

名 称 ASP4644 测试报告

测试人员 _____

年 月 日

目录

1. 产品概述	3
2. 测试环境	3
3. 测试设备	4
4. 测试项目	5
4.1 管脚对地 OS 电压	5
4.2 功能验证	7
4.3 电源纹波	8
4.4 芯片效率&负载调整率&线性调整率	13
4.5 输出动态负载测试	16
4.6 静态电流&关断电流	22
4.7 启动时序	24
4.8 保护测试	27
4.8.1 输出短路保护	27
4.9 高温测试	29
4.10 低温测试	38
4.10.1 新增冷启动对比测试	41

1. 产品概述

ASP4644 是一款四通道 DC/DC 降压型稳压器，每个通道支持 4A 输出，同时也支持多种并联输出方案，最高可以提供高达 16A 的输出电流能力。模块稳压器包括 DC/DC 控制器、电源开关、电感器和补偿组件，采用 BGA 封装。每通道可输出 0.6~5V 电压，最大可驱动 5A 的负载。具备过流、过温、短路保护和输出跟踪的功能。

2. 测试环境

测试环境连接关系参见下图：

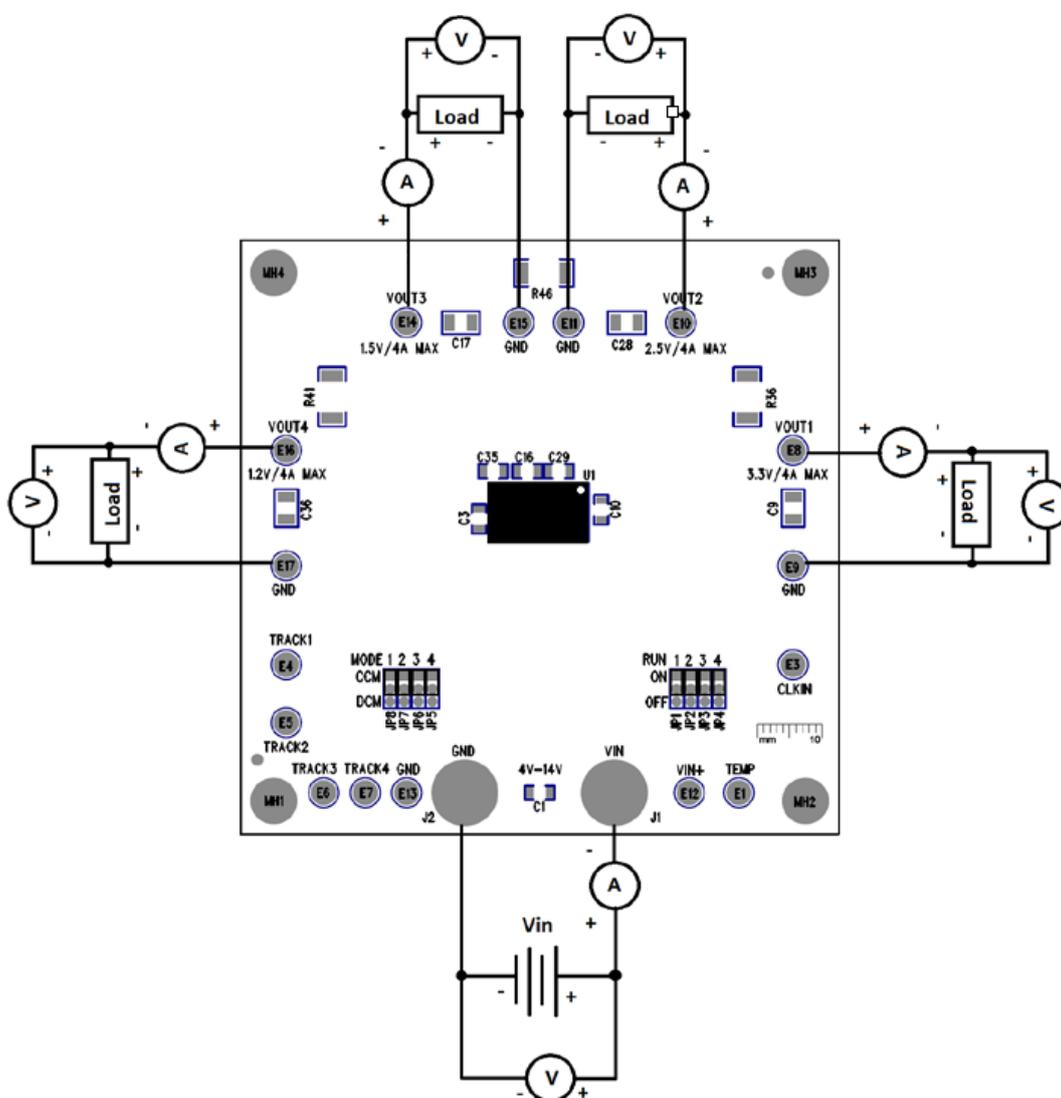


图 0. 测试环境示意图

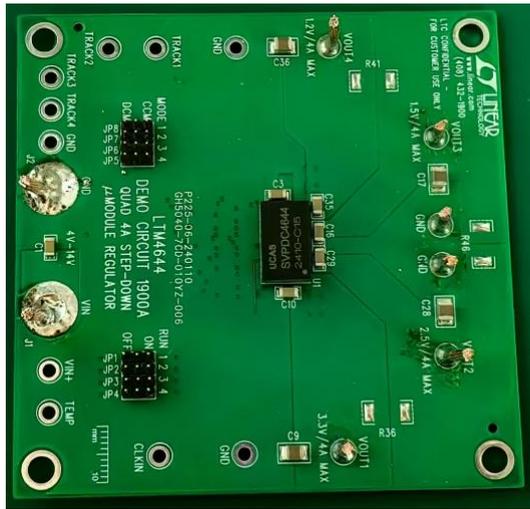


图 2. 评估板 (DUT)

3. 测试设备

测试过程中使用的测试设备硬件项、软件项信息参见下表。测试过程中使用的测试设备均在检定有效期内。

表 0.1 测试设备-硬件项

序号	名称	数量	型号	状态	备注
1	稳压电源	2	安捷伦-N5769A, GWINSTEK-GPD4303S	已校准	
2	电子负载	1	ITECH-IT8514C+	已校准	
3	示波器	1	KEYSIGHT- DSOX3104T	已校准	
4	万用表	1	FLUKE-17B+	已校准	
5	快速温变湿热 试验箱	1	RHPS-10000TS15	已校准	
6	四通道热电偶	1	UT325F	已校准	

4. 测试项目

4.1 管脚对地 OS 电压

OS(Open-Short Test)用以确认在器件测试时所有的信号引脚都与测试系统相应的通道在电性能上完成了连接，并且没有信号引脚与其他信号引脚、电源或地发生短路。

测试环境：ASP4644 板载断电状态，使用万用表测量

OS 电压测试方法：

上管测试：万用表二极管档位，黑色表笔接 VCC，红色表笔依次测试除了 VCC 之外的所有管脚。

下管测试：万用表二极管档位，红色表笔接 GND，黑色表笔依次测试除了 GND 之外的所有管脚。

判断标准：正常情况下万用表显示电压 0.3~0.8V 之间。

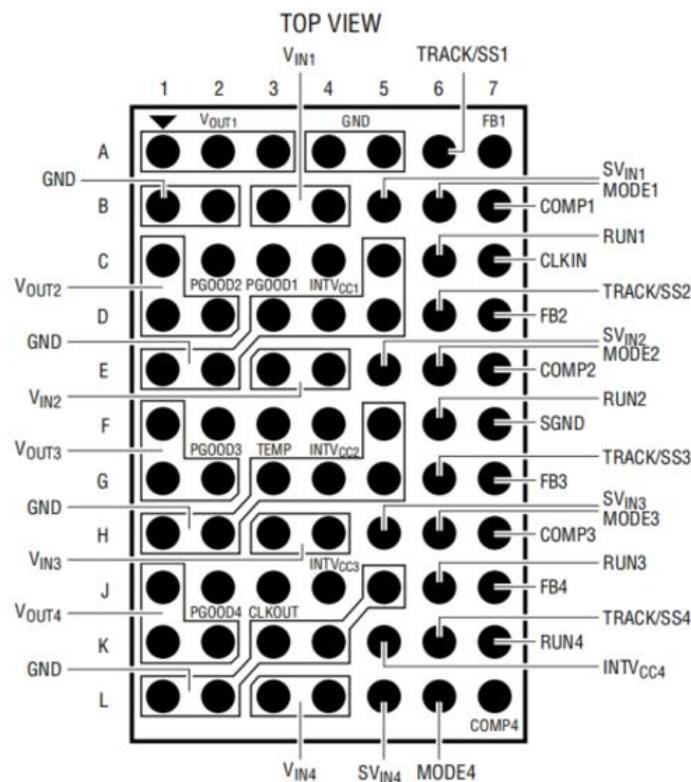


图 3. ASP4644 芯片管脚图

测试数据：

序号	参照脚 (红笔)	测量脚 (黑笔)	OS 电压	一致性	测试人
1	A4、A5、B1、 B2 (GND)	A1-3	0.525V		
2	GND	A6	0.614V		
3	GND	A7	0.607V		
4	GND	B3、B4	0.520V		
5	GND	B5	0.517V		
6	GND	B6	0.618V		
7	GND	B7	0.611V		
8	GND	C1、D1、D2	0.510V		
9	GND	C2	0.7V		
10	GND	C3	0.7V		
11	GND	C4	0.466V		
12	GND	C6	0.636V		
13	GND	C7	0.613V		
14	GND	D6	0.622V		
15	GND	D7	0.615V		
16	GND	E3、E4	0.519V		
17	GND	E5	0.519V		
18	GND	E6	0.622V		
19	GND	E7	0.618V		
20	GND	F1、G1、G2	0.526V		
21	GND	F2	0.700V		
22	GND	F3	1.886		
23	GND	F4	0.495V		
24	GND	F6	0.633V		
25	GND	F7 (SGND)	0		
26	GND	G6	0.619V		
27	GND	G7	0.606V		
28	GND	H3、H4	0.519V		
29	GND	H5	0.519V		
30	GND	H6	0.610V		
31	GND	H7	0.610V		
32	GND	J1、K1、K2	0.521V		

33	GND	J2	0.701V	
34	GND	J3	0.614V	
35	GND	J4	0.495V	
36	GND	J6	0.633V	
37	GND	J7	0.609V	
38	GND	K5	0.498V	
39	GND	K6	0.619V	
40	GND	K7	0.635V	
41	GND	L3、L4	0.519V	
42	GND	L5	0.519V	
43	GND	L6	0.615V	
44	GND	L7	0.609V	

Summary: OS 测试正常, 未发现异常开路和短路。由于没有裸片板载测试工具, 后续可增加 IC 各管脚阻抗特性测量。

4.2 功能验证

初步验证电源模块板载运行功能是否正常, 为进一步测试做准备。

测试环境: 稳压电源, 电子负载仪, DUT (电源模块)

测试方法: 固定稳压电源输出 5V, 连接 DUT, 电子负载仪带载 1A, 逐个使能电源模块 RUN, 观察电源模块工作情况, 判断是否正常。

测试数据:

1A 负载	MODE	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
	CCM	ON	OFF	OFF	OFF
VIN	输入电 流	VOUT1	VOUT2	VOUT3	VOUT4
5V	0.70A	3.306V	0	0	0

1A 负载	MODE	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
	CCM	OFF	ON	OFF	OFF
VIN	输入电 流	VOUT1	VOUT2	VOUT3	VOUT4
5V	0.55A	0	2.485V	0	0

1A 负载	MODE	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
	CCM	OFF	OFF	ON	OFF

VIN	输入电 流	VOUT1	VOUT2	VOUT3	VOUT4
5V	0.34A	0	0	1.493V	0

1A 负载	MODE	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
	CCM	OFF	OFF	OFF	ON
VIN	输入电 流	VOUT1	VOUT2	VOUT3	VOUT4
5V	0.27A	0	0	0	1.194V

