

Assessment of Autonomous Power Supply System for Light Sensor of Illumination Measurement Testbench

Olegs Tetervenoks (Riga Technical University - RTU), Ilya Galkin (RTU)
and Jelena Armas (Tallinn University of Technology)

Keywords – Wireless sensors, lighting, measurement, energy storage, supercapacitor.

I. INTRODUCTION

The choice of energy source of autonomous power supply of wireless node becomes a serious problem when the system has a large number of wireless nodes. Rechargeable batteries are a convenient solution for wireless devices. They allow achieving great duration of operation [3]. At the same time batteries have disadvantages such as long charging time and limited lifetime.

Supercapacitor as an energy source for wireless sensor nodes in general case was discussed in [5], but this article is focused on the specific application of supercapacitor in wireless node of illumination measurement testbench.

III. LIGHT SENSOR ENERGY CONSUMPTION

The structure of wireless light sensor of illumination measurement testbench is shown in Fig. 2. Energy consumptions of each individual element of light sensor are summarized in Table I.

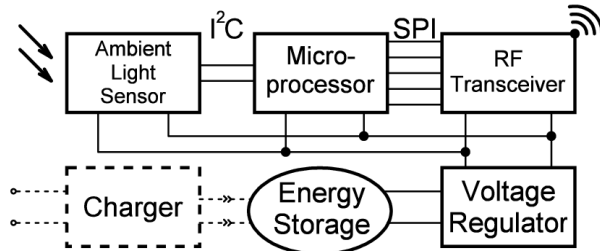


Fig.2. Block diagram of light sensor

TABLE I
ENERGY CONSUMPTION OF DIFFERENT NODES AT DIFFERENT OPERATION MODES

Node	Active mode		Low power mode or power down	
	Typ	Max	Typ	Max
Ambient light sensor	0.24mA	0.6mA	3.2μA	15μA
Transceiver	19mA	23mA	2μA	–
Microprocessor	340μA	550μA	41μA	120μA

It is seen in this table, that RF transceiver is largest energy consumer of sensor. Microprocessor program must be prepared so that the RF transceiver is used as less as possible. Also during inactivity of sensor all nodes should fall into low-power modes.

IV. ELECTROCHEMICAL DOUBLE-LAYER CAPACITOR AS A STORAGE OF ENERGY

A. Capacitor Charging Process

It is necessary to limit charging current to protect charger from overload. There are two protection types of charger: limiting of capacitor charging current and limiting of input current of charger. The last one allows accelerating energy accumulation process (Fig. 9) at higher charger input voltages.

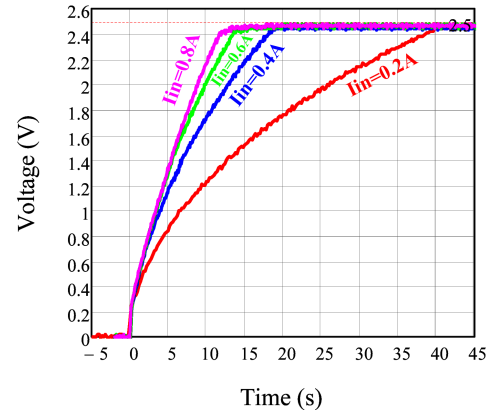


Fig. 9. 10F supercapacitor charging time at constant charger input current.

B. Duration of Operation

Operation time was calculated and measured for 10F supercapacitor with 2.5 V nominal voltage. Table III summarizes the operation time of the light sensor at different conditions.

TABLE III
COMPARISON OF DURATION OF OPERATION AT DIFFERENT CONDITIONS

Duration of operation	Conditions		Calculated	Measured
	Duration of operation	Not optimized	Boost	5min, 2s
SEPIC			4min, 17s	4min, 46s
Optimized		Boost	1h, 10min	1h, 15min
		SEPIC	1h, 2min	1h, 3min

VI. CONCLUSIONS

The evaluation of results has shown that the main criterion for improving energy efficiency and increasing the operating time of the wireless node powered from supercapacitor is the optimal algorithm of the device (microprocessor program), which involves minimal use of the RF transceiver.

Through the use of supercapacitor charging time of energy storage of the testbench light sensor prototype was reduced to 15-20 seconds (Fig. 9). The optimized software allowed increasing operation time to 1 hour and 15 minutes (Table III).

