



به نام خدا



دانشگاه تهران  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر  
سیگنال ها و سیستم ها

گزارش تمرین کامپیوتری 2

نام و نام خانوادگی : سید علیرضا جاوید

شماره دانشجویی : 810198375

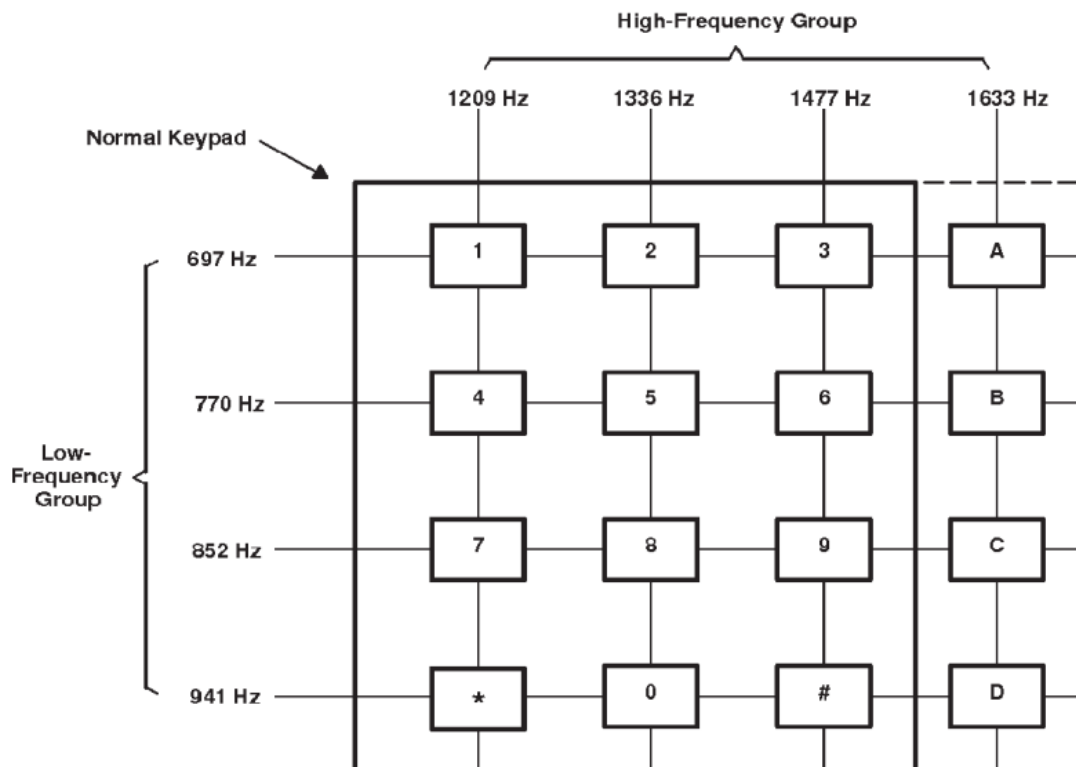
تاریخ ارسال گزارش : 1400/02/21

## فهرست گزارش سؤالات

3.....	Encode DTMF Signal
5.....	Decode DTMF Signal

## Encode DTMF Signal

در این قسمت به کمک کد ضمیمه شده سعی داریم یک شماره (برای مثال شماره دانشجویی) را با استفاده از DTMF در یک فایل صوتی ذخیره کنیم. ابتدا به شکل زیر توجه کنید:



شکل 1 - مشخصات نوای اختصاصی هر سطر و ستون یک صفحه کلید در سیگنالینگ DTMF

مشخص است که به کمک آرایه از سیگنال های فرکانس بالا و پایین بصورت زیر یک تک صدا نماینگر یک شماره را ساخت:

```
fr = [697 770 852 941];
fc = [1209 1336 1477];
fs = 8000;
Ts = 1/fs;
Ton = 0.1;
t = 0:Ts:Ton-Ts;
y1 = sin(2*pi*f1*t);
y2 = sin(2*pi*f2*t);
y = (y1 + y2)/2;
```

