

DOI: 10.18372/2310-5461.48.15127

UDC 621

A. Moshenskyi, PhD., Associate professor,
National University of Food Technologies
orcid.org/0000-0002-4584-4958
e-mail: ut5uuv@yandex.ua

PRIVATE RESCUE ECHO BEACON WITH FSK RADIOMODULE

Introduction

Rescue personnel work in high-risk environments. As a result of injuries, the problem of evacuating the lifeguard from the facility may arise. GPS navigation is not available in restricted areas, for example, in rooms, basements. Rational use of radio responders for direction finding of the object. A radio direct finding complex is not always convenient and can be quickly deployed, for example, in a basement in case of fire.

Problem Statement

It is more convenient to use the blind bearing method with existing VHF radio stations. Professional radio stations usually do not have an indicator of signal strength, and have limited controls such as volume, channel selection, and PTT.

It is necessary to create a reliable echo beacon [1], adapted to work with the specified equipment. An audio echo transponder is irrational as a prefix to a radio station, all the more so the victim's radio station with a standard power of 5 watts is convenient for searching from air at distances of tens to hundreds of kilometers [2], but not in a small room [3].

Analysis of recent research and publications

In paper [4] proposes to combine IMU and radio measurements (i.e., peer-to-peer Wifi received signal strength and peer-to-peer UWB ranging) for the positioning of a group of mobile users in emergency response, where no fixed anchors and no infrastructure are available. We incorporate the IMU and radio measurements into the particle filtering, which has the capability to cooperatively position a group of mobile users and recover from any potential tracking failures. By fusing the long-range Wifi RSS and short-range UWB ranging measurements, we can take the advantages of both sensors and achieve an accurate and robust positioning system.

Work [5] describes a real industrial problem (location and tracking of forklift trucks) that requires precise internal positioning and presents a study on the feasibility of meeting this challenge using UWB technology. To this end, a simulator of this technol-

ogy was created based on UWB measurements from a set of real sensors. This simulator was used together with a location algorithm and a physical model of the forklift to obtain estimations of position in different scenarios with different obstacles. Together with the simulated UWB sensor, an additional inertial sensor and optical sensor were modeled in order to test its effect on supporting the location based on UWB. All the software created for this work is published under an open-source license and is publicly available.

In article [6] author describes the way how to implement IEEE802.15.4a physical layer and medium access layer. The system uses time difference of arrivals technique to estimate the position of the mobile device. System can reach an accuracy of ± 20 cm in line of sight measurement and ± 50 cm for non-line of sight measurement. But the localization that is achieved has an accuracy is up to ± 1.1 m, we believe this can be improved by having all device to be synchronized effectively.

Research goals and objectives

Proposed simple beacon (equipment) for indoor search and object location man-assisted and ugly UHF(VHF) handy transceivers based

Results and discussion

It is proposed to use a carrier transponder at a given frequency based on SI44XX with stepwise adjustable power and synchronously changing audio filling tone in FSK or GFSK mode.

Transceivers SI4432, SI4463, CC1101 [7–9] can be used for this reason. RF power 100-10 mW is enough. All of them can work in FSK GFSK and ASK modes. Widest frequency range have SI4463 and it cover main bands 136-174 MHz and 400-470(512) MHz.

On SI4463 manufacturers sail wonderful module HC-12, that consists of transceiver, MCU STM8S003 and power supply. HC-11 uses CC1101 transceiver with the same addons [10; 11].

Transceivers CC11xx and SI44xx have the almost same block diagrams with little differences, for example on Fig 1. You can see CC1101 block diagram from the TI manufacturer datasheet.