4.3 电源纹波

直流电压波动会产生纹波现象，叠加在直流上的分量称为纹波，DCDC 输出电压纹波过大对于正常工作的芯片可能会造成影响。

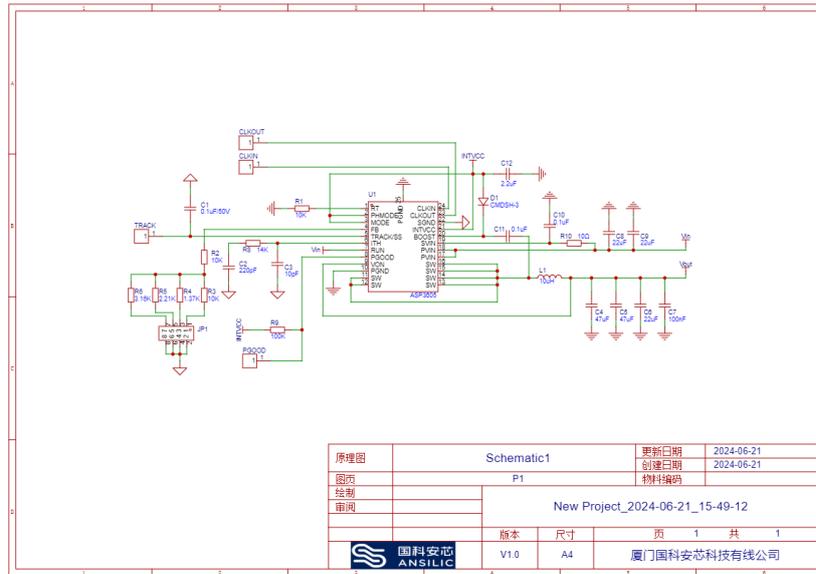
测试环境：DTU 加载电源 5V 或者 12V，在不同负载下测量纹波，CCM 模式。

测试方法：使用示波器测量 VOUT 和 GND 引脚，波形上下的峰值即为输出电压纹波。注意开启示波器带宽限制功能（通常为 20MHz），使用交流耦合，使用接地环方式接地使环路最小，使用 1 倍探头或者同轴线缆进行测量，测量输出电容两端的信号，示波器开启平均模式或者高分辨率模式有助于进一步滤除高频杂波。

参考测试图片：



参考原理图：



ASP4644 与 LTM4644 测试对比：

ASP3605 VS LTC3605 纹波 (汇总表格)			
ASP3605 使用图 1 原理图参数测试纹波，在同等条件下与 LTC 测试对比			
Mode=FCM, Input capacitor 22uF \times 2, Output capacitor 47uF \times 3, SS=0.1uF			
测试条件	ASP3605 (mV)	LTC3605 (mV)	备注
Vin=12V, Vout=0.6V, 空载	5.17	5.83	
Vin=12V, Vout=1.2V, 空载	7.17	7.5	
Vin=12V, Vout=1.2V, 5A	7.33	8.17	
Vin=12V, Vout=2.5V, 空载	8.33	9.33	
Vin=12V, Vout=2.5V, 5A	8.67	8.5	
Vin=12V, Vout=3.3V, 空载	8.67	10.17	
Vin=12V, Vout=3.3V, 5A	9.33	9.33	
Vin=12V, Vout=5V, 空载	10.67	10.83	
Vin=12V, Vout=5V, 5A	10.33	11.5	
Vin=5V, Vout=0.6V, 空载	5	4.67	
Vin=5V, Vout=1.2V, 空载	4.5	5.17	
Vin=5V, Vout=1.2V, 5A	5	5.67	
Vin=5V, Vout=2.5V, 空载	4.17	5	

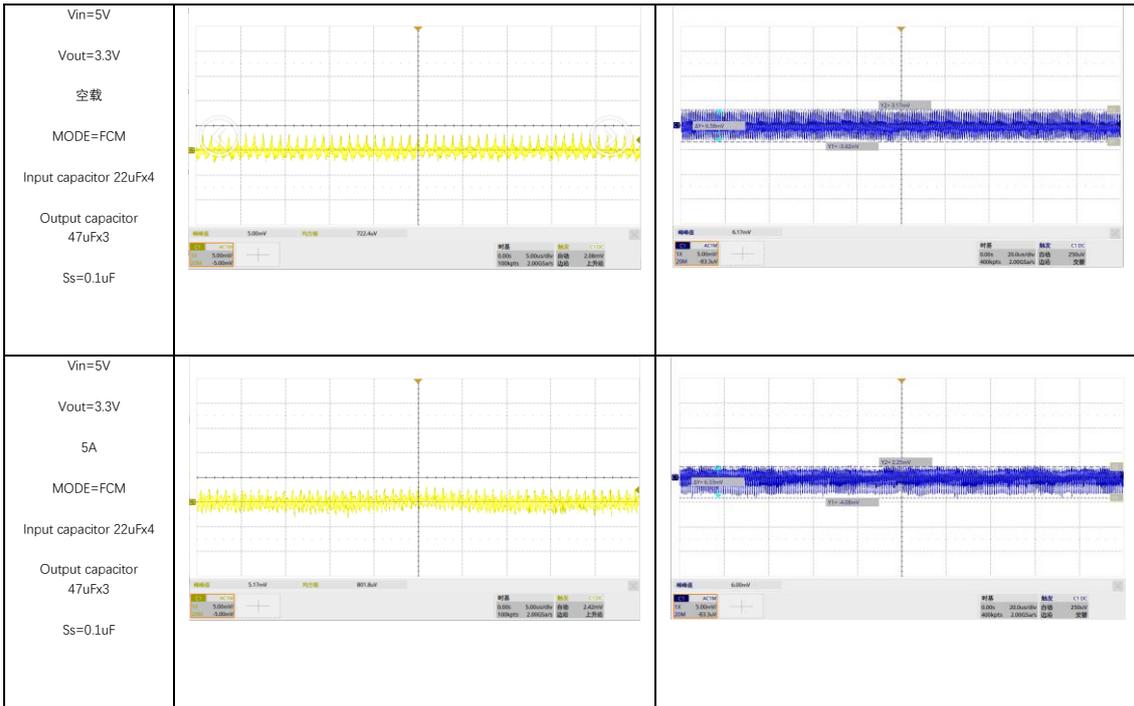
Vin=5V, Vout=2.5V, 5A	4.83	4.83	
Vin=5V, Vout=3.3V, 空载	5.33	6.17	
Vin=5V, Vout=3.3V, 5A	5.17	6	

实测波形图抓取：

测试条件	ASP3605	LTC3605
Vin=12V Vout=0.6V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF		
Vin=12V Vout=1.2V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF		
Vin=12V Vout=1.2V 5A MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF		
Vin=12V Vout=2.5V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF		

<p>Vin=12V Vout=2.5V 5A MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=12V Vout=3.3V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=12V Vout=3.3V 5A MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=12V Vout=5V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=12V Vout=5V 5A MODE=FCM Input capacitor 22uFx4 Output capacitor 47uFx3 Ss=0.1uF</p>		

<p>Vin=5V Vout=0.6V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uF_x4 Output capacitor 47uF_x3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=5V Vout=1.2V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uF_x4 Output capacitor 47uF_x3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=5V Vout=1.2V 5A MODE=FCM Input capacitor 22uF_x4 Output capacitor 47uF_x3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=5V Vout=2.5V 空载 MODE=FCM Input capacitor 22uF_x4 Output capacitor 47uF_x3 Ss=0.1uF</p>		
<p>Vin=5V Vout=2.5V 5A MODE=FCM Input capacitor 22uF_x4 Output capacitor 47uF_x3 Ss=0.1uF</p>		



4.4 芯片效率&负载调整率&线性调整率

DC-DC 的效率是指输出功率比上输入功率,是影响整机功耗的重要指标。

负载调整率是指负载调整率是指开关电源在负载变化时稳定输出电压的能力。负载调整率越小,开关电源输出电压在负载变化时的波动就越小,说明开关电源的稳定性越好。

线性调整率是指输入电压在额定范围内变化时,开关电源输出电压随之变化的比率。线性调整率对开关电源的电压稳定性有着重要影响,通常开关电源的线性调整率在 1%~5%之间。线性调整率越小,说明电压越稳定;线性调整率越高,说明电压越不稳定,影响设备的稳定运行,甚至损坏设备。

测试环境: DTU 加载电源 5V 或者 12V, 在不同负载下测量输入输出功率并且记录得出效率同时算出负载调整率, CCM 模式; 线性调整率则为固定负载 4A 输出不变, 调整输入电压测量输入输出功率记录得出效率同时算出负载调整率。

测试方法:

效率: 使用万用表分别测量输入输出电压, 电流直接从仪器读出, 调节负载电流, 记录输入电压、输入电流, 测量输出电压、输出电流, 计算芯片效率= (输出电压*输出电流) / (输入电压*输入电流)

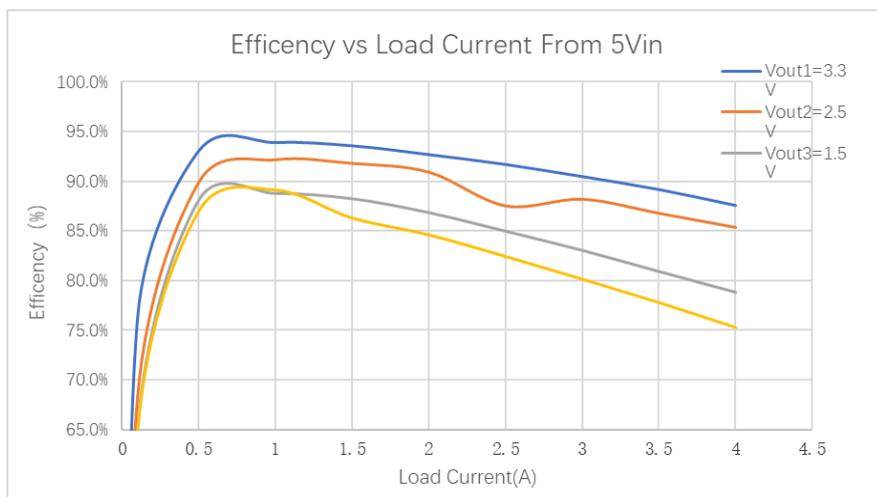
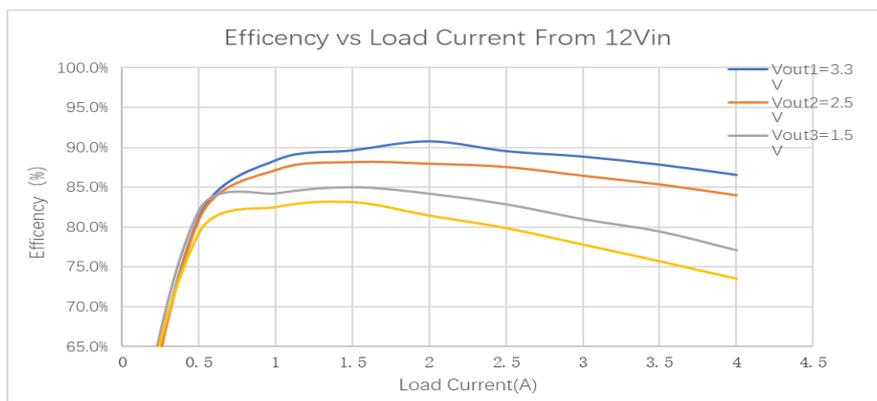
负载调整率: 使用万用表测量不同负载电流下的输出电压, 计算负载调整率= (无负载电流时的负载电压-满负载电流时的负载电压) / 满负载电流时的负载电压*100%

线性调整率= (输入电压变化过程中最大负载电压-最小负载电压) /档位电压*100%

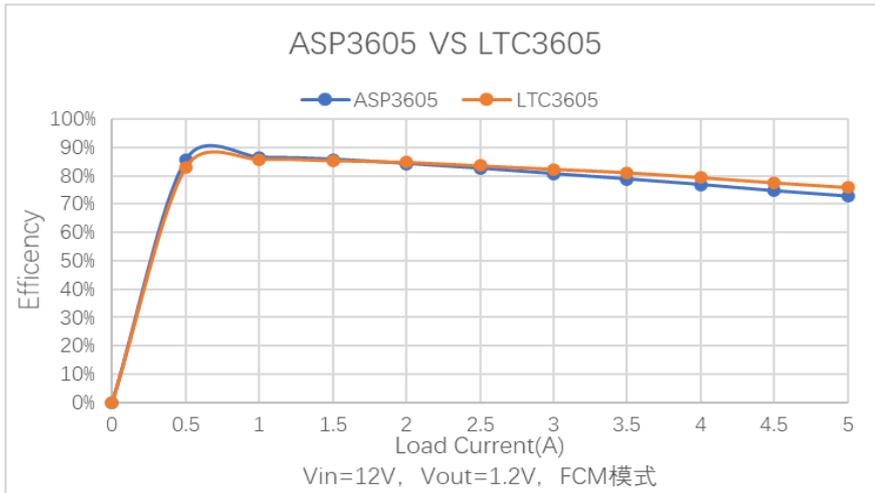
测试数据:

VOUT	负载调整率 12Vin Load0.5-4A	负载调整率 5Vin Load0.5-4A	线性调整率 2.5-18Vin 空载	测试人员
1.2V	0.42%	0.33%	0.00%	
1.5V	0.40%	0.33%	0.00%	
2.5V	0.32%	0.24%	0.00%	
3.3V	0.24%	0.18%	0.03%	

