

FRI-2G.302-1-CSN-10

**CONCEPTUAL MODEL OF A HARDWARE PLATFORM FOR
DEVELOPMENT OF COMPLETE SOLUTIONS FOR HOME
AUTOMATION¹⁰**

Eng. Todor Gechev, PhD Student

Department of Telecommunications,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082 888 663
E-mail: tocky@nrjsoft.com

Assoc. Prof. Georgi Hristov, PhD

Department of Telecommunications,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082 888 663
E-mail: ghristov@uni-ruse.bg

Assoc. Prof. Plamen Zahariev, PhD

Department of Telecommunications,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082 888 663
E-mail: pzahariev@uni-ruse.bg

Eng. Ivan Mihov, PhD Student

Department of Telecommunications,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082 888 663
E-mail: i_mihov@abv.bg

Eng. Jordan Raychev, PhD Student

Department of Telecommunications,
“Angel Kanchev” University of Ruse
Tel.: 082 888 353 / +359884979934
E-mail: jraychev@uni-ruse.bg

***Abstract:** The evolution of the embedded technologies and the improvement of the communication systems allowed the integration of numerous applications directly on the end devices used for home automation. The development of energy-efficient IP communication protocols, such as the 6LoWPAN protocol, is a prerequisite for the discovery of new connectivity options to link heterogeneous sensor devices. A major challenge for the integration of these protocols is the need for transformation and modification of the end devices, for extension of their capabilities and for assuring their accessibility through services and applications from the upper layers of the telecommunication stacks and models. This paper presents a conceptual model of a platform for development of complete solutions for home automation. Besides the description of the hardware components of the platform, the paper also provides an analysis on the protocol stacks, which are assuring its modular functionality.*

***Keywords:** IoT, Building automation, Automation infrastructure, Information Systems and Conceptual Modeling*

ВЪВЕДЕНИЕ

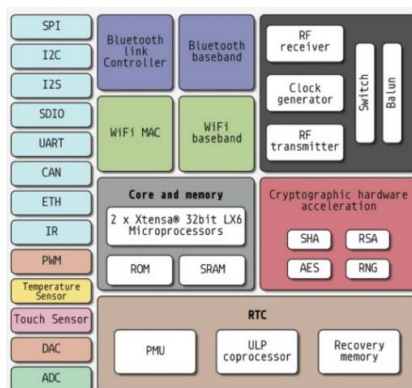
Интернет на нещата (IoT) е хардуерно/софтуерна система от физически свързани елементи, като представлява съвкупност от протоколни стекове, сензори, крайни устройства

и др., и дава възможност за пълна интеграция на голям обем от машини, уреди и приспособления. Благодарение на нейната архитектура, всички свързани устройства стават напълно разпознаваеми и управляеми, без да е необходимо цялостна промяна на съществуващата Интернет архитектура. IoT системите са ефективно прилагани в редица мрежи за следене на показатели. Добър пример в тази насока, може да се даде със системите за автоматично отчитане на биологичните показатели в здравеопазването, където кръвното налягане, сърдечната дейност и много други могат да бъдат редовно наблюдавани, документирани и съхранявани в бази от данни. Развитието на IoT концепцията осигурява много иновации и в системите за домашна автоматизация. В автоматизацията на дома IoT играе важна роля, като дава възможност за напълно автономно следене на условията в помещенията и също така дава възможност за пълен контрол на устройства и машини от отдалечено място. IoT концепцията отвори нова врата към напредъка в технологиите и комуникационните мрежи. Системата за домашна автоматизация се разраства бързо, те се използват за осигуряване на комфорт, удобство, качество на живот и сигурност за жителите [1,4]. Освен с допълнителния комфорт, който осигуряват системите за домашна автоматизация, те могат да се използват за осигуряване на нови възможности на възрастните хора и хората с увреждания и водят до намаляване на човешките усилия при производството на услуги и стоки. Системата за домашна автоматизация може да бъде проектирана и разработена с помощта на един централен контролер, който има способността да наблюдава и контролира различни свързани помежду си уреди и системи, като захранващи мрежи, сензори за температура, влажност, осветеност, дим, газ, пожароизвестители, както и аварийни и охранителни системи. Бързото развитие на безжичните технологии силно ускорява използването на мобилни устройства за дистанционен контрол и наблюдение на домовете ни.

