

示波器、信号发生器和可编程电源

Xuan yi, 复旦大学核科学与技术系

摘要: 示波器、信号发生器和可编程电源是核电子学实验中的常用仪器。本实验结合核电子学的需要, 练习了这些仪器的常用功能。为后续实验的基础技能作准备。

关键词: 示波器 信号发生器 可编程电源

一、引言

示波器、信号发生器和可编程电源是核电子学实验中的常用仪器。本实验结合核电子学的需要进行了如下内容:

- 用信号发生器模拟了方波和高斯脉冲, 并用示波器验证
- 使用信号发生器和可编程电源产生 6 V 的直流信号, 并用示波器的单次触发功能捕捉其产生过程。
- 利用可编程电源简单测量 LED 的伏安特性曲线
- 利用信号发生器产生提前由计算机编辑好的阶梯型脉冲的波形
- 利用信号发生器产生预存储的波形文件。

二、实验目的

结合核电子学的需要, 掌握示波器、信号发生器和可编程电源的常用功能。

三、实验原理

数字示波器是集数据采集, A/D 转换, 软件编程等一系列的技术制造出来的高性能示波器。其工作方式是通过模数转换器 (ADC) 把被测电压转换为数字信息。数字示波器捕获的是波形的一系列采样值, 并对采样值进行存储, 随后根据所存储的数据重构波形并在显示屏上显示出来。

信号发生器是一种能提供各种频率、波形和输出电平电信号的设备。在测量各种电信系统或电信设备的振幅特性、频率特性、传输特性及其它电参数时, 以及测量元器件的特性与参数时, 用作测试的信号源或激励源。

可编程任意电源就是某能或参数可以通过计算机软件编程控制的电源。不仅为实验测试工作提供了极大的便利，也使得测试工作更加安全，不仅为使用者，也为实验电路和设备提供了更好的保护。

四、实验装置

1. NIM 机箱一台
2. MSO2022 数字示波器一台
3. DG4102 信号发生器一台
4. DP832 可编程电源一台
5. ARK-6322 工作机
6. BNC 同轴线缆若干
7. U 盘（用于拷贝 raf 文件并保存数据）
8. LED 灯

五、实验步骤

Step1: 使用信号发生器的 CH1 通道，选择“Pulse”功能，产生一个低电平为 0 V、高电平为 5 V、周期为 20 μ s 的信号，使用同轴电缆将其显示到示波器上，记录波形。使用信号发生器的 CH2 通道，选择“Arb”中的“内建函数”中的“GaussPulse”，设置低电平为 0 V、高电平 4 V，将其显示到示波器上，调节其周期使得在示波器上观察到的高斯脉冲的半高全宽接近 10 μ s，记录波形。

Step2: 使用信号发生器的内建函数中的 DC 输出 6 V 直流信号，观察输出信号及其噪声。将此时关闭信号发生器的输出，将示波器调整为单次触发模式，触发阈设为 4.00 V，打开信号发生器的输出，观察电压变化波形。这个过程可能要多试几次以确定适合的幅度/格和秒/格参数设置。选择合适的参数设置，记录波形。

Step3: 使用可编程电源恒压输出模式输出 6 V 直流信号，观察输出信号及其噪声，重复 Step2 的操作。

Step4: 使用 NIM 机箱输出 6 V 直流信号，观察输出信号及其噪声，重复 Step2 的操作。

Step5: 使用可编程电源的恒流输出模式给红色 LED 供电，电流选择 2 mA, 4 mA, ..., 20 mA,

从可编程电源上读取电压，简单绘制 LED 的伏安特性曲线。

Step6: 使用可编程电源的恒流输出模式给红色 LED 供电, 电流选择 2 mA, 4 mA, ..., 20 mA, 从可编程电源上读取电压，简单绘制 LED 的伏安特性曲线。

