

5G – метр

Прибор для измерения опасности электромагнитного излучения

Команда «Крутые Бобры»

Я. Парошин, Е. Кружков, А. Савиных

Концепция разработки

1. Прибор должен быть небольшим, для того, чтобы его было удобно носить с собой, в идеале — в виде брелока;
2. Прибор должен быть простым и доступным, чтобы любой желающий смог благодаря ему развеять миф об опасности электромагнитного излучения (ЭМИ) посредством проверки его энергетической экспозиции на соответствие нормам СанПин 2.2.4.3359-16, п.7.2.6.

Технические характеристики устройства

- Рабочая полоса устройства составляет от 170 до 230 МГц и от 470 до 5800 МГц
- Оценка энергетической экспозиции в принимаемой полосе происходит в течение 10 секунд, после чего отображается на дисплее в течение 10 секунд. В течение времени отображения происходит переоценка экспозиции, после завершения отображения выводится новое значение.
- При превышении экспозиции допустимых значений загорается светодиод, устройство посылает звуковой сигнал.
- Запуск и остановка измерений происходят по нажатию кнопки.

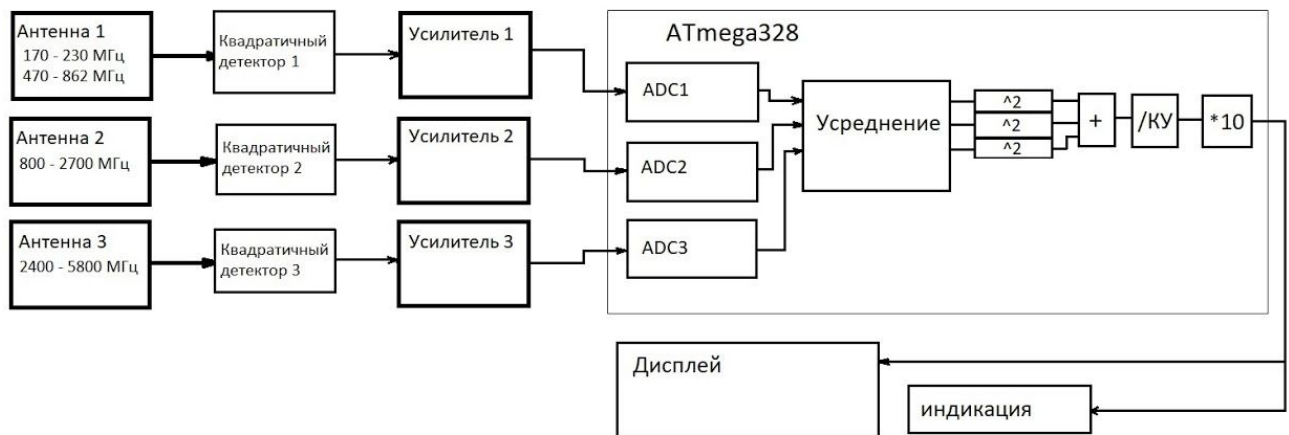
Устройство имеет три антенны, каждая из которых покрывает часть спектра:

- 170 - 230 МГц, 470 - 862 МГц;
- 800 - 2700 МГц
- 2400 - 5800 МГц

Сигналы с каждой антенны проходят одинаковый путь:

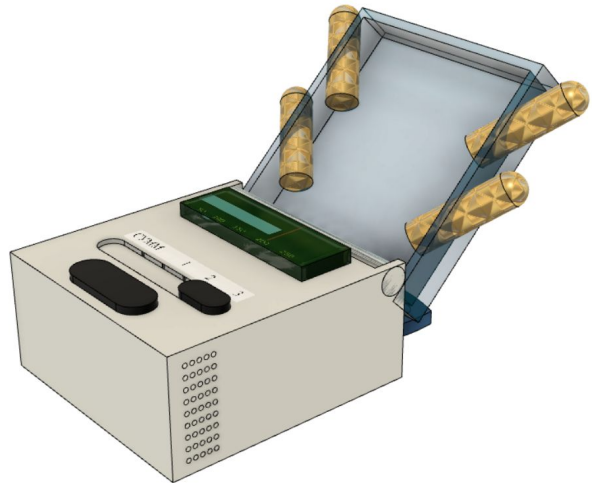
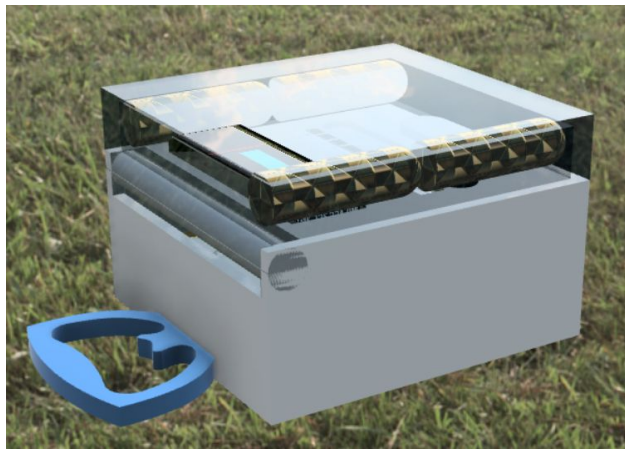
После антенны принятый сигнал попадает на квадратичный детектор, напряжение на выходе которого пропорционально квадрату амплитуды входного сигнала. После детектора нам необходимо усилить полученное напряжение, чтобы с ним мог работать микроконтроллер, для этого между ним и детектором стоит усилитель.

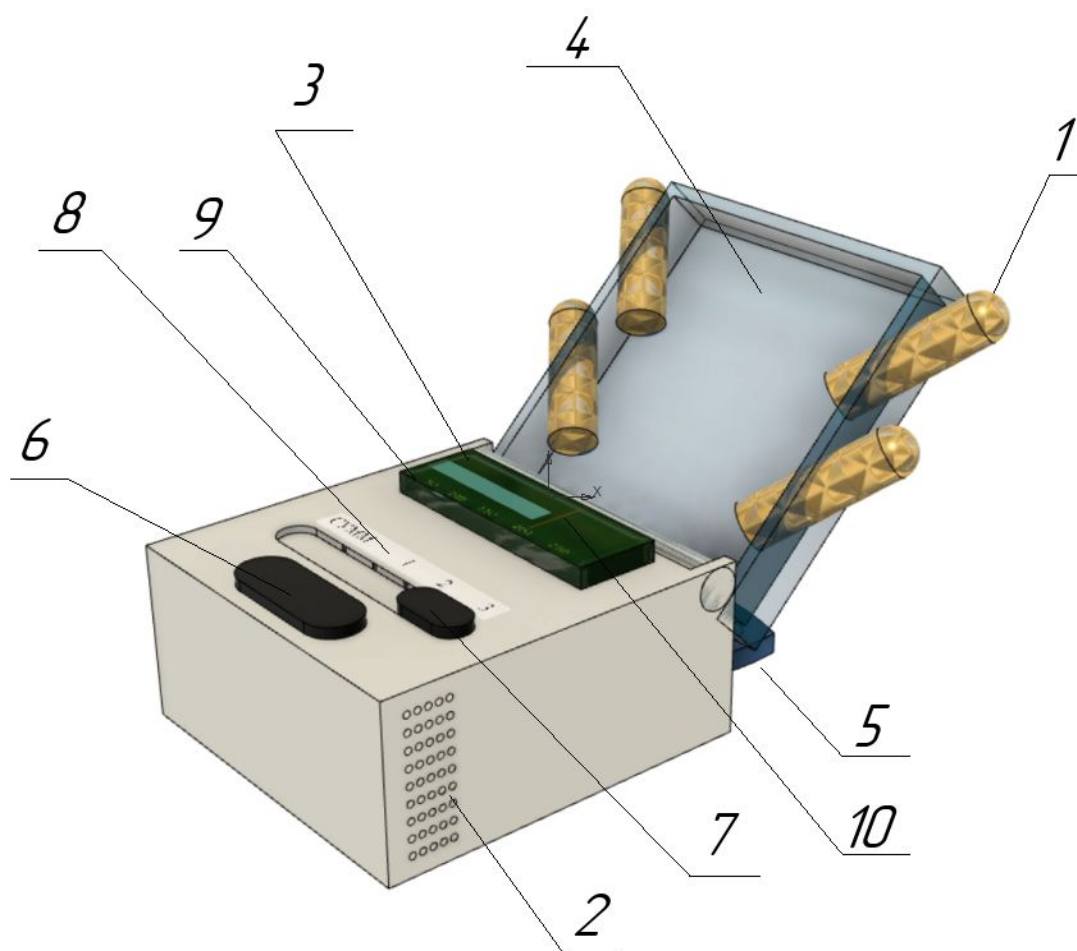
Снятие значений напряжения с каждой антенны и сохранение результата происходит в течение 10 секунд раз в 0.1 секунду (итого получается 100 реализаций), после чего значения усредняются и возводятся в квадрат. Полученные значения суммируются, делятся на коэффициент усиления усилителя и умножаются на 10 - время снятия показаний. На этом расчет энергетической экспозиции ЭМИ заканчивается, данные выводятся на дисплей. Структурная схема устройства приведена на рисунке ниже.