评估板效率计算的输入输出参数不做展示, 详细数据可参照“4644 测试记录表”中芯片效率栏, 附图最终效率曲线图。



与 LTM4644 效率对比



参照测试数据

ASP3605 效率测试数据						
测试条件	Vin=12V; FCM 模式; VOUT=1.2V					
IOUT	输入电压	输入电流	输出电压	输出电流	效率	负载调整率
0	12.01		1.196		0	
0.5	12.01	0.057	1.196	0.49	85.61%	0.00%
1	12.01	0.114	1.196	0.99	86.48%	0.00%
1.5	12.01	0.173	1.196	1.49	85.77%	0.00%
2	12.01	0.235	1.195	1.99	84.26%	0.08%
2.5	12.01	0.3	1.195	2.49	82.59%	0.08%
3	12	0.369	1.195	2.99	80.69%	0.08%
3.5	12	0.441	1.195	3.49	78.81%	0.08%
4	12	0.517	1.195	3.99	76.85%	0.08%
4.5	12	0.599	1.195	4.49	74.65%	0.08%
5	12	0.683	1.195	4.99	72.76%	0.08%

LTC3605 效率测试数据						
测试条件	Vin=12V; FCM 模式; VOUT=1.2V					
IOUT	输入电压	输入电流	输出电压	输出电流	效率	负载调整率
0	12.01		1.197		0	
0.5	12.01	0.06	1.197	0.5	83.06%	0.00%
1	12	0.115	1.196	0.99	85.80%	0.08%
1.5	12	0.174	1.196	1.49	85.35%	0.08%
2	12	0.234	1.196	1.99	84.76%	0.08%
2.5	12	0.297	1.196	2.49	83.56%	0.08%
3	12	0.362	1.196	2.99	82.32%	0.08%
3.5	12	0.43	1.196	3.5	81.12%	0.08%

4	11.99	0.501	1.195	3.99	79.38%	0.17%
4.5	11.99	0.577	1.195	4.49	77.56%	0.17%
5	11.98	0.656	1.195	4.99	75.88%	0.17%

4.5 输出动态负载测试

负载的动态响应是指负载电流突变时，输出电压是否能尽快稳定下来，动态响应考察的是输出电压 V_{OUT} 和负载电流 I_L 的关系。

测试环境：1. $V_{in}=12V$, CCM 模式, Load current 3A - 4A - 3A, $1A/\mu s$, FREQ 5Hz, DUTY 50%

2. $V_{in}=12V$, CCM 模式, Load current 0A - 4A - 0A, $1A/\mu s$, FREQ 5Hz, DUTY 50%

3. $V_{in}=5V$, CCM 模式, Load current 3A - 4A - 3A, $1A/\mu s$, FREQ 5Hz, DUTY 50%

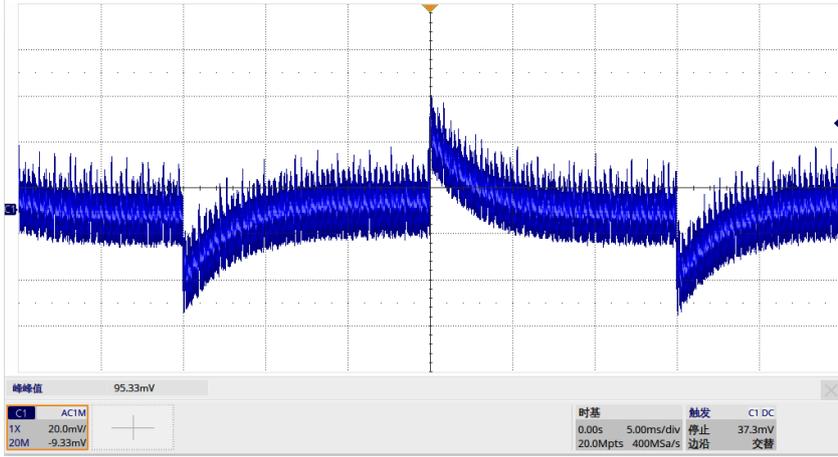
4. $V_{in}=5V$, CCM 模式, Load current 3A - 4A - 3A, $1A/\mu s$, FREQ 5Hz, DUTY 50%

测试方法：使用电子负载动态测试功能，使电子负载以固定频率在不同负载条件连续切换，上升沿 $1A/\mu s$ ，使用示波器测量 V_{OUT} 。

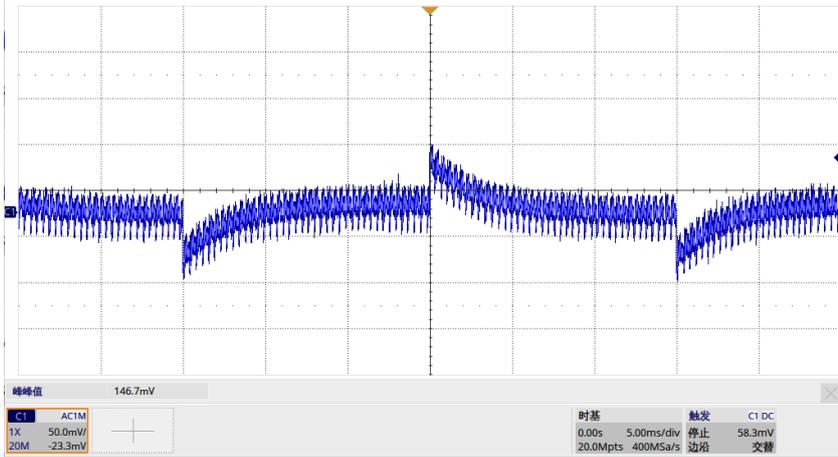
测试数据：

1	$V_{in}=12V$, CCM 模式, Load current 3A - 4A - 3A, $1A/\mu s$, FREQ 5Hz, DUTY 50%	测试人员
$V_{OUT}=1.2V$		

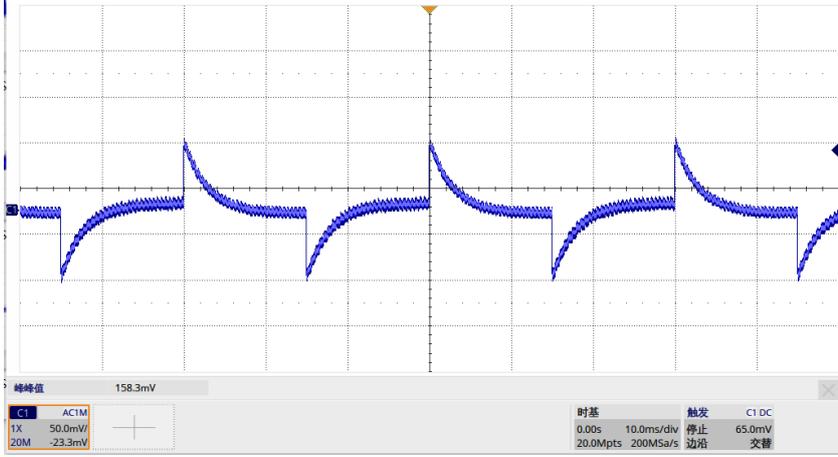
VOUT=
1.5V

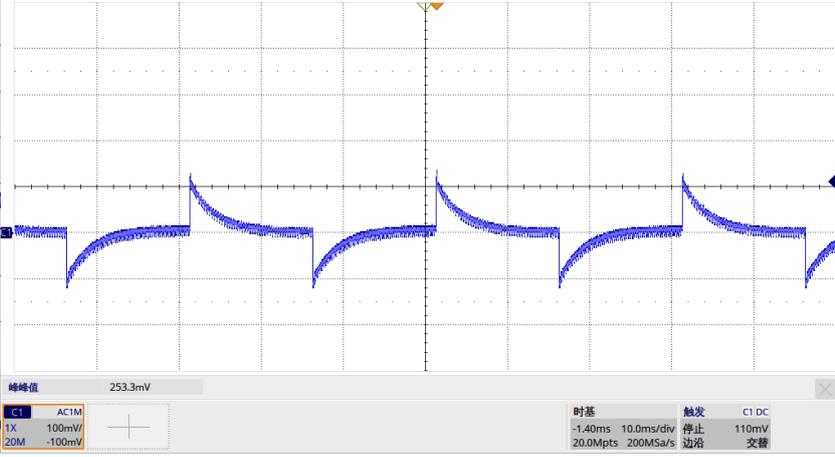
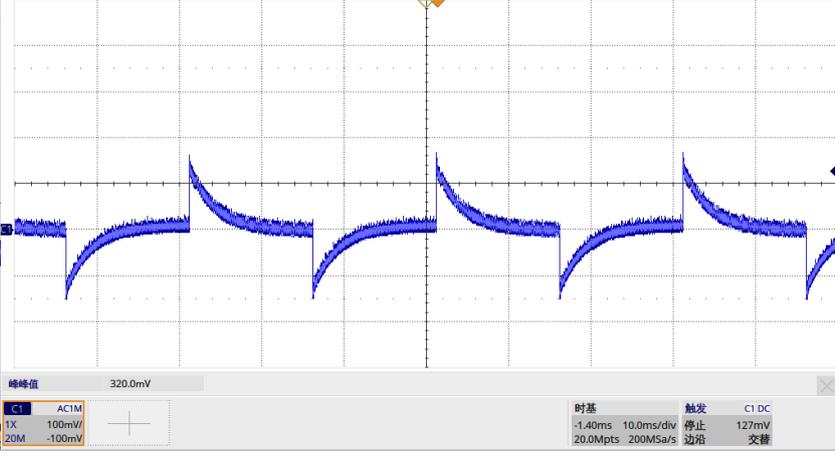