Assessment of relative costs (Table IV) also showed that use of the ultracapacitors as energy storage for wireless device is economically profitable.

REFERENCES

- [3] Chulsung Park; Lahiri, K.; Raghunathan, A.; , "Battery discharge characteristics of wireless sensor nodes: an experimental analysis," Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2005. IEEE SECON 2005. 2005 Second Annual IEEE Communications Society Conference on , vol., no., pp. 430- 440, 26-29 Sept., 2005
- [5] Merrett, G.V.; Weddell, A.S.; Lewis, A.P.; Harris, N.R.; Al-Hashimi, B.M.; White, N.M.; , "An Empirical Energy Model for Supercapacitor Powered Wireless Sensor Nodes," Computer Communications and Networks, 2008. ICCCN '08. Proceedings of 17th International Conference on , vol., no., pp.1-6, 3-7 Aug. 2008

Apgaismojuma eksperimentālo mērījumu stenda apgaismojuma sensora autonomās barošanas sistēmas novērtēšana

Olegs Tetervenoks (Riga Technical University - RTU), Ilya Galkin (RTU)
and Jelena Armas (Tallinn University of Technology)

Atslēgvārdi (angl.) – Wireless sensors, lighting, measurement, energy storage, supercapacitor.

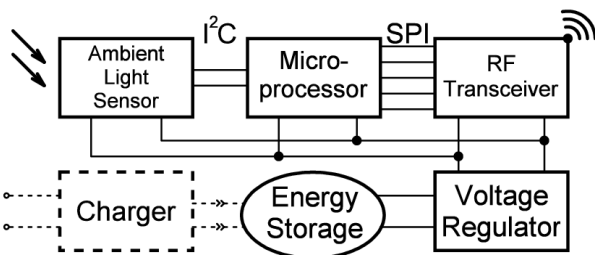
I. IEVADS

Bezvadu sensora autonomās barošanas sistēmas enerģijas avota izvēle kļūst par nopietnu problēmu, ja sistēmai ir liels daudzums bezvadu mezglu. Lādējamās baterijas ir izdevīgs risinājums [3], kas ļauj sasniegt labus rezultātus darbības ilguma ziņā. Tomēr ir arī savi trūkumi: ilgs lādēšanas laiks un ierobežots kalpošanas laiks.

Superkondensators kā bezvadu mezgla enerģijas avots vispārīgā gadījumā ir aprakstīts [5]. Šis raksts ir fokusēts uz superkondensatoru konkrēta pielietojuma apgaismojuma uzņemšanu bezvadu sensorā.

III. APGAISMOJUMA SENSORA ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ

Apgaismojuma eksperimentālo mērījumu stenda bezvadu apgaismojuma sensora struktūra ir parādīta 2. att. Atsevišķu elementu enerģijas patēriņi ir apkopoti 1. tabulā.



2. att. Apgaismojuma sensora blokskāme.

1. TABULA

ATSEVIŠĶU ELEMENTU ENERĢIJAS PATĒRIŅŠ PIE DAŽĀDIEM FUNKCIONĒŠANAS NOSACĪJUMIEM (REŽĪMIEM)

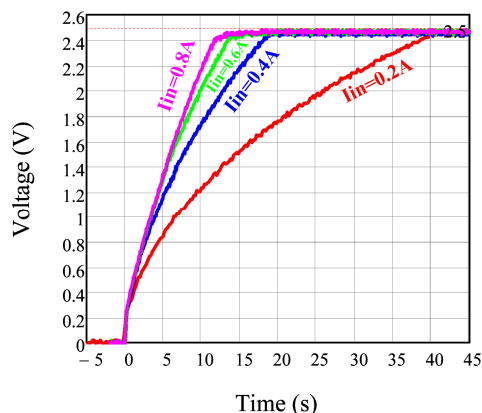
Elements	Aktīvais režīms		Zema patēriņa režīms	
	Parasti	Maks.	Parasti	Maks.
Gaismas sensors	0.24mA	0.6mA	3.2µA	15µA
Raidzītvērējs	19mA	23mA	2µA	–
Mikrokontroleris	340µA	550µA	41µA	120µA

No šīs tabulas var redzēt, ka lielākais bezvadu sensora enerģijas patērētājs ir raidzītvērējs. Mikrokontrolera programmai ir jābūt optimāli izstrādātai, lai raidzītvērēja mezgls būtu izmantots pēc iespējas retāk.