ИЗЛОЖЕНИЕ

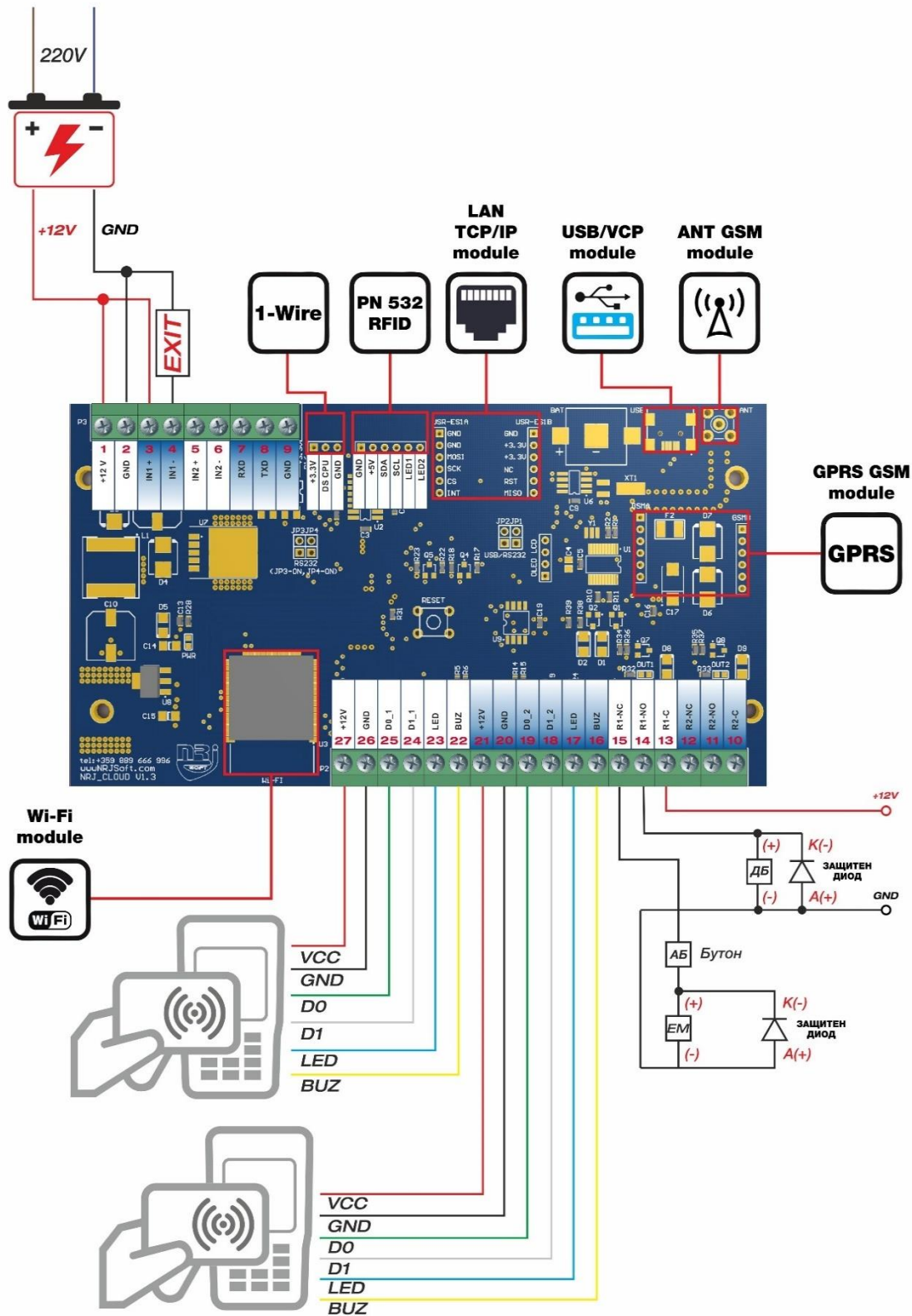
Описание на хардуера

В рамките на публикацията се предлага решение за архитектура на централен контролер за прилагане на гъвкав и лесен подход за реализация на платформа за домашна автоматизация. Контролерът е базиран на модула ESP32-WROOM-32 на фирмата Espressif Systems и се произвежда от TSMC използвайки техния 40 nm процес. Интегрирането на Bluetooth, Bluetooth LE и Wi-Fi гарантира широк спектър от приложения. Модулът е с високо ниво на интеграция, с вградени антени, превключватели, RF балун, усилвател на мощност, филтри и модули за управление на захранването. Проектиран за мобилни устройства, преносима електроника и приложения за интернет на нещата (IoT), ESP32 постига изключително ниска консумация на енергия с комбинация от няколко вида патентован софтуер и може да функционира надеждно в индустриални условия, с работна температура от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$. ESP32-WROOM-32 съдържа два