

# Development of String-Less Laser Music Piano

Zhaofeng Liu, Jiayi He, Chenguang Du, Ligen Lv, Zhaoyang Zhang, Zhichao Wu

College of Opto Electronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an Shaanxi

Email: 912280206@qq.com

Received: Aug. 15<sup>th</sup>, 2019; accepted: Aug. 4<sup>th</sup>, 2019; published: Sep. 11<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

The string-less laser music piano is an ideal instrument for viewing and entertainment, which can be used as an auxiliary teaching instrument or children's toy, and has very important commercial value. A string-less laser music piano system, integrating laser, single chip microcomputer, machinery and circuit, is designed in this paper, which mainly includes multi-channel laser module, laser sensor module, controller module and music response module. In order to realize the sensitive detection of laser signal, the whole circuit and program are designed. The semiconductor laser with power of 5 mW and wavelength of 650 nm is used as the source, and the photosensitive resistor is used as the receiver to receive the laser signal. After the control and processing of STC89C52 single-chip microcomputer and the power amplification of LM386 music response module, audio output is realized. A string-less laser music instrument system with a size of 10 cm length × 5 cm width × 11 cm height was made, and the sound frequency was studied experimentally. It can play 7 scales and 3 tones with clear timbre. The deviation between the measured tone frequency and the calculated tone frequency is no more than 7.098 Hz.

## Keywords

Laser, String-Less Laser Music Piano, Single Chip Microcomputer, Photosensitive Resistor

---

## 无弦激光音乐琴的研制

刘兆丰, 贺佳怡, 杜晨光, 吕立根, 张朝阳, 武志超

西安工业大学光电工程学院, 陕西 西安

Email: 912280206@qq.com

收稿日期: 2019年8月15日; 录用日期: 2019年9月4日; 发布日期: 2019年9月11日

## 摘要

无弦激光音乐琴是一种理想的集观赏与娱乐为一体的琴，可作为课程辅助教学仪器或者儿童玩具，具有重要的商业价值。本文设计了一款集激光、单片机、机械、电路于一体的无弦激光音乐琴系统，主要包括多路激光模块、激光传感器模块、控制器模块以及音乐响应模块，为了实现对激光信号灵敏探测，主要针对整体电路和程序进行了设计。采用5 mW、650 nm半导体激光器作为发射源，采用光敏电阻作为接收器接收激光信号，经过STC89C52单片机的控制处理及LM386音乐响应模块的功率放大，实现音频输出。完成了无弦激光音乐琴系统的制作，整体尺寸为长10 cm × 宽5 cm × 高11 cm。对该系统发声频率进行了实验研究，可实现3个音阶，7个音调的演奏，音色清晰，实测音调频率与理论计算音调频率偏差不大于7.098 Hz。

## 关键词

激光，无弦激光音乐琴，单片机，光敏电阻

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

信息是现代化社会的重要组成部分，而娱乐也同样渗透着人类生活的方方面面，电子信息产品更是把娱乐推向了新的高度。无弦激光音乐琴就是一种现代化的电子信息产品，通过对电路进行光控，利用光学控制原理制作而成。演奏者只需用手遮住一束光，无弦激光音乐琴就会发出声音，相当于拨动一根琴弦。经过不停地对光控制，可以“演奏”出不同的音阶和乐曲。在日常生活中，激光琴并没有和手进行直接接触，所以不用担心破坏琴键，也不用担心染上细菌[1]。是一种理想的集观赏与娱乐为一体的琴，也可作为辅助教学仪器或者儿童玩具，提升学习者的兴趣，具有重要的商业价值。作为一种新的乐器品种，使传统乐器在音响、演奏方式和现场效果方面产生耳目一新的效果。譬如由美国的 Dan Millicent 和 Tim Walsh 开发出来的激光竖琴[2]，以五颜六色的激光束替代传统的竖琴弦，只要演奏者轻触光束，便发出悦耳的竖琴的音响。演出时，舞台的灯光与竖琴“光弦”发出的激光交相辉映[3]，让观众仿佛置身于梦幻般的音乐空间。目前激光琴的主要研发和应用都集中在美国和西欧国家。在威斯康星大学麦迪逊工程博览会上首次以激光吉他的雏形露面，立即引起美国一些大型公司，如通用电器公司和通用汽车公司的关注[4]，商业市场潜力巨大。但激光吉他和弦的演奏问题和音响的强弱控制问题还未解决。“触发类”激光琴目前还仅限于“实验样品”阶段。