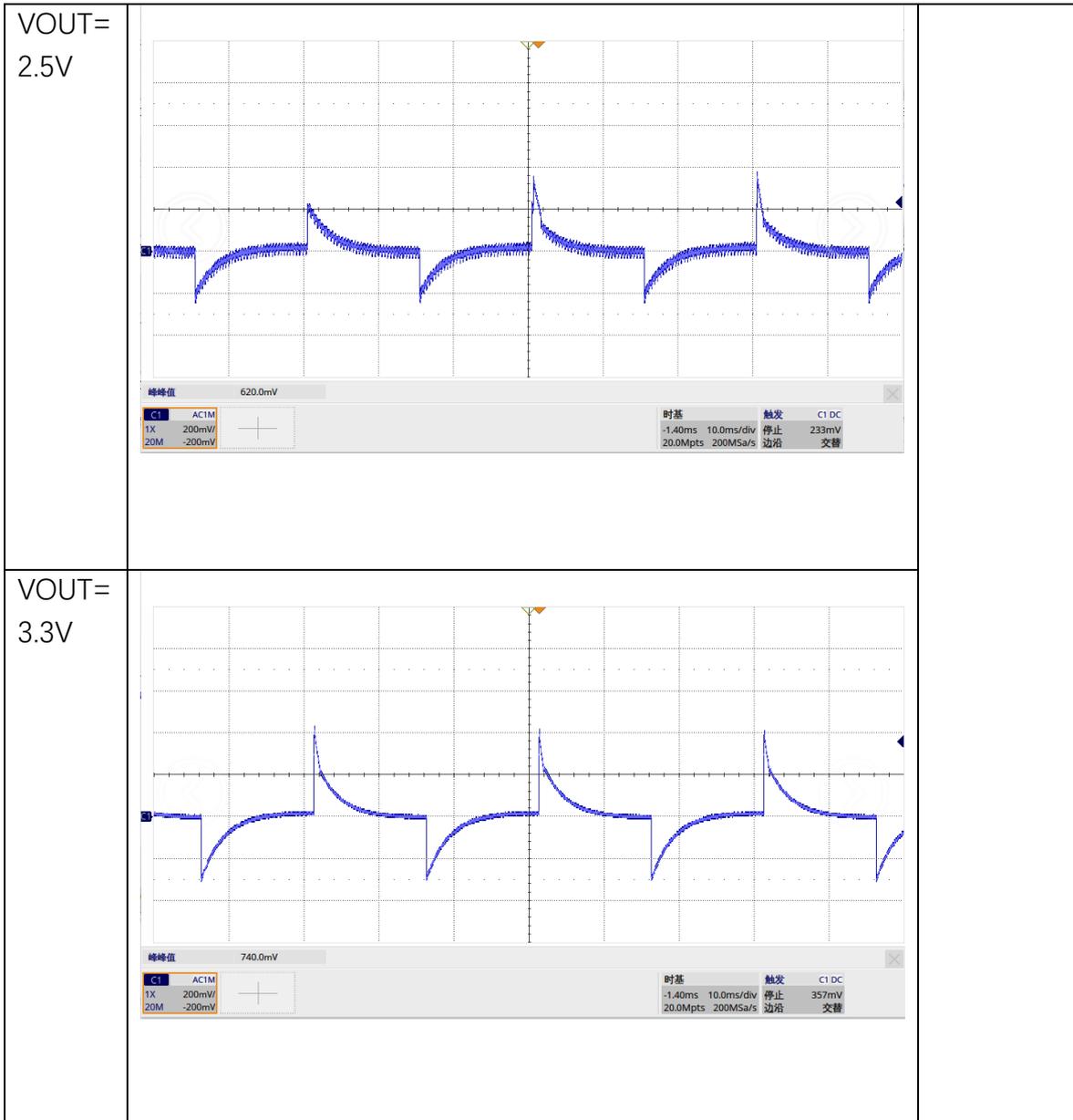
VOUT=
2.5V



VOUT=
3.3V

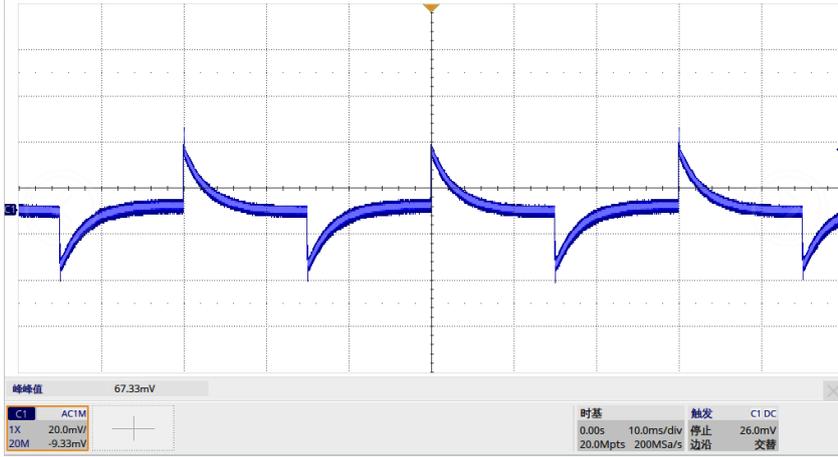


2	<p>Vin=12V,CCM 模式, Load current 0.01A - 4A - 0.01A, 1A/μs, FREQ 5Hz,DUTY 50%</p>	测试人员
<p>VOUT= 1.2V</p>		
<p>VOUT= 1.5V</p>		

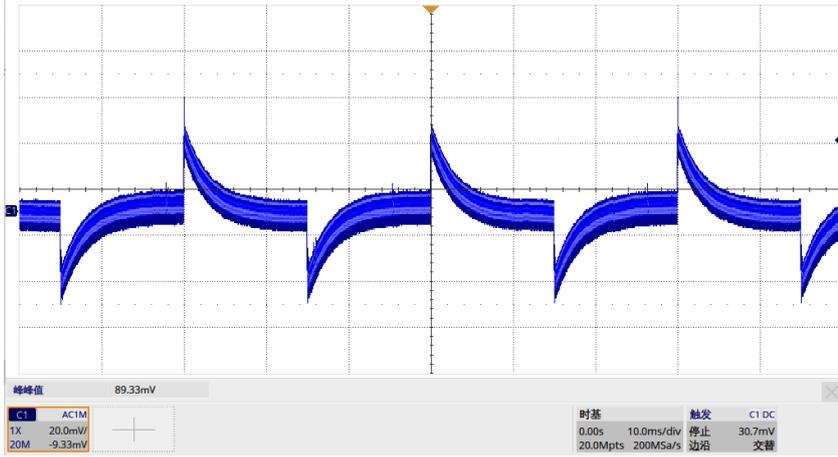


<p>3</p>	<p>Vin=5V,CCM 模式, Load current 3A - 4A - 3A, 1A/μs, FREQ 5Hz,DUTY 50%</p>	<p>测试人员</p>
----------	---	-------------

VOUT=
1.2V

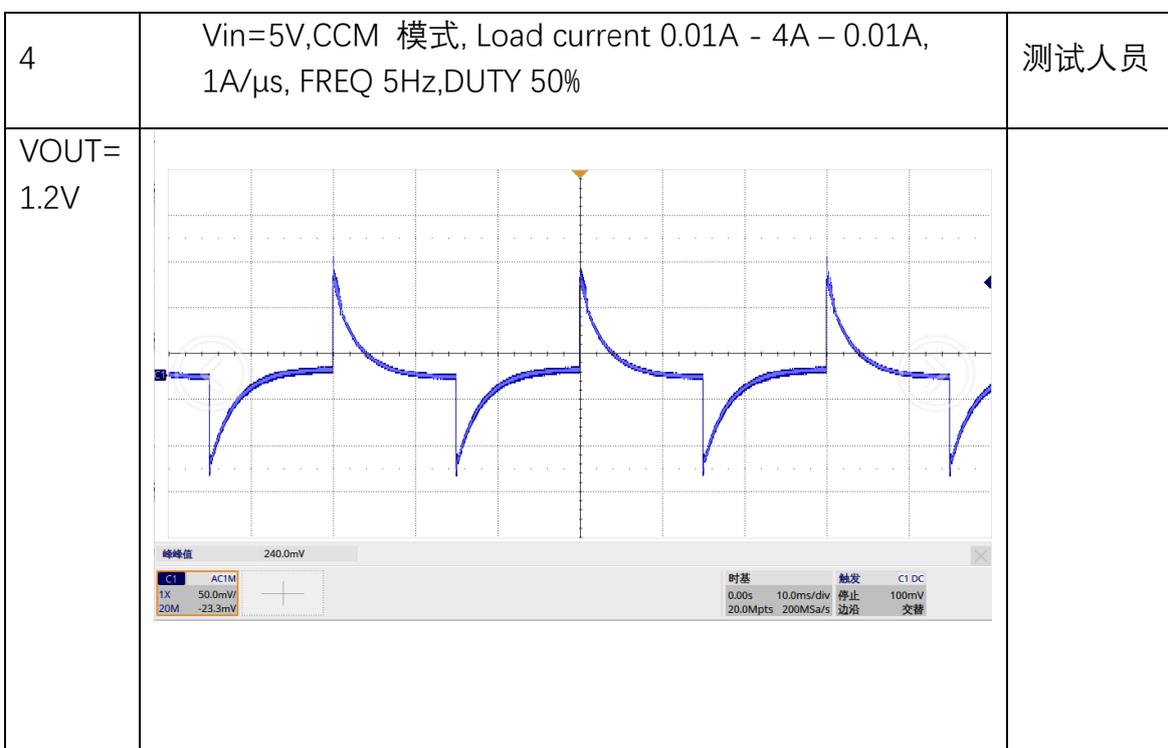
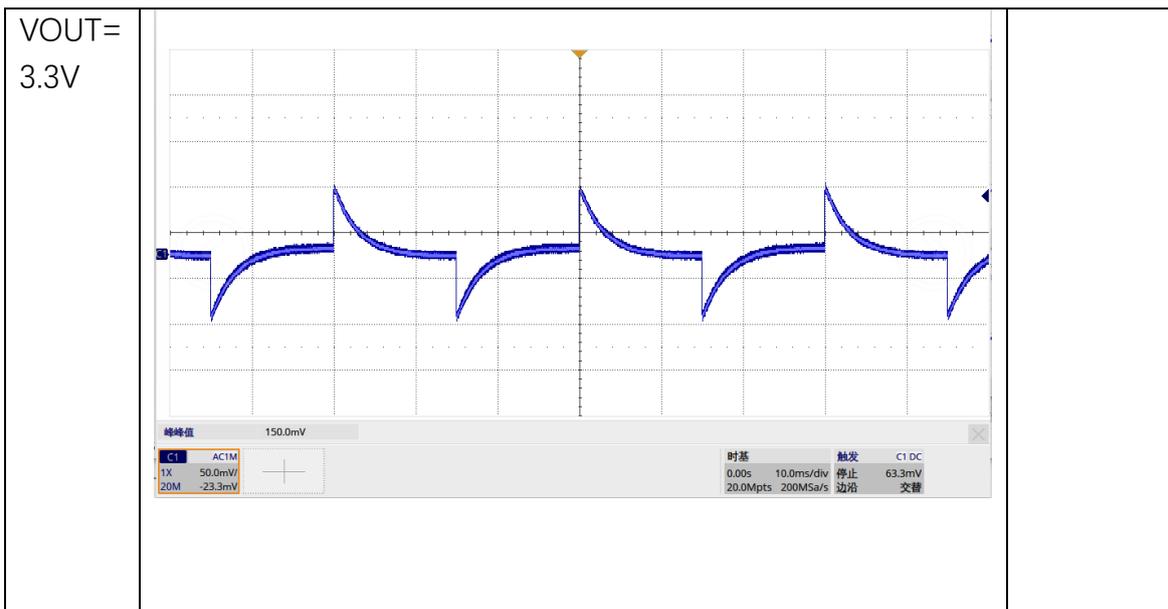


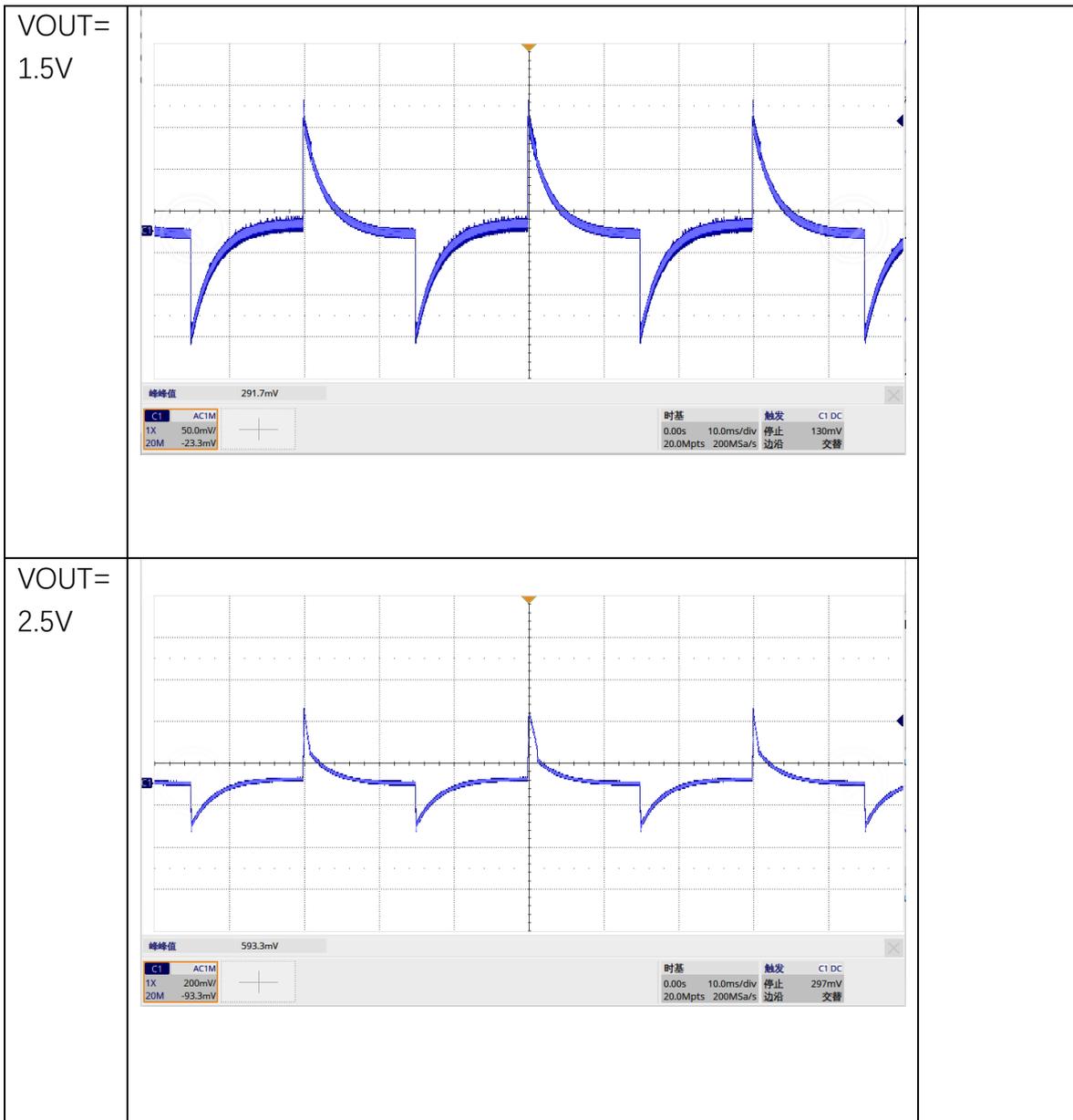
VOUT=
1.5V



VOUT=
2.5V







4.6 静态电流&关断电流

静态电流是指在直流电路中,电流保持恒定、不变的一种电流。在直流电路中,电流沿着一个方向流动,且大小保持恒定,不随时间变化。

关断电流通常是指稳压器关断时测得的电源电流。

测试方法:

