



MICROCHIP

dsPIC33EP128GS808

开发板
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更安全的产品之一。
- 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、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BeaconThings、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KEELOQ、KEELOQ 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、RightTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 及 XMEGA 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。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、Mindi、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、QMatrix、RightTouch 徽标、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。

Silicon Storage Technology 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。

© 2018, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-2609-7

声明对象: dsPIC33EP128GS808 开发板

EU Declaration of Conformity

This declaration of conformity is issued by the manufacturer.

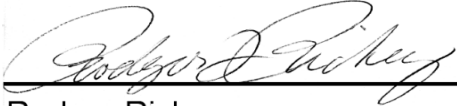
The development/evaluation tool is designed to be used for research and development in a laboratory environment. This development/evaluation tool is not a Finished Appliance, nor is it intended for incorporation into Finished Appliances that are made commercially available as single functional units 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.



Rodger Richey
Director of Development Tools



Date

注:

目录

前言	7
简介	7
文档编排	7
本指南使用的约定	8
推荐读物	9
Microchip 网站	9
变更通知客户服务	9
客户支持	9
文档版本历史	9
第1章 产品概述	
1.1 简介	11
1.2 概述	11
1.3 开发板的功能和特性	12
1.4 电气规范	12
第2章 硬件	
2.1 顶层元件装配	13
2.2 信号配置	15
2.3 应用元件	17
2.4 板上连接器	17
2.5 指示灯和人机接口	18
2.6 测试点	19
2.7 编程器/调试器	20
第3章 演示程序的工作	
3.1 硬件说明	21
3.2 软件演示	25
3.3 代码演示	28
3.4 其他代码示例	30
附录A 开发板布线和原理图	31
全球销售及服务网点	36

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 dsPIC33EP128GS808 开发板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](#)
- [客户支持](#)
- [文档版本历史](#)

文档编排

本文档介绍了如何使用 dsPIC33EP128GS808 开发板作为开发工具在目标板上仿真，以及如何调试固件。文档内容编排如下：

- 产品概述——本章介绍了 dsPIC33EP128GS808 开发板并简要概述了开发板的特性。
- 硬件——本章介绍了 dsPIC33EP128GS808 开发板的硬件元件。
- 演示程序的工作——本章包含 dsPIC33EP128GS808 开发板的程序演示、代码演示和代码示例。
- 附录 A——给出了 dsPIC33EP128GS808 开发板的原理图和布线图。

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) { ... }

推荐读物

本快速入门指南介绍了如何使用 dsPIC33EP128GS808 开发板。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资料：

- 《dsPIC33EPXXXGS70X/80X 系列数据手册》（DS70005258B_CN）

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

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。

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（2017 年 6 月）

- 这是本文档的初始版本。

注:

第1章 产品概述

1.1 简介

本章介绍了dsPIC33EP128GS808开发板并对其特性进行了概述。本章涵盖的主题包括：

- [概述](#)
- [开发板的功能和特性](#)
- [电气规范](#)

1.2 概述

dsPIC33EP128GS808开发板（简称开发板）旨在帮助评估和开发dsPIC33EP“GS”系列数字信号控制器（Digital Signal Controller, DSC）的固件。这款开发板有3个主要目标：

- 评估GS系列的外设和内核特性
- 通过“CAN/LIN/J2602 PICtail™ (Plus) Daughter Board User's Guide”（DS70319）支持双CAN解决方案
- 演示仿真的电源瞬态响应

此开发板可用作一个独立平台来评估DSC内核特性（如吞吐量）和器件外设（包括ADC、PWM、PGA、CMP、SPI和I²C等）。表2-3提供了可用于评估的I/O信号的完整列表。请注意，可重映射的I/O为访问I/O引脚上的附加信号提供了额外的灵活性。有关更多详细信息，请参见《dsPIC33EPXXXGS70X/80X系列数据手册》（DS70005258B_CN）。

该开发板与CAN/LIN/J2602 PICtail (Plus) 子板配合使用时，可为双CAN应用的开发提供支持。CAN/LIN/J2602 PICtail (Plus) 子板由2组CAN驱动器和2组LIN驱动器组成。该开发板插入PICtail板可支持CAN或LIN通信功能的开发。

该开发板包含多个一阶RC滤波器，可仿真电源功能。开发板可以在开环或闭环模式下工作。此外，开发板上还有额外的硬件，可用于模拟电源瞬态行为。开发板可使用标准的9V适配器或通过mini-USB供电。开发板可通过RJ25连接器使用标准Microchip编程工具进行编程，板上配有LED、开关、用于最大限度增强外设互连性的可选跳线、电位器和模拟反馈网络，有助于为dsPIC33EP“GS”器件开发固件。

1.3 开发板的功能和特性

凭借 dsPIC33EP128GS808 开发板，用户能够评估 dsPIC33EP “GS” 系列器件的特性。dsPIC33EP “GS” 器件提供了可利用开发板探究的全新外设和特性。可配置的连接器可以轻松将不同外设连接到一起来测试各种特性（这原本需要额外的硬件）。开发板与 CAN/LIN/J2602 PICtail (Plus) 子板配合使用时，还可用于开发双 CAN 通信系统。

开发板具有以下特性：

- 双 CAN/LIN 接口：
 - 用作 CAN/LIN/J2602 PICtail (Plus) 子板的附加板
 - 与 CAN/LIN/J2602 PICtail (Plus) 子板上的 CAN 和 LIN 驱动器接口
 - 为 CAN/LIN/J2602 PICtail (Plus) 子板上的 CAN 和 LIN 驱动器供电
- 使用一阶滤波器的电源模拟：
 - 独立的电压和电流环仿真
 - 动态响应模拟配置
 - 板上有多个一阶滤波器，可通过跳线选择
 - 斜坡发生器电路
 - 恒流测试电路
- 一般特性：
 - 外部电压输入配置
 - 调试开关和 LED
 - 板上电源——在 9V 输入下工作
 - 可选 USB 电源
 - RJ25 连接器编程接口
 - PICKIT™ 3 串行分析器

1.4 电气规范

表 1-1: 直流输入额定值 (J1)

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
电压	7.0	9	11h	V	9V 适配器
电流	0.2	—	—	A	独立模式
	—	—	0.7	A	CAN/LIN 在 PICtail™ 板上运行时