нискоенергийни Tensilica Xtensa® 32-битови LX6 микропроцесора, които могат да бъдат контролирани индивидуално, а тактовата честота на CPU е регулируема от 160MHz до 240MHz – с производителност до 600 DMIPS.



Фиг. 1 ESP32-WROOM-32 – блокова диаграма

Контролерът има два цифрови входа с общо предназначение. Те са галванически разделени от микропроцесорната част с оптрони. Предвидена е индикация за задействането на входовете. Контролерът притежава един сериен интерфейс за връзка с други устройства. Той е реализиран на базата на MAX3232CE на фирмата Texas Instruments. Контролерът (фиг.2) разполага с часовник за реално време и енергонезависима памет за събитията. Всяко събитие (прочетена карта или задействане на някой от универсалните входове/изходи), се регистрира в паметта на контролера.



Фиг.2 Общ вид и схема на свързване на централния контролер за сградна автоматизация

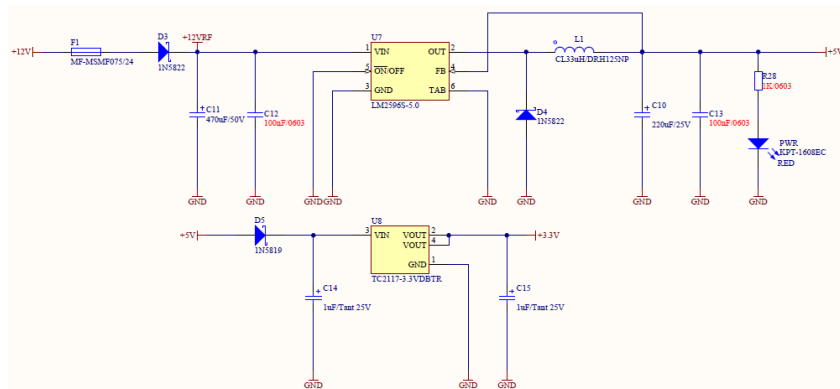
Таблица 1. Наименование на абривиатурата на контролера

