

一种关于自动开关窗系统的装置

摘要： 在密集的公共场所中，由于通风状况不良和人为造成的原因使得二氧化碳浓度过高，造成人群不同程度的二氧化碳中毒。鉴于这种状况，我计划研发一种利用半导体气体传感器来测定室内二氧化碳浓度，并且通过无线方式将数据进行传输，通过直流电动机来控制自动开关窗的装置，来解决这个问题。从而来保证在密集场所中，能够保持一个通风良好的环境。

关键词： 半导体传感器 无线传输 电动机 自动化

引言

大气中的二氧化碳（CO₂）是大气成分的重要组成部分，也是植物光合作用必不可少的成分。但是大气中过多的二氧化碳会对生态环境造成很大的影响，譬如温室效应。同样，在公共场所过多的二氧化碳也会使人体产生不良反应，也就是所谓的二氧化碳中毒，表现为胸闷、头痛头晕、浑身无力等。现在大学教室大都为几百余人的大阶梯教室，因此，通风问题就成了重中之重。然而，据我长时间观察，同学们在多数情况下总是忽略开窗通风这个问题。因此在这种情况下，同学们的健康状况很难得到保证。

通过查阅资料，发现目前检测室内二氧化碳浓度一般采用便携式红外线二氧化碳检测仪。然而，这种检测仪造价较高（淘宝网售价：1300~16800），虽易携带，但却容易损坏，很难加以推广。即使能够检测到室内二氧化碳浓度含量，但由于种种原因未能开窗通风换气，所以并不能实现检测二氧化碳浓度、自动通风等一体自动化。

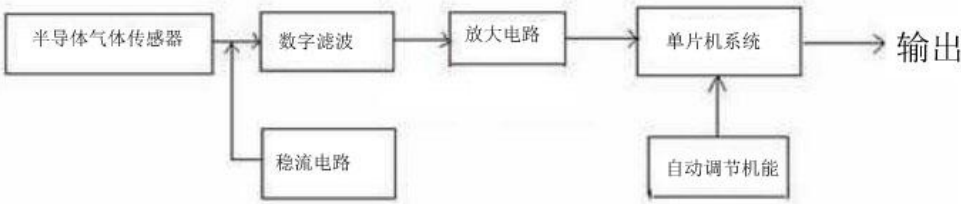
针对以上问题，我们想要设计一套能够实现检测二氧化碳浓度、自动通风一体化的方案。从而给同学们的学习生活带来方便。

设计预想

2.1. 如何对室内二氧化碳浓度进行测定？

我通过查阅资料了解到，测定空气中二氧化碳浓度主要有气相色谱法、容量滴定法等一些化学方法。但是考虑到测定室内浓度，这些方法不具有可行性。最后把重点放到了传感器上面，传感器灵敏度较高，可以将一些难以测量的变量转化为数字等以具体表现。二氧化碳的常规检测办法是红外光谱，二氧化碳对红外线具有选择吸收性。一定范围内吸收值与浓度呈线性关系，可以准确测出二氧化碳的浓度。但是其价格昂贵，装置也比较复杂，不适合现场连续测定。并且，NDIR 法在 CO₂ 浓度较低的时候，需要较长的气室长度来获得良好的吸收效应，这就意味着需要更大体积、更加精密的设备来进行测定。综上，此法显然不适合测定室内 CO₂ 浓度。

然而，半导体传感器则是利用半导体材料硅以及III-V族和 II-VI族元素化合物等一些物质，，它利用近百种物理效应和材料的特性，具有类似于人眼、耳、鼻、舌、皮肤等多种感觉功能。半导体传感器可分为：物理敏感半导体传感器、化学敏感半导体传感器、生物敏感半导体传感器。其中，化学敏感传感器是将化学量转化为电信号的器件，有气体、湿度、离子等敏感类型。类似于人的味觉和嗅觉的功能。导体气体传感器是利用气体在半导体表面的氧化还原反应导致敏感元件组织发生变化而制成的。通过这些敏感元件的变化，来读出周围环境气体的变化。半导体传感器因其灵敏度高、可靠性好、小型化、便于集成、响应速度快而闻名，并且半导体气体传感器价格比较便宜（淘宝网报价：5~20 元不等）。因此，在学校教室内这一特定环境下，使用半导体气体传感器是一个很好的选择。



2.2. 传感器内部集成结构

日本费加罗公司生产出的一种 CO₂ 测试模块 CDM4161 对空气中 CO₂ 测试浓度范围大，并且具有一定的选择性。其内部集成的 Attiny26 型单片机以其高性能的特点把模拟信号转化为数字信号。从而将 CO₂ 浓度显示出来。单片机以其结构简单、易控制、造价低廉而广泛用于嵌入式系统、电子器件中。因此采用基于单片机的 CO₂ 检测系统。

