

夏普DN7C3CA007 PM2.5传感器

董峦 新疆农业大学 2018

一、传感器工作原理

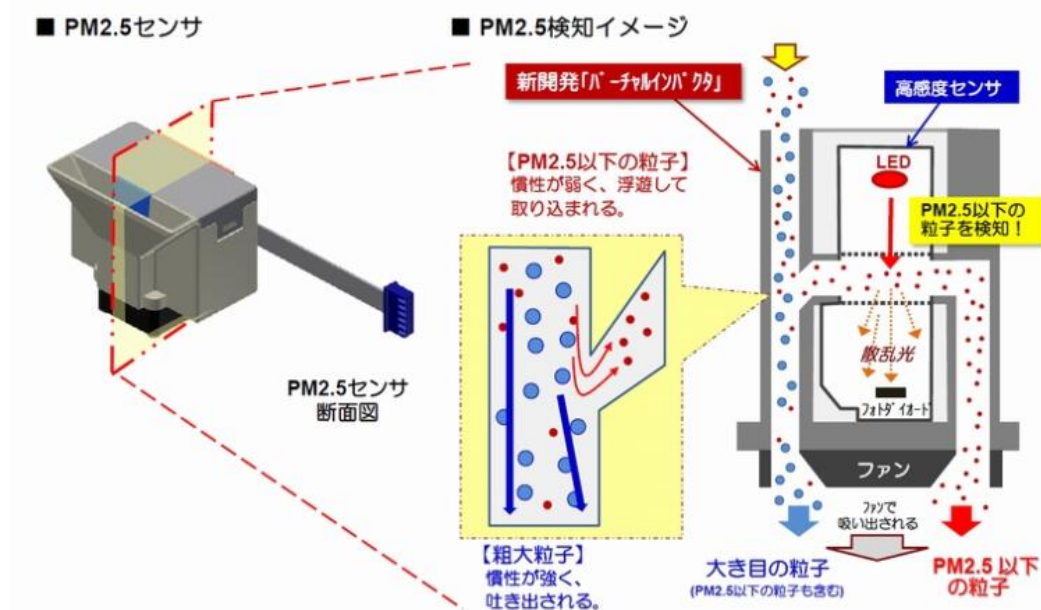
夏普DN7C3CA007传感器是一款能检测空气中PM2.5颗粒物浓度的传感器，其外观如下图所示



其工作原理是：吸入空气，然后利用特殊设计将粗大粒子和细小粒子（PM2.5颗粒）分离，用光线照射进入腔体含有PM2.5颗粒的空气，因为颗粒物浓度不同光线的散射程度会不同，进而感光器件输出的电信号就不同。传感器就是利用该原理检测PM2.5浓度的。

内部原理：检出限 $25\mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 500\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，模拟输出，数据处理更简单

1、该模块的特点是体积小、检测时间短。外形尺寸为 $53\text{mm} \times 51\text{mm} \times 40\text{mm}$ （突起部除外），检测所需时间最多为10秒；



该传感器检测范围是 $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ 到 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，即低于PM2.5值低于25时检测不出（不准确），高于500就爆表了（输出饱和了）。其它工作指标如下图所示。下面我们结合传感器的手册深入了解该器件。

6、传感器模块的PM2.5检测范围为 $25 \sim 500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

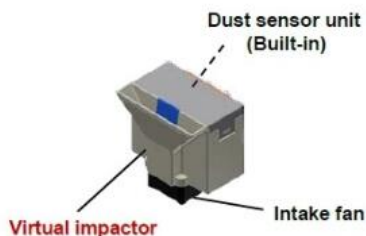
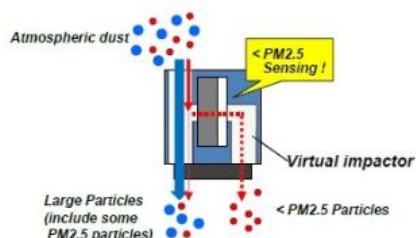
SHARP PM 2.5 Sensor

SHARP realize PM2.5 sensor by combining a dust sensor with "Virtual impactor" separating micro particle less than $2.5 \mu\text{m}$ that we developed originally

Features

- Particle density less than $2.5 \mu\text{m}$ is detectable
- Developed original virtual impactor, downsized the main body of sensor.
- Because SHARP adopted the structure that dust is hard to collect, maintenance is easy !

