Aiyan Info
艾研信息
Do Engineering
http://www.hpati.com

AY-APower Kit 实验手册

Aiyan Info
艾研信息
http://www.hpati.com

申明

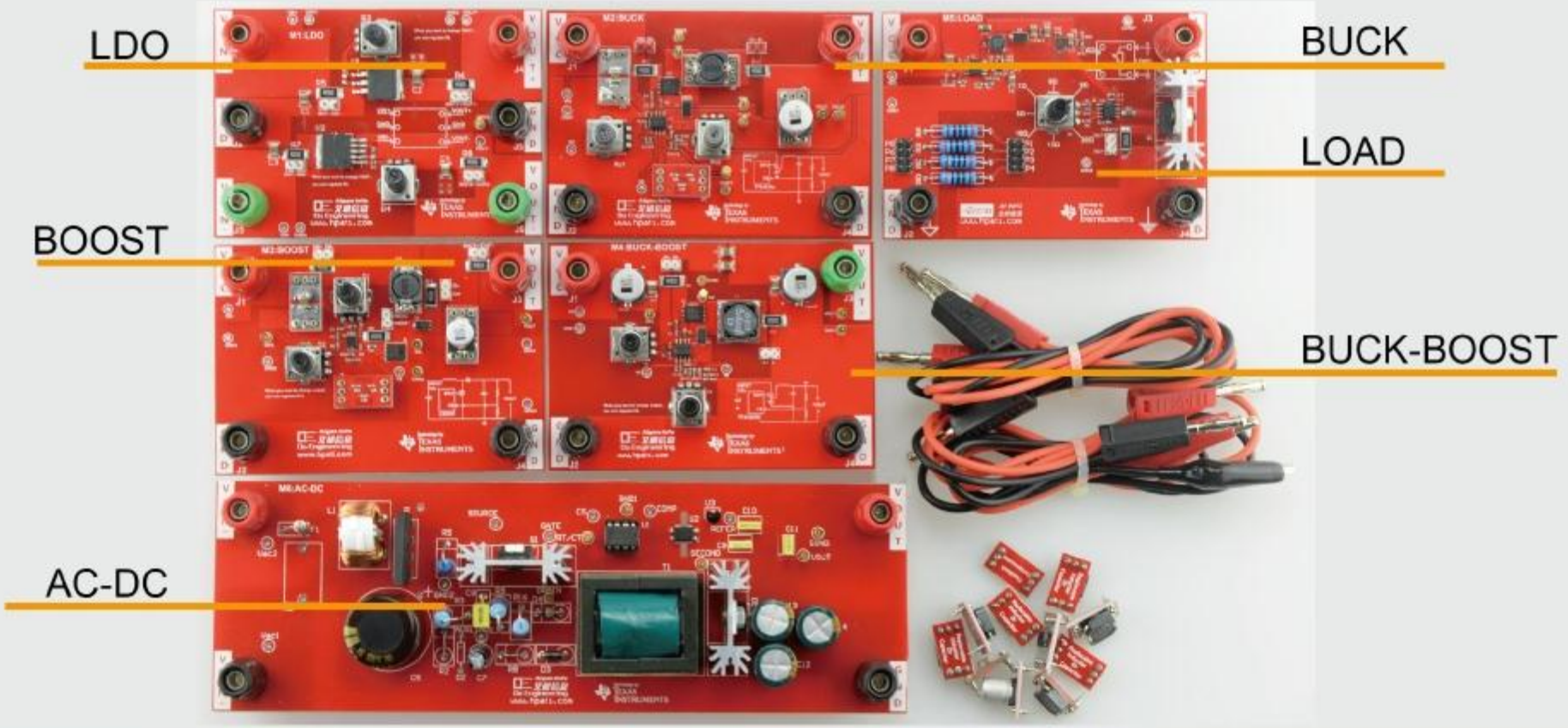
杭州艾研信息技术有限公司保留随时对其产品进行修正、改进和完善的权利，同时也保留在不作任何通告情况下终止其一款产品供应的权利。用户在下订单前及时获取相关信息最新版本，并验证这些信息是当前的和完整。

可通过如下方式获取最新信息、技术资料和技术支持：
技术支持电话：0571-86134572
技术支持邮箱：support@hpati.com
产品&资料下载中心：http://www.hpati.com/products/
互动论坛：http://www.hpati.com/bbs/forum.php
公司地址：浙江省杭州市西湖区留和路16号新峰商务楼B306

实验套件组成

Aiyan Info 艾研信息 http://www.hpati.com

标准配置的模拟电源学习套件由六个基本模块和一块底板加上若干可更换器件组成。基本模块包括LDO、BUCK-TPS40200、BOOST-LM3481、BUCK-BOOST-TPS40200、LOAD,AC-DC用户可通过标准配置模块学习电源知识。

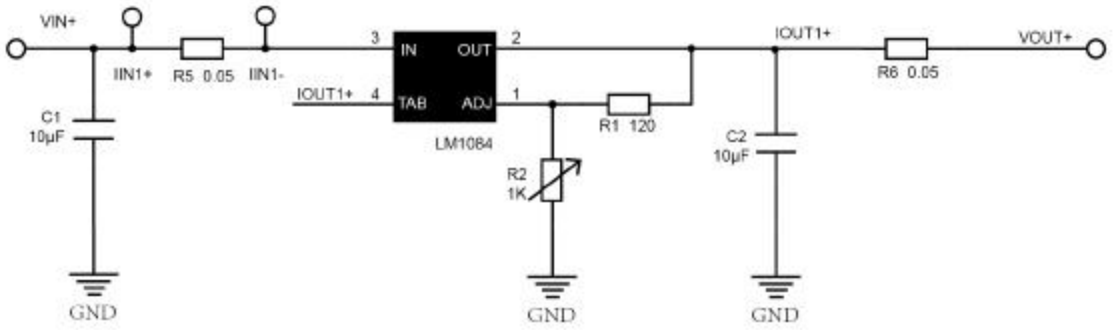


正负压LDO模块

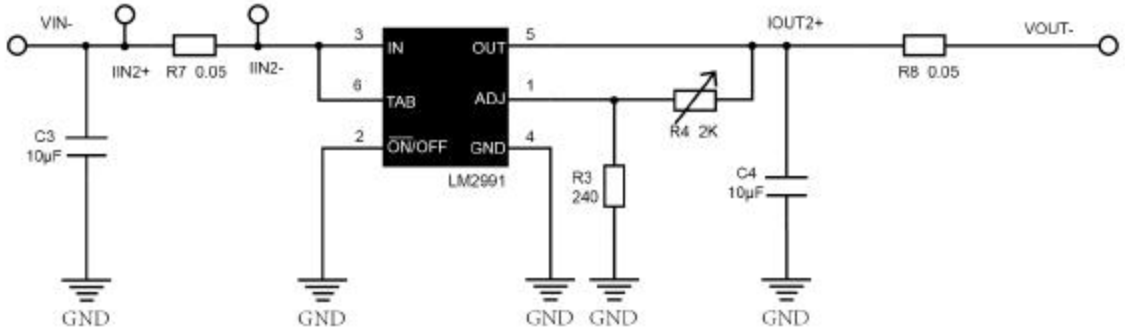
注意：正负电压不要连接出错

LDO原理图

LM1084的输入电压范围为2.75~29V，输出电压范围为1.25~27.5V。负载电流最大可达到5A，此时输出最大压差为1.5V。
输出电压可通过调节两个比例电阻（R1、R2）的阻值来调整。
计算公式为：VOUT=VREF（1+R2/R1）
注：VREF=1.25V



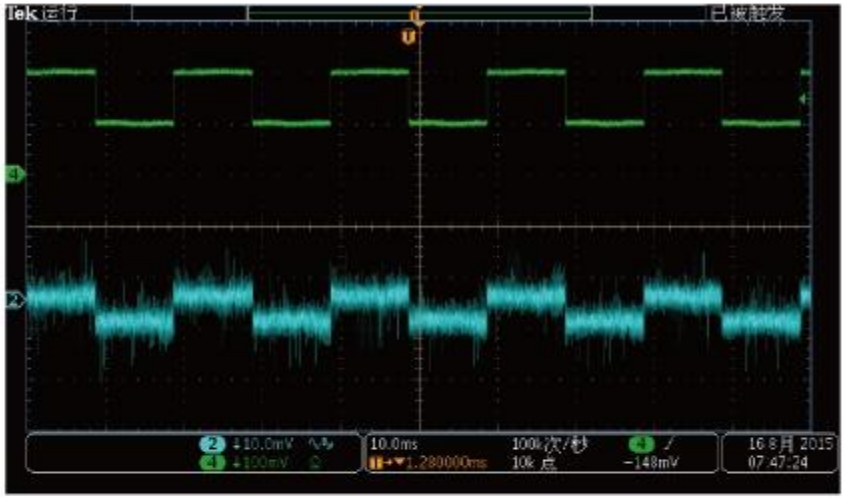
LM2991是一个负压降可调节稳压器。输入电压范围为-26~-2V，输出电压范围为-25~-2V。负载电流最大可达到1A，并拥有ON/OFF开关关断的能力。
输出电压可通过调节两个比例电阻（R3、R4）的阻值来调整。
计算公式为：VOUT=VREF(1+R4/R3)
注：VREF=-1.21V