第2章 硬件

本章介绍了 dsPIC33EP128GS808 开发板的硬件元件。本章涵盖的主题包括：

- 顶层元件装配
- 信号配置
- 应用元件
- 板上连接器
- 指示灯和接口
- 测试点
- 编程器/调试器

2.1 顶层元件装配

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

图2-1: 开发板元件（顶层）

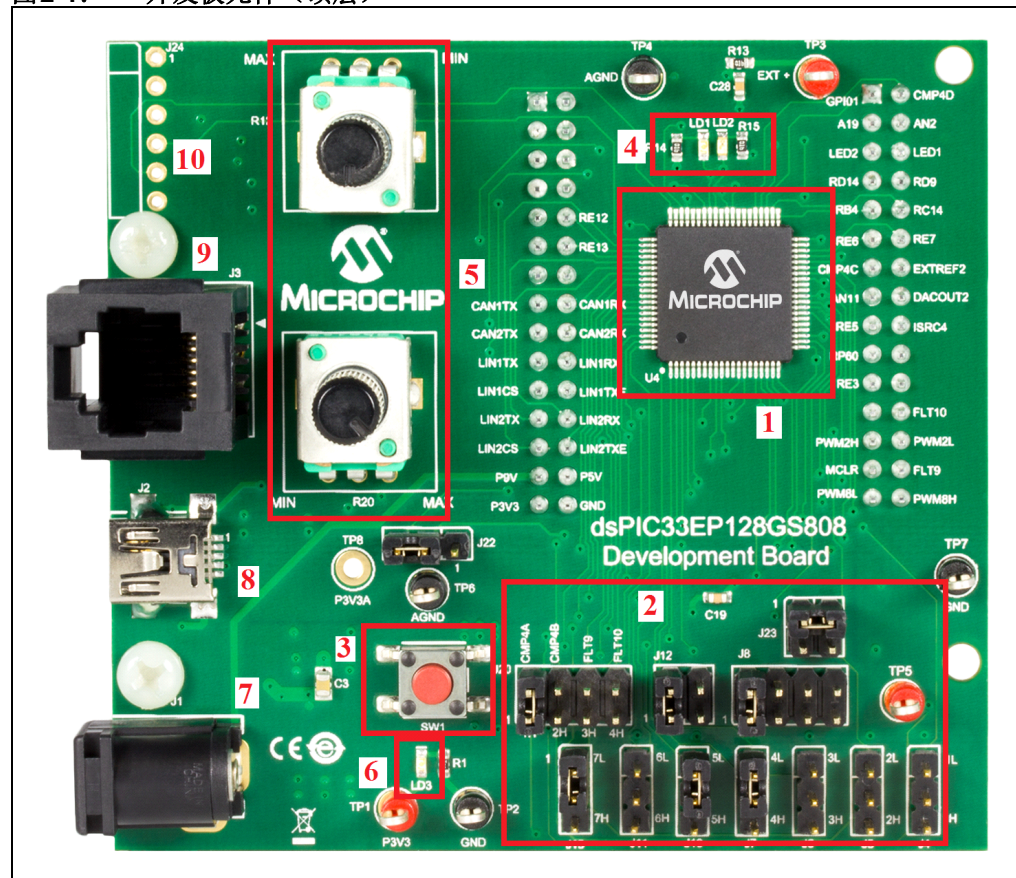


表2-1: 开发板元件 (顶层)

编号	说明
1	dsPIC33EP128GS808
2	可配置的跳线
3	开关 (SW1)
4	诊断LED
5	电位器
6	电源LED
7	9V电源连接器 (J1)
8	USB连接器 (J2)
9	编程连接器
10	PICKIT™ 3 串行分析器 (J24)

图2-2: 开发板元件 (底层)

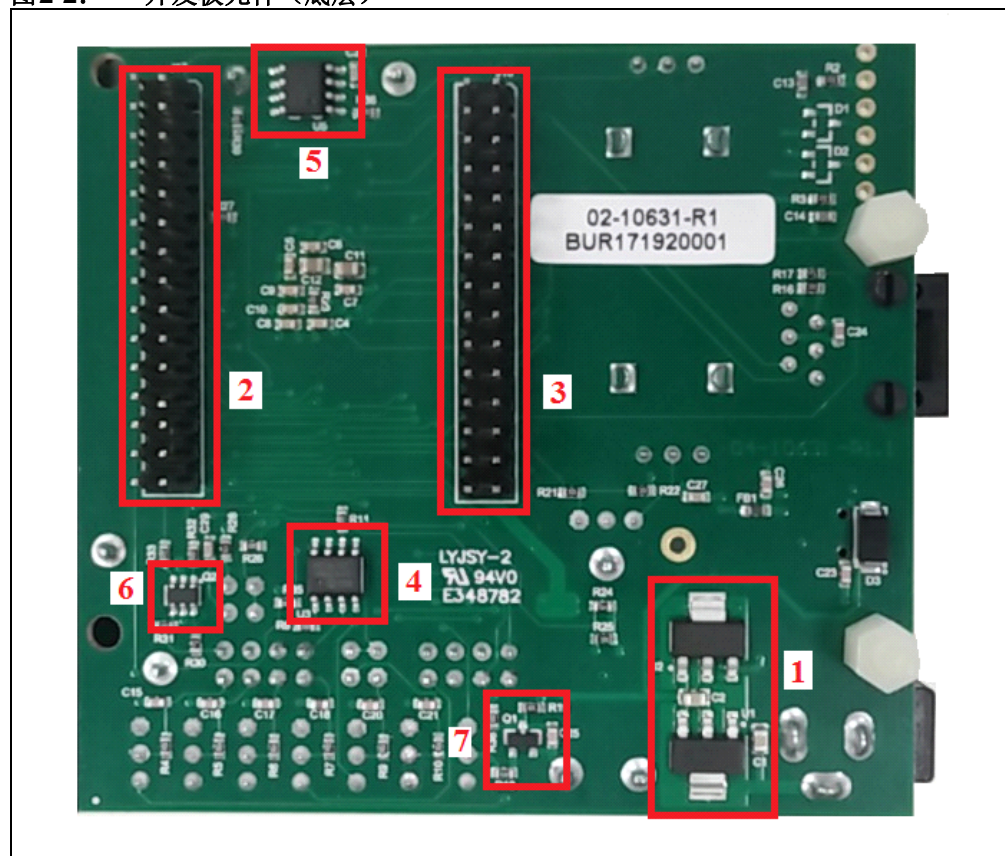


表2-2: 开发板元件 (底层)

编号	说明
1	稳压器
2	连接器 J17
3	连接器 J18
4	运放 U3
5	运放 U5
6	MOSFET Q2
7	MOSFET Q1

2.2 信号配置

表2-3提供了dsPIC33EP“GS”DSC连接的完整列表以及开发板上所使用引脚的简要功能说明。

表2-3: dsPIC33引脚配置详细信息

开发板信号标签	器件引脚编号	器件引脚功能	说明
PWM4L	1	PWM4L	PWM输出
PWM1H	2	PWM1H	PWM输出
PWM1L	3	PWM1L	PWM输出
PWM8L	4	PWM8L	PWM输出
PWM8H	5	PWM8H	PWM输出
RP48	6	CAN1TX	CAN1发送
RP61	7	CAN1RX	CAN1接收
FLT10	8	FLT10	故障信号, I/O
$\overline{\text{MCLR}}$	9	$\overline{\text{MCLR}}$	复位信号
FLT9	10	FLT9	故障信号, I/O
Vss	11H	Vss	3.3V返回地
VDD	12H	VDD	3.3V
RE2	13	RE2	I/O
RE3	14	RE3	I/O
AVDD	15	AVDD	滤波后的3.3V
RP60	16	RP60	可重新配置引脚
AN0	17	AN0	模拟ADC输入
AN1	18	AN1	模拟ADC输入
AN2	19	AN2	模拟ADC输入
AN3	20	AN3	模拟ADC输入
ISRC4	21	ISRC4	电流源输入
RE4	22	SW1	开关输入
RE5	23	RE5	I/O
AVDD	24	AVDD	滤波后的3.3V
AVDD	25	AVDD	滤波后的3.3V
AVss	26	AVss	滤波后的3.3V返回地
AN15	27	AN15	模拟ADC输入
DACOUT2	28	DACOUT2	DAC输出
AN11	29	AN11	模拟ADC输入
EXTREF2	30	EXTREF2	外部ADC参考电压
Vss	31	Vss	3.3V返回地
VDD	32	VDD	3.3V
CMP4C	33	CMP4C	比较器输入
CMP4A	34	CMP4A	比较器输入
CMP4B	35	CMP4B	比较器输入
AN16	36	AN16	模拟ADC输入
RE6	37	RE6	I/O
RE7	38	RE7	I/O
RP63	39	LIN1RX	LIN1接收

表2-3: dsPIC33引脚配置详细信息 (续)

开发板信号标签	器件 引脚编号	器件引脚功能	说明
DACOUT1	40	DACOUT1	DAC输出
RB4	41	RB4	I/O
RC14	42	RC14	I/O
RE8	43	GPIO1	I/O
RE9	44	GPIO2	I/O
CMP4D	45	CMP4D	比较器输入
RP55	46	CAN2TX	CAN2发送
RP56	47	CAN2RX	CAN2接收
VDD	48	VDD	3.3V
RD14	49	RD14	I/O
RD9	50	RD9	I/O
Vss	51	Vss	3.3V返回地
RE10	52	LED2	LED控制信号
RE11	53	LED1	LED控制信号
RP72	54	LIN1TX	LIN1发送
PGED3/SD2	55	PGED3	J3的编程器接口
PGEC3/SCL2	56	PGEC3	J3的编程器接口
RP75	57	LIN1TXE	LIN1发送使能
AN19	58	AN19	模拟ADC输入
RP64	59	LIN1CS	LIN1控制信号
PGED1/SCL1	60	SCL1	PICKIT™ 串行分析器
PGEC1/SDA1	61	SDA1	PICKIT串行分析器
RP52	62	LIN2CS	LIN2控制信号
RE12	63	RE12	I/O
RE13	64	RE13	I/O
RP53	65	LIN2TX	LIN2发送
RP54	66	LIN2RX	LIN2接收
RP69	67	LIN2TXE	LIN2发送使能
PWM5H	68	PWM5H	PWM输出
PWM5L	69	PWM5L	PWM输出
VCAP	70	VCAP	内核电压
VDD	71	VDD	3.3V
PWM6H	72	PWM6H	PWM输出
PWM6L	73	PWM6L	PWM输出
PWM7L	74	PWM7L	PWM输出
PWM7H	75	PWM7H	PWM输出
PWM3H	76	PWM3H	PWM输出
PWM3L	77	PWM3L	PWM输出
PWM2H	78	PWM2H	PWM输出
PWM2L	79	PWM2L	PWM输出
PWM4H	80	PWM4H	PWM输出