PM2.5 detection process



Size	53×40×51mm (exclude the part of the screw)
Weight	90 g
Detection	Range: $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ to $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Sensitivity: More than $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Indication	4 LEDs indicator (external circuit)
Power consumption	40mW (by sensor), 1100mW (by fan)
Noise	38dB
Operation temp.	-10 to 60 °C

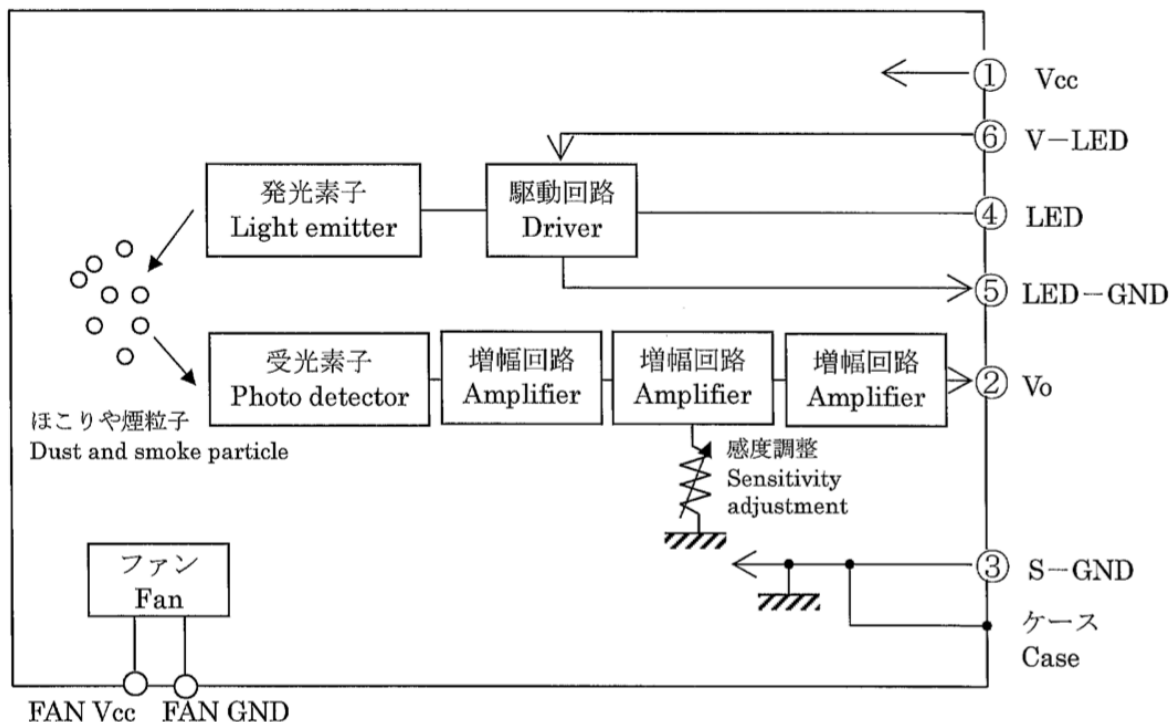
二、引脚功能

该传感器手册是英/日文写就的，阅读起来比较困难，但要知道你在专业学习中碰到的大部分器件的手册可能都不是中文的，因此要克服自己的畏难情绪，坚持用最权威的器件手册排除器件使用中的疑惑。下图摘自手册第七页，这幅图告诉我们引线的编号及其功能。从引出排线的红色线端依次看去是1~6号引线，各引线的含义在下图中标出，其中重要的是2，4，5，6四个引线，2号引线是传感器输出的信号，我们后面将把该引线上的模拟量转换为数字量；4，5，6三个引脚与传感器内部的发光电路有

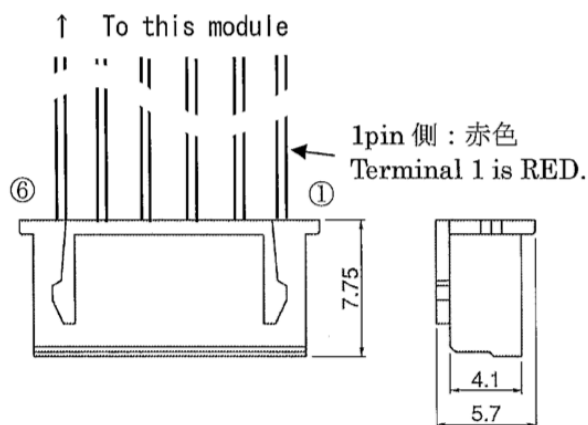
关，回忆上面介绍过的内容，该传感器是利用光线散射原理传感PM2.5浓度的，而产生器件所需的光照是有讲究的，我们后面将详述。

