

⑤ 24-28

冲击高电压数字测量技术及装置研究

Study of the Digital Measurement Technique and Apparatus for Impulse High-Voltage

陈先禄

Chen Xianlu

(重庆大学, 重庆, 630044)

邹建明

Zou Jianming

(武汉水利电力大学)

TM1933.2

A

摘要 所提出的用于测量冲击高压的数字测量装置由高速 A/D 转换器(20 MHz)单片机接口及其它性能优良的高速数字集成电路组成。具有固定单次瞬态波形、存贮、处理和分析波形数据及检测冲击高压峰值等功能。

关键词 冲击高压; 数字测量; 装置

中国图书资料分类法分类号 TM932

冲击电压, 高电压

ABSTRACT A digital measurement apparatus is developed for Impulse high voltage. The apparatus composes of a high speed A/D converter (20 MHz), a single-chip computer interface and some other high speed digital analog intergrated circuits with excellent function. It is characteristic of fixing transient waveforms, storing, processing and analysing waveform data, measuring maximum value of impulse high voltage.

KEYWORDS impulse high voltage; digital measurement; apparatus

0 引 言

冲击高电压测量技术至今已有60年的发展历史,直到现在也仍然是一门时兴的科学领域。早期的用于测量冲击高压的工具是分压器加高压脉冲示波器,指针式或数字式的冲击电压峰值电压表及截断时间装置。这些传统的测量装置或是测量误差很大,或是不能直接读取波形参数,需利用照相机拍照,浪费很大的人力和物力。既不经济又不方便。随着微电子技术的迅猛发展,数字技术已逐渐被应用到高电压测量的领域中^[1]。数字测量较之传统的测量方法具有精度高,能长期固定、存贮冲击高压波形以及能利用微机对波形数据进行分析处理等优点。早在70年代末80年代初,国外很多专家对这个方面就作了大量的研究,如 Malewski R. 博士^[2]。近年来,鉴于冲击电压数字测量技术的日益重要性和广泛性,国际大电网会议(CIGRE)已准备将冲击电压数字测量仪标准化。国内对这方面的研究起步较晚,但随着国外数字冲击测量仪器对国内市场的冲击,各大专院校、科研机构已对数字测量技术在高压中的应用逐步重视起来。本文研制出一种20 MHz的冲击高电压数字测量装置。本装置用于高压

* 收文日期 1993-10-07

实验室测量雷电冲击波和操作冲击波,具有两个测量通道,可以同时独立地测量两个不同的波形。采用8031单片机进行数据处理,求取波形参数,是本装置的另外一个独特之处。本装置的分辨率为8位,存贮容量为4 k。

1 测量原理

在高电压技术领域中,我们遇到最多的单次瞬态现象是雷电冲击电压和操作冲击电压。标准雷电冲击电压波形定义为 $1.2/50 \mu\text{s}$ 。标准操作冲击电压定义为 $250/2500 \mu\text{s}$ 。为了能够测量这两种快速变化的冲击电压,我们设计了如图1所示的测量原理框图。

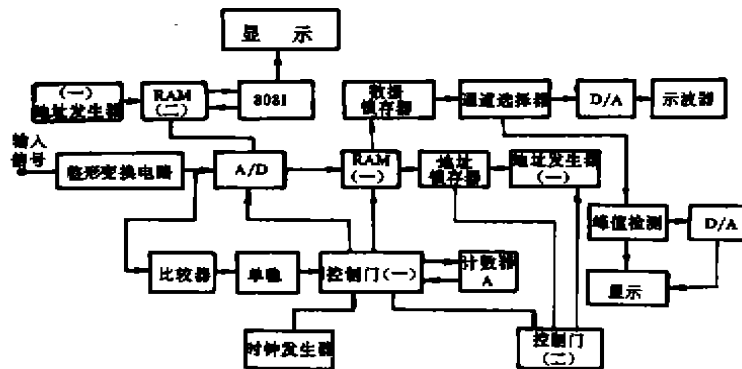


图1 冲击电压数字测量原理框图

图1中所示的原理框图只是本测量装置中一个通道的框图,另外一个通道的原理框图与图1所示的基本一致,只是时序不相同而已。

图1中输入信号的幅值在 $-2\text{ v} \sim +2\text{ v}$ 之间,输入信号通过整形变换电路变到 $0 \sim +2\text{ V}$ 的正极性波被送到A/D转换器,A/D转换器将输入的模拟信号转换成相应的数字信号。这些数字信号一方面通过存贮器(一)被送到D/A转换器,在通用示波器上长期稳定地显示冲击电压的波形。另一方面通过随机存贮器RAM(二)送给单片机8031进行数字处理,包括冲击电压峰值、波前时间和波尾时间的计算。数字处理的结果可直接通过数码管显示。该装置是在时钟发生电路,控制门1和控制门2的控制和作用下工作的。两个通道可独立测两个波形,也可合为一个通道使用。当合为一个通道使用时,采样速率可提高1倍,这个功能是通过数据通道选择器来完成的。