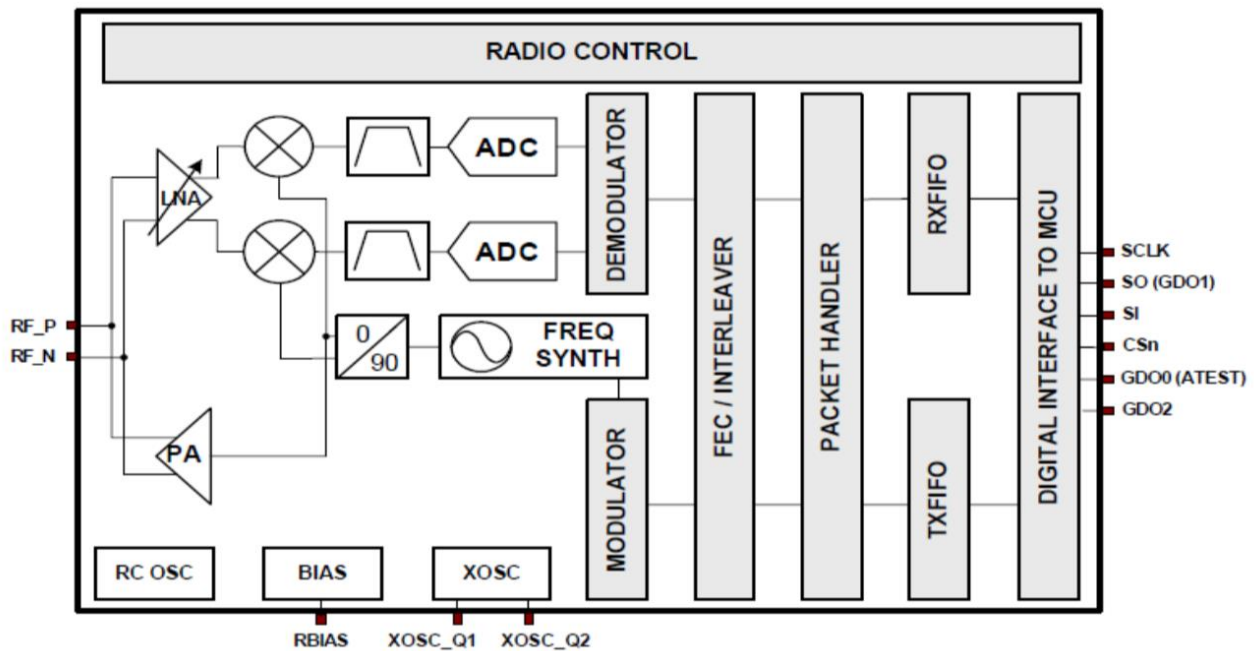


Fig. 1. CC1101 block diagram

MCU is the bridge from SPI to control radio to UART for the communications. On the back side of PCB two pads are programming interface SWD. You can reflash STM8 on Youf firmware and change module usage. You will need ST-Link programmer with the soft like ST-Loader, ST-Link and IDE like STM IAR for STM8 cores. Libraries need is perepherial, timers, GPIO, SPI and sleep.

Module HC-12 block diagram is on the Fig. 2. Antenna connected to the radio thru LPF on 500 MHz with $Z = 50 \text{ Ohm}$.

You can see that Receive-Transmit SPDT switch is controlled by the STM8 GPIOs. SI4463 controlled via hardware SPI of the MCU. GPIO links to CS pin of radio for usage sleep mode.

External pins of MCU are used for USART and mode SET function. Remember, You also have also two pads of SWD, so we have 5 pins for communications with external hardware. They easy can be

changed for Your reasons without any soldering (Fig. 3).

The radio module is controlled via the SPI bus; to generate a tone, one of the GPIOs is configured as a binary data input in FSK mode. To implement the response, the module monitors the change of the RSSI and, if it available, switches to the transmission mode. To control the radio module, a simple 8-bit controller with 8 (6) pins and SPI support is enough.

For understanding the process and firmware, let's build one device on AVR 8 bit MCU. We can use atmega328 with fith bootloader that uses USART for flashing. You can buy any "arduino" board for that. Language in example is Wiring. On this language perepherial ant clock inicialisation looks much friendly. We will need only one library, RF22 for exchange with radio. If You wish, you can use only SPI read/write to registers (Fig. 4).

