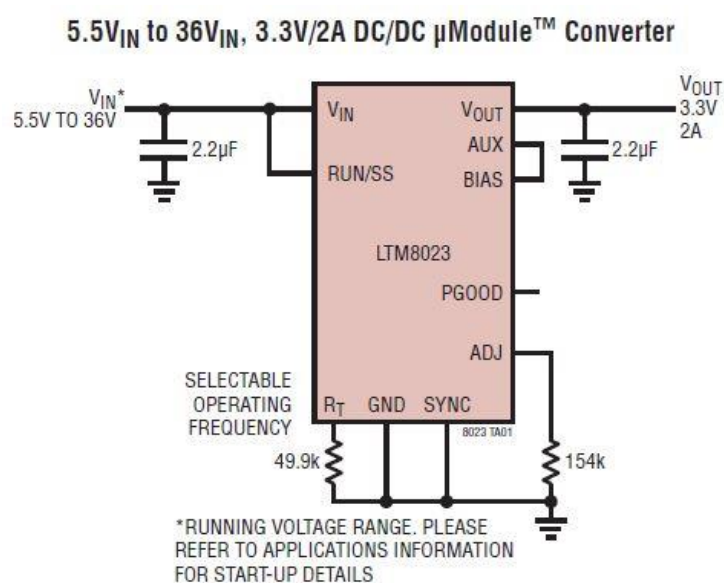


如何测试 DC/DC μ Module?

如何测试 DC/DC μ 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 μ 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 μ F：

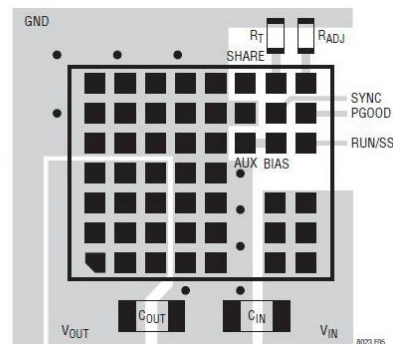
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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 Ω
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	μA μA μA μA
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	μA μA μA μA
$\Delta V_{OUT}/V_{OUT}$	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：

