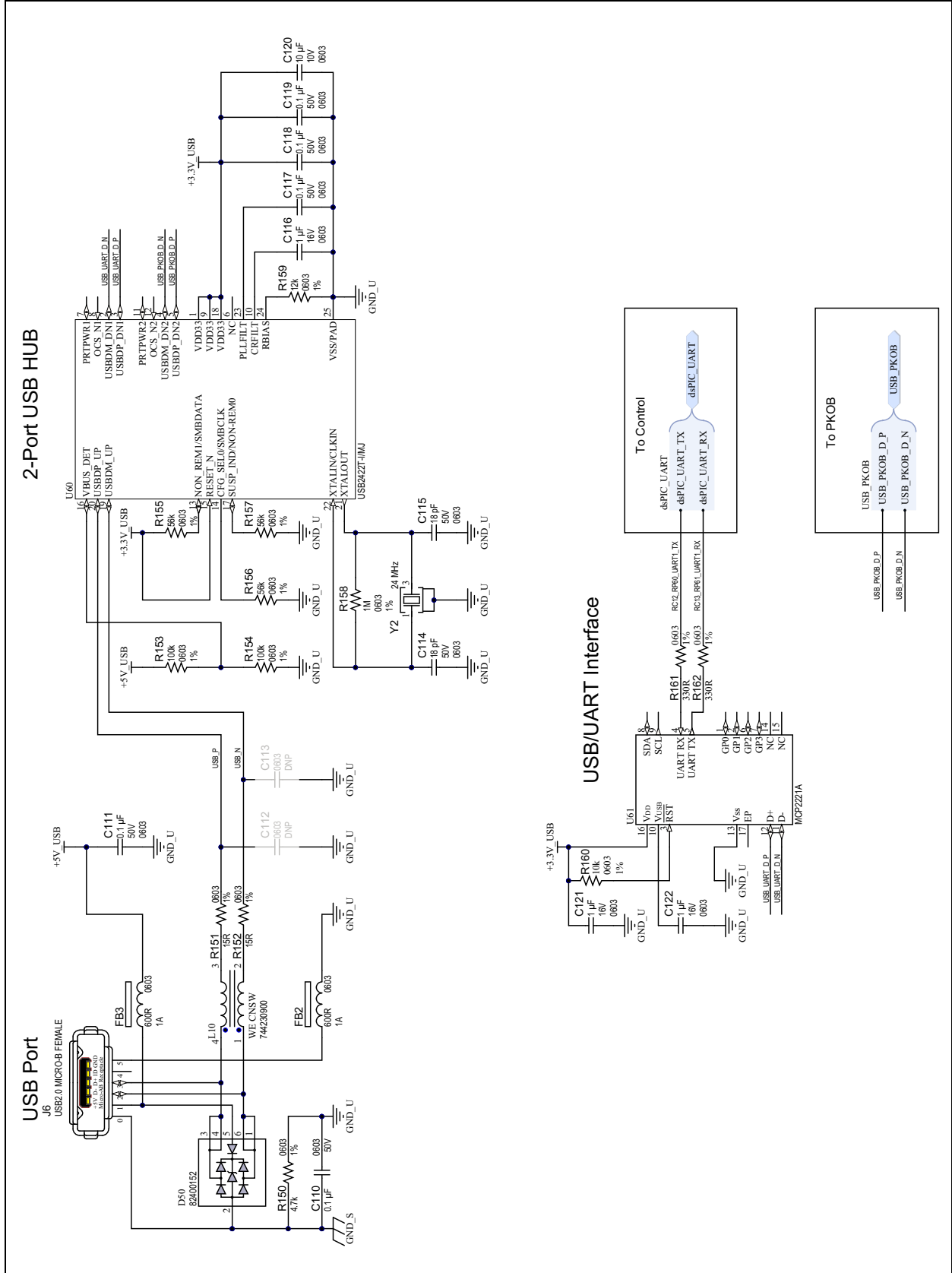


图A-9: 保护和板上负载控制





图A-11: 电源输入和通信



注:

## 附录 B 物料清单 (BOM)

本附录包含 dsPIC33C 数字电源入门工具包的物料清单 (Bill of Materials, BOM)。

- [物料清单](#)

### B.1 物料清单

表 B-1 给出了数字电源入门工具包的物料清单。

**表 B-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包物料清单 (BOM)**

数量	标识	说明	制造商	制造商部件编号
5	C1, C5, C24, C40, C46	Capacitor, Ceramic, 10 $\mu$ F, 50V, 20%, X7R, SMD, 1210	TDK Corporation	C3225X7R1H106M250AC
1	C2	Capacitor, Aluminium, 100 $\mu$ F, 25V, 20%, SMD, W6.6L6.6H7.7	Würth Elektronik	865090445008
20	C6, C21, C22, C31, C32, C41, C47, C50, C55, C57, C85, C98, C103, C110, C111, C117, C118, C119, C200, C201	Capacitor, Ceramic, 0.1 $\mu$ F, 50V, 20%, X7R, SMD, 0603	TDK Corporation	C1608X7R1H104M
7	C7, C8, C9, C10, C54, C101, C120	Capacitor, Ceramic, 10 $\mu$ F, 10V, 20%, X5R, SMD, 0603	Samsung Group	CL10A106MP8NNNC
1	C20	Capacitor, Ceramic, 4.7 $\mu$ F, 16V, 10%, X5R, SMD, 0603	TDK Corporation	C1608X5R1C475K080AC
2	C23, C44	Capacitor, Aluminium, Polymer, 100 $\mu$ F, 25V, 20%, SMD	Würth Elektronik	875075561005
1	C25	Capacitor, Ceramic, 1500 pF, 50V, 5%, C0G, SMD, 0603	Murata Electronics®	GRM1885C1H152JA01D
1	C27	Capacitor, Tantalum, Polymer, 100 $\mu$ F, 10V, 20%, 40 mR, SMD, 2917	KEMET	T520W107M010ATE040
19	C28, C42, C51, C52, C53, C86, C87, C88, C90, C91, C92, C94, C96, C97, C99, C100, C116, C121, C122	Capacitor, Ceramic, 1 $\mu$ F, 16V, 10%, X5R, SMD, 0603	AVX Corporation	0603YD105KAT2A
2	C33, C43	Capacitor, Ceramic, 680 pF, 25V, 10%, X7R, 0603	Würth Elektronik	885012206058
1	C45	Capacitor, Ceramic, 4.7 $\mu$ F, 25V, 20%, Y5V, SMD, 0805	TDK Corporation	C2012Y5V1E475Z
3	C56, C61, C70	Capacitor, Ceramic, 5600 pF, 25V, 5%, C0G, SMD, 0603	TDK Corporation	C1608C0G1E562J080AA
3	C64, C65, C73	Capacitor, Ceramic, 560 pF, 50V, 5%, C0G, NP0, SMD, 0603	KEMET	C0603C561J5GACTU

# dsPIC33C 数字电源入门工具包用户指南

表B-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包物料清单 (BOM) (续)