Step7: 使用信号发生器读取预先编辑好的波形文件，并将其输出到示波器上，观察并记录波形。

Step8: 使用信号发生器读取预存的文件 w.raf，将其输出到示波器上，观察并记录波形。

六、实验结果和分析

6.1 方波脉冲和高斯脉冲

实验中读取的方波脉冲如图7所示

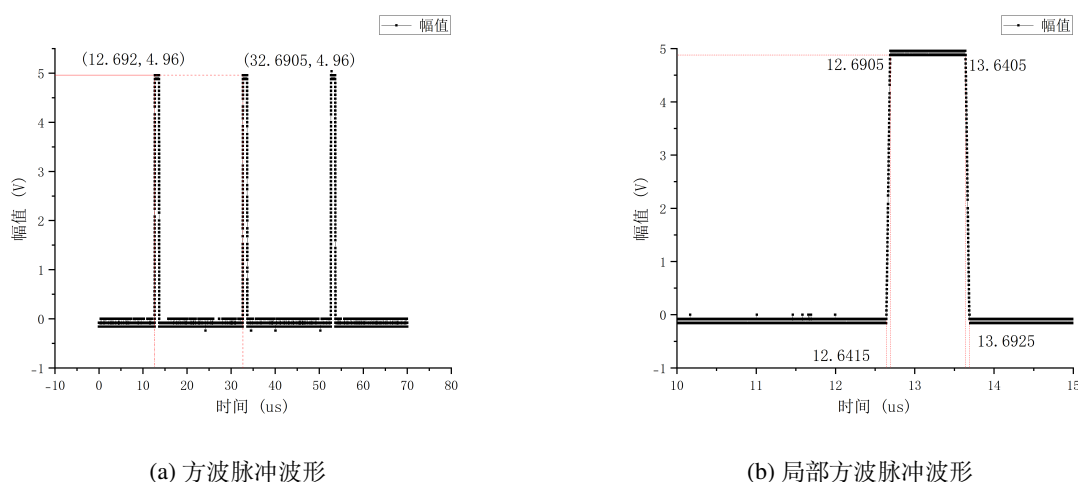


图 1 方波脉冲

图1b是图1a中的第一个峰。两个图中的标注的数据点为电平跳变前后的第一个或最后一个点。可以看出，输出波形基本满足周期为 20 μs ，脉宽为 1 μs ，高低电平分别为 5 V, 0 V 的要求。

实验中读取的高斯脉冲如图2所示，将其用高斯函数拟合，得到的结果如表1所示，表中参数 w 是半高全宽，拟合函数的形式为

$$y = y_0 + A \frac{\exp\left(-\frac{4 \ln 2 (x-x_c^2)}{w^2}\right)}{w \sqrt{\pi/(4 \ln 2)}}$$

结果表明，半高全宽为 $9.9420\mu\text{s}$ 接近 $10\mu\text{s}$ ，低电平为 $y_0 = -0.12\text{V}$ ，高电平为 $y_0 + \frac{A}{w\sqrt{\pi/(4\ln 2)}} = 3.86$ ，基本和预期一致。拟合结果的高低电平均略低与设定值。

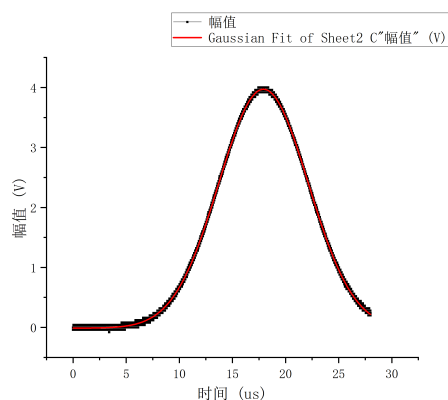


图 2 高斯脉冲

表 1 高斯函数拟合

拟合参数	拟合结果
y_0	-0.01207 ± 0.00017
x_c	17.9278 ± 0.0003
A	42.069 ± 0.005
w	9.9240 ± 0.0007
确定系数	0.9998

