

# СЕНЗОРЕН МОДУЛ, ЗАХРАНВАН ПРЕЗ ETHERNET.

Борислав Т. Ганев\*

\* Технически университет – София, ФЕТТ, София 1000, България, бул. “Кл. Охридски” No. 8, Бл. 1, E-mail: b\_ganev@tu-sofia.bg

**Abstract:** In this paper is presented a technical solution, design and the implementation of a cost effective sensor node with Power over Ethernet. In particular, the sensor node is composed of a main board and an expansion board. Some common modules such as a processor, Ethernet circuits, power supply and memory are located in the main board. Some other modules such as kinds of sensors and actuators that are frequently changed according to the different application requirements are placed on the expansion board.

**Keywords:** Air quality, CO<sub>2</sub> concentration control, Power over Ethernet, Sensor node.

## УВОД

За да се подобри енергийната ефективност на сградите, е необходимо да се добавят все повече интелигентни устройства, за управление на отоплението, осветлението и вентилацията. Много често въздухът, който се извежда от помещенията, е с параметри, близки до желаните, но тъй като системата няма обратна връзка за качеството на изходящия въздух, продължава да извежда „отработения“, който е достатъчно загрят (охладен) и нивото на CO<sub>2</sub> в него е много под допустимото. В по-големи сгради е целесъобразно да се следят параметрите на въздуха в отделните помещения (най-често концентрация на въглероден диоксид, температура, влажност), и на базата на техните стойности системата за отопление и вентилация да предприема необходимите действия за максимално намаляване консумацията на енергия, като същевременно качеството на въздуха остава в зададените граници. В зависимост от начина на изграждане на климатичната система възможните реакции могат да са различни, като се започне от най-простото решение – спиране на системата, когато не е необходимо да работи. Това решение съществува при почти всички домашни климатици, с тази разлика, че там се следи само достигането на зададената температура. В повечето случаи, за малки климатични системи (за едно помещение), това е достатъчно за постигането на икономии, като основния недостатък на тези системи е, че нямат опция за вкарване на свеж въздух в помещението. За по-големи климатични системи възможните решения нарастват. Може да се използва енергията на загрятия (охладения) вече въздух, който през топлообменник да загрява (охлажда) входящия [1]. Също е възможна повторната му употреба, стига нивата на CO<sub>2</sub> и вредни емисии, отделени от

сградата, да не са прекалено високи. Друго направление е използването на сравнително постоянната температура на подпочвените слоеве, като въздухът, който се вкарва в помещенията, предварително се загрева (охлажда) с около 10°C, след което по конвенционалните методи се постига нужната температура.[2]

За всеки от изброените методи е необходимо следене параметрите на въздуха в затворени помещения, за да може да се вземе най-доброто възможно решение. Разработеният сензорен модул е предназначен за следене параметрите на въздуха :

- Концентрация на CO<sub>2</sub>.
- Относителна влажност.
- Температура.

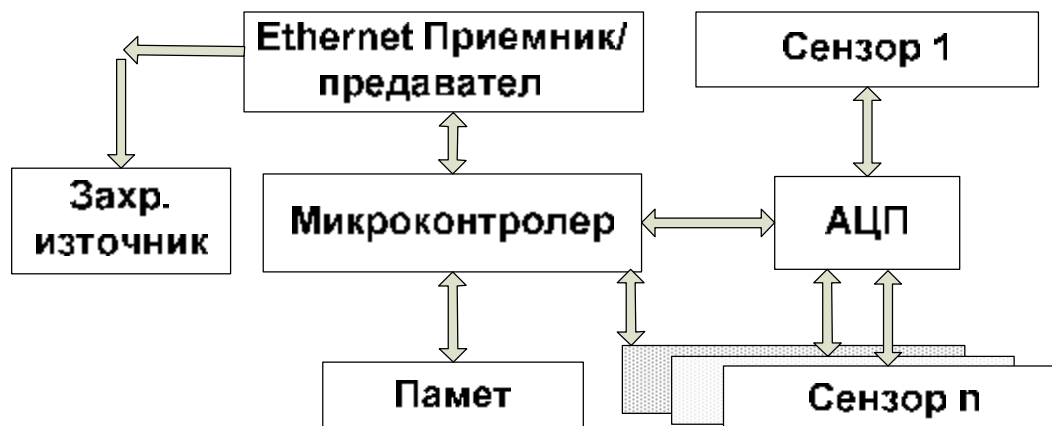
Добавени са и няколко сервизни функции, като измерване на диференциално налягане, за да може да се следи състоянието на филтрите, релеен изход за управление на изпълнителни механизми, 6 допълнителни аналогови входа за измерване на сигнали от допълнителни датчици или захранващи напрежения и 16 цифрови вход/изхода.