数量	标识	说明	制造商	制造商部件编号
1	C72	Capacitor, Ceramic, 10 pF $\pm$ 0.5 pF, 50V, C0G, SMD, 0603	TDK Corporation	C1608C0G1H100D
1	C102	Capacitor, Ceramic, 220 pF, 50V, 5%, NP0, SMD, 0603	KEMET	C0603C221J5GACTU
2	C114, C115	Capacitor, Ceramic, 18 pF, 50V, 5%, NP0, SMD, 0603	KEMET	C0603C180J5GACTU
1	D1	Diode, Schottky, SS110, 850 mV, 1A, 100V, DO-214AC_SMA	Micro Commercial Components	SS110-TP
6	D2, D10, D31, D32, D33, D42	Diode, Schottky, BAT41, 1V, 200 mA, 100V, SOD-123	STMicroelectronics	BAT41ZFILM
2	D3, D4	Diode, Schottky, B0520WS, 430 mV, 500 mA, 20V, SOD-323	Diodes Incorporated <sup>®</sup>	B0520WS-7-F
1	D50	Diode, TVS Array, 82400152, 5V, USB 2.0, SMD, SOT-563	Würth Elektronik	82400152
4	FB1, FB2, FB3, FB4	Ferrite, 600R at 100 MHz, 1A, SMD, 0603	Bourns <sup>®</sup> , Inc.	MH1608-601Y
1	J1	Connector, Power, 2 mm, 5.5 mm, Switch, TH, R/A	CUI Inc.	PJ-002A
2	J2, J3	Connector, Terminal, 5 mm, 1x2 Female, 12-26AWG, 18A, TH, R/A	PHOENIX CONTACT	1935161
1	J6	Connector, USB 2.0, Micro-B, Female, TH/SMD, R/A	FCI	10118194-0001LF
2	L1, L5	Inductor, 1.4 $\mu$ H, 3.3A, 38 mR, SMD, SDR0403	Bourns, Inc.	SDR0403-1R4ML
1	L2	Inductor, 15 $\mu$ H, 1.16A, 20%, SMD, MSS6132	Coilcraft	MSS6132-153ML
1	L3	Inductor, 10 $\mu$ H, 7A, 20%, SMD, L6.56W6.36H6.1	Coilcraft	XAL6060-103MEB
1	L4	Inductor, 33 $\mu$ H, 2.9A, 20%, SMD, L10W10H5	Würth Elektronik	7447714330
1	L10	CM Choke, 90R, 100 MHz, 0.145R, 550 mA, SMD, 0603	Würth Elektronik	744230900
1	LCD1	LCD COG Character, 2x16, White, Transflective	Newhaven Display International, Inc.	NHD-C0216CZ-FSW-FBW-3V3
8	LD1, LD2, LD10, LD11, LD12, LD13, LD14, LD15	Diode, LED, Green, 2V, 30 mA, 35 mcd, Clear, SMD, 0603	Lite-On <sup>®</sup> , Inc.	LTST-C190KGKT
4	LD5, LD16, LD17, LD18	Diode, LED, Red, 1.8V, 40 mA, 10 mcd, Clear, SMD, 0603	Lite-On, Inc.	LTST-C190KRKT
1	PTC1	Resettable Fuse, 1.25A, 2.5A, 33V, PTC, SMD, 2920	Littelfuse <sup>®</sup>	SMDC125F/33-2
2	Q30, Q32	Transistor, BJT Dual, NPN+PNP, MMDT2227M, 40V-60V, 0.6A, -0.6A, 0.3W, SOT-23-6	Diodes Incorporated	MMDT2227M-7



# 物料清单 (BOM)

表B-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包物料清单 (BOM) (续)

数量	标识	说明	制造商	制造商部件编号
1	R1	Resistor, TKF, 52.3k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic® - ECG	ERJ-3EKF5232
22	R2, R17, R19, R33, R86, R87, R90, R93, R102, R107, R112, R117, R140, R142, R143, R160, R237, R239, R241, R287, R289, R291	Resistor, TKF, 10k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Vishay Intertechnology, Inc.	CRCW060310K0FKEA
6	R3, R4, R11, R12, R31, R53	Resistor, TKF, 3.3k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF3301V
2	R6, R8	Resistor, TKF, 0R, SMD, 1206	Yageo Corporation	RC1206JR-070RL
1	R7	Resistor, TKF, 2.2R, 1%, 1/4W, SMD, 1206	Yageo Corporation	RC1206FR-072R2L
11	R10, R30, R32, R85, R236, R238, R240, R286, R288, R290, R301	Resistor, TKF, 10R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Stackpole Electronics Inc.	RMCF0603FT10R0
7	R14, R52, R56, R64, R65, R74, R300	Resistor, TKF, 100R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF1000V
2	R15, R150	Resistor, TKF, 4.7k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Vishay Intertechnology, Inc.	CRCW06034K70FKEA
2	R16, R18	Resistor, TKF, 1R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Yageo Corporation	RC0603FR-071RL
1	R20	Resistor, TKF, 5.6R, 1/10W, 1%, SMD, 0603	Vishay Intertechnology, Inc.	CRCW06035R60FKEA
1	R21	Resistor, MS, 0.03R, 1%, 1W, SMD, 1206	Vishay Intertechnology, Inc.	WSLP1206R0300FEA
2	R34, R35	Resistor, TKF, 0.5R, 1%, 1/2W, SMD, 1206	Stackpole Electronics Inc.	CSR1206FKR500
17	R36, R204, R205, R206, R207, R208, R209, R210, R211, R212, R213, R214, R215, R216, R217, R218, R219	Resistor, TKF, 8.25R, 1%, 1/4W, SMD, 1206	Vishay Intertechnology, Inc.	CRCW12068R25FKEA
1	R37	Resistor, MFO, 0.082R, 1%, 3/4W, SMD, 1206	Susumu Co., Ltd.	KRL1632E-M-R082-F-T5
1	R43	Resistor, TKF, 20k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF2002V
2	R50, R68	Resistor, TKF, 0R, 1/10W, SMD, 0603	NIC Components	NRC06Z0TRF
4	R51, R141, R161, R162	Resistor, TKF, 330R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF3300V
2	R54, R72	Resistor, TKF, 6.98K, 1%, 1/10W, SMD, 0603, AEC-Q200	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF6981V
23	R55, R57, R62, R63, R73, R77, R100, R104, R105, R106, R108, R109, R110, R114, R115, R116, R118, R119, R120, R144, R145, R146, R147	Resistor, TKF, 1k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF1001V
4	R60, R69, R71, R78	Resistor, TKF, 20R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF20R0V

