

摘要：针对目前农业生产的特点，无人驾驶拖拉机的研发成为趋势。本文介绍一种涉及无人驾驶拖拉机领域的安全辅助与防盗装置。此装置由 FLIR 热成像模块、英伟达 JETSON NANO 开发板、STM32F7671GT6 为核心主控电路三大部分组成。该装置能够通过热成像监控作业过程中是否有非法人员进入工作区域；英伟达 JETSON NANO 开发板主要用于人脸识别，当车辆非作业状态时通过热成像感知人员进入监控领域，通过人脸识别判断是否是合法人员正在接近无人驾驶拖拉机；无人驾驶拖拉机无论是在工作还是非工作状态，以 STM32F7671GT6 为核心主控电路通过 CAN 总线采集无人拖拉机 ECU 的发动机数据以及热成像与人脸识别报警与识别信息，通过 EC200 模组利用 4G 网络上传到后台服务器。

关键词：无人驾驶拖拉机；FLIR 热成像模块；英伟达 JETSON NANO 开发板；STM32F7671GT6；CAN；4G

中图分类号：S219；TP391.4 文献标识码：A 文章编号：1006-883X(2020)08-0032-08

收稿日期：2020-06-28

一种无人驾驶拖拉机作业安全辅助与防盗装置

李清琳

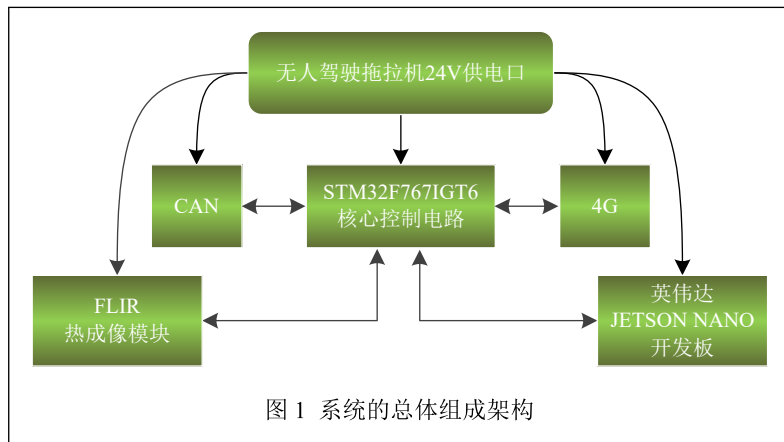
洛阳中科信息产业研究院暨中科院计算技术研究所洛阳分所，河南洛阳 471000

一、引言

农业生产中，拖拉机是必不可少的一部分。现今农村农务人员严重外流，农业生产劳动力严重缺乏，无人驾驶拖拉机的研发是一个必然趋势。研发无人驾驶拖拉机要克服许多困难，在地域广阔的东北、西北地区，利用无人拖拉机可以大幅节省人力，提高工作效率^[1-3]。然而，无人拖拉机在工作时可能会出现一些非工作相关人员，如果稍有不注意容易出现安全事故。同时，无人驾驶拖拉机的价格远超普通拖拉机，防盗压力也日益增加。由于国内无人驾驶拖拉机处于刚起步阶段，无人驾驶拖拉机作业安全辅助与防盗的相关问题解决方案不多，本论文就给出一种实用性较强的无人驾驶拖拉机作业安全辅助与防盗装置。

为了克服误伤与防盗技术方面的不足，保证无人拖拉机安全作业，本论文提供了一种红外热成像技术、人脸识别技术、无线通讯技术为一体的安全辅助与防

盗装置。该装置能够满足无人驾驶拖拉机工作时可自主判断有无非法进入作业区域的人员及采取相应的措施，保证无人驾驶拖拉机不会造成安全生产事故，该装置工作时不受白天或者夜间光线的影响。该安全辅助装置可时刻获取监控范围内的人员情况，将采集到的红外热成像信息利用边缘检测对目标进行分割、配准与人体特征值进行对比识别，当符合人的特征时唤醒人脸识别功能^[4]，该装置会记录每个合法的人员人脸特征。如果有人员进入工作区域，采取减速或者停车并进行本地报警等措施避免无人驾驶拖拉机引发安全生产事故，同时将非法进入监控区域的人数发送给后台监控者；当无人驾驶拖拉机在非工作状态时有非已知人员进入监控范围内时将发出报警信号，警报灯闪烁，警笛鸣响，同时自行通过通讯模块给监管人员发出远程警报并包含非法人员人数信息，监管人员可以通过远程通讯模块控制该装置预警状态，操作车辆



