

1. 简介

LMX5069是一款耐压超过100V的浪涌电流抑制器，除了基本的过压、欠压保护，以及通过SENSE电阻设置的过流保护以外，还具有限制功率的功能。通过设置限制的功率来实现开启时保护MOSFET的功能，防止在大输出电解的条件下，大的浪涌电流超过MOS的安全工作区。

LMX5069提供了两种封装，一种是10pin的MSOP封装，另外一种是10pin的DFN3*3封装，方便用户对尺寸的选择。

2. 工作条件

工作电压范围: 12V-54V

最大持续电流: 17A

过压保护电压: 58V typ

欠压保护电压: 8V typ

过流保护电流: 18-26A typ

环境温度: 0°C to 45°C

评估版尺寸: 42*77mm

3. 评估版

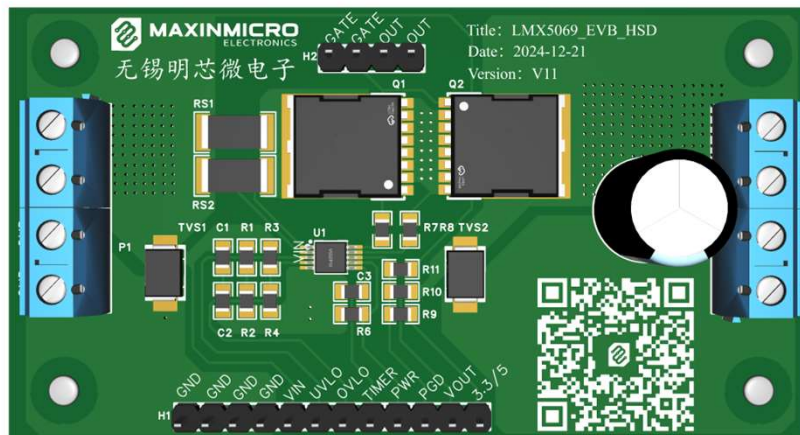


图1 评估板正面

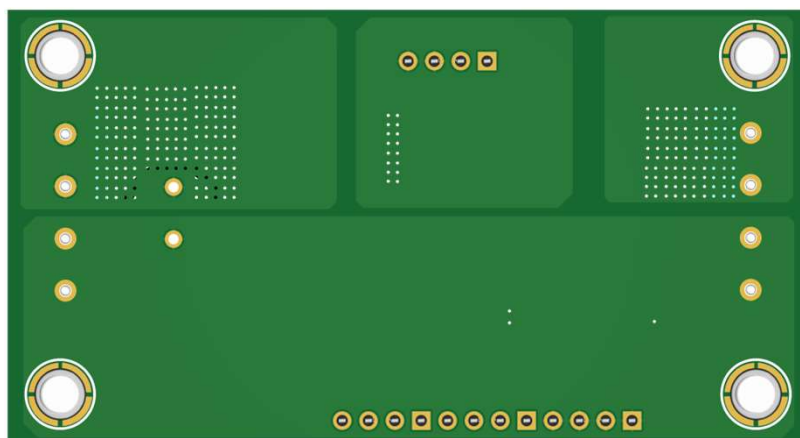


图2 评估板底面

4. 原理图

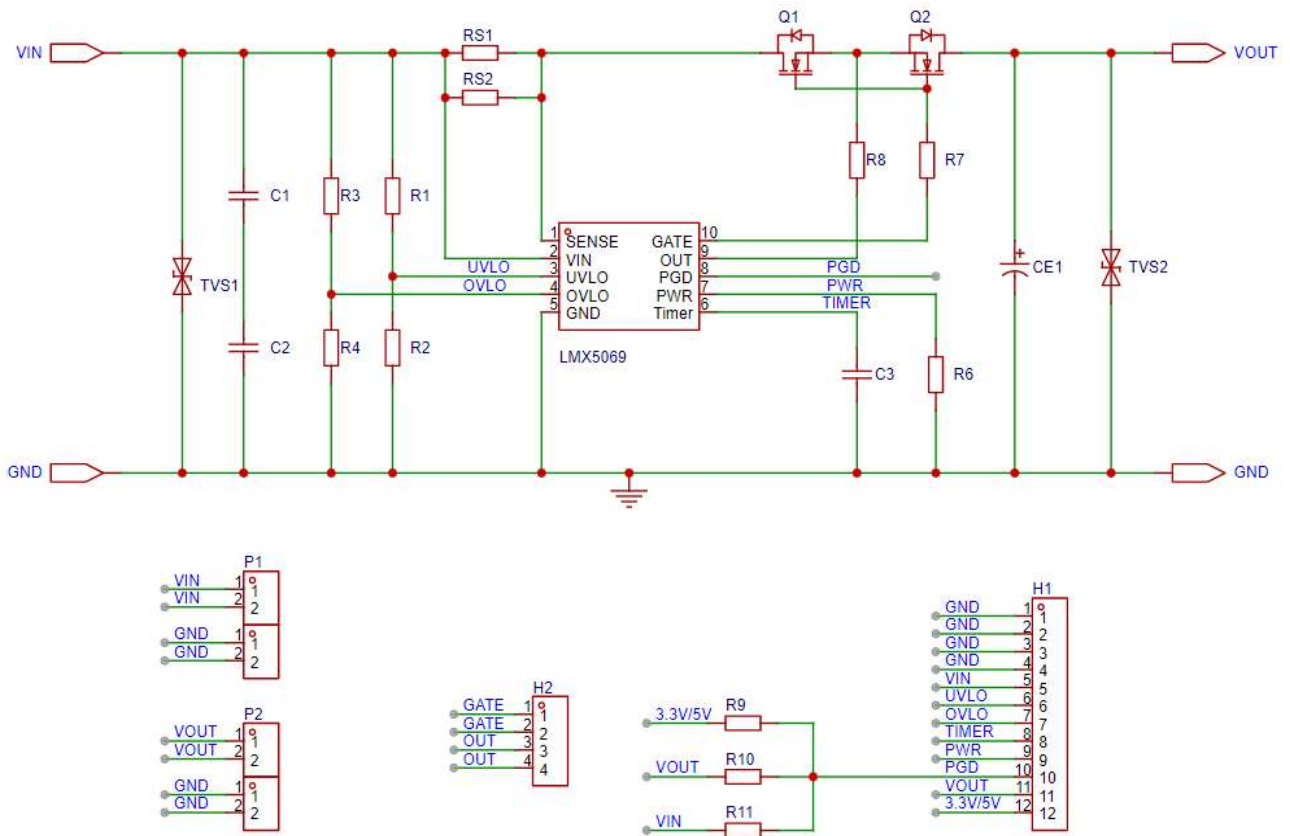


图3 评估板原理图

5. 元器件清单

Designator	Footprint	Value/Parameter	Quantity	Supplier
R1/R3	SMT-0805	180kohm-0805-0.125W-1%	2	YAGEO
R2	SMT-0805	100kohm-0805-0.125W-1%	1	YAGEO
R4	SMT-0805	8.66kohm-0805-0.125W-1%	1	YAGEO
R6	SMT-0805	33kohm-0805-0.125W-1%	1	YAGEO
R7/R8	SMT-0805	100ohm-0805-0.125W-1%	2	YAGEO
R9/R10/R11	SMT-0805	100kohm-0805-0.125W-1%	3	YAGEO
RS1/RS2	SMT-2512	5mohm-2512-2W-1%	2	YAGEO
C1/C2	SMT-0805	50V470nF-X7R	2	MURATA
C3	SMT-0805	50V1nF-X7R	1	MURATA
TVS1/TVS2	SMB	SMBJ60CA	2	LittleFuse
Q1/Q2	TOLL-8	MX10T01AHTL	2	MAXIN MICRO
U1	MSOP-10L	LMX5069MS	1	MAXIN MICRO
CE1	D-10*16mm	100V100uF-10*16mm-5mm	NC	AISHI
P1/P2	P=5mm-4P	KF301-5.0-4P	2	KEFA
H1	P=2.54mm-12P	PH-PZ01-12P	1	RONGHE
H2	P=2.54mm-4P	PH-PZ01-04	1	RONGHE

