

示波器实验的教学改革*

马 堃

(黄山学院信息工程学院 安徽 黄山 245041)

(收稿日期:2021-08-10)

摘要:示波器的原理和使用是大学物理实验教学的一个基础实验项目,传统的教学仅限于向学生介绍示波器显示波形的原理,测量信号电压、频率和周期等参数,以及采用利萨如图形测量待测信号频率等内容。随着科技的进步,传统的模拟示波器已经逐步被数字示波器所替代,一些高校实验项目也做了相应的调整。本课题探讨数字示波器的实验拓展,即结合压电传感器采集人体不同部位的脉搏信号,并通过采集多组信号的数据分析,讨论脉搏信号特征与人体部位、性别以及时间段的关联性。

关键词:数字示波器 脉搏信号 压电传感器 教学

1 引言

示波器是一种用途广泛的电信号测量仪器,利用它可以直观地观察电信号的波形,获取电信号的电压、频率和周期等参数。示波器原理和使用是大学物理实验里一个具有代表性的经典实验项目,大部分高校都将其设置为必做的实验项目之一^[1~3]。该实验的实验目的包括:了解示波器的结构和显示波形原理;学会用示波器观察波形及测量电压、周期和频率以及学会利用利萨如图形测量待测信号频率等3个方面。传统模拟示波器主要采用电子显像管显示波形,电子枪发射电子,电子在飞行路径上受到X极板和Y极板作用导致运动发生偏移,电子最终落在荧光屏的不同位置。该实验项目增加学生对带电离子在电场中运动知识掌握,提高学生对于相互垂直方向振动合成的理解,扩展学生对信号采集和分析方面的能力有很大的帮助。随着科技的进步,在工程应用中数字示波器逐步取代了模拟示波器,成为信号采集的主流设备。目前的实验项目教学内容显然落后于科技的发展,为了改变这种现状,有不少高校对示波器实验项目进行了改造,包括采用其他实验

项目代替传统的示波器的使用;在原有传统实验基础上对教学内容进行扩展;直接利用数字示波器代替模拟示波器进行实验教学等^[4,5]。

我校于2019年将模拟示波器整体替换为数字示波器。由于数字示波器显示波形的原理与模拟示波器不同,超出了大学物理教学内容。因此在教学中该实验项目的原理部分我们只是简单介绍,重点讲解示波器的使用,包括示波器的信号采集、利萨如图形测量待测信号频率、信号存储和导出、函数信号的编辑等。教学的同时,我们也积极拓展该实验项目的教学内容。本文介绍我们利用数字示波器,结合光电反射式模拟传感器,搭建了脉搏采集实验平台,并对人体脉搏测量进行了初步研究等工作。

2 实验原理

本实验采用脉搏传感器的电路板如图1所示,直径为16 mm,厚度为1.2 mm,外接供电电压需在3.3~5 V之间,电流大小为4 mA,LED发光的峰值波长为515 nm的绿光。该脉搏传感器利用的原理是光电容积法,即它通过脉搏搏动时充血对光的透光率不同来采集脉搏信号,并通过滤波电路和放大

* 教育部产学合作协同育人项目,项目编号:201802040052;安徽省精品线下开放课程项目,项目编号:2019kfkc130;安徽省教育教学研究项目,项目编号:2018jyxm1244

作者简介:马堃(1983-),男,博士,副教授,主要从事大学物理和原子与分子物理方面的教学和科研工作。

电路.对采集到的脉搏信号进行滤波放大,便于观察.

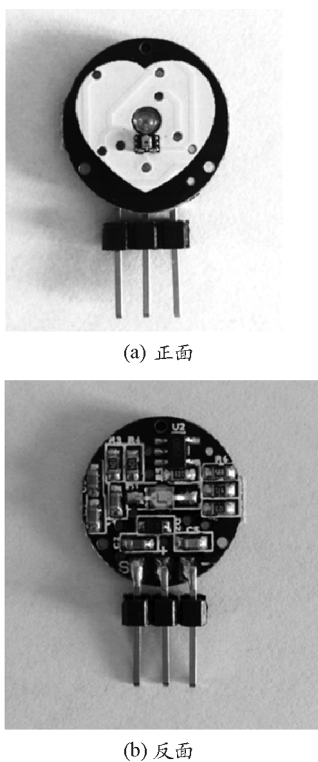


图1 光电反射式模拟传感器

本实验采用的是 GA1062CAL 型数字示波器,带宽 60 MHz,采样率 1 GSa/s,如图 2 所示.实验时,将传感器采集到的电流信号接入到数字示波器的输入端口,通过调节示波器,可以观察到时域信号的波形,将信号数据储存在示波器的内存中.