# dsPIC33C 数字电源入门工具包用户指南

表B-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包物料清单 (BOM) (续)

数量	标识	说明	制造商	制造商部件编号
1	R67	Resistor, TKF, 56R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic® - ECG	ERJ-3EKF56R0V
1	R75	Resistor, TKF, 560R, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Yageo Corporation	RC0603FR-07560RL
1	R76	Resistor, TKF, 5.9k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF5901V
1	R79	Resistor, TKF, 3k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF3001V
1	R91	Resistor, TKF, 29.4k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF2942V
1	R92	Resistor, TKF, 13k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF1302V
1	R94	Resistor, TKF, 150k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF1503V
1	R95	Resistor, TKF, 11k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF1102V
2	R101, R111	Resistor, TKF, 10k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	ROHM Semiconductor	MCR03EZPFX1002
2	R151, R152	Resistor, TKF, 15R, 1%, 1/16W, SMD, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT15R0
2	R153, R154	Resistor, TKF, 100k, 1%, 1/4W, SMD, 0603	Vishay Intertechnology, Inc.	CRCW0603100KFKEAHP
3	R155, R156, R157	Resistor, TKF, 56k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF5602V
1	R158	Resistor, TKF, 1M, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Panasonic - ECG	ERJ-3EKF1004V
1	R159	Resistor, TKF, 12k, 1%, 1/10W, SMD, 0603	Stackpole Electronics, Inc.	RMCF0603FT12K0
4	R200, R201, R202, R203	Resistor, TKF, 33R, 1%, 1/4W, SMD, 1206, AEC-Q200	Panasonic - ECG	ERJ-8ENF33R0V
16	R220, R221, R222, R223, R224, R225, R226, R227, R228, R229, R230, R231, R232, R233, R234, R235	Resistor, TKF, 6.65R, 1%, 1/4W, SMD, 1206	Yageo Corporation	RC1206FR-076R65L
4	R250, R251, R252, R253	Resistor, TKF, 499R, 1%, 1/4W, SMD, 1206, AEC-Q200	Panasonic - ECG	ERJ-8ENF4990V
16	R254, R255, R256, R257, R258, R259, R260, R261, R262, R263, R264, R265, R266, R267, R268, R269	Resistor, TKF, 215R, 1%, 1/4W, SMD, 1206 AEC-Q200	Panasonic - ECG	ERJ-8ENF2150V
16	R270, R271, R272, R273, R274, R275, R276, R277, R278, R279, R280, R281, R282, R283, R284, R285	Resistor, TKF, 150R, 1%, 1/4W, SMD, 1206, AEC-Q200	Panasonic - ECG	ERJ-8ENF1500V
4	S1, S2, S10, S11	Switch, Tactile, SPST, 12V, 50 mA, TL3301AF160QG, SMD	E-Switch®, Inc.	TL3301AF160QG