本装置的主体部分是A/D转换器和8031单片机的接口。

1.1 A/D转换器

A/D转换器是本测量装置的核心之一,它担负着将模拟电压信号转换成数字信号的任务。整个测量装置的精度、误差、速率均取决于A/D转换器。在各种A/D转换器中,并行A/D的转换速度是最快的,因为这种转换器是将被测电压与基准电压回路中的各基准电压同时进行比较,并将比较的结果又同时并行输出,因此,其转换速度有很大的提高,但缺点是成本较高。

考虑性能价格比较,本测量装置采用了 20 MHz 、8位的高速闪光并行A/D转换器KSV3208,它是一个采用超大规模集成技术,在单片上集成了一个8位的并行A/D以及其它

的一些辅助电路。如参考电压源、前置放大器、输入限平等的大规模集成电路，它本身是一个 CMOS 集成电路，功耗很小，但它的输入和输出均是与 TTL 电路相兼容的，KSV3208 的频带范围很宽，从 0~100 MHz 都可以正常工作，其转换时序图如图 2 所示。

A/D 的采样时钟 t_c 为保持时间， t_s 为采样时间。图 2 中：

- ① 为模拟信号中的采样点；
- ② 为孔径延迟时间，其最大值为 10 ns；
- ③ 为数字量输出延迟时间，其最大值为 14 ns；
- ④ 为采样点①的有效数字量；
- ⑤ 为一个脉冲周期时间，最小为 50 ns。

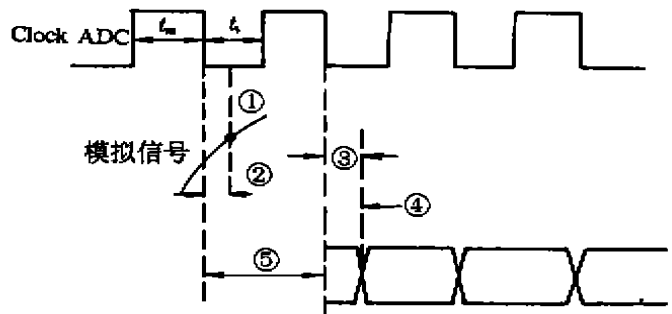


图 2 KSV3208 转换时序图

KSV3208 的最高采样频率为 20 MHz，但我们要根据不同的被测对象选择 A/D 转换器的采样频率，才能保证采样波形的完整和精度。在国际电工委员会 (IEC) 制定的《高压脉冲试验用的瞬态记录仪的文件草案》的讨论草稿中，建议采样频率应大于或等于 $30/T_x$ ，其中 T_x 是被测的时间值。

1.2 单片机 8031

本测量装置在冲击高压的数字测量中引进了单片机技术，利用单片机对冲击高压进行数字化处理，如求峰值，显示波前时间、波尾截断时间、波尾截断时的电压值等。单片机的特点是体积小，价格低廉，功能强。现在国外研制的冲击高压测量装置本身并不具备数字处理功能，它需要通过 IEE-488 母线系统或 RS-232 串行接口与微机相连，在微机上进行数字处理，相比之下，利用单片机，可使成本大大降低，但是功能基本相同。

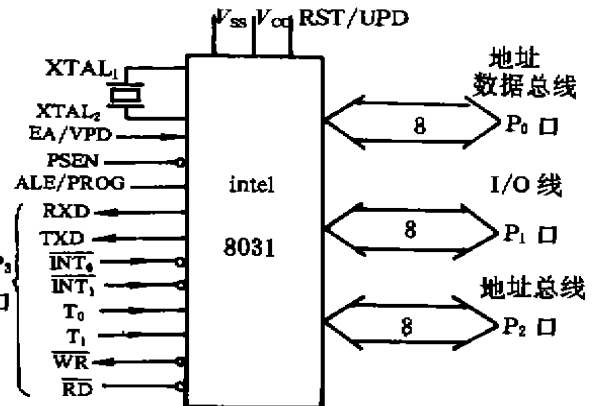


图 3 8031 单片机引脚逻辑符号图

8031 单片机引脚逻辑符号如图 3 所示。

8031 单片机内部无驻留程序存储器，但是有 128 个字节的数据存储器，它的最高时钟频率为 12 MHz，电源功耗为 175 mw，外部数据总线与内部数据总线均为 8 位，地址总线为 16 位，最大可寻址 64 k 的外部数据存储器 and 64 k 的外部程序存储器^[3]。