6. 使用说明

6.1 LMX5069的过压和欠压保护功能设置说明

LMX5069设置有UVLO和OVLO引脚用于对系统进行过压和欠压保护，针对这两个脚的设置，明芯微有两种推荐的设计方案，如图4和图5，图4为三电阻串联设置，图5为两路单独设置。

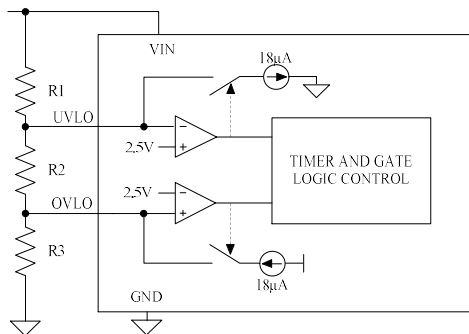


图4 三电阻串联设置过压和欠压保护

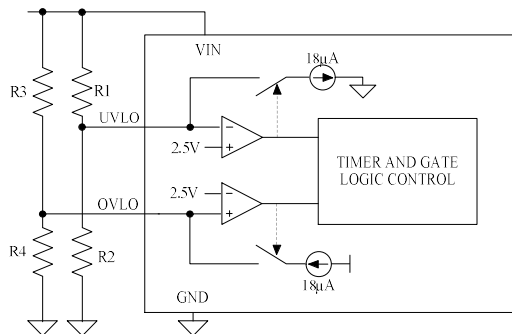


图5 过压和欠压分别设置

图4设置电阻值选择方式：

- 1.先确认输入欠压点 V_{UVL} 和输入欠压恢复点 V_{UVH}
- 2.根据上述确定的两个电压点，计算R1的阻值，公式如下
- 3.确定输入过压点的电压 V_{OVH} ，然后根据 V_{OVH} 计算电阻R3，公式如下
- 4.根据R1和R3的阻值计算R2的阻值，公式如下
- 5.根据R1、R2和R3的阻值计算过压点恢复阈值 V_{OVL} ，公式如下

$$R1 = \frac{V_{UVH} - V_{UVL}}{18\mu A} = \frac{V_{UV(HYS)}}{18\mu A}$$

$$R3 = \frac{2.5 \times R1 \times V_{UVL}}{V_{OVH} \times (V_{UVL} - 2.5V)}$$

$$R2 = \frac{2.5V \times R1}{V_{UVL} - 2.5V} - R3$$

$$V_{OVL} = \left[(R1 + R2) \times \left(\frac{2.5V}{R3} - 18\mu A \right) \right] + 2.5V$$

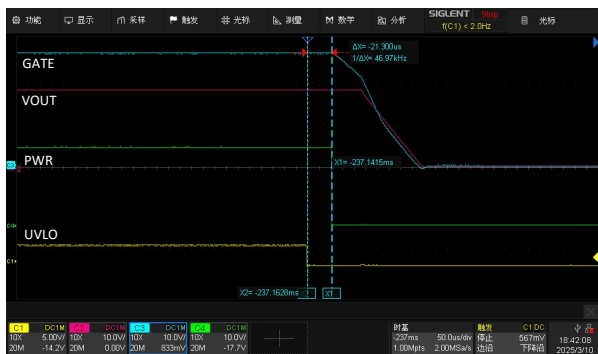


图6 输入欠压保护波形

图5 过压和欠压分别设置电阻选择方式

- 1.先设置输入欠压点 V_{UVL} 和输入欠压恢复点 V_{UVH}
- 2.根据设置的欠压和欠压恢复点计算R1和R2的阻值，公式如下
- 3.设置输入过压点 V_{OVH} 和输入过压恢复点 V_{OVL}
- 4.根据设置的过压和过压恢复点计算R3和R4的阻值，公式如下