# 物料清单 (BOM)

表B-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包物料清单 (BOM) (续)

数量	标识	说明	制造商	制造商部件编号
5	TP1, TP12, TP22, TP33, TP41	Connector, TP Loop, Red, TH	Keystone Electronics Corp.	5010
5	TP30, TP31, TP32, TP34, TP42	Connector, TP Loop, Yellow, TH	Keystone Electronics Corp.	5014
1	TP54	Connector, TP Loop, Black, TH	Keystone Electronics Corp.	5011
1	TR1	Transistor, Current, 1:100, 1 MHz, 20A, SMD	Coilcraft	CST7030-100LB
1	U22	IC Logic, Inverter, 2 CH, 74LVC2G04, SOT-363	Nexperia	74LVC2GU04GW,125
1	U23	IC Logic, NOR, 4-INP, 2 CH, 74HC4002, TSSOP-14	Nexperia	74HC4002PW,118
1	U55	IC Logic, 74AHC,1G02SE-7, NOR, 1 CH, 2-INP, SOT-353	Diodes Incorporated®	74AHC1G02SE-7
1	Y2	Crystal, 24 MHz, 18 pF, SMD, L3.2W2.5H0.6	Epson®	TSX-3225 24.0000MF10Z-C3
1	D20	Diode, Schottky, HSM560JE3, 650 mV, 5A, 60V, DO-214AB_SMC	Microchip Technology Inc.	HSM560JE3/TR13
9	Q10, Q11, Q20, Q40, Q41, Q42, Q50, Q51, Q52	Microchip Analog MOSFET, N-CH, 25V, 43A, MCP87130T-U/MF PDFN-8	Microchip Technology Inc.	MCP87130T-U/MF
2	Q31, Q33	Microchip Analog MOSFET, P-CH, TP2104, 40V, 160 mA, 360 mW, 6R, SOT23-3	Microchip Technology Inc.	TP2104K1-G
1	U1	Microchip Analog Switcher Buck, 2 to 24V MCP16331T-E/CH SOT-23-6	Microchip Technology Inc.	MCP16331T-E/CH
1	U2	Microchip Analog LDO, 3.3V, MCP1755T-3302E/DC, SOT-223-5	Microchip Technology Inc.	MCP1755T-3302E/DC
1	U20	Microchip Analog FET Driver, Single, Non-Inverting MCP14700-E/MF	Microchip Technology Inc.	MCP14700-E/MF
1	U30	Microchip Analog FET Driver Single, Noninverting, MCP14A0152 6L SOT-23	Microchip Technology Inc.	MCP14A0152T-E/CH
1	U40	dsPIC33CK256MP505	Microchip Technology Inc.	dsPIC33CK256MP505-I/PT
1	U50	Microchip MCU, 16-bit, 32 MHz, 64 KB, 8 KB, PIC24FJ64GA004-I/ML, QFN-44	Microchip Technology Inc.	PIC24FJ64GA004T-I/ML
2	U51, U52	IC Comparator, W/Ref, 1.25%, MIC841H, SC-70-5	Microchip Technology Inc.	MIC841HYC5-TR
2	U53, U54	Microchip Analog Comparator, 1-CH, MIC6270YM5-TR, SOT-23-5	Microchip Technology Inc.	MIC6270YM5-TR
1	U56	Microchip Analog Temperature Sensor, -40°C to +150°C, MCP9700T-E/LT, SC-70-5	Microchip Technology Inc.	MCP9700T-E/LT

# dsPIC33C 数字电源入门工具包用户指南

---

表B-1: dsPIC33C 数字电源入门工具包物料清单 (BOM) (续)

