

KRATKODOMETNI PAKETNI RADIO LINK

SHORT-RANGE PACKET-ORIENTED RADIO LINK

Nemanja Đurić, Laslo Nađ, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

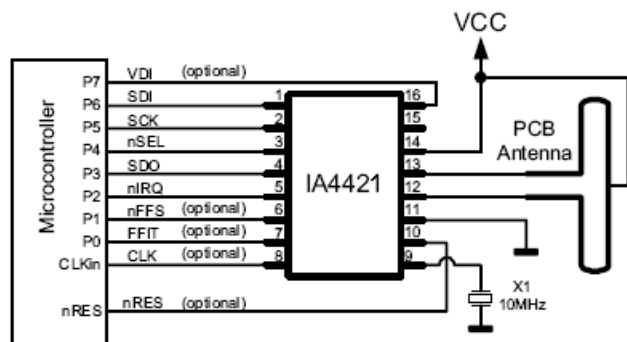
Kratak sadržaj – U ovom radu izloženo je kompletno praktično rešenje jeftinog i pouzdanog kratkodometnog paketnog radio linka, realizovanog korištenjem mikrokontrolera ATtiny2313, RF primopredajnika IA4421 i dodatnim komponentama.

Abstract – The complete software and hardware solution for a reliable and cheap short-range packet-oriented radio link is presented in this paper. It has been realized using ATtiny2313 microcontroller, RF transceiver IA4421 and additional components.

Ključne reči: Radio veza, IA4421, FSK, PCB antena

1. UVOD

Razvoj tehnologije je doveo do pojave velikog broja integrisanih kola koja u sebi objedinjuju funkcionalnosti mnogih komponenti koje su se ranije morale odvojeno nabavljati i postavljati na ploču. Ovaj napredak u tehnologiji je doveo do drastičnog smanjenja broja komponenti potrebnih za realizovanje konačne aplikacije. Tako se od 1993. do danas broj komponenti u RF uređajima smanjio preko 8 puta, i iako je taj trend danas znatno usporen, ipak se i dalje nastavlja [1].



Sl.1. RF sistem sa kolom IA4421 [2]

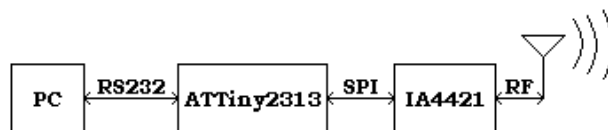
IA4421 je upravo jedno takvo kolo, sposobno da dodatno olakša razvoj RF uređaja i dalje smanji broj komponenti. IA4421 pored ostalog ima i mogućnost da obezbedi CLK signal za mikrokontroler, čija je frekvencija programabilna u opsegu od 1 do 10 MHz. Stoga su samo antena i jeftini kristalni oscilator od 10 MHz potrebni kao dodatne komponente, slika 1.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz diplomskog-master rada čiji mentor je bio dr Laslo Nađ, vanr. prof.

Pored toga što se odlikuje velikim brojem integrisanih funkcija i relativnom lakoćom korištenja, osobina koja ga ističe je i cena, znatno niža od konkurencije. Zbog svih ovih karakteristika IA4421 je bio prvi izbor pri realizaciji projekta.

Kao terminali u komunikaciji se koriste PC računari, a u tu svrhu je iskorišten serijski port. Kompjuteri komuniciraju pomoću RS-232 protokola sa mikrokontrolerom. Mikrokontroler dalje komunicira sa IA4421, tako što šalje naredbe i prima dolazne poruke, slika 2.



Sl.2. Uopštena šema uređaja

Cilj projekta bio je da se napravi uređaj koji će omogućiti bežičnu RF komunikaciju na kratkim rastojanjima.

Uređaj je realizovan i testiran u laboratorijskim uslovima, i u takvom okruženju je pokazao veoma dobre karakteristike.

