

一种触摸屏数据采集系统的设计

艾凯旋^{1,2}, 刘云婷¹, 刘洋²

(1. 中国工程物理研究院 计量测试中心, 四川 绵阳 621999; 2. 电子科技大学 电子科学与工程学院, 四川 成都 610054)

摘要: 触摸屏作为人机交互的主流方式之一, 具有十分重要的研究价值, 其中重要方向之一是自电容式触摸屏的研制。但目前自电容式触摸屏数据采集电路的电容通道数量最多只有 13 个, 严重限制了自电容式触摸屏研制过程中触摸点数量的拓展。针对触摸屏数据采集电路电容通道数量少的问题, 设计了一种由 Arduino 控制的触摸屏数据采集系统, 包括硬件和软件两部分, 硬件部分为触摸检测电路, 可以检测最多 24 个电容通道, 软件部分为图形化界面, 可以对自电容式触摸屏中触摸点的工作状态进行实时检测, 并以图形化界面的形式动态显示触摸点的工作状态。

关键词: 触摸检测电路; 触摸屏; 数据采集系统; 图形化界面

中图分类号: TN41

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.211903

中文引用格式: 艾凯旋, 刘云婷, 刘洋. 一种触摸屏数据采集系统的设计[J]. 电子技术应用, 2022, 48(4): 122-126.

英文引用格式: Ai Kaixuan, Liu Yunting, Liu Yang. Design of a data acquisition system for touch screen[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(4): 122-126.

Design of a data acquisition system for touch screen

Ai Kaixuan^{1,2}, Liu Yunting¹, Liu Yang²

(1. Metrology and Testing Center, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621999, China;

2. School of Electronic Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: As one of the mainstream ways of human-computer interaction, touch screens have very important research value. One of the important directions is the development of self-capacitive touch screens. However, the current self-capacitive touch screen data acquisition circuit has only 13 capacitive channels at most, which severely limits the expansion of the number of touch points in the development of self-capacitive touch screens. In view of the problem of the small number of capacitive channels in the touch screen data acquisition circuit, a touch screen data acquisition system controlled by Arduino is designed, including hardware and software. The hardware part is a touch detection circuit, which can detect up to 24 capacitance channels, and the software part is a graphical interface. It can detect the working status of the touch point of the self-capacitive touch screen in real time, and dynamically display the working status of touch points in the form of graphical interface.

Key words: touch detection circuit; touch screen; data acquisition system; graphical interface

0 引言

随着移动设备和 5G 时代的到来, 大到机械设备操作界面, 小到人们日常使用的移动电子设备, 触摸屏都因其方便快捷的操作方式而被广泛使用。

触摸屏作为人机交互的媒介之一, 具有十分重要的研究价值。随着人们对触摸屏功能需求提高, 可折叠和柔性触摸屏的设计制备是触摸屏研发的主要方向之一^[1-5]。同样, 伴随触摸屏功能属性的丰富, 基于触摸屏的应用扩展也是重要方向之一, 例如电子皮肤和可穿戴设备等^[6-11]。但在研究过程中, 触摸屏往往需要外部触摸检测电路对触摸屏的功能进行验证。Sarwar 等人提出了一种基于 AD7146 的触摸检测电路^[12], 可实现 16 个触摸点工作状态的检测, 但只能检测互电容触摸屏。而针对自电容触摸屏的检测, Liu 等人

Ye 等人分别以 AD7147 和 MPR121 为核心设计了一种触摸检测电路^[13-14], 但限于芯片本身的电容通道数目约束, Liu 等人设计的触摸检测电路只能检测 12 个电容通道的自电容触摸屏, 而 Ye 等人设计的触摸检测电路只能检测最多 13 个电容通道的自电容触摸屏, 均无法应对超过 13 个电容通道检测数量的自电容触摸屏功能验证。

对此, 本文提出了一种数据采集系统, 硬件部分为由 Arduino 控制的触摸检测电路, 其电路核心为 MPR121, 采用 MPR121 地址位切换的原则, 实现可检测最多 24 个电容通道数目的自电容触摸屏的功能。同时, 为了便于实时观察触摸屏中触摸点的工作状态, 设计了一种基于 Python 的图形化界面。最后, 通过实验对数据采集系统进行了功能验证。