6.2 直流电产生的动态过程

6.2.1 信号发生器

使用信号发生器产生 6V 直流电信号的过程如图3所示，从 0V 上升到 6V ，大约耗时 6.1ns 。

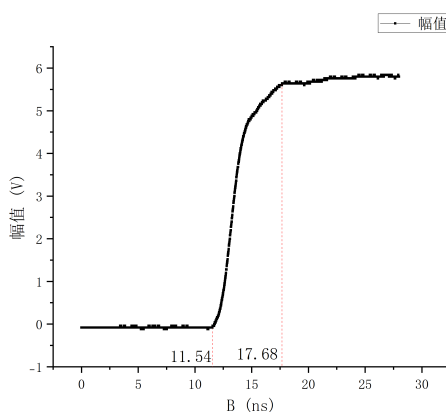


图 3 信号发生器产生直流信号

6.2.2 可编程电源和 NIM 机箱

使用可编程电源和 NIM 机箱产生 6V 直流电信号的过程分别如图4和图5所示，从 0V 上升到 9V ，分别耗时 28ms 和 9ms 。

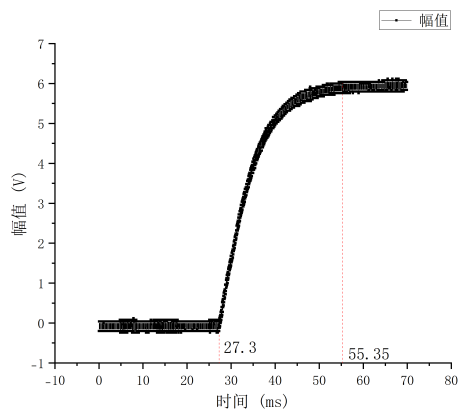


图4 可编程电源产生直流信号

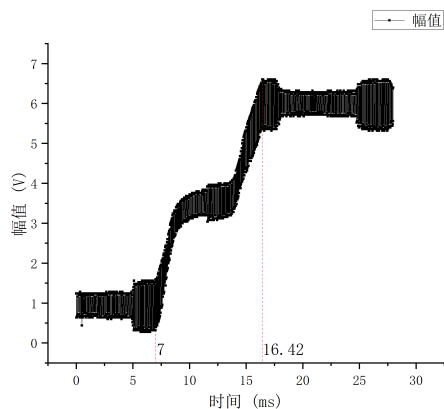


图5 NIM 机箱产生直流信号

6.2.3 三种电源的上升时间

表2 三种电源产生6V直流信号的上升时间对比

电源类型	上升时间
信号发生器	7 ns
可编程电源	9 ms
NIM 机箱	28 ms

6.3 LED 伏安特性曲线

用可编程电源粗略测量红色 LED 得到其伏安特性曲线如图6所示，观察到 $I = 2\text{ mA}$ 的数据点明显偏离变化趋势，将其舍去。该点可能是由于电流过大而击穿导致的。

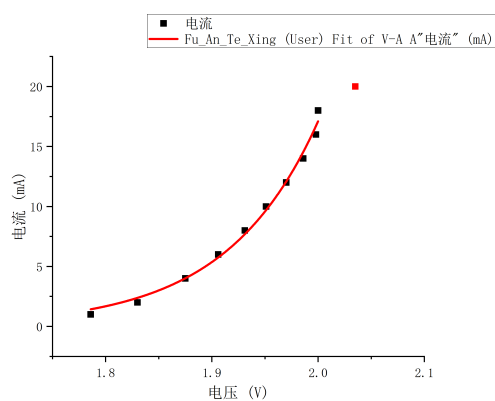


图6 红色 LED 伏安特性曲线

表3 伏安特性曲线拟合结果

参数	拟合结果
A	$1.4 \pm 1.5 \times 10^{-9}$
U_0	0.086 ± 0.005
决定系数	0.99298

采用伏安特性曲线经验公式(1)拟合

$$I = A \left[\exp \left(\frac{U}{U_0} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