数量	标识	说明	制造商	制造商部件编号
1	U60	Microchip Interface, USB 2.0, High-Speed, 2-Port HUB Controller, QFN-24	Microchip Technology Inc.	USB2422T-I/MJ
1	U61	Microchip Interface, USB, I <sup>2</sup> C/UART, MCP2221A-I/ML, QFN-16	Microchip Technology Inc.	MCP2221A-I/ML
1	Y1	Microchip Clock Oscillator, Single, 8.000 MHz, DSC6011JI2A-008.0000, VDFN-4	Microchip Technology Inc.	DSC6011JI2A-008.0000

## 附录C 演示程序的工作原理

数字电源入门工具包上的dsPIC33C器件预编程了峰值电流模式控制应用软件，用于演示两个DC/DC转换器电路的输出电压的同步2极点2零点（2P2Z）补偿器控制。相应代码可从Microchip网站（[www.microchip.com](http://www.microchip.com)）下载。

本部分涵盖以下主题：

- 程序演示
- 代码演示
- 其他代码示例

### C.1 程序演示

演示程序为数字电源入门工具包的两个DC/DC转换器级的输出电压提供同步闭环控制。概要框图如图C-1所示，程序流程图如图C-2所示。

2P2Z控制环将降压转换器输出电压控制在3.3V，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——输出电压的理想设定值。
- 误差——计算方法为（参考-反馈）。补偿器依据该值进行补偿。
- 系统被控对象——正在受控制的转换器。
- 输出——输出电压或电流。
- 反馈——测量的输出信号大小。