با بسط دادن کد زیر میتوان صدا های تولیدی را به همراه یک Toff به یکدیگر چسباند و در نهایت یک صدا را تولید کرد :

```

fr = [697 770 852 941];
fc = [1209 1336 1477];
fs = 8000;
Ts = 1/fs;
Ton = 0.1;
Toff = 0.1;
t = 0:Ts:Ton-Ts;
key = [8 1 0 1 9 8 3 7 5];
final_sound = [];
off = 0:Ts:Toff-Ts;
silent = zeros(1,size(off,2));
z = [];
for i = 1:9
    k = key(i);
    switch (k)
        case {1 2 3 'a' 'A'}
            f1=fr(1);
        case {4 5 6 'b' 'B'}
            f1=fr(2);
        case {7 8 9 'c' 'C'}
            f1=fr(3);
        case {'*' 0 '0' '#' 'D'}
            f1=fr(4);
    end
    switch (k)
        case {1 4 7 '*'}
            f2=fc(1);
        case {2 5 8 0 '0'}
            f2=fc(2);
        case {3 6 9 '#'}
            f2=fc(3);
    end
    y1 = sin(2*pi*f1*t);
    y2 = sin(2*pi*f2*t);
    y = (y1 + y2)/2;
    z = [z y silent];
end
sound(z,fs)
audiowrite("y.wav",z.',fs);

```

که در کد بالا بجای key می توان هر آرایه ای از اعداد 0 تا 9 را قرار داد و فایل encode شده را بصورت y.wav تولید کرد.

## Decode DTMF Signal

همانطور که در قسمت قبل نحوه سنتز و encode سیگنال را بررسی کردیم حال میخواهیم یک سیگنال را آنالیز و decode کنیم .

ابتدا به کمک تکه کد زیر آرایه ای از سیگنال های DTMF می سازیم :

```
fr = [697 770 852 941];  
fc = [1209 1336 1477];  
fs = 8000;  
Ts = 1/fs;  
Ton = 0.1;  
t = 0:Ts:Ton-Ts;  
sample_signals = [];  
for i=1:4  
    for j=1:3  
        y1 = sin(2*pi*fr(i)*t);  
        y2 = sin(2*pi*fc(j)*t);  
        y = (y1 + y2)/2;  
        sample_signals= [sample_signals;y];  
    end  
end
```

که sample\_signals بیانگر آرایه ای از سیگنال های متناظر شکل 1 است.

حال بوسیله معیار ضریب همبستگی<sup>1</sup> و مقایسه آن با هر یک از صدا های شنیده شده اعداد متناظر به هر تن را بدست می آوریم.

$$r = \text{correlation coefficient } (x,y) = \frac{\sum_{n=1}^L x[n]y[n]}{\sqrt{\sum_{n=1}^L x^2[n]} \sqrt{\sum_{n=1}^L y^2[n]}}$$

در نهایت با صحبت های بالا کد زیر را برای decode کردن صدا بکار میبریم :

---

<sup>1</sup> correlation coefficient

```

[a,Fs] = audioread("a.wav");
fr = [697 770 852 941];
fc = [1209 1336 1477];
fs = 8000;
Ts = 1/fs;
Ton = 0.1;
Toff = 0.1;
t = 0:Ts:Ton-Ts;
sample_signals=[];
key=[];
for i=1:4
    for j=1:3
        y1 = sin(2*pi*fr(i)*t);
        y2 = sin(2*pi*fc(j)*t);
        y = (y1 + y2)/2;
        sample_signals= [sample_signals;y];
    end
end
n = 10*size(a,1)/Fs;
start = 1;
for i=1:n/2
    r=0;
    code=-1;
    tmp = a(start : Fs*0.1+start-1);
    test = tmp.';
    for k=1:11
        cov=0;
        sigx=0;
        sigy=0;
        for l=1:800
            cov=sample_signals(k,l)*test(1,l)+cov;
            sigx=sample_signals(k,l)*sample_signals(k,l) + sigx;
            sigy=test(1,l)*test(1,l) + sigy;
        end
        r0 = cov/(sqrt(sigx)*sqrt(sigy));
        if (r0 > r)
            r = r0;
            code=rem(k,11);
        end
    end
    key=[key code];
    start =Fs*0.2+start;
end
key

```

بوسیله کد بالا مقدار متناظر با سیگنال a.wav , 810198 بدست می آید .