本文设计了一种基于 STC89C52 单片机的无弦激光音乐琴，可实现日常生活中音乐琴的演奏，具有自动检测功能，反应速度灵敏，成本低。

## 2. 系统设计

无弦激光音乐琴由多路激光模块、激光传感器模块、控制器模块以及音乐响应模块四个模块组成。总体设计方案如图 1 所示。

图 1 中，多路激光模块采用 7 个功率约 5 mW 的半导体激光器，每个激光器产生的光束分别代表音乐上最基本的音符。激光传感器模块采用 7 个型号为 5528 的光敏电阻，当激光的光线被遮挡时，光敏电

阻因光感应效应产生相应的阻值变化,进而将光强的变化信息传导给控制器进行分析。控制器模块采用STC89C52单片机[5],单片机根据激光传感器发送的信息,经过一系列的信息处理和数据计算,发送指令到音乐芯片模块。音乐响应模块采用一款常用的音频功放芯片LM386作为驱动核心部件,处理信息后结合功放模块和蜂鸣器实现音符的输出。

为了使系统能对激光遮挡信号作出灵敏的反应,设计了系统电路图,如图2所示。

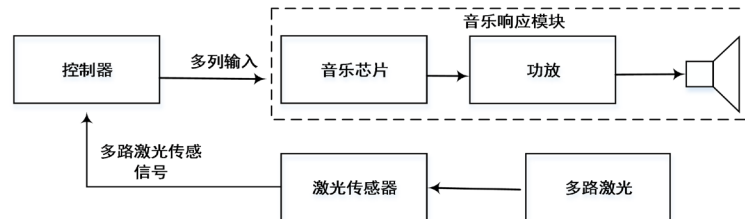


Figure 1. Schematic design of string-less laser music piano  
图 1. 无弦激光音乐琴设计示意图

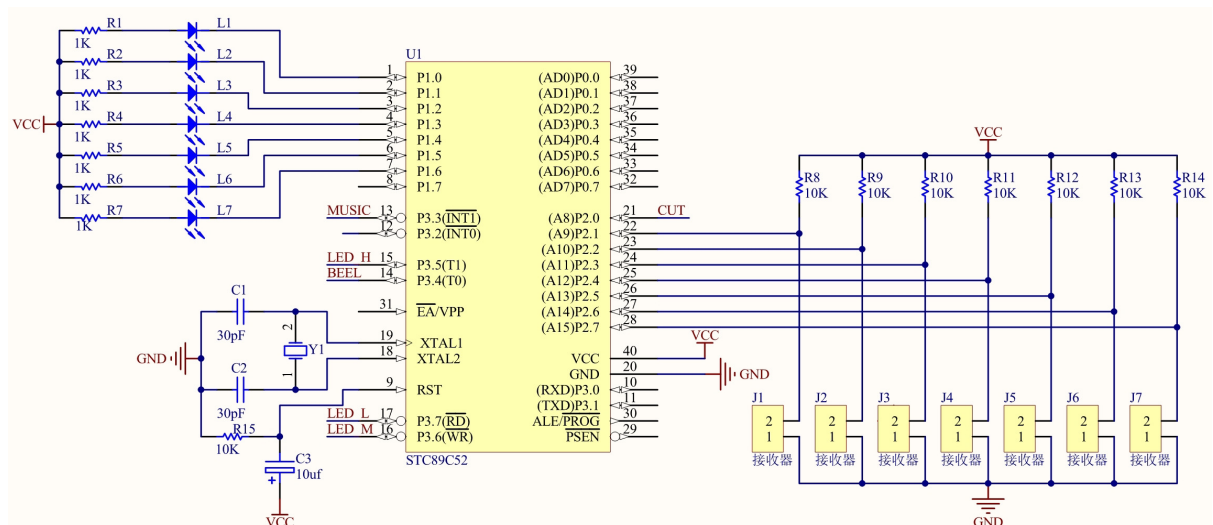


Figure 2. Circuit diagram of string-less laser music piano  
图 2. 无弦激光音乐琴电路图

图2中, p 1.0~1.6口为7个半导体激光器供电,时钟电路为整个系统产生时钟脉冲,7个5528光敏电阻作为激光传感器模块分别接到控制器的p 2.2~2.8口[6],光敏电阻基于内光电效应,光照愈强,光生电子-空穴对就越多,阻值就越低,而在无光照状态时,呈高阻状态[7]。当激光直接照射时,电阻处于低阻值状态,将低电平0发送至单片机;当遮挡激光时,电阻值迅速升高,将高电平1发送至单片机。实现了控制器对各个光敏电阻电平信号的灵敏读取,并在内部进行运算,作出相应的指令。

