

# طرح و ساخت ساعت دیجیتال

نوشته

یوسف متولدی نویر - آذر دیوشلی

موسسه علوم و فنون هسته‌ای دانشگاه تهران

## چکیده :

با استفاده از عناصر نیمه‌هادی جدید و مدارهای یکپارچه رقمی موجود، بعنوان کارپژوهشی فوق‌لیسانس ساعت تمام ترانزیستوری، طراحی و ساخته شده است. منظور از این کارپژوهشی آشنائی دانشجویان با وسایل جدید و استفاده از آنها برای ساخت مدارهای موردنیاز می‌باشد. ساعت ساخته شده می‌تواند مستقیماً یا با تغییرات جزئی بعنوان انواع شمارنده‌های موردنیاز مراکز هسته‌ای و آموزشی بکار رود.

## مشخصات فنی

**کلیات :** مدار براساس استفاده از شمارنده‌های مختلف الکترونیکی ساخته شده و دیاگرام آن بصورت شکل یک نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود توسط یک منبع نوسانی پالس‌های با دقت زیاد و بفرکانس یک سیکل در ثانیه ایجاد شده است. با شمارش ثانیه‌ها و نگهداری آنها در حافظه ما توانسته ایم ساعت دیجیتال بسازیم. در این ساعت ابتدا شمارش ثانیه‌ها تا ۹ ثانیه، سپس با آمدن ثانیه شصتم شمارش دقیقه‌ها شروع شده و تا ۹ دقیقه ادامه می‌یابد با آمدن دقیقه شصتم شمارش تا بیست و سه ساعت و پنجاه و نه دقیقه و پنجاه و نه ثانیه انجام می‌پذیرد. ثانیه‌ای دیگر مجدداً شمارش از نو شروع می‌شود و عمل تکراری گردد در این ساعت رویهم باشش رقم: دورقم برای ثانیه‌ها، دورقم برای دقیقه‌ها و دو رقم برای ساعت‌ها، وقت دقیق نشان داده می‌شود.

نوسانسازی که از آن ذکر شد باید خیلی دقیق باشد. یک سری مدار نیز در دستگاه پیش بینی شده است تا فرکانس نوسان را به یک سیکل در ثانیه یا همان فاصله زمانی یک ثانیه برساند.

تمام مدارهای بکاربرده شده با منابع تغذیه‌ای که با استفاده از برق شهر در داخل دستگاه تأمین شده است تغذیه می‌شوند.

## انواع شمارنده‌های استفاده شده در مدار

۱- شمارنده ده: در ساعت ساخته شده از دو طرح مختلف شمارنده ده بشرح زیر استفاده شده است:  
الف: طرح شماره یک بصورت شکل ۲ از چهار فلیپ فلاپ J-K ساخته شده است. به هنگام وارد شدن دهمین پالس، خروجی های فلیپ فلاپ ها در حالات زیر هستند:  $Q_3=0, Q_4=1, Q_1=0, Q_2=1$  در صورتی که خروجی فلیپ فلاپ های دوم و چهارم را به ورودی های یک دروازه NAND وارد کنیم درست در لحظه رسیدن دهمین پالس، خروجی این دروازه صفر شده با اتصال هائی که در محل های مناسب فلیپ فلاپ ها برقرار شده است باعث صفر شدن خروجی کلیه فلیپ فلاپ ها می گردد و عمل شمارش مجدداً از صفر تکرار می گردد.

شکل امواج ورودی و خروجی هر یک از فلیپ فلاپ ها در یک شمارنده ده تائی بصورت شکل ۲ الف می باشد.

ب: طرح شماره ۲ نیز بصورت شکل ۳ از چهار فلیپ فلاپ ساخته شده است منتها در این طرح شمارنده ده، پالس ورودی بطور همزمان به هر چهار فلیپ فلاپ وارد می گردد و آنگاه با فیدبک های مناسب به هنگام دهمین پالس ورودی حالت هر چهار فلیپ فلاپ به صفر برگردانده می شود در این طرح از دروازه NAND استفاده نشده و ترمینال های S که در طرح قبلی از آنها برای عمل برگشت به صفر به هنگام ورود دهمین پالس استفاده می شد آزاد گذاشته شده است و از آن برای همین عمل بعد از گذشت ۴ ساعت استفاده می شود. مدار فلیپ فلاپ استفاده شده در این طرح نیز از نوع J-K می باشد که در هر یک از ورودی های آن یک دروازه AND با سه ورودی قرار داده شده است.