1.3 8031 与 A/D、D/A 转换器的接口

1.3.1 8031 与 A/D 的接口

由于 A/D 转换器在本测量装置中的采样频率，高达 20 MHz，而 8031 的最高时钟频率仅为 12 MHz，因此，传统的接口方法在此不再适用。为此，设计了下面的接口电路原理框图，如图 4 所示。

在 A/D 采样阶段，开关电路接通地址发生电路的地址总线，A/D 采样的数据被高速存入 RAM 中。在 A/D 停止采样后，开关电路接通 8031 地址总线，RAM 中的数据按照 8031 的指令依次被送入 8031 进行数据处理，这样就保证了 A/D 的数据被正确地传送给 8031。

1.3.2 8031与D/A转换器的接口

经过8031处理后的数据还只是一些离散的二进制数字量,为了明确这些数字量的实际大小,我们还必须进行D/A转换,还原成模拟量,8031与D/A转换器的接口电路如图5所示。

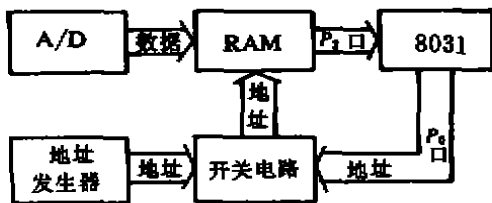


图4 8031单片机与A/D接口的原理框图

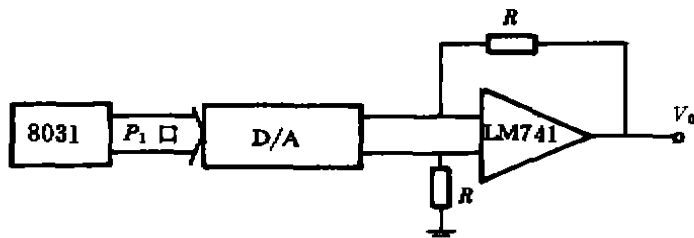


图5 8031单片机与D/A转换器的接口电路

2 峰值检测程序设计流程图

如图6所示,本程序的设计原理与一般的求峰值的思想方法一样,都是采用比较法,比较特殊的地方是本程序根据测量装置的具体情况设置了两组循环。这是由于本装置采用8031作为单片机芯片,8031内部RAM均是两位单字节的,同时采用8031内部工作寄存器R₀作为指针。因此一次传送的最多数据为255个(00H~FFH),但本测量装置外部数据存储器一共存贮有4×1028=4096个数据。因此这4096个数据必须分次传送。求最大值时先求出每次数据的最大值,然后在每次的最大值中再求最大值,这就是我们所要检测的峰值。

由于4k=4096=32×128,因此,我们设计将4k个数据分成32次传送,每次传送128个数据。这样,在具体的程序设计中我们可以设置两组循环,一组为大循环,循环次数为32。一组为小循环,循环次数为128。

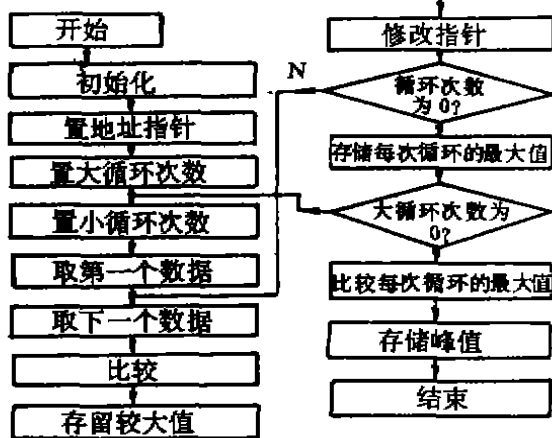


图6 程序设计流程图

3 测量结果及分析

本文研制的测量装置在重庆大学高压试验室中对模拟雷电冲击电压和操作冲击电压进行了测量,测量结果如图7中的图片所示。

从图7中的四张图片可以看出,本测量装置输出的瞬态波形与原波形的波头、波尾时间基本相同,两者的波形形状也基本一致,说明本测量装置的研究是成功的。但是由于前置放大器的零漂,A/D与D/A转换器的转换误差等因素给测量结果带来误差,本测量装置的误差约为-2.5%。须说明,由于示波器的原因,图片a中未能拍摄出扫描基线。

