

一种基于 python 的双脉冲波形自动分析方法

编写：栗赛男 审阅：陈浩

目录

前言	2
软件流程	2
软件使用方法简介	3
功能概述	8
参数定义	9
开通波形	9
关断波形	9
反向恢复波形	10
结论	10



斯达半导体有限公司

STARPOWER SEMICONDUCTOR LTD.

前言

在双脉冲测试中，实验人员往往需要读取大量参数，当波形较多时，读波过程将会耗费近一半的实验时间。而示波器自带的波形读取功能往往不能覆盖实验人员所需要的参数，而且参数读取标准固定，无法修改，一旦与实验所需标准不符，就只能手动读取。不同品牌示波器生成报告不统一，操作过程也很复杂，报告中会有大量冗余部分，不能直接在会议中使用。

python 读写难度低，有利于降低维护成本，该程序选用 python 编写，为使用人员提供更多便利。

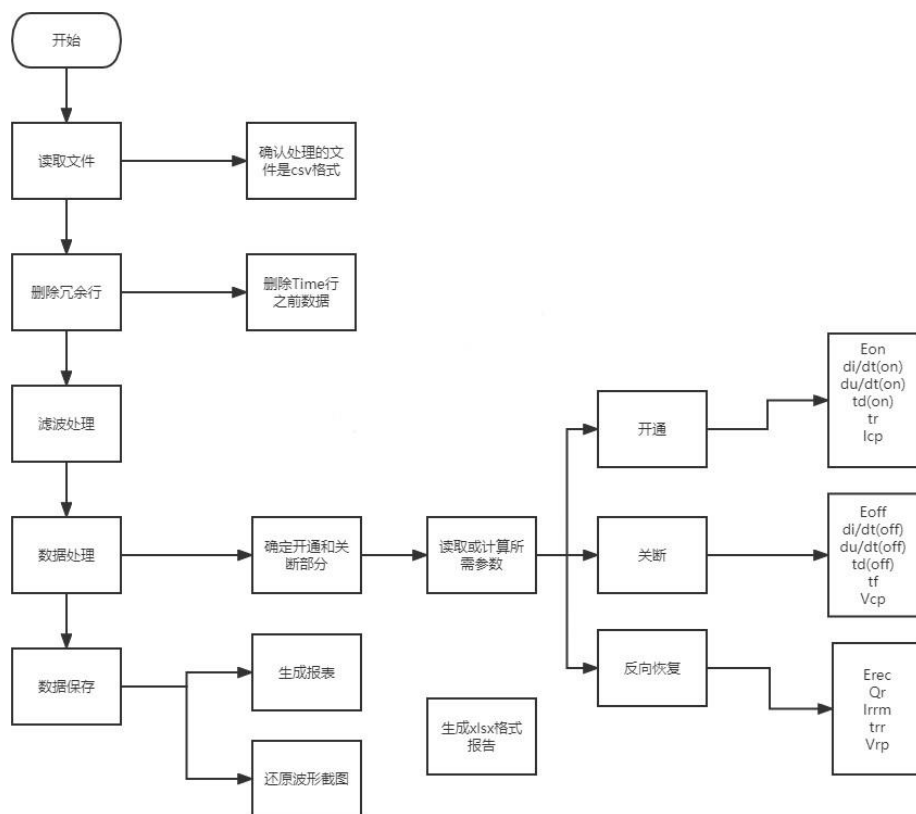
软件流程

使用 python 根据使用者所选择通道数自动选择代码对示波器生成的 csv 文件进行处理；将处理后数据导入计算模块，得出常用参数，使用者可自行修改参数定义；根据波形数据生成截图，统一存在报告文件夹中，并插入对应波形报告；每一次运行可以处理条件相同的多份文件，并将多个波形数据统一汇总在一份汇总报告中，每个波形另生成一个单独的含有波形多位置截图的详细报告。



斯达半导体有限公司

STARPOWER SEMICONDUCTOR LTD.