工作状态。车辆的减速与停车操作时，通过 4G 无线通讯^[5-6]将控制信号发送至核心主控电路，然后核心主控电路将控制指令通过 CAN 总线发送给车辆 ECU 控制车辆运行状态^[7-8]。

该无人驾驶拖拉机作业安全辅助与防盗装置采用性价比高的集成模块，稳定性好，能够满足无人驾驶拖拉机复杂恶劣的工作环境。

二、系统总体结构设计

无人驾驶拖拉机作业安全辅助与防盗装置主要由 FLIR 热成像模块、英伟达 JETSON NANO 开发板、STM32F7671GT6 为核心主控电路、CAN 通讯电路、EC200（4G 模块）组成，系统的总体组成架构如图 1 所示。供电是由无人驾驶拖拉机系统电源提供，FLIR 热成像模块利用热成像检测是否有人员接近无人驾驶拖拉机，STM32F7671GT6 为核心主控电路通过热成像信息调动英伟达 JETSON NANO 开发板进行人脸识别。STM32F7671GT6 为核心主控电路通过 CAN 通讯与无人驾驶拖拉机的 ECU 进行通讯，检测车辆信息与控制无人驾驶拖拉机的运动状态，通过 EC200 的 4G 通讯功能将本地信息通过 4G 网上传到后台服务器。

三、器件选型

主要器件：FLIR 热成像模块、英伟达 JETSON NANO 开发板、STM32F7671GT6 为核心主控电路、CAN 通讯电路、EC200（4G 模块）。

1、FLIR 热成像模块

FLIR Lepton[®] 是一款具有辐射测量功能的长波红外热像仪解决方案，采用完整的长波红外（LWIR）相机模块设计，接口容易接入移动设备接口和其他消费电子电子产品。Lepton[®] 2.5 长波红外（LWIR）成像模块支持基于 Arduino、Raspberry Pi、ARM 等常用的开发工具。

参数：

类型：热敏式；

有源像素阵列：80(h)×60(v)；

帧速率：9Hz；

快速成像 (<0.5s)

波长：8μm~14μm

51° HFOV, 63.5° 对角线 (f/1.1)