拟合结果如表3所示，通过拟合结果可知导通电压为 $U_0 = 0.086 \pm 0.005 \text{ V}$

6.4 512 阶梯波形

用示波器和信号发生器读取提前编辑好的波形，在示波器上展示并读取，读取到的数据如下

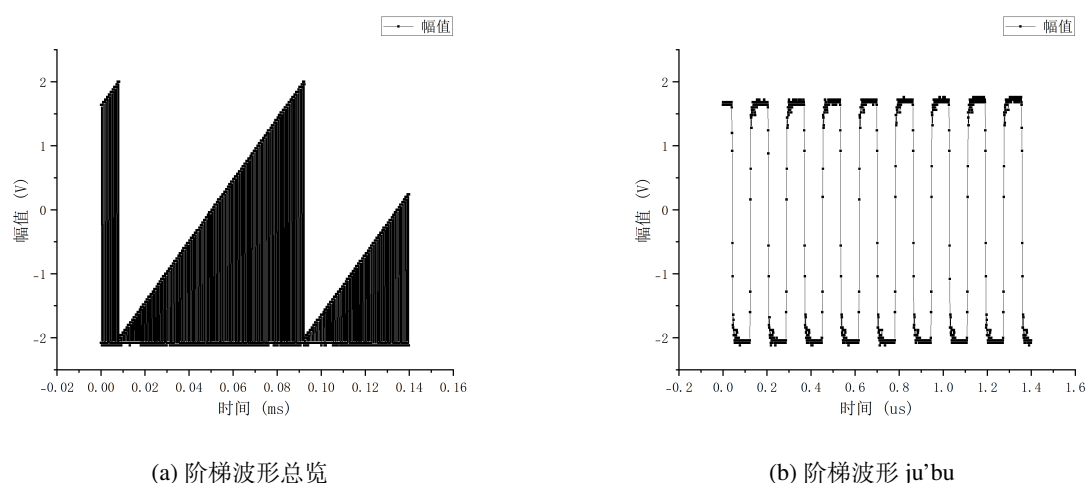


图 7 方波脉冲

可见除了脉宽不符合 $10 \mu\text{s}$ 外，其余均符合条件。对于脉宽不符合条件这一原因，可能是由于信号发生器的周期参数设置不正确。

6.5 w.raf 波形

用信号发生器读取 w.raf 其输出到示波器上，观察到波形为一系列均匀分布但高度不等的小波形组成，每个小波形为跳变到某一值后按指数衰减的波形。相邻两个小波形的间距为 630 ns ，基线为 -2.560 V ，峰值在 $-0.620 \sim 1.180 \text{ V}$ 之间随机波动。推测可能是在输入到前置放大器产生的波形。

七、实验结论

- 通过本实验的学习，学生加强了对示波器、信号发生器和可编程电源的理解，验证了其常用功能。
- 通过示波器的单次触发功能，大致估测得到信号发生器、可编程电源、NIM 机箱产生 6 V 的直流信号的上升时间分别为 7 ns , 9 ms , 28 ms 。
- 通过可编程电源的恒流输出模式测量红色 LED 的伏安特性曲线，初步得到其导通电压为 $U_0 = 0.086 \pm 0.005 \text{ V}$

-
- 利用信号发生器和示波器，测得 w.raf 文件是间隔为 630 ns 的、基线为 -2.560 V 、峰值为 $-0.620 \sim 1.180\text{ V}$ 之间的指数衰减信号。

A、附录

看到好多同学不太会编写波形文件，软件下载也比较麻烦，就用 jupyter notebook 写了一个放到了 Github 上¹。用 jupyter 主要是下载 UltraEdit 比较麻烦。关于 python 编辑二进制（十六进制）文件，我也是临时学的，代码肯定是不够优雅的。

<https://github.com/Xuanyiyiren/Fundamental-Laboratory-Experiment-in-Nuclear-Electronics/tree/main/editor>

¹其实主要是花了很长时间才搞出来，不放出来觉得好亏