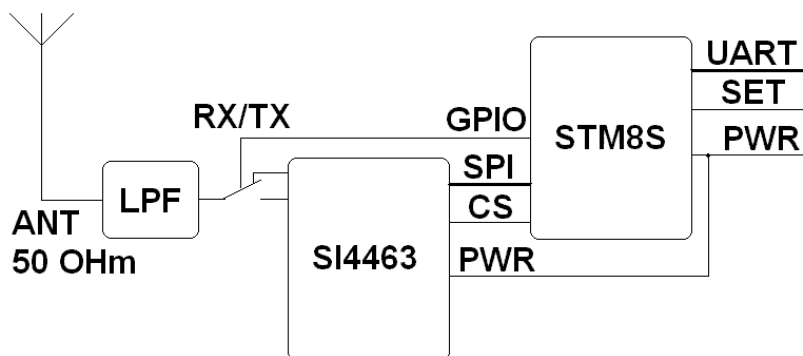


Fig. 2. HC-12 module schematics SI4463 controlled by STM8S003 MCU

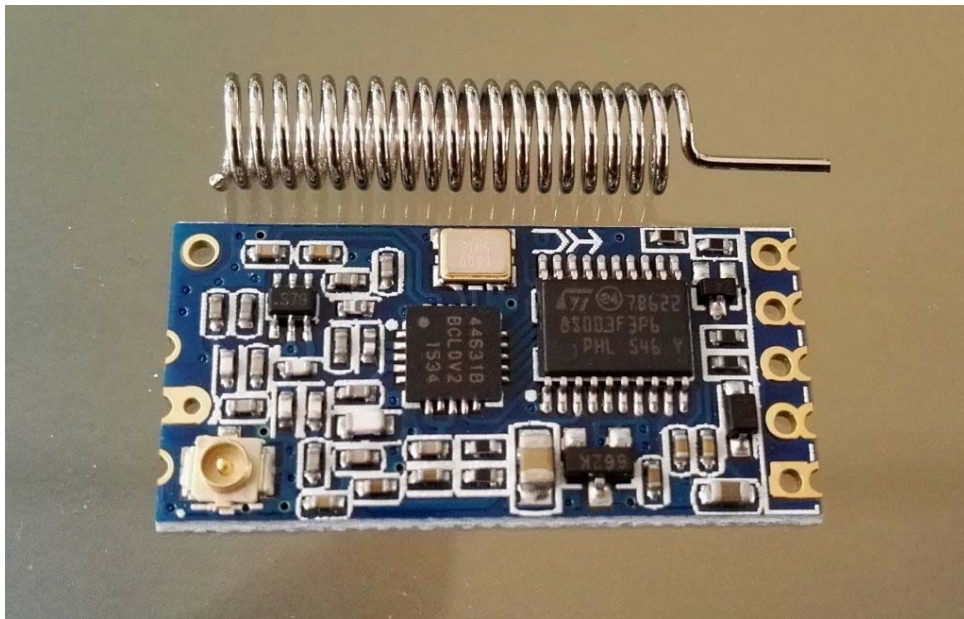


Fig. 3. View and dimensions of HC-12 transceiver module

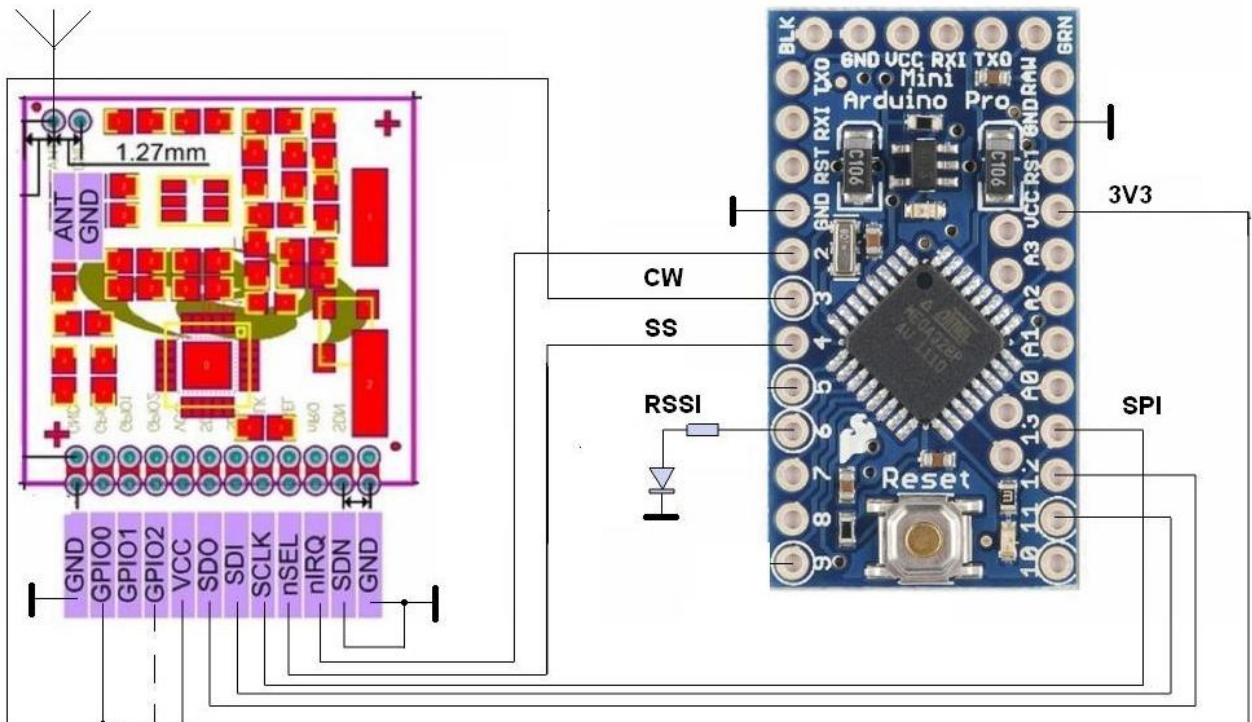


Fig. 4. AVR based beacon on RF22 module – SI4432 radio

```
#include <SPI.h>
#include <RF22.h>
Setting frequency of carrier, pins to control transmitter (CW) and for the RSSI led, that will be show signal level by the brightness. SNR – signal to noise ratio is threshold of transmit ON trigger in main loop, 20 units is near 10dB of RF signal level.
#define Frequency 434.515
#define RSSI_PIN 6
#define CW 3 //GPIO0 si4432 SDN=GND
#define snr 20
Variable to hold previous RSSI
char rssiprev = 0;
```

```
Object – radio module, CE always on the ground.
RF22 rf22;
Prepare pins (DDR), and setting work mode for the radio: frequency, power, modulation, deviation , control TX gpios and metods.
void setup(){
  pinMode(CW, OUTPUT); digitalWrite(CW, LOW);
  pinMode(RSSI_PIN, OUTPUT); analogWrite(RSSI_PIN, 0);
  rf22.init(); rf22.setFrequency(Frequency, 0.005);