Дизайн устройства

Моделирование устройства было выполнено в программе Autodesk Fusion 360.

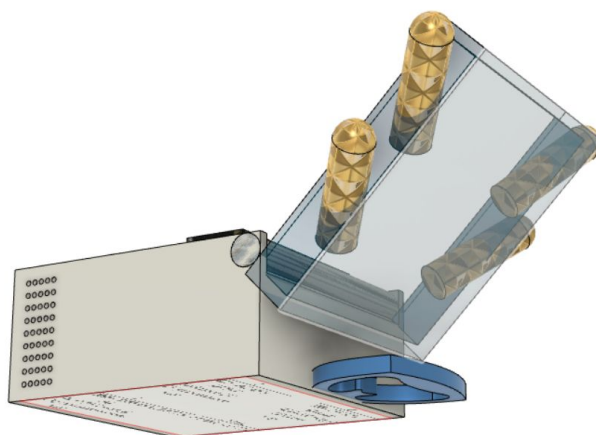
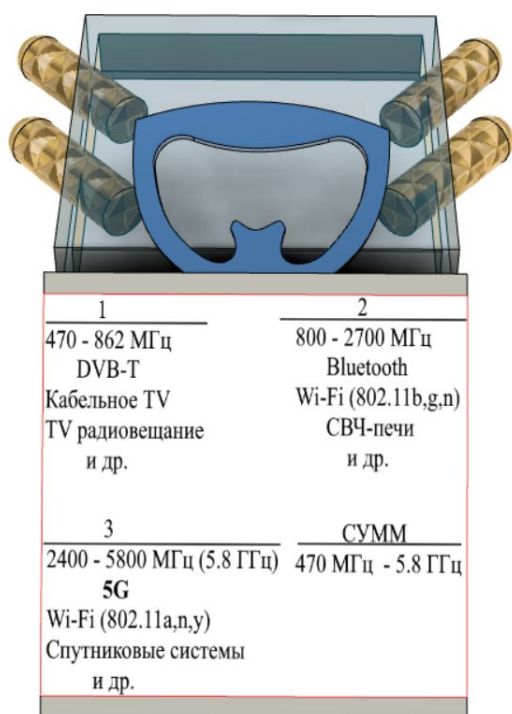




1 - разные виды антенн, которые раскрываются при открывании крышки 4; 2 - отверстия для динамиков в случае тревоги; 3 - дисплей отображающий значение энергетической экспозиции

Для начала работы нужно открыть крышку, выбрать режим (суммарная экспозиция, экспозиция с первой, второй или третьей антенны) и нажать на кнопку. Желтыми цилиндрами представлены варианты расположения и раскрытия антенн. На боковой грани корпуса расположен динамик, в который выводится сигнал о превышении допустимой нормы.

На задней панели приведено соответствие режимов и частот, а также располагается изюминка данного прибора - устройство для упрощения откупоривания стеклянных бутылок с различными пивными напитками.