№	Абревиатура	Пояснение
1	+12V	Външно захранване на контролера – постоянно или променливо напрежение 12-24VDC, 10-18VAC.
2	GND	Маса на захранването (ако е постоянно напрежение).
3,4	IN1(+)	Активен сигнал (спрямо маса) за цифровите галванично разделени входове. За подаване на маса да се използва IN1(-). Двете клеми формират цифров вход №1.
5,6	IN2 (+)	Активен сигнал (спрямо маса) за цифровите галванично разделени входове. За подаване на маса да се използва IN2(-). Двете клеми формират цифров вход №2;
7,8	RXD2_RS232 TXD2_RS232	Съответно приемане (RX) и предаване (TX) на сериен порт на контролера (за връзка, например с PC сериен порт), стандарт RS-232.
9	GND	Маса на захранването (ако е постоянно напрежение).
10	R2_COMM	Общ контакт на реле 2.
11	R2_NO	Нормално отворен контакт на реле 2.
12	R2_NC	Нормално затворен контакт на реле 2.
13	R1_COMM	Общ контакт на реле 1.
14	R1_NO	Нормално отворен контакт на реле 1.
15	R1_NC	Нормално затворен контакт на реле 1.
16	BUZ 2 (50mA max)	Управление звукова индикация на RFID четец 2.
17	LED_ 2 (50mA max)	Управление светлинна индикация на RFID четец 2.
18	DATA_1	Комуникационна линия по стандарта Wiegand (комуникация) на RFID четец 2.
19	DATA_0	Комуникационна линия по стандарта Wiegand (комуникация) на RFID четец 2.
20	GND	Маса на захранването на RFID четец 2 (захранване).
21	+12V	Плюсов проводник на RFID четец 2 (захранване - 250mA max).
22	BUZ_ 1 (250mA max)	Управление звукова индикация на RFID четец 1.
23	LED_ 1 (250mA max)	Управление светлинна индикация на RFID четец 1.
24	DATA_1	Комуникационна линия по стандарта Wiegand (комуникация) на RFID четец 1.
25	DATA_0	Комуникационна линия по стандарта Wiegand (комуникация) на RFID четец 1.
26	GND	Маса на захранването на RFID четец 1 (захранване).
27	+12V	Плюсов проводник на RFID четец 1 (захранване - 250mA max).

Часовникът за реално време който се използва в контролера е DS1307ZN на фирмата Maxim. Неговото захранване е резервирано с 3V CR1216 литиева батерия. DS1307ZN(RTC) е часовник/календар с ниска консумирана мощност, пълен двоично-кодиран десетичен (BCD) часовник / календар , с 56 байта NV SRAM. Адресът и данните се прехвърлят серийно през ПС двупосочна шина. Чипът поддържа информация за секунди, минути, часове, ден, дата, месец и година. Датата в края на месеца се коригира автоматично, за месеци с по-малко от 31 дни, включително корекции за високосна година (валидна до 2100). Часовникът работи в 24-часов или 12-часов формат с AM / PM индикатор. DS1307ZN има вградена електрическа верига, която открива прекъсвания на захранването и автоматично превключва на резервно захранване. Операцията по запамятаване продължава, докато частта работи от резервното

захранване. Модулът се програмира по сериен интерфейс с помощта на интегрирания USB сериен порт конвертор CH340T. VCP се използва също така за DEBUG .

За нормалната работа на контролера са необходими две захранващи напрежения: 5V / 2.2 A и 3.3V / 500 ma. Основното захранващо напрежение е 5V / 2.2 A и е реализирано на базата на високо ефективен Step-Down (Buck) регулатор LM2596 на фирмата Texas Instruments. По-голямата мощност е необходима заради възможността за използване на GSM модул [2], който пиково може да консумира до 2A. За захранване на процесорната част се използва TC2117-3.3VDBTR на фирмата MICROCHIP.

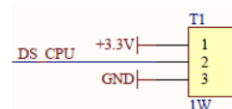


Фиг.3 Схема на захранването на контролера

Регулаторите от серия LM2596 са монолитни интегрални схеми, които осигуряват всички активни функции за понижаващ регулатор, който е способен за управление на до 3A товар с отлична характеристика и регулиране. Тези устройства се предлагат с фиксирано изходно напрежение 3,3 V, 5 V, 12 V и версия с регулируем изход. Серията LM2596 работи с честота на превключване 150kHz. Високата честота на преобразуване позволява да се използват по-малки, като стойности и габаритни размери елементи: индуктивности и кондензатори, което позволява да се намалят габаритните размери на модулите и от там на цялото устройство. TC2117 е фиксиран, с висока точност (обикновено $\pm 0.5\%$) CMOS регулатор за ниско напрежение. Проектиран специално за батерийни системи, CMOS конструкцията на TC2117 елиминира значително загубата на ток към земята и удължава живота на батерията. Общо захранващият ток обикновено е около 80 μ A при пълно натоварване (20 до 60 пъти по-ниско, отколкото в биполярни регулатори). Ключовите характеристики на TC2117 включват ултра нисък шум, много нисък пад на напрежение (обикновено 450mV при пълно натоварване) и бърза реакция на промените в натоварването.