2.3 应用元件

表2-4对dsPIC33EP128GS808开发板上的应用所使用的元件进行了说明（有关元件位置的信息，请参见图2-1和图2-2）。

表2-4: 元件详细信息

元件	标签	说明
顶层装配元件（见图2-1）		
单片机（DSC）	U4	主控制器
可配置的跳线	Jx	用于选择各种输入的跳线
开关	SW1	开关输入
诊断LED	LD1和LD2	用于诊断的LED
电位器	R12和R20	控制器的可变输入电压
电源LED	LD3	电源指示灯
输入电源连接器	J1	9V直流输入
USB连接器	J2	USB电源连接
编程连接器	J3	连接到编程器/调试器
PICKit™ 串行分析器	J24	通信接口（未安装）
底层装配元件（见图2-2）		
稳压器	U1	将9V直流输入转换为5V
稳压器	U2	将5V直流输入转换为3.3V
运放	U3	用作缓冲器或求和节点
运放	U5	用作缓冲器
MOSFET	Q1	用于生成斜坡信号的开关
MOSFET	Q2	用于生成瞬态负载的开关
接口连接器	J17	带有PICtail™ Plus的CAN/LIN接口
接口连接器	J18	带有PICtail Plus的CAN/LIN接口

2.4 板上连接器

表2-5介绍了开发板上的硬件连接（有关元件位置的信息，请参见图2-1和图2-2）。

表2-5: 连接器的详细信息

标签	说明
J1	9V直流输入
J2	为电路板供电的USB连接（提供5V直流输入）
J3	提供外部编程器/调试器接口的J25连接器
J24	PICKit™ 3串行分析器通信接口（未安装）

2.5 指示灯和人机接口

表2-6介绍了开发板工具包中提供的用户接口。

表2-6: 人机接口的详细信息

标签	说明
SW1	开关输入。
LD1	绿色诊断LED。
LD2	红色诊断LED。
LD3	绿色LED电源指示灯。
R12	为控制器I/O引脚提供可变电压（0-3.3V）的电位器。
R20	为控制器I/O引脚提供可变电压（0-3.3V）的电位器。
J4	选择PWM1H或PWM1L作为RC滤波器的输入。
J5	选择PWM2H或PWM2L作为RC滤波器的输入。
J6	选择PWM3H或PWM3L作为RC滤波器的输入。
J7	选择PWM4H或PWM4L作为RC滤波器的输入。
J8	选择通过RC滤波器的PWM1-4作为运放缓冲器的输入。电路仿真开关电源（Switched Mode Power Supply, SMPS）的输出。必要时可以选择多个PWM。
J10	选择PWM5H或PWM5L作为RC滤波器的输入。
J11	选择PWM6H或PWM6L作为RC滤波器的输入。
J12	选择通过RC滤波器的PWM5-6作为运放缓冲器的输入。电路仿真开关电源（SMPS）的输出。必要时可以选择两个PWM。
J15	选择PWM7H或PWM7L作为斜坡发生器电路的输入。
J20	允许将PWM信号连接到比较器或故障输入。
J22	连接由电位器R20或DACOUT2产生的可变电压。
J23	将电流源连接到阻性或容性负载。

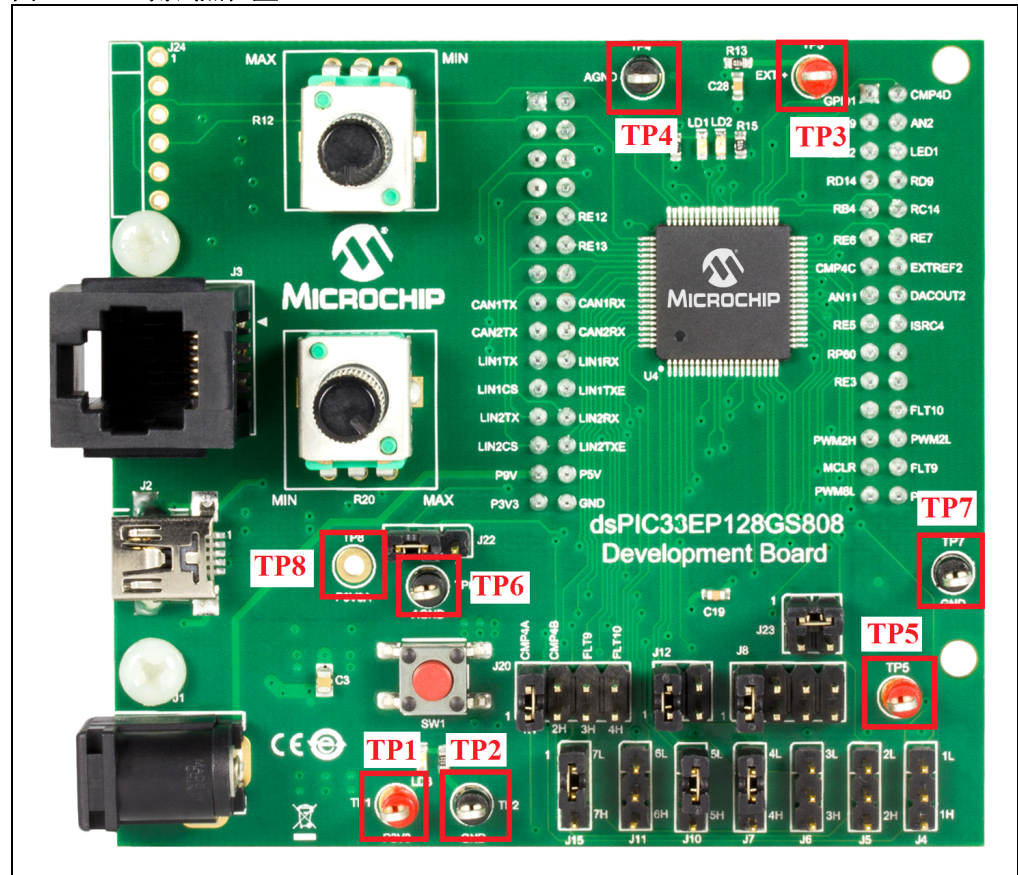
2.6 测试点

表2-7介绍了开发板上可用的测试点。有关测试点位置的信息，请参见图2-3。

表2-7: 测试点

标签	说明
TP1	3.3V (P3V3)
TP2	3.3V 返回地 (GND)
TP3	ADC 的外部 3.3V 输入
TP4	外部 3.3V 返回地 (AGND)
TP5	来自 RC 滤波器的缓冲器输出
TP6	滤波后的 3.3V 返回地 (AGND)
TP7	3.3V 返回地 (GND)
TP8	滤波后的 3.3V (P3V3A) (未安装在开发板上)

图2-3: 测试点位置



2.7 编程器/调试器

开发板需要借助一个外部编程器/调试器（例如MPLAB® ICD 3或REAL ICE™仿真器）对板上的控制器进行编程。

表2-8: 编程器/调试器组件

组件	标签	
编程器/调试器连接器	J3	用于与MPLAB® ICD 3 (DV164035) /REAL ICE™仿真器 (DV244005) 接口的RJ25连接

第3章 演示程序的工作

dsPIC33EP128GS808 开发板通过仿真电源的闭环操作的应用程序软件进行预编程。该程序演示了电源仿真电路的输出电压的2极点2零点（2P2Z）补偿器控制。相应代码可从Microchip网站（www.microchip.com）下载。

