

ISM sávú rádiós eszközök

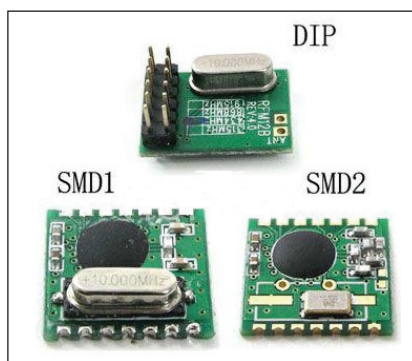
Nagy Sándor okl. villamosmérnök, sx.sandor@gmail.com

A következőkben bemutatjuk a HOPERF cég ISM célú RFM-moduljait. Ezen eszközök alkalmazása, nagy részben, a működési paraméterek beállítására szolgáló mikrokontroller-program megírásából áll. A cikk arra törekszik, hogy a programkészítőnek segítséget nyújtson a rádiós jellegű fogalmak értelmezésében, és abban, hogyan lehet egy adott frekvencián, adott modulációval működő digitális adatátviteli csatornát létrehozni.

ISM-sávoknak (Industrial Scientific Medical) nevezik az ipari, tudományos és orvosi célokra engedélyezett frekvenciasávokat. Ezek a frekvenciasávok engedély nélkül használhatók az **1. táblázatban** összefoglaltaknak betartásával [1]. (A cikkben végig meghagytuk az adatlapokból való angol szövegeket, kifejezéseket, lévén a szakirodalomban mindenütt ilyenekkel találkozik a kedves olvasó. – A szerk.) Először a 433 MHz-es sávot kezdték használni SAW rezonátoros ASK adóval és szuperregeneratív vevővel. Az ASK moduláció nagy frekvenciasávot foglal el, és a szuperregeneratív vevő (működéséből adódóan) az antennán keresztül zavaró spektrumot sugároz. Ezen problémák miatt felmerült az igény komolyabb megoldásokra, de a hagyományos eszközökkel felépített kapcsolások nem voltak versenyképesek.

A félvezetőgyártók idővel kifejlesztették a nagy tömegben, olcsón előállítható, speciálisan erre a feladatra szolgáló integrált áramköröket. Mára az a helyzet állt elő, hogy ezen áramkörök alkalmazása nem is igényel rádiós ismereteket: nagyfrekvenciás oldalon csak az antenna csatlakozás van, viszont egy ilyen eszköz komoly mikroprocesszor perifériaként tekinthető. Ezek működtetése mikrokontrollert igényel, megfelelő szoftverrel.

Évekkel ezelőtt jelent meg az IA4220, IA4320 adó-vevő család, ezek kisméretű, sűrű lábkiosztású integrált áramkörök, melyek ki- és bemenetein még nagyfrekvenciás illesztő áramköröket igényeltek. Ezekkel elkészült egy négycsatornás modell távirányításra szolgáló adó-vevő. A kétol-



1. ábra

dalas, felületszerelt alkatrészek miatt ezen áramkörök amatőr eszközökkel nehezen után építhetők. Újabbán megjelentek HOPERF cég RFM01, RFM02 rádiós moduljai, melyek nagyfrekvenciás vonatkozásban csak az antenna csatlakoztatást igénylik. Programozás tekintetében ezek nagyon hasonlítanak az előzőekben említett IA-sorozatú áramkörökhöz.

A továbbiakban az RFM-modulok részletes ismertetésére kerül sor. Ahogyan fentebb már jeleztük, ezen eszközök alkalmazása, nagy részben, a működési paraméterek beállítására szolgáló mikrokontroller program megírásából áll. Tehát e cikk arra törekszik, hogy a programkészítőnek segítséget nyújtson a rádiós

jellegű fogalmak értelmezésében, és abban, hogyan lehet egy adott frekvencián, adott modulációval működő digitális adatátviteli csatornát létrehozni.

I. Az RFM02 adómodul

Az RFM02 egy 15 × 20 mm-es nyák-lapra szerelt ISM-sávú adómodul (**1. ábra**). A táplálást és a vezérlést nyolc pólusú tükesson keresztül kapja, egy galvanizált furat az antennacsatlakozás. Kapható SM kivitelben is, ebben az esetben a hátsó oldalon nincs alkatrész. Az RFM01 vevőmodullal párosítva egy olcsó adatátviteli rádiókapcsolat alakítható ki.

A modul a 433, a 868 és a 915 MHz-es ISM-sávokra szerelhető be, és teljesíti a sávban előírt követelményeket. A modulon tokozatlan formában lévő „leragasztott” csip egy komplett szintézises FM-adót tartalmaz. Az üzemi frekvencia, a löket és még sok más paraméter programozható, és lehetséges frekvencia hopping üzemmód is. Az RFM02 FSK modulációval 115,2 kbps adatátviteli sebességre is képes.