热灵敏度 <50mK

输出格式：用户可选的 14 位，8 位（AGC 应用）

或 24 位 RGB（应用 AGC 和着色）

SPI 视频接口：双线 I2C 类串行控制接口

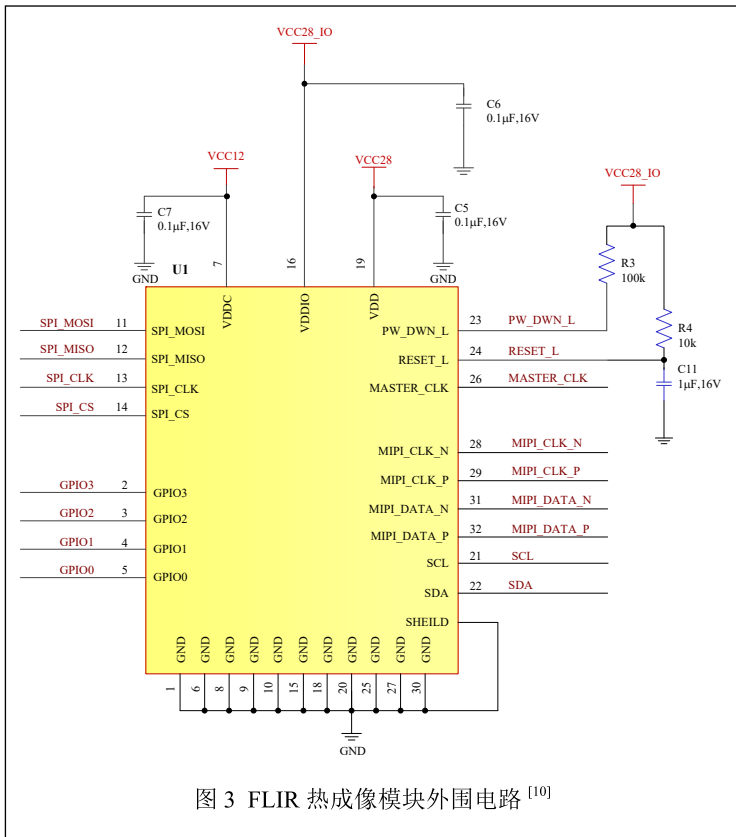
供电电压：2.8V

低工作功率，标称值为 150mW（在整个温度范围内 <160mW）

尺寸：10.6mm×11.7mm×5.9mm

官方的 FLIR 热成像模块如图 2 所示。FLIR 热成像模块外围电路如图 3 所示。





2、英伟达 JETSON NANO 开发板

Jetson Nano 采用四核 64 位 ARM CPU 和 128 核集成 NVIDIA GPU，可提供 472 GFLOPS 的计算性能。它还包括 4GB LPDDR4 存储器，采用高效、低功耗封装，具有 5W/10W 功率模式和 5V DC 输入。完全兼容这些框架和 NVIDIA 领先的 AI 平台，可以比以往更轻松地将基于 AI 的推理工作负载部署到 Jetson。Jetson Nano 为各种复杂的深度神经网络（DNN）模型提供实时计算机视觉和推理。

参数：

中央处理器：64 位四核 ARM A57 @ 1.43GHz；

GPU：128 核 NVIDIA Maxwell @ 921MHz；

存储：4GB 64 位 LPDDR4@1600MHz | 25.6GB/s；

视频编码器：4Kp30 | (4x)1080p30 | (2x)1080p60；

视频解码器：4Kp60 | (2x) 4Kp30 | (8x) 1080p30 | (4x) 1080p60；

USB 接口：4x USB 3.0 A（主机）| USB 2.0 Micro B（设备）；

相机：MIPI CSI-2 x2（15 位 Flex 连接器）；

显示：HDMI | DisplayPort；

联网：千兆以太网（RJ45）；

无线：M.2 带有 PCIe x1 的 Key-E；

存储：MicroSD 卡（最低 16GB UHS-1）；
其他 I/O。（3x）I2C | （2x）SPI | UART | I2S |
个 GPIO；

功耗：5W/10W；

输入电压：5V。

英伟达 JETSON NANO 开发板正面图如图 4 所示，背面图如图 5 所示，功能分布图如图 6 所示。

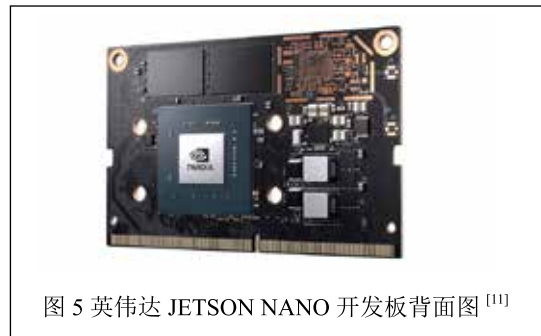
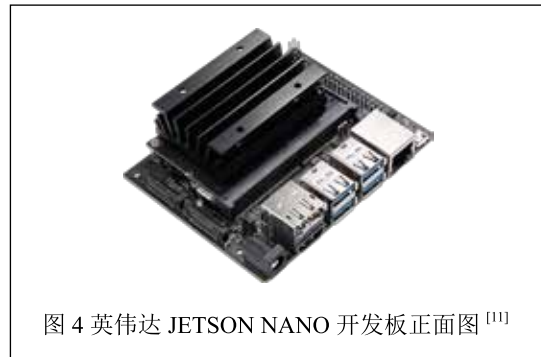


表 1 STM32F7671GT6 主要参数^[12]

