



Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija
Sveučilište u Zagrebu

Komunikacija putem 433 MHz signala



- Δ Namijenjen studentima elektrotehnike
- Δ Potrebno znanje digitalne logike i programiranja u jeziku C
- Δ Opisuje izvedbu modula za RF komunikaciju

Sažetak

Ovaj rad bavi se realizacijom jednostavnih modula za komunikaciju putem 433 MHz signala. Takva komunikacija predstavlja poboljšanje u odnosu na uobičajeniju IR komunikaciju u vidu većeg dometa i neosjetljivosti na fizičke prepreke. Nedostatak takve komunikacije je teška realizacija „univerzalnog“ sklopovlja koje bi moglo komunicirati sa svim generičkim RF sustavima.

U radu je opisana realizacija jednosmjerne serijske (jednobitne) veze koja na udaljenost od nekoliko desetaka metara prenosi bajt po bajt podataka. Takva komunikacijska veza koristit će se za prijenos podataka između dva fizički odvojena sustava za automatizaciju unutar obiteljske kuće.

Sadržaj

1. UVOD	3
2. ZAHTJEVI	4
3. KOMPONENTE SUSTAVA	5
3.1. Mikrokontroler AtTiny13	5
3.2. RF modul za odašiljanje MO-SAWR-AS434M	6
3.3. RF modul za prijam MO-RX3400-A434M	6
4. PROGRAMSKA PODRŠKA MIKROKONTROLERA	8
4.1. Firmware na odašiljačkoj strani	8
4.2. Firmware na prijamoj strani	10
5. ZAKLJUČAK	12
6. LITERATURA	13
7. POJMOVNIK	14

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

1. Uvod

Ovaj rad nastao je kao dio projekta „Pametna kuća“, u sklopu predmeta Sustavi za praćenje i vođenje procesa. Cilj projekta je osmisliti i realizirati razne podsustave za regulaciju i nadzor resursa jedne tipične kuće (regulacija rasvjete, automatska klimatizacija i slično), te ih integrirati u jedinstveni sustav.

Jedan od takvih podsustava, kojime se bavi ovaj rad, je prijenos podataka putem 433 MHz signala. Takav prijenos koristan je u slučajevima kada se jeftiniji i jednostavniji IR prijenos ne može upotrijebiti zbog udaljenosti ili fizičkih prepreka. U ovom projektu 433 MHz signal koristit će se za prijenos informacija o stanju vrata za kućne ljubimce te o njihovoj prisutnosti u blizini spomenutih vrata. Te informacije prenosit će se na sustav za hranjenje koji je ujedno i srce sustava za brigu o kućnim ljubimcima.

Prema tome potrebno je realizirati jednosmjernu podatkovnu vezu u obliku jednog modula za odašiljanje i jednog za prijam. Pošto je pojas frekvencija oko 433 MHz nelicenciran, za očekivati je da će isti biti pun smetnji i neželjenih signala. Zbog toga je potrebno osmisliti način kodiranja i zaštite informacija koji će smanjiti pojavu grešaka.

Ukoliko se zadana funkcionalnost ne ostvari, komunikacija između dvaju prije spomenutih sustava morat će se ostvariti pomoću IR signala čime će im se uvelike smanjiti mogućnost odabira pozicije unutar kuće (manja udaljenost i nužna optička vidljivost).

2. Zahtjevi

Zahtjevi postavljeni na module za komunikaciju putem 433 MHz signala su slijedeći:

- Komunikacija u jednom smjeru, od vrata prema hranilici
- Prenošnje informacije o prisutnosti kućnog ljubimca (1 bit)
- Prenošnje informacije o izlasku kućnog ljubimca iz kuće (1 bit)
- Prenošnje informacije o ulasku kućnog ljubimca u kuću (1 bit)

Navedene informacije sustav za komunikaciju putem 433 MHz signala primat će od drugih podsustava putem tri TTL linije.

Pošto su sustavi za RF komunikaciju dosta osjetljivi na smetnje koje dolaze iz napajanja, najlakše ih je napajati zasebnim baterijskim napajanjem. Kod odašiljača baterijsko napajanje donosi još jednu prednost – odašiljač napajan baterijski može se smjestiti bilo gdje, neovisno o tome postoji li raspoloživi izvor napajanja u blizini ili ne.