负载调整率测试

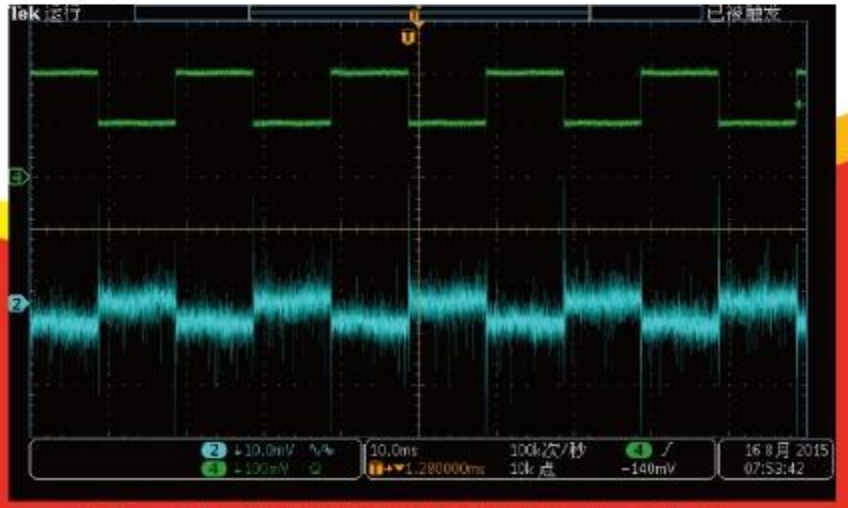
正压LDO动态响应

测试状态VIN=12V VOUT=5V IOUT=0.1A↔0.2A



负压LDO动态响应

测试状态VIN=-12V VOUT=-5V IOUT=0.1A↔0.2A



注释：以上两张波形图中绿色波形为输出电流波形，蓝色波形为输出电压纹波。

效率测试

Aiyan Info 艾研信息 http://www.hpati.com

保持输入电压12V不变，改变正压LDO的输出电压和IOUT，计算效率。

效率 / 输出电压	Iout(mA)				
	50	100	200	500	1000
5V	35.3%	38.2%	39.8%	41.0%	41.3%
8V	56.2%	61.2%	63.8%	65.4%	66.0%

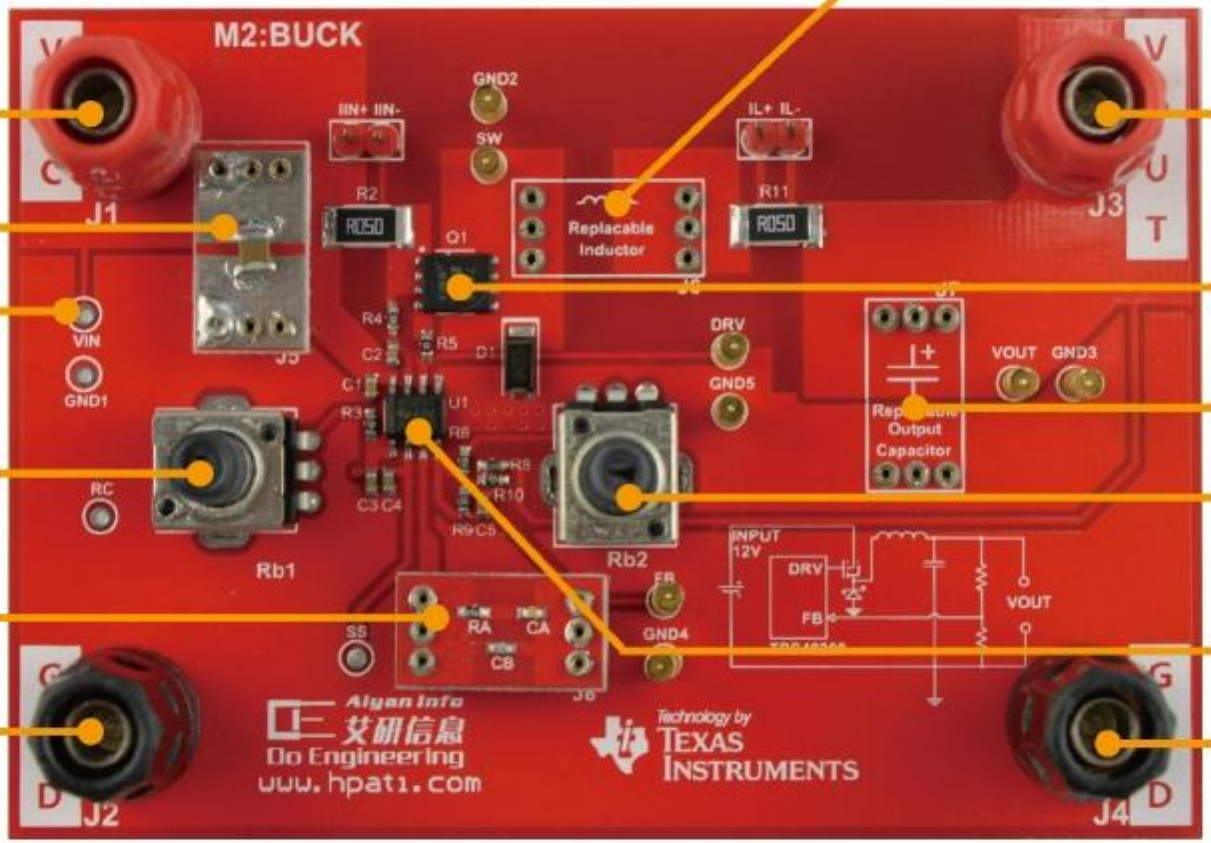
保持输入电压-12V不变，改变负压LDO的输出电压和IOUT，计算效率。

效率 / 输出电压	Iout(mA)				
	50	100	200	500	1000
-5V	38.6%	39.7%	40.7%	41.3%	41.3%
-8V	61.7%	63.4%	65.3%	66.1%	66.3%

