

doi: 10.7690/bgzdh.2021.02.006

## 国产自主可控警用随行终端

曾勤波<sup>1</sup>, 鲁飞<sup>2</sup>, 许甜甜<sup>1</sup>, 张鸿<sup>1</sup>, 骆云志<sup>1</sup>

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司特种产品事业部, 四川 绵阳 621000;  
2. 中国人民解放军 32381 部队, 北京 100071)

**摘要:** 为解决我国警用装备管理便携化、可视化、信息化和智能化程度低的现状, 采用国产嵌入式处理器和国产操作系统, 并结合应用需求设计一款可控警用随行终端。用于实现公网通信、卫星定位、地图导航、警用装备无线监控等功能, 并对关键性能进行验证与分析。应用结果表明: 该终端能够实现警用装备全天候实时的存储与随行管理, 对提高警用装备国产自主可控水平有着十分重要的意义。

**关键词:** 自主可控; 国产化; 警用随行终端

**中图分类号:** TP23 **文献标志码:** A

## Domestic Autonomous and Controllable Police Portable Terminal

Zeng Qinbo<sup>1</sup>, Lu Fei<sup>2</sup>, Xu Tiantian<sup>1</sup>, Zhang Hong<sup>1</sup>, Luo Yunzhi<sup>1</sup>

(1. Department of Special Product, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China; 2. No. 32381 Unit of PLA, Beijing 100071, China)

**Abstract:** For solving the current situation of the low degree of portability, visualization, information and intelligence in the management of police equipment, combined with application requirements, a police portable terminal is designed based on domestic and autonomous control technology, with the domestic embedded processor and domestic operating system. It is used to realize public network communication, satellite positioning, map navigation, wireless monitoring of police equipment, and to verify and analyze the key performance. Application results that the storage management and portable management of police equipment can be realized all-weather and real-time, and has the great significance of improving the domestic autonomous and controllable level of police equipment.

**Keywords:** autonomous control; domestic; police portable terminal

### 0 引言

随着我国科技水平的日益进步, 国产自主可控在各大行业中越来越受重视, 推进国产芯片和操作系统在警用装备上的应用也逐渐成为我国公安信息化建设的重点工作。警用装备这类特殊物品, 是事关国家安全、社会稳定的关键, 任何管理的松懈都会对国家和社会安稳造成很大影响<sup>[1]</sup>。新闻报道中的警用装备丢失或警用装备盗抢等问题所引发的事件说明警用装备管理的必要性<sup>[2]</sup>。

传统公安信息化系统主要是通过储柜的无线通信或自动识别的方式来实现警用装备存储与管理。然而储柜体积庞大, 随行携带不便, 难以满足执勤时警用装备管理便携化、可视化、信息化和智能化监管的需求<sup>[3]</sup>。如今, 警用装备管理的模式正逐步向穿戴式、智能化发展, 要求对警用装备进行实时动态的随行监管, 同时借助处理器强大的处理能力, 实现卫星定位、地图导航、公网通信、显示控制、警用装备无线监控等功能。

笔者采用 SL8541E 国产嵌入式处理器和国产移动终端操作系统设计的警用随行终端用于满足警用装备存储与随行管理的应用需求, 将穿戴式、智能化和国产自主可控相结合, 是对公安人员或武警战士随身携带装备进行信息监控的设备。

终端主要涉及硬件电路和系统软件 2 大部分, 包括充电电路实现、国产处理器及外围电路实现、传感器电路实现、国产化操作系统移植、内核定制、驱动移植、服务程序开发等内容。

警用随行终端的设计致力于促进国产化芯片和操作系统的應用与发展, 对提高警用装备国产自主可控水平有着十分重要的意义。

### 1 警用随行终端硬件电路实现

笔者主要从 USB 充电电路、SL8541E 及外围电路和传感器电路展开描述。

#### 1.1 USB 充电电路

警用随行终端由内置锂电池供电, 通过 USB 接

收稿日期: 2020-09-07; 修回日期: 2020-10-12

作者简介: 曾勤波(1988—), 男, 江西人, 硕士, 工程师, 从事武器装备信息化、定位与位置服务等研究。E-mail: 1055397266@qq.com。

口来进行充电。该部分电路主要实现电池电压实时监测，充电电路实时控制等功能。笔者采用一款高效的单电池开路充放电。

### 1.2 SL8541E 及外围电路

结合警用终端的应用需求，笔者选用展锐 SL8541E 芯片作为主处理器，用于实现卫星定位、地图导航、公网通信、显示控制、警用装备无线监控等功能，实现全面、实时、智能、便携的警用装备管理。

