



Společná

**Laboratoř spolehlivosti systémů
Katedra řídicí techniky a telematiky
Fakulta dopravní ČVUT Praha**

Konviktská 20, 11000 Praha 1
tel. 24221721/416 (fax), 417(sekr), 418, 413 (lab)
e-mail: mirko@fd.cvut.cz

Ústav informatiky AV ČR

18207 Praha 8, Pod vodárenskou věží 2
tel. 6606/2080, 821639 (fax)
e-mail: mirko@cs.cas.cz

Bezdrátový přenos dat pro detekci a analýzu mikrospánků

Výzkumná zpráva č. LSS 120/01

Autor: Daniel Gross, AI 426

Praha, listopad 2001

Souhrn:

V této výzkumné zprávě je provedena studie možností bezdrátového přenosu dat mezi detekčním zařízením pro snímání elektroencefalografických signálů, umístěného na hlavě řidiče dopravního prostředku a palubní částí analytického, predikčního a varovacího systému poklesu pozornosti a nástupu mikrospánku.

Obsah:

Souhrn	str. 2
1. Úvod	str. 2
2. IR přenos a jeho dosah – rozbor	str. 3
3. Přenos informace pomocí rádiových modulů	str. 10
4. Závěr	str. 23

1. Úvod

V projektu výzkumu a vývoje mobilního zařízení pro detekci, analýzu, predikci poklesů pozornosti řidiče dopravního systému, případného nástupu jeho mikro-spánků a systému pro jeho včasné varování hraje významnou úlohu zařízení pro bezdrátový přenos dat mezi snímacím zařízením na hlavě řidiče, v němž jsou detekovány příslušné elektroencefalografické signály (dále jen EEG signály) v podobě časových řad a palubním vyhodnocovacím, analytickým a varovacím zařízením.

Protože řidič musí být v zásadě pohybově neomezen, musí být tento přenos bezdrátový. Bude sice působit na velmi malou vzdálenost (max. cca 2 až 3 m), jeho vysílací část však musí být velmi lehká a jeho funkce musí být vysoce spolehlivá. Přenos musí být odolný vůči rušení.

Pro bezdrátový přenos telemetrických informací obecně lze použít v zásadě dva způsoby.

- 1) Systém přenosu informace pomocí infračerveného záření.
- 2) Systém přenosu informace pomocí rádiových vln na vyhrazeném pásmu 433 MHz, které je určeno právě pro telemetrii. K dispozici jsou také další systémy pro přenos dat na krátkou vzdálenost (např. Bluetooth)

Možnosti obou těchto způsobů přenosu jsou charakterizovány v dalších kapitolách této zprávy

2. IR přenos a jeho dosah – rozbor**IR Vysílač, IR přijímač**

K přenosu informace infračerveným přenosovým kanálem je zapotřebí vysílač a přijímač infračerveného záření převádějící elektrický signál na optické záření a naopak. Pro infračervený přenos se dosud používala výhradně oblast blízkého infračerveného záření s vlnovou délkou v rozmezí 840 - 960nm. V současné době se však již objevuje nový standart, pokrývající pásmo 700 - 1600nm.

Kritickými místy IR přenosového systému jsou právě vysílací a přijímací blok. Záření je vysíláno v určitém úhlu a vyzářený výkon na jednotku plochy se vzdáleností poměrně rychle klesá. Z toho vyplývají požadavky kladené na vysílací a přijímací diodu. Pro zajištění bezpečného přenosu na větší vzdálenost by vysílací dioda měla mít co největší výkon, tj.

intenzita záření by měla být co největší. Tento požadavek však naráží jednak na omezení maximálního proudu protékajícího infra-diodou a jednak na skutečnost, že velká část IR vysílačů jsou mobilní jednotky napájené z baterií, či akumulátorů s poměrně malou kapacitou. Na přijímací straně je zapotřebí, aby přijímací dioda měla co největší citlivost na záření v přijímaném pásmu. Toho je možné dosáhnout dvěma způsoby. Prvním je zvětšení aktivní plochy přijímací infra-diody, druhým selekce přijímaného pásma před vstupem na přijímací diodu, čímž se omezí vliv ostatních zdrojů mimo přijímané pásmo. První způsob naráží na technologická a ekonomická omezení. Druhý způsob se praktikuje zalitím přijímací diody do vhodně tvarovaného pouzdra ze speciální pryskyřice, které slouží jako optický filtr. V praxi se používá kombinace obou způsobů.

Interference

Přenos dat ve volném prostoru klade vysoké požadavky na odolnost přijímače proti rušení. Přijímač, který čeká na přijímaný signál, je zaplavován nejrůznějšími rušeními optického a elektromagnetického charakteru, přítomnými buď v daném prostředí, nebo generovanými vlastním elektronickým zařízením. Všechny optické zdroje v pásmu přijímaném detektorem (830 - 1100nm) můžeme považovat za zdroje rušení. Možným zdrojem elektromagnetického rušení jsou všechny modulované výkonové signály v okolí pracovní frekvence přijímače. Toto rušení se vyskytuje zvláště v okolí vysílačů, frekvenčních generátorů, vychylovacích cívek televizních přijímačů, zářivkových svítidel a podobně.

Optické zdroje rušení

Přijímací infračervené diody registrují poměrně široké pásmo pokrývající i oblast viditelného spektra. V takovém případě by ovšem byl infračervený přenos značně obtížný a silně závislý na okolním osvětlení. Z toho důvodu jsou infračervené přijímače v naprosté většině případů vybaveny speciálním filtrem na určité vlnové délce a mají tedy v oblasti viditelného spektra velmi malou citlivost. Přijímací diodou může být detekováno pouze záření s vlnovou délkou větší, než odpovídá danému filtru, který bývá na vlnové délce 830nm. Přijímací dioda v takovém případě přijímá omezené spektrum z pásma vyslaného „bílým“ světelným zdrojem.

Ostatní zdroje rušení

Spektrální složení záření jednotlivých zdrojů infračerveného záření je velice rozdílné a závisí na mechanismu vzniku záření. Spektrum vyzařování klasického světelného-tepelného zdroje, jakým je například žárovka, je velice široké a je ho možné velice přesně popsat pomocí Planckova rozdělení.