实验内容：观察效率变化，理解LDO的效率与输入输出的电压差和输出电流的关系。

实验结论：由以上两个表格中数据得知输入输出压差越大，效率越低；在一定范围内，输出电流越大，效率越高。

降压模块



可更换电感

输入引脚
12~24V

输出引脚
3.5~10V

可更换输入电容

SI7465DP

测试点

可更换输出电容

调节开关频率

调节输出电压

环路补偿

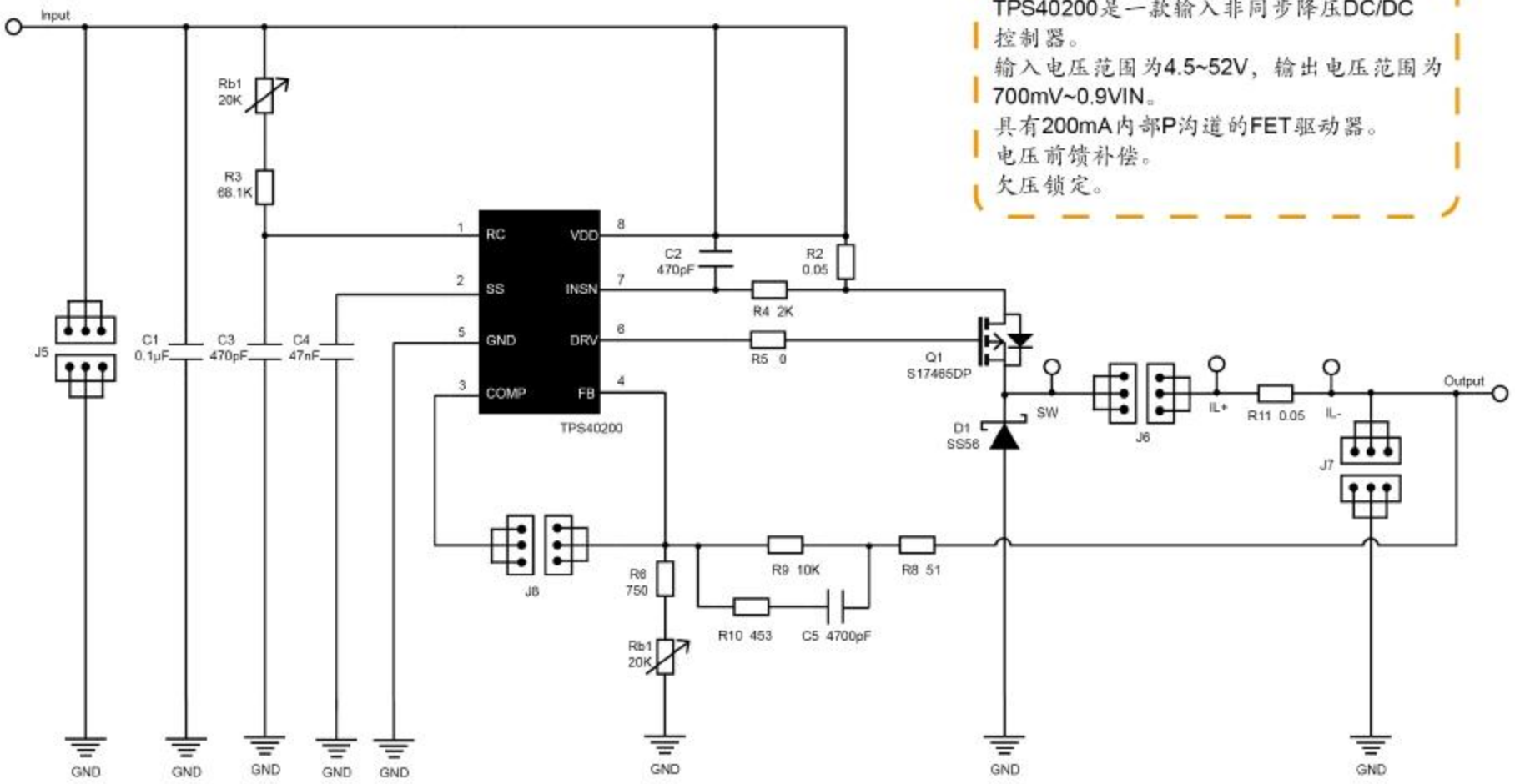
TPS40200

接地

接地

注意：请选用合适的输入输出电容电感以及补偿回路。

BUCK_TPS40200原理图



TPS40200是一款输入非同步降压DC/DC控制器。
输入电压范围为4.5~52V，输出电压范围为700mV~0.9VIN。
具有200mA内部P沟道的FET驱动器。
电压前馈补偿。
欠压锁定。

效率测试

典型波形图 测试状态:VIN=12V VOUT=8V L=10μH IOUT=0.3A

注释：波形图中蓝色波形为输出电压纹波波形，紫红色波形为开关节点，绿色波形为电感电流波形。

选用L=10μH，Cin=Cout=10μF，保持VOUT=8V，改变VIN和IOUT，观察效率的变化。

效率 %	Iout(mA)				
	50	100	200	500	1000
Vin =12	81.3%	91.2%	91.1%	93.0%	92.7%
Vin =15	76.5%	83.7%	88.5%	91.0%	91.5%
Vin =20	66.3%	78.8%	84.6%	88.5%	89.5%

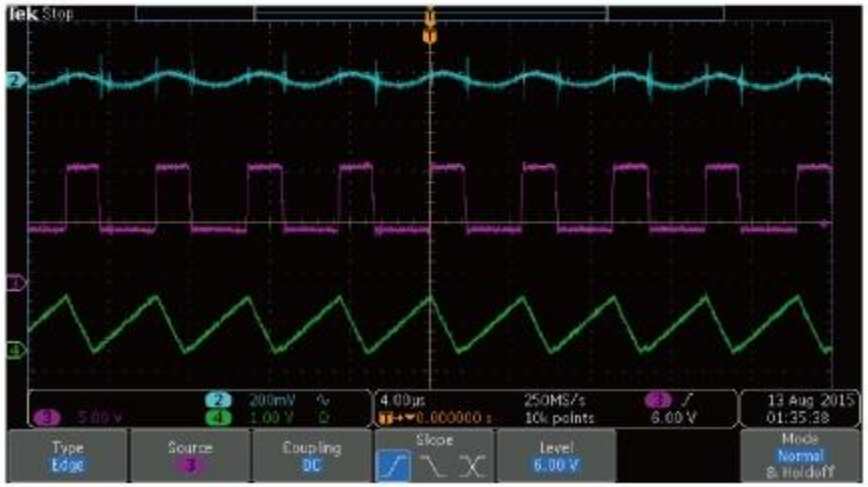
选用电感电容不变，保持VIN=12V，改变VOUT和IOUT，观察效率的变化。

效率 %	Iout(mA)				
	50	100	200	500	1000
Vout = 4	66.7%	75.8%	81.3%	85.0%	85.5%
Vout = 6	75.8%	82.0%	87.0%	98.6%	89.4%
Vout = 8	81.3%	87.7%	91.1%	93.0%	92.7%

电感电流的纹波值与输出电压纹波值测量

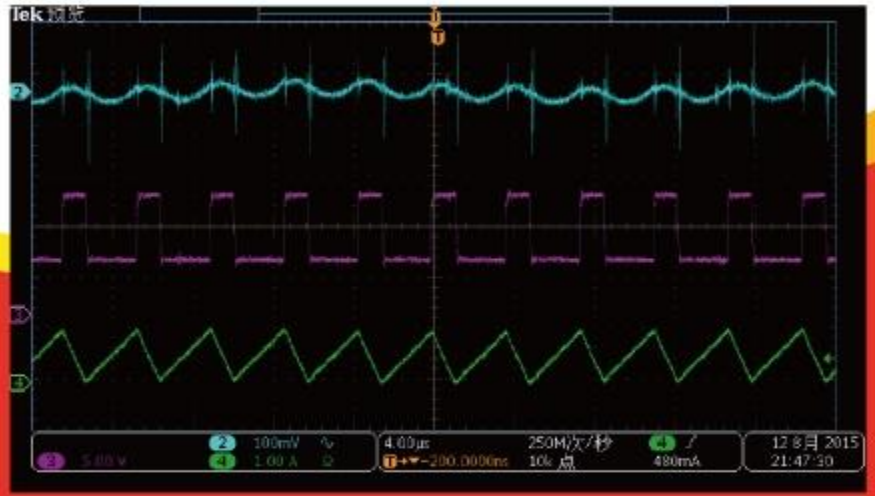
Aiyan Info 艾研信息 http://www.hpali.com

较低频率 VIN=12V VOUT=8V L=10μH IOUT=0.5A F=219K 保持VOUT不变，使fs=219K，改变IOUT观察测量△VOUT和△I。



Δvout(mV)	Δ I(A)	fs= 219K			
		I(A) =0.2		I(A) =0.5	
Vin =12		52	0.92	60	1.34
Vin =15		54	0.96	80	1.4
Vin =20		48	0.82	56	1.2

较高频率 VIN=12V VOUT=8V L=10μH IOUT=0.5A F=270K 保持VOUT不变，使fs=270K，改变IOUT观察测量△VOUT和△I。



Δvout(mV)	Δ I(A)	fs= 270K			
		I(A) =0.2		I(A) =0.5	
Vin =12		38	0.84	37	1.2
Vin =15		46	0.78	58	1.18
Vin =20		44	0.72	54	1.14

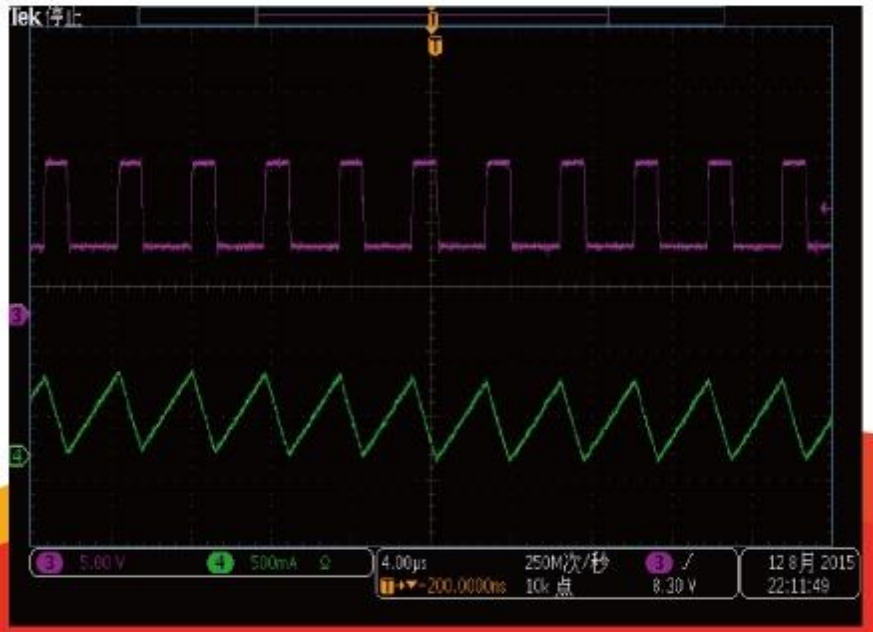
实验结论：由波形图可知，开关频率变大，开关节点的占空比保持不变，电感电流的斜率随之变大。