1 数据采集系统设计

1.1 触摸检测电路硬件设计

一个 MPR121 只能检测 12 个电容通道的触摸屏,为了让触摸检测电路可以同时最多检测 24 个电容通道数目的自电容触摸屏,触摸检测电路设计过程中选择了两个 MPR121 以及一个 CD74HC21E 为核心设计,其电路原理图如图 1 所示。

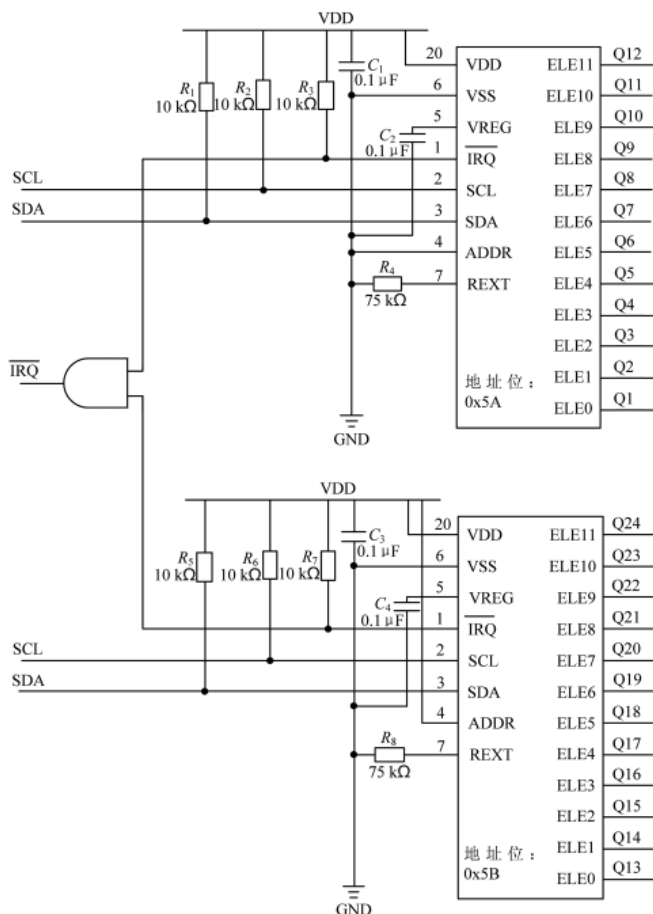


图 1 触摸检测电路原理图

该电路可以同时检测具有 24 个电容通道的自电容触摸屏。其中,VDD 为触摸检测电路的电源输入端,需要提供 3.3 V 的电压,触摸检测电路才能正常工作,而 VREG 为 MPR121 内部电源电压和内部稳压器的输出端,为了保证 VDD 端与 VREG 端电压的稳定性,均在其与接地端之间并联一个 0.1 μF 的去耦电容。

MPR121 作为具有 12 个电容通道的芯片,其需要通过 I²C 接口与微处理控制器通信才可以将触摸屏中触摸点的工作状态传输到计算机中,数据采集系统选择由 Arduino 控制,Arduino 通过 I²C 接口读取从机地址从而获得 MPR121 芯片采集到的触摸点的数据,MPR121 芯片对应的从机地址可以为 0x5A、0x5B、0x5C 和 0x5D,本文中触摸检测电路可以提供任意两个从机地址供 Arduino 读取,且在触摸检测电路的 SCL、SDA 以及 IRQ 端需加 10 k Ω 的上拉电阻。

触摸检测电路在检测触摸点工作状态过程中,需要提前为 Q1~Q24 的电容通道依次进行充电,然后定期将电容通道中的电量通过触摸点释放到接地端,其电容通道的整个充放电过程如图 2 所示。

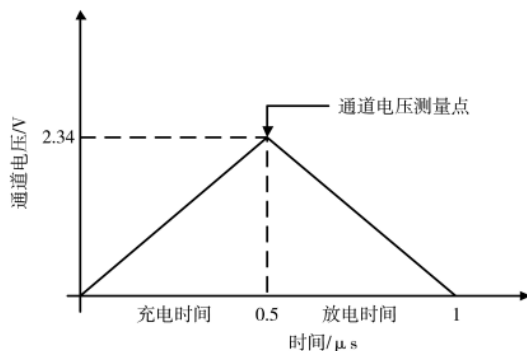


图 2 电容通道充放电过程图

触摸检测电路中 MPR121 电容通道的默认充电时间为 0.5 μs ,峰值电压为 2.34 V,随着触摸检测电路不断检测电容通道中的电压变化,就可以检测到触摸屏中触摸点的自电容大小,从而判断触摸屏中触摸点的工作状态,其检测原理表达式如下:

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{I \times T}{V} \quad (1)$$

其中, Q 为电容通道中的总电量, V 为电容通道中的峰值电压, I 和 T 分别为电容通道的充电电流和充电时间,MPR121 的默认充电电流为 16 μA ,其电源电压 V_{DD} 为 3.3 V,其最高峰值电压 V_{max} 和最低峰值电压 V_{min} 表达式如下:

$$V_{\text{max}} = V_{\text{DD}} - 0.7 = 2.6 \text{ V} \quad (2)$$

$$V_{\text{min}} = (V_{\text{DD}} - 0.7) \times 0.65 = 1.69 \text{ V} \quad (3)$$

其可测量电容范围计算如下:

$$C_{\text{low}} = \frac{I \times T}{V_{\text{max}}} = \frac{0.5 \mu\text{s} \times 16 \mu\text{A}}{2.6 \text{ V}} = 3.08 \text{ pF} \quad (4)$$

$$C_{\text{high}} = \frac{I \times T}{V_{\text{min}}} = \frac{0.5 \mu\text{s} \times 16 \mu\text{A}}{1.69 \text{ V}} = 4.73 \text{ pF} \quad (5)$$

式中 C_{low} 和 C_{high} 分别是触摸检测电路可以检测的最小电容值和最大电容值,当触摸检测电路检测到在 3.08 pF~4.73 pF 之间的电容值时,触摸屏中触摸点显示被触摸状态。

为了便于触摸检测电路检测电容通道的拓展,触摸检测电路中采用 CD74HC21E 器件作为两个 MPR121 的 IRQ 的连接端,CD74HC21E 器件具有 4 输入与门功能,可同时供 4 个 MPR121 共同连接使用,最终实现 48 个电容通道数目检测。考虑到触摸检测电路只用到了两个 MPR121,CD74HC21E 的另外两个闲置输入端口均接入高电平。触摸检测电路的硬件电路版图如图 3 所示,可通过 MPR121 的 ADDR 端口自由设置从机地址。

1.2 触摸检测电路驱动程序设计

触摸检测电路设计完成后,需要对其进行驱动程序

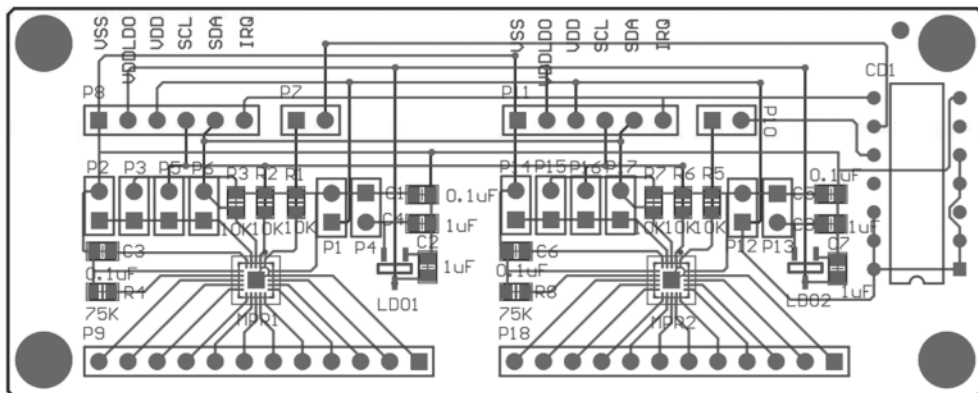


图3 触摸检测电路硬件版图

的设计,包括触摸检测电路中寄存器地址的设置、电容通道的初始化设置以及从机数据的读取设置等,因其采用 Arduino 开发板,驱动程序的设计在 Arduino IDE 开发环境中进行,图4所示为驱动程序模块图。