无弦激光音乐琴主程序主要是对系统进行初始化,调用数据处理子程序。程序框图设计如图3所示。

图3中,先选择是否播放已存储好的音乐,完毕后,根据个人的选择执行高/中/低音三个音阶,并有相应指示灯亮起,根据激光传感器模块反馈的信息判断是否七束激光中有激光被遮挡,若 $p 2.2 = 1$ ,则第一束激光被遮挡,系统进行判断,并进行计算,驱动音乐芯片发出“Do”的声音,以此类推,可发出Re、Mi、Fa、So、La、Si音调[8]。

在程序设计中,并非直接操作端口或寄存器,而是设置标志位,根据标志位再由单片机执行判定操作。程序示例如下。

bit FT\_1 ms, FT\_250 ms

bit F\_play song, F\_Play Tone, F\_KeyDelay, F\_Tone, F\_keyUp, F\_Music\_Ide

Unsigned char Freq\_H, Freq\_L, SongLen, PlayIde, i

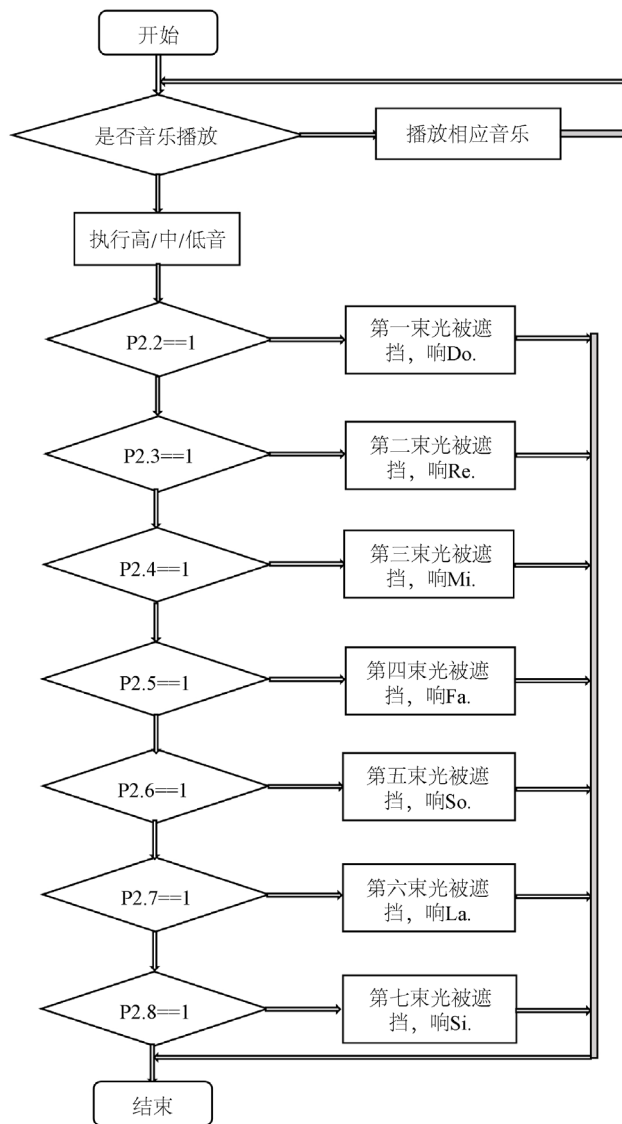


Figure 3. Program flowchart of string-less laser music piano  
图 3. 无弦激光音乐琴程序框图

### 3. 实验及结果分析

无弦激光音乐琴性能好坏的重要影响因素是音符频率，因此，对无弦激光音乐琴的音符频率进行相应实验是非常必要的。采用设计的无弦激光音乐琴在学校实验室进行音符频率实验，实验室环境相对安静，无外界环境干扰，控制无弦激光音乐琴发出 21 个不同音符，利用泰克 TDS2012C 型数字存储示波器对 3 个音阶 7 种音调共计 21 个不同的音符的频率进行测量，将各个音符频率测量值与音符频率理论计算值进行对比，观察实际测量值是否与理论计算值相吻合，由此判断无弦激光音乐琴的发声效果。列出 Do 的低、中、高三个音阶波形图分别如图 4、图 5、图 6 所示。