图一 软件流程图

软件使用方法简介

根据所选示波器的不同，使用 python 程序通过波形 csv 文件自动查找双脉冲特征值，并根据波形排除探头等问题对波形的干扰；对处理过的波形进行计算得到所需参数。

原始波形处理模块，从自选文件夹中获取示波器进行双脉冲测试生成的 csv 文件，并根据使用人员在操作面板上选择的示波器通道数对波形进行统一处理；



双脉冲波形自动读数

D:/Double pulse-T001/Data 原文件位置

D:/Double pulse-T001/report 报告输出位置

请输入Vge正压: 15

请输入Vge负压: -8

请输入母线电压: 600

请输入生成波形范围: 2 (常用值为2):

请选择示波器通道数:

4通道 5通道 6通道 其他通道数

反向恢复尖峰是否过小

是 否

开始 退出

选择其他配置

图二 软件主界面

计算模块包含 IGBT 和二极管两大部分的相关参数计算。该模块会根据经过统一处理的波形数据进行计算。波形的开通关断由门极的数值判定,使用人员在软件主界面输入母线电压,正负门极驱动电压,在图片生成模块,程序会根据处理好的数据生成完整波形,开通波形,关断波形,反向恢复波形四张截图。其中开通波形和反向恢复波形的截图以 I_{cp} 所在位置为中心,关断波形以 V_{cp} 为中心,默认整张图片时间轴为 $2\mu s$,当波形有振荡时,可能会出现损耗计算的截至位置据图片中心较远,以至于无法被取进截图中,程序会自动延长时间轴,让波形能够更完整的被观测到。使用人员可按需求在操作面板上更改时间轴总长度,任意放大缩小波形。按键选中会变为绿色,开始运行前请确认通道数和反向恢复尖峰两项已选中。如无特殊需求,填写完毕后直接点击开始进行运行。

点击选择其他配置,进入自定义配置界面。



斯达半导体有限公司
STARPOWER SEMICONDUCTOR LTD.

双脉冲波形自动读数

屏幕上有且仅有4条波形: ☐

请确认示波器通道配置:

Vge: Vf: Vce:

If: Ic: 对管Vge:

自选生成图片电压纵坐标范围

最大值: 最小值:

自选生成图片电流纵坐标范围

最大值: 最小值:

是否输出损耗截图: ☐

是否生产excel报告: ☐

是否输出全部参数对应截图: ☐

电流探头校准(ns): Ic: If:

If是否需要反向: ☐

是否需要波形漂移校准:

If: ☐ Vf: ☐ Ic: ☐ Vce: ☐

确定

图三 自定义配置界面

使用 4 通道示波器存储波形，有时会出现忘记关闭未使用通道，或除常用三条波形外还勾了其他波形的情况，此时屏幕中有且仅有 4 条波形，该项选是。

如与通道使用默认定义不同，修改对应波形后数字，如 Vge 用 3 通道，则图二中 Vge 后数字由 1 改为 3。如使用 4 通道，只需修改 Vge, Vce, Ic, 其他波形不需改动。注意：需要读取的波形通道不能重复，如 Vce 和 Ic 不能同时为通道 2。

电压电流的纵坐标根据数据最大值自动生成，若使用人员有额外要求，可根据需求在操作面板上修改纵坐标最大最小值，对波形进行纵向缩小或放大。

软件默认生成开通，关断，反向恢复，完整图片四张图，如果不需要，是否生成损耗截图项选否。在数据处理模块中，程序会根据示波器的通道数判断生成的报告是否包含二极管反向恢复，并根据截图的数量生成 sheet，在每一个 sheet 中详细列出截图中的参数。如果需要读取的波形数量过多，且不需要生成该报告，可在是否生产 excel 报告项选否，以提升运行速



斯达半导体有限公司

STARPOWER SEMICONDUCTOR LTD.