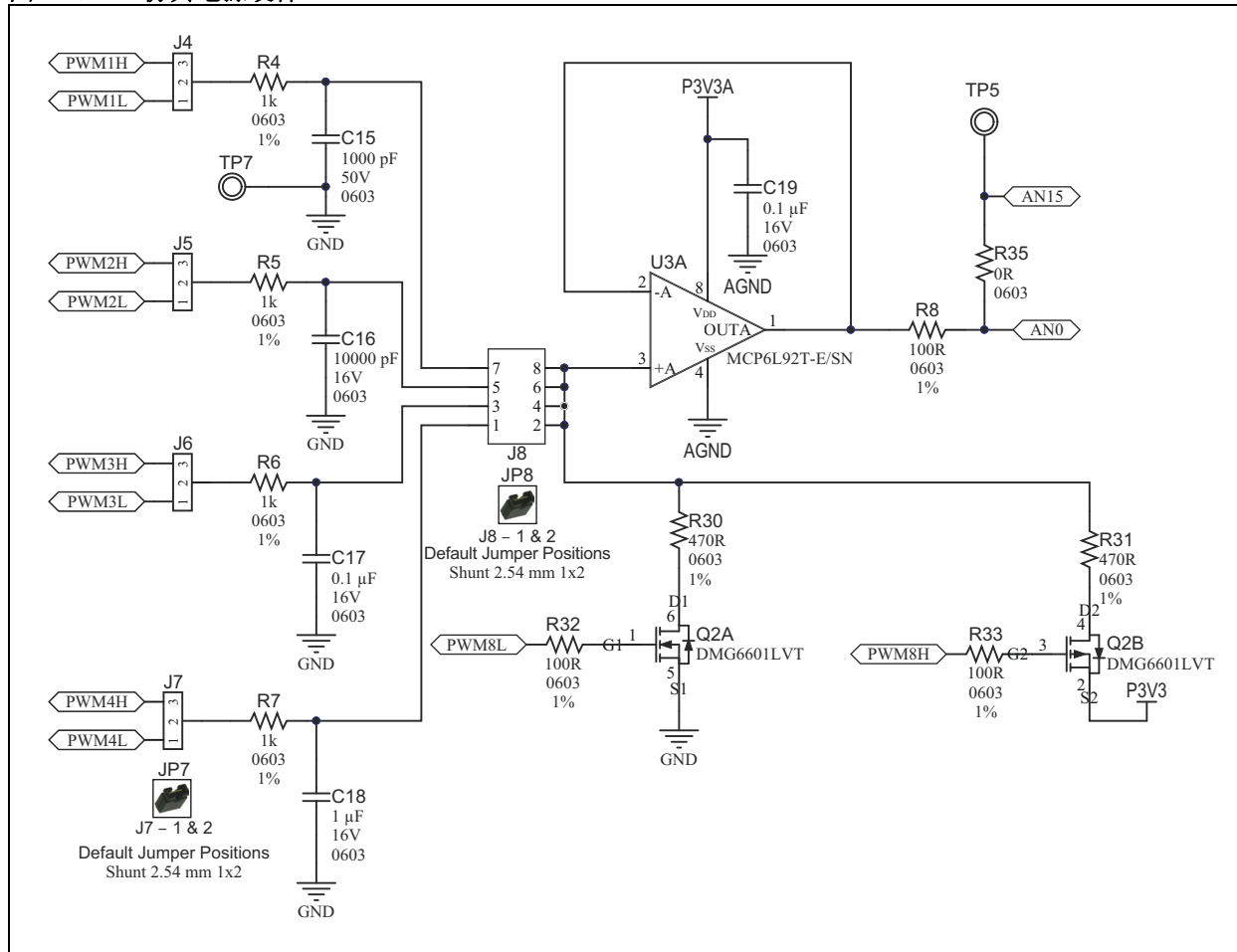
本章涵盖以下主题：

- [硬件说明](#)
- [软件演示](#)
- [代码演示](#)
- [其他代码示例](#)

3.1 硬件说明

开发板上的硬件用于仿真电源的行为。大部分电源拓扑由二阶电感电容（LC）滤波器组成，此滤波器可消除输出电压中的高频开关分量，从而产生直流输出电压。控制器监视输出电压，将其与参考电压进行比较，并生成所需的PWM占空比，以保持输出电压等于参考电压。开关频率是固定的，可通过控制开关的导通时间持续调节输出电压。导通时间与总开关持续时间的比率称为占空比。采用DSC实现了数字补偿器，电压误差作为输入，占空比作为输出。开发板不使用任何电感，而是依赖于一阶RC滤波器和PWM来仿真电源的功率级。图3-1给出了用于仿真电源的硬件。

图3-1: 仿真电源硬件



开发板上的电源部分由PWM输出之一组成，具体取决于安装的跳线。默认跳线位置是在引脚1和引脚2之间使用JP7跳线，以及在引脚1和引脚2之间使用JP8。JP7选择PWM4L作为RC电路的输入，而JP8将RC滤波器的输出连接到U3-A缓冲器的输入。PWM信号与RC滤波器一起构成功率级。请注意连接到跳线J8的RC滤波器值的差异。电容值变化了10倍，可用于仿真各种开关频率的电源。可以在测试点TP5监视输出电压。输出电压的范围为0-3.3V，具体取决于参考电压和PWM占空比。输出电压连接到ADC输入AN0。DSC通过使用2P2Z滤波器的数字化版本基于输出电压采样来计算占空比。占空比控制导通时间，导通期间，PWM引脚的输出为3.3V，其余时间为0V。当通过RC滤波器时，PWM输出产生一个接近直流的值。

电源中的负载电流取决于外部负载阻抗，可以是恒定的，也可以是变化的。电源的实际测试是在负载从额定电流值的0%转换到100%或从100%转换到0%时进行的。在非稳压电源中，负载转换会导致输出电压急剧下降/上升。但是，在稳压良好的闭环系统中，当从0%转换到100%（或从100%转换到0%）时，负载瞬变将使输出电压小幅下降（升高），具体取决于控制设计。开发板具有Q2 MOSFET提供的附加硬件，用于仿真电源负载条件。Q2A和Q2B MOSFET分别由信号PWM8L和PWM8H控制。Q2A连接到缓冲器输入与GND之间，而Q2B连接到缓冲器输入与3.3V之间。当Q2A导通时，缓冲器输入通过R30电阻下拉到GND。根据PWM8L脉冲的持续时间，输出电压从稳态值下拉，从而仿真0%到100%的负载条件。图3-2和图3-3显示了瞬态负载条件。在以下各图中，绿色波形对应于PWM4L信号，蓝色波形对应于缓冲器输出（TP5）。