### ПРОЕКТИРАНЕ НА БЛОКОВА СХЕМА НА МОДУЛА

На Фиг. 1 е показана блоковата схема на сензорния модул. Той се състои от следните компоненти:

**Микроконтролер:** Който съгласува работата на всички останали блокове и извършва първична обработка на цифровия сигнал. От избора му зависи в голяма степен правилното функциониране на системата.

**Сензори:** Те измерват параметрите, които трябва да бъдат следени. В модула са използвани заводски калибрирани сензори, което осигурява по-добрата повтаряемост.



Фиг.1. Блокова схема на сензорния моул

**АЦП:** Той преобразува измерения сигнал в цифров вид. Използван е вграден в микроконтролера 12 битов АЦП, но при необходимост от по-висока точност може да се ползва и външен.

**Захранващ източник:** Осигурява необходимите напрежения за работата на всички останали модули. Той има две изходни напрежения – 5V и 3,3V. Първото напрежение се осигурява от buck dc/dc преобразувател с изходен ток 2A. Второто изходно напрежение се получава от аналогов преобразувател с малък пад, като изходния му ток е 1A.

**Ethernet приемник/предавател:** Предава/приема данните, към/от останалата част на системата. Използването на Ethernet комуникация допринася за по-голяма гъвкавост на системата. Всеки сензорен модул има собствени MAC и IP адреси.