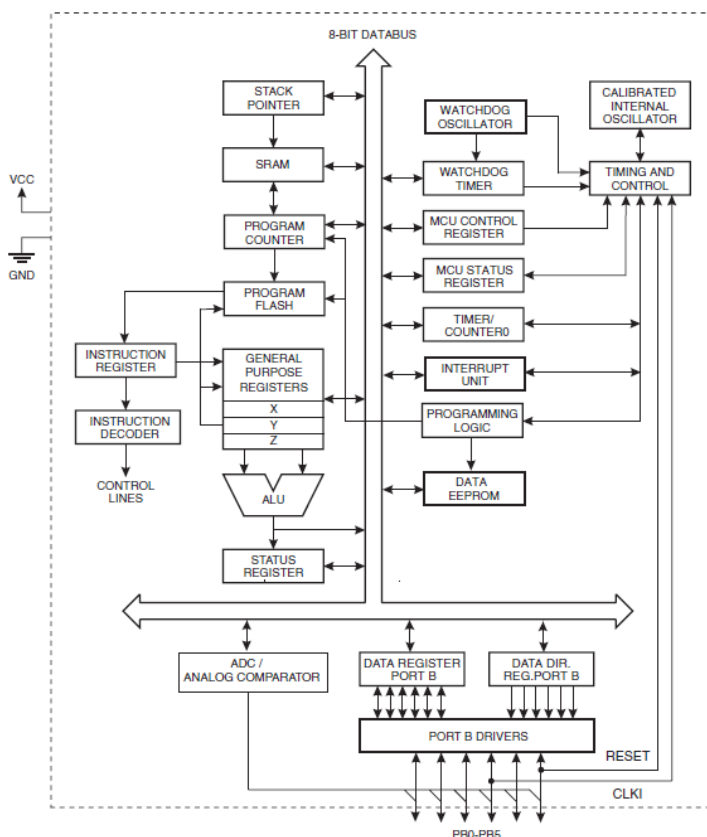
3. Komponente sustava

Sustav se sastoji od odašiljača i prijamnika. Svaki od tih sklopova sastoji se od mikrokontrolera i RF modula koji biti detaljnije opisani u ovom poglavlju.

3.1. Mikrokontroler AtTiny13

Radi se o 8-pinskom mikrokontroleru AVR arhitekture, proizvođača Atmel Corporation. Mikrokontroler radi na taktu 4.8 MHz generiranom pomoću internog RC oscilatora. Tolerancija frekvencije takvog oscilatora je čak do 5%, no to će biti dovoljno pošto se radi o dosta sporoj komunikaciji (svega tri bita koji se ne mijenjaju više od jedanput svakih nekoliko sekundi).

Mikrokontroler raspolaže s četiri digitalne linije opće namjene (+ još jedna ukoliko se odrekne vanjskog reseta), što zadovoljava zahtjeve. Struktura cijelog mikrokontrolera prikazana je na slici 1.

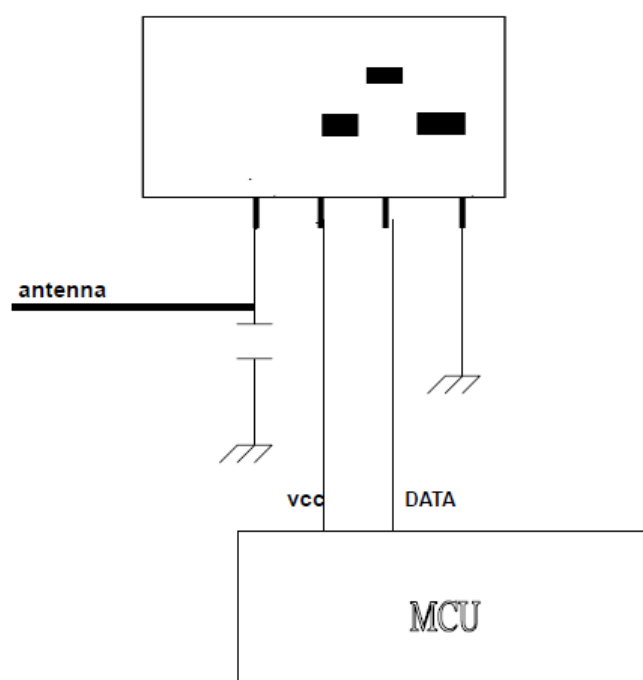


Slika 1. – Blok shema mikrokontrolera AtTiny13 [1]