IV. SUPERKONDENSATORS KĀ ENERĢIJAS UZKRĀJĒJS

A. Kondensatora lādēšanas process

Lai pasargātu lādēšanas ierīci, ir nepieciešams ierobežot kondensatora lādēšanas strāvu. Pastāv divas aizsardzības iespējas: kondensatora lādēšanas strāvas ierobežošana un lādēšanas iekārtas ieejas strāvas ierobežošana. Pēdējais variants ļauj paātrināt enerģijas uzkrāšanas procesu (9.att.) pie paaugstināta lādēšanas iekārtas ieejas sprieguma.



9. att. 10F superkondensatora lādēšanas laiks pie konstantas ieejas strāvas.

B. Darbības ilgums

Darbības laiks tika rēķināts un eksperimentāli uzņemts 10F lielas kapacitātes superkondensatoram ar 2.5 V nominālo spriegumu. 2. tabula apkopo darbības ilgumu pie dažādiem apstākļiem un dažādām konfigurācijām.

3. TABULA

DARBĪBAS ILGUMA SALĪDZINĀJUMS PIE DAŽĀDIEM APSTĀKĻIEM

Darbības ilgums	Konfigurācija		Aprēķinātais	Uzņemtais
		Bez optimizācijas	Boost	5min, 2s
SEPIC			4min, 17s	4min, 46s
Ar optimizāciju		Boost	1h, 10min	1h, 15min
		SEPIC	1h, 2min	1h, 3min

VI. SECINĀJUMI

Rezultātu novērtēšana rāda, ka galvenais bezvadu sensora energoefektīvo rādītāju uzlabošanas kritērijs (kas ievērojami palielina darbības ilgumu, ja enerģijas uzkrājējs ir superkondensators) ir optimālais ierīces algoritms, kas paredz minimālo raidzītvērēja moduļa izmantošanu.

Pateicoties superkondensatora izmantošanai, apgaismojuma sensora prototipa enerģijas uzkrājēja lādēšanas procesu ir izdevies samazināt līdz 15- 20 sekundēm (9. att.). Optimizētais programnodrošinājums ļauj palielināt darbības laiku ar 10F superkondensatoru līdz 1 stundai un 15 minūtēm (3.tabula).

Relatīvo izmaksu analīze (Tabula IV) ir parādījusi, ka superkondensatoru izmantošana ir arī ekonomiski izdevīga.

LITERATŪRA

- [3] Chulsung Park; Lahiri, K.; Raghunathan, A.; , "Battery discharge characteristics of wireless sensor nodes: an experimental analysis," Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2005. IEEE SECON 2005. 2005 Second Annual IEEE Communications Society Conference on , vol., no., pp. 430- 440, 26-29 Sept., 2005
- [5] Merrett, G.V.; Weddell, A.S.; Lewis, A.P.; Harris, N.R.; Al-Hashimi, B.M.; White, N.M.; , "An Empirical Energy Model for Supercapacitor Powered Wireless Sensor Nodes," Computer Communications and Networks, 2008. ICCCN '08. Proceedings of 17th International Conference on , vol., no., pp.1-6, 3-7 Aug. 2008

Оценка системы автономного питания беспроводного сенсора от стенда экспериментальных замеров освещенности

Olegs Tetervenoks (Riga Technical University - RTU), Ilya Galkin (RTU)
and Jelena Armas (Tallinn University of Technology)

Ключевые слова (англ.) – Wireless sensors, lighting, measurement, energy storage, supercapacitor.

I. ВВЕДЕНИЕ

Когда система имеет большое количество беспроводных узлов, выбор источника энергии для автономной системы питания беспроводного сенсора становится серьезной проблемой. Перезаряжаемый аккумулятор является хорошим решением [3], которое позволяет добиться продолжительного времени работы. Однако есть и свой недостаток: продолжительное время зарядки и ограниченный срок службы.

Ионистор как источник энергии беспроводного узла в общем случае рассмотрен в [5]. Данная статья сфокусирована на конкретном применении ионистора в беспроводном сенсоре замеров освещенности.

III. ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ СЕНСОРА ОСВЕЩЕННОСТИ

Структура беспроводного сенсора от стенда экспериментальных замеров освещенности показана на Рис. 2. Потребление энергии отдельных узлов обобщенно в Таблице I.