注释：以上两张波形图中蓝色波形为输出电压纹波，紫红色波形为开关节点，绿色波形为输出电流波形。

电感感值对电感电流的影响

测试状态小电感 VIN=12V VOUT=8V L=10μH IOUT=0.3A

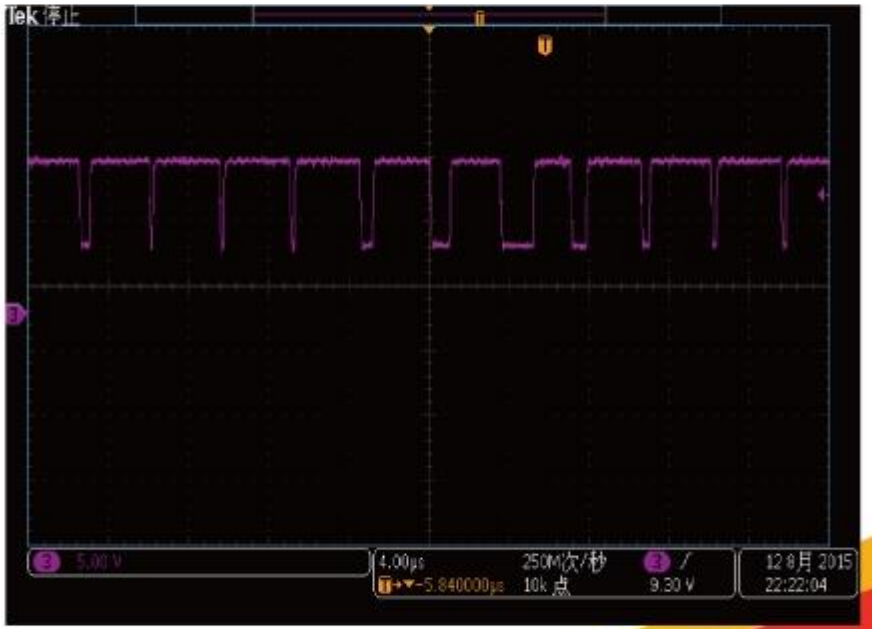
测试状态大电感 VIN=12V VOUT=8V L=47μH IOUT=0.3A



注释：图中波形3位开关节点波形，波形4为电感电流波形。
实验内容：保持输入输出状态不变，仅改变电感感值，观察电感的电流波形。
实验结论：当电感感值由大变小时，电流纹波率r变大，既电流峰峰值变大，可能有一部分电流变为负值，由于BUCK-TPS40200为异步开关，则出现左上图中电流波形。

有无环路补偿对比

测试状态无补偿 VIN=12V VOUT=8V L=10μH IOUT=0.05A



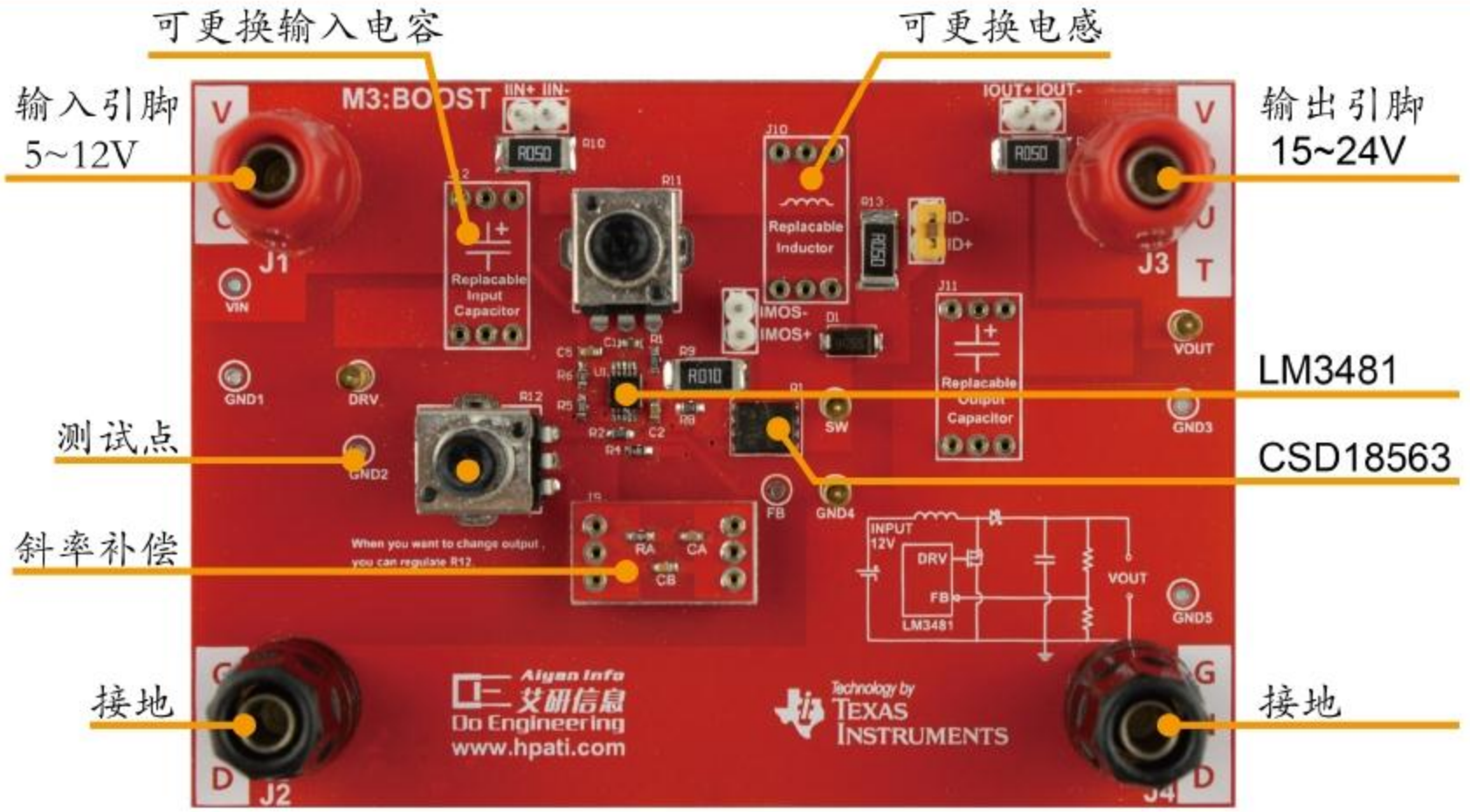
测试状态有补偿 VIN=12V VOUT=8V L=10μH IOUT=0.05A

注释：以上两张波形图中波形均为开关节点波形。

补偿原理：当系统处于无环路补偿环路状态时，穿越频率将接近开关频率，根据奈奎斯特采样定律，系统无法达到稳定。而补偿环路的作用能使得系统的穿越频率远低于开关频率，并且保证合适的相位裕量。