3.2. RF modul za odašiljanje MO-SAWR-AS434M

Modul koristi ASK modulaciju sa nosiocem na frekvenciji 434 MHz. Ulaz u modul je jedna TTL linija na koju se dovodi digitalni modulacijski signal.

Modul se napaja istosmjernim naponom od 3V do 12V. S porastom napona napajanja raste izlazna snaga i domet. Maksimalni domet sa 9V napajanjem (korišteno napajanje) je 100 m bez prepreka. Način spajanja modula na mikrokontroler prikazan je na slici 2.

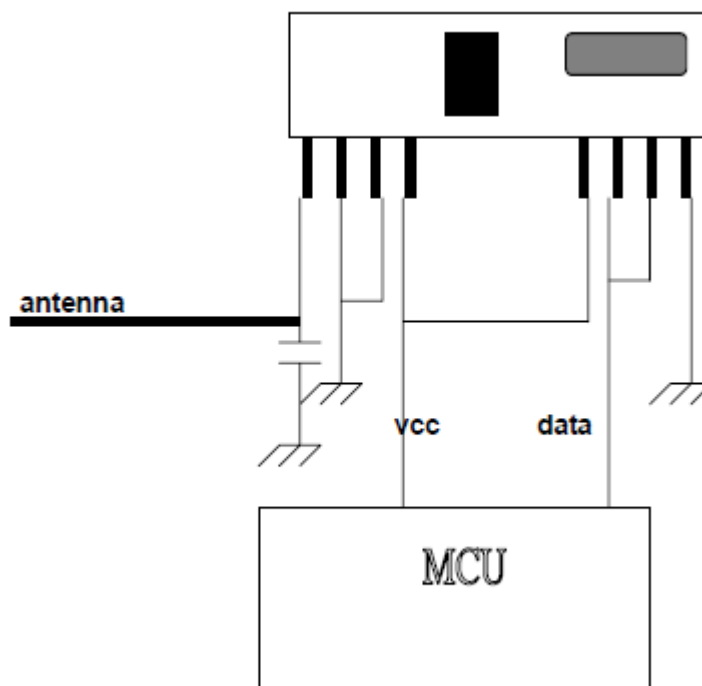


Slika 2. – Spajanje RF odašiljačkog modula na mikrokontroler [2]

3.3. RF modul za prijam MO-RX3400-A434M

Modul je zapravo ASK demodulator sa nosiocem na 434 MHz. Modul ima jedan digitalni TTL izlaz koji prati stanje TTL ulaza na modulu za odašiljanje. Sa strane korisnika ovakvih RF modula može se reći da se ulaz odašiljača i izlaz prijmnika ponašaju kao da su u direktnoj električkoj vezi (naravno, samo u smislu prenesenog podatka, a ne i električkih karakteristika).

Modul se napaja istosmjernim naponom iznosa 4.5-5.5V i ostvaruje osjetljivost na ulazu od -105 dBm. Način spajanja modula s mikrokontrolerom dan je na slici 3.



Slika 3. Spajanje RF prijamnog modula na mikrokontroler [3]

4. Programska podrška mikrokontrolera

U sustavu postoje dva mikrokontrolera (po jedan uz svaki RF modul) koji se razlikuju po željenoj funkcionalnosti, pa je za svaki od njih izrađen posebni *firmware*.