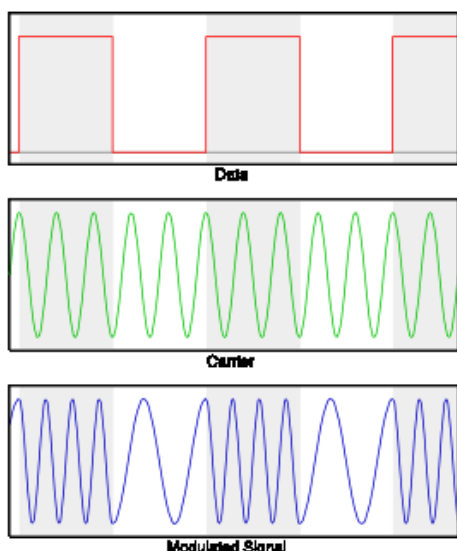
2. FSK MODULACIJA

Modulacija signala je proces menjanja parametara signala nosioca, koji je najčešće sinusoida, u zavisnosti od vrednosti korisnog, modulišućeg signala, da bi se tako dobijeni modulisani signal koristio za prenos informacija. Kako sinusni signal opisujemo preko amplitude, faze i frekvencije razvijene su metode modulacije koje menjaju upravo ova tri parametra.

Jedna od metoda modulacije digitalnog signala jeste FSK (*Frequency Shift Keying*). Signalu nosiocu se menja frekvencija u vremenu u zavisnosti od vrednosti niza bita koji se prenose, dok amplituda i faza ostaju nepromenjeni. Najjednostavnija varijanta ove modulacije je BFSK (*Binary FSK*), gde se koriste samo dve različite frekvencije za modulaciju logičke '1' i logičke '0', slika 3.

Za razliku od druge često korištene metode, ASK (*Amplitude Shift Keying*), kod koje se menja amplituda u zavisnosti od korisnog signala, FSK je znatno otporniji na smetnje i na šum, upravo zato što superponirani šum ne utiče na frekvenciju signala.

Zbog toga je BER (*Bit Error Ratio*) manji kod FSK što ovu metodu čini pouzdanom i jednostavnom za implementaciju.

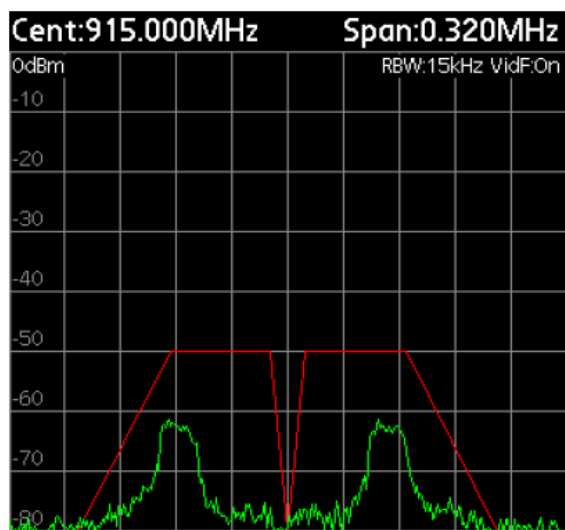


Sl.3. FSK modulacija [3]

3. RF PRIMOPREDAJNIK IA4421

IA4421 je RF primopredajnik koji omogućava projektantu da potpuno kontroliše sve parametre bežičnog prenosa.

Koristan signal se moduliše BFSK modulacijom. Frekvencijski opseg, centralna frekvencija, frekvencijska devijacija, izlazna snaga signala, brzina protoka, praktično svi parametri prenosa su programabilni. Sva kola potrebna za RF komunikaciju su integrisana, uključujući i LNA, PA, PLL, I/Q demodulator.



Sl.4. Frek. spektar koji generiše poruka '010101...' [4]

Na raspolaganju su opsezi od 433, 868 i 915 MHz. Centralna frekvencija može fino da se podešava u koracima od po 15 kHz. Na slici 4. se vidi spektar signala pri naizmeničnom slanju '0' i '1' bita u opsegu od 915 MHz. Ravna crvena linija označava filter u prijemnom kolu, pri čemu se širina opsega filtra može podešavati po potrebi.