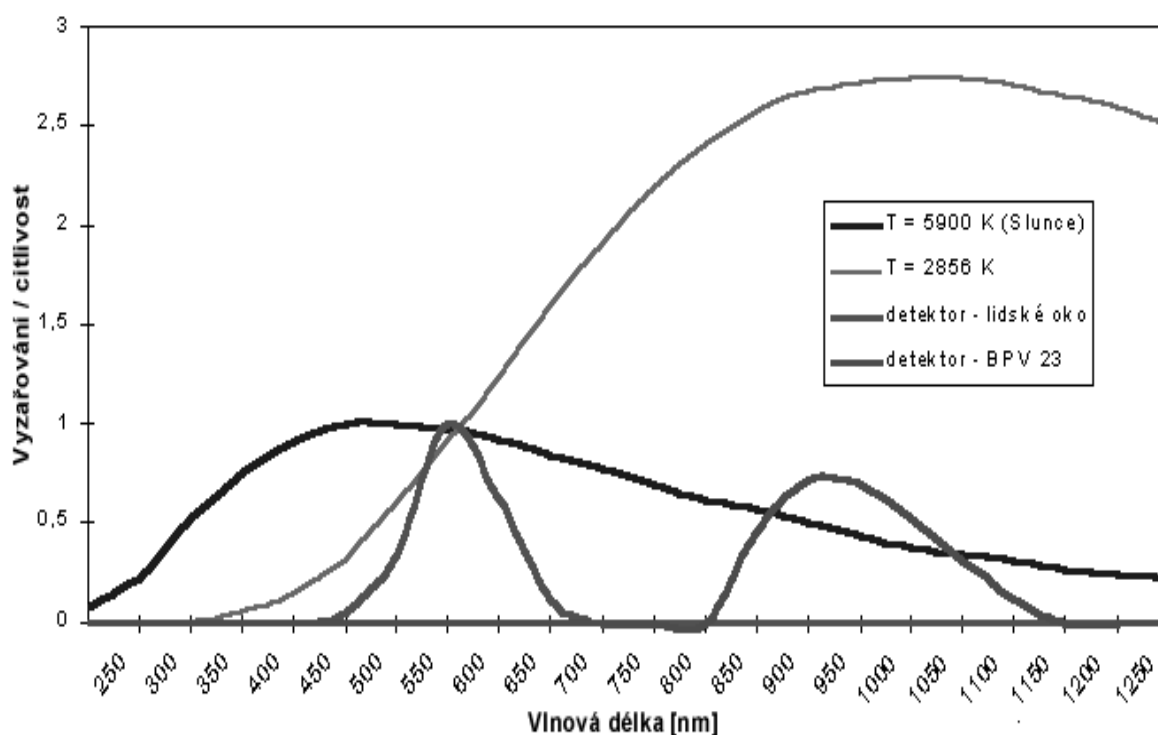
Na emisní spektrum Slunce se můžeme dívat jako na tepelný zdroj s ekvivalentní teplotou $T = 5900 \text{ K}$, který je ovlivněn spektrální absorpcí atmosféry.

Spektrum záření, které je emitováno zářivkovými tělesy, je poněkud komplikovanější. V oblasti infračerveného záření je emitováno pouze malé množství záření. Spektrum vyzařování je kombinací poměrně širokého spektra luminescentu, spektrálních čar rtuti a čar vyzařovaných plynem v trubici. Proto jednu část vyzařovaného spektra můžeme považovat za nízkofrekvenční zdroj, zatímco na druhou část se můžeme dívat jako na širokopásmový zdroj rušení s obsahem vysokofrekvenčních složek.

V infračervených datových přenosových systémech se používají výhradně křemíkové fotodiody s buď integrovaným, nebo externím filtrem. Spektrální citlivost takovýchto diod v přijímaném pásmu, většinou na vlnové délce 950nm, je téměř 100% záření dopadajícího na filtr diody. Kratší vlnové délky začíná filtr silně omezovat asi na 820 - 900nm podle vlnové délky použitého vysílacího zdroje. Omezení pro záření s větší vlnovou délkou, než je přijímané spektrum a snížení citlivosti diody pro větší vlnové délky je dáno spektrální absorpcí křemíku a tloušťkou aktivní vrstvy.

V grafu jsou zobrazena spektra tepelných zdrojů s ekvivalentní teplotou $T = 5900\text{K}$ a $T = 2856\text{K}$, z nichž první odpovídá slunečnímu záření a druhý záření emitovanému běžnou žárovkou. V grafu jsou rovněž zobrazeny spektrální citlivosti dvou přijímačů. Prvním z těchto přijímačů je křemíková PIN dioda BPV23 a druhým je klasický přírodní detektor - lidské oko. Z grafu je vidět, že záření zdroje ekvivalentního ke slunečnímu záření obsahuje mnohem méně záření v našem citlivosti infračerveného přijímače než záření zdroje ekvivalentního k

Spektrum vyzařování různých zdrojů a spektrální citlivost detektorů



Tab.1 - Hodnoty zářivosti a osvětlení pro jednotlivé zdroje

Dosah přenosových systémů

Přenosová vzdálenost infračervených přenosových systémů ve volném prostoru závisí na mnoha parametrech. Základními daty jsou vlastnosti vysílací a přijímací jednotky, přenosová vzdálenost je však také ovlivněna dalšími parametry, jako je například intenzita okolního optického, či elektromagnetického rušení.

Výpočet přenosové vzdálenosti je v nejjednodušším případě možné provést podle vztahu:

$$E_e = \frac{I_e}{d^2}, \text{ kde } E_e \text{ je zářivý výkon, } I_e \text{ intenzita záření zdroje a } d \text{ přenosová vzdálenost}$$

Se znalostí citlivosti přijímacího modulu a intenzity záření vysílače je možné určit maximální hodnotu přenosové vzdálenosti. Vypočtené hodnoty vzdálenosti se však od skutečně naměřených více, či méně liší díky výše uvedeným vlivům okolního prostředí.

Na dalším obrázku je zobrazen graf závislosti maximální přenosové vzdálenosti na intenzitě záření vysílače pro průměrný použitý infra-modul. Jako rozhodovací úroveň zářivého výkonu přijímače je pro bezpečnou činnost zvolena hodnota $0,35\text{mW/m}^2$.



Maximální přenosová vzdálenost v závislosti na intenzitě záření zdroje

Při měření přenosové vzdálenosti v reálném prostředí se ukazuje, že pokles zářivého výkonu se vzdáleností není tak velký, což je způsobeno odrazy od země a těles, jako jsou například stěny budov a podobně. To znamená, že vypočítané hodnoty přenosové vzdálenosti jsou brány jako horší případ a ve skutečnosti se dosahuje podstatně větší vzdálenosti.

Popis IrDA 1.0

IrDA je standard vytvořený IrDA konzorciem (Infrared Data Association), který definuje jak bezdrátově přenášet digitální data pomocí infračerveného záření. IrDA ve svých specifikacích definuje standardy jak fyzických koncových zařízení tak protokolů jimiž komunikují IrDA zařízení. IrDA standard vznikl z potřeby mobilně propojit různé zařízení mezi sebou.

Fyzická vrstva

IrDA zařízení komunikují pomocí infračervených LED diod s vlnovými délkami vyzařovaného světla $875\text{ nm} \pm$ tolerance výroby (asi 30nm). Přijímačem jsou PIN fotodiody, které pracují v generačním režimu (při dopadu světla na přijímač "vyrazí" světlo elektrony, které se odvádí do filtru (elektrického) který propusti jen ty frekvence které jsou povoleny pro

daný typ IrDA modulační). Existuje přímá úměra mezi energií dopadnutého záření a nábojem který optická část přijímače vygeneruje.

Dosah, používané rychlosti a princip modulační IrDA

IrDA zařízení dle normy IrDA 1.0 pracují do vzdálenosti 1.0 m při bitové chybovosti BER (bit error ratio, poměr chybně přenesených bitů ku správně přeneseným) 10^{-9} a maximální úrovni okolního osvětlení 10klux (denní svit slunce). Tyto hodnoty jsou definovány pro nesouosost vysílače a přijímače 15 stupňů, pro jednotlivé optické prvky se měří výkon do 30 stupňů.

