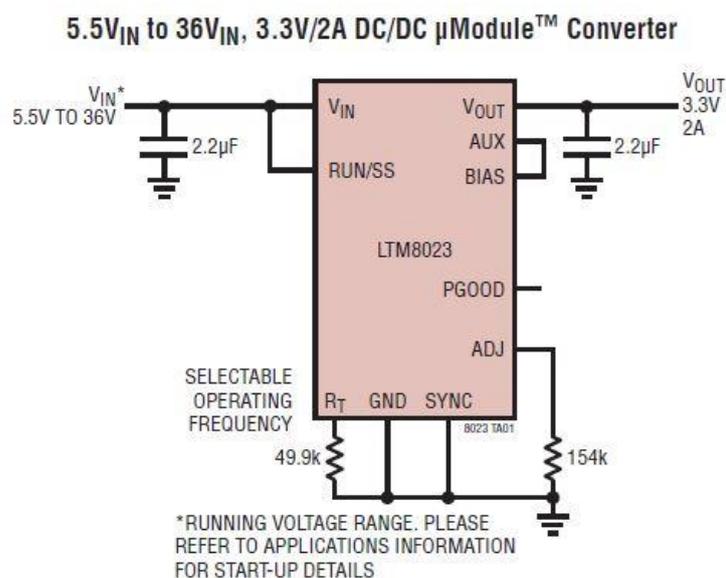


## 如何测试 DC/DC $\mu$ Module?

如何测试 DC/DC  $\mu$ Module? 这个话题貌似有些大, 这类产品种类繁多, 面对越来越多的应用需求, 芯片的各项指标和集成度也是越来越高。但既然芯片是从简单到复杂一点点发展起来的, 那么解决它的测试也必然要遵循这样的规律。我们不妨寻找一个简单的 DC/DC  $\mu$ Module, 通过这样一个例子打开测试这类器件测试的大门。

LTM8023 这个品种很简单, 它的原理图如下, 你甚至可以认为这就是一个三端稳压器。



但现实往往是很残酷的, 它对于测试工程师来说可没有三端稳压器那么友好, 我们一般情况下都会遇到如下的问题:

1. 器件都是表贴的, 你需要一个很可靠的测试夹具, 几十块钱的基本上不太可能好用, 好的夹具甚至上千元;
2. 输入输出电容(电感)是整个器件正常工作最重要的外围器件, 一般都要使用贴片器件, 需要离被测对象越近越好。所以传统的飞线测试基本没戏, 继电器切换处理不当都有可能不良影响;
3. 我们一般是拿不到厂家的测试方案的, 相当于根据器件的使用手册制定测试方案, 这就需要对器件足够了解。有些指标本来就是无法在成品测试中实现的, 所以最终的测试方案必然有得有失, 全参数往往是不可能的。
4. 你需要对你的测试机足够了解, 测试机要足够好用, 要能够满足你的测试方案。

当我们通读 LTM8023 的器件手册 N 次后, 如下几个地方被我们画了重点:

1. 器件手册参数情况很多, 为了满足最主要的参数测试, 我们决定将器件调成 3.3V 测试, 输出电容 51 $\mu$ F:

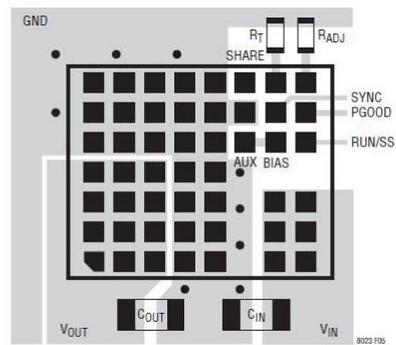
## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes the specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .  $V_{IN} = 10\text{V}$ ,  $V_{RUN/SS} = 10\text{V}$ ,  $V_{BIAS} = 3\text{V}$ ,  $R_T = 60.4\text{k}$ ,  $C_{OUT} = 4.7\mu\text{F}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{IN}$	Input DC Voltage		● 3.6		36	V	
$V_{OUT}$	Output DC Voltage	$0\text{A} < I_{OUT} \leq 2\text{A}$ , $R_{ADJ}$ Open $0\text{A} < I_{OUT} \leq 2\text{A}$ , $R_{ADJ} = 43.2\text{k}$ , $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$ (Note 3)		0.8 10		V V	
$R_{ADJ(MIN)}$	Minimum Allowable $R_{ADJ}$	(Note 4)		42.2		k $\Omega$	
$I_{OUT}$	Continuous Output DC Current	$4 \leq V_{IN} \leq 36$ , $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0	2	A	
$I_{QVIN}$	$V_{IN}$ Quiescent Current	$V_{RUN/SS} = 0.2\text{V}$ , $R_T = 174\text{k}$ $V_{BIAS} = 3\text{V}$ , Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (E, I) $V_{BIAS} = 3\text{V}$ , Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (MP) $V_{BIAS} = 0\text{V}$ , Not Switching, $R_T = 174\text{k}$	● ●	0.1 25 25 85	0.5 60 350 120	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	
$I_{QBIAS}$	BIAS Quiescent Current	$V_{RUN/SS} = 0.2\text{V}$ , $R_T = 174\text{k}$ $V_{BIAS} = 3\text{V}$ , Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (E, I) $V_{BIAS} = 3\text{V}$ , Not Switching, $R_T = 174\text{k}$ (MP) $V_{BIAS} = 0\text{V}$ , Not Switching, $R_T = 174\text{k}$	● ●	0.03 50 50 1	0.5 120 200 5	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$	
$\Delta V_{OUT/V_{OUT}}$	Line Regulation	$5 \leq V_{IN} \leq 36$ , $I_{OUT} = 1\text{A}$ , $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ , $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0.1		%	
$\Delta V_{OUT/V_{OUT}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 24\text{V}$ , $0 \leq I_{OUT} \leq 2\text{A}$ , $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ , $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		0.4		%	
$V_{OUT(AC\_RMS)}$	Output Ripple (RMS)	$V_{IN} = 24\text{V}$ , $I_{OUT} = 2\text{A}$ , $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ , $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		10		mV	
$f_{SW}$	Switching Frequency	$R_T = 113\text{k}$ , $C_{OUT} = 51\mu\text{F}$		325		kHz	
$I_{SC(OUT)}$	Output Short Circuit Current	$V_{IN} = 36\text{V}$ , $V_{OUT} = 0\text{V}$		2.9		A	
$V_{ADJ}$	Voltage at ADJ Pin	$C_{OUT} = 51\mu\text{F}$	●	765	790	805	mV

2. 在 PCB 排版这部分，严格参考厂家给出的建议：

1. Place the  $R_{ADJ}$  and  $R_T$  resistors as close as possible to their respective pins.
2. Place the  $C_{IN}$  capacitor as close as possible to the  $V_{IN}$  and GND connection of the LTM8023.
3. Place the  $C_{OUT}$  capacitor as close as possible to the  $V_{OUT}$  and GND connection of the LTM8023.