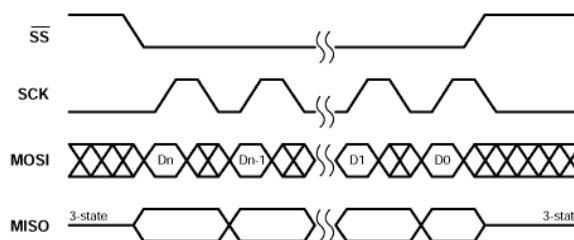
IA4421 se programira pomoću SPI interfejsa. Poruke su dužine 16 bita, pri čemu je prvi bajt komanda, a drugi predstavlja parametre komande [2]. Kao dodatna pomoć pri razvoju RF aplikacije može se iskoristiti i besplatan

softver WDS (*Wireless Development Suite*), koji omogućava jednostavno kreiranje .h fajlova sa potrebnim naredbama.

Ovo kolo se može nabaviti po ceni od 2.15\$ pri kupovini 1000 komada [5], što ga čini jednim od najjeftinijih RF kola u ponudi, uzimajući u obzir i dodatne komponente i vreme potrebno da se razvije kompletan RF uređaj. IA4421 se može pronaći i pod imenom SI4421. Zanimljivo je da su neki proizvođači iskopirali ovo kolo, uključujući i kompletnu tehničku dokumentaciju. Tako se umesto IA4421 mogu iskoristiti i dva potpuno identična integrisana kola drugih proizvođača, Hope RF12 i RFM TRC102, koja su čak jeftinija od originala.

3.1 SPI interfejs

Komunikacija između mikrokontrolera i IA4421 se obavlja pomoću SPI (*Serial Peripheral Interface*) interfejsa. Ovaj interfejs nije zvaničan standard, već se nametnuo kao jako dobro i jednostavno rešenje za slanje poruka na malim rastojanjima. Podaci se ne mogu prenositi na većim razdaljinama zbog prevelikog šuma koji će onemogućiti komunikaciju. Dosta je brži od I²C protokola, pošto se mogu postići i brzine protoka od desetak Mbs. Naziva se i četvorožična serijska magistrala, jer se koriste četiri linije za prenos podataka, iako postoje varijante i sa manje linija. Najčešća konfiguracija SPI veze je sa jednim masterom i jednim slejvom, ali može biti i više slejvova, za šta i služi nSS linija. S obzirom da postoje dve odvojene linije za slanje i primanje podataka, uređaji koji koriste SPI interfejs mogu da rade u *full-duplex* režimu rada. Na slici 5. prikazan je vremenski dijagram SPI komunikacije mastera sa slejvom.



Sl. 5. SPI komunikacija mastera sa IA4421 [3]

Najveća mana ovog interfejsa je to što nije standardizovan. Dužina paketa se kreće od 5 do 9 bita, zavisno od proizvođača. Ni imena linija nisu ista na svim kolima. Takođe, master ne može da zna da li neko prima poruke ili priča u prazno. Pored svega nabrojanog ovaj interfejs se ipak jako često koristi zbog svoje jednostavnosti, malog broja linija u odnosu na paralelne interfejse, kao i velike brzine protoka.

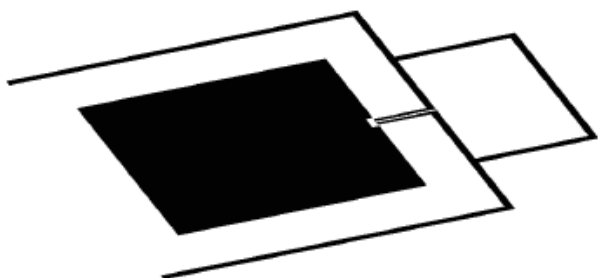
4. IZBOR ANTENE

Za antenu se može iskoristiti čip (*chip*), bič (*whip*) ili PCB antena. PCB antene, u poređenju sa ostalim antenama koje se koriste u RF uređajima, su znatno jeftinije, i mogu se postići jako dobre performanse. Ove antene se realizuju direktno na štampanoj ploči. Proizvođač je obezbedio veliki izbor već dizajniranih PCB antena za sve opsege, tako da je najjednostavniji i najjeftiniji izbor upravo ovaj tip antene.

4.1 BIFA antena

BIFA (*Back Inverted F Antenna*) je jako dobar izbor pri visokim učestanostima, kada se dimenzije antene smanje do vrednosti prihvatljivih za većinu aplikacija, slika 6. BIFA antena je nastala iz diferencijalne IFA antene.