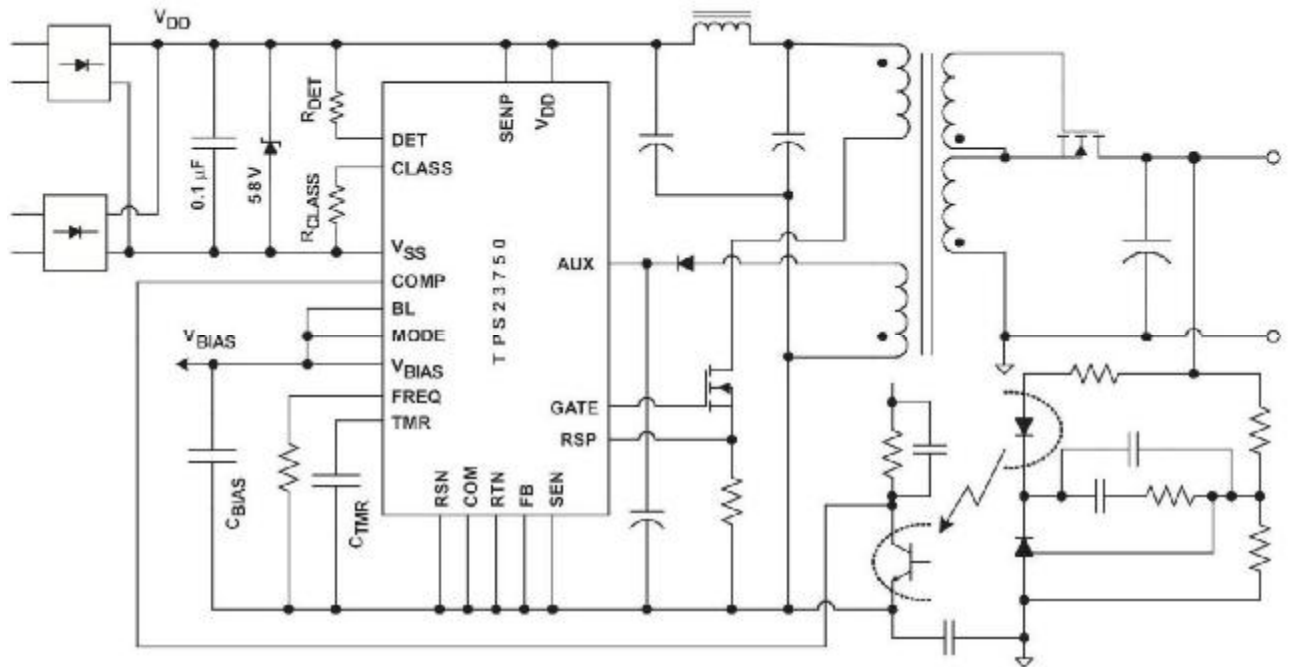
## ПРОЕКТИРАНЕ НА ПРИНЦИПНА ЕЛЕКТРИЧЕСКА СХЕМА И РЕАЛИЗАЦИЯ

При проектирането на сензорния модул е наблегнато върху гъвкавостта на системата и възможно използване на сензорния модул за различни приложения за управление на климатични системи. Именно поради тези причини системата е разделена на две отделни платки. На едната са компонентите, които трябва да присъстват в повечето приложения-микроконтролер, памет, захранване и Ethernet комуникация. На другата са по-често сменящите се компоненти - сензори и управление за актуатори, както и по-високо разредно АЦП в случай на необходимост.

За микроконтролер е използван PIC18F86K22[5]. Скоростта на CPU- то му е 16 MPIS. Има 64KB програмна памет и 3862 байта RAM. Той притежава и 12 битово АЦП, което в повечето случаи е напълно достатъчно за дигитализиране на сензорните сигнали. Измерванията могат да се правят от 15-20 пъти в секунда, до веднъж на няколко минути. Рязката промяна в стойностите (особенно при по-честите измервания и най-вече за температурата) е сигурен признак за дефект в системата. Притежава също 2 UART и 2 SPI модула. Единият UART е използван за “EIA/TIA-422-B” комуникация в режим half duplex, с използването на SN75176 [4]. Вторият UART е предвиден за връзка с други модули, като изводите са му изведени на куплунг. Първият SPI осъществява Ethernet комуникацията. Използван е ENC28J60 [3] в препоръчаната от производителя схема на свързване, като особено внимание е обърнато при избора на разделящия трансформатор и входните филтриращи елементи (входното напрежение може да достигне 58V, а консумираният ток може да е до 0.5A). Вторият SPI модул се използва за комуникация с 4 броя AT45DB161[6]- 16-Mbit Data Flash, като в зависимост от конкретното приложение могат да се ползват и паметите с различен капацитет(2,4,8,32 Mbit). В случай че сензорният модул се използва и като data logger, тази памет може да се окаже недостатъчна, затова към този SPI порт е прикачен и слот за micro-

SD карта. За конфигурация на модула има включен 10 битов DIP ключ и 4 бутона. За бърза визуална индикация за състоянието му са налични 3 светодиода, както и 2 допълнителни индикиращи състоянието на Ethernet комуникацията.

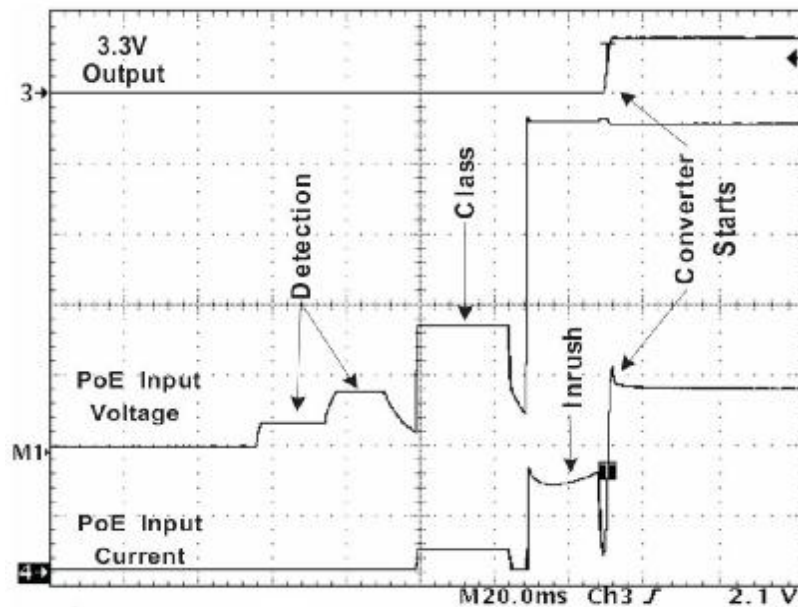
Съществено внимание е обърнато и на захранването. То е галванично разделено с цел максимално намаляване на смущенията. Предвидена е възможност за захранване на модула от външен източник с напрежение  $27\div 48V$ , при запазване на пълната функционалност на системата, или с напрежение  $7\div 15V$  при работа в режим с намалена консумация. Използвана е специализираната интегрална схема TPS23750, която осигурява завършен 802.3af PoE интерфейс[9]. На Фиг.2 е дадена обобщена схема на захранващия блок. Резисторите  $R_{CLASS}$  и  $R_{DET}$  участват в първоначалната инициализация и включване на захранването. Останалата част от схемата е стандартен DC/DC преобразувател, като в случай, че при нормална работа входния ток надвиши  $0,5A$  – преобразувателят се изключва.  $C_{TMR}$  определя работната честота.