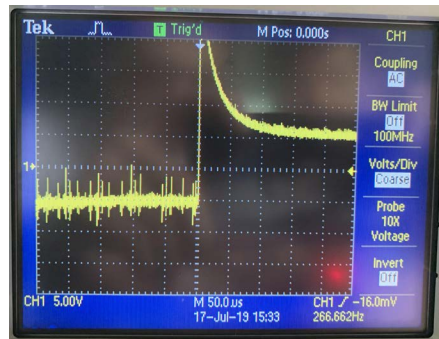


Figure 4. frequency diagram of bass Do

图 4. 低音 Do 时频率图

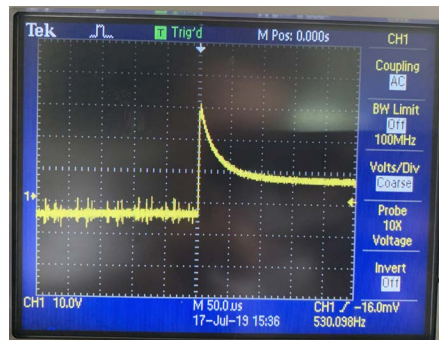


Figure 5. Frequency diagram for alto Do

图 5. 中音 Do 时频率图

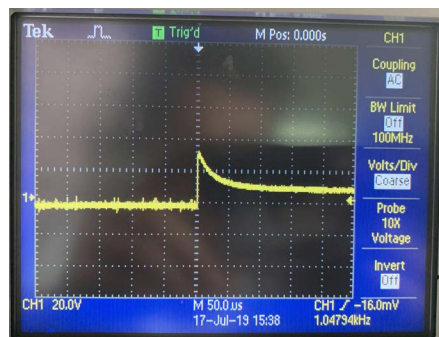


Figure 6. Frequency diagram of treble Do

图 6. 高音 Do 时频率图

无弦激光音乐琴的音符频率应在人耳能听到的声音频率范围内，即 20 Hz~20 kHz。通过 STC80C52 自带的 16 位定时器实现不同音符的固定频率。一般音乐电路是以正弦波信号驱动喇叭以产生音乐，而在数位电路里则是以脉冲信号驱动[9]。例如标准音 1a 的频率  $f = 440$  Hz，对应的周期为  $T = 1/f = 1/440 = 2272$   $\mu\text{s}$ ，单片机上对应蜂鸣器的 I/O 口来回取反时间应为  $t = T/2 = 1136$   $\mu\text{s}$ ，也就是单片机上定时器应有的中断触发时间。一般情况下，奏乐时，单片机定时器为工作方式 1，以晶振的十二分频信号为计数脉冲，晶振频率为  $f_0 = 12$  MHz，则定时器的预置初值由下式来确定：

$$t = 12 * (T_{ALL} - T_{HL}) / f_0$$

式中  $T_{ALL} = 2^{16} = 65536$ ， $T_{HL}$  为定时器待确定的计数初值。则定时器在工作方式 1 下的高低计数器的预置初值为

$$T_H \text{ 440 Hz} = T_{HL} / 256 = (T_{ALL} - t * f_0 / 12) / 256$$

$$T_L \text{ 440 Hz} = T_{HL} / 256 = (T_{ALL} - t * f_0 / 12) \% 256$$

根据以上的求解方法，可以求出其他音调相应的计数器预置数值。

图 4 中，在实际发出低音 Do 时，测得频率为 266.662 Hz，而理论计算低音 Do 的频率为 262 Hz，相差 4.662 Hz。图 5 中，在实际发出中音 Do 时，测得频率为 530.098 Hz，约为低音 Do 的 2 倍，符合音符变化规律，而理论计算低音 Do 的频率为 523 Hz，与实际测量值相差 7.098 Hz。图 6 中，在实际发出高音 Do 时，测得频率为 1047.94 Hz，约为中音 Do 的 2 倍，符合音符变化规律，而理论计算低音 Do 的频率为 1046 Hz，与实际测量值相差 1.94 Hz。

对 3 个音阶，7 个音调的实际测量频率值如表 1 所示。

Table 1. Comparison of measured data of c-key scale and frequency

表 1. C 调音阶 - 频率实测数据对照

序号	1	2	3	4	5	6	7
音调	Do	Re	Mi	Fa	So	La	Si
低音(Hz)	266.662	296.332	332.185	350.157	395.462	440.750	496.185
中音(Hz)	530.098	585.615	663.156	700.231	786.462	884.256	989.154
高音(Hz)	1047.94	1175.48	1318.16	1398.46	1569.77	1760.69	1977.43