U poređenju sa lup (*loop*, petlja) antenom, BIFA antena ima manju impedansu i veća izlazna struja se može iskoristiti pri istom naponu napajanja, a samim tim se može postići veća izlazna snaga. Zbog manjeg faktora dobrote Q BIFA antena je manje osetljiva na razdešavanje prouzrokovano blizinom metalnih objekata ili varijacijama temperature. Takođe se ista vrednost BER-a postiže znatno manjom snagom električnog polja, a i domet je višestruko veći kod BIFA antene [6].



Sl. 6. BIFA antena [6]

Zbog svih navedenih razloga za projekat je izabrana BIFA antena. Detaljno opisana BIFA antena, kao i druge PCB antene za sve opsege mogu se naći u [7].

5. SOFTVER UREĐAJA

Za potrebe projekta pisana su dva odvojena softvera, program pisan u C programskom jeziku koji upravlja samim uređajem i program pisan u Visual Basic-u koji predstavlja interfejs između korisnika i uređaja. Korisnički interfejs je zamišljen kao čet (*chat*, razgovor) program, i pokreće se na računarima.

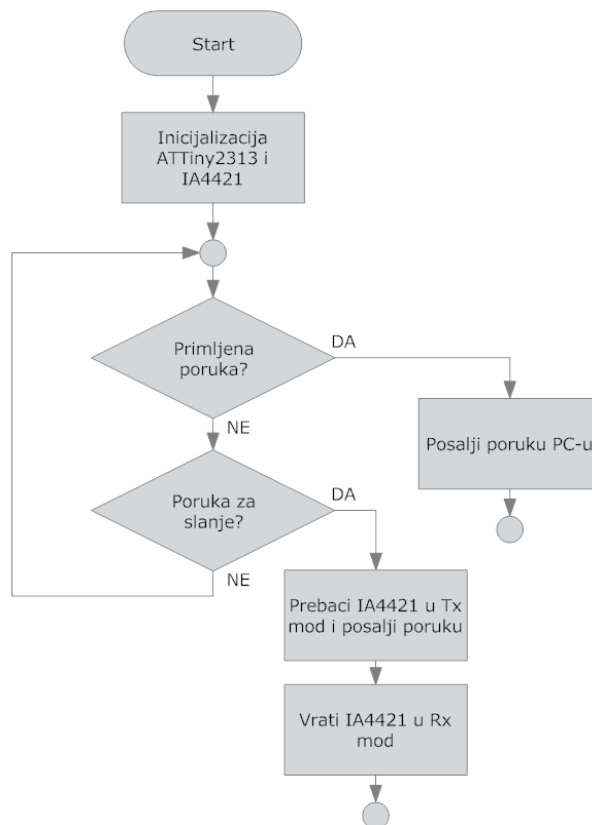
Uređaji šalju ping signale posle fiksnog vremenskog perioda, i na taj način uređaji znaju da li će neko primiti poruke koje šalju i kada da šalju svoje pakete. Uređaj od računara prima poruke serijskom komunikacijom, a zatim šalje u etar niz paketa dužine 8 bita. Drugi uređaj prima pakete i prosleđuje ih svom računaru, na taj način ostvarujući potpunu komunikaciju, slika 7. Zaštita od pogrešnog prenosa je takođe implementirana, koja detektuje loše primljene poruke i zahteva ponovni prenos, čineći vezu veoma pouzdanom.

6. HARDVER UREĐAJA

Za master kolo je iskorišten ATTiny2313 [8]. Kako treba da se obezbedi komunikacija PC-a i Tiny-ja, koristi se i kolo za prilagođenje nivoa MAX3232. Sva integrisana kola zahtevaju napon od 3V, tako da se koristi i stabilizator napona LM317, slika 8.