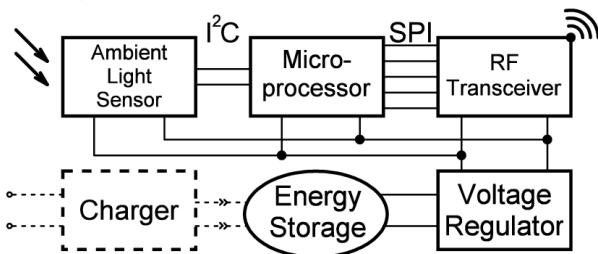


Рис. 2. Блок-схема сенсора освещенности.

ТАБЛИЦА I

ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

Элемент	Активный режим		Режим низкого энергопотребления	
	Обычно	Макс.	Обычно	Макс.
Сенсор освещенности	0.24mA	0.6mA	3.2µA	15µA
Приёмопередатчик	19mA	23mA	2µA	–
Микроконтроллер	340µA	550µA	41µA	120µA

Из этой таблицы видно, что приёмопередатчик является наибольшим потребителем энергии. Программа микроконтроллера должна быть разработана чтобы приёмопередатчик использовался как можно реже.

IV. ИОНИСТОР КАК НАКОПИТЕЛЬ ЭНЕРГИИ

A. Процесс зарядки ионистора

Существуют два способа защиты: ограничение тока зарядки ионистора и ограничение входного тока зарядного устройства. В последнем случае можно добиться более быстрого процесса зарядки ионистора (Рис. 9), при повышении входного напряжения зарядного устройства.

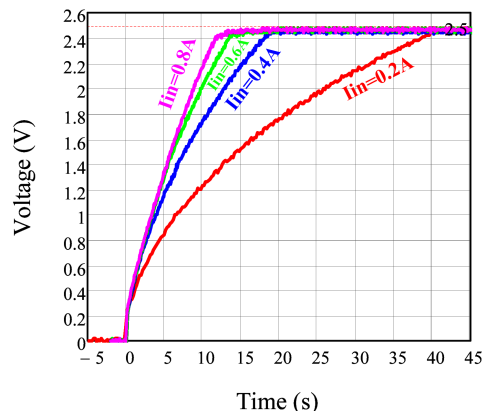


Рис. 9. Время зарядки конденсатора емкостью в 10 Ф при постоянном входном токе зарядного устройства.

B. Продолжительность работы

Продолжительность работы была рассчитана и экспериментально замерена при использовании ионистора емкостью 10 Ф и номинальном напряжении в 2,5 В. Таблица III обобщает полученные данные.

ТАБЛИЦА III

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РАБОТЫ ПРИ РАЗНЫХ КОНФИГУРАЦИЯХ

Время работы	Конфигурация	Расчет		Измеренное
		Boost	SEPIC	
	Без оптимизации	Boost	5min, 2s	5min, 18s
		SEPIC	4min, 17s	4min, 46s
	С оптимизацией	Boost	1h, 10min	1h, 15min
		SEPIC	1h, 2min	1h, 3min

VI. ВЫВОДЫ

Оценка полученных результатов показывает, что главным критерием улучшения показателей энергоэффективности (что является критичным при использовании ионистора в качестве накопителя энергии) для беспроводного сенсора является оптимальный алгоритм работы устройства.

Благодаря использованию ионистора время зарядки накопителя энергии для прототипа сенсора удалось уменьшить до 15-20 секунд (Рис. 9). Оптимизированное программное обеспечение позволяет увеличить время работы до 1 ч. 15 мин. (Таблица III).

Ионистор в данном случае является экономически обоснованным (Таблица IV).

ЛИТЕРАТУРА

- Chulsung Park; Lahiri, K.; Raghunathan, A.; , "Battery discharge characteristics of wireless sensor nodes: an experimental analysis," Sensor and Ad Hoc Communications and Networks, 2005. IEEE SECON 2005. 2005 Second Annual IEEE Communications Society Conference on , vol., no., pp. 430- 440, 26-29 Sept., 2005
- Merrett, G.V.; Weddell, A.S.; Lewis, A.P.; Harris, N.R.; Al-Hashimi, B.M.; White, N.M.; , "An Empirical Energy Model for Supercapacitor Powered Wireless Sensor Nodes," Computer Communications and Networks, 2008. ICCCN '08. Proceedings of 17th International Conference on , vol., no., pp.1-6, 3-7 Aug. 2008