展锐 SL8541E 是一款高集成度的国产嵌入式处理器芯片。SL8541E 采用 28nm HPC+制作工艺，内置 ARM Cortex-A53 四核处理器，主频高达 1.4 GHz，配备 3D 图形加速的 Mali T820 MP1 图形处理器，支持五模 Cat4 通信以及 VoLTE、ViLTE 和 VoWiFi 功能；集成 PMU 和音频 CODEC，实现集成电源管理和语音编解码功能。SL8541E 及外围电路设计如图 1 所示。

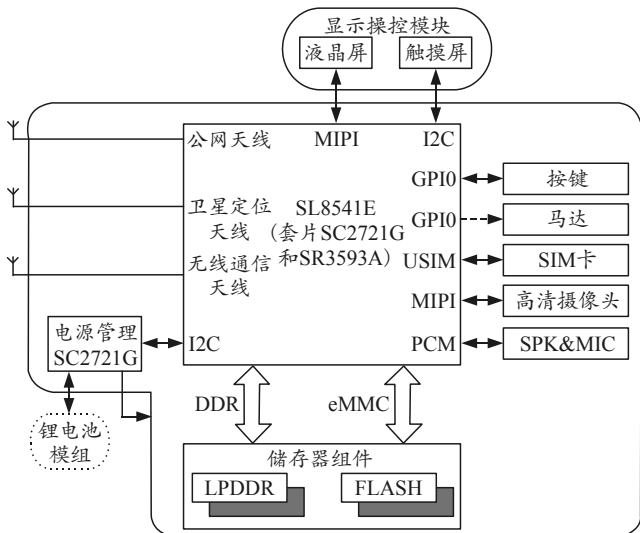


图 1 SL8541E 及外围电路设计

### 1.3 传感器电路

传感器电路选用主流芯片器件设计实现，是终端的重要组成部分，主要包括六轴惯性传感器、三轴地磁传感器、血氧和心率传感器、环境光线传感器等<sup>[4]</sup>。

芯片 SY6923 内部集成了场效应管、电流传感器和充电控电路等，被广泛应用于智能终端产品的充电管理。

六轴惯性传感器是终端实现抬腕亮屏、计步、屏幕旋转等功能的传感数据采集器件，包含三轴陀螺仪和三轴加速度计。笔者选用 LSM6DS3TR-C 芯片，能够在高性能模式下始终以 1.25 mA 低功耗的

速度运行<sup>[5]</sup>。

三轴地磁传感器用于实现指北、寻北地图导航的路径规划等功能。笔者选用 ST480MC，是一款国产高水平器件，通过 I2C 总线实时输出监测数据<sup>[6]</sup>。

血氧和心率生物传感器可佩带于手指、耳垂和手腕等处，进行心率和血氧采集监测。笔者选用具有高灵敏度特点的 MAX30102，集成多个 LED、光电检测器、光器件以及带环境光抑制的低噪声电子电路。芯片采用单个 1.8VDC 电源供电，+5VDC 电源用于内部 LED，标准的 I2C 兼容的通信接口。

终端通过环境传感器实现终端屏幕亮度调节和熄屏/亮屏控制，选用的 STK3310 能够通过 I2C 总线进行通信，是一款环境光和红外光感测的数字传感器，内置光电二极管和红外发光二极管感测环境光和接近距离。

## 2 国产移动终端操作系统移植

基于国产移动终端操作系统平台的警用随行终端采用国产安全加固嵌入式 Linux 内核+HTML5 技术路线，在满足安全通信、安全数据管理、智能人机交互、服务化应用管理的基础上，结合功能需求进行系统移植、驱动开发和系统服务定制开发。主要实现内容如下。

### 2.1 国产化操作系统适配和内核定制

构建最小系统所需的操作系统内核、文件系统、电源管理和存储管理等，提供操作系统基础支撑。

终端启动时，主引导程序 (bootloader) 开始执行，引导并加载内核；内核启动并运行后，用户空间中的 init 进程被触发，将挂载必要的文件系统，加载系统服务和核心进程，并在服务启动后充当服务管理器；b2g 进程是主系统进程，具有运行优先级，实现对各类硬件设备的访问。系统启动流程如图 2 所示。

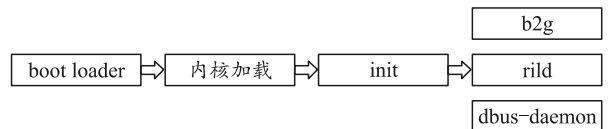


图 2 系统启动流程

### 2.2 设备驱动程序移植

主要负责对接硬件的驱动程序，衔接底层硬件驱动和系统功能服务层。通过进程间通信方式实现基于类 C/S 模式的硬件访问接口，并支持部分可并发操作硬件的并发处理功能。主要包括以下内容：图形加速驱动，音视频编解码驱动，公网通信驱动，