图3-2: 0%到100%的负载条件

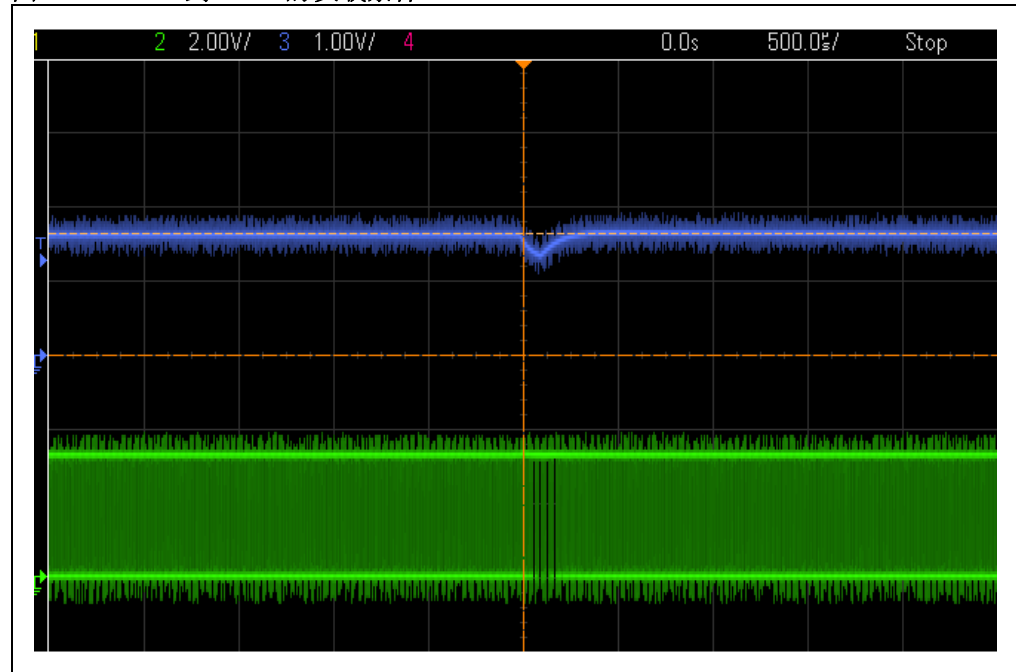
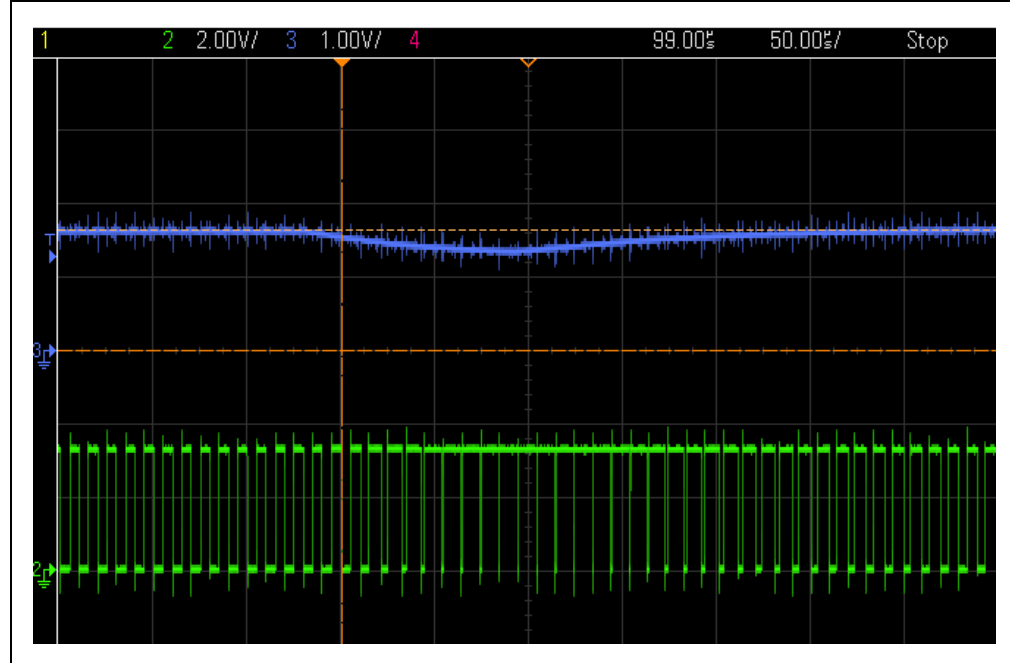


图 3-3: 0%到 100%的负载条件



当负载突然切断时，可以观察到甩负荷效果。在这种情况下，输出电压升高。当PWM8H短暂导通时，输入缓冲器通过R31电阻连接到3.3V。输出电压随后升高，如图3-4和图3-5所示。控制环将试图通过改变占空比来纠正这种情况。

图 3-4: 100%到 0%的负载条件

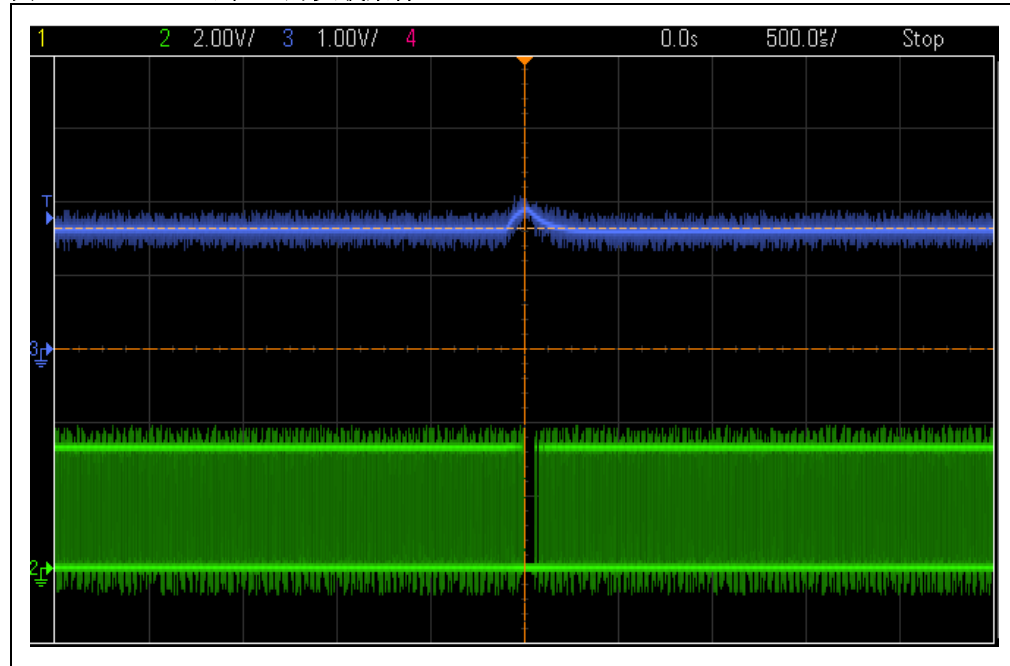
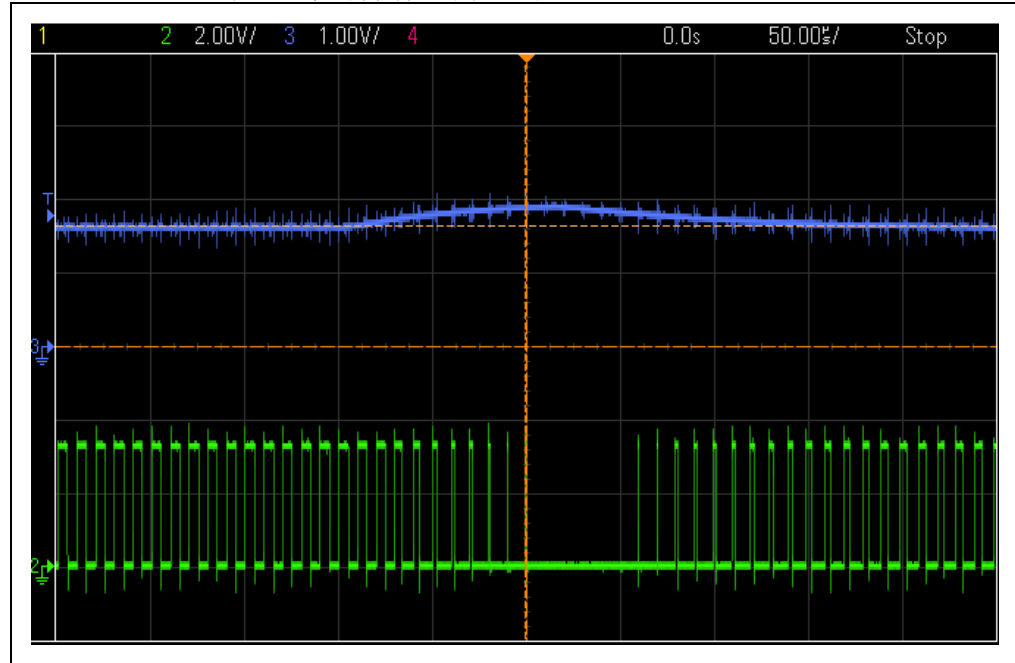


图3-5: 100%到0%的负载条件（放大显示）



开发板上还有其他功能，例如第二个电源回路（PWM5-6和U3-B）和一个斜坡发生器（Q1），可用于演示电源的电流模式控制。

3.2 软件演示

演示软件提供输出电压的闭环控制。2P2Z控制环根据电位器R12设定的参考电压控制转换器的输出电压。开关频率固定设置为100 kHz。

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）
- 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——测量的输出信号电压大小