3. 在厂家官网上，除了产品手册，还提供了另一份手册，其中就有 DEMO 板的介绍，这点非常有参考价值：

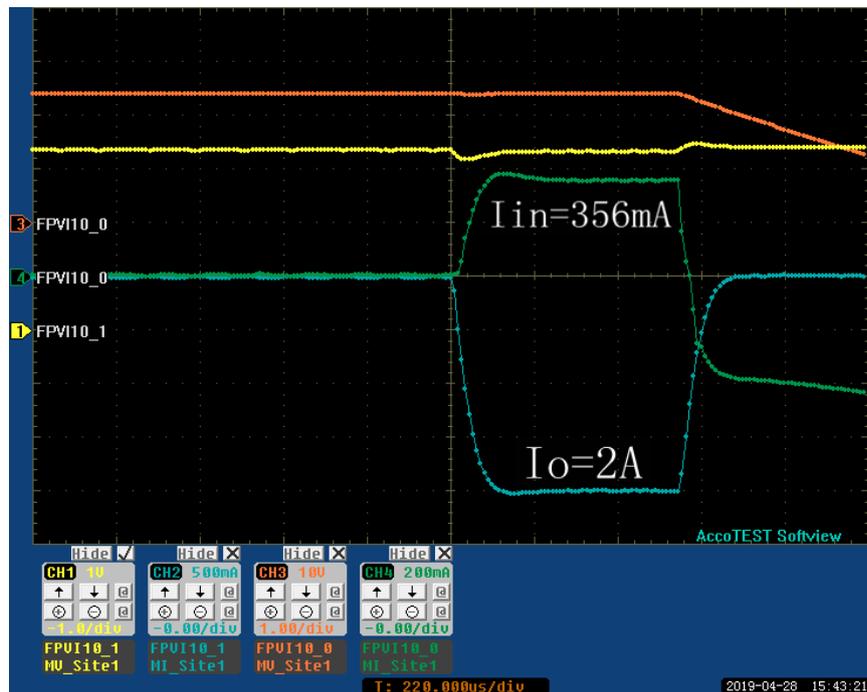


4. DEMO 板的资料中，甚至包含了外围器件的具体型号，可以说厂家资料非常人性化，相当于给了你最终的解决方案：

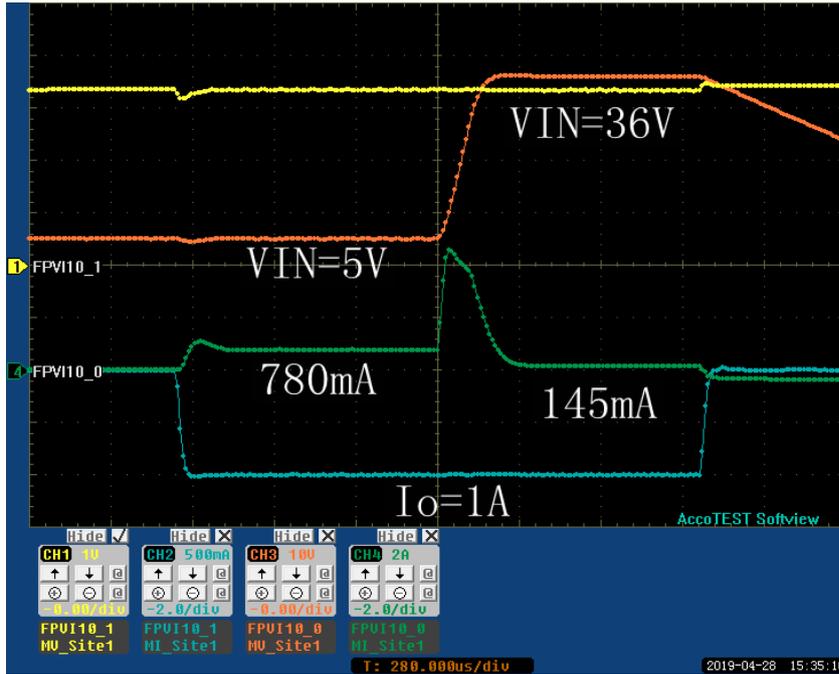
ITEM	QUANTITY	REFERENCE-DESCRIPTION	DESCRIPTION	MANUFACTURER'S PART NUMBER
1	1	C1N	Cap, 22 $\mu$ F 20% 50V Alum	Sanyo 50CE22BS
2	1	C1	Cap, 2.2 $\mu$ F 10% 50V X7R, 1206	Murata GRM31CR71H225KA88L
3	1	C2	Cap, 22 $\mu$ F 20% 10V X5R, 1206	Taiyo Yuden LMK316BJ226ML-T
4	1	C3	Cap, 0.1 $\mu$ F 10% 50V X7R, 0603	TDK C1608X7R1H104K
5	5	E1, E2, E4, E5, E9	Turret	Mil-Max 2501-2-00-80-00-00-07-0
6	4	E3, E6, E7, E8	Turret	Mil-Max 2308-2-00-80-00-00-07-0
7	1	JP1	Header, 3 Pin, 2mm	Samtec TMM-103-02-L-S
8	1	R1	Res, 154k 1% 1/16W, 0402	Vishay CRCW0402154KFKEA
9	1	R2	Res, 56.2k 1% 1/16W, 0402	Vishay CRCW040256K2FKED
10	2	R4, R3	Res, 100k 1% 1/16W, 0402	Vishay CRCW0402100KFKEA
11	1	R5	Res, 10k 5% 1/16W, 0402	Vishay CRCW040210K0JNED
12	1	U1	IC, Module	Linear Technology LTM8023EV
13	4		Standoff, Snap On	Keystone 8831
14	1	XJP1	Shunt, 2mm	Samtec 2SN-BK-G