产品型号	主频 (MHz)	内核	FLASH (KB)
STM32F7671GT6	216	Cortex-M7	1024
RAM (KB)	EEPROM (B)	封装	通用 IO
512+16	0	LQFP176	132
工作电压	16 位定时器	32 位定时器	电机控制定时器
1.7-3.6	12	2	2
低功耗定时器	高分辨率定时器	12 位 ADC 转换单元	12 位 ADC 通道
1	0	3	24
16 位 ADC 转换单元	16 位 ADC 通道	12 位 DAC 通道	比较器
0	0	2	0
放大器	Cordic	FMAC	SPI
0	0	0	6
QuadSPI/OctoSPI	I2S	I2C	U(S)ART
1[Quad]	[3]	4	4+4
低功耗 UART	CAN	SDIO	FSMC
0	3	2	0
FMC	从 USB	全速 USB OTG	高速 USB OTG
1	0	1	1
以太网	MDIOS	段式 LCD	TFT LCD
1	1	0	1
JPEG Codec	3D GPU	DSI HOST	SAI
1	0	0	2
SPDIFRX	DFSDM	DCMI	SWPMI
4	1	1	0
RF	TRNG	OTFDEC	PKA
0	1	0	0

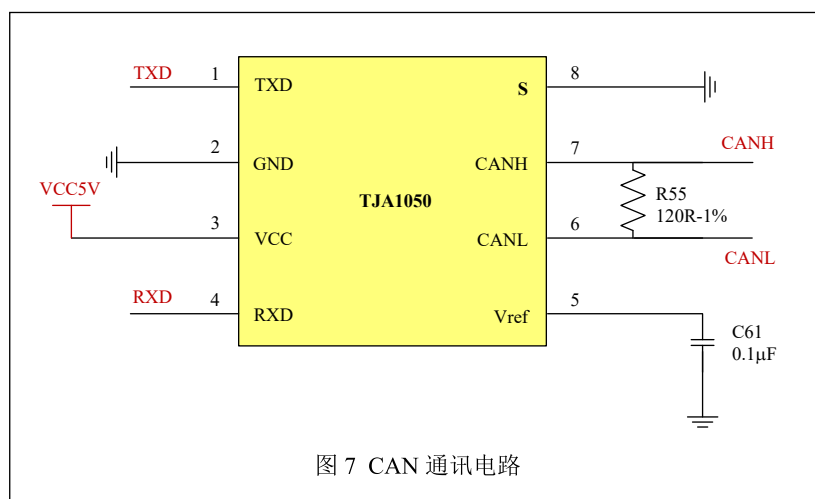


图 7 CAN 通讯电路

3、STM32F7671GT6 为核心主控电路

STM32F7671GT6 采用高性能、低成本、低功耗的嵌入式应用设计的 M7 内核，为本次主要的核心主控芯片。STM32F7671GT6 主要参数如表 1 所示。

4、CAN 通讯电路

CAN 通讯电路的主芯片采用的是 TJA1050 芯片，TJA1050 是控制器区域网络（CAN）协议控制器和物理总线之间的接口，是一种标准的高速 CAN 收发器。TJA1050 可以为总线提供差动发送性能，为 CAN 控制器提供差动接收性能。

特性：

“ISO 11898”标准完全兼容速度可达 1Mbps；具有极低的电磁辐射（EME）；最多可以连接 110 个节点，没有供电的节点不干扰总线；对电源和地具备短路保护功能；具有发送数据（TXD）控制超时显性功能；在汽车环境下对总线引脚具有瞬态保护、热保护功能。

优势：

- 1、第一个采用 SOI 技术降低电磁辐射；
- 2、增加了防失效功能；
- 3、提高了无源特性；
- 4、发送禁止时为静音模式；
- 5、输入电平与 3.3V 和 5V 器件兼容；
- 6、简单化设计减少了整个系统的成本；
- 7、低反向电流使得节点未供电时不影响网络；