除了需要将9V连接到J1连接器，或将USB电缆连接到J2连接器，并将另一端连接到笔记本电脑外，演示程序无需做任何其他手动准备。

图 3-6: 电压模式控制框图

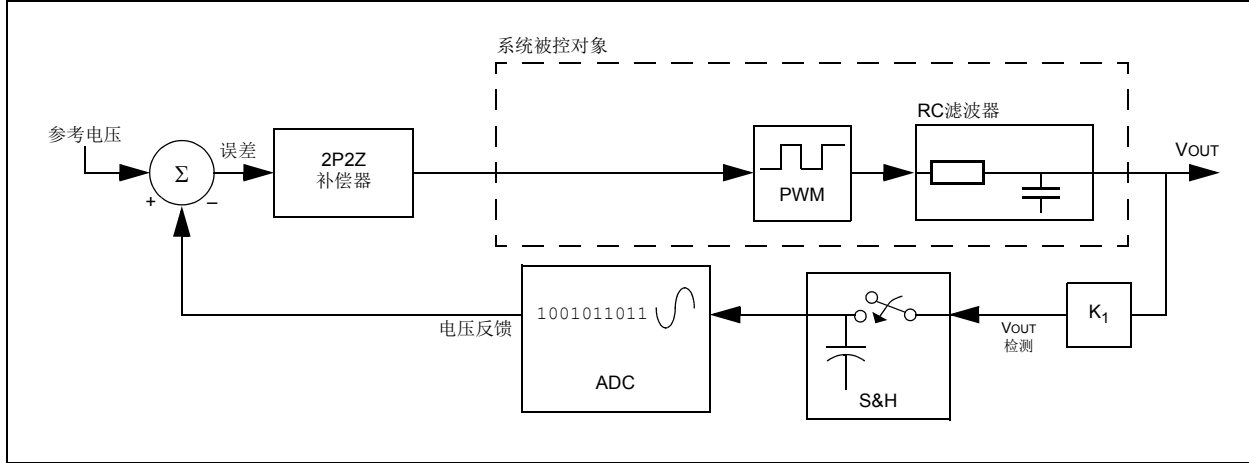


图 3-7: 程序流程图

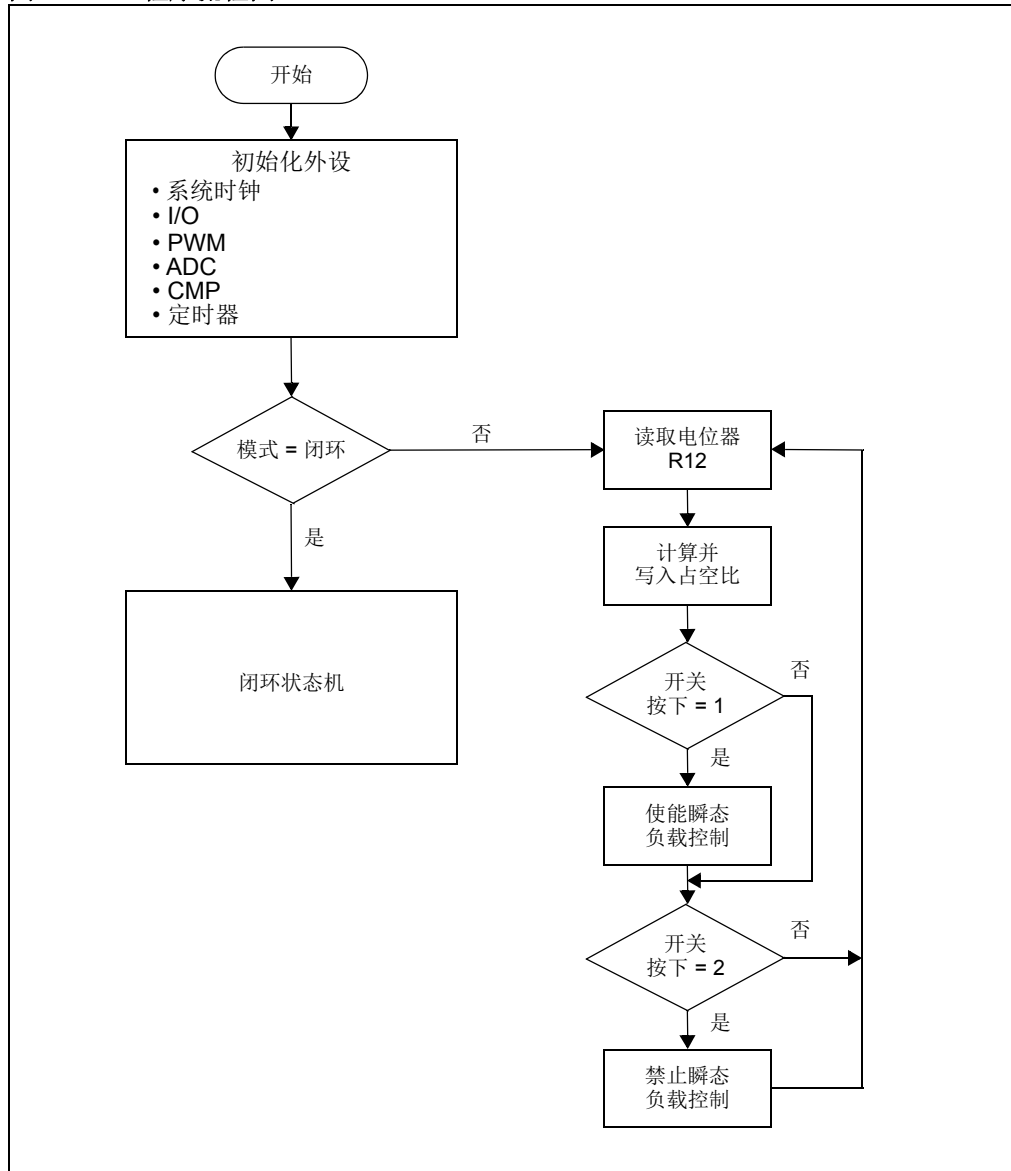
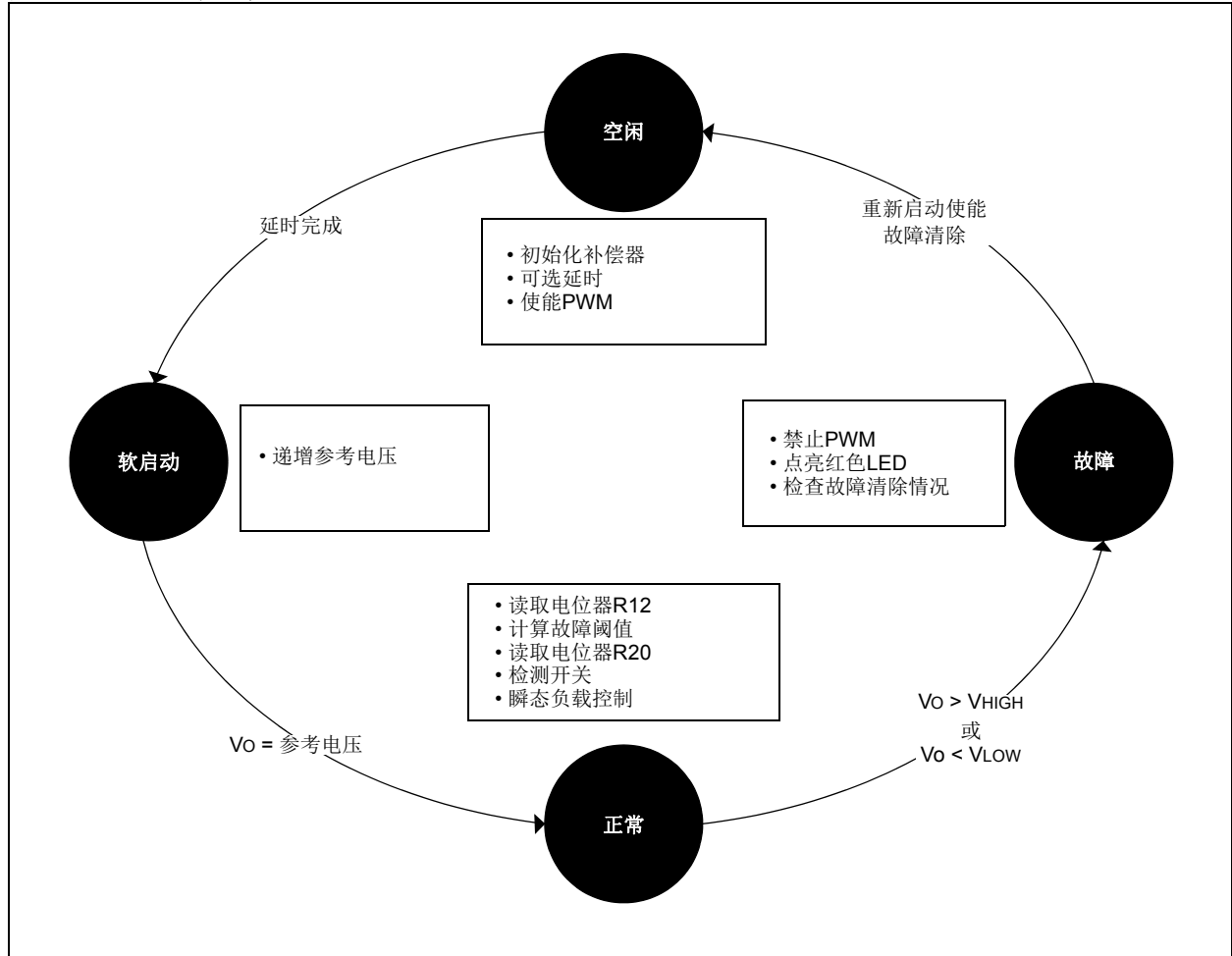