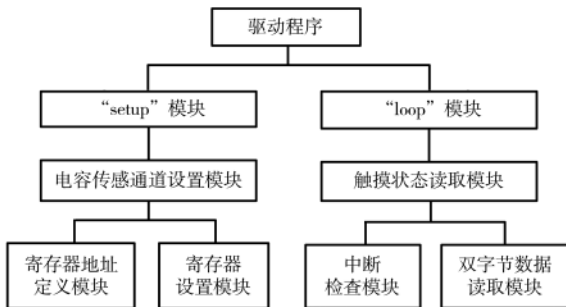


图4 驱动程序模块图

触摸检测电路驱动程序主要包含“setup”模块和“loop”模块两部分,“setup”模块的主要功能是对 MPR121 芯片的工作模式和电容传感通道进行基本设置,包括 I²C 通信命令的设置,同时将 \overline{IRQ} 引脚的初始工作电平设置为高电平。电容传感通道设置模块内部包含的寄存器地址定义模块主要用于对 MPR121 芯片中的寄存器地址进行命名和归类,而寄存器设置模块用于对寄存器地址定义模块定义的地址进行 MPR121 芯片的原始设置。

“loop”模块的主要功能是对触摸检测电路中需要重复进行的操作进行一系列设置,其中主要是对透明触摸屏上触摸点触摸状态的读取。触摸状态读取模块的主要功能就是读取透明触摸屏中触摸点的工作状态,其通过内部的中断检测模块检测触摸检测电路是否工作在正常状态,当其工作在正常状态时,则通过其内部的双字节数据读取模块,依次遍历两个不同从机地址 MPR121 芯片的 12 个触摸点数据,最后按顺序将其划分到 24 个触摸点中,用于确定对应触摸点的触摸状态。当触摸点被触摸时,Arduino IDE 开发环境的串口检测界面中对应触摸点的数据会显示“1”,相反,显示“0”。

Arduino 控制两个 MPR121 进行电容通道的检测采

用遍历的方式,依次选定 MPR121 的从地址为 0x5A 和 0x5B,通过一个循环语句依次遍历两个 MPR121 的电容通道检测结果,当触摸多个按键时,Arduino 会以 16 ms 采集一个电容通道电容变化的速度依次遍历两个 zMPR121 的电容通道,每秒可以遍历共 60 个电容通道以上的电容变化情况,因此当人的手指触摸多个按键时,不会发生数据冲突的现象。

1.3 图形化界面程序设计

触摸检测电路在实时采集触摸点数据过程中,会产生大量触摸点数据,通过 Arduino IDE 自带的串口监视界面无法直观获得触摸屏中各触摸点工作状态,因此设计了一种基于 Python 的图形化界面,其工作流程图如图5所示。

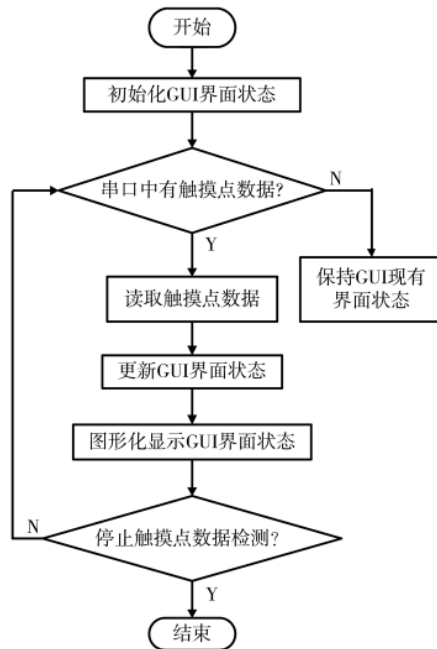


图5 图形化界面流程图

图形化界面采用 Python 的 PyQt4 单元库为核心^[15],并调用了 sys 库、time 库以及 serial 库。图形化界面主要由三个功能模块组成,分别为触摸点数据中转模块、多

线程数据接收模块以及显示界面设置模块。多线程数据接收模块用于接收并更新触摸检测电路采集到的触摸点数据,触摸点数据中转模块用于将多线程数据接收模块接收到的触摸点数据传输到显示界面设置模块,显示界面设置模块用于设置图形化界面的外观、形状等,并将接收到的触摸点数据实时刷新到图形化界面中。图形化界面的触摸点数据刷新率为 $10\ \mu\text{s}$ 一次,其完成后的图形化界面如图 6 所示,为一个 5×5 矩阵式分布的触摸板样式。