关机电流: RUN 引脚短接到 GND, 此时给板卡加电, 测量电流

静态电流: RUN 引脚置高, MODE 开关选择 DCM, 不加负载, 板卡加电, 测量电流

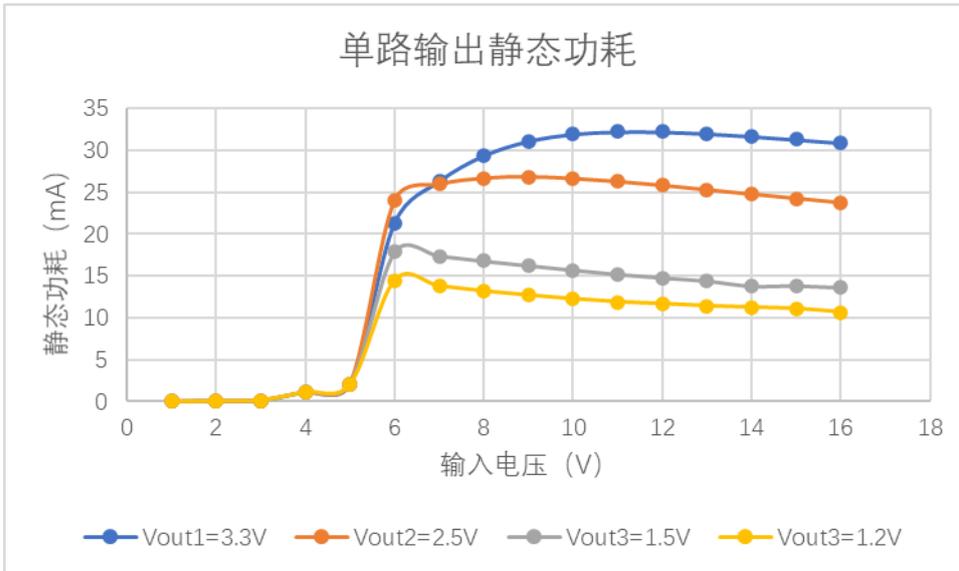
连接图:



测试数据:

关断电流&&静态电流		
Vin	关断电流 (uA)	静态电流 (mA)
0V	0	0
1V	43.7	0.05
2V	144.3	0.017
3V	500	1.16
4V	1594	3.4
5V	1701	70.2
6V	1804	75.9
7V	1906	79.3
8V	2006	80.1
9V	2108	79.7
10V	2208	79.1
11V	2307	78.5
12V	2412	76.9
13V	2509	75.3
14V	2609	73.7
15V	2710	72

单路输出静态功耗				
VIN	VOUT1	VOUT2	VOUT3	VOUT4
0V	0	0	0	0
1v	0.04	0.04	0.04	0.04
2V	0.14	0.14	0.14	0.14
3V	1.12	1.11	1.12	1.12
4V	2.05	2.06	2.06	2.05
5V	21.36	24.04	17.86	14.46
6V	26.32	25.95	17.39	13.78
7V	29.39	26.69	16.79	13.18
8V	31.11	26.85	16.24	12.68
9V	31.96	26.64	15.7	12.25
10V	32.23	26.28	15.2	11.9
11V	32.21	25.82	14.78	11.66
12V	32	25.29	14.4	11.42
13V	31.68	24.77	13.78	11.24
14V	31.29	24.26	13.82	11.09
15V	30.9	23.75	13.6	10.68



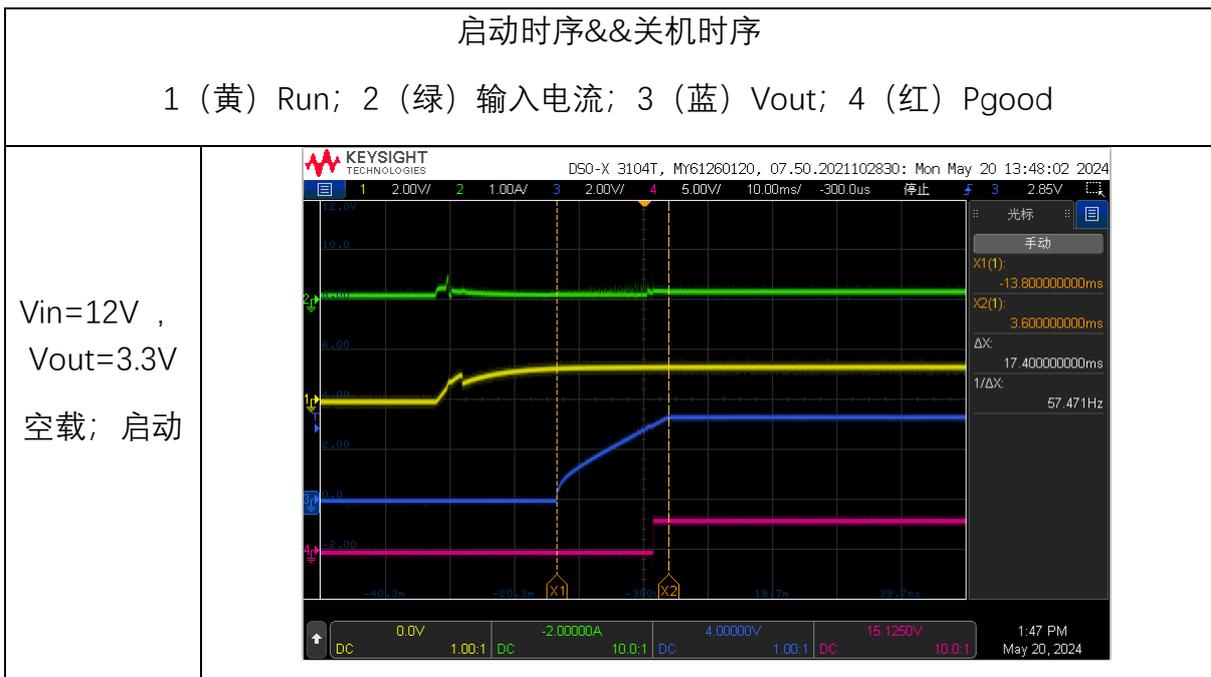
Summary: ASP4644 关断电流随输入电压增大而增大，静态电流四通道同时开启最高点电流 80.1mA.

4.7 启动时序

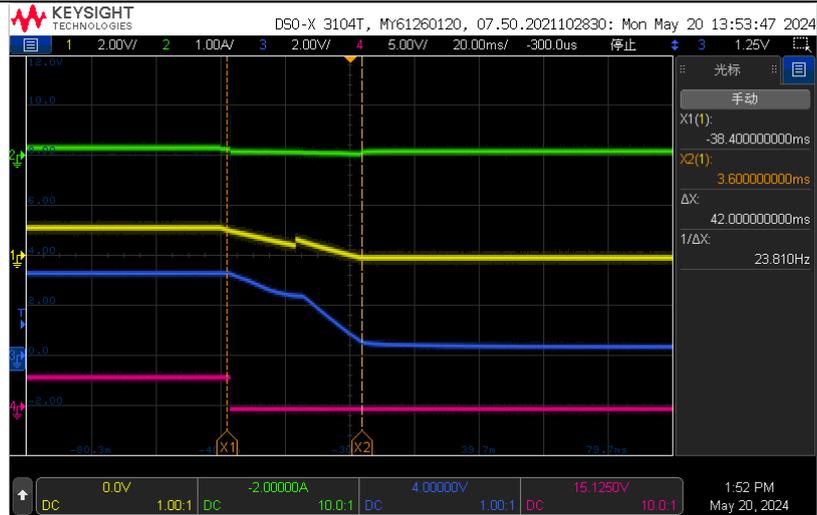
测试方法：使用示波器同时测量 I_{in} 、Run、Vout、PGODD 上电瞬间的波形，并测量 Vout 曲线上升沿时间，根据波形图可以看出启动时间和软启动时间。