实验内容：保持输入输出状态不变，观察有无环路补偿小板时开关节点的波形是否稳定。

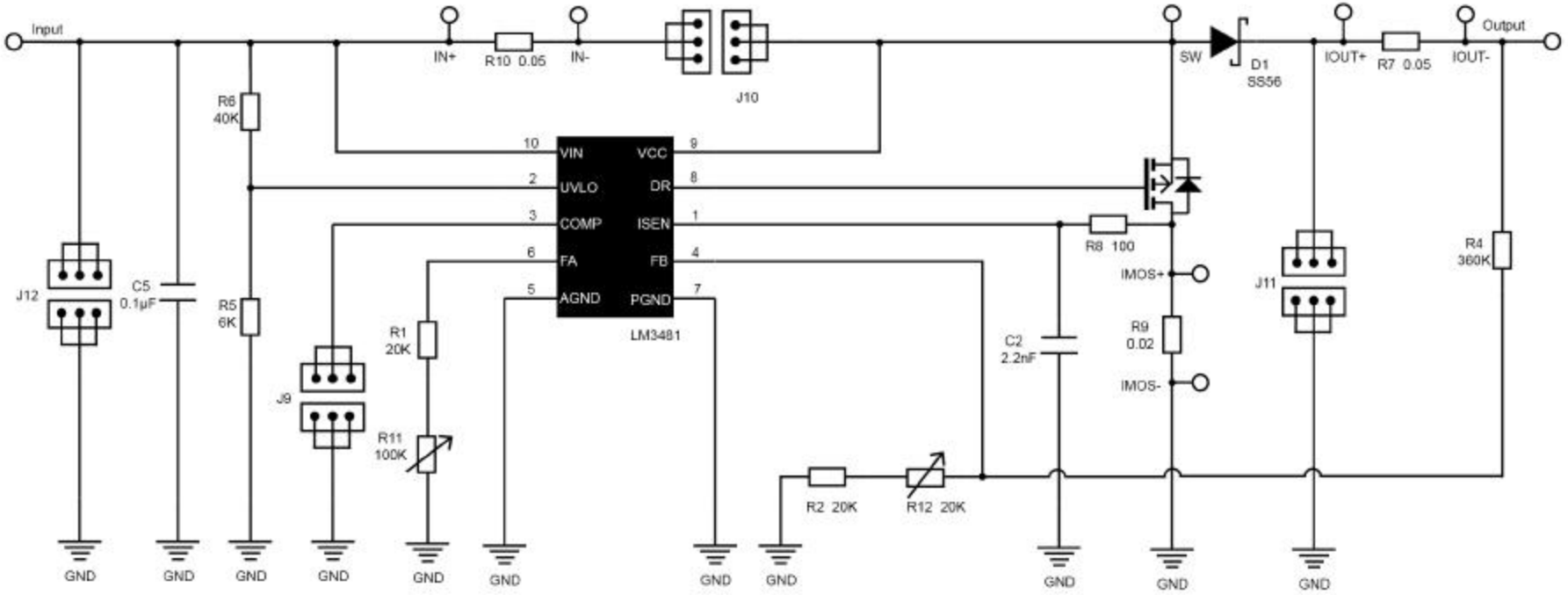
升压模块



注意：请选用合适的输入输出电容电感以及补偿回路。

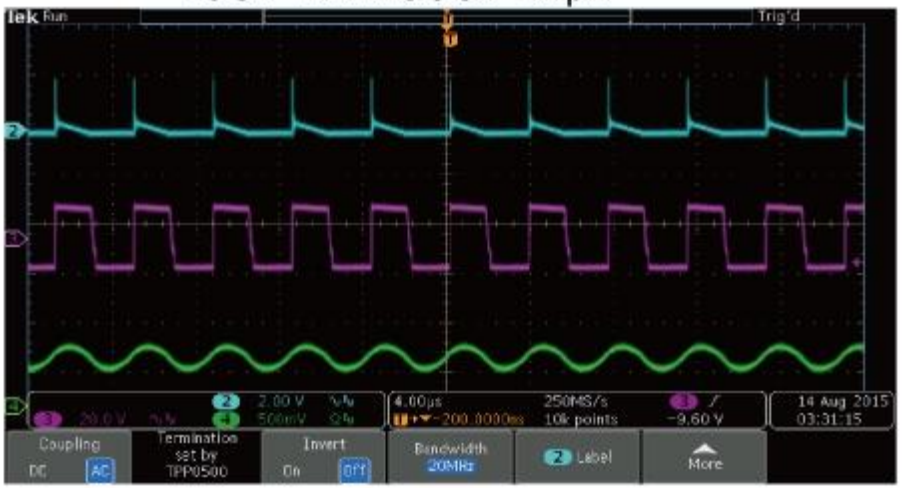
BOOST_LM3481原理图

LM3481是一个低端N-EFT高性能控制器的开关稳压器，在其拓扑结构中需要一个底边场效应管，如升压，反激式，SEPIC等使用。开关频率可被调整到100KHz至1MHz之间的任意值。
输入电压范围为2.87~48V，输出电压范围为1.26~300V，最大输出电流为20A。
内部推挽式驱动器，带有1A峰值电流能。



效率测试

测试状态:VIN=12V VOUT=24V L=10μH
IOUT=0.5A COUT=47μH



选用L=10μH，Cin=10μF，Cout=47μF,保持VOUT=24V改变VIN和负载观察效率变化。

效率 %	Iout(mA)			
	50	100	200	500
Vin =12	87.0%	90.1%	91.3%	91.0%
Vin =15	85.3%	90.4%	91.7%	92.7%
Vin =20	88.8%	91.6%	93.0%	94.5%

测试状态:VIN=12V VOUT=24V L=10μH
IOUT=0.2A COUT=47μH

选用的电感电容不变，保持VIN=10V，改变VOUT和负载观察效率变化。

效率 %	Iout(mA)			
	50	100	200	500
Vout = 12	88.0%	90.7%	92.2%	92.6%
Vout = 15	87.7%	90.1%	91.1%	90.9%
Vout = 20	87.0%	90.1%	91.3%	91.2%

实验结论：输入输出压差越小，效率越高；在一定输出电流范围内输出电流越大，效率越高。

注释：以上两张波形图中蓝色波形为输出电压纹波，紫红色波形为开关节点波形，绿色为电感电流波形。

输出电容对纹波的影响

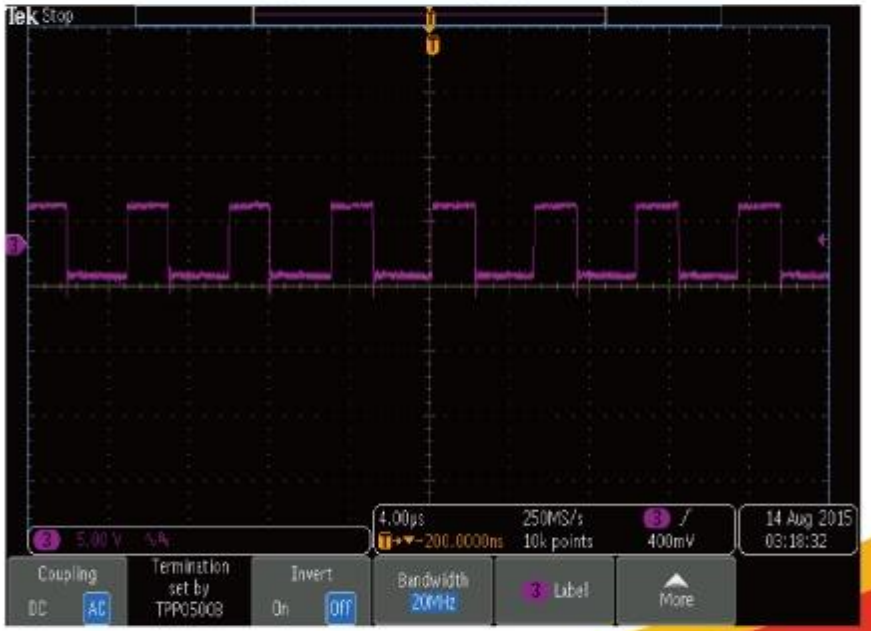
测试状态:VIN=12V VOUT=24V L=10μH
IOUT=0.5A COUT=10μH

测试状态:VIN=12V VOUT=24V L=10μH
IOUT=0.5A COUT=47μH

注释：以上两张波形图中波形均为输出电压纹波。
实验内容：保持输入输出电压电流不变，仅改变输出电容，观察输出电压纹波。
实验结论：左上波形图测试过程中使用的输出电容为10μF的多层陶瓷电容，右上波形图测试过程中使用的输出电容为47μF的铝电解电容，显然使用铝电解时的输出电压纹波更大，其原因是铝电解的谐振频率较低通常只有100KHz且ESR比多层陶瓷要高。