8、具有宽共模范围的差动接收器，抗电磁干扰（EMI）能力极强；

9、适合用于部分供电网络中节点掉电的情况。

TJA1050 CAN 通讯电路如图 7 所示。

CANH 与 CANL 引脚之间连接 120Ω 的电阻为了阻抗匹配，保证电路正常工作，V_{ref} 引脚外接电容用于滤去杂波。

5、4G 通讯

4G 通讯采用的是上海移远通信技术股份

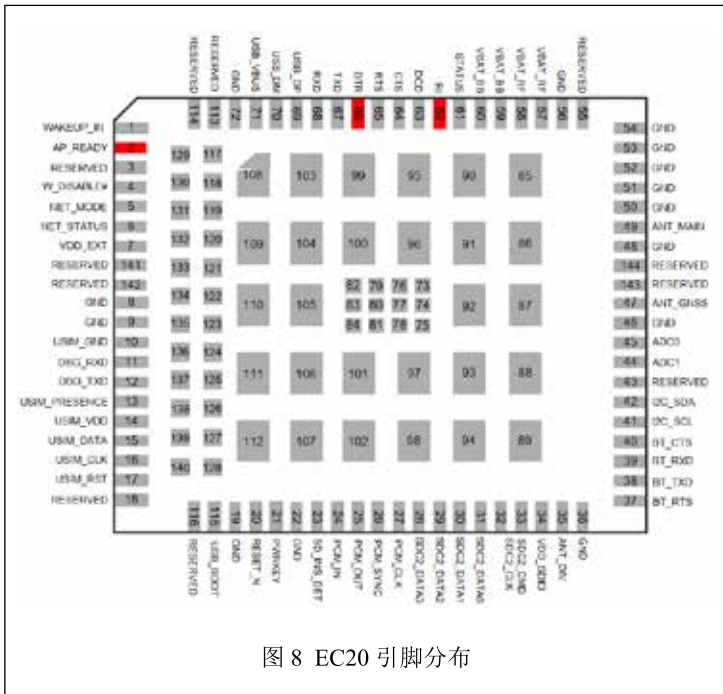


图 8 EC20 引脚分布

有限公司的 EC20 4G 模块，EC20 是移远通信最新推出的 LTE Cat 4 无线通信模块，采用 LTE 3GPP Rel.11 技术，支持最大下行速率 150Mbps 和最大上行速率 50Mbps，能在 LTE-FDD、LTE-TDD、DC-HSPA+、WCDMA、EDGE 及 GPRS 等多种网络制式中进行数据通信。同时在封装上兼容移远通信 UMTS/HSPA+UC200T 模块以及多网络制式 LTE Standard EC20 R2.0/EC20 R2.1/EC21/EC25/EG25-G/EG21-G/EC200T 模块，实现了 3G 网络与 4G 网络之间的无缝切换。EC20 引脚分布如图 8 所示。

EC20 的供电范围为 3.3V~4.3V，需要确保输入电压不低于 3.3V。在 2G 网络下突发传输时电压跌落情况，3G 和 4G 网络下电压跌落比 2G 网络下小。为了减少电压跌落，需要使用低 ESR (ESR=0.7Ω) 的 100μF 滤波电容。同时建议分别给 VBAT_BB 和 VBAT_RF 预留 3 个具有最佳 ESR 性能的片式多层陶瓷电容 (MLCC) 100nF、33pF、

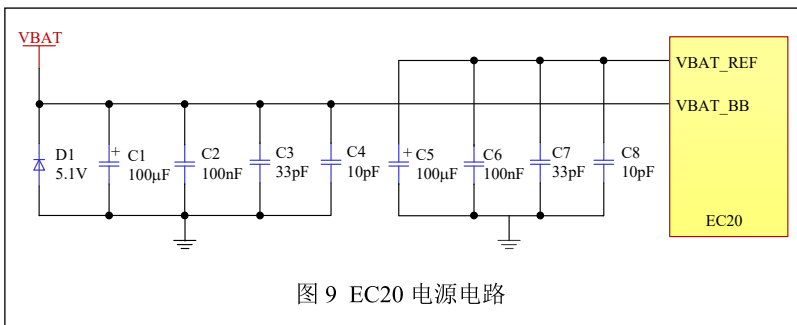


图 9 EC20 电源电路

10pF)，且电容靠近 VBAT 引脚放置。外部供电电源连接模块时，VBAT_BB 和 VBAT_RF 需要采用星型走线。VBAT_BB 走线宽度应不小于 1mm，VBAT_RF 走线宽度应不小于 2mm。原则上，VBAT 线越长，线宽越宽。另外，为了保证电源稳定，在电源前端加 5.1V、功率 0.5W 以上的齐纳二极管。EC20 电源电路如图 9 所示，GNSS 电路如图 10 所示。