图 3-8: 闭环状态机



3.3 代码演示

软件代码基于状态机以前台进程的形式实现，中断程序在后台执行。初始化阶段后，代码将检查工作模式。如果为开环模式，则输出电压设置为由电位器R12确定的值。如果为闭环模式，则执行状态机程序。状态机有空闲、软启动、正常和故障四种状态。下面的章节中给出了每个模式的详细信息。

3.3.1 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、定时器和GPIO）。
- 中断——包括ADC、定时器和比较器中断。

3.3.2 模式

支持两种工作模式：开环模式和闭环模式。默认情况下设置为闭环模式。在开环模式下，PWM的输出根据电位器R12设定的值进行设置。开环模式不执行任何软启动或故障状态，但执行负载控制程序。电源的瞬态响应可以通过按下一次SW1开关来监视。这样便可实现瞬态脉冲定期出现的负载控制程序。

在闭环模式下，输出电压由控制环根据设定的参考电压设置。闭环模式执行空闲、软启动、正常和故障状态，如图3-8所示。负载控制是正常状态的一部分。在负载控制期间，如果按下一次SW1，则会将持续时间为LDTRANSTIME的瞬态脉冲施加到MOSFET Q2（重复持续时间为LDPERIOD）。默认设置为1000 μ s（LDTRANSTIME）和1000 ms（LDPERIOD）。根据user.h文件中的LOADSW设置（PULLUP或PULLDOWN）控制MOSFET Q2A或Q2B。第二次按下SW1将关闭负载控制功能。

可通过将user.h文件中的MODE变量设置为OPENLOOPDEMO或CLOSELOOPDEMO来更改模式。

3.3.2.1 空闲状态

在空闲状态期间，将初始化2P2Z补偿器。ADC读取电位器R12的值，并设置输出的参考电压。在此状态下，将使能PWM模块和允许中断。所有任务完成后，下一个状态将设置为软启动。

3.3.2.2 软启动状态

在此状态下，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因突发的浪涌电流而超出所需电压。

3.3.2.3 正常状态

软启动完成后，程序将进入正常工作状态，并且只要工作参数在故障阈值范围内，该程序就会保持这种状态。程序将检查开关按下操作以使能/禁止瞬态脉冲。故障阈值可根据输出电压值设置，也可通过电位器R20设置。这有助于更改阈值以验证故障条件。ADC中断程序在后台运行，在PWM周期中以固定时间间隔（由TRIG值决定）发生。ADC程序采样输出电压并运行2P2Z控制器。

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。该滤波器可持续调节输出电压，确保不同线路/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。此控制设计使用可作为MPLAB® X插件进行安装的DCDT工具进行。DCDT支持不同类型的滤波器，如2P2Z、3P3Z和PID等。可以使用DCDT工具查看系统被控对象、补偿器和整个系统的波特图。该工具会将设计自动转换为数字形式并生成系数。系数文件filterx_dcdt.h作为头文件添加到项目中。滤波器程序以汇编语言编写，以加快执行速度。程序smpls_2p2z_dspic_v2.s是指系数文件，将根据输出电压误差创建一个占空比。

在正常模式下工作时，将根据故障阈值检查输出电压。在定时器中断程序中，将以Timer2设定的固定时间间隔进行故障检查。根据user.h文件中为VLTFLTENABLED设置的值来使能或禁止故障。如果输出电压超出阈值，则状态机会将状态更改为故障模式。

3.3.2.4 故障状态

当输出电压超出故障阈值时，程序进入故障模式。进入故障状态程序后，会立即禁止PWM模块。红色LED持续点亮以直观指示故障。根据user.h文件中为RESTARTENABLED设置的值，程序将进入锁定模式或重新启动模式。在锁定模式下，程序进入无限while循环，需要执行一次循环上电才能再次启动。在重新启动模式下，程序将检查要清除的故障，并进入空闲模式以重新启动。

3.4 其他代码示例

Microchip 网站上提供了几个代码示例。下面提到一个专门为此开发板开发的代码示例。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)。

3.4.1 双 CAN 通信

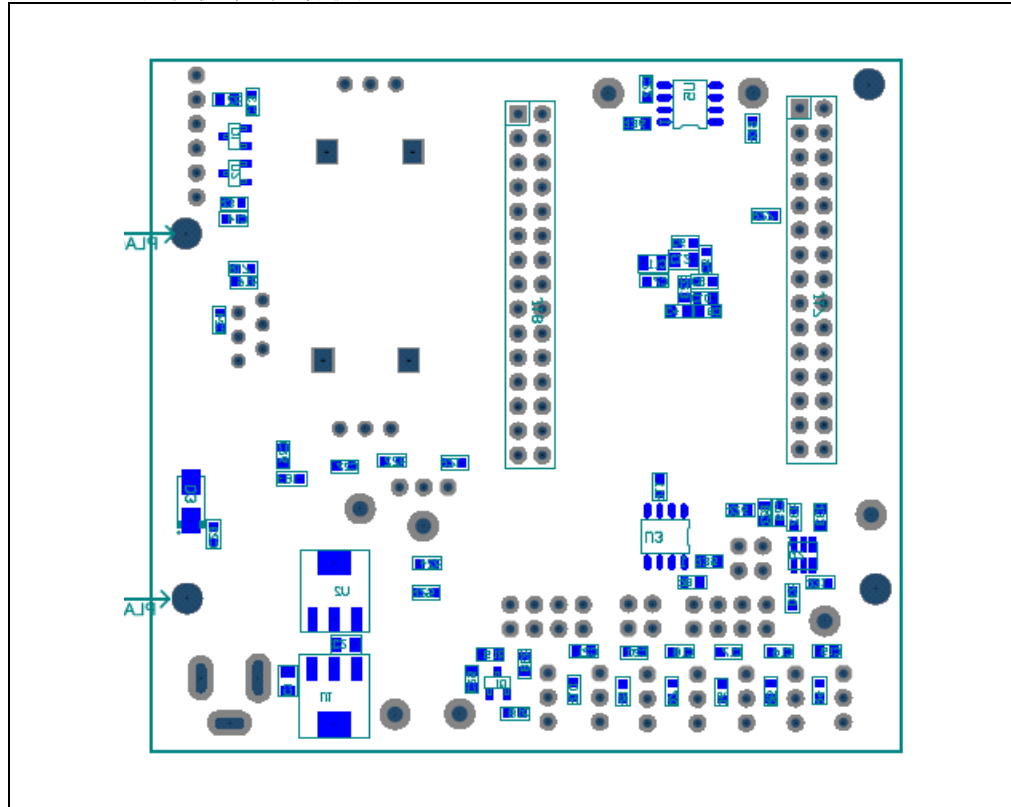
双 CAN 通信代码用于演示开发板上 LED 的基本控制。开发板连接到与 CAN 主机 (CAN 分析器) 相连的 CAN/LIN/J2602 PICtail™ (Plus) 子板。CAN 主机与开发板上的 CAN (CAN1/CAN2) 模块通信。每个 CAN 模块都有一个特定的地址。开发板上的控制器读取电位器 R12 和 R20，并将其值与 CAN 模块地址一起定期发送给 CAN 主机。CAN 主机为 CAN1 和 CAN2 模块发送特定的定时器值，用于使 LED 闪烁。因此，在成功进行 CAN 通信的基础上，更换开发板上的电位器将改变 LED 闪烁速率。