  rf22.setTxPower(RF22_TXPOW_20DBM);
  rf22.setModemConfig(RF22::FSK_Rb2Fd5);
  rf22.setModeRx();
```

```
rf22.spiWrite(RF22_REG_71_MODULATION_CON
TROL2, 0x42);
rf22.spiWrite(RF22_REG_0B_GPIO_CONFIGURAT
ION0, 0x12);}
Infinity loop check variables of input RSSI and if it is
more than threshold, puts TX ON.
void loop(){
  if ((rf22.rssiRead() > rssiprev + snr) ||
(rf22.rssiRead() < rssiprev - snr)){
    rf22.setModeTx();
  }
  Transmitter once a second change it output power
  100-10-1 mW and transmit variable audio tone in
  frequency modulation, via CW pin of the MCU, 500-
  1000-1500 Hz that can be easy determinate by the
  operator.
  rf22.setTxPower(RF22_TXPOW_20DBM);
  tone(CW, 500, 1000); delay(1000);noTone(CW);
```

```
rf22.setTxPower(RF22_TXPOW_11DBM);
tone(CW, 1000, 1000); delay(1000); noTone(CW);
rf22.setTxPower(RF22_TXPOW_1DBM);
tone(CW, 1500, 1000); delay(1000);noTone(CW);
rf22.setModeRx();}
Transmitter OFF after last tone transmit, RSSI re-
new, and sets a little delay.
analogWrite(RSSI_PIN, rf22.rssiRead()); rssiprev =
rf22.rssiRead(); delay(1000); }
```

