

به نام خدا

## سیگنال ها و سیستم ها

تمرین کامپیوتری سوم

مهلت تحویل: سه شنبه ۱۶ آبان ساعت ۱۷:۰۰

### بخش اول:

هدف این تمرین رمز کردن یک پیام به زبان انگلیسی در یک تصویر سیاه سفید است. هر پیام فقط شامل حروف کوچک انگلیسی، فاصله، نقطه، ویرگول، علامت تعجب، کوتیشن“ و سمی کالن ؛ است. بنابراین در مجموع ۳۲ کاراکتر داریم. به هر کاراکتر ۵ بیت مرتبط می کنیم. علامت ؛ فقط در انتهای پیام استفاده می شود و جهت نشان دادن پایان پیام است

تمرین ۱-۱) یک سلول به اسم Mapset با ابعاد  $2 \times 32$  درست کنید. در سطر اول خود کارکترها را قرار دهید و در سطر دوم ۵ بیتی که به آنها مرتبط کردید را قرار دهید. به عنوان مثال شکل زیر قسمت ابتدایی Mapset را نشان می دهد. (دستور dec2bin برای باینری کردن اعداد کمک کننده خواهد بود).

	1	2	3
1	'a'	'b'	'c'
2	'00000'	'00001'	'00010'

تمرین ۲-۱) تابعی (*function*) به نام *coding* بنویسید که ورودی های آن (۱) پیام مورد نظر برای ارسال، (۲) یک تصویر سیاه سفید و (۳) *Mapset* باشد و خروجی آن تصویری باشد که پیام در آن گنجانده شده باشد.

راهنمایی: مثلا فرض کنید می خواهیم پیام *bc* را در تصویر بگنجانیم. ابتدا حروف پیام را به صورت باینری در آورید که (با توجه به شکل بالا) می شود: *000010001011111* ، سپس رشته باینری به دست آمده را مطابق آنچه در کلاس توضیح داده شد در تصویر بگنجانید (هر بیت باینری را در کم اهمیت ترین بیت هر پیکسل قرار می دهیم). توجه داشته باشید پیام ممکن است هر کلمه یا جمله ای با طول دلخواه شامل ۳۲ کاراکتر ذکر شده باشد. همچنین اگر طول پیام باینری شده از تعداد پیکسل های تصویر بیشتر بود، تابع شما به کاربر خطا دهد.

تمرین ۳-۱) خروجی تابع *coding* را برای پیام (کلمه ی) *signal*; در کنار تصویر اصلی رسم کنید (دستور *subplot*). آیا تغییرات در تصویر مشخص است؟ چرا؟

✓  
**تمرین ۴-۱)** تابعی به نام *decoding* بنویسید که ورودی های آن ۱) پیام کدگذاری شده (سیگنال زمانی تولید شده در قسمت قبل) و ۲) *Mapset* باشد و در خروجی تصویر را رمزگشایی کرده و پیام را چاپ کند. تابعی که نوشتید را روی همان تصویری که پیام *signal* را در آن گنجانده بودید تست کنید تا مطمئن شوید کدتان درست کار می کند.

**تمرین ۵-۱)** به نظر شما اگر در ارسال پیام (بعد از رمزگذاری) به صورت ناخواسته نویزی به تصویر اضافه شود، آیا باز هم قادر به رمز گشایی از پیام خواهیم بود؟ توضیح دهید.