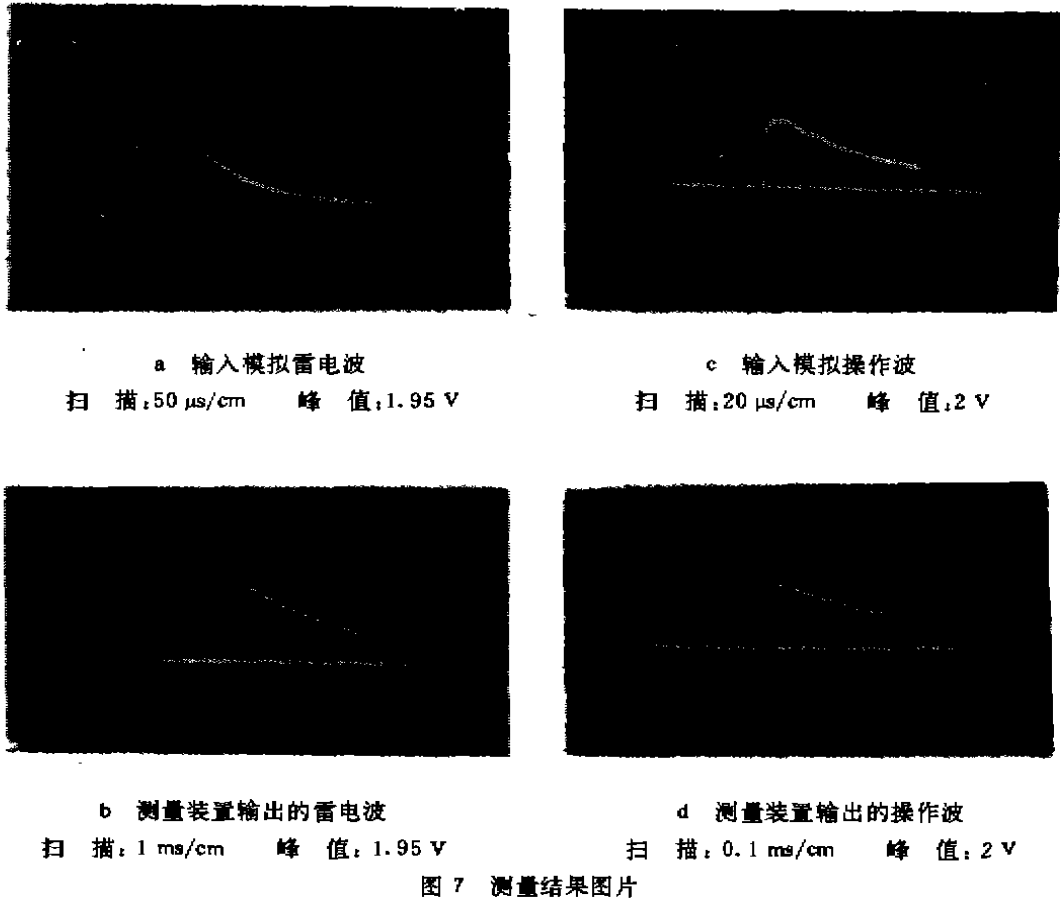


图 7 测量结果图片

4 结 论

通过本测量装置的研究,可以得出如下结论:

1) 测量雷电波和操作波的传统方法在一定程度上可以用数字测量方法代替。本论文所提出的数字测量装置的测量结果与传统方法所测行的结果基本相同。

2) 数字测量方法与传统测量方法相比有诸多的优越性:可以记录和长期稳定显示出高压脉冲波;可以长期存贮冲击高压的全部数据,分析和处理这些数据,以及更精确地反映冲击高压的原貌待待。

3) 数字测量方法可以和微机,如单片机、个人计算机相结合,使冲击高压的测量技术上升到一个新的领域。

参 考 文 献

- 1 管喜康. 瞬态数字记录仪与高压试验技术. 高电压技术, 1989, (3): 27~30
- 2 Malewski R. Digital Impulse Recorder for High-voltage Laboratories. IEEE Trans on PAS, 1980, 99(2): 636~644
- 3 陈初, 龚振中, 吴伟远等. 单片机应用系统设计与实践. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1991, 80~120