4.1. Firmware na odašiljačkoj strani

Zadaci *firmwarea* na odašiljačkoj strani su sljedeći:

- Osluškivati tri digitalne linije
- Izvršiti *debouncing* ulaznih signala
- Dodati redundantne zaštitne bitove na tri bita informacije
- Kodirati informaciju na razini bita radi pouzdanijeg prijenosa

Prve tri točke izvode se u glavnoj beskonačnoj petlji. Ulazne linije uzorkuju se svakih 50 ms nakon čega se tijekom narednih 50 ms provjerava stabilnost njihovih vrijednosti (*debouncing*). Nakon toga tri bita informacije pakiraju se u jedan bajt na način opisan na slici 4. Bitno je uočiti da su donja četiri bita uvijek komplement gornjih četiriju bitova. Ta činjenica koristit će se na prijamnoj strani kod provjere ispravnosti.

Bit7 „1“	Bit6 /I2	Bit5 /I1	Bit4 /I0	Bit3 „0“	Bit2 I2	Bit1 I1	Bit0 I0
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	------------

I0..I2 – bitovi informacije
„/“ označava komplement

Slika 4. – Bajt koji se prenosi sa odašiljača na prijamnik

Navedena funkcionalnost ostvarena je sljedećim programskim kodom:

```
while (1)
{
    delay_ms(50);

    //Debounce
    macka_temp = MACKA;
    vrata1_temp = VRATA1;
    vrata2_temp = VRATA2;

    for (i=0; i<5;i++)
    {
        delay_ms(10);
        if(MACKA != macka_temp) break;
        if(VRATA1 != vrata1_temp) break;
        if(VRATA2 != vrata2_temp) break;
    }

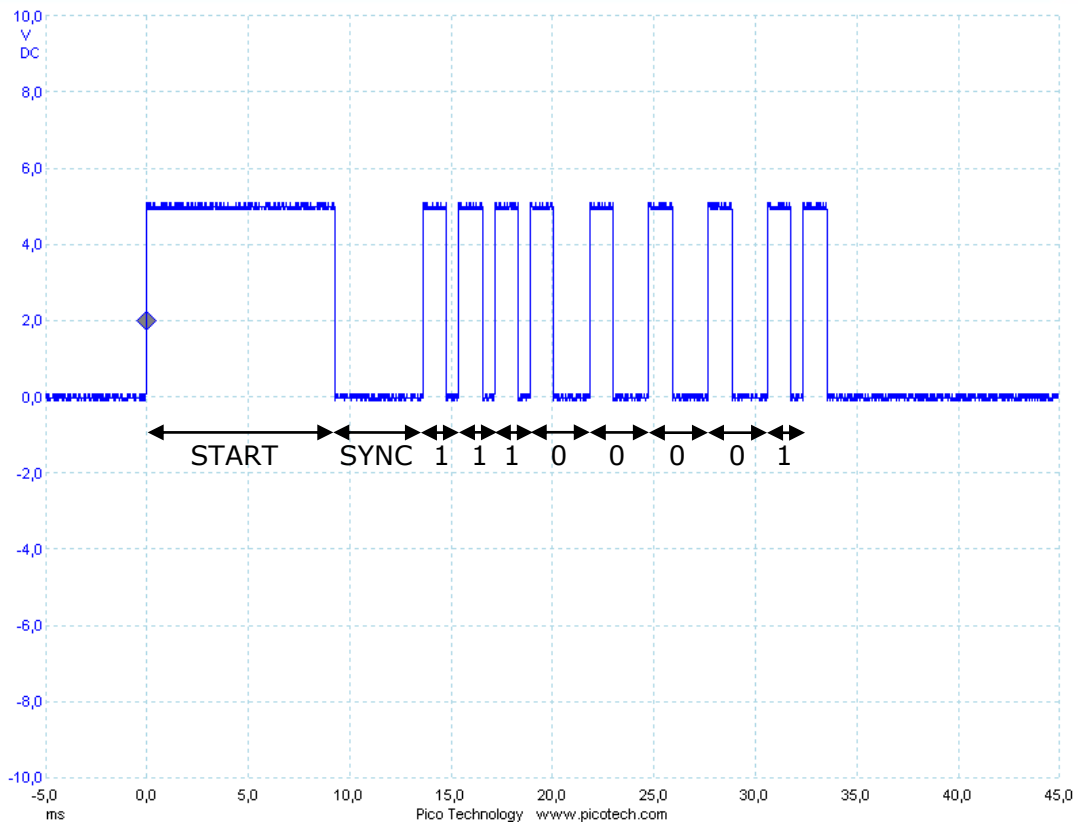
    if (i>=4)
    {
        status = 0;
        status |= (MACKA<<2) | (VRATA1<<1) | (VRATA2<<0);
        status &= 0x0F;
        status |= (~(status << 4)) & 0xF0;
        Send_Byte(status);
    }
}
```