电路注意细节：

- 1、在应使用阻抗模拟计算工具对射频信号线进行精确的 50Ω 阻抗控制；
- 2、与射频引脚相邻的 GND 引脚不做热焊盘，要与地充分接触；
- 3、射频引脚到 RF 连接器之间的距离应尽量短；同时避免直角走线，建议的走线夹角为 135°；
- 4、连接器件封装建立时要注意，信号脚离地要保持一定距离；
- 5、射频信号线参考的地平面应完整，在信号线和参考地周边增加一定量的地孔，可以帮助提升射频性能，地孔和信号线之间的距离应至少为 2 倍线宽 (2*W)。

四、核心程序

此编程主要是在 Windows 7 系统环境下运用 Keil 4 软件进行程序设计。本次的程序语言采用的是 C 语言。

通过红外热成像传感器接收位于一定距离的被检测目标所发出的红外辐射，再由信号处理系统转变为目标的热图像，将数据发

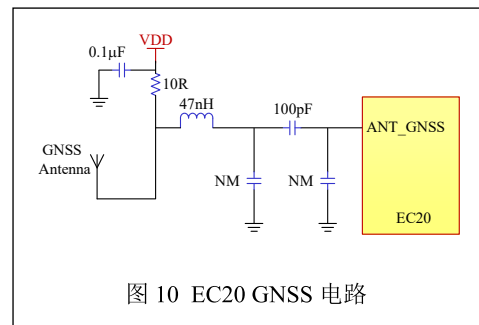
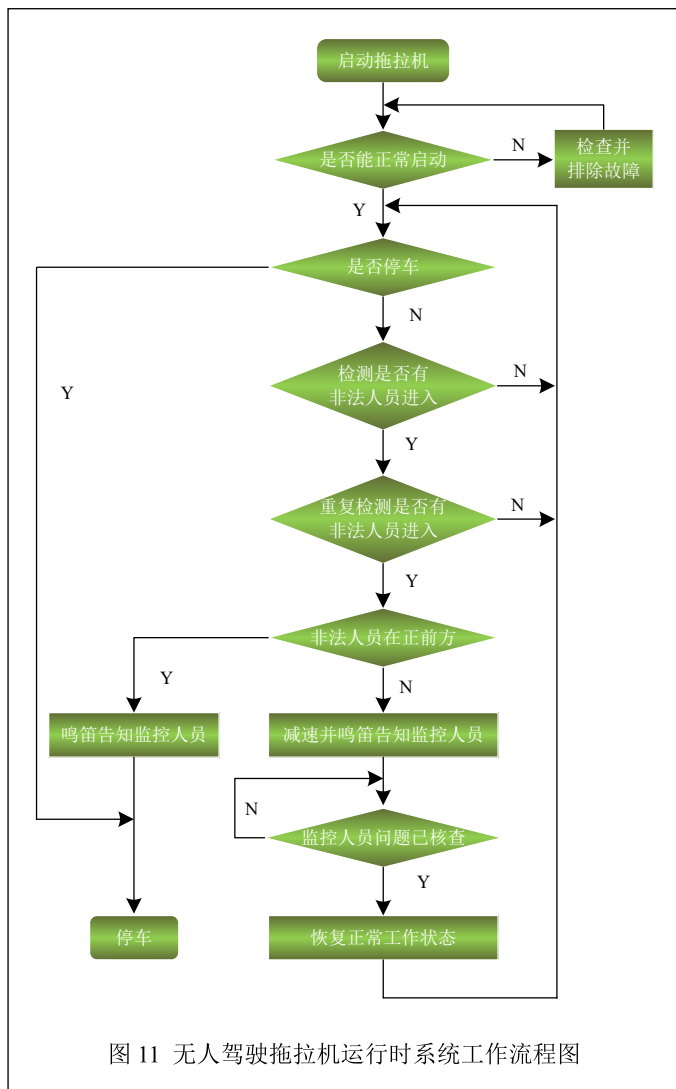