更多详细信息，请参见第C.2.4节“2P2Z软件控制补偿器”。除了在J2连接器处连接9V电压之外，无需再为演示程序手动进行任何其他准备工作。

**图C-1： 峰值电流模式控制环框图**

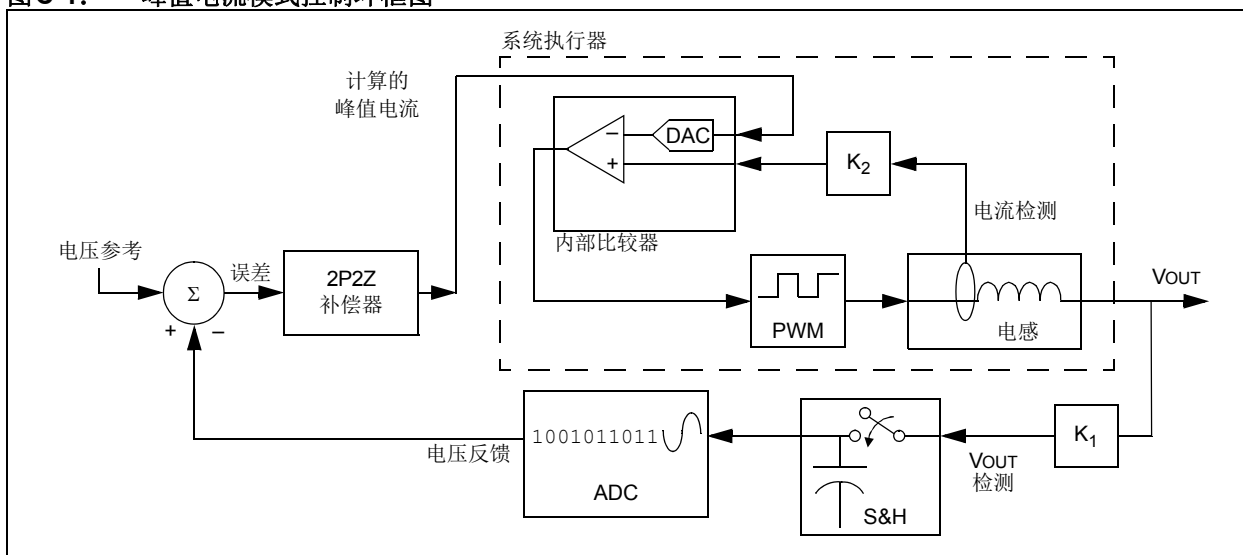
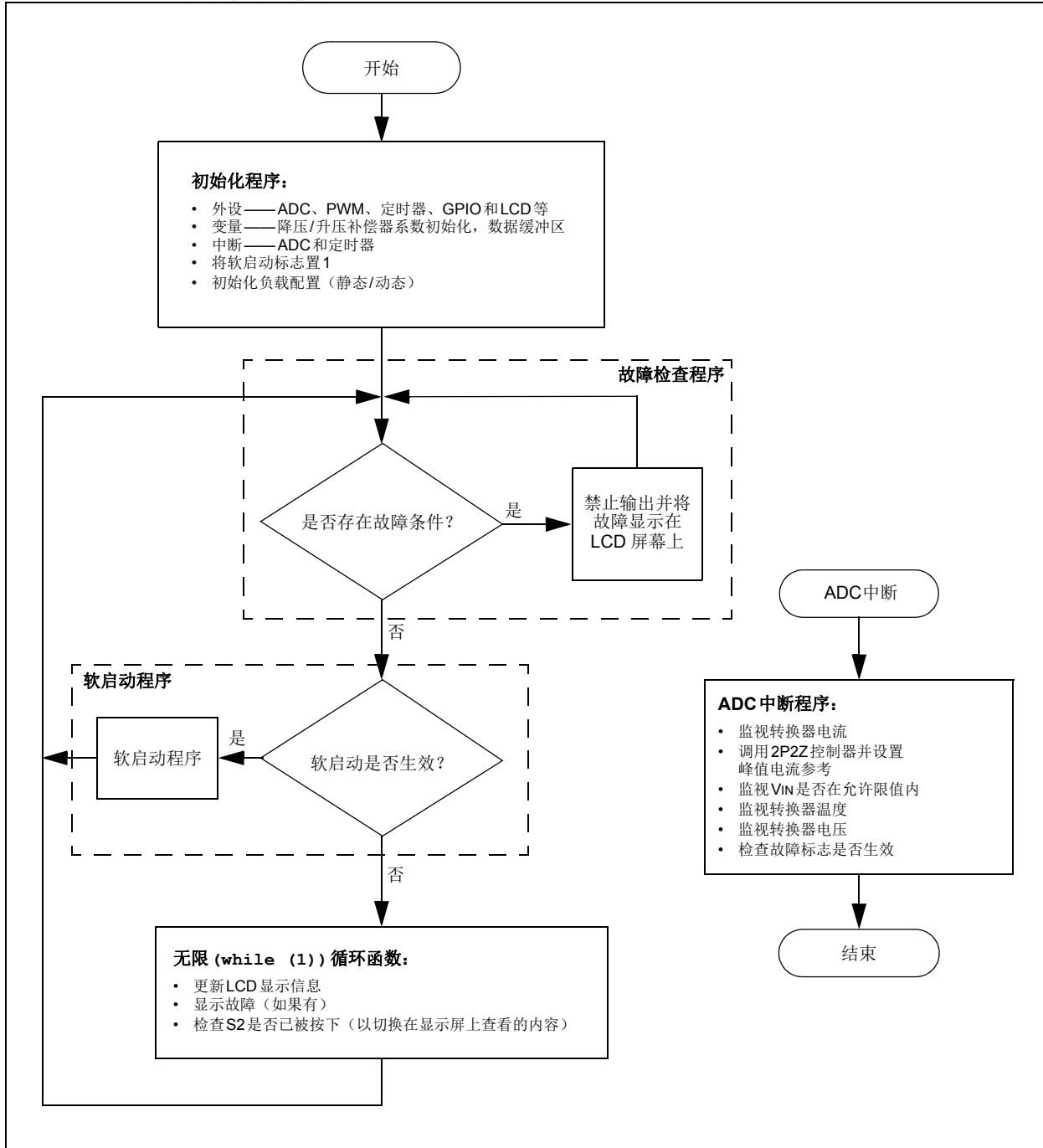


图 C-2: SMPS 演示程序流程图



## C.2 代码演示

### C.2.1 系统初始化

当电路板通电时，程序通过执行以下系统初始化程序启动：

- 外设——将配置并使能所需的外设（PWM、ADC、比较器、I<sup>2</sup>C模块、定时器和GPIO）。
- 中断——包括ADC、定时器和比较器中断。
- 负载——可以配置为静态模式或动态模式。如果选择动态模式，则可以在应用软件中配置开关频率。