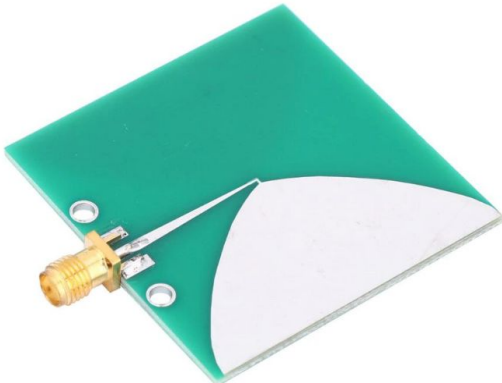
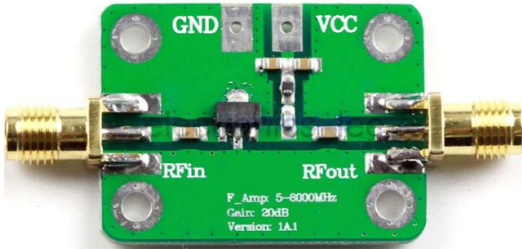



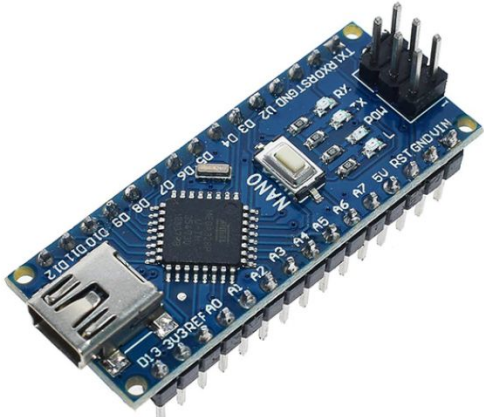
Ссылка для просмотра 3д модели: <https://a360.co/2WtksNO>

Компоненты

Перечень основных компонентов и их оценочная стоимость:

№	Наименование	Ссылка	Стоимость, Р
1	Антенна 170 - 230, 470 - 862 МГц  	https://aliexpress.ru/item/4000345453901.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.78b92915ndQbbB&algo_pvid=e51f17fd-0210-4551-99c8-fe476e299c55&algo_exp_id=e51f17fd-0210-4551-99c8-fe476e299c55-32&btsid=0b8b034515950585235821534e71f4&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_	180
2	Антенна 800 - 2700 МГц	https://aliexpress.ru/item/4001022689801.html?spm=a2g0o.pro	150

		ductlist.0.0.4e312d392C6ssy&algo_pvid=6d51c21e-b1c2-45c1-a8cb-954bad684ea1&algo_expid=6d51c21e-b1c2-45c1-a8cb-954bad684ea1-9&btsid=0b8b034115950578261327559ee561&ws_ab_test=searchweb0_0.searchweb201602_0_searchweb201603_0	
3	Антенна 2400 - 5800 МГц 	https://aliexpress.ru/item/4000394142188.html?spm=a2g0v.search0302.3.168.302d26e7JC0fem&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_0_searchweb201603_0.ppcSwitch_0&algo_pvid=f376ad39-9a78-49c4-a20c-55f4f53ded82&algo_expid=f376ad39-9a78-49c4-a20c-55f4f53ded82-24	505
4	Усилок 	https://aliexpress.ru/item/32958721039.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1c2d28734zyKor&algo_pvid=0023494e-a692-4801-917a-073b4feeb22f&algo_expid=0023494e-a692-4801-917a-073b4feeb22f-4&btsid=0b8b15ea15950621386022992e8ee1&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_0_searchweb201603_0	320
5	Дисплей 33x12, 0,91 дюймов 	https://aliexpress.ru/item/32879702750.html?spm=a2g0v.search0302.3.305.4af3341aFEpaW3&ws_ab_test=searchweb0_0_searchweb201602_0_searchweb201603_0.ppcSwitch_0&algo_pvid=d324c24e-f5d9-45d6-ad97-1b584f63ae9e&algo_expid=d324c24e-f5d9-45d6-ad97-1b584f63ae9e-41	100

6	<p>Микроконтроллер Arduino Nano с процессором Atmega328</p> 	https://aliexpress.ru/item/4000587268145.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.52d255fbYsHNWd&s=p&ad_pvid=202007180441259996452718734080002292468_1&algo_pvid=e846292a-2896-444e-912d-d4630f0eae40&algo_expid=e846292a-2896-444e-912d-d4630f0eae40-0&btsid=0b8b034e15950724854377674e5620&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_	150
7	<p>Аккумулятор ROBITON LP103450: Li-Po аккумулятор 3,7В 1800мАч.</p> 	https://www.robition.ru/product/14065	320
8.	<p>Компоненты: кнопки, слайдер, провода, открывашка</p>	оценочная стоимость:	100

Данный набор компонент полностью обеспечивает работу и реализует функционал данного устройства.