图 10 EC20 GNSS 电路



送给 MCU。

MCU 首先进行图像识别处理。如果是单人进入监控区域，对收集到的热图像信息采用边缘检测获得人体边界，利用单个人体模型对人体躯干进行分别识别。当多个人进入监控区域，在进行单个人体特征识别区分同时可结合物体的温度分布场、外表和运动特征，提取多人的特征值信息，实现人体的识别，可辨别出被监控人员个数。

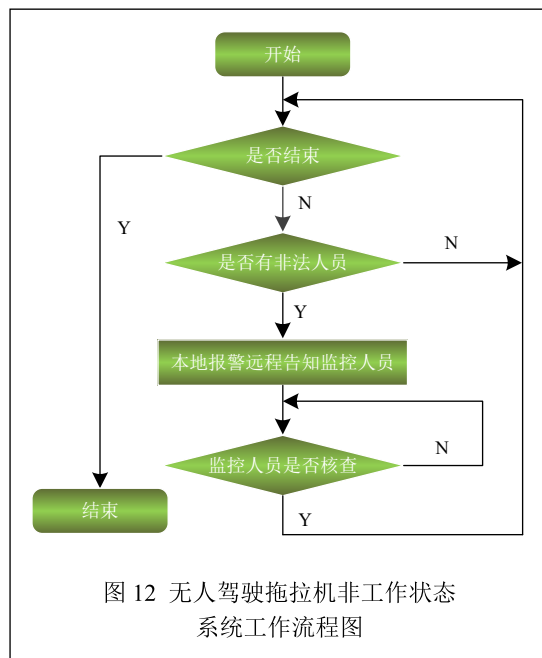
在无人拖拉机工作前，该装置预先会记录本次工作允许进入工作区域的人员特征，它将实时收集到的人物特征与允许进入工作区域的人员特征进行对比。如果出现不符合特征的人员出现，在车辆运行前方出现时将会直接停车，如果出现在车辆后侧、或者左右侧，将降低车速。除此之外，MCU 将控制警报

系统，闪烁警灯鸣警笛，并将非法进入的人员个数发送给监控人员（该功能可实现与安保部门联网）。

无人驾驶拖拉机处在非作业状态时，无人驾驶拖拉机作业行驶安全辅助与防盗装置会根据是否为预先预存的人物特征或者非预存的人员是否持有身份识别标识来判断进入人员是否合法。当进入监控区域的人员是非法的，则无人驾驶拖拉机作业行驶安全辅助与防盗装置将响起报警笛并且闪烁警灯，同时拖拉机通过远程通讯模块向监控人员发送远程警报（该功能可实现与安保部门联网）。

与现有技术相比，该装置的检测光源具有普遍性，图像的分辨率比较高，能够满足在风、雪、雨、雾天气环境下工作，抗干扰能力强，其图像质量更接近实际值。能够实时监控周围人员状况并统计人数，能将作业现场与停放处出现的非法人员时及时进行警告并通知监管人员，同时告知其非法人员人数。该装置利用此技术优势使该装置能够更加贴合无人驾驶拖拉机复杂的工作环境，并更大限度的保障无人驾驶拖拉机监管人员的财产安全。

无人驾驶拖拉机运行时系统工作流程图如图 11 所示，无人驾驶拖拉机非工作状态系统工作流程图如图 12 所示。



五、系统测试

车辆具体安装测试与使用信息不便公开，图 13 为本装置的安装位置示意图。黑色圆点部分就是传感器的主要安装示意位置。

英伟达 JETSON NANO 开发板实际测试图如图 14 所示。

六、结束语

中国的农机技术与世界的先进技术相比仍有较大差距，现今务农人员严重外流，农业生产劳动力严重缺乏，无人驾驶拖拉机的研发是一个必然趋势，技术较为先进，研发无人驾驶拖拉机要克服许多困难，本论文给出一种实用性较强的无人驾驶拖拉机作业安全辅助与防盗装置，该装置能够有效地辅助农机的安全