**تمرین ۶-۱)** (امتیازی) آیا می توانید روشی پیشنهاد دهید که تشخیص دهد تصویری رمزگذاری شده است یا خیر؟

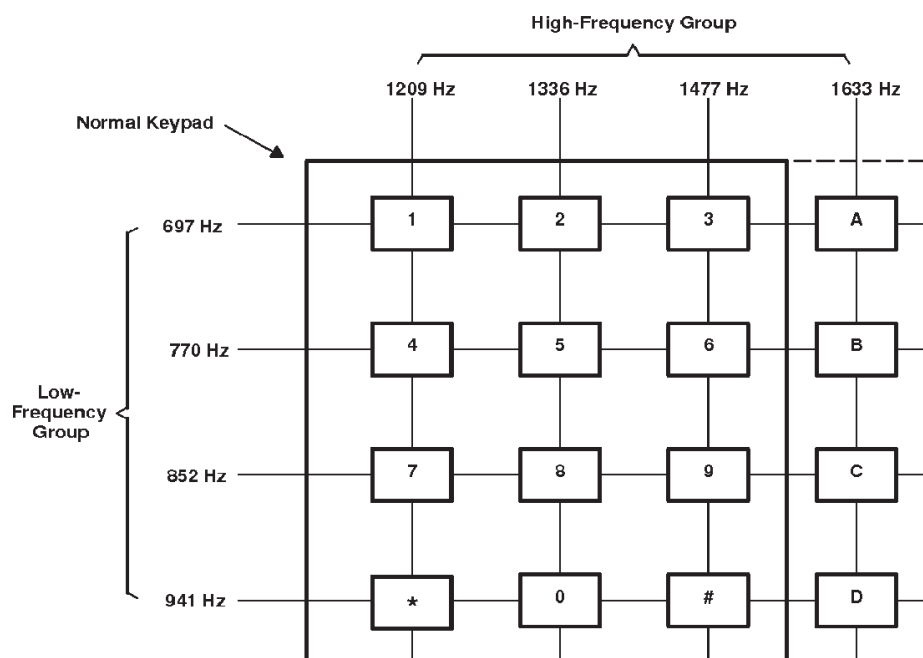
## بخش دوم:

نوای دوگانه چند بسامدی (Dual-Tone Multi Frequency یا به اختصار DTMF)، اصطلاح فنی فرکانس‌های صوتیست که با فشردن کلیدهای تلفن ایجاد می‌شوند. این روش که بعضاً touch tone نیز نامیده می‌شود، در ابتدا در ارسال سیگنال‌های تلفن به مراکز سوییچ محلی و دریافت سیگنال از آن‌ها کاربرد داشته است، اما امروزه کاربردهای متعدد دیگری نیز در حوزه مخابرات پیدا کرده است.

### شرح رویکرد:

به هر کلید تلفن یک نوای دوگانه (دو نوا با فرکانس‌های مختلف) اختصاص داده می‌شود؛ یکی با فرکانس پایین و دیگری با فرکانس بالا که پس از فشردن کلید به صورت همزمان نواخته می‌شوند. (همان صدایی که پس از شماره‌گیری تلفن میشنوید!)

همانطور که در شکل زیر مشاهده میکنید، به هر یک از ۴ ردیف صفحه کلید، یکی از نواهای با فرکانس پایین و به هر یک از ۳ ستون یکی از نواهای با فرکانس بالا اختصاص داده میشود. کلیدهای ستون چهارم هم که با حروف A, B, C, D مشخص شده اند، دلخواه هستند و بیشتر کاربرد نظامی دارند.



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

## پیاده سازی:

در این تمرین، شما باید هر دو بخش سنتز و آنالیز این نوع سیگنالینگ را، با توجه به توضیحات شکل بالا، پیاده سازی نمایید.

### تمرین ۱-۲

#### آ) سنتز:

منظور از سنتز، تولید تون‌های آنالوگ متناظر برای نشان دادن ارقام یک صفحه کلید تلفن است. در این قسمت، شما باید سیگنال متناظر با هر کلید را تولید کرده و با کنار هم قرار دادن آن‌ها، صوت متناظر با عدد ۴۳۲۱۸۷۶۵ را با استفاده از سیگنالینگ DTMF تولید کنید. مدت زمان هر سیگنال ( $T_{on}$ ) را ۰.۱ ثانیه و فاصله زمانی بین پخش دو سیگنال ( $T_{off}$ ) را هم ۰.۱ ثانیه در نظر بگیرید. فرکانس نمونه برداری را ۸ کیلوهرتز در نظر بگیرید و با استفاده از دستور `audiowrite` سیگنال تولیدی را در `y.wave` ذخیره کنید.