Итоговая стоимость менее 2 тыс. руб. Очевидно, что наибольший вклад в стоимость вносят антенны и питание (аккумуляторная батарея). Стоимость может быть значительно сокращена, если, во-первых, провести детальный анализ рынка радиоэлектроники и источников питания, а во-вторых, выбрать те приборы, которые удовлетворяют требуемым характеристикам, но при этом не имеют излишнего функционала. (например, у антенны - диапазон измерений выходит за тот, который необходим; аккумуляторная батарея также была выбрана с “запасом”)

Приложение

В данной Приложении приведен частичный код прошивки Arduino Nano для реализации всех основных функций устройства.

```
#define MEASURE_PERIOD 10000 // время периода измерения 10 с = 10000 мс
#define LF_ant_pin A0
#define MF_ant_pin A1
#define HF_ant_pin A2
#define AMPLIFICATION 1000 //Козфф усил
#define NUM_MES 100 //Козфф усил
#define DT 100 //период измерений
#define EMR_TRESHOLD 200 //200 мкВт час/см^2 - опасная доза ЭМИ
#define BUTTOM_PIN 2

float low_freq_ant, mid_freq_ant, high_freq_ant; // измеренные напряжения
float ant1, ant2, ant3;

void setup() {
    Serial.begin(9600); // инициализируем порт, скорость 9600
    pinMode(LF_ant_pin, INPUT);
    pinMode(MF_ant_pin, INPUT);
    pinMode(HF_ant_pin, INPUT);
    pinMode(BUTTOM_PIN, INPUT);
}

void loop() {
    //получаем положение с ползунка-слайдера,
    //которое позволяет мерить в определенных диапазонах или во всех сразу
    int slider = read_slider_pos();
    //если кнопка начала измерений была нажата
    if (digitalRead(BUTTOM_PIN) == HIGH) {
        uint32_t tmr = micros();
        float EE_val = 0;
        //проводим измерения в течении 10 с
        while (micros() - tmr < MEASURE_PERIOD) {
            low_freq_ant += analogRead(LF_ant_pin)*5 /1023;
            mid_freq_ant += analogRead(MF_ant_pin)*5 /1023;
            high_freq_ant += analogRead(HF_ant_pin)*5 /1023;
            delay(DT);
        }
    }
}
```

```

//рассчитываем энергетическую экспозицию диапазона, заданного ползунком-слайдером
switch (slider) {
    case 1:
        //измерение общих частот
        EE_val = energ_expose(low_freq_ant, mid_freq_ant, high_freq_ant);
    case 2:
        //измерение с антенны низких частот
        EE_val = energ_expose(low_freq_ant, 0.0, 0.0);
    case 3:
        //измерение с антенны средних частот
        EE_val = energ_expose(0.0, mid_freq_ant, 0.0);
    case 4:
        //измерение с антенны высоких частот
        EE_val = energ_expose(0.0, 0.0, high_freq_ant);
}
//выводим результат на экран
disp(EE_val);
//устройство сообщает о тревоге (звуковой сигнал + надпись на экране),
//если нормы СанПИН нарушены
if (danger(EE_val))
    alarm();
}
}

float energ_expose(float vall, float val2, float val3){
    //возвращает значение рассчитанной энергетической экспозиции
    float danger;
    //проведение усреднения
    vall = vall / NUM_MES;
    val2 = val2 / NUM_MES;
    val3 = val3 / NUM_MES;
    //расчет энергетической экспозиции
    danger = (pow(vall,2) + pow(val2,2) + pow(val3,2))*0.1 / AMPLIFICATION;
    return danger;
}

```



```
bool danger(float & val){
    //решает опасно ли такое ЭМИ
    if (val >= 200.0)
        return 1;
    else
        return 0;
}

void disp(float & val){
    //отображает на экране столбик измеренной экспозиции в диапазоне 0-250 мкВТ час/см^2
}

int read_slider_pos(){
    //считывает положение ползунка-слайдера
    //и конвертирует положение в значения от 1 до 4
    int coverted_place = 1;
    return coverted_place;
}

void alarm(){
    //включает пьезопищалку и мигание экрана с надписью ALARM
}
```