我们基于上述内容制定了测试方案，选用了“价格不菲”的夹具并尽可能的满足器件的工作条件，非常顺利的实现了 LTM8023 的测试——当然使用的是我们全新的 STS8207S 模拟器件测试系统。有人可能会问你们到底是使用了哪些技巧，如何完成的程序的开发，代码都是怎么写的，是怎么调试的？这些问题的答案很简单：本文前面已经介绍过了——选择好的夹具、选择正确的元件、严格遵循器件手册的各项要求、熟悉的使用优秀的测试机——所谓工欲善其事、必先利其器，当万事俱备，你可能都不需要东风了。

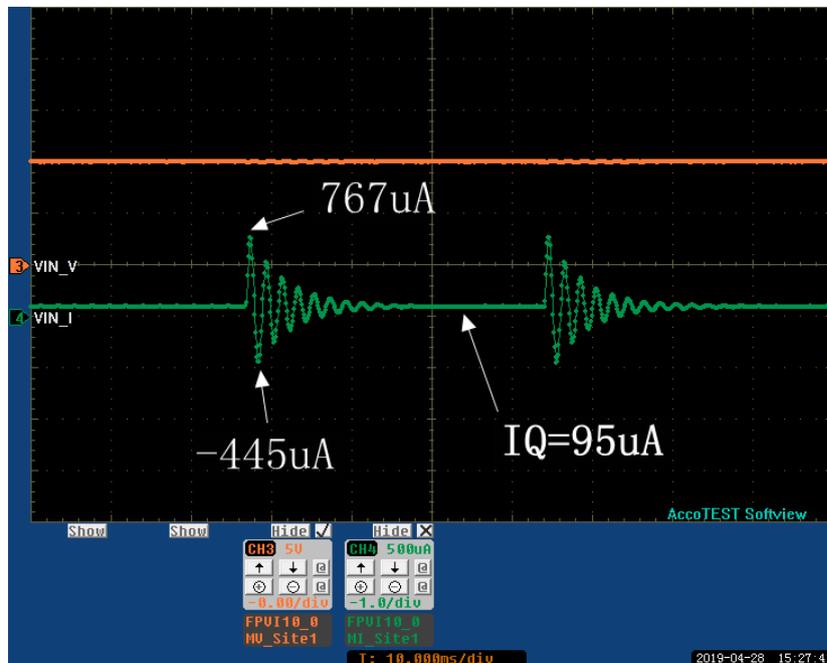
参数 1：电流调整率软件示波器波形，你可以清晰的读出输入和输出的电流，需要注意的是这类器件输入电流是远小于输出电流的，这和线性稳压器截然不同。



参数 2：电压调整率软件示波器波形，除了输入电流小于输出电流外，器件在不同输入电压下的输入电流也不一样，下图中 5V 输入电压的输入电流 780mA，而 36V 输入电压的输入电流是 145mA，利用这些软件示波器读出的电压电流数值，可以轻松计算出器件工作的效率。



参数 3: 静态电流的软件示波器波形, 最初看器件手册时, 最不明白的就是静态电流区分出了“Not Switching”这个条件, 实际测试时发现不同的采样时间下读出来的电流差异很大, 于是使用软件示波器将这一段测试的电流波形读出, 发现了下图的波形。“Not Switching”所指的就是  $I_Q=95\mu\text{A}$  这段的静态电流, 前后两段“Switching”的显然不是我们需要测试的参数, 但是如果没有软件示波器电流波形的帮助, 我们很可能无法看清这个过程。



无论如何, LTM8023 只是一个简单的品种, 希望这篇文章的一些内容能够在您面对更复杂的测试对象时, 给您一些实用的帮助。