Az RFM02 angol nyelvű leírása részletesen tárgyalja a modul működését. Jelen cikknek nem lehet célja a teljes ismertetés,

1. táblázat

Frequency Band	ERP	Duty Cycle	Channel Bandwidth	Remarks
433.05 – 434.79 MHz	+10 dBm	<10%	No limits	No audio and voice
433.05 – 434.79 MHz	0 dBm	No limits	No limits	≤– 13 dBm/10 kHz, no audio and voice
433.05 – 434.79 MHz	+10 dBm	No limits	<25 kHz	No audio and voice
868 – 868.6 MHz	+14 dBm	< 1%	No limits	
868.7 – 869.2 MHz	+14 dBm	< 0.1%	No limits	
869.3 – 869.4 MHz	+10 dBm	No limits	< 25 kHz	Appropriate access protocol required
869.4 – 869.65 MHz	+27 dBm	< 10%	< 25 kHz	Channels may be combined to one high speed channel
869.7 - 870 MHz	+7 dBm	No limits	No limits	
2400 – 2483.5 MHz	+7.85 dBm	No limits	No limits	Transmit power limit is 10-dBm EIRP

csupán csak azoknak a fogalmaknak a megvilágítása, melyek a modul beüzemeléséhez szükségesek. Az ezen túlmenő beállítások elvégzéséhez szükséges az angol nyelvű leírás tanulmányozása. Ezért e cikkben az adatlapon lévő angol elnevezéseket is használjuk, de megadjuk a magyar megfelelőjüket.

A modul tömbvázlata

A 2. ábra szerinti tömbvázlaton láthatóak a modulon lévő IC-csip részegységei:

- *Kvarcoszcillátor (Crystal Oscillator)*. A csiphez egy kivezetésen csatlakozik a panelen lévő 10 MHz frekvenciájú kvarc, mely a PLL referencia frekvenciáját biztosítja. A kvarc hangoló kapacitása szintén a csipben van és az értéke programozható. A csip a vezérlő mikroprocesszor számára órajel kimenettel is rendelkezik, amelynek a frekvenciája szintén programozható.

- *PLL frekvencia szintézis (Synthesizer)*. A programozható PLL szintézis a kvarcoszcillátorból állítja elő a pontos működési frekvenciát, mely lehetővé teszi a sávon belül több frekvencia beállítását. Az FSK löket 30 kHz-es lépésekben programozható 210 kHz ig.

- *RF végfokozat (Power Amplifier)*. A csip tartalmazza a progra-

mozható kimenő teljesítményű differenciális open kollektoros kimenetű végfokozatot, és még automatikus antennahangoló áramkörrel is rendelkeznek.

- *Tápfeszültség érzékelő (Low Battery Voltage Detector)*. Az integrált tápfeszültség figyelő áramkör alacsony tápfeszültség esetén megszakítási jelet állít elő a vezérlő mikroprocesszor számára.

- *Időzítő (Wake-Up Timer)*. Az igen kis áramfogyasztással működő integrált időzítő 1 ms-tól egy pár hétig terjedő időtartamokra programozható, 5% pontossággal.

- *Esemény feldolgozó egység (Event Handling)*. Az áramfogyasztás minimalizálása céljából az eszköz támogatja a sleep üzemmódot. Az ebből történő aktív módba váltás történhet a beállított időzítés leteltével, a lecsökkent tápfeszültség miatt, vagy a soros vonalon keresztül. Bármelyik esemény bekövetkeztén az áramkör megszakítást generál, amellyel a sleep módban lévő vezérlő processzor aktivizálható.

- *Vezérlő (Controller)*. A csip programozása három vezetékes SPI buszon keresztül történik. A tömbvázlaton lévő PB1...PB4 portok a modulon nincsenek kivezetve.

Az RFM02 adatlapja részletes tájékoztatást ad a műszaki adatokról, melyekre most nem térünk ki. Csak a legfontosabbak:

Tápfeszültség-tartomány:

2,5...5,5 V

Áramfelvétel: 15 mA (beállításfüggő)

A modul csatlakozó-kiosztása:

A 3. ábra mutatja az RFM02 adómodul SMD, ill. a DIP csatlakozó-kiosztását:

FSK – a moduláló adatnégyesjel bemenet.

CLK – órajelkimenet a processzor számára.

nIRQ – interrupt kérés kimenet.
SDI, SCK, nSEL – SPI-busz bemenetek.