表 1 是用示波器对无弦激光音乐琴各个音调的频率测量值，由表 1 分析可知，无弦激光音乐琴各个音调对应的实测频率数据与理论计算所得数据基本相符，同一音阶下，从音调 Do 到音调 Si 频率值不断增加；同一音调下，中音频率为低音频率值的 2 倍，高音频率值为中音频率值的 2 倍，与理论计算规律相符。由于导线电阻、焊接焊锡的多少会导致电路中的电阻不同，而且蜂鸣器的线圈电阻为  $16 \pm 2 \Omega$ ，也会造成误差，所以，实测频率值与理论计算频率值有所偏差，差值最大的音调为中音 Do，与理论计算值 523 Hz 相差了 7.098 Hz，但对音效影响不大。

将实验中对 21 个不同音符的实际测量频率值与理论计算频率值做对比之后发现实际测量频率值基本吻合，频率相差最大的音符为中音 Do，最大值为 7.098 Hz，选出中音的 7 个音调对比结果如图 7 所示。

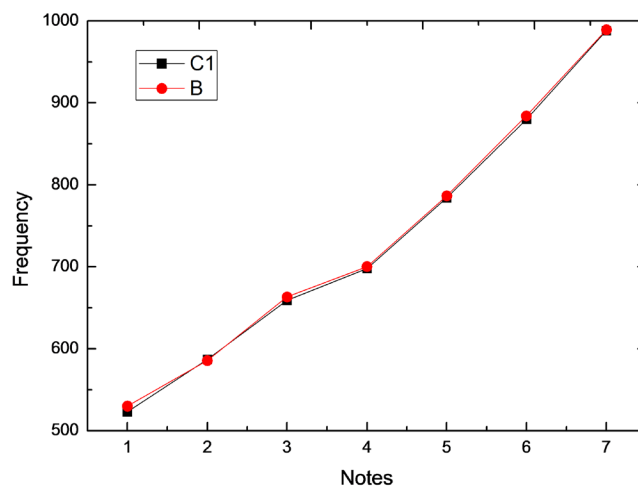


Figure 7. Comparison diagram of actual measured frequency and theoretical calculated frequency

图 7. 实际测量频率值与理论计算频率值对比图



图 7 中, 横坐标 1~7 分别表示中音 Do、Re、Mi、Fa、So、La、Si, 纵坐标表示音符频率值, 曲线 B 是实测音符频率曲线, 曲线 C1 是理论计算音符频率曲线。由图可以看出两条曲线基本吻合, 在中音 Do 处差别最大。

综上实验, 在不同的音符下, 无弦激光音乐琴的实测音符频率与理论计算音符频率数值基本相符合, 实测频率值与理论计算频率值最大相差 7.098 Hz, 可以实现正常音乐演奏。

#### 4. 结论

本文从硬件电路和软件编程两个方面设计了基于 STC89C52 单片机的无弦激光音乐琴。由多路激光模块发出激光, 激光传感器模块对激光信号进行检测后将电平信号传输给单片机, 单片机作为控制器模块对信号进行分析处理后调动音乐响应模块进行相应音频输出。电路设计实现了从信号探测到相应音频输出功能。通过对多路激光模块和音乐响应模块的实时控制提高了系统的稳定性和功能性, 采用 STC89C52 单片机实现了对信号快速精确的分析和处理。完成了无弦激光音乐琴系统的研制, 尺寸为长 10 cm × 宽 5 cm × 高 11 cm。经过实验测试, 可实现 3 个音阶, 7 个音调的发声, 音色清晰, 实测音调频率与理论计算音调频率偏差不大于 7.098 Hz, 系统稳定, 音乐响应状况良好, 具有较大的应用推广价值。

#### 致 谢

感谢大学生创新创业训练计划项目(1070214114)的资金支持。

#### 参考文献

- [1] 周炳琨, 高以智, 陈侗嵘, 等. 激光原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [2] 施威. 营造梦幻艺术的激光乐器[J]. 艺术教育, 2002(5): 62-63.
- [3] 丁俊华, 崔砚生, 吴美娟. 激光原理及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987.
- [4] 韩宝强. 营造梦幻音乐的“新武器”激光乐器[J]. 乐器, 2002(10): 46-47.
- [5] 李群芳. 单片微型计算机与接口技术[M]. 第 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [6] 李朝青. 单片机原理与接口技术[M]. 第 3 版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [7] 钱浚霞, 郑坚立. 光电检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [8] 张毅刚, 彭喜元. 单片机原理及应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [9] 李学海. 标准 80C51 单片机基础教程-原理篇[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.