文章编号:1009-2552(2018)02-0028-04 DOI:10.13274/j.cnki.hdzj.2018.02.007

一种集成运放多参数自动测试的实验装置

刘海涛，袁小涵，李 祥，李诗琪，刘友然，李坤平

（重庆大学通信工程学院，重庆 400044）

摘 要：为了开发一款功能全面而系统又不是太复杂的集成运放多参数自动测试实验装置，以满足面向高校的实验测试需求，以单片机ARM TM4C128G为控制核心、模数转换器DAC0832产生信号源、开关芯片CD4066BE为切换开关，利用液晶显示装置显示测试结果，同时还能实现语音播报输出的实验装置系统。该装置能完成运算放大器的失调电压，失调电流，共模抑制比，开环放大倍数等参数的测量，该装置经测试表明能准确的对集成运放的多参数进行自动测试，具有人性化菜单设计，使用方便。

关键词：集成运放；多参数测试；单片机；液晶显示器；语音播报

中图分类号：TN386.1 **文献标识码**：A

A multi-parameter automatic test experiment device for integrated operational amplifier

LIU Hai-tao, YUAN Xiao-han, LI Xiang, LI Shi-qi, LIU You-ran, LI Kun-ping

(**School of Communication Engineering of Chongqing University, Chongqing** 400044, **China**)

Abstract: In order to develop a integrated operational amplifier multi-parameter automatic test laboratory equipment with comprehensive function and simple system to meet the needs of college experiment, the experimental device system was developed based on the control core micro-control unit (MCU) ARM TM4C128G, and the analog-to-digital converter DAC0832, and switch chip CD4066BE. The device can test the operational amplifier offset voltage, offset current, common mode rejection ratio, open-loop magnification and other parameters of the measurement automatically, the test results not only can be displayed by the liquid crystal display (LCD) device, but also can be output by voice broadcast. The results of verification test shows that the multi-parameter automatic test experiment device for integrated operational amplifier can realize automatically measure with accuracy result, user-friendly menu and simple operation.

Key words: integrated operational amplifier; multi-parameter test; MCU; LCD; voice broadcast

0 引言

集成运算放大器(简称运放)是具有高放大倍数的一种重要的模拟集成电路,其参数对电路系统的性能的发挥具有至关重要的作用,因此必须精确测量并掌握其参数以完成电路系统的设计[1-3]。另一方面,高校实验室为学生提供了大量的集成电路芯片用来完成各种教学实验,其中运放的使用最为普遍,但由于芯片自身问题或者学生操作不当经常会损坏芯片,这就需要有一款集成运放多参数测试仪,为同学们在使用芯片之前测试芯片的参数以判断芯片的好坏。

然而,目前市场上的集成运放多参数测试仪器种类很多,功能各异,要么就是功能简单无法满足集成电路参数测试的需要,或者就是系统太专业化、市

收稿日期：2017-05-08

基金项目：国家级大学生创新创业训练计划资助项目(201610611118);重庆大学教改项目(2015Y19)

作者简介：刘海涛(1975-),男,博士,副教授,研究方向为智能仪器、电路与系统。

万方数据

场化生产，其系统的复杂度高、开发成本高，不能满足教学的需要[4-8]。

因此，本文以单片机 TM4C128G 为控制核心，利用模数转换器 DAC0832 产生信号源，开关芯片 CD4066BE（四传输门）为切换开关，通过 ADC（模拟－数字转换）对被测量信号进行采样，通过单片机处理完成对集成运放的失调电压、失调电流、共模抑制比、开环放大倍数等参数的测量，最后利用液晶显示装置显示测试结果，同时还能通过语音播报方式输出测试结果。本系统能通过键盘进行菜单选择实现人机交流，具有操作方便、功能强大的特点。