VDD – pozitív tápfeszültség.

VSS – GND

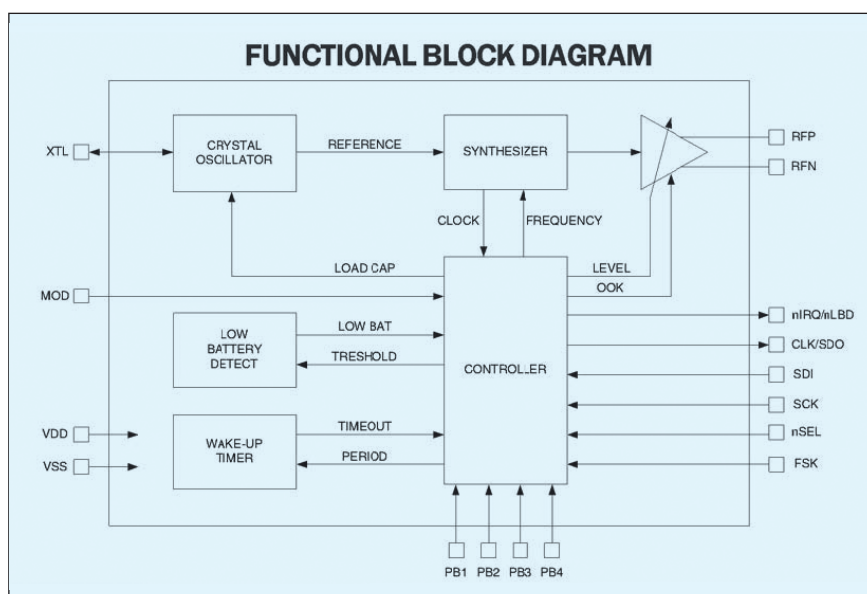
Figyelem! A rajz felülnézet, a tűskék lefelé állnak!

Modulvezérlő parancsok

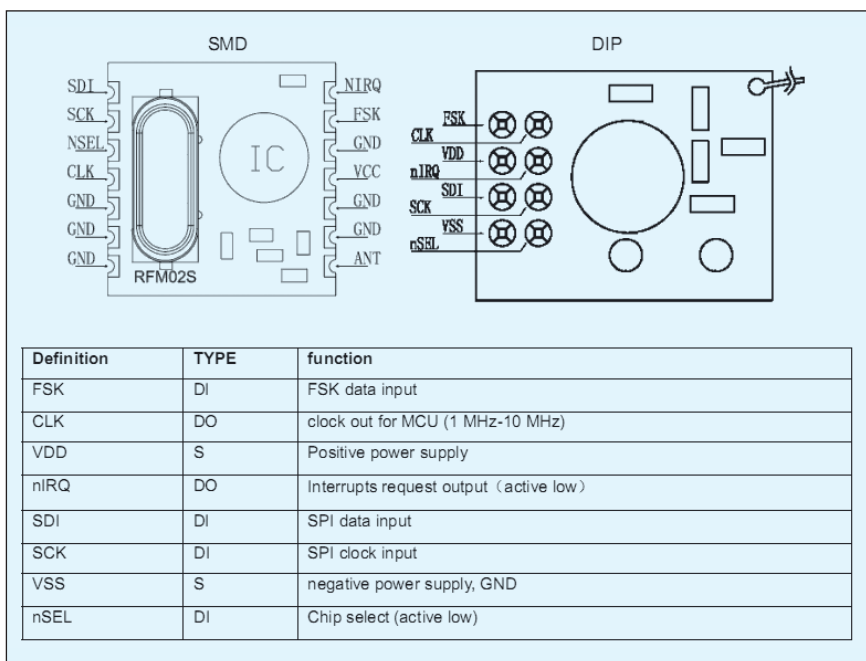
Az SPI-buszon történő adatbevitel idődiagramja szerint (ld. 4. ábra) az nSEL „0” szintre állítása után az SCK órajellel ütemezve történik az SDI bemeneten a parancskódok beléptetése. Úgy, hogy a legmagasabb helyiértékű bit az első.

Az RFM02 adómodul működési módjának beállítása a 2. táblázat szerinti parancsok SPI-buszon történő beírásával történik.