Фиг.2. Обобщена схема на захранващия блок

Поради високото входно напрежение съществува опасност някой от входните елементи да се повреди в случай, че захранващото устройство PSE (Power sourcing equipment) подаде захранващо напрежение на входа на обикновена мрежова карта, а не към захранваното устройство PD (Powered Device). За да се избегне такава възможност, процедурата по подаване на захранващото напрежение към захранваното устройство е с някои особености Фиг.3[8]. Захранващото устройство контролира напрежението, а захранваното – тока. Първата стъпка е детекция. Подава се напрежение с по-ниска стойност. Променя се стойността на захранващото напрежение от около  $4V$  на около  $8V$ . Тока трябва да остане постоянен.

В случай че се промени тока, следва прекратяване на подаването на



**Фиг.3.** Захранване на PD

захранване от страна на PSE и повторен опит след определено време. При постоянен ток по време на „детекцията” следва процедура по класификация. Подава се още по-високо захранващо напрежение  $13\div 21V$ . Според тока, протичащ в линията, се определя какъв клас е устройството, т.е. какъв ток, съответно мощност PSE да задели за него. В конкретния случай сензорният модул е клас 3, като максималната мощност, подавана към него, е  $12,5W$ . И третата последна стъпка е подаване на високо захранващо напрежение ( $36-48V$ ) към модула, като при напрежение над  $27V$  се включва и DC/DC преобразувателя.

В модула са използвани следните сензори: NH-4000 на Honeywell, за измерване на относителна влажност; MPXV-7002DP от Freescale, за измерване на диференциално налягане; TGS 4161 от FIGARO, за измерване концентрацията на  $CO_2$ ; ADT7311 на Analog Devices за следене на температурата [9,10,11,12].

NH-4000 е лазерно калибриран, полимер-капацитивен сензорен елемент. Консумираният от него ток е само  $200\mu A$ . Изходът му позволява директно свързване към аналоговия вход на микроконтролера.

MPXV-7002DP – Напрежението му на изхода е линейно пропорционално на разликата в наляганията в определени граници ( $-0.3\div 0.3psi$ ), което го прави особено подходящ за следене нивото на замърсяване на въздушните филтри.

Сензора с твърд електролит TGS 4161 предлага миниатюризация, ниска консумация и същевременно достатъчна точност. Обхвата му на измерване е  $350\div 5000ppm$ , което го прави превъзходен избор за следене нивото на  $CO_2$  в климатичните системи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената мултисензорна система ще се използва за продължително следене на основни параметри на въздуха в затворени помещения и за изследване на подходи за разработване на процедури за калибриране и повишаване на точността. Като следващи стъпки в развитието на мултисензорната система се предвижда разширяването ѝ с инфрачервени CO<sub>2</sub> сензори и със сензори за ранно предупреждаване за възникване на пожари (CO (200ppm), NO<sub>x</sub> (200ppb) и др.). Друг важен параметър, който е от особено значение е измерването на концентрации на частици с размери под 2,5 µm, които се сочат като причинители за редица респираторни заболявания.

Част от представените изследвания са извършени по проекта „132ПД 0057-03”.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
- [2] W.J. Fisk and A.T. DeAlmeida, “Sensor-Based Demand Controlled Ventilation: A Review,” Energy and Buildings, 29(1) (March 1), 1998.
- [3] <http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en547578>
- [4] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn75176a.pdf>
- [5] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39662a.pdf>
- [6] <http://www.atmel.com/Images/doc8782.pdf>
- [7] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps23750.pdf>
- [8] <http://www.maximintegrated.com/products/power/poe/>
- [9] [http://sensing.honeywell.com/index.php?ci\\_id=49922](http://sensing.honeywell.com/index.php?ci_id=49922)
- [10] [http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPXV7002.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPXV7002.pdf)
- [11] <http://www.figarosensor.com/products/4161pdf.pdf>
- [12] [http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADT7311.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADT7311.pdf)