测试条件：CCM 模式， $I_{OUT}=0A/4A$ ，SOFT-START Capacitor=0.1uF

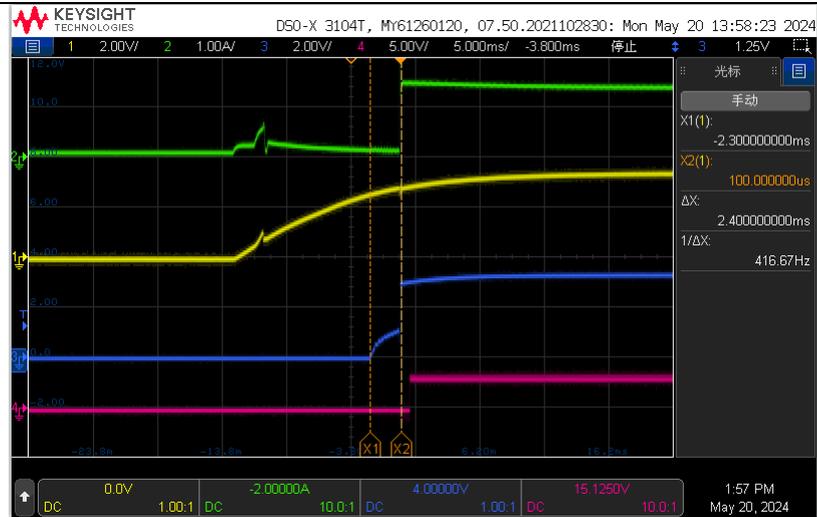
测试数据：



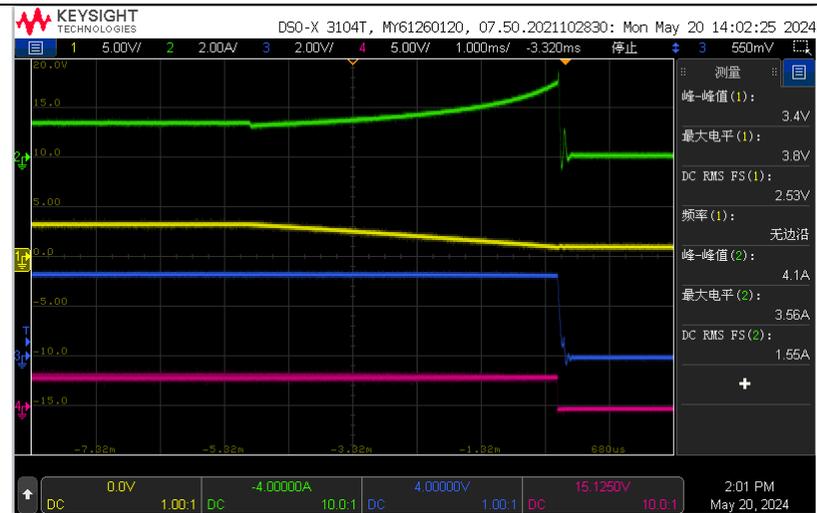
Vin=12V ,
Vout=3.3V
空载; 关闭

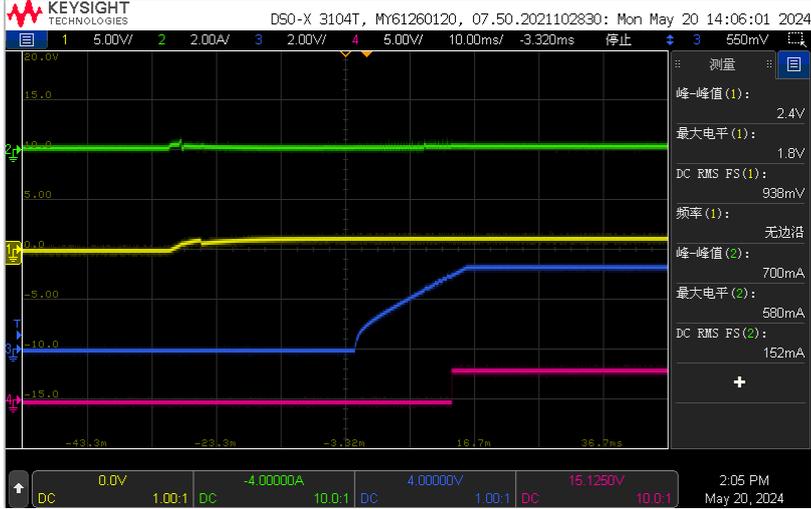
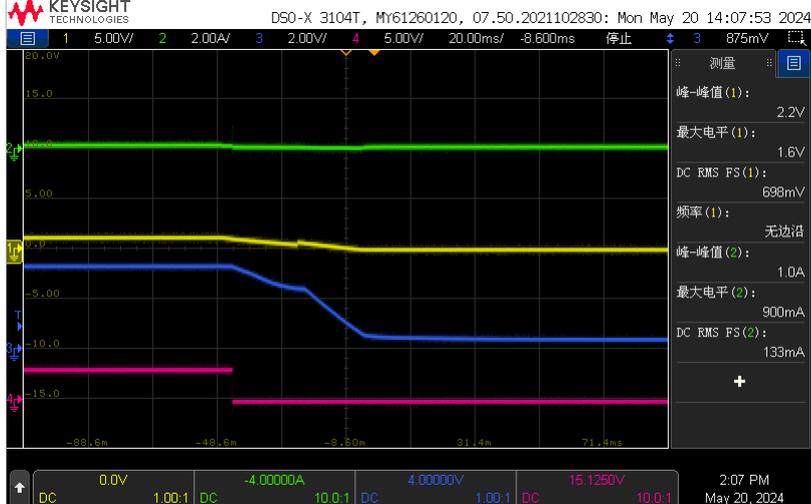
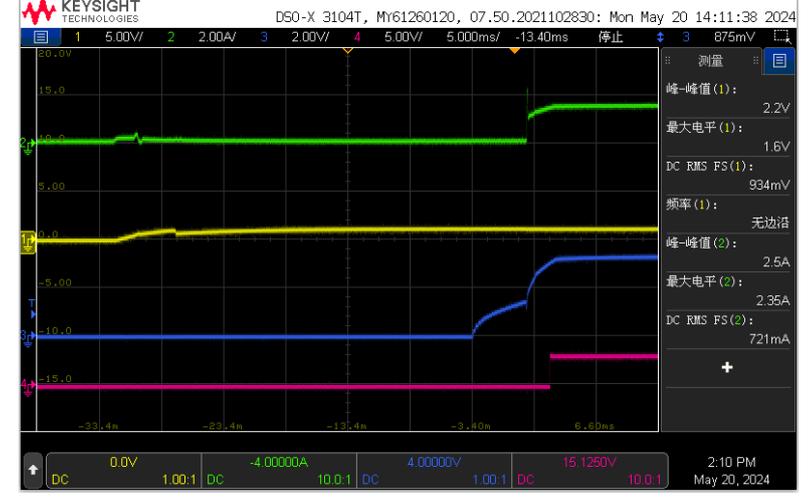


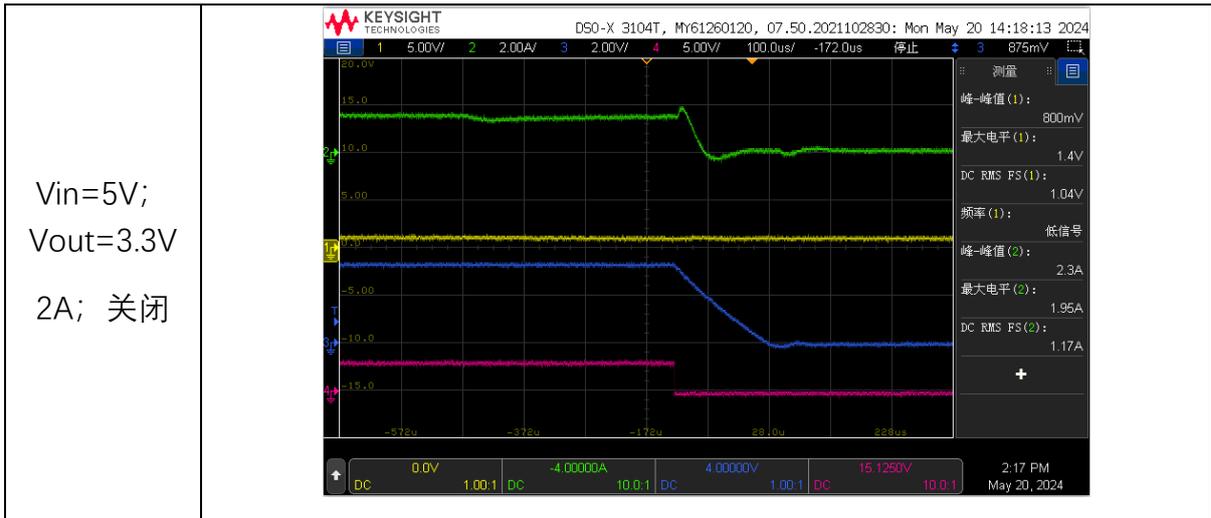
Vin=12V ,
Vout=3.3V
4A; 启动



Vin=12V ,
Vout=3.3V
4A; 关闭



<p>Vin=5V; Vout=3.3V 空载; 启动</p>	 <p>KEYSIGHT TECHNOLOGIES DSO-X 3104T, My61260120, 07.50.2021102830: Mon May 20 14:06:01 2024</p> <p>1 5.00V/ 2 2.00A/ 3 2.00V/ 4 5.00V/ 10.00ms/ -3.320ms 停止 3 550mV</p> <p>测量</p> <ul style="list-style-type: none"> 峰-峰值 (1): 2.4V 最大电平 (1): 1.8V DC RMS FS (1): 938mV 频率 (1): 无边沿 峰-峰值 (2): 700mA 最大电平 (2): 580mA DC RMS FS (2): 152mA <p>0.0V 1.00:1 DC -4.00000A 10.0:1 DC 4.00000V 1.00:1 DC 15.1250V 10.0:1 2:05 PM May 20, 2024</p>
<p>Vin=5V; Vout=3.3V 空载; 关闭</p>	 <p>KEYSIGHT TECHNOLOGIES DSO-X 3104T, My61260120, 07.50.2021102830: Mon May 20 14:07:53 2024</p> <p>1 5.00V/ 2 2.00A/ 3 2.00V/ 4 5.00V/ 20.00ms/ -8.600ms 停止 3 875mV</p> <p>测量</p> <ul style="list-style-type: none"> 峰-峰值 (1): 2.2V 最大电平 (1): 1.6V DC RMS FS (1): 698mV 频率 (1): 无边沿 峰-峰值 (2): 1.0A 最大电平 (2): 900mA DC RMS FS (2): 133mA <p>0.0V 1.00:1 DC -4.00000A 10.0:1 DC 4.00000V 1.00:1 DC 15.1250V 10.0:1 2:07 PM May 20, 2024</p>
<p>Vin=5V; Vout=3.3V 4A; 启动</p>	<p>启动无输出电压, (输入端限流点 6A)</p>
<p>Vin=5V; Vout=3.3V 2A; 启动</p>	 <p>KEYSIGHT TECHNOLOGIES DSO-X 3104T, My61260120, 07.50.2021102830: Mon May 20 14:11:38 2024</p> <p>1 5.00V/ 2 2.00A/ 3 2.00V/ 4 5.00V/ 5.000ms/ -13.40ms 停止 3 875mV</p> <p>测量</p> <ul style="list-style-type: none"> 峰-峰值 (1): 2.2V 最大电平 (1): 1.6V DC RMS FS (1): 934mV 频率 (1): 无边沿 峰-峰值 (2): 2.5A 最大电平 (2): 2.35A DC RMS FS (2): 721mA <p>0.0V 1.00:1 DC -4.00000A 10.0:1 DC 4.00000V 1.00:1 DC 15.1250V 10.0:1 2:10 PM May 20, 2024</p>



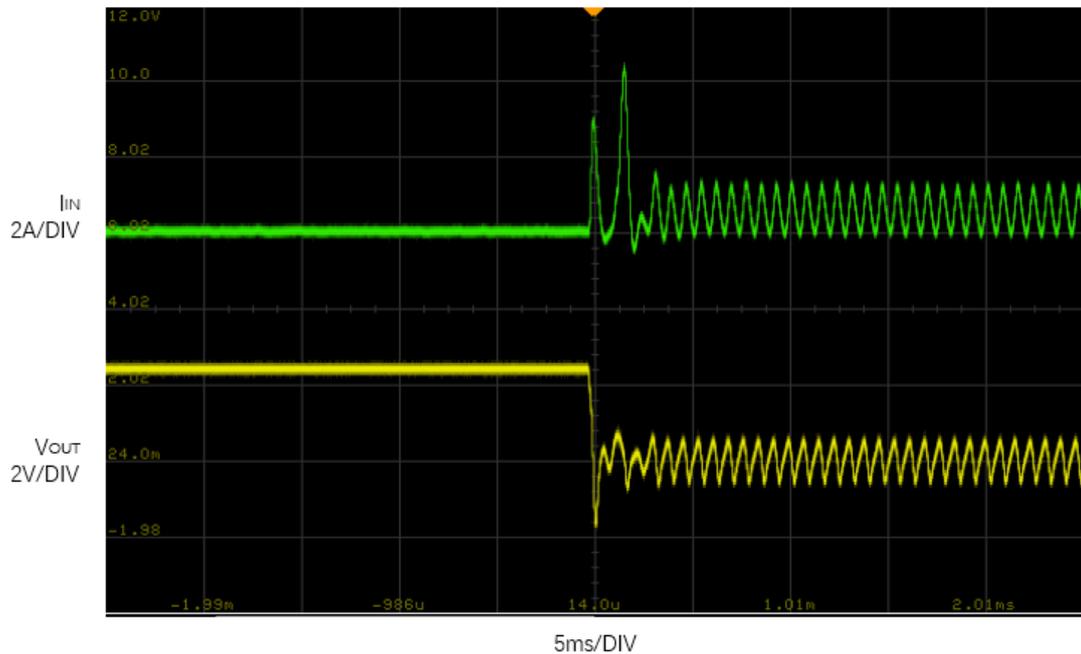
4.8 保护测试

4.8.1 输出短路保护

测试方法：使用电子负载模拟短路功能，使用示波器测量 V_{OUT} ，输入电流

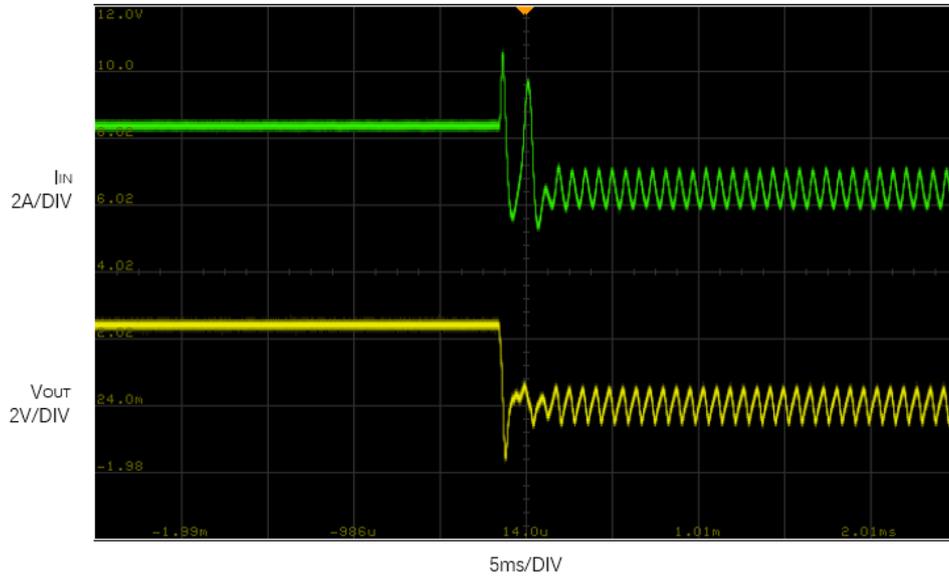
测试条件：CCM 模式

Short-Circuit with No Load



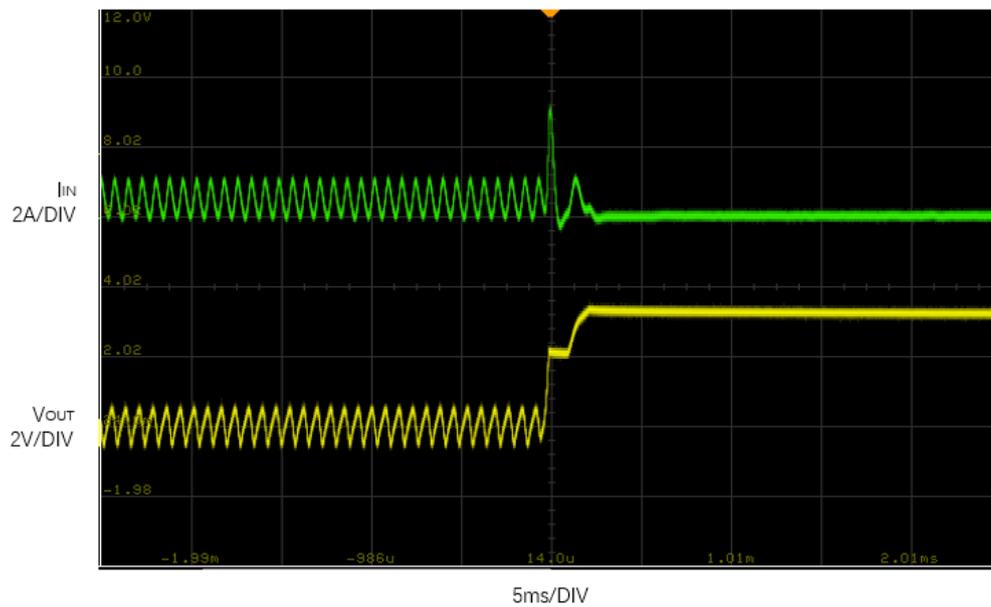
$V_{IN}=5V$ $V_{OUT}=2.5V$ SOFT-START Capacitor=0.1uF
 Output Capacitor=47uf X2