1 总体结构及测量原理

本系统包括运放参数测试电路、单片机、显示输出、键盘输入等模块单元，其中单片机为系统控制核心。首先通过键盘选择被测运放需要测试的参数，单片机根据选择参数控制相应的参数测试电路，输出高频信号源，控制增益等一系列操作；被测运放在单片机的控制下经过运放参数测试电路输出电压，该电压经过数据采集转换输入单片机，单片机根据输入电压和测试参数类型进行计算处理，最终将测试结果显示在屏幕上或者语音播放输出。

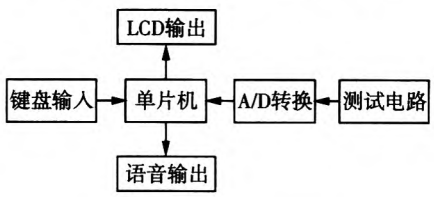

图 1　实验装置总体结构框图

2 硬件电路

2.1 测试电路

测试电路基于国标 GB3442-86 推荐的测试方法而开发[9-10]，测试参数包括失调电压、失调电流、共模抑制比、开环放大倍数、增益带宽等主要性能参数。设计的测试电路如图 2 所示，其中 R1 = R2 = Ri，R5 = Rf，R3 = R4 = R，通过开关的自动切换实现不同参数的自动测量。

将开关 $S1$ 接地，$S2$、$S3$ 闭合，$S4$ 断开，可以测得辅助运放的输出电压记为 V_{I0}，则失调电压 V_{IO} 通过公式(1)计算：

$$V_{IO} = \frac{R_i}{R_i + R_f} \cdot V_{LO} \tag{1}$$

将开关 $S1$ 接地，$S2$、$S3$、$S4$ 断开，测得辅助运放的输出电压记为 V_{L1}，则失调电流通过公式(2)计算：

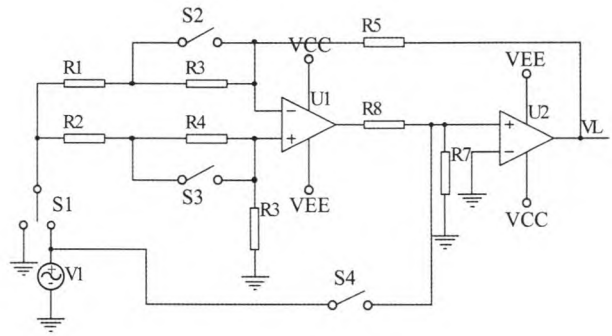

图 2　测试电路原理图

$$I_{IO} = \frac{R_i}{R_i + R_f} \cdot \frac{V_{L1} - V_{LO}}{R} \tag{2}$$

将开关 $S1$ 接信号源（电压幅值为 V_S），$S2$、$S3$ 闭合，$S4$ 断开，此时信号源输出接到被测运放，测得辅助运放输出电压为 V_{L0}，则共模抑制比通过公式(3)计算：

$$K_{CMR} = 20\lg\left(\frac{V_s}{V_{LO}} \cdot \frac{R_i + R_f}{R_i}\right)(dB) \tag{3}$$

将开关 $S1$ 接地，$S2$、$S3$、$S4$ 闭合，此时信号源输出（电压为 V_S）接到辅助运放，测得辅助运放输出电压为 V_{L0}，则有：

$$A_{VD} = 20\lg\left(\frac{V_s}{V_{LO}} \cdot \frac{R_i + R_f}{R_i}\right)(dB) \tag{4}$$

以上的所有开关通过双向模拟开关芯片 CD4066 来实现，CD4066 每个封装内部有 4 个独立的模拟开关，每个模拟开关具有输入、输出和控制三个端子，通过单片机来控制每个开关的闭合或断开。

2.2 系统控制电路

系统控制电路包括单片机核心电路、信号发生电路、增益控制电路、AD 转换电路、LCD 显示电路、语音播放电路等模块。

本系统采用 TI 公司的具有 ARM Cortex-M4 内核的 TM4C123G 核心数据板作为数据处理及控制核心，如图 3 所示。其自带有 ADC 模数转换模块，时钟模块，温度检测模块，由于集成运放的参数与其环境温度紧密相关，因此利用其温度检测模块设计了温度检测功能，可以实时测试系统的环境温度。