其它引线和供电与接地有关，根据手册第八页关于工作电压（operating voltage）的规定，实验中我们令Vcc和FAN Vcc为5V（与风扇连接的红色引线）。

回路ブロック図 (Circuit block diagram)



Connector: XHP-6 (JST or JWT)



三、传感器使用方法

知道了引线的功能后，下一步需要知道怎么用。文档第九、十页十分重要，第九页的‘Electrical and optical characteristics’如下，它告诉我们该怎样利用传感器输出的信号，比如输出电压范围（Output voltage range）VOH最小值是3.4V，条件（Condition）列注明 $RL = 4.7K\Omega$ ，那么我们将在实验中根据这个条件配置外围电路并进行测量。

2.6 電気的光学特性 (Electrical and optical characteristics)

(特に指定の無い場合は2.5項の条件に従うこと)

(Of the designation when there is not it,

the follows obey a condition of Clause 2.5)

項目 Parameter	記号 Symbol	条件 Condition	MIN	TYP	MAX	単位 Unit
検 出 感 度 Detection sensitivity	K	(注 1) (注 2) (注 3) (注 4) (Note 1) (Note 2) (Note 3) (Note 4)	0.85	1.0	1.15	V/ (100 μ g/m ³)
無塵時出力電圧 Output voltage under dust-free condition	VOC	(注 2) (注 3) (注 4) (Note 2) (Note 3) (Note 4)	—	1.0	1.7	V
出力電圧範囲 Output voltage range	VOH	RL=4.7K Ω (注 2) (注 3) (注 4) (Note 2) (Note 3) (Note 4) (Note 5)	3.4	—	—	V
LED端子電流 LED terminal current	ILED	LED 端子=0V (注 2) (注 3) (Note 2) (Note 3)	—	10	20	mA
消 費 電 流 Current consumption	ICC	RL= ∞ (注 2) (注 3) (Note 2) (Note 3)	—	11	20	mA
ファン電流 Fan current	Ifan			60		mA
温度係数 Δ mV/°C	Ktemp	(注 2) (注 3) (注 4) (Note 2) (Note 3) (Note 4)		6 1.5		mV/°C (-10°C ~ 40°C) mV/°C (40°C ~ 60°C)

该表格下的四个注解 (Note1~4) 要留意，特别是第十页的内容，如下所示。注意其中第一幅示意图，它告诉我们4, 5, 6号引脚的外围电路该怎么配置，结合其内部电路我们可以看到为了满足 **pulse driving condition**，4号引脚与一个场效应管的漏极相连，即场效应管工作在开漏方式 (Open-drain)，如果在红色箭头所指处施加足够大的电压则场效应管打开，漏极电平被拉低 (Pull-down)， I_{LED} 从4号引脚流出，传感器内部的晶体管开启，发光二极管导通从而向内部发射出光线。

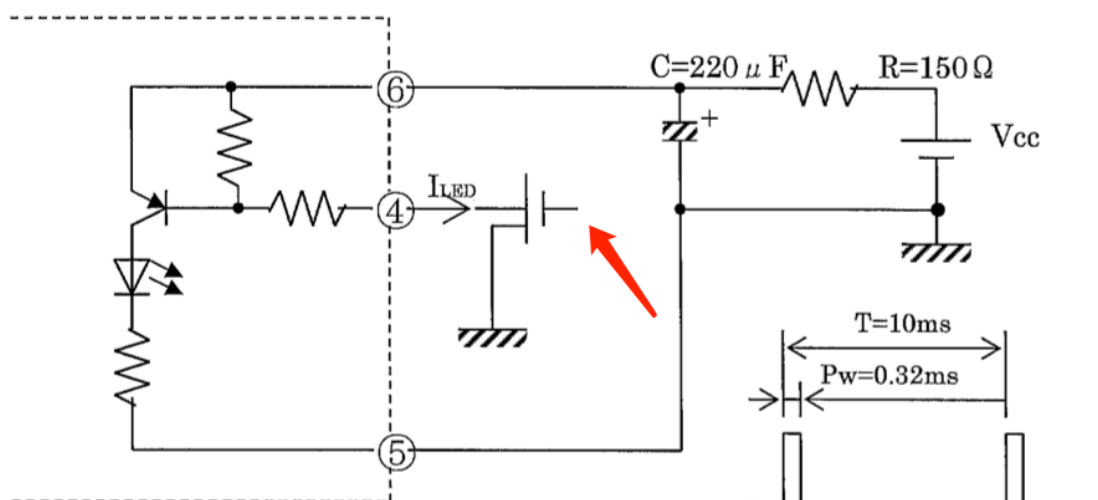
该示意图的右下角说明了该用怎样的脉冲激励箭头所指处的场效应管，即周期10ms，脉宽0.32ms的周期信号，该信号我们将用NodeMCU产生，结合上一课教学内容你知道怎样编写产生这种信号的程序吗？

(注2) LED端子への入力条件(パルス駆動条件)

(Note 2) Input condition of the LED terminal (pulse driving condition).