GPIO 驱动，无线通信驱动，卫星定位授时驱动，传感器驱动。

### 2.3 系统服务定制开发

针对系统的核心功能，实现了公网通信、无线通信、显示操控、多媒体处理、电源管理、卫星定位授时、生理体征监测、按键、马达、数据加密、寻北及校准、抬腕亮屏、计步、信息推送以及身份认证等服务功能<sup>[7]</sup>。

## 3 关键技术实现

### 3.1 生理体征传感信息综合处理

警用随行终端集成北斗/GPS 双模定位、三轴磁力计、三轴加速度计、三轴陀螺仪、心率/血氧传感器等组件，采用模块化设计使得数据提取、采集、传输、分析各个功能在逻辑和应用上分开，降低不必要的冗余性。笔者采用传感信息综合处理技术，通过复杂的数据分析、显示和存储，建立士兵生理体征数据库，实现士兵计步、心率/血氧/血压监测、姿态感知、生理体征及行为监测。图 3 为生理体征传感信息应用。



图 3 生理征传感信息应用

### 3.2 高可靠环境适应性设计

警用随行终端通过选型工业级宽温元器件，能满足终端在宽范围温度冲击下的防护要求；选用的大容量宽温锂电池不仅能够在超低温（-40℃）环境下提供释放足够的电能，而且具备高温保护功能。

为满足警用随行终端随行使用、意外跌落或执行任务时因活动产生的振动冲击要求，笔者对防护壳体采用结构开模设计的方式，采用 PC+10%GF+TPU 双色注塑成型，具有较好的强度和韧性；触摸屏面板选择“康宁”Ⅲ代玻璃基材，材质钢化处理，硬度达到 7H 或以上，能有效防护屏幕碰撞和刮蹭。

### 3.3 蓝牙一对三高精度测距应用

蓝牙一对三测距采用基于信号强度 (received signal strength indication, RSSI) 的方法，终端通过

底层驱动实时获取并监听蓝牙信号强度的变化来估算蓝牙发射模块的相对距离，计算公式如下：

$$PL(d) = PL(d_0) + 10n \lg(d/d_0) + X_0 \quad (1)$$

式中： $PL(d)$ 为经过距离  $d$  后的路径损耗； $PL(d_0)$ 为经过单位距离后的路径损耗； $d_0$ 为单位距离，通常为 1 m； $X_0$ 为均值是 0 的高斯分布随机数，其标准范围为 4~10； $n$ 为信号衰减因子，范围一般为 2~4<sup>[8]</sup>。图 4 为蓝牙一对三连接应用。



图 4 蓝牙一对三连接应用

### 3.4 超长待机、超低功耗应用技术

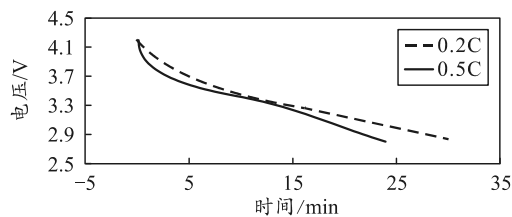
警用随行终端作为穿戴式信息化装备，不仅要求体积小、质量轻，同时还需具备长时间电池续航能力。在电池尺寸和容量无法大幅提升的情况下，功耗管理已成为警用随行终端设计中需要重点解决的技术问题。笔者通过优化驱动设计，采取动态调节处理核心数量和升降频方式降低处理器功耗；结合警用随行终端工作模式，对外围器件用电进行功耗分区管理；同时动态监测 Wi-Fi/蓝牙信号强度，实现发射功率动态调节，降低无线通信功耗。

## 4 验证与分析

### 4.1 环境适应性

#### 1) 高低温。

如图 5 所示，在实验室，笔者对终端在 -40~+70℃ 进行高低温工作实验，并在 -40、-20、+25 和 +70℃ 温度下，对 5 000 mAh 宽温锂电池的 0.5C 和 1C 放电能力进行分析。实验结果证明：在 -40℃ 时电池就已经无法按 1C 进行放电，所以图 5(a) 补充了 0.2C 放电的测试；在 +70℃ 时按 2C 进行放电，会引起电芯温度过烫而自保护，所以图 5(d) 中没有 2C 放电曲线。