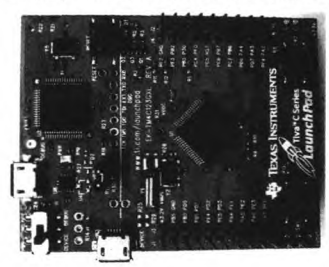

图 3　TM4C123G 核心数据电路板

万方数据

信号发生电路通过单片机上发出一个数字正弦波信号，然后利用 DAC0832 产生所需要的模拟正弦波，如图 4 所示，可根据测试参数的类型可以选择幅值和频率固定的 4V、5Hz 正弦波输出，或者幅值固定的扫频正弦波输出。

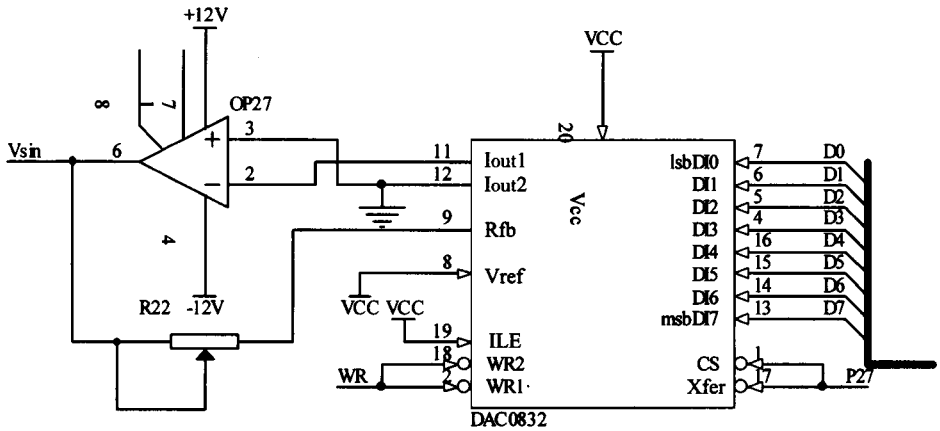

图 4　信号发生电路原理图

由于测量电路模块输出的幅值较小不利于 AD 采样，因此设计增益控制电路将电压放大到适当值，如图 5 所示。调节滑动变阻器 R_E08 控制辅助运放的输出电压以一定的放大后输出给 AD 采样电路，便于测量采样。

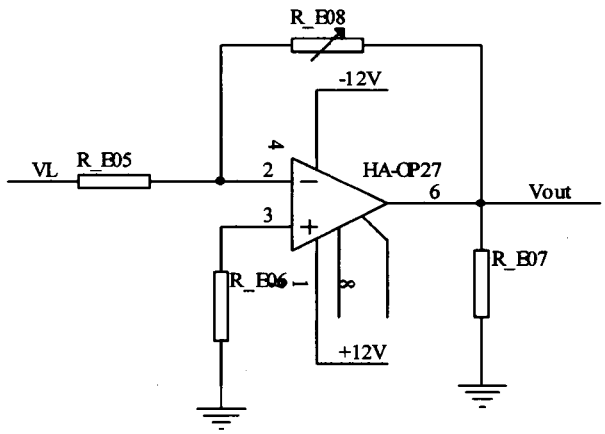

图 5　增益控制电路原理图

显示电路基于 MzLH03 字库型液晶屏设计，MzLH03-12864 自带基本绘图 GUI 功能，用户只需要写入一些简单的命令，就可以绘出直线、矩形或者圆形等，用户代码中无需进行繁琐的计算和操作，如图 6 所示为液晶屏的接口电路。

语音播报输出电路模块基于美国 ISD 公司出品的 ISD1760 单片语音录放芯片设计，ISD1760 其内部由振荡器、语音存储单元、前置放大器、自动增益控制电路、抗干扰滤波器、输出放大器组成，外围电路图如图 7 所示。