有无环路补偿的对比

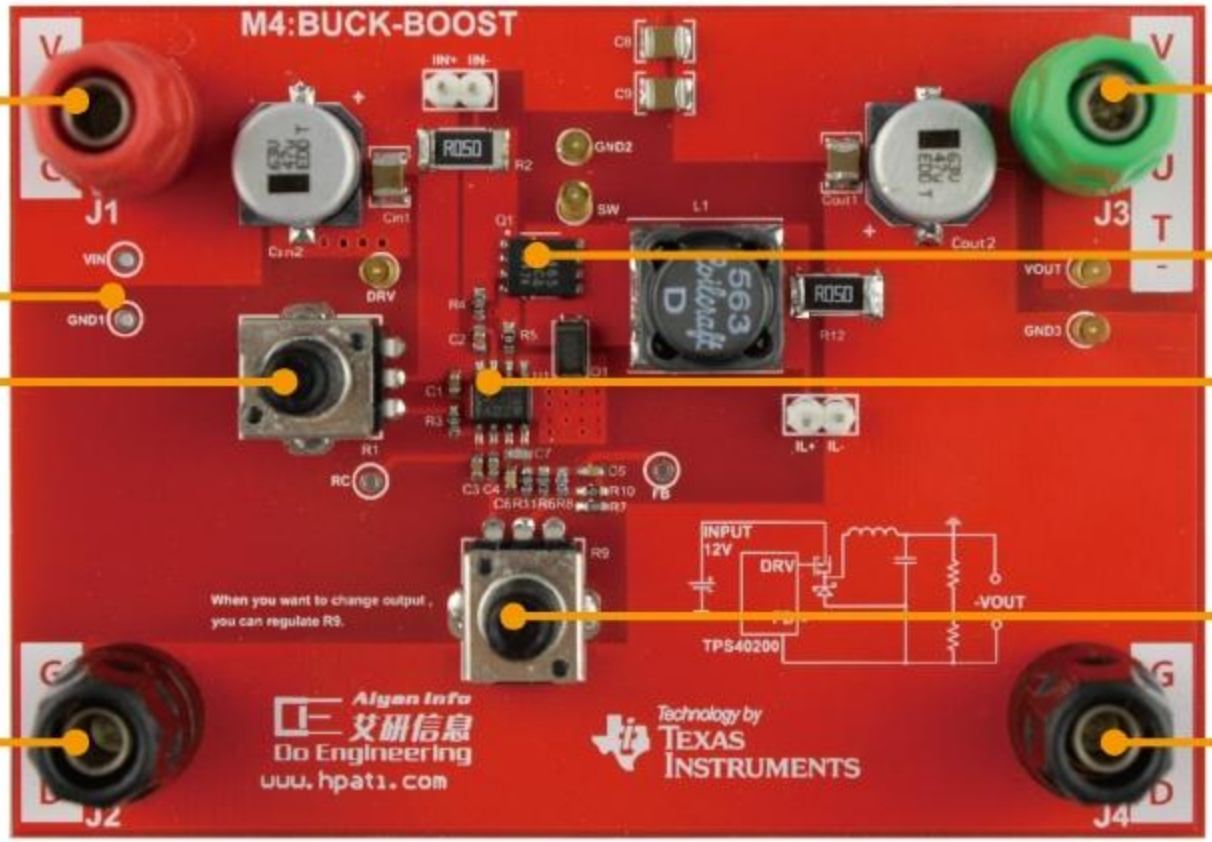
测试状态有补偿:VIN=12V VOUT=24V L=10μH
IOUT=0.5A COUT=47μH



测试状态无补偿:VIN=12V VOUT=24V L=10μH
IOUT=0.5A COUT=47μH

注释：以上两张波形图均为开关节点波形。
补偿原理：对于BOOST拓扑，由于电感并非连续的充电，所以系统会产生一个不稳定的右半平面零点（如测试状态为无补偿波形图），补偿的目的使穿越频率远低于右半平面零点（如测试状态为有补偿波形图），保证系统稳定。
实验内容：保持输入输出状态不变，观察有无环路补偿小板时开关节点的波形是否稳定。

反压模块



输入引脚
5~24V

测试点

调节开关频率

接地

输出引脚
-2.5~-15V

SI7465DP

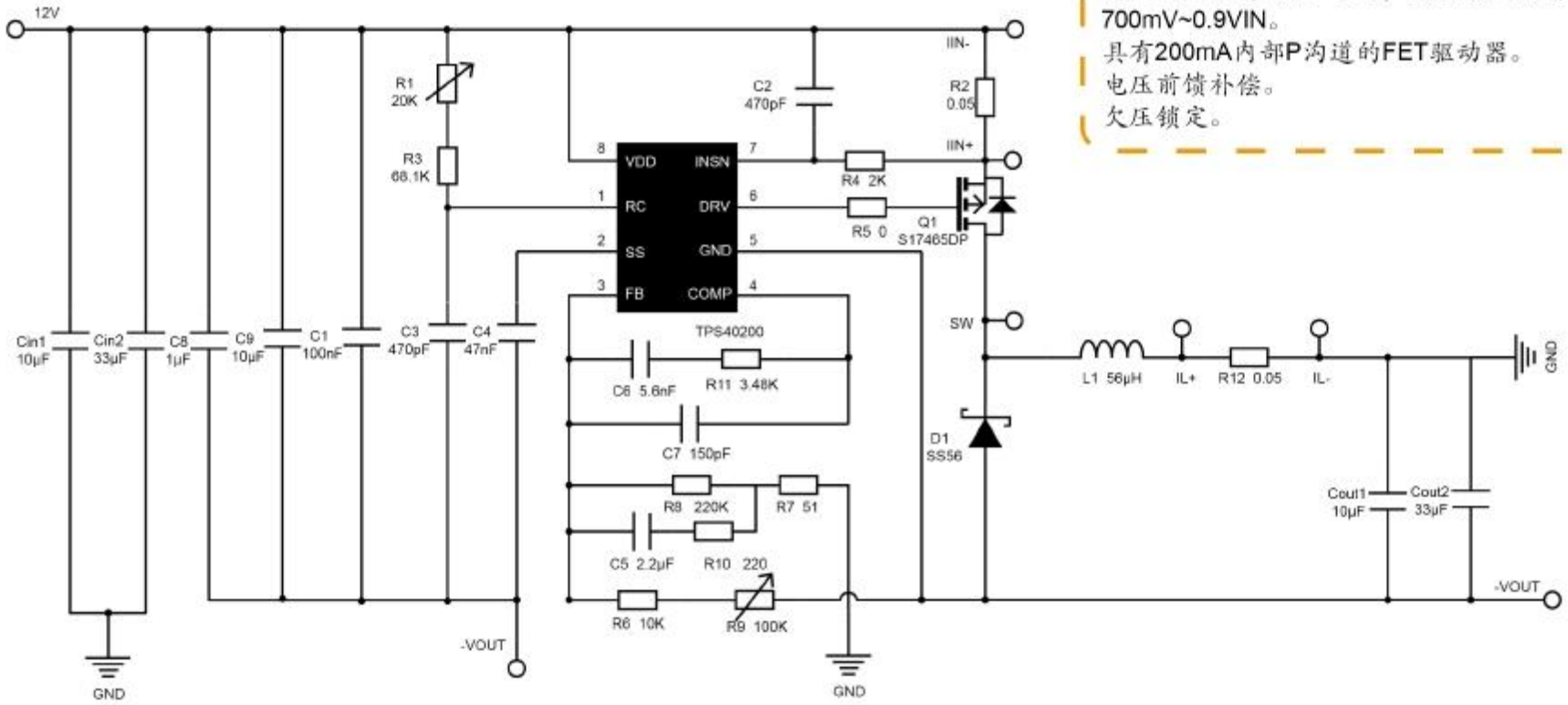
TPS40200

调节输出电压

接地

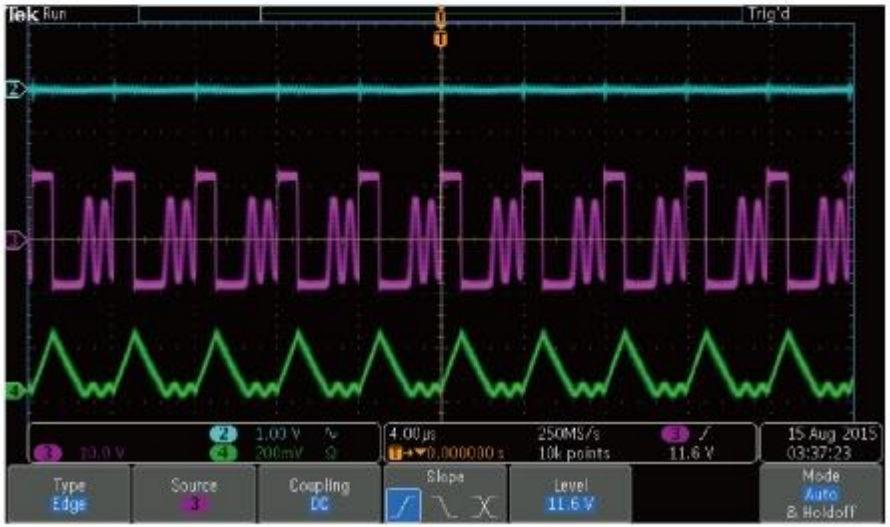
BUCK-BOOST_TPS40200原理图

TPS40200是一款输入非同步降压DC/DC控制器。
输入电压范围为4.5~52V，输出电压范围为700mV~0.9VIN。
具有200mA内部P沟道的FET驱动器。
电压前馈补偿。
欠压锁定。