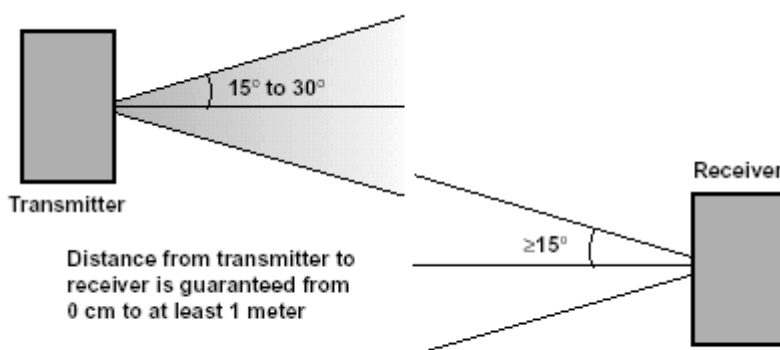


Figure 2. IrDA Viewing Angle and Distance.

Rychlosti jsou pro IrDA v. 1.0 od 2400 do 115200 kbps, používá se pulsní modulační 3/16 délky původní doby trvání bitu. Formát dat je stejný jako na sériovém portu RS232, tedy asynchronně vysílané slovo uvozené startbitem.

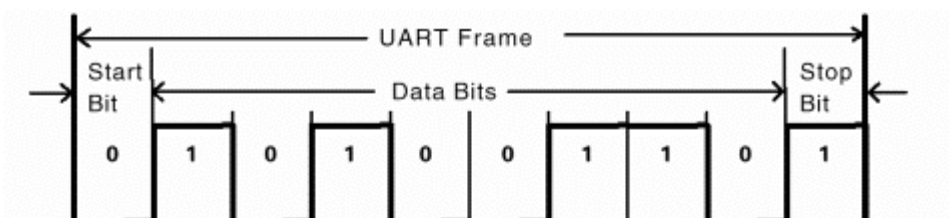


Figure 11a. UART Frame

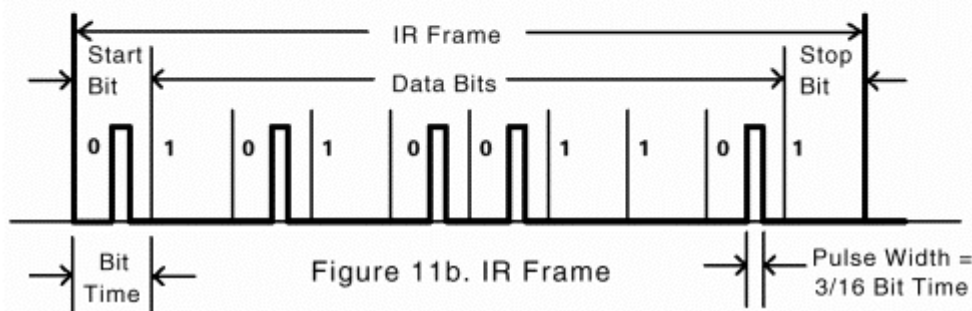


Figure 11b. IR Frame

Vysílací strana může používat buď 3/16 délky trvání bitu nebo používat fixní délku optického impulsu 1.63 us, což by odpovídalo rychlosti 115kbps - při fixní délce a rychlosti 38400 bps by vyšly na 1 vysílaný bit 3 světelné impulsy (bliknutí).

Výhody pulsní modulace

Přijímač musí mít možnost rozlišit mezi úrovní okolního osvětlení, rušením a přijímaným signálem. Pro tento účel je výhodné používat co největší vysílací výkon, protože čím větší výkon tím větší proud v přijímači -> větší odstup signál/šum. Vysílací infradiody ovšem nemohou vysílat maximálním výkonem 100% času, používá se proto střída jen 3/16 celkové doby trvání bitu s 4 až 5 násobným výkonem jež by byl možný při nepřerušném svitu diod. Když vezmeme v úvahu, že přenosová cesta nepřenáší stejnosměrnou složku (přijímač se neustále přizpůsobuje průměrnému osvětlení a detekuje jen změny) tak je použití pulsní modulace nutné a výhodné. Integrované IrDA transceivery (kombinovaná vysílací infra LED dioda a přijímací PIN fotodiody) mají již zabudované filtry které zabraňují rušení mimo frekvenční oblast IrDA 2400-115200 bps.

Vyráběné IrDA součástky

Z vlastní zkušenosti mohu pouze popsat několik součástek od firmy Hewlett Packard, která vyrábí jak samotné IrDA vysílače (infra LED), přijímače i transceivery (integrovaný přijímač s vysílačem v jednom pouzdře). Pro rychlosti do 115kbps (IrDA 1.0) se prodává transceiver HSDL-1001, který je možno provozovat v halfduplexním režimu. Jeho zapojení je velice jednoduché, vedle pouzdra samotného transceiveru je potřeba pouze pár kondenzátorů a rezistorů pro potlačení rušení, filtraci signálu a nastavení pracovního režimu. Další ze součástek HP které se dají sehnat jsou vysílací LED infradiody HSDL-4230 a HSDL-4220. Jsou to LED diody které snesou rychlost modulace až 10Mbitu, proud 0.5 A při střídě 0.2, resp. proud 100mA při neustálém svitu. Dvě verze LED diod v této rodině HSDL-4200 se liší pouze vyzařovacím úhlem (HSDL-4220 má vyzařovací úhel 30°, zatímco HSDL-4230 pouze 17°).

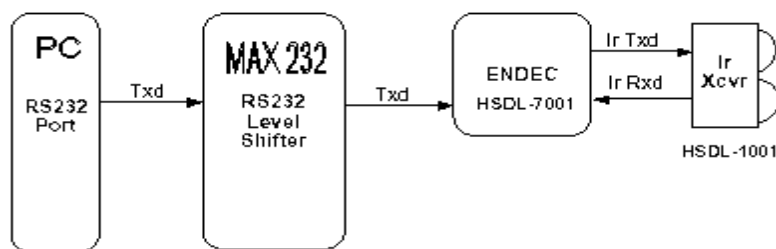
Hewlett Packard vyrábí i samotné PIN přijímače a kodéry/dekodéry IrDA modulace. Integrovaný kodér/dekodér IrDA modulace 115kbps má typové označení HSDL-7001. Je to integrovaný obvod kterému se kromě napájení a vstupu/výstupu sériového portu a vstupu/výstupu modulovaného signálu IrDA 1.0 připojí pouze Xtal naladěný na 1,8432 MHz.

Praktické testování IrDA přenosového systému

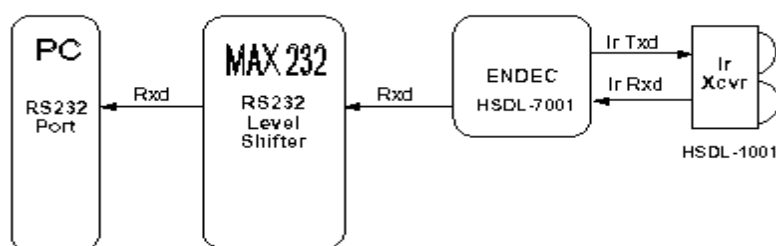
Pro praktické měření přenosových vlastností a napájecích nároků byl použit testovací kit HSDL-8000 IrDA 1.0 Evaluation Kit, který obsahuje dvě naprosto stejné testovací desky. Každá z těchto desek obsahuje obvod HSDL-1001 IrDA Compliant Transceiver a dále obvod HSDL-7001 IrDA 1.0 EnDec IC. Okolní pasivní součástky slouží pro nastavení pracovních režimů.