3　软件结构

开发的集成运放多参数测试仪的使用工作流程

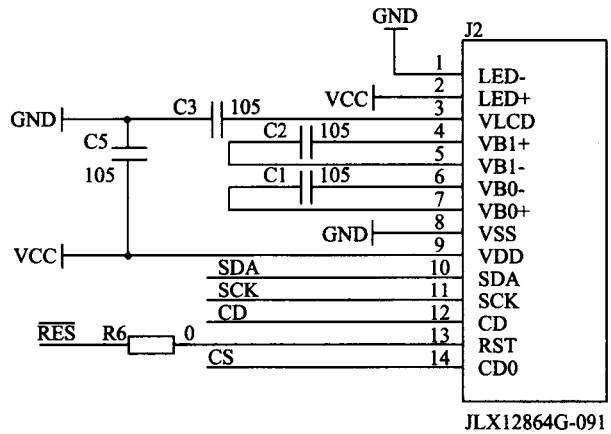

图 6　液晶显示电路原理图

分以下几个步骤：

第一步：刚开机时，对外围设备进行初始化，之后显示主界面即欢迎界面，同时语音播报提示系统初始化完毕可开始芯片测试。

第二步：菜单显示测试参数选项，等待按键输入。

第三步：当有按键按下时，通过按键标志来判断调用相应的按键处理函数，在按键处理函数中包括对不同键值的判断，并调用数据采集、分析处理、显示等函数。

第四步：最后将处理结果显示在屏幕上，同时可选择同时进行语音播报输出测试参数结果。

第五步：接下来又回转到第二步，等待新的一个芯片测试。

第六步：如此循环下去，直至测试仪关机结束测试。

根据装置的使用步骤，系统的主程序软件流程图如图 8 所示，整个程序处于无限循环等待状态。

万方数据

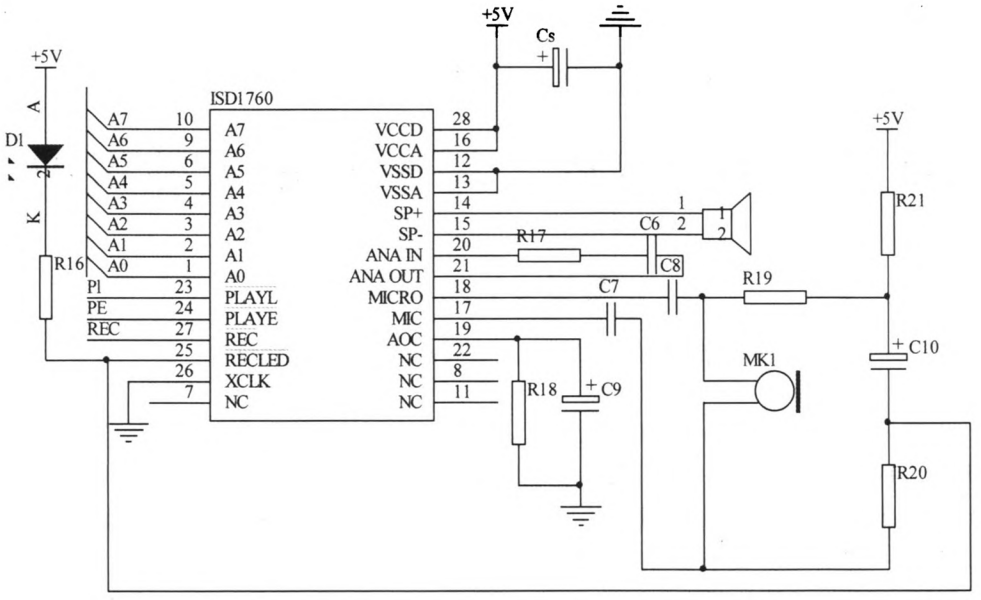

图7　语音播报输出电路原理图

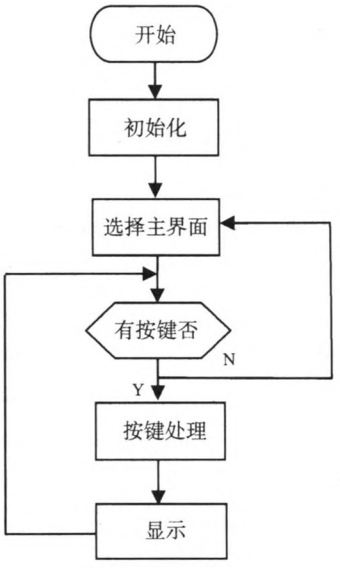

图8　主程序软件流程图

在项目界面中，通过相关模块获得相应参数值，设置上传发声、温度、返回或等待功能模块。

在待机程序中，可以通过上下按键移动菜单光标，选择不同的功能菜单，或者在收到相应的功能参数，进入相应的功能，或者移动光标等上位机确认。

菜单模块共设置有八个菜单选项，分别为自动测量、失调电压、失调电流、共模抑制、开环放大、正弦输出、正弦扫频、设置菜单。选择其中一个功能菜单，如有二级菜单，按下确认开关，进入二级菜单，调用不同的功能模块，完成各自的测量和其他功能。否则等待按键按下。

4　结果及测试

经过电路焊接制作的集成运放多参数自动测试实验装置最终成品如图9所示，画面显示八个菜单选项。

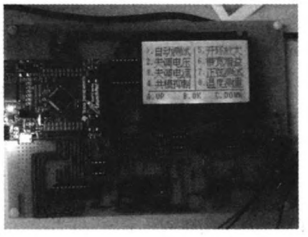

图9　开发的实验装置核心电路

同时为了验证装置的参数测试是否正确，对一个uA741集成运放芯片进行了参数测试，测试数据如表1所示。

表1　实验参数测试结果

参数	失调电压	失调电流	共模抑制比	开环放大倍数
理论值	<5mV	<200nA	>70dB	200
测试值	2.49mV	116.35nA	83.22dB	205.83

通过测得的uA741多参数与uA741的官方数据手册参数对比，在环境温度25.346℃的测试条件下，失调电压2.49mV、失调电流116.35nA、共模抑制比83.22dB；开环放大倍数205.83倍，这与uA741的官方数据手册相应参数一致，结果完全正确。