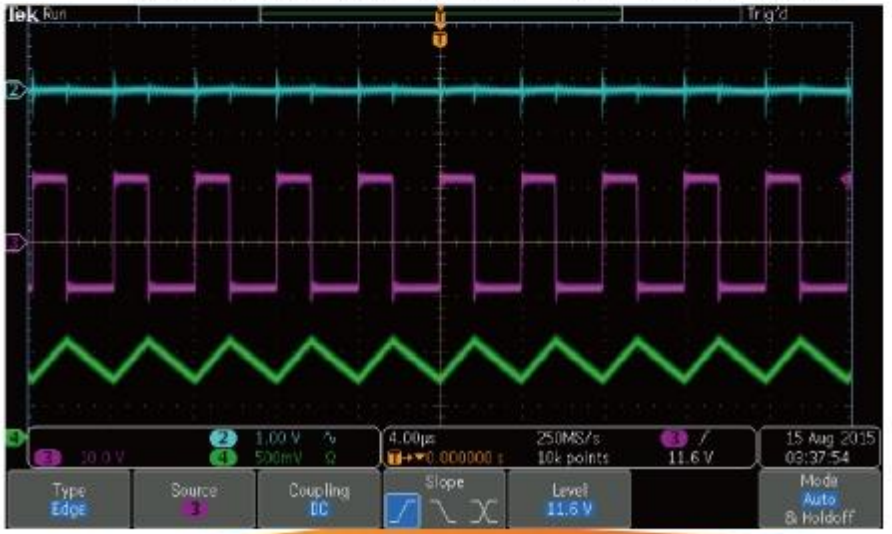


效率实验

测试状态:VIN=12V VOUT=-10V IOUT=0.05A



测试状态:VIN=12V VOUT=-10V IOUT=0.5A



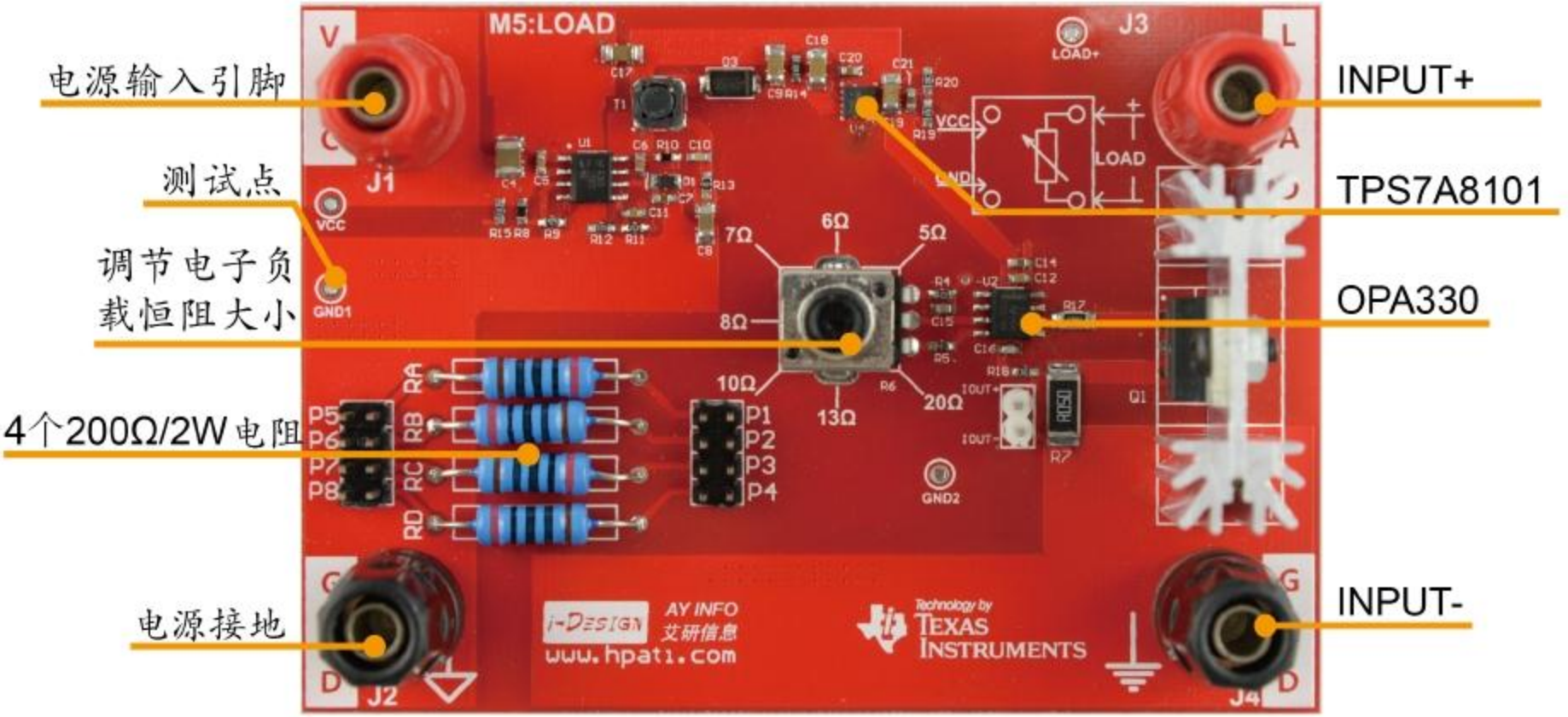
注释：以上两张波形图中蓝色波形为输出电压纹波，紫红色波形为开关节点，绿色波形为输出电流波形。

保持VIN=12V,改变VOUT和IOUT,观察效率。

效率 %	Iout(mA)			
	50	100	200	500
Vout = -4	64.1%	73.5%	80.6%	82.5%
Vout = -6	76.6%	76.6%	82.8%	85.5%
Vout = -8	77.9%	77.9%	84.2%	85.7%

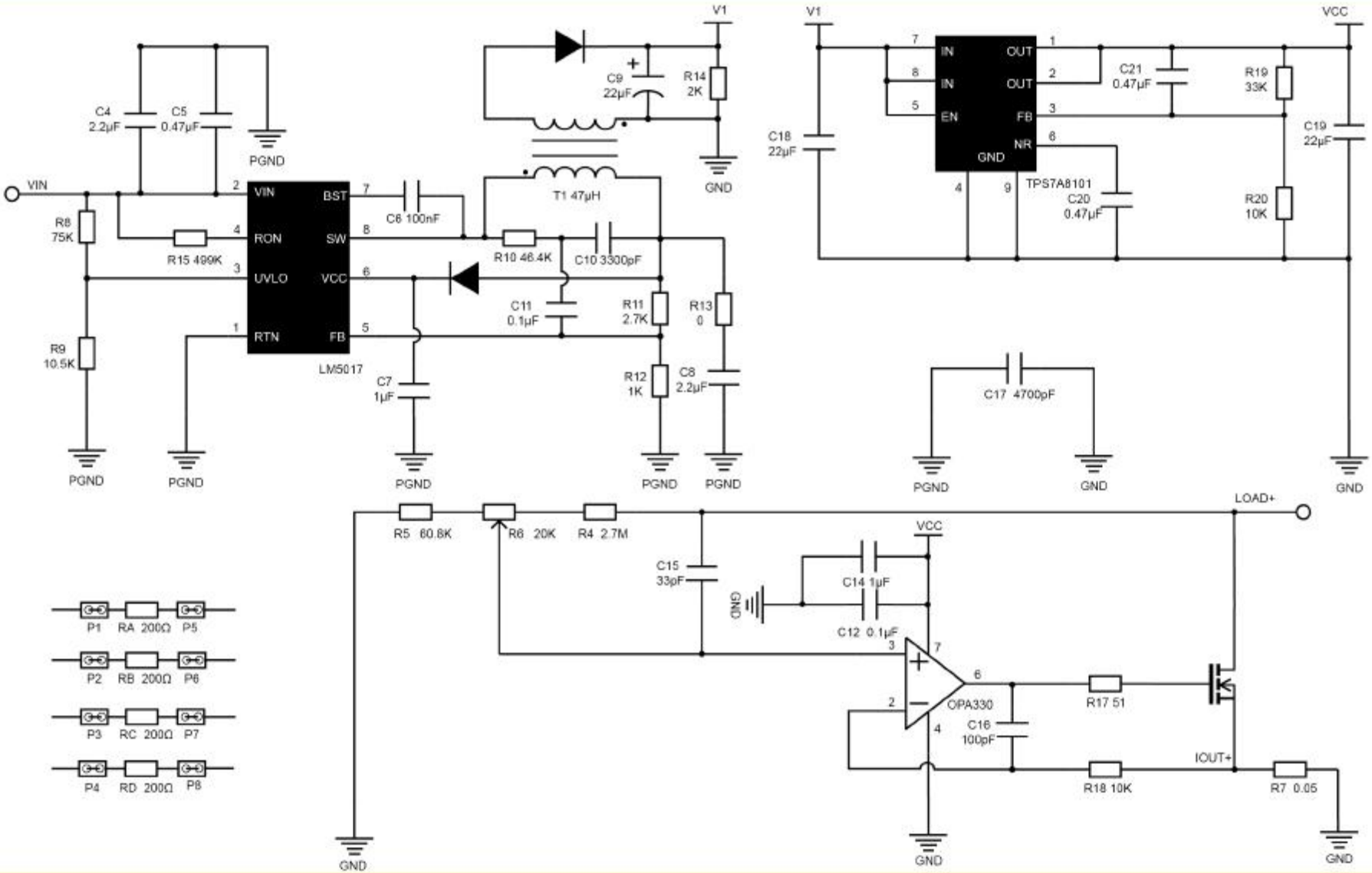
实验结论：输入输出压差越大，效率越高；在一定输出电流范围内，输出电流越大，效率越高。