Calculations of free space path losses on 433MHz shown on Fig 5. Pay attention, that 20 dB for “force majeure” added. Without any licens You can use devices on LPD and PMR bands. Author have amateur radio licens – callsign UT5UUUV, so can use radios outstanding shown bands.

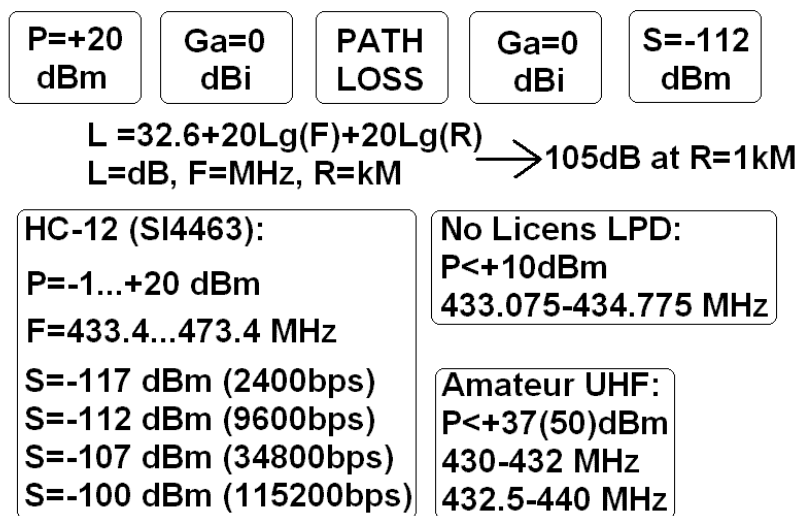


Fig. 5. Path loss calculation for UHF radiolink on SI4463 transceiver

Conclusion

A power of 100 mW is more than enough, even with a very shortened helical or other surrogate antenna. Search range of hundreds of metrs is allowed. The number of RF power levels can be 3–4. It can be incree to 7 with an external attenuator on SPDT keys. The power change step is 6-10 dB.

The tones are rising, clearly audible in the range of 400–2000 Hz.

This system, after the staff training can be useful in the search for the victim in conditions of zero visibility with an accuracy of less than a meter to a few meters in the premises.

REFERENCES

1. **UT5UUUV** // [Electronic resource] // – Access: <http://www.qrz.com/db/UT5UUUV>
2. **Мошенський А. О.** Прогнозування умов радіозв’язку на основі комп’ютерної обробки даних підчас змагань з радіозв’язку. *Наукові записки УНДІЗ*. 2012. №1(21). С.227–236 с.

3. **Мошенський А. О.,** Горілий В. Програмно-апаратний комплекс для моніторингу торф’яних пожеж на радіоактивно забрудненій території. *Наукові праці НУХТ*. 2019. Том 25. №2. С. 16–21
4. **Ran Liuab,** Chau Yuenb, Tri-Nhut Doc, Meng Zhangd, Yong Liang, GuaneU-XuanTanb. Cooperative positioning for emergency responders using self IMU and peer-to-peer radios measurements. *Information Fusion*. April 2020. Volume 56. P. 93–102
5. **Barral V.,** Suárez-Casal P., Escudero C.J., García-Naya J.A. Multi-Sensor Accurate Forklift Location and Tracking Simulation in Industrial Indoor Environments. *Electronics*. 2019. Volume 8(10). P. 1152. <https://doi.org/10.3390/electronics8101152>.
6. **Binyam Shiferaw Heyi,** Implementation of Indoor Positioning using IEEE802.15.4a (UWB). A Thesis submitted for partial fulfillment of the Masters of Science in *Electrical Engineering Major in Network Services And Systems* (Stockholm, Sweden January, 2013).
7. **Si4432 - Silicon Labs** // [Electronic resource] // – Access: <https://www.silabs.com/documents/public/datasheets/Si4430-31-32.pdf> (access date 12.09.2020)