度。

除损耗波形外，该程序还支持输出 $du/dton$, $du/dtoff$, $di/dton$, $di/dtoff$, $tdon$, tr , $tdoff$, tf 等八张图片对应位置波形，方便进行更直观的对比。如需使用该功能，可在是否输出全部参数对应截图项选是。

在测试时如果忘记进行电流探头校准，可在配置页中输入对应探头校准量，单位为 ns，向左平移为负，向右平移为正。

If 电流正负如与测试方向相反，If 是否需要反向项选是。

在测试时若出现探头漂移问题，将导致波形数据读取误差，可在是否需要波形漂移校准项对应波形处选是，程序将自动进行波形漂移校准。

配置修改完成后，单击最下方确定键，返回主界面。如果此时主界面内容已填写完毕，点击开始即可运行。

The screenshot shows a software configuration window titled 'D:/Double pulse-T001/Data'. It contains several input fields and buttons:

- Original file location (原文件位置): D:/Double pulse-T001/Data
- Report output location (报告输出位置): D:/Double pulse-T001/report
- Input Vge positive voltage (请输入Vge正压): 15
- Input Vge negative voltage (请输入Vge负压): -8
- Input bus voltage (请输入母线电压): 700
- Input waveform range (请输入生成波形范围): 2
- Select oscilloscope channels (请选择示波器通道数): 4通道, 5通道, 6通道 (6通道 is selected)
- Reverse recovery peak too small (反向恢复尖峰是否过小): 是 (selected), 否
- Buttons: 开始 (Start), 退出 (Exit), 选择其他配置 (Select other configuration)

A small pop-up window titled '已完成' (Completed) with a '确定' (Confirm) button is overlaid on the main window.

图四 运行完成界面

运行完成后出现已完成弹窗，点击确定关闭。

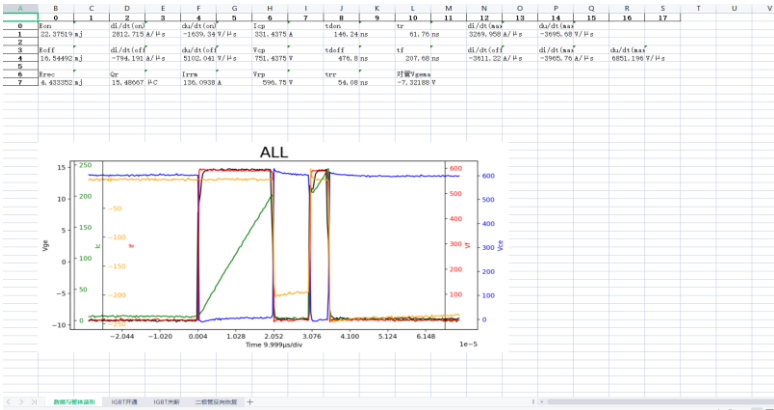
数据汇总模块会将所有数据写进一个 excel 中，使用者可以更方便的对比一次测试的所有数据。运行结果储存在主界面所选文件夹中。如果在配置界面选择输出全部图片，则自动生成 Pic 文件夹储存八张新增图片



磁盘 (D:) > Double pulse-T001 > report >

- Pic
- 125 ml 700 150a 11.8 1.5 0.5-h_ALL.csv
- 125 ml 700 150a 11.8 1.5 0.5-h_ALL.csvALL
- 125 ml 700 150a 11.8 1.5 0.5-h_ALL.csvDiode turn off
- 125 ml 700 150a 11.8 1.5 0.5-h_ALL.csvIGBT turn off
- 125 ml 700 150a 11.8 1.5 0.5-h_ALL.csvIGBT turn on
- 数据汇总

图五 运行结果存储



图六 报告内波形及数据



数据汇总 - Excel																													
文件 开始 插入 页面布局 公式 数据 审阅 视图 告诉我想要做什么...																													
剪切 复制 格式刷 粘贴 格式 等线 11 A A' 自动换行 常规 条件格式 套用表格格式 单元格格式 插入 删除 格式 填充 清除 排序和筛选 查找和选择																													
剪贴板 字体 对齐方式 数字 样式 单元格 编辑																													
A1																													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y				
1		Eon	di/dt(on)	A du/dt(on)	Vcp	A	tdon	tr	di/dt(max)	du/dt(max)	Eoff	di/dt(off90)	du/dt(off)	Vcp	A	tdoff	tf	di/dt(off90)	di/dt(max)	du/dt(max)	Erec	Qr	Uc	Irrm	A	Vrp	trr	对管 Vgem	pmax
2	12SC-100I	4.465579	2107.689	-4253.93	187.9003		52.16	44.16	2259.827	-4702.76	4.385656	-1574.81	15330.19	925.8027		262.72	50.88	-1779.85	-2599.33	20938.11	6.79918	12.44033	94.79688	776.4079	126.08	nan	60677.63		
3		Eon	di/dt(on)	A du/dt(on)	Vcp	A	tdon	tr	di/dt(max)	du/dt(max)	Eoff	di/dt(off90)	du/dt(off)	Vcp	A	tdoff	tf	di/dt(off90)	di/dt(max)	du/dt(max)	Erec	Qr	Uc	Irrm	A	Vrp	trr	对管 Vgem	pmax
4	12SC-100I	4.517969	2107.689	-4220.78	187.4297		52.48	43.84	2259.827	-4980.47	4.349782	-1577.33	15186.92	930.1563		262.72	50.56	-1759.19	-2599.33	20962.52	6.776434	12.44033	94.79688	776.5313	126.08	nan	60512.7		
5																													
6																													