$$R1 = \frac{V_{UVH} - V_{UVL}}{18\mu A} = \frac{V_{UV(HYS)}}{18\mu A}$$

$$R2 = \frac{2.5V \times R1}{V_{UVL} - 2.5V}$$

$$R3 = \frac{V_{OVH} - V_{OVL}}{18\mu A} = \frac{V_{OV(HYS)}}{18\mu A}$$

$$R4 = \frac{2.5V \times R3}{V_{OVH} - 2.5V}$$



图7 输入过压保护波形

6.2 LMX5069的各种Timer时间设置说明

LMX5069的Timer具有多功能的时间设置，在不同的工作点具有不同的时间设置。

如图8所示：

t1时间是输入上电时的insertion time，避免输入电压在上电过程中的震荡引起的反复开关造成器件损伤。当输入电压VIN达到VINSERT（典型值6.5V）时，Timer以4μA给引脚外部的电容充电，充电电压达到3.6V时，Timer电容会被1.5mA电流快速下拉，Timer关断。LMX5069的GATE开始驱动外部MOSFET。其充电时间公式如下所示：

$$t1 = \frac{C_{Timer} \times 3.6V}{4\mu A}$$

t2时间是功率限制时间和过流保护的延迟时间。当GATE打开时，如果后级负载较重或有电解，会超过PWR设置的功率限制，在t2时间内，如果负载还是超过功率限制系统将会进入保护重启模式；反之如果在t2时间内负载低于功率限制值，GATE会继续抬升到12V至完全开启。另外，当过流保护发生后，Timer也会经过t2的时间，如果在t2时间内一直处于过流保护，那么系统会off外部MOSFET。t2时间的计算公式如下所示：

$$t2 = \frac{C_{Timer} \times 3.6V}{70\mu A}$$

t3 是过流保护或限功率保护发生后，Timer会以70μA电流充电，以2.5μA电流放电，经过8个周期后，引脚电压会在0.8V到3.6V之间，最后一个周期Timer会下降到0.3V，GATE会尝试重启，如果仍然处于保护状态将会继续经过8个充放电周期后继续尝试重启，如图9所示。t3时间的计算公式如下所示：