Sestavil jsem následující přenosový řetězec:

Strana vysílače



Strana přijímače



Popis vysílací části:

PC - běžný PC vybavený sériovým portem RS232. Na tomto počítači běžel program, který na vysílací straně periodicky vysílal námi zadané znaky na sériový port rychlostí 9600 bit/s. Na straně přijímače byl spuštěn program, který naopak přijímal data ze sériového portu rychlostí 9600 bit/s a zobrazoval je jako znaky.

MAX 232 - Integrovaný obvod, který pracuje jako převodník napěťových úrovní definovaných normou RS232 (+-15V) na napěťový systém TTL (+5V) a obráceně

HSDL-7001 - Kodér/dekodér sériového formátu UART na systém IrDA 1.0 a obráceně

HSDL-1001 - Vlastní vysílač a přijímač Ir záření.

Vlastní měření:

- 1) Na kodéru byl nastaven vysílací režim 3/16 délky trvání bitu. Napájecí napětí $U_{cc}=5V$. Rychlost vysílání byla vždy 9600 bit/s.

Poměr jedniček a nul Ve vysílaném bytu	Celkový proud ze zdroje Při napětí $U_{cc}=5 V$
0 %	0,8 mA

50 %	37 mA
100 %	74 mA

Z tabulky je vidět, že režim provozu 3/16 je velmi energeticky náročný, proud vysílací infra diodou teče dlouhou dobu. Proto byla další měření prováděna v režimu nazvaném MONOSHOT, kdy je doba vysílání jednoho bitu pevně nastavena na 1,6 us bez závislosti na bitové rychlosti.

2) Režim MONOSHOT

Poměr jedniček a nul Ve vysílaném bytu	Celkový proud ze zdroje Při napětí $U_{cc}=5\text{ V}$	Celkový proud ze zdroje Při napětí $U_{cc}=3\text{ V}$
0 %	0,8 mA	0,4 mA
50 %	4,3 mA	2,0 mA
100 %	7,9 mA	3,7 mA

Při praktické přenosu jsme vysílali textový soubor a odebíraný proud se při napájení $U_{cc}=5\text{V}$ pohyboval kolem 5,5 mA

3) Dále jsem změřil proud, který teče vysílací infra diodou při vysílání.

Napájecí napětí U_{cc}	Proud I_r diodou při vysílání
3 V	183 mA
5 V	411 mA

4) Měření maximální nesouososti vysílače a přijímače, při které lze ještě uskutečnit přenos dat.

Vzdálenost vysílače a přijímače	Max úhel mezi osou vysílače a přijímače, Při kterém zle ještě realizovat přenos
1 m	25° na každou stranu
2 m	20° na každou stranu
3 m	15° na každou stranu

Po překročení mezního úhlu naroste skokem chybovost a přenos se přeruší. Tyto naměřené hodnoty korespondují s katalogovými údaji (15° až 30° na každou stranu)

5) Chybovost

Modul byl napájen napětím $U_{cc}=5\text{V}$. Maximální vzdálenost na kterou se při dobrém nasměrování podařilo realizovat přenos s přijatelnou chybovostí byla 4 m. Při vzdálenosti do 1m jsme nezaznamenali prakticky žádné chyby v přenášených datech. Dalším vzdalováním vysílače od přijímače chybovost velmi pomalu rostla. Ostrý zlom nastal mezi 4 až 5 metrem, kdy chybovost narostla na téměř 100 % a přenos se přerušoval. Tento výsledek se jeví jako velmi dobrý, protože katalogový list udává maximální přenosovou vzdálenost 1 metr.

Zhodnocení, výhody a nevýhody

Hlavní nevýhodou přenosu informace pomocí IR paprsku je nutnost přímé viditelnosti mezi přijímačem a vysílačem a jeho velmi vysoká směrovost. S tím souvisí i chybovost přenosu, která je téměř nulová pouze při ideálním nasměrování a s vyosením vysílače a přijímače velmi rychle vzrůstá. Nasazení samoopravných protokolů (např. CRC) se proto stává velmi problematické z důvodu možného úplného výpadku přenosové cesty. Proud odebíraný vysílačem je při režimu MONOSHOT na přijatelné úrovni pro napájení z baterií. Hlavní výhodou je vysoká dosažitelná přenosová rychlost a jednoduché řízení pomocí dostupných integrovaných obvodů.

3. Přenos informace pomocí rádiových modulů

a) Technologie Bluetooth:

Principiálně se rádiová jednotka Bluetooth skládá z vf dílu a řadiče v základním pásmu, který představuje rozhraní k hostitelským systémům (např. PC, mobilní telefon, tiskárna, video systémy, přenosné počítače, bezdrátové telefony apod.). V aktuální specifikaci je definován vysílací výkon 1 mW, což např. při použití v příručním zavazadle dovoluje dosah až do 10 m v závislosti na tlumících vlivech (např. zdi apod.). Pro větší dosah se bude moci v budoucnu připojit k vysílacímu dílu výkonový zesilovač, s výstupním výkonem 100 mW a dosáhnout tak vzdálenosti do 100 m. Přijímač má citlivost - 70 dB a pracuje s mezifrekvenčí 1 MHz, což představuje pro současné aplikace optimum.

Pracovní frekvenční rozsah pro Bluetooth začíná při 2,402 GHz a končí při 2,480 GHz v tzv. bezlicenčním pásmu ISM (tj. pásmu pro průmysl, vědu, medicínu apod.). V rámci tohoto pásma je pro komunikace Bluetooth definována činnost způsobem frekvenčních skoků (hopping) v 79 krocích po 1 MHz. Změna kmitočtu probíhá 1600 krát za sekundu.

Při provozu se první aktivovaný přístroj v síti automaticky stane řídicím (master) a řídí frekvenční skoky 1600 krát za sekundu. V podstatě slouží frekvenční skoky k tomu, aby, vedle existujícího zakódování, byla navíc zajištěna ochrana proti vetřelcům a proti odposlechu a aby se zamezilo vf poruchám.

Řadič v základním pásmu řídí celkovou komunikaci, která se skládá z kombinace spojování okruhů a paketového spojování, tj. pracuje s různými datovými pakety v časových polohách. To je vhodné jak pro přenos dat, tak i hlasu. Při hlasové komunikaci se pracuje s přenosovou rychlostí 64 kb/s v synchronním přenosovém módu. Přitom se jednotlivé datové pakety přenášejí po různých frekvencích. Normálně obsadí jeden paket jedinou časovou polohu, ale může být roztažen až na maximálně 5 časových poloh.