(a) -40℃ 放电

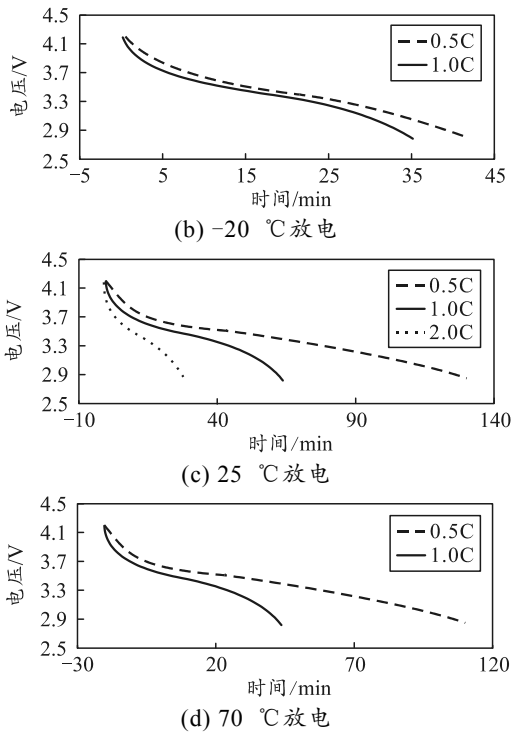


图 5 宽温电池放电

2) 防水、防尘和防跌落。

终端 USB 接口采用吸附式与按键一起借壳体结构一体成型，有效防尘、防水。壳体外表面注塑 TPU 对自由跌落起到缓冲作用，壳体边缘留有点胶槽，屏幕总成与壳体之间采用点胶工艺，在保证屏幕总成固定的同时，能有效防止水和灰尘的进入，终端留有独立的泄压阀来调节壳体内外气压。

4.2 蓝牙一对三测距

笔者选用 6 个距离对连接的 3 个蓝牙发射模块建立特征库，测距结果如表 1 所示。

表 1 终端底电流测试记录

序号 i	测试距离/m	信号强度/dBm	平均测距距离/m
1	0	-46	≤0.1
2	1	-51	≤0.2
3	5	-59	≤0.5
4	10	-81	≤1.5
5	15	-95	≤2
6	20	-109	≤3

通过预设最小连接距离和超距离连接报警提示来验证测距精度。实验结果证明：终端蓝牙一对三的连接稳定，测距精度符合要求。

4.3 终端功耗

笔者结合终端应用需求优化内核和操作系统服务降低总功耗，常温环境下在实验室通过使用 Agilent 66319B 电源由 GPIB 连接电脑，运行

measure.exe 功耗测量工具控制安捷伦电源，电压设置 3.8 V 对终端实时底电流进行测试，终端低电流测试记录如表 2 所示。

表 2 终端底电流测试记录

序号 i	电流/mA	测试环境	测试状态
1	23.2	常温测试	便携状态(4G 数据开启、蓝牙连接 3 设备、熄屏)
2	6.1	常温测试	飞行模式
3	18.7	常温测试	存储状态(WIFI 开启、加速度计开启、熄屏)

按照每天便携 12 h，存储 12 h 的应用模式，终端连续 7 d 的用电量如下：

23.2+18.7×12×7=3 520 mAh。(2)

结果证明：终端功耗优于大部分商用手机，功耗控制效果显著，即笔者选用的 5 000 mAh 宽温锂电池能够满足实际使用要求。

5 结束语

验证结果表明：通过国产自主可控规划，该终端国产化率已提高到 98%。目前，该终端已随系统在我国一些公安系统和武警部队推广应用，实现警用装备全天候、可视化、智能化、便携式实时监管。

随着器件国产化替代的大趋势，未来终端国产化率将满足 100%，以适应公安系统和武警部队的特殊及较高需求；另外，在装备智能化发展的大环境下，警用随行终端将在智能操控、高效互联及适应实战要求等方面有更大的改进及提升空间。

参考文献：

- [1] 柯迁, 马晶. RFID 技术在重要场所安全管理上的应用研究[J]. 应用科学, 2009(7): 117.
- [2] 白常青. 警用装备实时监控管理系统的研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2003.
- [3] 王南江. 武警动态枪支监控系统设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- [4] 谢昌荣, 李菊英. 基于动态规划的无线传感器网络路由优化策略[J]. 兵工自动化, 2019, 38(10): 28-31.
- [5] 袁未东. 基于 DM8148 视频处理器的电梯运行状态智能监测系统硬件设计[D]. 杭州: 浙江大学, 2017.
- [6] 杨业青. 无人机飞控半物理仿真系统研究与设计[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2019.
- [7] 林翔, 贾璐, 吴小勇. 大数据技术在装备体系仿真实验中的应用模式及难点分析[J]. 兵工自动化, 2019, 38(7): 26-29.
- [8] 王青. WiFi 室内定位系统的设计与实现[D]. 北京: 北京交通大学, 2014.