### C.2.2 故障检查

程序会在运行期间检查可能发生的任何故障。故障检查包括以下内容：

- 输入过压/欠压
- 升降压转换器过热
- 升降压软启动

如果发生上面列出的任何故障，则将在LCD显示屏上予以显示。相应的PWM信号和负载将被禁止，直到故障条件清除为止。所有中断都涉及故障检查。如果未检测到故障条件，则程序继续执行。

### C.2.3 软启动

软启动程序以闭环方式升高输出电压，直至达到编程的输出电压值。此程序可确保输出不会超出所需电压。

### C.2.4 2P2Z软件控制补偿器

用软件实现的2极点2零点（2P2Z）控制器是模拟II型控制器的数字实现。该控制器可保持输出电压的稳定度，并确保在不同线路/负载条件下的稳定性。该控制器需要将三个反馈误差乘以相关系数的结果加上两个最新的控制器输出值乘以相关系数的结果，以便沿着延时线为电源转换器提供适当补偿。系数是使用模拟工具在外部确定的。

有关更多实现细节，请参见DPSK软件包中的smps\_2p2z\_dspic\_v2源文件和smps\_control.h头文件。

### C.2.5 系统while (1) 循环

在系统空闲程序中调用LCD刷新函数。程序根据用户输入（S2）和转换器反馈（故障标志/VIN测量结果/转换器输出电压）刷新LCD屏幕。所有故障显示更新均在系统空闲循环程序中执行，按下S2可切换显示的测量结果。

## C.3 其他代码示例

Microchip网站上提供了几个其他的SMPS代码示例。有关每个代码示例所演示内容的详细信息，请参见每个代码示例文件夹中的Readme文件。有关代码示例最新更新以及其他代码示例的信息，请访问Microchip网站（[www.microchip.com/SMPS](http://www.microchip.com/SMPS)）。



## 全球销售及及服务网点

### 美洲

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

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

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

#### 亚特兰大 Atlanta

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

#### 奥斯汀 Austin, TX

Tel: 1-512-257-3370

#### 波士顿 Boston

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

#### 芝加哥 Chicago

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

#### 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  
Tel: 1-317-536-2380

#### 洛杉矶 Los Angeles

Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

#### 罗利 Raleigh, NC

Tel: 1-919-844-7510

#### 纽约 New York, NY

Tel: 1-631-435-6000

#### 圣何塞 San Jose, CA

Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

#### 加拿大多伦多 Toronto

Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

中国 - 北京  
Tel: 86-10-8569-7000

中国 - 成都  
Tel: 86-28-8665-5511

中国 - 重庆  
Tel: 86-23-8980-9588

中国 - 东莞  
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 广州  
Tel: 86-20-8755-8029

中国 - 杭州  
Tel: 86-571-8792-8115

中国 - 南京  
Tel: 86-25-8473-2460

中国 - 青岛  
Tel: 86-532-8502-7355

中国 - 上海  
Tel: 86-21-3326-8000

中国 - 沈阳  
Tel: 86-24-2334-2829

中国 - 深圳  
Tel: 86-755-8864-2200

中国 - 苏州  
Tel: 86-186-6233-1526

中国 - 武汉  
Tel: 86-27-5980-5300

中国 - 西安  
Tel: 86-29-8833-7252

中国 - 厦门  
Tel: 86-592-238-8138

中国 - 香港特别行政区  
Tel: 852-2943-5100

中国 - 珠海  
Tel: 86-756-321-0040

台湾地区 - 高雄  
Tel: 886-7-213-7830

台湾地区 - 台北  
Tel: 886-2-2508-8600

台湾地区 - 新竹  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

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

印度 **India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

印度 **India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

印度 **India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

日本 **Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

日本 **Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

韩国 **Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

韩国 **Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

马来西亚  
**Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

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

菲律宾 **Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

新加坡 **Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

泰国 **Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

越南 **Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 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

芬兰 **Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

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

德国 **Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700

德国 **Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

德国 **Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

德国 **Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

德国 **Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

德国 **Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

以色列 **Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

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

意大利 **Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

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

挪威 **Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

波兰 **Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

罗马尼亚  
**Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

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

瑞典 **Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

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

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