5　结束语

本文基于单片机ARM TM4C128G设计开发了一种模拟集成运放多参数测试实验装置，并通过一个uA741集成运芯片的验证测试，该装置的测试结果与uA741的官方数据手册完全一致，表明开发的实验测试装置完全实现了集成运放多参数的准确测

（下转第36页）

万方数据

了。从这四种压缩方法达到最优时的特征个数也可以看出,双向 2DPCA 与 PCA 相结合的方法的特征个数最少,只有 37 个,较小的特征个数一般可以降低分类器的规模[13],从而可以节约计算资源。

5 结束语

本文提出了双向压缩的 2DPCA + PCA 与遗传算法 SVM 相结合的人脸识别算法,该算法通过同时对人脸图像的行与列方向上进行 2DPCA 压缩,然后再进行 PCA 处理来提取人脸特征,这样提取的特征数明显减少,且计算时间缩短了,在与采用遗传算法进行参数优化的 SVM 相结合时,表现出了良好的性能,明显缩短了训练时间和识别时间,且提高了识别率。实验表明了该算法的性能要高于传统的 PCA 与 SVM 相结合的人脸识别算法。然而如何把该算法扩展到 3D 人脸识别是下一步有待深入探讨的问题。

参 考 文 献:

[1] ZHANG Cui-ping, SU Guang-da. Human Face Recognition: A Survey[J]. JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS, 2000, 5(11): 885 - 894.

[2] Faruqe M O, Hasan M A M. Face recognition using PCA and SVM [C]// Anti-counterfeiting, Security, and Identification in Communication, 2009. ASID 2009. 3rd International Conference on IEEE, 2009: 97 - 101.

[3] LI Juan, HE Wei, ZHANG Ling, et al. Face recognition combined bi-directional 2DPCA with PCA [J]. Journal of Computer Applications, 2009, 29(zl): 245 - 246.