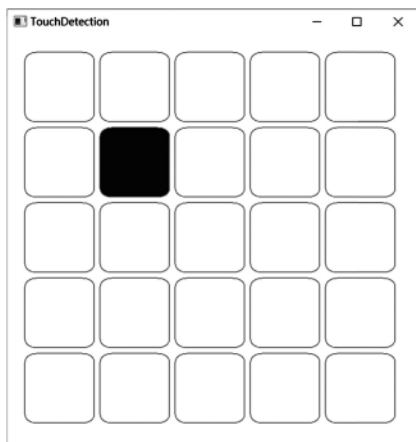


图 6 图形化界面显示图

图形化界面会按照触摸屏上触摸点的工作状态实时变化,当触摸点被触摸时,对应位置的图形化界面会显示红色,且随着触摸点数量的增多以及布局的改变,图形化界面也可以进行相应的程序调整。

2 数据采集系统验证

为了验证触摸屏数据采集系统的有效性,触摸检测电路最终以印刷电路板的形式搭建完成,其工作电压可由 Arduino 开发板提供,实验中采用 Arduino Uno R3 开发板。

触摸检测电路在工作过程中需将其 SCL 和 SDA 端口分别与 Arduino Uno R3 开发板对应的 I²C 端口相连,且触摸检测电路的 VDD 与 Arduino Uno R3 开发板的 3.3 V 电压端口相连,VSS 端与 Arduino Uno R3 开发板的 GND 端相连, $\overline{\text{IRQ}}$ 端与 Arduino Uno R3 开发板的任一数字引脚端口相连,且设置该数字引脚端口为输入端口,起始电平为高电平。图 7 所示为数据采集系统的测试图。

数据采集系统在验证过程中,选择了一个 5×5 简易式触摸板作为测试对象,并将其触摸点连接端与触摸检测电路的对应电容通道端口相连,其测试过程中因为触摸检测电路只能测试 24 个电容通道,故触摸板只有 24 个触摸点的状态可以被检测到,图 8 所示为数据采集系统验证结果图。

数据采集系统中的触摸检测电路在检测到简易触摸板上的触摸点被接触时,其对应位置的触摸点数据会

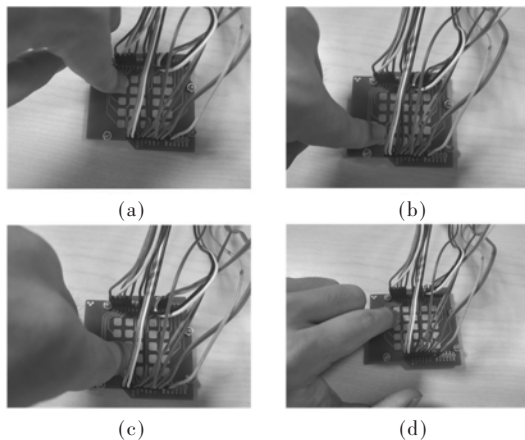


图 7 数据采集系统测试图

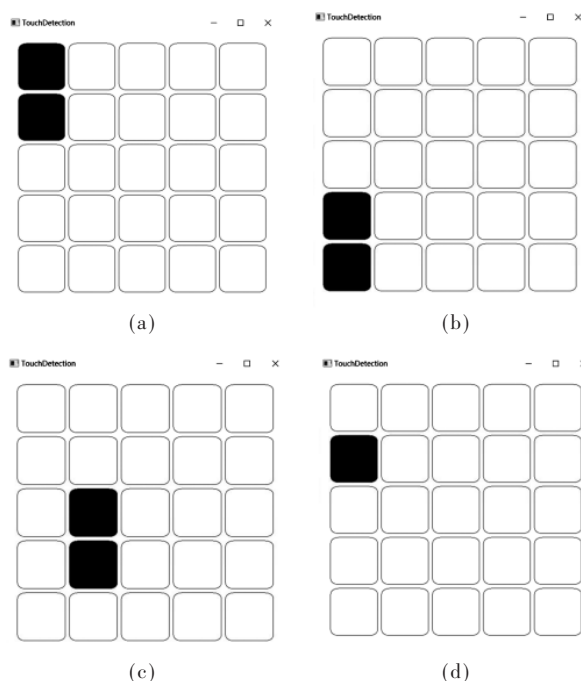


图 8 数据采集系统结果图

同步更新到图形化界面中实时显示出来,且在触摸检测电路检测过程中没有误检测的触摸点产生,证明了触摸检测电路的有效性。

3 结论

触摸屏数据采集系统的设计完成,不仅使触摸检测电路的电容通道数量增加到 24 个,可以用于更多触摸点的触摸屏检测,且通过以 Python 中的 PyQt4 单元库为核心的图形化界面更直观地观测触摸点变化情况,为触摸屏数据采集系统的设计提供了新的思路。