Short-Circuit with 4A Load



$V_{IN}=5V$ $V_{OUT}=2.5V$ SOFT-START Capacitor=0.1uF
Output Capacitor=47uf X2

Recovery to No Load from Short-Circuit

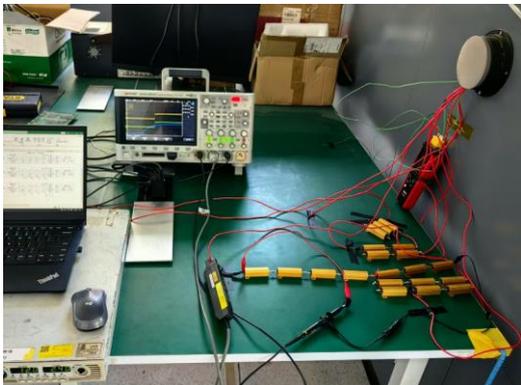


$V_{IN}=5V$ $V_{OUT}=2.5V$ SOFT-START Capacitor=0.1uF
Output Capacitor=47uf X2

4.9 高温测试

高温测试是用来确定产品在高温环境下储存、运输、使用的适应性的方法。试验的严苛程度取决于高温的温度和持续时间。

测试环境：可程式快速温变湿热试验箱高低温测试环境



环境搭建图片



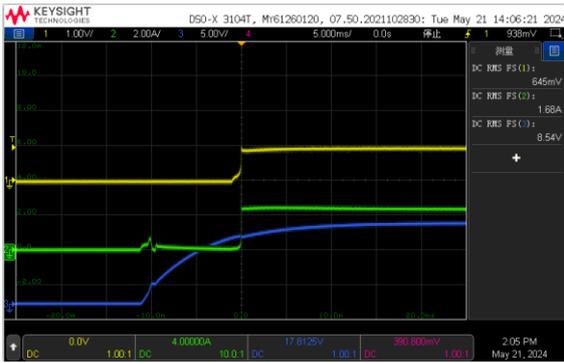
温箱内部测试图

测试步骤：

- 1: 选取 DUT 测试对象电压，制作功率负载使得 ASP4644 评估板 4 路同时工作，稳定运行 1 小时，记录常温下的输入输出电压电流，并记录温升。
- 2: 记录常温下的，启动情况。
- 3: 评估板放置于温箱中，固定好位置，粘贴好温升测试点。
- 4: 温箱设置 85° 上升到 125°，每隔 5° 记入温升数据及电压电流，启机波形。
- 5: 回到常温，测试是否可以起机，试验完成。

测试数据：（由于温箱工作情况下，只能用示波器在外面测功率电阻电压，存在线阻影响导致测得电压低，通过对比可以粗略得知电压变化情况）

常温测试挂测 1 小时	测试环境	Vin=12V; 2.35A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)	1.211	1.513	2.492	3.335	IC 表面	69.5	温度	25.9°
	示波器电压	0.94	1.24	2.2V	3	PCB 板面	45.6	湿度	33.50%
	电流钳	2.6A	2.5A	3A	2.8A	环境	26		



Vout4 启动



Vout3 启动



Vout2 启动



Vout1 启动

85° 测试 挂测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 2.37A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	94.5	温度	84.5
	示波器电 压	0.921	1.233	2.2	3.03	PCB 板面	88.1	湿度	3.40%
	电流钳	2.41	2.48	2.98	2.73				



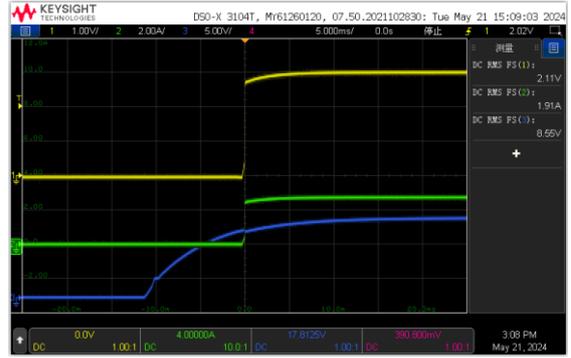
Vout4 启动



Vout3 启动

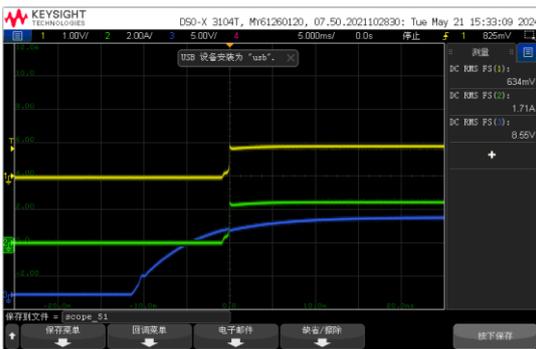


Vout2 启动

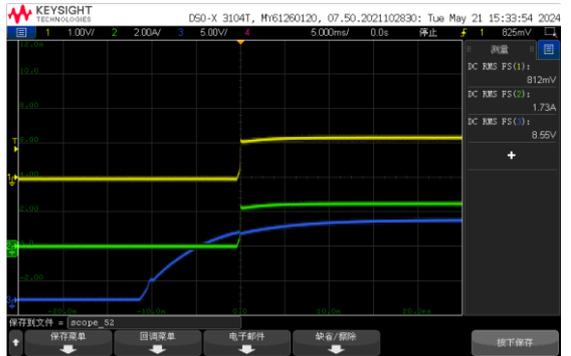


Vout1 启动

90° 测试挂 测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 2.41A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	99.7	温度	89.5
	示波器电 压	0.905	1.219	2.2	3.03	PCB 板面	93.2	湿度	3.30%
	电流钳	2.44	2.48	2.95	2.73				



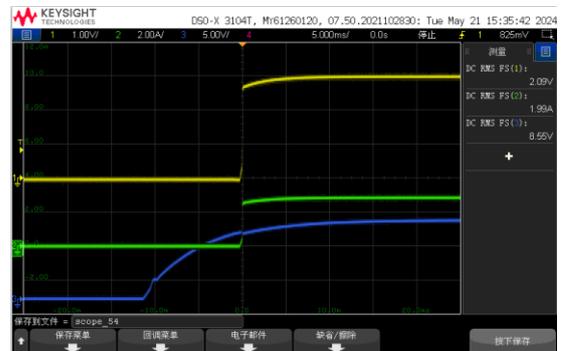
Vout4 启动



Vout3 启动



Vout2 启动



Vout1 启动

95° 测试挂 测1 小时	测试环境	Vin=12V; 2.37A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	104.7	温度	95
	示波器电 压	0.895	1.213	2.19	3.03	PCB 板 面	98.2	湿度	2.70%
	电流钳	2.49	2.46	2.92	2.72				



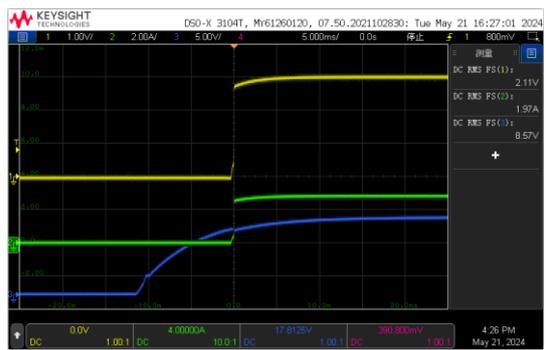
Vout4 启动



Vout3 启动



Vout2 启动



Vout1 启动

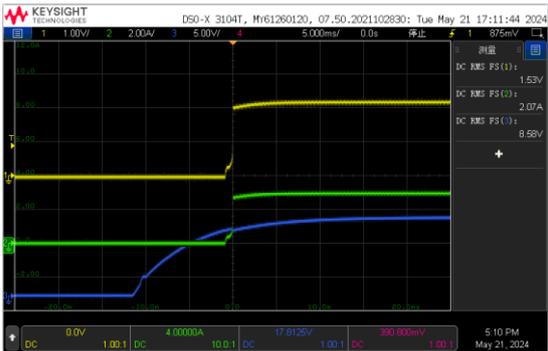
100° 测试挂 测1 小时	测试环境	Vin=12V; 2.36A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	110.7	温度	100
	示波器电 压	0.92	1.215	2.2	3.04	PCB 板 面	103.9	湿度	2.80%
	电流钳	2.59	2.47	2.93	2.67				



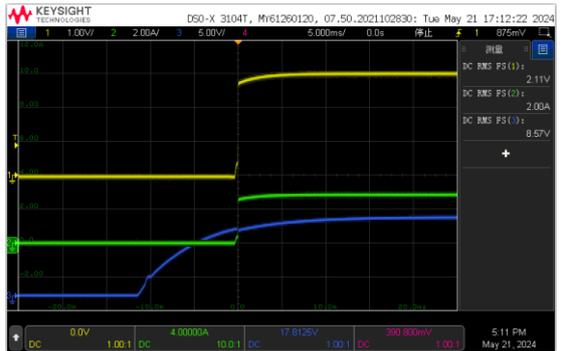
Vout4 启动



Vout3 启动



Vout2 启动



Vout1 启动

105° 测试挂测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 2.41A								
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境		
	实测电压 (万)					IC 表面	116.2	温度	105	
	示波器电压	0.919	1.209	2.18	3.04	PCB 板面	109	湿度	2.50%	
电流钳	2.57	2.46	2.9	2.7						



Vout4 启动



Vout3 启动



Vout2 启动



Vout1 启动

110° 测试 挂测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 1.46A/2.34A(出现跳变情况)							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	117.2	温度	110
	示波器电压	0.91	1.206	2.2	0/3.01	PCB 板面	113	湿度	2.40%
	电流钳	2.54	2.46	2.88	0/2.86				



Vout4 启动



Vout3 启动



Vout2 启动



Vout1 启动

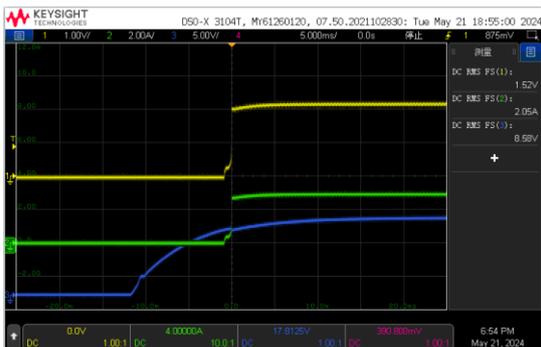
115° 测试挂测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 1.48A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	122.6	温度	115
	示波器电压	0.915	1.203	2.19	0.165	PCB 板面	117.7	湿度	2.40%
	电流钳	2.49	2.44	2.93	0.06				
	启动时电压				2.99				
	启动时电流				2.94				
	维持时间 (s)				5 ~10				



Vout4 启动



Vout3 启动

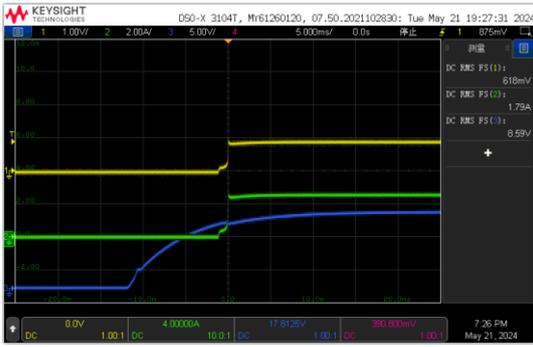


Vout2 启动

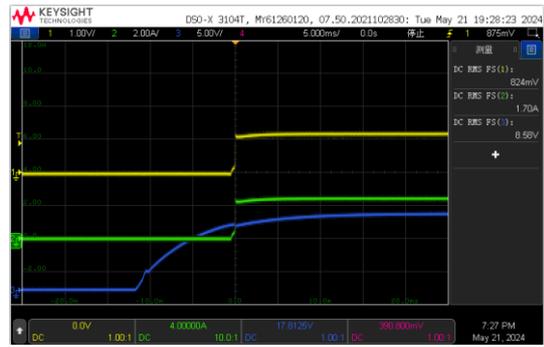


Vout1 启动

120° 测试挂测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 1.17A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	126.2	温度	120
	示波器电 压	66.4m	1.239	2.24	144m	PCB 板 面	121.4	湿度	2.40%
	电流钳	59.7m	2.52	2.96	58.9m				
	启动时电 压	0.918			2.99				
	启动时电 流	2.51			2.93				
维持时间 (s)	50			5					