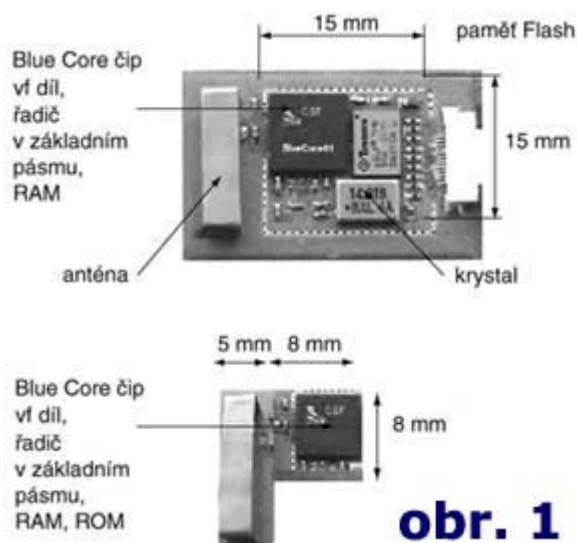
Principiálně podporuje protokol Bluetooth jeden synchronní datový kanál a až tři synchronní hovorové kanály nebo jeden kanál, který současně slouží pro přenos asynchronních dat a synchronní přenos řeči. Při hovoru se pracuje, jak již bylo řečeno, s přenosovou rychlostí 64 kb/s, asynchronní datové kanály umožňují rychlost buď 721 kb/s ve vysílacím směru plus 57,6 kb/s v přijímacím směru nebo symetrický přenos rychlostí pro příjem i vysílání 432,6 kb/s. To je ovšem čistá přenosová rychlost pro data. Spolu s řídicími daty protokolu

a řízení, která se pochopitelně přenášejí spolu s užitnými daty, dostáváme hrubou přenosovou rychlost 1 Mb/s.

Zabezpečení proti poruchám se dosahuje převážně frekvenčními skoky. V porovnání s ostatními bezdrátovými technologiemi používá Bluetooth podstatně kratší datové pakety, které se přenášejí na různých kmitočtech. Přenos Bluetooth je velmi odolný proti vnějšímu rušení, protože narušené kmitočty se jednoduše vynechají. Při delších přenosových vzdálenostech a tím i při malých intenzitách přijímaného signálu zabraňuje vzniku poruch zabezpečení samoopravným kódem FEC (Forward Error Correction). Celkově je datový kódér a vysílací princip optimalizován na práci v nekoordinovaném prostředí.

Čipy pro Bluetooth

Celá řada celosvětových výrobců polovodičových čipů se zabývá v souvislosti s rostoucím trhem této technologie také výrobou vhodných čipů. V současné době převažují řešení skládající se ze dvou čipů: vf dílu a řadiče v základním pásmu. V roce 2001 se očekává v sériové výrobě kompletní jednočipové řešení (obr. 1). Takový čip má jenom vývody pro napájecí napětí, pro spojení s hostitelským systémem a s krátkou páskovou anténou. Jednočipové řešení se vyrábí v technologii BiCMOS nebo CMOS. Dosavadní dvoučipové řešení má vf díl v bipolární technologii a řadič v technologii CMOS.



Dvoučipová řešení vyrábějí dnes oba velké komunikační koncerny Ericsson i Nokia. Také Philips Semiconductors rozšířil při převzetí technologie VLSI své vlastní vývojové kapacity a objevuje se na trhu se svými čipy Bluetooth. Ostatní firmy, jako např. Motorola, Toshiba, Intel a IBM se rovněž zabývají tímto vývojem a kupují v licenci odpovídající technologie.

Závěr

Jak již bylo řečeno, technologie bluetooth je určena spíše pro oblast komerční elektroniky. Její použití pro řešení našeho problému není vhodné ze dvou důvodů. Musíme dodržet komunikační protokoly a již normou dané standarty. Další nevýhodou je velmi složité řízení, které by bylo nutné řešit lepším mikroprocesorem.

b) Rádiové hybridní moduly:

Typické aplikace jsou:

- Domácí a komerční zabezpečení
- Ochrana hlídek a osamocenených pracovníků
- Výstražné systémy a volání ošetřovatelek v lékárnách

- Mobilní hlášení napadení
- Počítačové sítě
- Vzdálené monitorování průmyslových procesů
- Přenos dat přes nebezpečné prostředí
- Řízení osvětlení, otevírání garážových dveří
- Přenos dat z senzorů
- Telemetrický přenos informací
- Požární alarmy
- Ochrana obrazů a starožitností
- Vzdálené řízení, Přístupové systémy
- Domovní bezpečnostní systémy
- Autoalarmy
- Dálkové ovládání bran
- Hlášení ze senzorů

V těchto modulech se používá AM nebo FM modulace.

AM modulace:

AM modulace je méně odolná proti rušení. Zejména impulsní rušení, které vzniká při spínání spotřebičů nebo v nedokonale odrušené tyristorové regulaci může způsobit větší chybovost přenosu. Systém s AM modulací dosahuje nižších přenosových rychlostí typicky do 2400 bit/s. Výhodou je nízká cena modulů, lze přenášet data kódem, který obsahuje stejnosměrnou složku.

U modulů pracujících s AM modulací se nejčastěji používá pro přenos digitálních dat On/Off klíčováním vysílače. Prakticky se u vysílače zapíná a vypíná nosná vlna logickým signálem. Na přijímací straně se opět detekuje přítomnost nebo nepřítomnost nosné a podle toho se nastavuje výstupní logická úroveň. V nabídce jsou však i typy, které lze řídit analogově a tedy spojitě modulovat nosnou vlnu. Tento typ zařízení je určen především pro nenáročný přenos dat malou rychlostí.

FM modulace:

FM modulace dosahuje vyšší spolehlivosti přenosu. Je prakticky odolná proti impulsnímu rušení. Dosahuje se také vyšších přenosových rychlostí (až 48000 bit/s) než u systémů s AM modulací. Hlavní nevýhodou je částečná nemožnost přenášet data kódem, který obsahuje stejnosměrnou složku. Cena modulů je také vysoká.

Metody kódování a zvýšení spolehlivosti přenosu:

Pro zvýšení spolehlivosti na úkor snížení rychlosti přenosu lze použít různé metody jako např. zabezpečení dat samoopravnými protokoly, parita, redundance dat.

a) DTMF modulace:

Jako nejjednodušší způsob pro zvýšení spolehlivosti se jeví použití dvoutónové modulace. DTMF modulátor (DTMF = dvoufrekvenční tónový přenos používaný pro tónovou volbu čísla) používá součtu 2 sinusových průběhů o různých frekvencích, vždy jedné frekvence z dolního pásma (697 až 941 Hz) a jedné z horního pásma (1209 až 1633 Hz). Celkem je to 16 kombinací, což znamená, že se na vstup modulátoru přivádí 4 bity (paralelně). Další výhodou pro tento způsob modulace zvolit je to, že se DTMF modulátor i demodulátor dodává ve formě integrovaného obvodu s malým odběrem, DTMF demodulátor dále obsahuje filtr se spínanými kapacitami 6 řádu. Pro radiomodul, na jehož vstup je možno přivést pouze logický signál, je nutno předřadit omezovač, který z analogového signálu vytváří logický signál. Z minimální požadované doby vysílání tónů (0,040 s) a z minimální doby prodlevy mezi tóny (0,040 s) lze vypočítat max. rychlost přenosu dat tohoto systému:

$$RYAM = 0.5 * 1 / (0,040 + 0,040) = 6,25 \text{ [bajtů.sec}^{-1}\text{]} \quad (1)$$

kde RYAM je rychlost přenosu dat při amplitudové modulaci radiomodulů (dvě 4 bitové slabiky se musí spojit aby byl vytvořen 1 bajt, proto 0,5 ve vztahu (1)). Uvedený způsob kódování (DTMF) je vhodný pouze v případě, že vyhovuje nízká rychlost přenosu dat. Tento typ kódování je vhodný v aplikacích, kde se měřená hodnota mění pomalu, např. úroveň hladiny v nádržích, měření teploty, pro telemetrický přenos tepové frekvence. Lze ho aplikovat na systémy pracující s AM i FM modulací.

b) Zabezpečení cyklickým kódem CRC

Cyclical Redundancy Code (CRC). Kontrola přenášených dat se provádí pomocí tzv. generujícího polynomu. Z bloku přenášených dat se vypočte zabezpečující kód a ten se připojí za tato data. Po přijetí a provedení zpětného výpočtu lze odhalit na kterém místě chyba vznikla a můžeme ji opravit.

c) Zabezpečení paritou.