$$t3 = \frac{C_{Timer} \times 3.6V}{2.5\mu A}$$

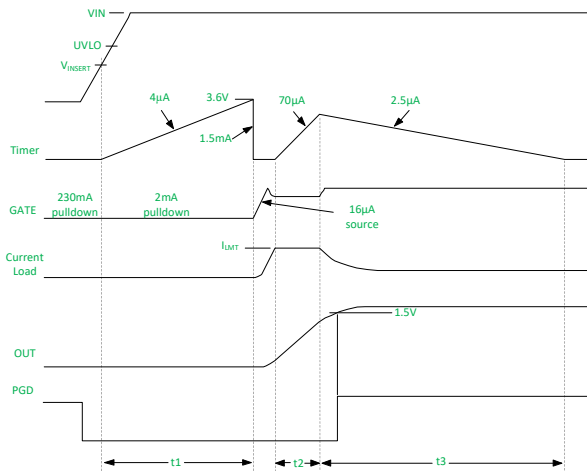


图8 不同功能对应的Timer时间设置

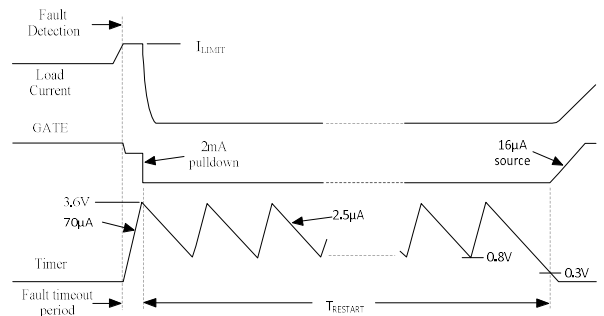


图9 过流保护波形

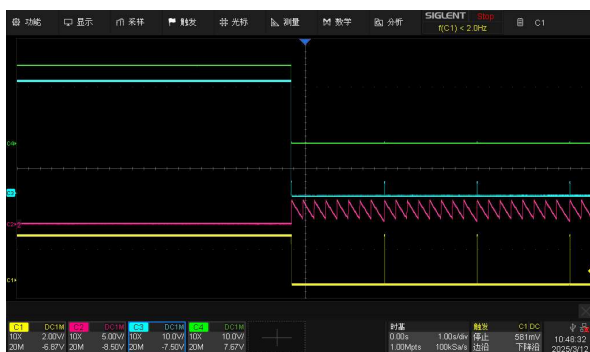


图10 过流保护



图11 过流保护恢复



6.3 LMX5069的过流保护和限制功率功能设置

LMX5069通过在SENSE和VIN之间串接采样电阻进行过流保护，阈值为55mV，当SENSE引脚的电压比VIN的电压低55mV时，系统判定为过流，经过Timer设置的t2时间后关断外部的MOSFET。如上页图10和图11所示。功率限制功能主要是保护外部MOSFET，防止工作过程功耗超过MOS的安全工作区。通过SENSE检测主回路电流，并检测输入与输出电压的压差，二者在芯片内部进行积分，与PWR电阻设置的功率进行比较，当实际功率超过设置的值后判定为过功率保护。

前述两者保护与Timer电容的设置互相匹配，可以对负载大电解进行软起动保护功能以及系统的保护功能，主要过程如下：

第一步根据需要的过流值IOL设置过流的SENSE电阻，阈值为55mV，公式如下：

$$R_{SENSE} = \frac{55\text{mV}}{I_{OL}}$$

第二步根据选择的采样电阻，确认功率限制的值，在限制功率时，考虑采样精度，采样电阻的最小限制电压推荐为5mV，当然用户也可以选择其他V_{SENSE}的电压值，如10mV，20mV等。

$$P_{LIM,MIN} = V_{DS} \times \frac{V_{SENSE}}{R_{SENSE}}$$

V_{DS}最大时为最大输入电压VIN,MAX，那么最小的功率限制由上述公式可以得到以下公式

$$P_{LIM,MIN} = \frac{5\text{mV} \times V_{IN,MAX}}{R_{SENSE}}$$

第三步根据设置的功率限制值，计算PWR引脚的电阻，公式如下

$$R_{PWR} = 1.8 \times 10^5 \times R_{SENSE} (P_{LIM} - 1.00\text{mV} \times \frac{V_{DS}}{R_{SENSE}})$$

第四步计算过流和限功率的延迟时间Fault time，即5.2章节中的t2时间

$$T_{FLT} = \frac{3.6V \times C_{Timer}}{70\mu A}$$

第五步根据所选MOSFET的SOA安全工作区，与设置的T_{FLT}时间，最大的V_{DS}电压即VINMAX进行比较，检查所设置的功率是否超过MOSFET的安全工作区。