图七 数据汇总

功能概述

1.根据所选示波器通道数的不同,使用不同方法通过波形 csv 文件自动查找双脉冲特征值,并根据波形排除探头漂移等问题对波形的干扰。

2.对处理过的波形进行计算得到所需参数,包括:

IGBT 开通: Eon, di/dt(on), du/dt(on), lcp, tdon, tr, di/dt(max), du/dt(max)

IGBT 关断: Eoff, di/dt(off90~10%), du/dt(off), Vcp, tdoff, tf, di/dt(off90~50%), di/dt(max), du/dt(max)

二极管反向恢复: Erec, Qr, Irrm, Vrp, trr, 对管 Vgemax

3.根据波形数据生成完整波形、开通波形、关断波形、反向恢复波形图片。

4.将所得参数和波形图片汇总生成报告。



斯达半导体有限公司

STARPOWER SEMICONDUCTOR LTD.

5.通道定义: CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6
Vge	Vce	Vf	IC	If	对管 Vge

参数定义

开通波形

Eon: 积分区间: 开通波形中 10%Ic 到 2%Vce

Icp: 开通波形中, 开通电流尖峰

tdon: 10%Vge 到 10%Ic 的时间

tr: 10%Ic 到 90%Ic 的时间

di/dt (on): 50%Ic 到 Ic+(Icp-Ic)*50%

du/dt (on): 90%Vce 到 10%Vce

di/dt (max): 光标间隔取 10ns, 以 1ns 每格为步长, 在 50%Ic 到 Ic+(Icp-Ic)*50%间移动, 取最大斜率

du/dt (max): 光标间隔取 10ns, 以 1ns 每格为步长, 在 90%Vce 到 10%Vce 间移动, 取最大斜率

关断波形

Eoff: 积分区间: 10%Vce 到 2%Ic

Vcp: t1 的一半到 t2 的一半的 Vce 最大值

tdoff: 90%Vge 到 90%Ic 的时间

tf: 90%Ic 到 10%Ic 的时间

di/dt (off): 90%Ic 到 10%Ic



斯达半导体有限公司

STARPOWER SEMICONDUCTOR LTD.

du/dt (off): 10%Vce 到 90%Vce

di/dt (max): 光标间隔取 10ns, 以 1ns 每格为步长, 在 90%Ic 到 10%Ic 间移动, 取最大斜率

du/dt (max): 光标间隔取 10ns, 以 1ns 每格为步长, 在 10%Vce 到 90%Vce 间移动, 取最大斜率

di/dt (off90%-50%): 90%Ic 到 50%Ic (当电流关断波形有拖尾时, 该数据更准确)

反向恢复波形

Erec: 积分区间: If 等于 0 的点到 2%Irrm

Qr: 积分区间: If 零点到 2%Irrm

Irrm: 反向恢复尖峰电流

Vrp: 反向恢复尖峰电压

trr: If 零点到 20%Irrm 时间

对管 Vgmax: t2 的一半到 t3 的一半区间内对管 Vge 最大值

结论

双脉冲的波形读取占用了实验时间, 用户使用该软件可大大提高测试效率。软件中开放了大量自定义配置项, 为使用者提供了极高的容错率。该软件可直接生成多个参数对应位置的波形截图, 并生成测试报告, 为使用者后续进行对比分析提供便利。