1.红外测温传感器

1)红外测温传感器的校准与静态指标测量

红外测温传感器在出厂前经过校准化，会以数字PWM或SMBus模式直接输出温度至单片机，其出厂参数为：

灵敏度：1

分辨率：0.01℃

测量范围：环境温度-40~125℃，物体温度-70~382.2℃

精度：±0.5℃

由于传感器测量的值为传感器视场内所有物体温度的平均值，同时需要达到热平衡条件下测量，与实际应用下的体温传感器并不完全符合，所以我们为传感器加入外部封装，并对传感器进行重新标定：

【标定步骤：见李子涵文档】

标定结果

表（）传感器温度校准数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ | 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ | 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ |
| 42.71 | 41.35 | 39.47 | 37.95 | 37.49 | 36.25 |
| 42.48 | 41.00 | 39.24 | 37.75 | 37.32 | 36.00 |
| 41.75 | 40.15 | 38.76 | 37.30 | 37.21 | 36.00 |
| 41.67 | 39.95 | 38.47 | 37.15 | 37.00 | 35.95 |
| 41.20 | 39.75 | 38.35 | 36.85 | 36.98 | 35.75 |
| 41.10 | 39.50 | 38.10 | 36.70 | 36.66 | 35.65 |
| 40.28 | 38.95 | 37.75 | 36.55 | 36.33 | 35.25 |
| 39.58 | 38.35 | 37.52 | 36.50 |  |  |

图（）传感器温度校准曲线

可以看到在人体温度范围内，传感器输出温度与实际温度（水银温度计测量得到温度）的线性关系十分好，利用得到的标准曲线重新校准传感器的输出，则传感器的参数如下：

灵敏度：0.93

分辨率：~0.0107℃

测量范围：35.0℃~42.0℃

并对校准后传感器的多种静态性能进行测量（由于升温时让体系达到热平衡耗时较久，故测得的数据点较少）：

表（）红外传感器（校准后）静态性能测量

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 升温 | | 第一次降温 | | | | 第二次降温 | | | |
| 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ | 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ | 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ | 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ | 红外传感器示数/℃ | 水银温度计示数/℃ |
| 35.29 | 35.55 | 41.48 | 41.75 | 37.89 | 37.90 | 42.16 | 41.80 | 38.33 | 38.30 |
| 36.50 | 36.85 | 41.40 | 41.35 | 37.29 | 37.55 | 41.20 | 41.25 | 38.06 | 37.90 |
| 37.38 | 37.45 | 40.67 | 40.80 | 37.11 | 37.05 | 41.01 | 40.95 | 37.66 | 37.60 |
| 38.78 | 39.00 | 40.80 | 40.45 | 36.72 | 36.80 | 40.84 | 40.65 | 37.03 | 37.05 |
| 39.62 | 39.80 | 40.17 | 40.10 | 36.52 | 36.50 | 40.31 | 40.35 | 36.87 | 36.95 |
| 40.76 | 40.50 | 39.68 | 39.70 | 36.20 | 36.25 | 40.15 | 40.20 | 36.75 | 36.55 |
| 41.77 | 41.60 | 39.74 | 39.55 | 35.90 | 36.00 | 39.83 | 39.80 | 36.04 | 36.10 |
|  |  | 39.10 | 39.20 | 35.92 | 35.95 | 39.50 | 39.60 | 35.29 | 35.55 |
|  |  | 39.09 | 39.00 | 35.96 | 35.70 | 39.12 | 39.15 | 35.36 | 35.00 |
|  |  | 38.96 | 38.85 | 35.99 | 35.65 | 38.67 | 38.75 |  |  |
|  |  | 38.47 | 38.30 | 35.30 | 35.40 | 38.61 | 38.50 |  |  |

图（）传感器静态性能测量曲线

则可以计算得到传感器各性能指标如下：

灵敏度：0.93

分辨率：~0.0107℃

测量范围：35.0℃~42.0℃

认为满量程输出

准确度：

传感器测量值与真值差距最大，，可以看出最大偏差已经较小，但是用于体温测量还是稍偏大，可能会发生误报情况。

重复性：

控制两个行程在同一温度较为困难，可以看到在温度较高时（左右），传感器两次测量的温度变化较大，大约有的温差，，这可能是由于较高温度时水银温度计会不准，同时测温体系与环境热交换较为剧烈也是导致误差稍大的原因。

线性度：

经过校准后，认为拟合曲线就为，故线性度与准确度相同。

同时，我们还测定了真实使用状况下（测量真实体温）时传感器的性能：

表（）红外传感器体温测量数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 受试者编号 | 水银温度计测量得到体温/℃ | 红外传感器测量得到体温/℃ | 相对误差() |
| 1 | 35.70 | 35.54 | 2.29% |
| 2 | 36.75 | 36.70 | 0.71% |
| 3 | 36.72 | 36.41 | 4.43% |
| 4 | 36.55 | 36.35 | 2.86% |
| 5 | 36.62 | 36.51 | 1.57% |

由于人体体温平衡点较难改变，即采用运动等方式均无法使体温有显著升高，故实际测量的体温测量区间较窄。从表格中可知在生理体温下，传感器对体温测量的数据较为准确，与使用热水标定的结果相近，说明传感器在生理体温区间具有较好的静态性能。

总的来说，由于使用了数字化的信息传输方式，传感器的各项静态性能较好，不过测量误差稍偏大，如有条件可更换更为精确的传感器。

二、指脉传感器

对心率的测量验证结果

表（）指脉传感器心率测量数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 受试者编号 | 颈动脉脉搏计算得到BPM | 指脉传感器得到BPM | 相对误差() |
| 1 | 64 | 68 | 6.25% |
| 2 | 70 | 64 | 8.57% |
| 3 | 115 | 110 | 4.35% |
| 4 | 52 | 53 | 1.92% |
| 5 | 109 | 100 | 8.25% |

可以看到使用指脉传感器测量心率的结果误差稍偏大，这主要是由于手指与光电容积传感器接触时会有一定抖动，使脉搏波波形发生一定基线漂移，目前我们所编写的算法能够处理一定的基线漂移，但是对于较大的漂移还是无能为力。使用更加好的固定手指方式，改进通过脉搏波计算心率的算法应当能够解决这个问题。