图2 数字示波器

3 实验数据记录及处理

3.1 数据采集

与模拟示波器不同,数字示波器通过模拟转换器将被测电信号转换为数字信号.它不仅能在屏幕

上显示信号形状,也可以存储信号并对其进行简单的运算.图 3 表示耳垂处脉搏信号在示波器上的显示,该信号为时域信号,即横坐标为时间轴,纵坐标为信号强度值.

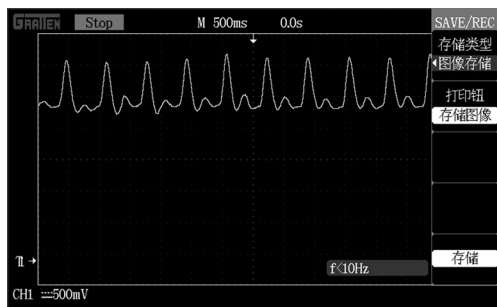


图3 示波器显示耳垂处的脉搏信号

3.2 信号处理

为了便于对信号进一步的处理,将该信号储存后从示波器中导出.导出的数据再导入到 Origin 软件中进行处理.图 4(a)为图 3 导入 Origin 软件后的时域信号图.可以看出主脉冲等时间间隔出现,每个主脉冲旁边有若干小的波峰.为了分析这些小的波峰,我们采用离散傅里叶变换技术,将时域信号转换为频域信号,结果在图 4(b)中给出.在频域图中可以看出,除基频 1.333 3 Hz 外,还有若干个频率峰值,其频率值分别为 2.666 6 Hz,3.999 9 Hz 以及 5.333 2 Hz.这些信号分别为基频的 2 倍、3 倍、4 倍等,我们称为高次谐波.

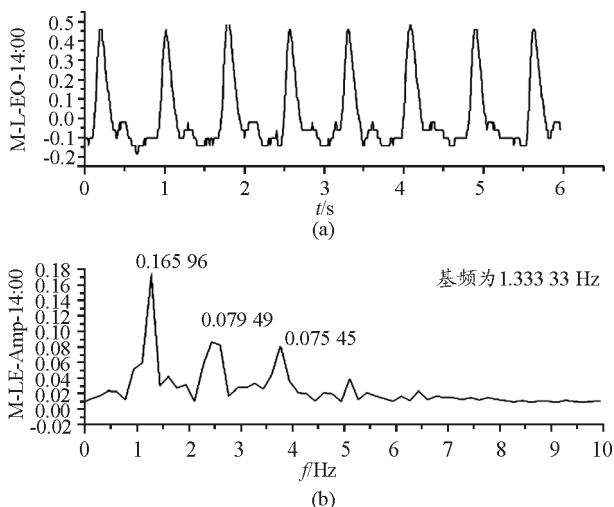


图4 左耳垂脉搏信号的时域和频域图

为了更好地分析脉搏信号的特点,我们分别对

男生和女生的耳垂、手腕和手指3个部位分3个时间段进行采集.表1中给出了各采集样本经过傅里叶变换后的基频值.

表1 人体不同位置、不同时间、不同性别的基频信号大小

| 性别 | 时间 | 位置 | 基频/Hz |
|----|-------|-----|----------|
| 男 | 9:30 | 左耳垂 | 1.500 00 |
| | | 左食指 | 1.166 67 |
| | | 左手腕 | 1.333 33 |
| | 14:00 | 左耳垂 | 1.333 33 |
| | | 左食指 | 1.333 33 |
| | | 左手腕 | 1.333 33 |
| | 21:00 | 左耳垂 | 1.333 33 |
| | | 左食指 | 1.500 00 |
| | | 左手腕 | 1.333 33 |
| 女 | 21:00 | 左耳垂 | 1.333 33 |
| | | 左食指 | 1.333 33 |
| | | 左手腕 | 1.500 00 |

从表1可以看出,人体各部位基频信号的频率差异在0.5 Hz之内,手腕信号较稳定,在一天中起伏不大,这也是古代老医生挑选手腕为把脉位置的原因之一.我们采用手腕信号来计算人1 min脉搏跳动的次数,左手腕的基频为1.333 33 Hz,即1 min人的脉搏就跳动约80次.根据医学知识可知,正常人脉搏1 min跳动次数为60次至100次.不同性别之间同一部位的脉搏频率差异不大.

图5给出了男生3个身体部位在不同时间段的脉冲基频情况.