[4] ZHang Yan-kun, Du Ping, Liu Chong-qing. A Face Recognition Method Based on Principal Component Analysis and Support Vector Machine[J]. Journal ofshanghai Jiaotong University, 2002, 36(6): 884 - 886.

[5] Wang Hong-man, Ou Zhong-yin. Face Recognition Based on Features by PCA/ICA and Classification with SVM[J]. Journal of Computer-aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(4): 416 - 420.

[6] ZHANG Sheng-liang, YANG Jing-yu. Face Recognition of Combining Two Dimensional Projection with PCA[J]. Computer Engineering, 2006, 32(16): 165 - 166.

[7] ZHU Lei, ZHU Shan-an. Face recognition based on two-dimensional image principal component analysis[J]. Journal of Zhejiang University-Science, 2007, 41(2): 264 - 267.

[8] Yang J, Zhang D, Frangi A F, et al. Two-dimensional PCA: a new approach to appearance-based face representation and recognition [J]. Pattern Analysis & Machine Intelligence IEEE Transactions on, 2004, 26(1): 131 - 137.

[9] XIA Yong-quan, JO Kang-hyun, GAN Yong, et al. Review of intelligent transportation system based on computer vision[J]. Journal of Zhengzhou University of Light Industry (Natural Science Edition), 2014, (6): 52 - 60.

[10] Wang H J, Jia-Qiang E, Deng F Q. A novel adaptive mutative scale optimization algorithm based on chaos genetic method and its optimization efficiency evaluation [J]. Journal of Central South University, 2012, 19(9): 2554 - 2560.

[11] Adin Ramirez R, Jorge Rojas C, Oksam C. Local Directional Number Pattern for Face Analysis: Face and Expression Recognition[J]. Image Processing IEEE Transactions on, 2013, 22(5): 1740 - 1752.

[12] Hung Chi-cheng, Li Cheng-huan, Jin-Shiuh Taur, et al. A Kernel-Based Feature Selection Method for SVM With RBF Kernel for Hyperspectral Image Classification [J]. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations & Remote Sensing, 2014, 7(1): 317 - 326.

[13] Karim T F, Lipu M S H, Rahman M L, et al. Face recognition using PCA-based method [J]. Advanced Management Science IEEE International Conference, 2010, 3: 158 - 162.

责任编辑:薛慧心

(上接第 31 页)

试,完全可以满足学校实验教学中对于集成运放多参数测试的需求。

参 考 文 献:

[1] 符庆. 集成运放线性应用电路分析的方法解读[J]. 电子技术与软件工程, 2015(7): 115 - 116.

[2] 王强, 蒙萱, 方开洪, 等. 集成运放的线性与非线性应用分析[J]. 自动化与仪器仪表, 2015(4): 186 - 188.

[3] 艾伦. CMOS 模拟集成电路设计[M]. 冯军, 李智群, 译. 北京: 电子工业出版, 2011.

[4] 国营光华无线电仪器厂. GH3183 模拟集成电路测试系统简介[Z]. 新产品介绍, 1998: 40.

[5] 北京金三航科技发展有限公司. GT2200A 仪器介绍[EB/OL]. 2016. http://www.bjshtek.net.

[6] 刘敬猛, 吴星明, 胡晓光. 模拟集成电路测试仪的设计与开发[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(4): 192 - 195.

[7] 吴浩, 李忠意, 范志强. 集成运放参数测试仪[EB/OL]. 2016. http://www.cediy.com/webHtml/Article/test/9697200805-07005100.html.

[8] 易指松. 模拟集成电路测试系统及网络设计[D]. 成都: 电子科技大学, 2012.

[9] 戴澜, 张扬. 集成运算放大器参数测试研究[J]. 北方工业大学学报, 2016, 28(3): 20 - 28.

[10] 左全生. 集成运放性能的简易测试[J]. 电子测试, 2016(5): 11.

责任编辑:薛慧心

万方数据