图 13 安装位置示意图

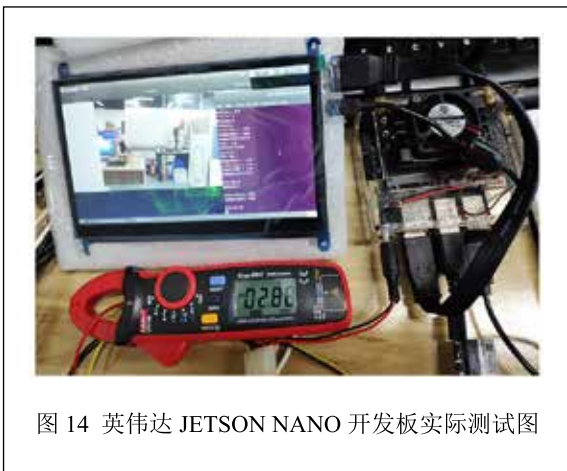


图 14 英伟达 JETSON NANO 开发板实际测试图

作业，保证无人拖拉机不被偷盗。

参考文献

- [1] 赵朝善, 刘瑞军, 魏浩然, 刘一鸣. 无人驾驶拖拉机自动转向系统研究综述 [J]. 拖拉机与农用运输车, 2020, 47(02): 1-3.
- [2] 朱亚坤, 寇子明, 李俊飞. 拖拉机方向平行作业转弯路径规划研究 [J]. 机械设计与制造, 2020, (03): 110-113.
- [3] 潘为华. 田间作业拖拉机无人驾驶技术的开发与应用 [J]. 南方农机, 2020, 51(01): 64.
- [4] FLIR 热像仪的应用与创新 [J]. 中国设备工程, 2013, (10): 66-67.
- [5] 李芳丽, 吴晓建. 智能网联汽车通信终端信息安全加密方法仿真 [J]. 计算机仿真, 2020, 37(05): 86-90.
- [6] 陈莹, 王轶, 张宇瑶. 试析基于 4G 通信技术的无线网络安全通信 [J]. 软件, 2020, 41(05): 218-220.
- [7] 吴武飞, 李仁发, 曾刚, 谢勇, 谢国琪. 智能网联车网络安全研究综述 [J]. 通信学报, 2020, 41(06): 161-174.
- [8] 相铁武. 基于 CAN/LIN 总线车身网络优化设计与 CAN 通信实现 [J]. 科技经济导刊, 2020, 28(15): 22.
- [9] FLIR Lepton Data Brief.pdf <https://www.flir.com/>
- [10] Lepton Thermal Camera Breakout.pdf <https://www.flir.com/products/lepton-breakout-board-v2.0/>
- [11] <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>
- [12] STM32F767IGT6.PDF <https://www.stmcu.com.cn/>

The Utility Model Relates to an Unmanned Tractor Operation Safety Assistance and Anti-theft Device

LI Qing-lin

(Luoyang Institute of Information Technology Industries, LuoYang Branch of Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Luoyang 471000, China)

Abstract: This paper mainly introduces a kind of safety assistance and anti-theft device in the field of unmanned tractor. The device consists of FLIR thermal imaging

module, Nvidia JETSON NANO development board, and STM32F7671GT6 as the core main control circuit. The device can monitor whether illegal personnel enter the work area during the operation process through thermal imaging. The development board of Nvidia JETSON NANO is mainly used for face recognition. When the vehicle is not operating, it will enter the monitoring field through thermal imaging sensing personnel, and judge whether a legal person is approaching the driverless tractor through face recognition. No matter the unmanned tractor is in working or non-working state, STM32F7671GT6 is taken as the core master control circuit to collect engine data, thermal imaging and face recognition alarm and recognition information of the unmanned tractor ECU through CAN bus, and the data is transmitted to the background server via 4G network through EC200 module.

Key words: driverless tractor; FLIR thermal imaging module; NVIDIA JETSON NANO development board; STM32F7671GT6; CAN; 4G

作者简介

李清琳，洛阳中科信息产业研究院暨中科院计算技术研究所洛阳分所，工程师，研究方向为智慧农耕。

通讯地址：河南省洛阳市伊滨区开元大道与孝文大道交叉口科技大厦 11 楼

邮编：471000

邮箱：381321071@qq.com