**راهنمایی:** کد زیر برای تولید سیگنال فقط یک شماره ی صفحه کلید نوشته شده است. با دستور `sound` می توانید سیگنال را بشنوید.

```
fr = [697 770 852 941]; % row frequencies
fc = [1209 1336 1477]; % column frequencies
fs = 8000; % signal sampling frequency
Ts = 1/fs; % signal sampling time
Ton = 0.1; % ON time for each DTMF signal (in second)
Toff = 0.1; % OFF time (gap) between DTMF signals (in second)
t = 0:Ts:Ton;
y1 = sin(2*pi*fr(k)*t); % k is row index
y2 = sin(2*pi*fc(j)*t); % j is column index
y = (y1 + y2)/2;
sound(y, fs)
```

### تمرین ۲-۲

#### ب) آنالیز:

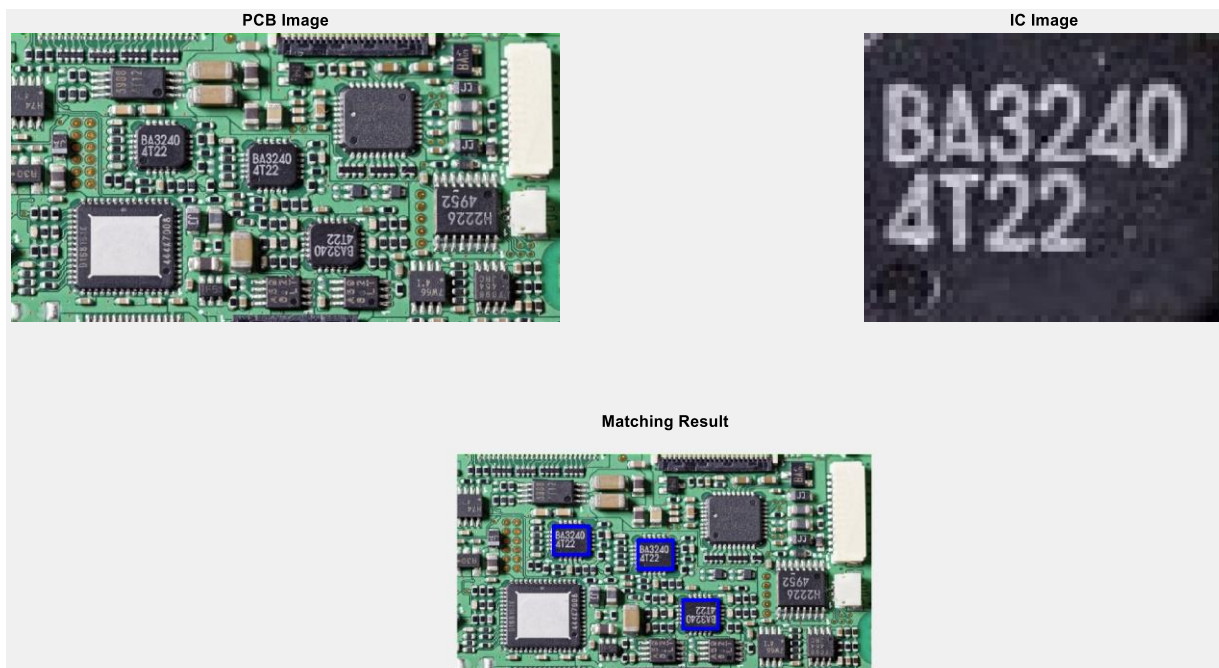
آنالیز به این معنی است که شما باید یک صوت را که به روش DTMF کد شده است، رمزگشایی یا دیکود کنید. به عبارت دیگر باید بگویید این سیگنال منتج از فشردن چه کلیدهایی بوده است.