第六步根据功率限制和Fault time的设置以及输出电解电容的大小确认是否可以一次启动。

按照评估板的参数进行详细的说明

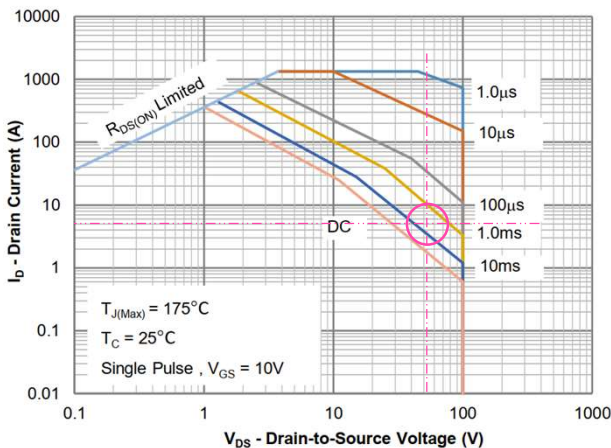


图12 MX10T01AHTL安全工作区示意图

最大输入电压	54V
最大过流电流	20A
SENSE电阻	2.5mohm
Timer电容	100nF
PWR电阻	40kohm
输出电解电容	100uF
功率限制值	110W
功率限制电流	110W/54V=2.03A
Fault time	5.1ms
电解充电时间	≈100uF*54V/2.03A=2.7ms<5.1ms

根据MX10T01AHTL的安全工作区，在保护发生时，保护延迟时间为5.1ms，在SOA中5ms时54V对应的电流为4.8A左右，而功率限制电流为2.03A<4.8A，所以设计满足MOSFET的安全工作区。

如果是多MOSFET并联，功率限制建议用户采用单个MOS计算，避免MOS的开启阈值不同造成的冲击电流的不同，阈值低的MOS将会承受全部的冲击电流。

6.4 LMX5069的PGD功能说明

LMX5069的PGD是内部开漏输出，需要通过电阻外部上拉，极限耐压可到120V。在VIN上电之后，PGD保持为高，当VIN达到3V时，PGD被下拉，且一直保持为低。随着输出电压的上升，直到输出电压与输入电压的压差小于1.5V时，PGD变高，此时证明输出已经基本建立。如下图所示。

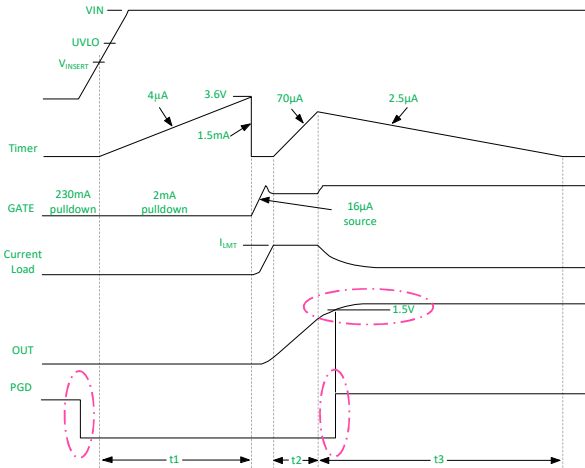


图13 PGD建立示意图

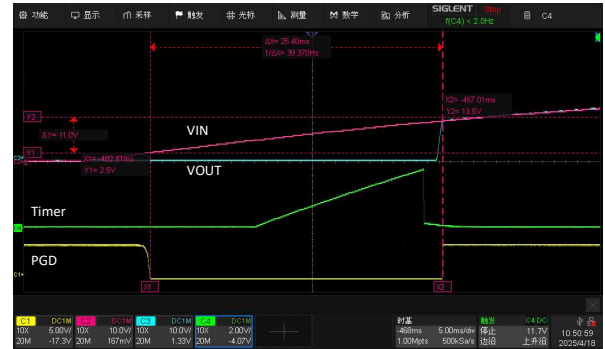


图14 上电过程中的PGD波形

6.5 用户遇到的问题分析

6.5.1 在Timer的insertion time结束后，GATE没有立即开始上升，而是经过一段时间GATE才开始建立，经过对各个引脚的波形测试发现，UVLO通过分压电阻设置，且电阻值较大，导致UVLO上升较慢，在Timer结束时没达到2.5V的阈值，如图15所示，UVLO分压电阻改小后正常，如图16所示。