Za vysílaný byte se přidává takzvaný paritní bit, který sděluje, zda má vysílaný byte sudý nebo lichý počet jedniček.

Kódy pro odstranění stejnosměrné složky.

Jelikož vysílač FM neumožňuje přenos ss složky, není vhodné pro přenos použít sériového signálu NRZ (signál bez návratu k nule), ale je třeba použít některého kódu, který nemá ss složku.

a) Bitové kódování:

Čas každého vysílaného bitu je rozdělen na polovinu, v první polovině je vysílána hodnota bitu, ve druhé polovině doplněk bitu. Tak každý bit má zajištěno vysílání přesně v poměru 50:50. Toto je dvoufázové nebo též Manchesterké kódování a dává dobré výsledky, avšak redundance 100% snižuje přenosovou rychlost na polovinu.

b) Bytové kódování:

Jestliže k přenosu dat stačí podmnožina ASCII kódu, pak se vysílají tuto požadované ASCII kódy jako osmibitové číslo. Všechny tyto kódy mají poměr jedniček a nul při sériovém vysílání přesně 50:50. Z 256 možných 8-bitových čísel jich 70 obsahuje 4 jedničky a čtyři nuly. Celkem 68 Hex ASCII kódů má poměr jedniček a nul přesně 50:50 a lze je přímo vysílat sériovým portem za použití jednoho start bitu a stop bitu. Použití této podmnožiny navíc umožňuje jednoduchý test chyb na straně přijímače, protože všechny přijaté znaky musí obsahovat právě 4 jedničky a 4 nuly.

c) FEC kódování:

Každý bit je vysílán dvakrát, jednou přímo a jednou jako bitový doplněk, tj. nuly a jedničky v byte jsou invertovány, což způsobí vyvážení 50:50.

d) BIPHASE SPACE kódování:

Je definován tímto předpisem:

Změna úrovně vždy na začátku intervalu
 Úroveň H NRZ signálu = bez změny úrovně uprostřed intervalu
 Úroveň L NRZ signálu = změna úrovně uprostřed intervalu

Hlavními výhodami kódování BIPHASE SPACE jsou: neobsahuje ss složku, dobře lze odvodit synchronizační pulsy.

Jednodušší rádiové moduly je tedy nutno doplnit mikrokontrolérem pro předzpracování dat, který odstraňuje z přenášeného datového toku ss složku (FM modulace) a podporuje různé samoopravné protokoly pro zabezpečení přenosu (FM i AM modulace). Vhodné obvody jsou například:

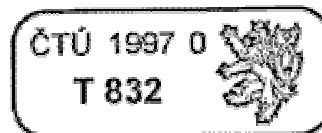
MM57C200, 57410	National Semiconductor
UM3750	UMC
HT12 série	Holtek
MC14026	Motorola
AS2787	Austria Systeme International GmbH

Vyrábějí se však i složitější a tedy dražší rádiové moduly, které lze napojit přímo na sériovou linku RS 232 a nepotřebují tedy žádné předkódování.

Cena radiových modulů pracujících s AM modulací se pohybuje kolem 300 Kč, s FM modulací kolem 600 Kč. Dále uvádím několik konkrétních typů, které dodávají na český trh firmy Enika a Sea.

RT4-EA

rádiový vysílač 433,92 MHz s externí anténou a SAW rezonátorem (schválení ČTÚ)



Popis

RT4-EA je hybridní modul, který umožňuje realizovat kompletní VF vysílač přidáním kódovacího obvodu.

Vyznačuje se stabilními elektrickými vlastnostmi díky technologii "tlustých vrstev".

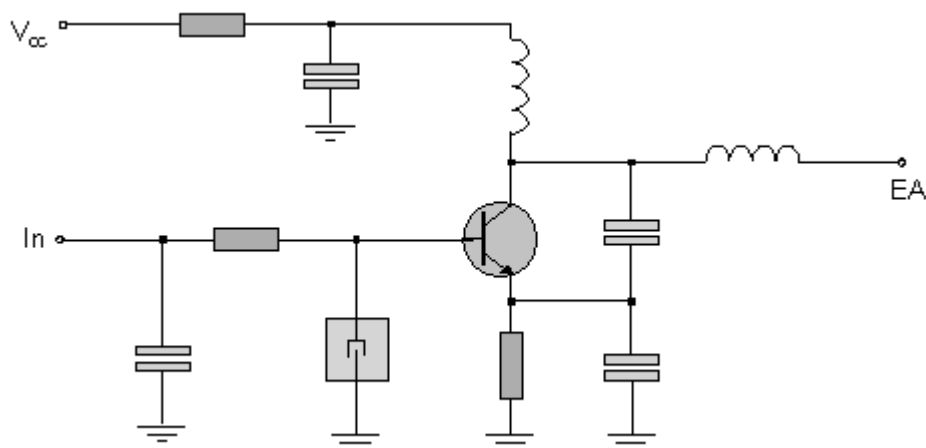
Modul RT4 je schválen ČTÚ (T832).

Tyto moduly se dodávají pro frekvenci 433,92 MHz. V případě zájmu lze uživatelsky definovat pracovní frekvenci (315 Mhz, 418 MHz nebo 433,92 MHz).

Použití

- Bezdrátové bezpečnostní systémy
- Autoalarmy
- Dálkové ovládání bran
- Hlášení ze senzorů

Schéma zapojení



Elektrické vlastnosti

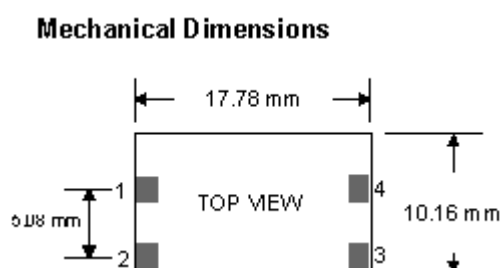
	Vlastnost	Min	Typicky	Max	Jednotky
V _{CC}	Napájecí napětí	2		14	V _{SS}
I _S	Napájecí proud (V _{CC} =5 V, I _N =1 kHz obdélník)		4		mA
f _W	Pracovní frekvence	303,8		433,92	MHz
P ₀	RF výst výkon do 50 Ohm (V _{CC} =12 V)		7	10	dBm
	Potlačení vyzařování harmonických		-30		dBc
V _{IH}	Vstupní napětí pro log. 1	2		V _{CC}	V _{SS}
	Maximální rychlost přenosu dat			4	kHz
T _{OP}	Rozsah pracovních teplot	-25		+80	°C