در پوشه تمرین، یک فایل به نام 'a.wav' قرار دارد. آن را رمزگشایی کنید. این فایل را با استفاده از دستور `audioread` به شکل `[a,Fs] = audioread('a.wav')` لود کنید و سپس رمزگشایی کنید.

راهنمایی: ابتدا باید بازه‌های زمانی  $T_{on}$  را از سیگنال  $a$  پیدا و جدا کنیم. حال باید بفهمیم هر بازه‌ی زمانی منتج از فشردن کدام کلید بوده است. برای این کار از معیار `correaltion` استفاده می‌کنیم. بنابراین برای هر بازه‌ی زمانی جدا شده، `correaltion` سیگنال آن بازه را با سیگنال‌های DTMF کلیده‌های مختلف حساب می‌کنیم. سپس آن کلیدی که سیگنالش `correaltion` بزرگتری را ایجاد می‌کند به عنوان کلیدی در نظر می‌گیریم که سیگنال صوتی را تولید کرده است. این کار را برای همه‌ی بازه‌های زمانی جدا شده تکرار می‌کنیم تا رمزگشایی کامل انجام شود. برای اطمینان از صحت کد خود، حتماً فایل صوتی که در قسمت قبل تولید کردید را هم رمزگشایی کنید.

### بخش سوم:

در این بخش با ایده ی `template matching` یا `correlation`. تابعی با نام `ICrecognition` بنویسید که مشابه شکل زیر، تصویر یک IC (`IC Image`) و یک مدار چاپی (`PCB Image`) را به عنوان ورودی بگیرد و در خروجی IC ها را روی تصویر PCB شناسایی کند و در صورت وجود اطراف آن(ها) مستطیل رسم کند. مشابه تصویر زیر، برای سادگی فرض کنید IC ها فقط ۱۸۰ درجه می‌توانند دوران داشته باشند. استراتژی خود را توضیح دهید و تصویر کد `matlab` را در گزارش بیاورید و بخش های مختلف آن را توضیح دهید.



خروجی مد نظر نهایی مربوط به یافتن قطعات **BA3240** در تصویر برد مدار چاپی داده شده.

راهنمایی: برای انجام این کار از ضریب همبستگی نرمالایز شده استفاده کنید که برای دو سیگنال تک بعدی  $x$  و  $y$  به صورت زیر تعریف می‌شود و به راحتی قابل تعمیم به دو بعد است.

$$\text{Correlation Coeff}(x, y) = \frac{\sum_{n=1}^L x[n]y[n]}{\sqrt{(\sum_{n=1}^L x^2[n]) \times (\sum_{k=1}^L y^2[k])}}$$

توجه: مفهوم `correlation` گیری که در این بخش بیان شد قدری با آنچه که در کلاس مطرح شد و در تمرین قبلی انجام دادید تفاوت دارد. در این بخش ضریب `correlation` نرمالایزه در نظر گرفته شده اما قبلاً این کار را انجام نداده بودیم. درست تر و دقیق تر این است که این نرمالیزاسیون انجام شود. برای این که اثر یک مشاهده

که صرفاً دامنه ی زیادی دارد با مشاهده ی دیگری که دامنه ی زیادی ندارد مشابه باشد، این نرمالیزاسیون انجام می شود.

احتیاجی نیست بخش های قبل را با تعریف جدید تکرار کنید. فقط در این بخش، با این تعریف، مساله را حل کنید.

### نکات کلی:

- در صورت وجود هرگونه پرسش و ابهام به سید مهدی حسینی و استاد ایمیل بزنید.
- فایل نهایی شما باید به صورت یک فایل زیپ شامل گزارشکار به فرمت PDF و کد های متلب باشد.