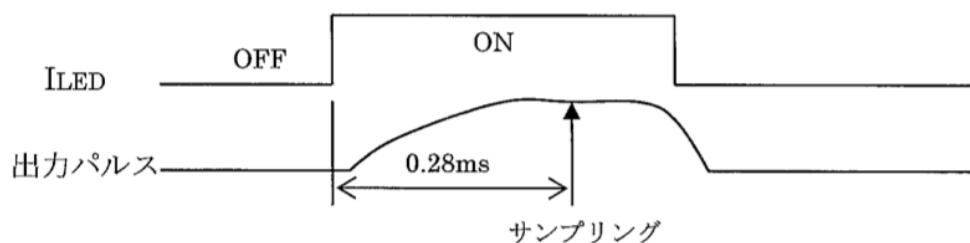
(注3) 以下定数の C、R を接続

(Note 3) A capacitor and a resistor as follows are mounted.



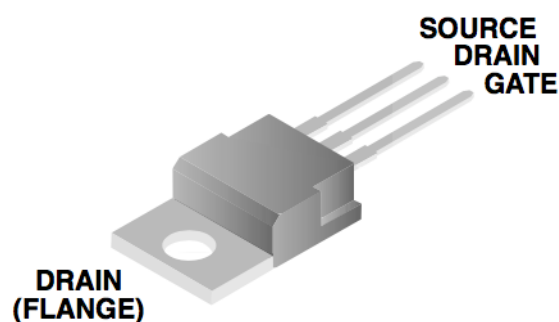
(注4) 出力パルスサンプリングタイミング

(Note4) Output pulse sampling timing



Note4 (pulse sampling timing) の示意图告诉我们用脉冲激励了传感器内部电路后该在何时读出传感量，即在输出脉冲的0.28毫秒之后采样，注意是从2号引脚Vo处采样。

本项目使用的场效应管型号是IRF740，其引脚定义如下图所示。实验中其源极接地，漏极接传感器4号引线，栅极接NodeMCU的一个GPIO口，我们将利用编程的手段在该引脚上产生上图所示占空比的方波信号。由于场效应管是电压控制型开关器件，当我们将方波信号输入其栅极时，其漏-源之间便周期性的导通，而传感器4、6号口之间的电路便周期性的导通了。



四、PM2.5数值换算

从传感器顺利取得了输出信号后，接下来的问题就是怎么将其换算成PM2.5的数值了。在手册第十二页给出了换算公式

$$PM2.5\ level(\mu g/m^3) = \alpha\beta(V_O - V_S)$$

其中 α 在非实验室环境下取0.6， β 与湿度值有关，因为湿度大的话颗粒物会吸附水气从而直径变大，影响测量结果，所以要视湿度值来确定。当湿度低于50时该参数取1，湿度高于50时 β 要修正为 $1 - 0.01467(h - 50)$ ，其中 h 是湿度值。

公式中的 V_O (mV) 是传感器2号引线输出的电压值， V_S 是在无尘环境下传感器的输出电压，该电压可在室内环境静置一段时间后测量（室内尘埃落定的时候）。

Conversion Formula

1. Store a reference voltage (V_s) in the environment with less dust (for example clean box etc).
or store a reference voltage (V_s) in the state that after a few minutes to stop the fan
(state that dust fell by gravity).

Note. The output voltage is V_o terminal (pin 2)

2. In case that Δ voltage[mV] (V_o [mV] - V_s [mV]) is difference between the reference voltage (V_s) and the output voltage (V_o) when the fan turn on.

It is possible to approximate the PM2.5 level by use following conversion formula.

Conversion formula (draft):

$$\text{PM2.5 level } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \alpha \times \beta \times (V_o[\text{mV}] - V_s[\text{mV}])$$

Note. Do not temperature correction, an estimates in actual environment.

α : Conversion factor in the true environment

Recommendation : 0.6

(β : Humidity factor [h =humidity(%)])

[$\beta = \{1 - 0.01467(h - 50)\}$ ($h > 50$)]

[$\beta = 1$ ($h \leq 50$)]