参考文献

- [1] LEWIS J R. Literature review of touch-screen research from 1980 to 1992[R]. Landolt-Börnstein-Group III Condensed Matter, 1993.
- [2] KIM C C, LEE H H, OH K H, et al. Highly stretchable, transparent ionic touch panel[J]. Science, 2016, 353(6300):

- 682-687.
- [3] CHOI T, HWANG B U, KIM B Y, et al. Stretchable, transparent and stretch-unresponsive capacitive touch sensor array with selectively patterned silver nanowires/reduced graphene oxide electrodes[J]. *Acs Applied Materials & Interfaces*, 2017, 9(21): 18022-18030.
- [4] VALASMA R, BOZO E, PITKNEN O, et al. Grid-type transparent conductive thin films of carbon nanotubes as capacitive touch sensors[J]. *Nanotechnology*, 2020, 31(30).
- [5] HE Z, YUAN W. Adhesive, stretchable, and transparent organohydrogels for antifreezing, antidrying, and sensitive ionic skins[J]. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2021, 13(1): 1474-1485.
- [6] LEE Y, KIM J, JANG B, et al. Graphene-based stretchable/wearable self-powered touch sensor[J]. *Nano Energy*, 2019, 62: 259-267.
- [7] CATALDI P, DUSSONI S, CESERACCIU L, et al. Carbon nanofiber versus graphene-based stretchable capacitive touch sensors for artificial electronic skin[J]. *Advanced Science*, 2017, 5(2): 1870011.
- [8] SCHWARTZ G, TEE C K, MEI J, et al. Flexible polymer transistors with high pressure sensitivity for application in electronic skin and health monitoring[J]. *Nature Communications*, 2013, 4: 1859.
- [9] WANG X, CU Y, XIONG Z, et al. Silk-molded flexible, ultrasensitive, and highly stable electronic skin for monitoring human physiological signals[J]. *Advanced Materials*, 2014, 26(9): 1336-1342.
- [10] SUN Q, SEUNG W, KIM B J, et al. Active matrix electronic skin strain sensor based on piezopotential-powered graphene transistors[J]. *Advanced Materials*, 2015, 27(22): 3411-3417.
- [11] HOU C, WANG H, ZHANG Q, et al. Highly conductive, flexible, and compressible all-graphene passive electronic skin for sensing human touch[J]. *Advanced Materials*, 2014, 26(29): 5018-5024.
- [12] SARWAR M S, DOBASHI Y, PRESTON C, et al. Bend, stretch, and touch: locating a finger on an actively deformed transparent sensor array[J]. *Science Advances*, 2017, 3(3): 1-8.
- [13] YE Z, WONG M, NG M T, et al. High precision active-matrix self-capacitive touch panel based on Fluorinated ZnO thin-film transistor[J]. *Journal of Display Technology*, 2015, 11(1): 22-29.
- [14] LIU G Y, KONG D Y, HU S G, et al. Smart electronic skin having gesture recognition function by LSTM neural network[J]. *Applied Physics Letters*, 2018, 113(8): 1-5.
- [15] 贾世海, 李沛玉, 胡守扬, 等. 基于 Qt 框架的 APV25 数据采集系统研究[J]. *原子能科学技术*, 2020, 54(6): 1041-1046.

(收稿日期: 2021-06-29)

作者简介:

艾凯旋(1994-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向: 电路设计以及电子元器件 DPA 技术。



扫码下载电子文档

(上接第 121 页)

- on Electron Device and Solid State Circuit, 2012.
- [16] BATENIN V M, KAZARYAN M A, KARPUKHIN V T, et al. Design and physical features of inductive coaxial copper vapor lasers[J]. *Plasma Physics Reports*, 2016, 42(11): 1057-1065.

(收稿日期: 2021-07-16)

作者简介:

王迪晟(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 电路与系统。

秦会斌(1961-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 电力工业、自动化技术、电信技术。

范翠红(1997-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 电力工业、自动化技术。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所