8. **Si446x Data Sheet** - Silicon Labs // [Electronic resource] // – Access: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si4464-63-61-60.pdf> (access date 12.09.2020)

9. **CC1101** data sheet, product information and support | TI.com // [Electronic resource] // – Access: <https://www.ti.com/product/CC1101> (access date 12.09.2020)

10. **hc-12** wireless rf uart communication module v2.4 user manual // [Electronic resource] // – Access: https://statics3.seeedstudio.com/assets/file/bazaar/product/HC-12_english_datasheets.pdf (access date 12.09.2020)

11. **HC-11** Wireless Serial Port Module – Elecrow.com // [Electronic resource] // – Access: <https://www.elecrow.com/download/HC-11.pdf> (access date 12.09.2020)

Мошенський А. О.

ПРИВАТНИЙ РЯТУВАЛЬНИЙ ЕХО-МАЯК З РАДІОМОДУЛЕМ FSK

Рятувальний персонал працює в середовищі високого ризику. В результаті травм може виникнути проблема евакуації рятувальника з об'єкту. GPS-навігація недоступна в зонах обмеженого доступу, наприклад, у кімнатах, підвалах. Раціональне використання радіовідповідачів для наведення об'єкта в напрямку. Комплекс прямого пошуку радіостанцій не завжди зручний і його можна швидко розгорнути, наприклад, у підвалі на випадок пожежі. Зручніше використовувати метод сліпого пошуку з існуючими УКВ-радіостанціями. Професійні радіостанції, як правило, не мають індикатора потужності сигналу і мають обмежені засоби управління, такі як гучність, вибір каналу та РТТ.

Запропоновано використовувати відповідач несвіної на заданій частоті на основі SI44XX із поетапно регульованою потужністю та синхронною зміною тону заповнення звуку в режимі FSK або GFSK.

Для цього можна використовувати трансивери SI4432, SI4463, CC1101. РЧ потужності 100-10 мВт цілком достатньо. Всі вони можуть працювати в режимах FSK GFSK та ASK. Найширший діапазон частот має SI4463 і охоплює основні діапазони 136-174 МГц та 400-470 (512) МГц.

Управління радіомодулем здійснюється через шини SPI; для генерації тону один з GPIO налаштований як двійковий вхід даних у режимі FSK. Для реагування відповіді модуль відстежує зміну RSSI і, якщо його перевищено, перемикається в режим передачі. Для управління радіомодулем достатньо простого 8-бітового контролера з 8 (6) висновками та підтримкою SPI.

Потужності в 100 мВт більш ніж достатньо, навіть з дуже укороченою гвинтовою або іншою сурогатною антеною. Допускається діапазон пошуку в сотні метрів. Кількість РЧ рівнів потужності може бути 3-4. Це може бути до 7 із зовнішнім аттенюатором на клавішах SPDT. Крок зміни потужності становить 6-10 дБ. Тони зростають, чітко чути в діапазоні 400-2000 Гц. Ця система після навчання персоналу може бути корисною при пошуку жертви в умовах нульової видимості з точністю менше від метра до декількох метрів у приміщенні.

Ключові слова: маяк; УКХ; ЧМ; МК; потужність; тон.

Moshenskyi A.

