

Bluetooth Low Energy: Evaluarea consumului și a ratei de transfer

Dumitru Daniel Sava

Rezumat

Prezenta lucrare are ca scop evaluarea consumului energetic și a ratei de transfer a unor module ce implementează standardul de comunicații radio Bluetooth Low Energy (BLE). În plus, teza urmărește și prezentarea metodologiei experimentului care a condus la determinarea valorilor acestor parametri. Principalele obiective ale acestei lucrări sunt achiziționarea valorilor intensității curentului care trece prin modul la fiecare moment de timp, prelucrarea acestor valori pentru obținerea unor valori medii ale curentului respectiv ale energiei consumate de un modul într-o perioadă de timp dată precum, determinarea ratei de transfer a datelor între două module conectate, care comunică pe baza unui protocol de la nivelul aplicație al stivei de comunicație a standardului Bluetooth Low Energy. Datele obținute în urma măsurătorilor vor fi furnizate unui calculator pentru prelucrări ulterioare. Aceste prelucrări includ crearea de grafice ale intensității curentului prin modul în funcție de timp cu scopul de a pune în evidență variația consumului la variația unor parametri ai modulului sau la modificarea stării interne a acestuia.

Bluetooth Low Energy este destinat sistemelor care pun accent pe un consum de energie redus, dar sunt angrenate în tranferul volumelor mici de date. Ca atare, măsurarea precisă a consumului energetic pentru un astfel de modul este condiționată de proiectarea unui circuit de măsurare prin intermediul căruia vor putea fi achiziționate valorile intensității curentului care trece prin modul la fiecare moment de timp. Circuitul folosit în această lucrare are la bază o rezistență de șunt conectată în serie cu modulul analizat. Pe baza legii lui Ohm, curentul care străbate modulul Bluetooth Low Energy este convertit în tensiune. Tensiunea astfel obținută este de așteptat să aibă valori mici, sub limita de măsurare a unui convertor analogic digital, de aceea impunându-se adăugarea unor circuite de amplificare. Ieșirea sistemului de achizie este conectată la un canal al unui convertor analogic digital pentru a putea fi măsurată și ulterior prelucrată.

Consumul redus al unui modul Bluetooth Low Energy este legat de o rată de transfer diminuată. Acest fapt nu constituie un minus pentru BLE dacă se ține seama de tipul aplicațiilor cărora le este destinat. Cu toate acestea, evaluarea ratei de transfer nu este o problemă lipsită de importanță întrucât stabilirea unor limite ale acestui parametru situează BLE în spectrul tehnologiilor de comunicații radio de consum redus. În prezenta lucrare se propune un experiment pentru determinarea valorilor medii ale acestui parametru, bazat pe o comunicație între două module BLE identice. Ideea de la care s-a pornit în elaborarea acestui experiment este descrisă în cele ce urmează. Fiind date două module BLE conectate între ele, un modul trimite un volum mare de date fără întreruperi, în timp ce celălalt modul așteaptă primirea datelor trimise de primul. Datorită latenței de procesare, modulul aflat în recepție va primi doar o parte din datele trimise inițial de modulul aflat în transmisie. Cunoșcând durata recepției datelor de către al doilea modul și volumul de date recepționat se determină rata de transfer ca raportul dintre numărul de octeți primiți și timpul de recepție.

Pentru implementarea ideilor descrise anterior s-au folosit două module Bluetooth Low Energy RN4020 dezvoltate de Microchip și două plăci de dezvoltare STM32F103RBT6 produse de ST. Cele două module sunt legate respectiv la cele două plăci de dezvoltare prin intermediul interfeței UART. Prin intermediul interfețelor UART, modulele sunt configurate automat de către microcontrollere pe baza unui set de comenzi definite de Microchip. Cu ajutorul acestor comenzi, pot fi configurați parametrii care controlează procesul de conectare între module, se stabilesc și se întrerup conexiunile și se realizează transferul de date. Unul dintre module care va fi referit în continuare ca slave este legat în serie cu circuitul de achiziție descris mai sus și a cărui ieșire este legată la unul dintre canalele unui convertor analogic digital al uneia dintre plăci. În plus, între placa la care este legat modulul slave și calculator este realizată o conexiune prin intermediul unei interfețe USB-Serială.

Pentru determinarea valorilor curentului la anumite momente de timp, se stabilește o perioadă de măsurare, iar convertorul analogic digital este programat să citească valorile achiziționate de circuitul de măsurare în această perioadă cu o anumită frecvență (frecvență de eșantionare). Valorile sunt stocate local, în memoria microcontrollerului, în doi vectori spre a fi transmise ulterior calculatorului prin intermediul interfeței USB-Serială, spre prelucrare. Cei doi vectori oferă posibilitatea transmiterii către calculator a valorilor achiziționate în blocuri, în baza mecanismului descris mai jos. La începerea eșantionării, datele citite de convertorul analogic digital sunt stocate într-unul din vectori. La umplerea acestuia valorile sunt stocate în cel de-al doilea vector, timp în care elementele primului vector sunt transmise pe serială la calculator, procesul reluându-se la umplerea celui de-al doilea vector.

Pentru evaluarea ratei de transfer, între modulul slave și celălalt modul, care va fi referit drept master, se realizează o conexiune pe prin intermediul comenzilor de configurare referite mai sus. Modulul master începe transmisia octet cu octet a unui bloc de 100000 de octeți, modulul slave aflându-se în starea de recepție. La primirea primului octet, microcontrollerul la care este conectat modulul slave pornește un Timer pe care îl oprește la primirea ultimului octet. În acest interval de timp octeții primiți au fost contorizați. Rata de transfer nu este altceva decât raportul dintre numărul octeților recepționați și intervalul de timp dintre prima și ultima recepție.