3.4.2 其他代码思路

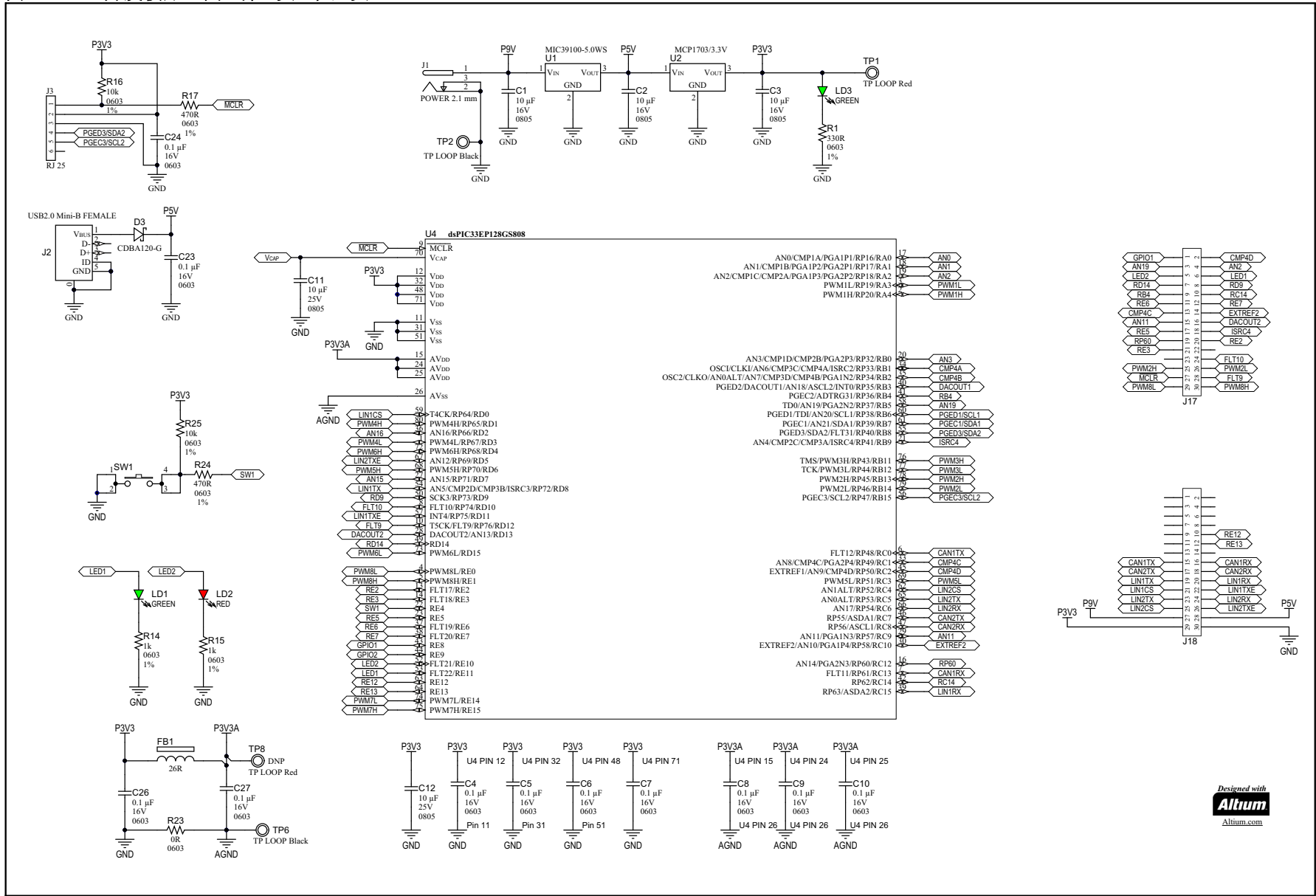
该开发板用途广泛，经编程可测试各种特性。大多数 I/O 引脚都可以通过开发板上的其中一个连接器进行访问。连接器引脚可用于监视输出、连接输入信号或提供不同控制器引脚之间的交叉连接。下面是部分代码思路：

- 峰值电流模式控制
- 斜坡生成
- ADC 参考电压控制
- 恒定电流源
- 外设引脚选择 (Peripheral Pin Select, PPS)
- I²C 通信
- PGA
- PTG/CLC
- PWM 信号作为故障/比较器输入
- 故障/限流
- 外部周期复位

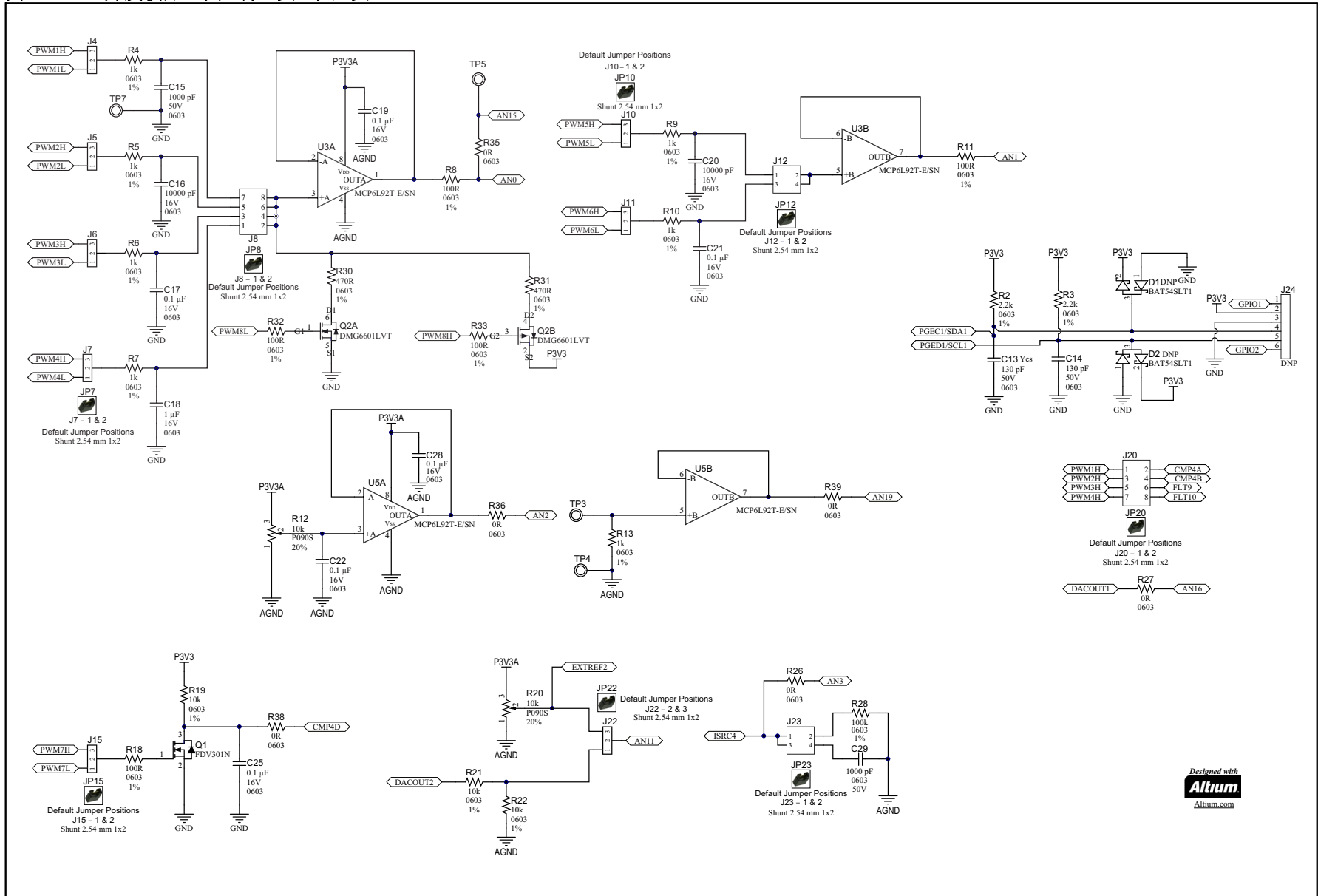
图A-2: 开发板布线 (仰视图)



图A-3: 开发板原理图 (第1页, 共2页)



图A-4: 开发板原理图 (第2页, 共2页)



注:

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://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

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: 49-7131-67-3636

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: 47-7289-7561

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