Samo slanje opisanog bajta vrši se serijski, bit po bit (pošto raspoložemo sa 1-bitnim kanalom između odašiljača i prijamnika). Slanje obavlja jedna funkcija koja kao argument prima bajt koji se šalje. Kod funkcije prilično je izravan, jednostavan i dobro opisan u sljedećem odlomku, pa ga nema potrebe ovdje navoditi.

Da bi opisali način kodiranja pojedinog bita, uvedimo najprije oznaku „T” za osnovni kvant vremena. Sada je sastav jednog bita sljedeći:

- Prvi dio je visoko stanje trajanja 2T
- Drugi dio je nisko stanje čije trajanje ovisi o bitu koji se prenosi
 - Ako je bit logička nula trajanje niskog stanja je 3T
 - Ako je bit logička jedinica trajanje niskog stanja je 1T

Da bi se prijamnik mogao sinkronizirati s odašiljačem, na početak prijenosa dodana još dva stanja. Prvo stanje je visoko stanje u trajanju od 9 ms nazvano „START”. Nakon toga slijedi nisko stanje u trajanju 4.5 ms nazvano „SYNC”. Slika 5. prikazuje oscilogram prijenosa jednog bajta.



Slika 5. – Valni oblik pri prijenosu jednog bajta

Na slici je, između ostalog, moguće primijetiti visoko stanje u trajanju 2T koje se dodaje na sam kraj prijenosa da bi se kod zadnjeg bita mogla razlikovati logička nula od jedinice.

4.2. Firmware na prijamoj strani

Firmware na prijamoj strani mora primljeni bajt dekodirati, iz njega izvući informacije i postaviti tri izlazne digitalne linije u odgovarajuće stanje. Prijam se odvija unutar glavne beskonačne petlje koja čeka na START stanje. Nakon START stanja prijamnik se sinkronizira tijekom SYNC stanja. Poslije toga čita se 8 bitova kodiranih na prije opisani način. To se izvodi na slijedeći način:

- Čeka se padajući brid unutar bita
- Čeka se oko 1,5 T
- Nakon toga može doći do dvije situacije:
 - Ulaz u visokom stanju, što znači da je već započeo idući bit. Prema tome nisko stanje promatranog bita trajalo je 1T ⇒ promatrani bit je 1
 - Ulaz u niskom stanju, što znači da bit još traje tj. nisko stanje je dugo 3T ⇒ promatrani bit je 0

Opisani postupak ponavlja se 8 puta, dok se ne pročitaju svi bitovi. Nakon toga vrši se provjera primljenog bajta (gornja polovica mora biti komplement donje polovice) i, ukoliko je bajt ispravan, podaci se prosljeđuju na digitalne izlaze. Opisanu funkcionalnost realizira sljedeći kod (samo prijenos, bez dijelova sinkronizacije i provjere koji bi zauzeli previše prostora):

```
data = 0;
for(bit_count=0; bit_count<8; bit_count++)      //prijenos
{
    while (!falling_edge);
    rising_edge = falling_edge = 0;

    delay_us(800);

    if (rising_edge)          //ako je 800us nakon pocetka bita
    {
        data = data << 1; //ulaz u visokom stanju, vec je zapoceo
        data += 1;        //iduci bit pa da je promatrani bit 1
        continue;
    }

    if (!rising_edge)        //ako je 800us nakon pocetka bita
    {
        data = data << 1; //ulaz u niskom stanju, bit jos traje
        data += 0;        //pa je jednak 0
        while (!rising_edge);
    }
}
```