PRIVATE RESCUE ECHO BEACON WITH FSK RADIOMODULE

Rescue personnel work in high-risk environments. As a result of injuries, the problem of evacuating the lifeguard from the facility may arise. GPS navigation is not available in restricted areas, for example, in rooms, basements. Rational use of radio responders for direction finding of the object. A radio direct finding complex is not always convenient and can be quickly deployed, for example, in a basement in case of fire. It is more convenient to use the blind bearing method with existing VHF radio stations. Professional radio stations usually do not have an indicator of signal strength, and have limited controls such as volume, channel selection, and PTT. It is proposed to use a carrier transponder at a given frequency based on SI44XX with stepwise adjustable power and synchronously changing audio filling tone in FSK or GFSK mode.

Transceivers SI4432, SI4463, CC1101 can be used for this reason. RF power 100-10 mW is enough. All of them can work in FSK GFSK and ASK modes. Widest frequency range have SI4463 and it cover main bands 136-174 MHz and 400-470(512) MHz.

The radio module is controlled via the SPI bus; to generate a tone, one of the GPIOs is configured as a binary data input in FSK mode. To implement the response, the module monitors the change of the RSSI and, if it available, switches to the transmission mode. To control the radio module, a simple 8-bit controller with 8 (6) pins and SPI support is enough. A power of 100 mW is more than enough, even with a very shortened helical or other surrogate antenna. Search range of hundreds of meters is allowed. The number of RF power levels can be 3-4. It can be increased to 7 with an external attenuator on SPDT keys. The power change step is 6-10 dB. The tones are rising, clearly audible in the range of 400-2000 Hz. This system, after the staff training can be useful in the search for the victim in conditions of zero visibility with an accuracy of less than a meter to a few meters in the premises.

Keywords: Beacon; VHF(UHF); FSK; MCU; power; tone.

Мошенский А. А.

ЧАСТНЫЙ СПАСАТЕЛЬНЫЙ ЭХО-МАЯК С РАДИОМОДУЛЕМ FSK

Спасательный персонал работает в условиях повышенного риска. В результате травм может возникнуть проблема эвакуации спасателя с объекта. GPS-навигация недоступна в зонах ограниченного доступа, например, в комнатах, подвалах. Рациональное использование радиопеленгаторов для пеленгации объекта. Комплекс радиопеленгации не всегда удобен и может быть быстро развернут, например, в подвале при пожаре.

Метод слепого пеленга удобнее использовать с существующими УКВ радиостанциями. Профессиональные радиостанции обычно не имеют индикатора мощности сигнала и имеют ограниченные элементы управления, такие как громкость, выбор канала и РТТ.

Предлагается использовать транспондер несущей на заданной частоте на базе SI44XX с ступенчатой регулировкой мощности и синхронно изменяющимся тоном заполнения звука в режиме FSK или GFSK.

По этой причине можно использовать трансиверы SI4432, SI4463, CC1101. ВЧ мощности 100-10 мВт вполне достаточно. Все они могут работать в режимах FSK GFSK и ASK. Самый широкий частотный диапазон у SI4463, он покрывает основные диапазоны 136–174 МГц и 400–470 (512) МГц.

Управление радиомодулем осуществляется по шине SPI; для генерации тона один из GPIO настраивается как ввод двоичных данных в режиме FSK. Для реализации ответа модуль отслеживает изменение RSSI и, если он более предела, переключается в режим передачи. Для управления радиомодулем достаточно простого 8-битного контроллера с 8 (6) контактами и поддержкой SPI.

Мощности 100 мВт более чем достаточно, даже с очень укороченной спиральной или другой суррогатной антенной. Допускается диапазон поиска в сотни метров. Количество уровней мощности ВЧ может составлять 3-4. Может быть до 7 с внешним аттенуатором на ключах SPDT. Шаг изменения мощности 6-10 дБ. Тона нарастают, отчетливо слышны в диапазоне 400-2000 Гц.

Эта система после обучения персонала может быть полезна при поиске пострадавшего в условиях нулевой видимости с точностью от метра до нескольких метров в помещении.

Ключевые слова: маяк; УКВ; ЧТ; МК; мощность; тон.

Стаття надійшла до редакції 16.11.2020 р.

Прийнято до друку 10.12.2020 р.