2.3. 通风设备

传感器检测到 CO_2 以后，需要将数据进行传送给通风设备，从而控制室内通风。关于通风设备，我预想的是室内空调。将 CO_2 检测系统和空调控制系统进行连接。但是，考虑到教室采用中央空调，由中央空调主机控制各个教室空调。而各个教室室内 CO_2 浓度各有差异，很难实现统一调控。因此，通过控制空调来实现通风这个方案不可行。从节能减排方面出发，利用教室内窗户进行通风是一个很好的方法。需要设计一种装置，通过接收 CO_2 检测数据来实现开窗换气。



2.4. 如何实现数据传输

CO_2 传感器检测到 CO_2 浓度后，需要将最后的电信号进行传输，从而控制室内通风。考虑到教室内传输距离较短，可以采用 TRF6900（TI 公司最新推出）无线收发一体芯片。它在一个器件上包括高频发射、高频接收、PLL 合成、FM 调制解调等多种功能，并且集成程度比较高，可广泛用于数据采集和传输。TRF6900 有着体积小、功耗低、抗干扰能力强的特点，值得一说的是，TRF6900 与其他设备连接简单，并且能用软件进行灵活操控，因此可以广泛使用在室内。当传感器检测到 CO_2 浓度并产生数字信号时，数字信号由 LNA_IN 引入 TRF6900，经过低噪音放大器进行放大，增加其增益。再经 DDS/PLL 方式进行混合处理。再经过相位累加器进行频率合成，TRF6900 采用跳频传输的方式进行信号传输，极大地减少了信号之间的干扰。

2.5. 如何实现开窗、关窗自动化？

传感器检测到 CO_2 浓度后，产生信号由 TRF6900 芯片发出，再由另一芯片接收前一块所发射的信号。当后一片芯片接收到信号之后，需要对窗户进行控制，从而达到最终目的，控制窗户的自动开闭。对于窗户的打开以及关闭，最常见的就是机械传动技术，即利用弹簧等弹性工具进行操控。弹性器件纵使可以很好地控制，但是难以通过 CO_2 浓度来进行控制。

但是，如果将机械传动与电子进行组合，会得到较好的效果。因此，我想到用机电的方法对窗户的开闭进行控制。利用继电器和电动机等，在基于单片机的基础之上对窗户进行操控。其基本思路就是电路控制电动机正传关窗，关好窗后电动机自动停止；当二氧化碳浓度过高时，电路控制电动机反转开窗，实现开窗关窗自动化。

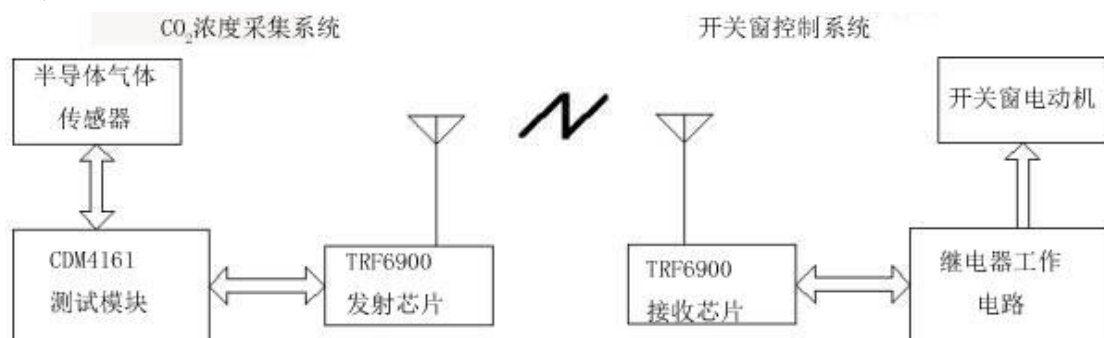
在控制电路中，当检测到的二氧化碳浓度偏高时，会产生较高的信号电流传输到接收芯片上。当芯片接收到较高信号电流时，会产生较高的电平来控制继电器工作。在控制电路中，可以利用小型的继电器来实现小电流控制较大电流。通过电平的输出高低对不同的继电器进行控制，再由继电器的工作来控制直流电动机的工作，直流电动机进行偏转来实现窗户的开启。

窗户开启之后，待到室内二氧化碳扩散到室外至室内一般浓度标准之时，二氧化碳浓度传感器所测浓度将会减小，相对应 TRF6900 发射芯片所发射信号强度会减弱。TRF6900 接收芯片接收到较低的信号电流。此时，较低电流会控制其他的继电器，使得直流电动机的转向发生变化，即从正向旋转到反向旋转，从而使处于开启状态的窗户关闭，实现自动关窗的效果。