负 载 模 块



使用说明：1.在J1、J2接入+12V电源供电，J3、J4为电子负载的接口。
通过调节R6来改变电子负载的恒阻阻值大小。
2.RA、RB、RC、RD通过两边接线柱的不同串并联方式得到所需电阻阻值。

LOAD原理图

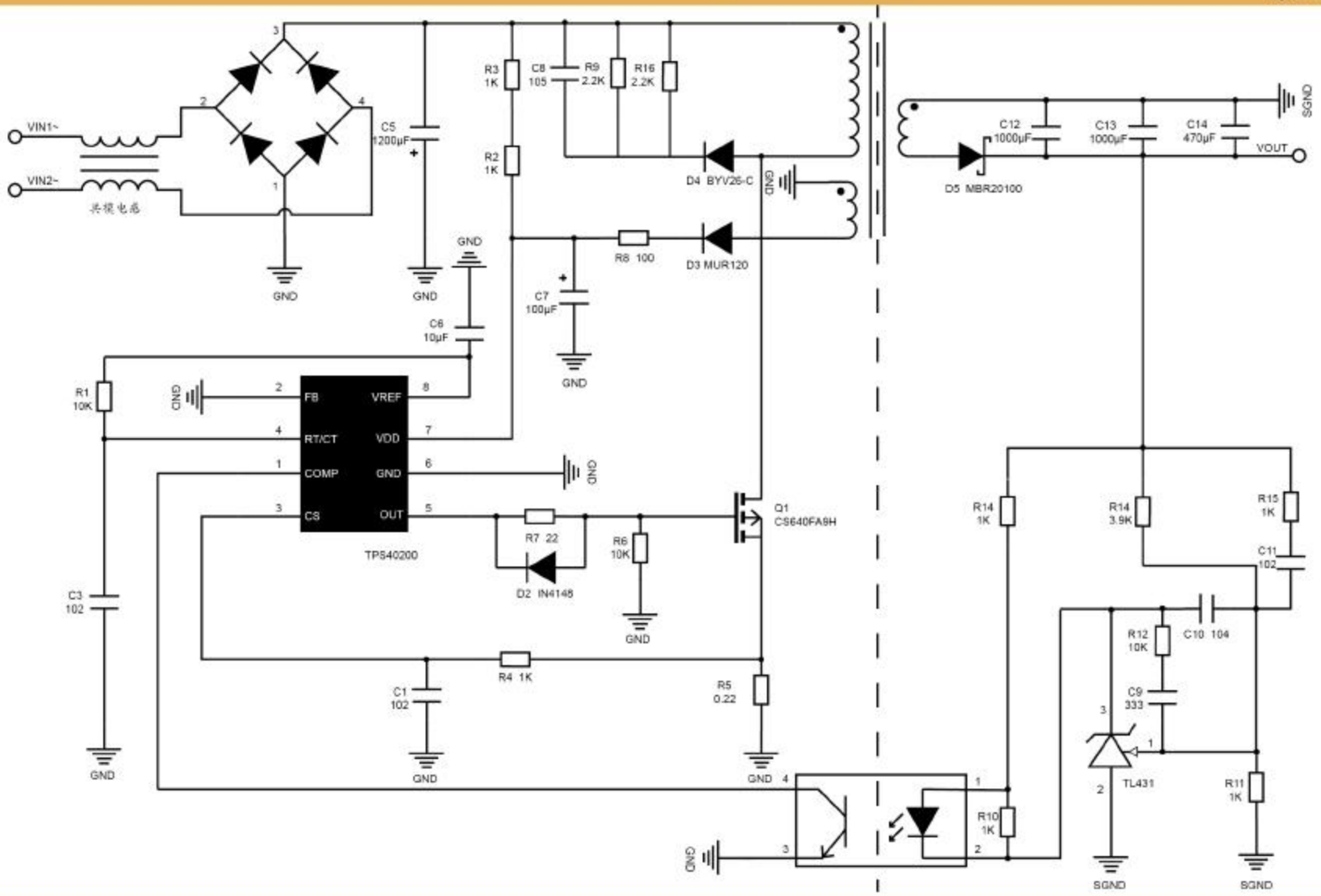

V1
C4 2.2μF
C5 0.47μF
PGND
VIN
R8 75K
R9 10.5K
VIN
RON
UVLO
RTN
BST
SW
VCC
FB
LM5017
R15 499K
C6 100nF
C9 22μF
R14 2K
T1 47μH
R10 46.4K
C10 3300pF
C11 0.1μF
R11 2.7K
R13 0
R12 1K
C8 2.2μF
C7 1μF
GND
IN
IN
EN
OUT
OUT
FB
NR
GND
TPS7A8101
C18 22μF
C21 0.47μF
R19 33K
C19 22μF
C20 0.47μF
R20 10K
VCC
C17 4700pF
LOAD+
R5 60.8K
R6 20K
R4 2.7M
C15 33pF
C14 1μF
C12 0.1μF
OPA330
C16 100pF
R17 51
R18 10K
IOUT+
R7 0.05
P1 RA 200Ω P5
P2 RB 200Ω P6
P3 RC 200Ω P7
P4 RD 200Ω P8

AC-DC模块

实验说明：输入36V交流电压，输出12V/3A直流电压。

注意：不能使用220V交流。

AC-DC原理图


VIN1~
VIN2~
共模电感
C5 1200μF
R3 1K
C8 105
R9 2.2K
R16 2.2K
R2 1K
D4 BYV26-C
GND
R8 100
D3 MUR120
C7 100μF
C6 10μF
C12 1000μF
C13 1000μF
C14 470μF
SGND
VOUT
D5 MBR20100
R1 10K
FB
VREF
RT/CT
VDD
COMP
GND
CS
OUT
TPS40200
R7 22
D2 IN4148
R6 10K
Q1 CS640FA9H
C3 102
R4 1K
C1 102
R5 0.22
R14 1K
R14 3.9K
R15 1K
C11 102
R12 10K
C10 104
C9 333
TL431
R11 1K
R10 1K

效率测试

Uin(V)	Iin(mA)	PF	Pin(W)	Uo （V）	Io （mA）	Po （W）	η
37.8	170.6	0.581	3.75	12.2	50	0.61	16.30%
37.8	202.7	0.621	4.79	12.2	100	1.22	25.50%
37.8	296.8	0.619	6.94	12.2	200	2.44	35.20%
37.6	498.3	0.662	12.32	12.2	500	6.4	49.50%
37.3	736	0.669	18.3	12.2	1000	12.2	66.70%
36.7	1.19	0.694	30.3	12.2	2000	24.4	80.50%
36.1	1.75	0.697	44	12.2	3000	36.6	83.20%

测量使用仪器列表

器件	品牌	型号	说明
万用表	KEITHLEY	2110-220	5位半USB数字万用表
电源	KEITHLEY	2231A-30-3	195W3通道直流电源
示波器	Tektronix	MDO3054	混合域示波器
电流探头放大器	Tektronix	TCPA300	AC/DC电流测量系统
电流探头		TCP321A	
电子负载	ITECH	IT8500+	直流电子负载
功率分析仪	Tektronix	PA1000	功率分析仪