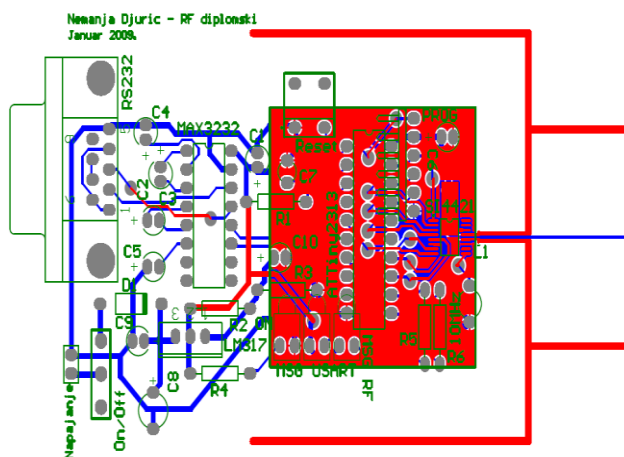
Ceo uređaj je realizovan na jednoj pločici. Najbolji rezultati se postižu ukoliko se koristi pločica debljine 0.5mm, napravljena od materijala koji ima $\epsilon_r = 4.7$. Na pločici se nalaze i konektor za serijsku vezu sa računarom, kao i konektor za dovođenje jednosmernog nestabilisanog napona, koji ne sme biti manji od 6.2V.

Fizičke granice PCB-a su minimalno 2cm od ivica PCB antene [6].



Sl. 7. Pojednostavljena šema softvera

Uređaj ne sme biti zatvoren u metalnom kućištu, pošto bi to znatno smanjilo mogućnost slanja i primanja poruka poslatih radio talasima.



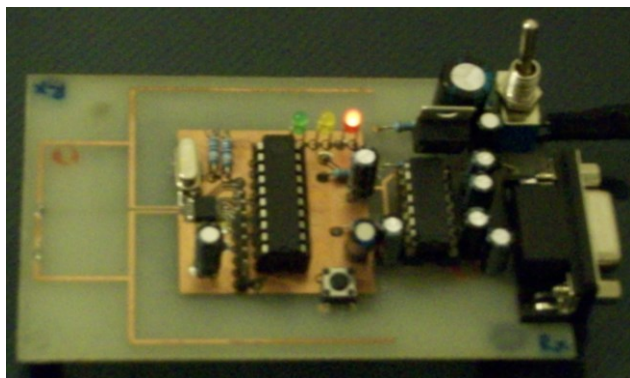
Sl. 8. Izgled štampane pločice (dvostrano)

7. ZAKLJUČAK

IA4421 predstavlja dobar i jeftin izbor pri projektovanju RF komunikacijskih uređaja. Svojim mogućnostima znatno olakšava proces razvoja i smanjuje broj potrebnih komponenti.

Uređaji zasnovani na ovom kolu koji su opisani u ovom radu su se pokazali u laboratorijskim uslovima kao

veoma dobro rešenje za bežičnu komunikaciju, slika 9. Uz pomoć uređaja i spomenutog čet programa uspešno je ostvarena bežična veza između dva udaljena računara.



Sl.9. Izgled realizovanog uređaja

Moguće primene realizovanog uređaja su u industriji, u svim senzorskim sistemima gde se meri temperatura, brzina, nivo vode, pritisak, itd., kao i u bilo kojoj drugoj aplikaciji gde je potreban jeftin i pouzdan bežičan prenos podataka na kratkim rastojanjima. Ukoliko bi se uređaj dalje razvijao i kada bi se postiglo dalje smanjenje dimenzija mogao bi da se iskoristi i u automobilske industriji u RKE (*Remote Keyless Entry*) i TPMS (*Tire-Pressure Monitoring System*) sistemima.

8. LITERATURA

- [1] M. Zaser Azizi, *RFIC design for mobile communications*, pp. 33, 2009.
- [2] Integration Associates, *IA4421 Datasheet*, 2008.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying, April 2009.
- [4] Cristian Toma, *Interfacing the IA4421 Transceiver to PIC microcontrollers*, pp. 1, 2008.
- [5] <http://www.mouser.com>, April 2009.
- [6] Integration Associates, *IA ISM-AN2, Antenna Development Guide*, 2004.
- [7] Integration Associates, *IA ISM-AN1, Antenna Selection Guide*, 2004.
- [8] Atmel Corporation, *ATTiny2313 Datasheet*, December 2003.

Kratka biografija:



Nemanja Đurić rođen je u Zenici, BiH, 1984. god. Diplomski-master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Mikroračunarska elektronika odbranio je 2009. god.



Laslo Nađ rođen je u Subotici 1953. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 1992. god. Od 2003. je u zvanju vanredni profesor. Oblast interesovanja su elektronika u robotici i klasična elektronika.