Važno je napomenuti da varijable „rising_edge“ i „falling_edge“ sadrže jedan bit koji govori kakav je bio prethodni brid na ulaznom signalu. Njihova vrijednost postavlja se u prekidnoj funkciji koja se poziva pri svakoj promjeni stanja izlaza prijarnika. U svakom trenu samo jedna od njih može biti u jedinici. Primjerice „rising_edge“ u jedinici znači da je prethodni brid signala s prijarnika bio rastući.

```
interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    bit input_temp;
    input_temp = RX;
    for (i = 0; i < 40; i++)
    {
        #asm("nop");
    }

    if (RX == input_temp)
    {
        if (RX == 0)
        {
            rising_edge = 0;
            falling_edge = 1;
        }
        else
        {
            falling_edge = 0;
            rising_edge = 1;
        }
    }
}
```

5. Zaključak

U radu je opisan jednostavan način ostvarivanja RF komunikacije za prijenos male količine podataka. Takav prijenos dobro se može iskoristiti za sustave automatizacije unutar jedne tipične kuće. Prednost takvog načina komunikacije u odnosu na IR komunikaciju je veći domet i neosjetljivost na fizičke prepreke.

U planu je, osim ostvarenog, bila i mogućnost primanja i slanja komandi prema ostalim generičkim sustavima koji koriste RF komunikaciju (razni daljinski upravljači, garažna vrata i sl.). Takvu funkcionalnost lako je ostvariti kod IR prijenosa, no kod RF prijenosa postoji problem. Problem je u tome što različiti uređaji koriste različite frekvencije nosioca, različite modulacije (ASK, FSK, GFSK...), različite načine kodiranja na nivou bita i različite okvire za prijenos podataka. Kod IR prijenosa je situacija dosta jednostavnija: koristi se nosilac na 38 kHz i svega tri, četiri načina kodiranja koji su dosta slični. Zbog toga bi univerzalni primopredajnik za RF signal morao imati više različitih modulatora/demodulatora što bi uvelike otežalo projektiranje takvog sklopa (međusobna ometanja različitih odašiljača i sl.)

Moguće poboljšanje sustava je ostvarivanje dvosmjerne veze korištenjem drugačijeg sklopovlja, poput nRF9E9 (ovdje korišteni moduli nemaju tu mogućnost).

6.Literatura

- [1] ATtiny13 Datasheet, 2005.
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2535.pdf (2009-5-23)
- [2] Saw resonator transmitter module datasheet, 2004.
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/General/MO-SAWR.pdf> (2009-5-23)
- [3] ASK receiver module datasheet, 2004.
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/General/MO-RX3400.pdf>
(2009-5-23)

7. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
RF	Engl. <i>Radio Frequency</i> – koristi se kao oznaka za sustave koji komuniciraju pomoću signala u području radijskih frekvencija	http://en.wikipedia.org/wiki/Radio_frequency
IR	Engl. <i>Infra Red</i> – koristi se kao oznaka za sustave koji komuniciraju putem infracrvene svjetlosti	http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared
<i>Firmware</i>	Označava programsku podršku mikrokontrolera	http://en.wikipedia.org/wiki/Firmware
TTL	Engl. <i>Transistor-Transistor Logic</i> – jedan od naponskih standarda za digitalne sklopove	http://en.wikipedia.org/wiki/Transistor-transistor_logic
<i>Debouncing</i>	Postupak filtriranja neželjenih brzih promjena na signalu, najčešće uslijed titranja mehaničkih kontakata	http://www.ganssle.com/debouncing.pdf
ASK	Engl. <i>Amplitude Shift Keying</i> – vrsta diskretne amplitudne modulacije	http://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude-shift_keying
FSK	Engl. <i>Frequency Shift Keying</i> – vrsta diskretne frekvencijske modulacije	http://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying
GFSK	Engl. <i>Gaussian Frequency Shift Keying</i> – podvrsta FSK modulacije kod koje se digitalni signal prije modulacije propušta kroz Gaussov filter radi manje širine pojasa moduliranog signala	http://en.wikipedia.org/wiki/GFSK