1-Wire интерфейса (фиг.4) е предназначен за различни по тип сензори (t° -тип DS18D20, влага, постоянен, променлив ток и др). Измерване на температура и ток в зависимост от консумацията на датчика. Захранване: 3.3V.

- 1 **+3.3V** – Захранващо напрежение на датчика;
- 2 **DS CPU** – Интерфейс за комуникация 1-Wire;
- 3 **GND** – маса;



Фиг.2 Схема на интерфейс за комуникация 1-Wire

За реализацията на външен четец, се използва NFC технология (Near Field Communications), която осигурява улеснено споделяне на информация, между различни устройства поддържащи тази технология (например разплащане, идентификация, споделяне).

Кабелите които е препоръчително да се използват, за връзка между контролера и периферните устройства на системата са 2x0.5 и 6x0.22: 6x0.22 се използва за захранване, управление на звукова и светлинна индикация на четците, EXIT бутон, МУК и др., 2x0.5 се използва за изпълнителни механизми;

Таблица 2. Характеристики на кабелите за връзка с контролера

Продукт	Макс. дължина (m)	Сечение на кабел (mm)
Бутон EXIT	до 100 m	0.22 mm
Аварийен бутон	монтира се до вратата	0.5 mm
Четци	до 100 m	0.22 mm
Сензор за температура и влага	до 100 m	0.22 mm
Електромагнитни механизми	до 70 m	0.5 mm
Изпълнителни механизми	до 40 m	0.5 mm
LAN	до 100 m	FTP мин. 5 кат
USB	2-3 m	готов кабел

ИЗВОДИ

В тази публикация се предложи решение за реализиране на интелигентен дом, където условията на помещението се следят от централен контролер с поддръжка на широк набор от сензори, като например: сензори за откриване на движение, интензитет на светлината, изтичане на газ и др. и притежава възможност за отдалечено задействане на изпълнителни механизми за регулиране на стайната температура, влажност, контрол на достъпа и др. В процес на разработка е облачно базирана платформа, с възможност за паралелно управление на множество от предложените контролери [3]. Тенденцията на бъдещето на системите за домашна автоматизация е да направят жилищата по-умни и по-удобни. В тази връзка се работи в насока за разработване на система за обработка на изображения, за използване в условията на домашна автоматизация. В такава система за автоматизация, домакинските уреди ще бъдат контролирани от различни жестове, които ще бъдат регистрирани, чрез вградени в тях сензори. Освен това, системата за домашна автоматизация, може да бъде управлявана, чрез взаимодействие на биомедицински сигнали с централния контролер, което ще даде възможност на инвалиди да контролират домашни уреди без допълнителни усилия.

ACKNOWLEDGMENTS

This paper reflects the results received during the implementation of Project №2018-FEEA-02, funded by the Scientific and Research Fund of the University of Ruse "Angel Kanchev". The study was financially supported by the University of Ruse "Angel Kanchev" contract №BG05M2OP001-2.009-0011-C01, "Support for the development of human resources for research and innovation at the University of Ruse "Angel Kanchev"", which is funded with support from the Operational Program "Science and Education for Smart Growth 2014 - 2020" financed by the European Social Fund of the European Union.

REFERENCES

- [1] Brambley, M., Hansen, D., Haves, P., Holmberg, D., McDonald, S., Roth, K. et al. (2005). Advanced sensors and controls for building applications: market assessment and potential R&D pathways. PNNL-15149, Technical report, Prepared for the U.S. Department of Energy by Pacific Northwest National Laboratory 2005;
- [2] C. Felix and I. Jacob Raglend, "Home automation using GSM," Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies (ICSCCN), 2011 International Conference on, Thuckafay, 2011, pp. 1519;
- [3] N. Dickey, D. Banks and S. Sukittanon, "Home automation using Cloud Network and mobile devices," Southeastcon, 2012 Proceedings of IEEE, Orlando, FL, 2012, pp. 1-4;
- [4] Veichtlbauer, A., Pfeiffenberger, T. (2012). U.S., *Generic control architecture for heterogeneous building automation applications*, SENSORCOMM 2012: The Sixth International Conference on Sensor Technologies and Applications 2012, 148–153.