Vout4 启动



Vout3 启动

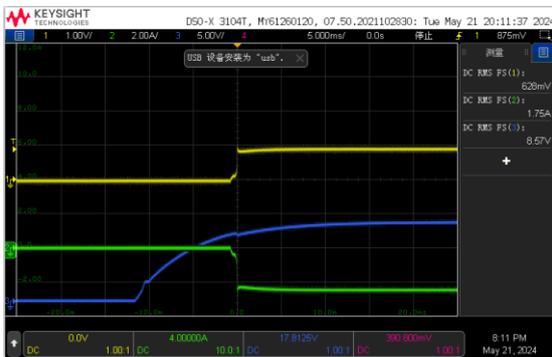


Vout2 启动



Vout1 启动

125° 测试 挂测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 0.43A 存在温度下降 Vout4 和 Vout2 重新开启							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	130	温度	125
	示波器电压	66m	1.236	45.9m/2.24	126m	PCB 板面	126.3	湿度	2.60%
	电流钳	57.8m	2.52	58.1m/3.04	58.9m				
	启动时电压	0.915	1.207	2.2	2.96				
	启动时电流	2.47	2.55	3	2.92				
	维持时间 (s)	30		10	3				



Vout4 启动 (电流钳方向反接)



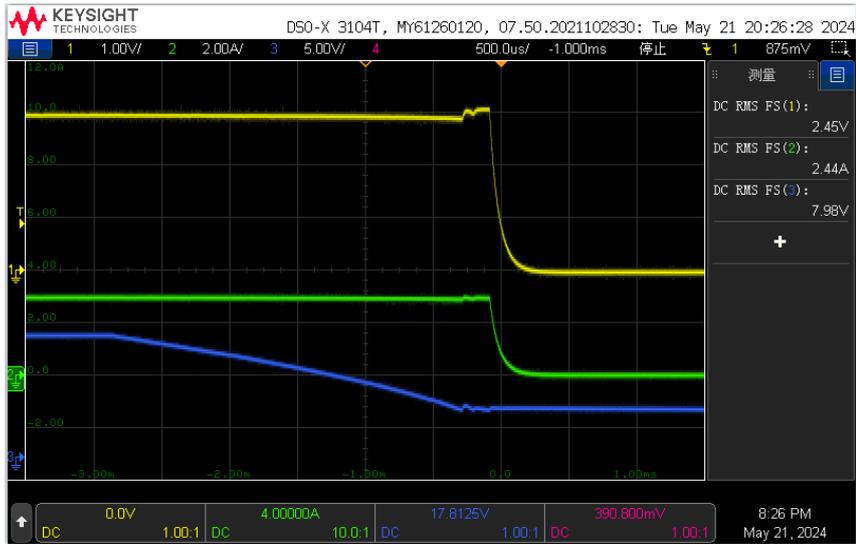
Vout3 启动



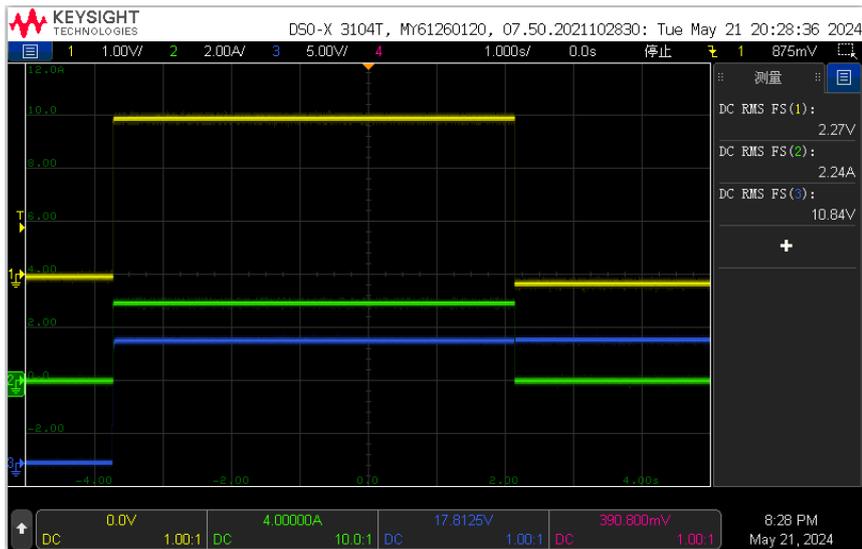
Vout2 启动



Vout1 启动



Vout1 关断波形图



Vout1 启动后过温保护关断波形图

Summary: 芯片在各通道 2.5-3A 的工作负载高温环境工作稳定的临界点在 105° 与 110° 之间，测得芯片表面温度在 130° 左右，芯片内部结温保护温度在 135° 左右。一旦超过该临界点芯片会开启过温保护，芯片进入过温保护停止工作，待温度下降至额定阈值重启工作，反复如此。

4.10 低温测试

测试步骤：

- 1: 选取 DUT 测试对象电压，制作功率负载使得 ASP4644 评估板 4 路同时工作，稳定运行 1 小时，记录常温下的输入输出电压电流，并记录温升。
- 2: 记录常温下的工作参数，并抓取启动波形。
- 3: 评估板放置于温箱中，固定好位置，粘贴好温升测试点。
- 4: 温箱设置常温下降到-55°，由-30°开始监测评估板参数和启机波形。
- 5: 由-30°开始每隔 5°做一次检测，每次运行时间半小时以上，需要做完全的冷机启动测试并抓取波形。
- 6: 完成实验持续观测温箱退温评估板工作情况，采用示波器触发抓取输入电流跳变沿及观察可调电源输入电压电流参数，如有异常及时记录。

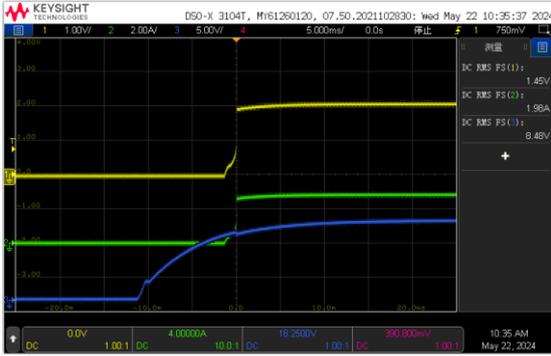
常温测试挂测 1 小时	测试环境	Vin=12V; 2.35A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)	1.206	1.509	2.489	3.333	IC 表面	69.5	温度	26.9
	示波器电压	0.865	1.144	2.13	2.93	PCB 板面	44	湿度	60.30%
	电流钳	1.83	2.46	2.88	2.77	环境	26.8		



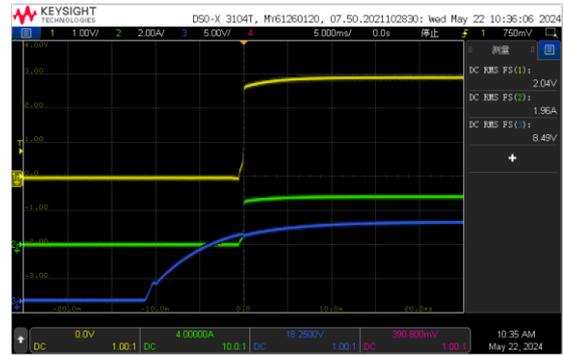
Vout4 热启动



Vout3 热启动



Vout2 热启动



Vout1 热启动

-35° 测试 挂 测 0.5 小时	测试环境	Vin=12V; 2.03A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万)					IC 表面	-18.2	温度	-31.7
	示波器电压	0.82	1.114	2.05	2.87	PCB 板面	-29.7	湿度	60.30%
电流钳	1.79	2.42	2.77	2.75					



Vout4 热启动



Vout3 热启动



Vout2 热启动



Vout1 热启动

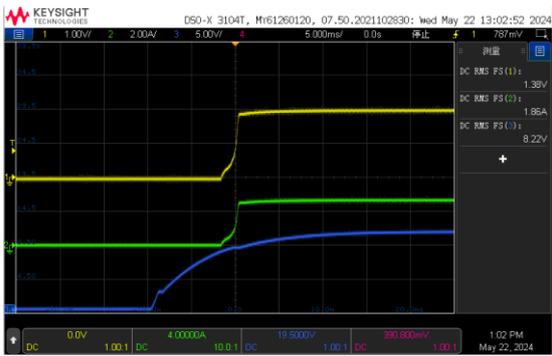
-40° 测试挂测1小时	测试环境	Vin=12V; 1.98A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压(万)					IC表面	-23.3	温度	-36.3
	示波器电压	0.834	1.084	2.02	2.86	PCB板面	-34.3	湿度	4.00%
	电流钳	1.61	2.38	2.71	2.7				



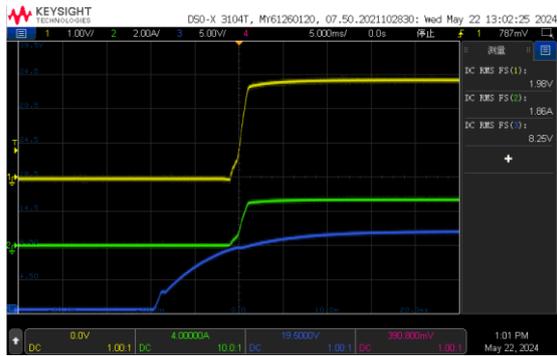
Vout4 热启动



Vout3 热启动



Vout2 热启动

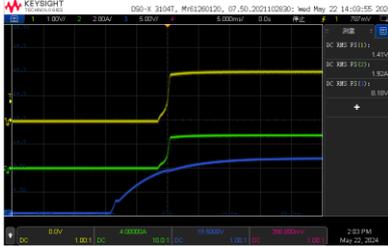


Vout1 热启动

4.10.1 新增冷启动对比测试

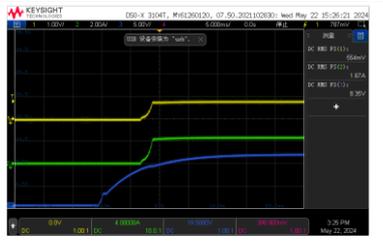
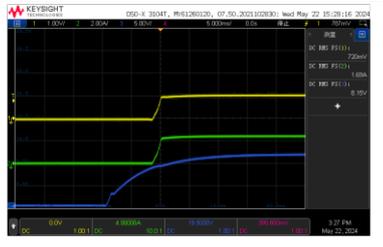
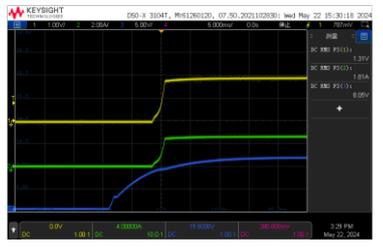
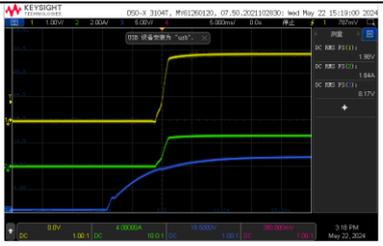
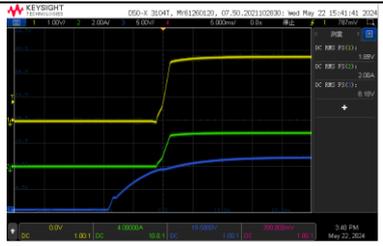
测试方法：等待芯片温度退缺至温箱温度时再静置 10 分钟，使用示波器观测启动情况。只测试 Vout1 和 Vout4。

-50° 测试挂测0.5小时	测试环境	Vin=12V; 1.96A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压(万)					IC表面	-38.8	温度	-45.6
	示波器电压	0.816	1.082	1.94	2.84	PCB板面	-43.7	湿度	6.70%
	电流钳	1.38	2.43	2.63	2.75				

规格	启动环境	热机状态启动	冷机状态启动
			IC 表温-45.5° 温箱位置-45.5
Vout4			
Vout3			
Vout2			
Vout1			

-55° 测试 挂 测 1 小	测试环境	Vin=12V; 2.04A							
	型号	Vout4	Vout3	Vout2	Vout1	位置	温度	温箱环境	
	实测电压 (万示波器)					IC 表面	-37.5	温度	-50.2
		0.815	1.058	1.99	2.86	PCB 板	-48.4	湿	8.30%

时	电压					面		度	
	电流钳	2.07	2.36	2.7	2.68				

启动环境 规格	热机状态启动	冷机状态启动 IC 表温-50° 温箱位置-50
Vout4		
Vout3		
Vout2		
Vout1		

Summary: 芯片在-55°的快速温变湿热试验箱测试均能正常启动和关断，并在低温条件下老化均无异常，测试通过。