选题：简易无接触温度测量与身份识别装置(F题)

**摘 要**

针对无接触测温和人脸识别的问题，本系统以K210单片机为运算中心，以STM32为辅助控制模块，利用摄像头和液晶屏，结合红外测温模块，实现了简易无接触温度测量与身份识别功能。本装置以mlx90614采集的温度数据为样本，标定温度并校准距离，训练BP神经网络并将处理后的温度实时显示在液晶屏上。K210单片机通过摄像头采集图像信息后进行特征抓取，使用YOLO算法处理后将人脸特征值存储到SD卡中，应用于身份识别和口罩检测。本装置在明亮的环境中可以准确识别人脸，精确测量人体和液态水的温度。实验结果表明，测温距离可达50cm且温度误差小于2℃，现场学习时间不大于1分钟。本系统已实现了题目要求的所有功能，并且在测温距离和学习时间等指标上优于题目要求。

关键词：BP神经网络；温度测量；人脸识别；YOLO算法

# 1系统方案

## 1.1方案描述

本系统采用红外传感器测量温度，结合测距模块和BP神经网络进行距离补偿。装置通过摄像头采集人脸图像，利用K210单片机和YOLO算法，处理人脸数据并进行身份识别，并将最终结果显示在液晶屏上。

## 1.2方案比较与选择

### 1.2.1 红外测温方案比较与选择

方案一：采用红外传感器测量物体温度，并利用MATLAB将测量温度和实际温度拟合，确定两者的映射关系。此方案的拟合性较好，但测量结果容易受到与待测物体距离的影响。

方案二：采用红外传感器，并利用测距模块进行距离补偿，将两者的数据输入到BP神经网络，其较快的收敛速度和较高的预测精度能够准确计算目标物体的温度，模型的优劣性取决于训练样本量以及样本数据的有效性，故而此方案需要测量大量样本数据。

综合以上两种方案，题目温度精度要求较高，采用方案二的BP神经网络，采集大量样本数据进行深度学习。

### 1.2.2 人脸识别方案比较与选择

方案一：采用OpenMV机器视觉模块，该模块开源、低成本且具有丰富的外设资源。其内置了图像处理算法，可以进行帧差分运算、颜色追踪、人脸检测等，可以实现人脸识别，但识别精度较低。

方案二：采用K210单片机，采用RISC-V处理器架构。其内置KPU模块，是可容纳神经网络模型的一体化人工智能SOC芯片。针对神经网络模型识别速度较快，但传统图像处理算法运算较慢。

综合以上两种方案，题目对于人脸识别的速度及精确度要求较高，故而选用方案二。

# 2设计与论证

## 2.1温度测量理论分析

mlx90614是一款红外非接触温度计，当传感器在热平衡和等温条件下时，其室温下的标准精度为±0.5℃，但由于红外线测温受到很多因素影响，例如被测物体反射光谱、距离、空气折射等，导致传感器存在误差。为了减少测量值与实际值的偏差，在同一环境中测量同一物体，采用多隐层BP神经网络算法处理数据。其输入变量为被测物体的距离值和测量温度值，输出变量为被测物体的实际温度值，在此类的温度校准中，神经网络测量精度最高。

已有研究表明，通常一个三层BP网络已经能够逼近任何有理函数。通过采集的m个样本数据，标准化后作为神经元的输入，其中对于输入层的第j个神经元，输入为：

（2.1）

其中表示第j个神经元的净输入，表示经过标准化后的输入样本自变量，表示输入层的第个自变量从输入层到隐含层的第个神经元的输入权值。

净输入量加上偏置后作为激励函数变量，得到每个神经元的输出。求出第k个期望输出的误差，利用误差反向传播的过程，不断更新权值和偏置，当梯度下降很小或神经网络的各个权重合适时，模型最终会走向最优解，此时模型收敛，算法迭代结束。

此模型可以有效提高温度测量的精度，多隐层BP神经网络结构图如图1所示。



图1 多隐层BP神经网络结构图

## 2.2 YOLO算法原理分析

YOLO是一个可以一次性预测多个ROI的卷积神经网络，其最大的优势是速度快。在训练和测试时，CNN网络将输入的图片分割成多个网格，每个单元格检测目标的中心点，并预测多个边界框和边界框的置信度，即每个边界框对应5个预测参数：边中心点坐标(x,y)，宽高(w,h)和置信度评分。其中置信度计算公式为：

(2.2)

其中为边界框含有目标的可能性大小，检测边界框是否包含目标。是边界框的准确度，由预测框和实际框的交并比表征。

考虑到CNN网络的单元格需要预测出多个类别概率值，可以计算出各个边界框类别置信度为：

(2.3)