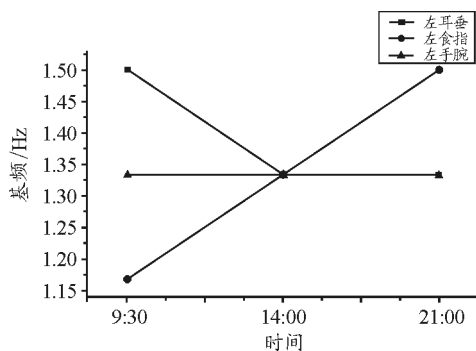


图5 男性-基频信号分析图

从图中可以看出,上午9:30时,耳垂处信号基频最大,食指处的信号基频最小,之间相差0.45 Hz;在14:00时,3处信号采集点的信号基频相等;在21:00时,食指处信号的基频最大,耳垂和手腕处的基频相等.另外,我们还发现食指处信号的基频在一天中变化最大,而手腕处信号的基频在一天中变化最小.

图6给出了21:00时男生和女生不同部位的基频情况.从图可以看出,男生和女生耳垂处信号的基频数值是一样的;食指处信号的基频值男性大于女性,手腕相反,即女性手腕处信号的基频值大于男性.

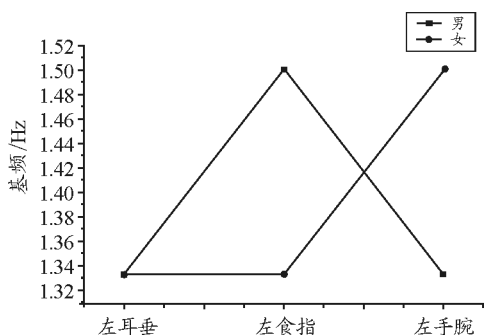


图6 不同性别的基频信号分析图

4 总结

教育要跟上时代的进步,一些陈旧的教学内容可以用新的内容替代.模拟示波器实验项目一直以来是大学物理实验的传统实验项目.该实验项目对加深学生理解带电粒子在电场中运动以及振动的合成等知识点,锻炼学生使用示波器采集和分析信号的能力都起到了十分重要的作用.但科技是不断进步的,教学也要跟上时代的发展.在工程应用中大多使用数字示波器的背景下,我们在教学中积极探索数字示波器的使用及其知识拓展显得非常必要.本文在此基础上给出了数字示波器的一个拓展实验内容,希望对示波器的实验教学改革和创新方面起到一定的借鉴作用.

参考文献

- 杨联春.“示波器使用”教改初探[J].大学物理实验,2000,13(1):43

- 2 王漪霖. 谈“示波器原理”的教学难点和突破方法[J]. 物理通报, 2005(1): 33 ~ 34, 40
- 3 王旗. 大学物理实验(第2版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019
- 4 王素红, 张晓旭. 基于示波器使用的系列拓展实验研究[J]. 大学物理实验, 2012, 25(1): 30 ~ 31, 34
- 5 孟立志. 示波器扩展应用实验研究[C]. 全国高等学校物理基础课程教育学术研讨会论文集, 2009

Teaching Reform on Oscilloscope Experiment

Ma Kun

(School of Information Engineering, Huangshan University, Huangshan, Anhui 245041)

Abstract: The principle and use of oscilloscope is a basic experimental project in college physics experiment teaching. The traditional teaching is only limited to introducing some information, including the principle of oscilloscope display waveform, measuring the voltage, frequency, period and other parameters of the signals in oscilloscope, to students. In addition, measuring the frequency of the signal by Lissajou graph. However, with the progress of science and technology, the traditional analog oscilloscope has been gradually replaced by digital oscilloscope, and some experimental projects in universities have been adjusted accordingly. This topic discusses the experimental expansion of digital oscilloscope, that is, collecting pulse signals from different parts of the human body combined with piezoelectric sensors, and discussing the correlation between the properties of pulse signals and human parts, gender and time through the data analysis of multiple groups of signals.

Key words: digital oscilloscope; pulse sign; sensor; teaching

(上接第 105 页)

Exploration and Practice on Curriculum Ideological and Political Education in University Physics Experiment

—Taking *Determination of Metal Young's Modulus* as an Example

Tang Hongfa Chen Jian Zhu Chun Chen Guoqing Yang Taiqun Zhao Qiyang Guo Senqi

(School of Science, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122)

Abstract: Under the vision of Lide Shuren, the Physics Experiment Center of the School of Science of Jiangnan University has carried out the exploration and practice of the "curriculum ideological and political" of college physics experiments. The teaching reform model of ideological and political in experiment, innovation in ideological and political, and cultivation of people in innovation has been gradually established, and fruitful practical results have been achieved. This article takes "Measurement of Metal Young's Modulus" as an example to present a specific implementation plan for practical courses to penetrate the curriculum ideology and politics, and put it into practice.

Key words: curriculum ideology and politics; university physics experiment; Young's modulus; collaboration and cooperation; spirit of research