Poznámka: Typicky, přístroje využívající toto zařízení vyžadují testování elektromagnetických emisí a schválení ČTÚ, za což je zodpovědný výrobce přístroje

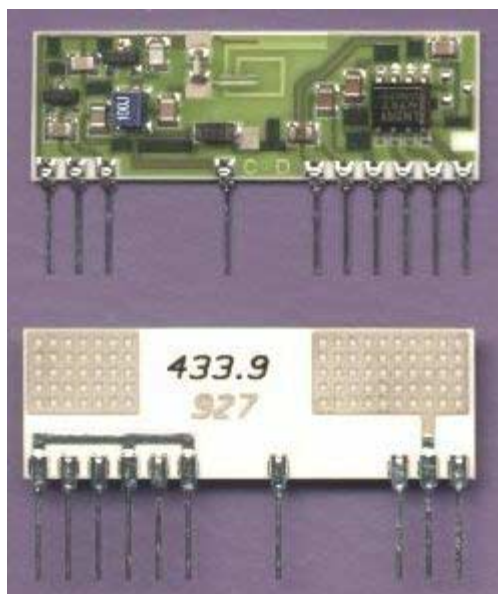
Popis pinů

Pin	Značka	Popis	Pin	Značka	Popis
1	V _{CC}		3	I _N	
2	GND		4	E _A	

Mechanické rozměry



RR3
superreakční přijímač 433,92 MHz



Popis

RR3 je superreakční přijímač. Citlivost obvykle přesahuje -100 dBm ($2,2 \mu$ Vrms) při připojení na 50 Ohmů.

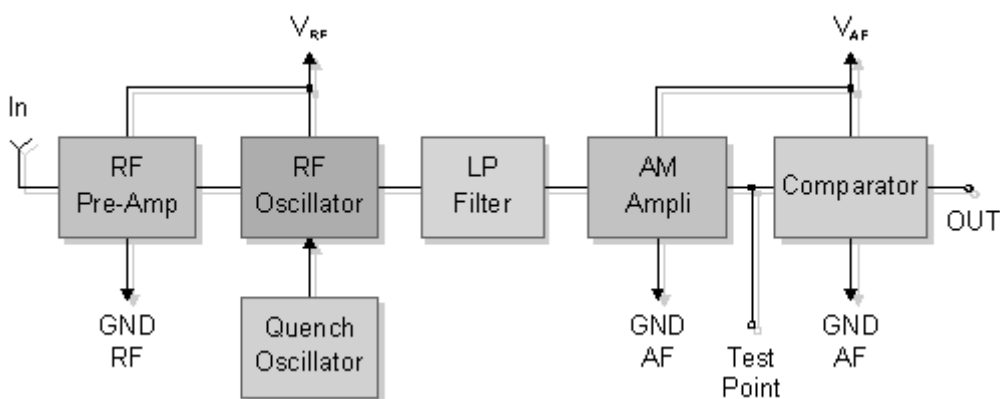
Vyznačuje se vysokou frekvenční stabilitou i v přítomnosti mechanických vibrací, při ruční manipulaci a v širokém rozsahu teplot. Přesnost frekvence je velmi vysoká díky patentovanému laserovému ladícímu procesu.

Modul RR3 je schválen ČTÚ (R783).

Tyto moduly se dodávají pro frekvenci 433,92 MHz. V případě zájmu lze uživatelsky definovat pracovní frekvenci od 200 až do 450 MHz.

(Standardní evropské a americké pracovní frekvence jsou 315 MHz, 418 MHz a 433,92 MHz.)

Blokové schéma



Elektrické vlastnosti

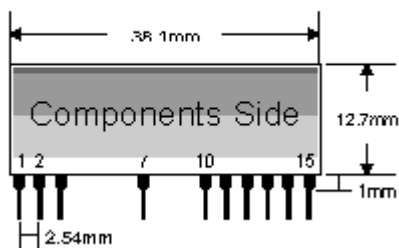
	Vlastnost	Min	Typicky	Max	Jednotky
V_{RF}	RF napájecí napětí	4,5	5	5,5	V_{SS}
V_{AF}	AF napájecí napětí	4,5	5	5,5	V_{SS}
I_S	Napájecí proud		2,5	3	mA
f_W	Pracovní frekvence	200		450	MHz
	Frekvenční zdvih		$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	MHz
B_W	Šířka pásma pro -3 dB		± 2	± 3	MHz
	Maximální rychlost přenosu dat			2	kHz
	RF citlivost (100% AM)	-100	-105		dBm
	Úroveň vyzařovaného spektra		-65	-60	dBm
V_{OL}	Výstupní napětí v log. 0			0,6	V_{SS}
V_{OH}	Výstupní napětí v log. 1	3,6			V_{SS}
T_{OP}	Rozsah pracovních teplot	-25		+80	$^{\circ}C$

Popis pinů

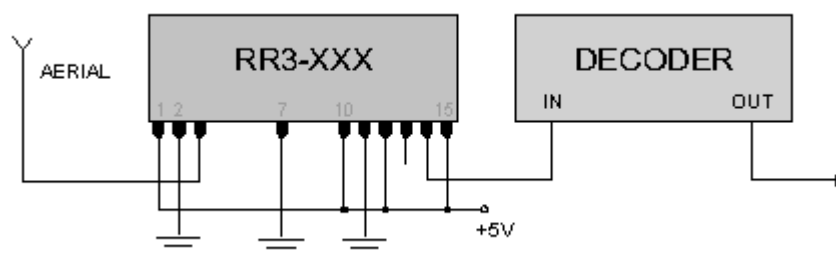
Pin	Značka	Popis	Pin	Značka	Popis
1	RF + V_{CC}		9	NC	
2	RF GND		10	AF + V_{CC}	
3	IN		11	AF GND	
4	NC		12	AF + V_{CC}	
5	NC		13	Testovací bod	
6	NC		14	OUT	
7	RF GND		15	AF + V_{CC}	
8	NC				

Mechanické rozměry

Mechanical Dimensions



Doporučené zapojení



Cena radiových modulů pracujících s FM modulací se pohybuje kolem 600 Kč. Dále uvádím několik konkrétních typů, které dodávají na český trh firmy Enika a Sea.

RRF1-Y

FSK přijímač superhet 433,92 MHz



Popis

RRF1-Y je FSK přijímač superhet se vstupním předzesilovacím filtrem.

Typická citlivost je -90 dBm.

Mezifrekvence: 1 MHz.

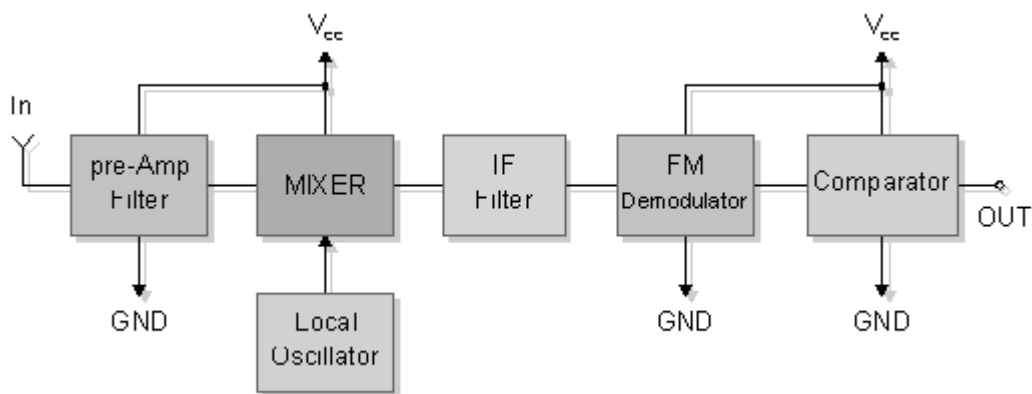
Typická spotřeba je 5,5 mA.