得到各个边界框类别置信度后设置阈值，滤掉概率低的边框，对保留的边框进行非极大值抑制处理即可得到最终检测结果。

# 3电路及程序设计

## 3.1系统总体方案设计

综上所述，本系统主要由温度测量模块、人机交互界面、主控系统和人脸识别模块等组成。系统方案为将红外传感器采集的温度数据传送到STM32单片机，利用BP神经网络处理数据，将最终温度显示在液晶屏上。摄像头采集的人脸图像，经过YOLO算法的卷积神经网络处理后，转化为特征信息存储到SD卡中。系统总体框图如图2所示。



图2 系统整体框图

## 3.2硬件电路设计

系统使用航模电池作为电源，采用自制的最小系统板并使用TPS5430和AMS1117稳压芯片输出5V和3.3V给STM32、K210。其中降压电路如图3所示。



图3 降压电路图

## 3.3软件程序设计

### 3.3.1 BP神经网络算法分析

由于只有距离和测量温度两个输入变量，一个温度输出变量，采用三隐层BP神经网络，每次根据训练得到的结果与预想结果进行误差分析，使用梯度下降法更新权值和阈值。最后设定一个迭代终止条件，当误差小于一定值时终止递归。具体算法流程图如图4所示。



图4 BP神经网络流程图

### 3.3.2 系统程序设计

本系统使用LCD触控液晶屏作为人机交互界面，通过触控屏向K210和STM32发送指令，用于切换测量模式。K210使用YOLO神经网络进行口罩检测和身份识别，检测的结果通过串口返回并显示在液晶屏上，若检测到身份未验证的人装置开始报警。同理STM32单片机使用BP神经网络处理测距模块和温度传感器的数据，利用距离参数补偿温度数据，将最终的结果实时显示在液晶屏中。同时可以通过屏幕按键设置温度阈值，结合报警模块，当实际测温超过一定范围时开始报警。程序流程图如图5所示。



图5 BP神经网络流程图

# 4测试方案与测试结果

## 4.1温度测试

在同一环境中，在一个不透明的杯子里倒满50℃的热水，让其自然降温，使用热电偶测温计测量并记录数值，同时使用本装置测量水温，改变水杯与测温模块的距离，记录数值到表格中，同理测量体温时只改变测温模块与人体距离，测试结果如表4.1 所示。

表4.1 不同水温和体温在不同距离的温度测量

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离(cm)  实际温度(℃) | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 平均误差（℃） |
| 28.4 | 28.6 | 29.1 | 28.1 | 29.2 | 29.5 | 29.6 | 30.1 | 29.4 | 29.5 | 29.7 | 0.94 |
| 32.5 | 32.7 | 32.1 | 32.9 | 33.0 | 33.4 | 32.9 | 33.5 | 33.3 | 33.7 | 33.6 | 0.69 |
| 36.1 | 35.8 | 36.2 | 35.5 | 36.7 | 36.9 | 36.5 | 36.9 | 37.1 | 37.5 | 36.4 | 0.63 |
| 40.8 | 40.3 | 40.6 | 40.5 | 41.2 | 42.3 | 41.7 | 42.5 | 41.6 | 41.8 | 40.6 | 0.75 |
| 44.3 | 44.1 | 43.7 | 44.5 | 45.2 | 45.7 | 43.8 | 46.1 | 45.8 | 43.9 | 44.2 | 0.76 |
| 48.7 | 47.9 | 48.9 | 49.5 | 49.6 | 47.7 | 49.8 | 47.6 | 49.7 | 48.6 | 50.3 | 0.86 |

结果分析：温度测量的距离范围为1cm~20cm，测量误差绝对值小于2℃。

## 4.2人脸识别测试

在明亮的环境中，采集三名队员的人脸数据，随机几名队员在摄像头前停留3s~5s。按下开始识别按键，分别测试50次，记录识别人脸时的准确率。识别口罩测试时随机一名队员带上口罩和不戴上口罩分别检测50次，记录口罩识别的准确率。现场学习与人脸识别同理。测试结果如表4.2所示。

表4.2 人脸识别和口罩识别准确度测试

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 识别模式 | 队员1 | 队员2 | 队员3 | 口罩识别 | 现场识别 |
| 准确率 | 96% | 94% | 96% | 92% | 94% |

结果分析：装置可进行人脸识别、口罩识别和现场学习，并且判断结果准确无误。

综上所述，本装置达到所有的设计要求。

# 5总结

本装置通过理论计算得到了合理的设计方案，实现了题目要求的全部功能。装置以K210芯片为运算核心和STM32为辅助控制模块，并采用BP神经网络和YOLO算法，实现了简易无接触温度测量与身份识别功能。通过实际测试，测温误差在2℃以内，测量距离可超过50cm，现场学习时间小于1分钟，优于题目的指标要求。