A parancsok részletes leírásában az angol nyelvű elnevezéseket is közreadtuk, az adatlapon történő jobb azonosíthatóság miatt. A parancsok elején levő bitek azonosításra szolgálnak. A parancsok végén a POR mezőben az aktuális regiszter bekapcsolás utáni, kezdeti értékei vannak. Egyes parancsokban, ahol egy képlettel lehet kiszámítani valamely értéket, ott ez nagybetűvel van jelölve. A kiszámított értéket bináris alakban kell a parancs kis betűkkel jelzett pozícióiba beírni. Az adat kiadás két módszerrel történhet. Az első esetben az FSK bemenetre adott digitális jel modulálja a vivőfrekvenciát. A második esetben a kiküldendő adatsort, az egyébként programozásra szolgáló SDI bemeneten kell a modulba juttatni, és az adatsebesség a



2. ábra



3. ábra

„Data Rate” parancsban meghatározott érték.

1. Configuration Setting Command (5. ábra)

Ezen parancs b0, b1 bitjeivel a működési frekvenciasávot lehet kiválasztani. Az x0...x3 bitekkel a 10 MHz-es kvarccal a csipben párhuzamosan kapcsolható kondenzátorok értékeit lehet állítani, amivel a szintézer kimenő-frekvenciája kis mértékben finomhangolható. A d0...d2 bitekkel a CLK kimeneten megjelenő négszögjel frekvenciája választható. Az m0 ... m2 bitekkel a vi-vót moduláló frekvencialöket választható ki. Az ms a moduláló jelet invertálja.

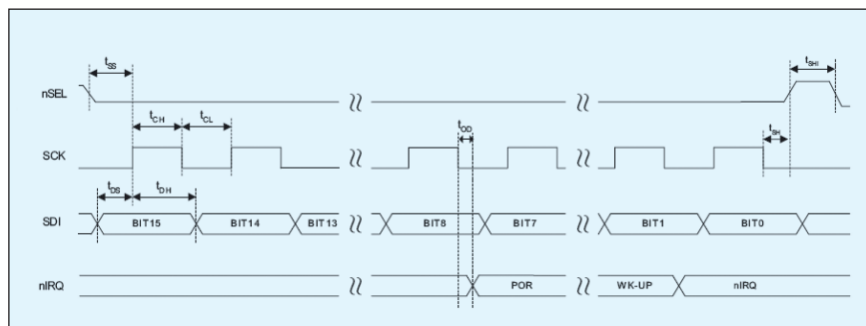
2. Power Management Command (5. ábra)

Ezzel a paranccsal a csip belső részegységeinek működését lehet engedélyezni vagy letiltani. „1” engedélyezés, „0” tiltás. Az a1 a Data transmit parancs kiadásakor engedélyezi a kvarcoszcillátor és a szintézer működését, és letiltja azokat a Sleep parancs kiadásakor. Az a0 a Data transmit parancs kiadásakor engedélyezi az RF végfokozat működését, és letiltja azt a Sleep

parancs kiadásakor. Az ex engedélyezi vagy letiltja a kvarcoszcillátor működését. Az es engedélyezi vagy letiltja a szintézer működését. Az ea engedélyezi vagy letiltja az RF végfokozat műkö-

2. táblázat

	Control Command	Related Parameters/Functions
1	Configuration Setting Command	Frequency band, microcontroller clock output, crystal load capacitance, frequency deviation
2	Power Management Command	Crystal oscillator, synthesizer, power amplifier, low battery detector, wake-up timer, clock output buffer
3	Frequency Setting Command	Carrier frequency
4	Data Rate Command	Bit rate
5	Power Setting Command	Nominal output power, OOK mode
6	Low Battery Detector Command	Low battery threshold limit
7	Sleep Command	Length of the clock tail after power down
8	Wake-Up Timer Command	Wake-up time period
9	Data Transmit Command	Data transmission
10	Status Register Command	Transmitter status read
11	PLL Setting Command	PLL bandwidth can be modified by this command



4. ábra

dését. Az eb engedélyezi vagy letiltja az alacsony tápfeszültség érzékelő áramkör működését. Az et engedélyezi vagy letiltja az időzítő működését. A dc engedélyezi vagy letiltja a CLK órajel kimenetet.

3. Frequency Setting Command (5. ábra)

Az f0...f11 bitekkel lehet az adó „Fc” frekvenciáját beállítani. Az aktuális működési frekvenciát, a konfigurációs parancsban beállított frekvenciasávokban, az alábbi összefüggések írják le:

$$433 \text{ MHz-es sáv } F_c = 430 + F \cdot 0,0025 \text{ MHz}$$

$$868 \text{ MHz-es sáv } F_c = 860 + F \cdot 0,0025 \text{ MHz}$$

$$915 \text{ MHz-es sáv } F_c = 900 + F \cdot 0,0025 \text{ MHz}$$

4. Data Rate Command (5. ábra)

A kimenő adatsebességet beállító parancs.

$$BR = 10\,000\,000 / 29 / (R + 1)$$