基本思路

在初始状态为密闭教室的状态下，随着人数的增多，密闭空间的 CO_2 的浓度会逐渐增高。此时，半导体气体传感器会通过其表面的灵敏元器件检测到气体的浓度，并将化学信号转化为电信号。产生的电信号通过 TRF6900 芯片发出，经短距离传输后，另一块 TRF6900 芯片接收到前一块传来的电信号，电信号在电路中控制小型继电器工作。小型继电器工作，带动电动机运转。二氧化碳浓度的高低，会影响到传感器产生不同强度的电信号，从而控制不同的继电器进行工作，使得电动机运转方向发生变化，实现开窗闭窗自动化。

基本流程图如下图所示：



创意可行性分析

4.1. 二氧化碳浓度数据采集

在室内采用半导体气体传感器来测量室内的 CO_2 浓度，通过传感器将不可测量转化为数字直观表现出来。通过传感器得到的数据，以电信号的形式传出去，以反馈调节的方式对室内的二氧化碳进行调节。同时，还可以根据所测得的数据来直观看出室内二氧化碳浓度。通过所测得的数据来判断某时段内室内的空气质量。根据《中小学教室换气卫生标准》GB/T 17226—1998，利用气体衰减法的换气次数公式。

$$E = [2.303 \times \lg(K_1 - K_0) / (K_2 - K_0)] / t$$

式中：E---每小时换气次数

K_1 ---室内 CO_2 初始浓度

K_2 ---室内 CO_2 终止浓度

K_0 ---室外空气 CO_2 浓度

注：此公式适用于无风（室外空气流速 0.5m/s 以下）的天气。

4.2. 半导体气体传感器安放位置

半导体气体传感器需要对室内的 CO_2 浓度进行测定，并使用其测定数据。气体传感器的安放位置，要具有代表性，并且能相对准确地测出室内真实的 CO_2 浓度。因此，传感器的位置要尽可能的接近人群，从而较为准确的测出二氧化碳的真实浓度。比如，在阶梯教室中，传感器安放点可以设在过道两边的课桌侧面。在不同的环境中，传感器安放点可以视条件而定。但是，安放点位置所测出的数据要具有代表性，可以代表整个室内 CO_2 的浓度。



4.3. 开关窗控制系统中电动机的工作

在开关窗控制系统中，通过继电器来控制直流电动机的运转。但是在真正实践之中，直流电动机会出现很多常见的故障，以致电路不能正常工作。

4.4. 直流电动机不能运转

这是一个常见的问题，有以下几种可能。电动机无电压，电动机有电压但是不能运转。因此，要及时检查电源及熔断器，或者是负载过重以致电枢被卡死、启动设备不符合要求，应该分别检查。

4.5. 电动机转速不正常

转速不正常分为转速过高和转速过低。如果转速过高，可能原因是电源电压过高或者是主磁场较弱。如果转速过低，很有可能是电枢绕组有断路、短路、接地等故障；电压过低；负载过重，此时应该检查电枢点组回路是否正常。

4.6. 电动机过热或冒烟

对于这个问题，是电动机长时间工作或者是工作电压太高的原因。此时，要检查电动机，如果必要的话可以更换功率更大的电动机。也要检查电路的连接，避免不必要的正、反转，是电动机的使用效率得到提高。

预计的技术难点和不足

如何对半导体气体传感器进行调整，使得其测量值能够精确地表示出某一时间内室内 CO_2 的浓度。

如何找到适合于传感器和直流电动机工作的电源

对于北京这种比较恶劣的天气，依靠室内二氧化碳浓度这一指标来控制开关窗是否符合人群真正要求。

如何使得信号传输不受到干扰，保持通畅。

产品推广

可以将本产品在人群比较密集的场所进行推广，例如大型阶梯教室、医院、候车厅等。如果出现问题，及时进行修改和调整，使其能够大批量的运用到实际生活中去，来减少二氧化碳浓度过高给人群带来不必要的危害。

【参考文献】

- [1] 于玉忠、严河清、陆君涛、王鄂凤 二氧化碳电化学传感器的研究状况和发展前景 编辑部邮箱：
430072
- [2] 何诚刚 基于单片机控制的二氧化碳浓度测试计 编辑部邮箱：710021
- [3] 熊磊 射频无线发送接收芯片 TRF6900 在短距离无线数据传输中的应用
- [4] 沈兰宁 窗户自动控制管理系统的设计与实现 编辑部邮箱：221000