Dosah je až 250 metrů s vysílačem RTF2.

Tyto moduly se dodávají pro frekvenci 433,92 MHz. V případě zájmu lze uživatelsky definovat pracovní frekvenci (315 MHz, 418 MHz nebo 433,92 MHz).

Y: specifikace přenosové rychlosti (A: 2,4Kbps, B: 4,8Kbps, C: 9,6Kbps).

Blokové schéma



Elektrické vlastnosti

	Vlastnost	Min	Typický	Max	Jednotky
V_{CC}	Napájecí napětí	3,5	5	5,5	V_{SS}
I_S	Napájecí proud		5,5	6	mA
	RF citlivost verze A: 2,4 Kbps		-94		dBm
	RF citlivost verze B: 4,8 Kbps		-90		dBm
	RF citlivost verze C: 9,6 Kbps		-87		dBm
	Frekvenční zdvih		± 25		kHz
B_W	Šířka pásma pro -3 dB		± 400		kHz
	Úroveň vyzařovaného spektra		-70	-65	dBm
V_{OL}	Výstupní napětí v log. 0 ($I = -10 \mu A$)			0,6	V_{SS}
V_{OH}	Výstupní napětí v log. 1 ($I = 200 \mu A$)	$V_{CC} - 0,5$			V_{SS}
T_{OP}	Rozsah pracovních teplot	-25		+80	$^{\circ}C$

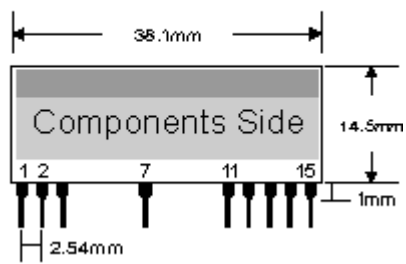
Popis pinů

Pin	Značka	Popis
1	V_{CC}	
2	GND	
3	IN	
4	NC	
5	NC	
6	NC	
7	GND	
8	NC	

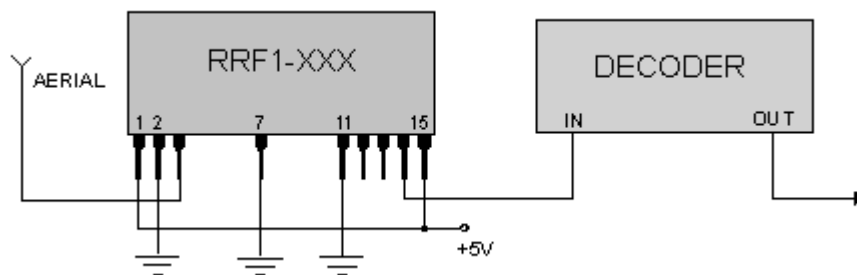
Pin	Značka	Popis
9	NC	
10	NC	
11	GND	
12	NC	
13	NC	
14	OUT	
15	+ V_{CC}	

Mechanické rozměry

Mechanical Dimensions



Doporučené zapojení



RTF3 – FSK

rádiový vysílač 433,92 MHz s externí anténou a SAW rezonátorem



Popis

RTF3 je hybridní obvod, který umožňuje realizovat kompletní FSK rádiový vysílač přidáním kódovacího obvodu.

Vyznačuje se stabilními elektrickými vlastnostmi díky technologii "tlustých vrstev".

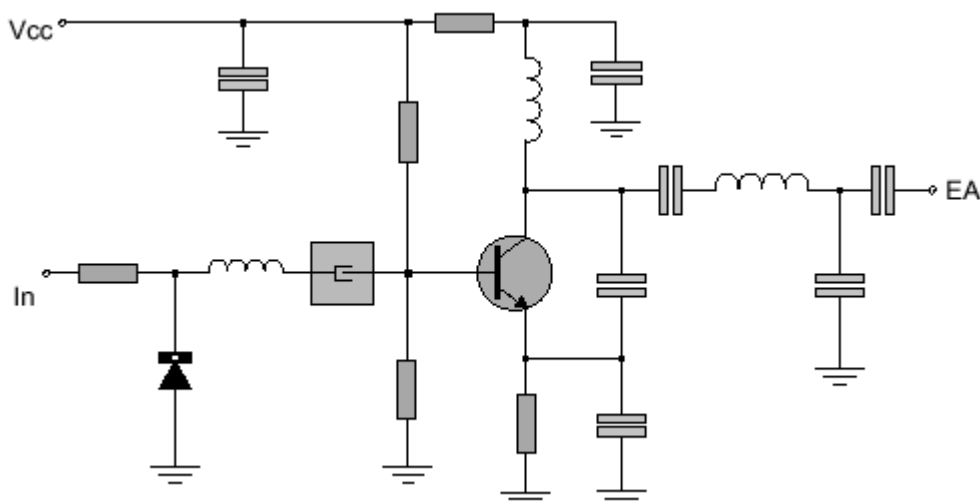
Dosah je až 250 metrů s přijímačem RRF1.

Tyto moduly se dodávají pro frekvenci 433,92 MHz. V případě zájmu lze uživatelsky definovat pracovní frekvenci (315 Mhz, 418 MHz nebo 433,92 MHz).

Použití

- Bezdrátové bezpečnostní systémy
- Autoalarmy
- Dálkové ovládání bran
- Hlášení ze senzorů

Schéma zapojení



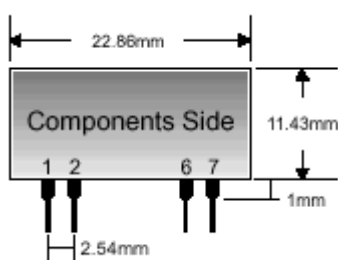
Elektrické vlastnosti

	Vlastnost	Min	Typicky	Max	Jednotky
V _{CC}	Napájecí napětí	2,7		14	V _{SS}
I _S	Napájecí proud		8		mA
	Frekvenční zdvih		±50		kHz
P ₀	RF výst výkon do 50 Ω (V _{CC} =5V)		+7		dBm
	Potlačení vyzařování harmonických		-50		dBc
V _{IH}	Vstupní napětí pro log. 1	2,5		V _{CC}	V _{SS}
	Maximální rychlost přenosu dat			9,6	Kbps
T _{OP}	Rozsah pracovních teplot	-25		+80	°C

Popis pinů

Pin	Značka	Popis	Pin	Značka	Popis
1	EA		5	N/A	
2	IN		6	GND	
3	N/A		7	V _{CC}	
4	N/A				

Mechanické rozměry



4. Závěr

Ve své další práci se chci pokusit navrhnout, sestavit a vyzkoušet funkční vzor uvažovaného přenosového zařízení.