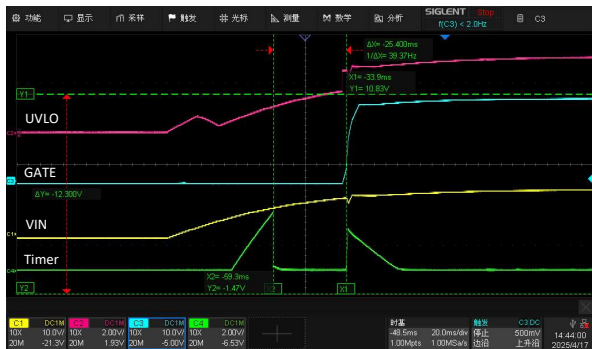


图15 UVLO电阻较大开启过程

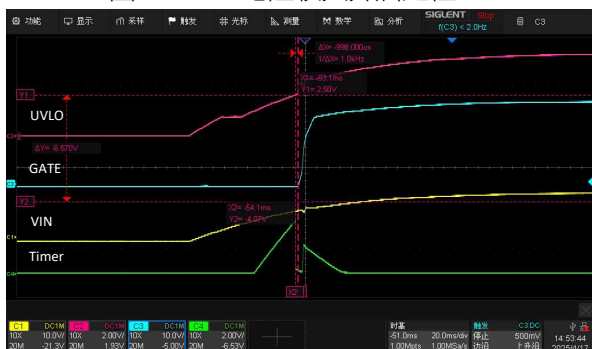


图16 UVLO电阻较小开启过程

6.5.2 在负载电容较大的情况下，由于限功率的原因，在固定的Fault time时间内，电解电容未能一次充满电，导致在启动时出现反复重启的现象，如图17所示。主要解决方案有两个，一个是讲Fault time的时间延长，一种是在安全的范围内将功率限制调大。如图18为Fault time时间加长的波形。

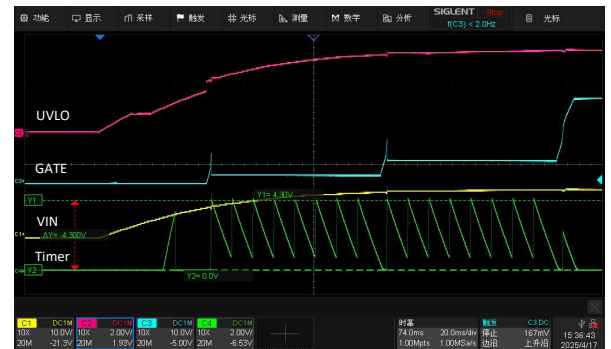


图17 大电解开启时的多次重启波形

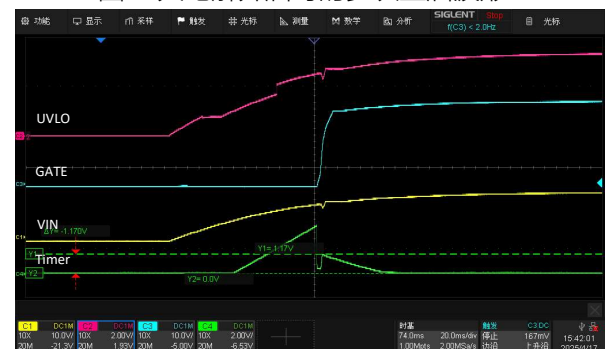


图18 Fault time时间加长后的一次启动波形

7. 测试设备

设备名称	型号	品牌	校准
可编程直流源	IT6953A	ITECH	YES
可编程直流源	JBZ8420-160-30	JBZ	YES
电子负载	FT63212-150-120	JBZ	YES
示波器	MDO3034	Tektronix	YES
电流探头	TCP0020	Tektronix	YES
万用表	F15B	FLUKE	YES

8. 版本信息

V10: 初始版本
V11: BOM表元件参数调整