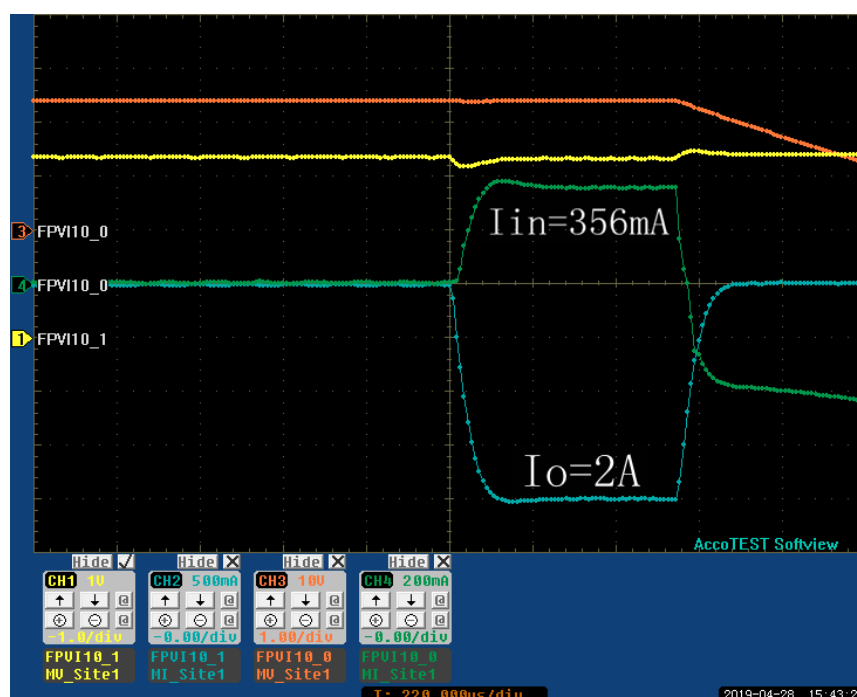


4. DEMO 板的资料中，甚至包含了外围器件的具体型号，可以说厂家资料非常人性化，相当于给了你最终的解决方案：

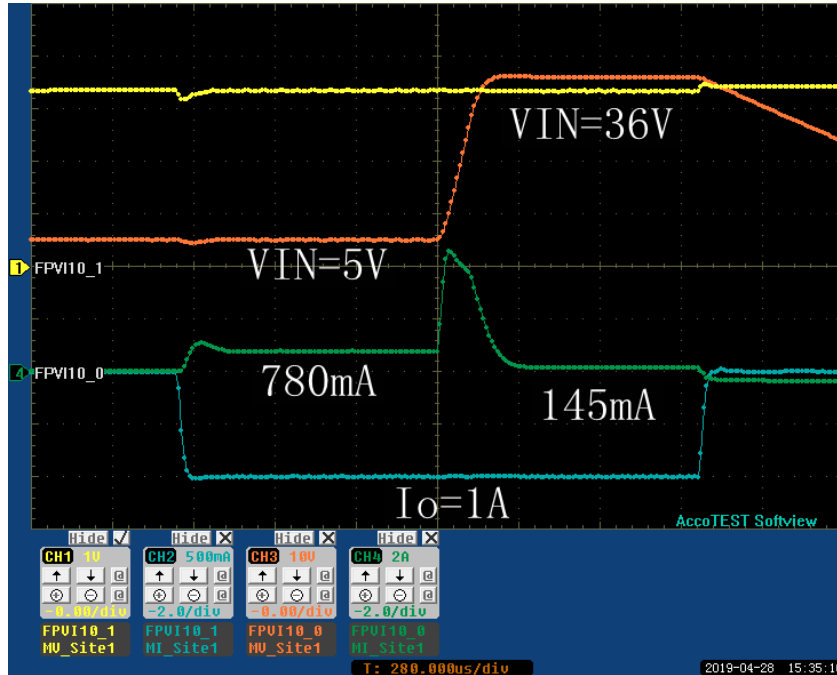
ITEM	QUANTITY	REFERENCE-DESCRIPTION	DESCRIPTION	MANUFACTURER'S PART NUMBER
1	1	C1N	Cap, 22μF 20% 50V Alum	Sanyo 50CE22BS
2	1	C1	Cap, 2.2μF 10% 50V X7R, 1206	Murata GRM31CR71H225KA88L
3	1	C2	Cap, 22μF 20% 10V X5R, 1206	Taiyo Yuden LMK316BJ226ML-T
4	1	C3	Cap, 0.1μF 10% 50V X7R, 0603	TDK C1608X7R1H104K
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。

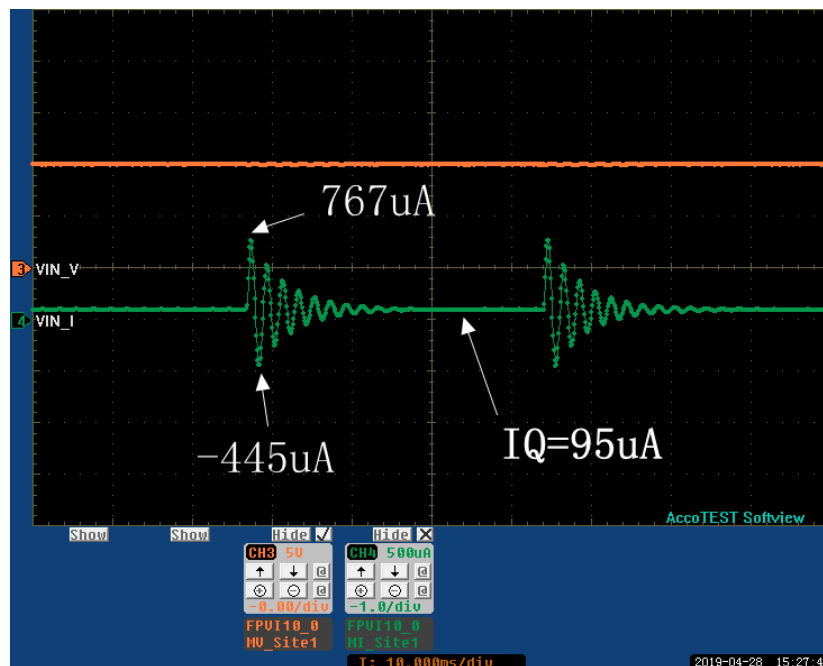
参数 1：电流调整率软件示波器波形，你可以清晰的读出输入和输出的电流，需要注意的是这类器件输入电流是远小于输出电流的，这和线性稳压器截然不同。



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”所指的是 $I_Q=95\mu A$ 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。