### ۲- شمارنده شش:

از این شمارنده برای شمارش رقم دهگان ثانیه و دقیقه استفاده شده است طرح مدار آن مطابق شکل چهار است. در این طرح عمل برگشت به صفر بکمک دروازه های NAND به هنگام ورود ششمین پالس انجام می گیرد.

### ۳- شمارنده بیست و چهار

برای شمارش ارقام ساعت از مدار شمارنده بیست و چهار استفاده گردیده است. این شمارنده بکمک پنج فلیپ فلاپ J-K مشابه طرح های قبلی ساخته شده است. در این طرح عمل برگشت به صفر با رسیدن آخرین ثانیه ساعت ۳ یعنی ساعت ۲ و ۳ دقیقه و ۰ و ۰ ثانیه انجام می شود ضمناً این پالس تمام شمارنده های ثانیه و دقیقه و ساعت را در این لحظه بصفر می گرداند تا شمارش ثانیه های روز بعد مجدداً شروع شود. برای انجام این عمل و جدا نگهداشتن آن از عمل برگشت به صفرهای دیگر، مدارهای تکمیلی بکار گرفته شده است.

### دکودرها:

شمارش در تمام شمارنده های مدار ساعت دیجیتال در مبنای دوتائی انجام می گیرد ولی نشان

دادن ساعت باید در مبنای ده تائی باشد بنابراین تعداد زیادی مدارهای دکودریا تبدیل شمارش دو تائی به ده تائی در این ساعت طراحی شده که نمونه ای از آن در شکل ۵ دیده می شود .

### نشان دهنده های هفت قسمتی و اتصال آنها

معمول است که خروجی یک دستگاه دیژیتال (فرکانس متر ولت متر دیژیتال و...) را بوسیله عناصری که از هفت پاره خط نورانی بصورت شکل ۶ تشکیل شده است نشان می دهند. این پاره خطها از چند دیود از جنس گالیم فسفردار درست شده اند و دیودهای هر خط موقع اعمال ولتاژ بسیار کم، از خود نور مرئی می دهند. چون جریان مصرفی این دیودها کم است معمولاً مستقیماً با خروجی دروازه ها کنترل می شوند. همانطور که در شکل ۶ دیده می شود هر عنصر می تواند ده حالت یک رقم اعشاری از صفر تا نه را بدون اشتباه نشان دهد. کافی است با استفاده از جدول شکل ۶ بسته به احتیاج، در هر مرحله ورودی های مختلف ایسن دیودها را به خروجی دروازه های مربوطه اتصال دهیم. بدیهی است که چون هر ورودی بدفعات متعدد مورد استفاده قرار می گیرد لازم است که بوسیله دیدهای نقاط مورد استفاده، از هم جدا شوند. تعداد این دیدها برای هر رقم ده تائی ۸ است و هم جهت بادیدهای نورانی قرار می گیرند .

### نوسانساز کریستالی

با استفاده از مدار شکل ۷ با بکار گرفتن یک کریستال کوارتز نوسانسازی طرح شده که فرکانس اصلی آن  $Kc/Sec$  ۲۰۰ است با بکار بردن مدارهای تقسیم برده و تقسیم برد و نوسانات آنرا به  $c/sec$  ۱ رسانده و بعنوان منبع نوسانی یک ثانیه ای مورد استفاده قرار داده ایم دقت اصلی ساعت ما بر دقت این نوسانساز استوار است و هر اشتباهی در نوسانات آن وجود داشته باشد مستقیماً در خروجی ساعت ظاهر میگردد دقت نسبی کریستال مورد استفاده  $10^{-6} \times 1$  می باشد بدین ترتیب ملاحظه می شود که اشتباه ساعت ساخته شده در هر روز کمتر از دو ثانیه است .

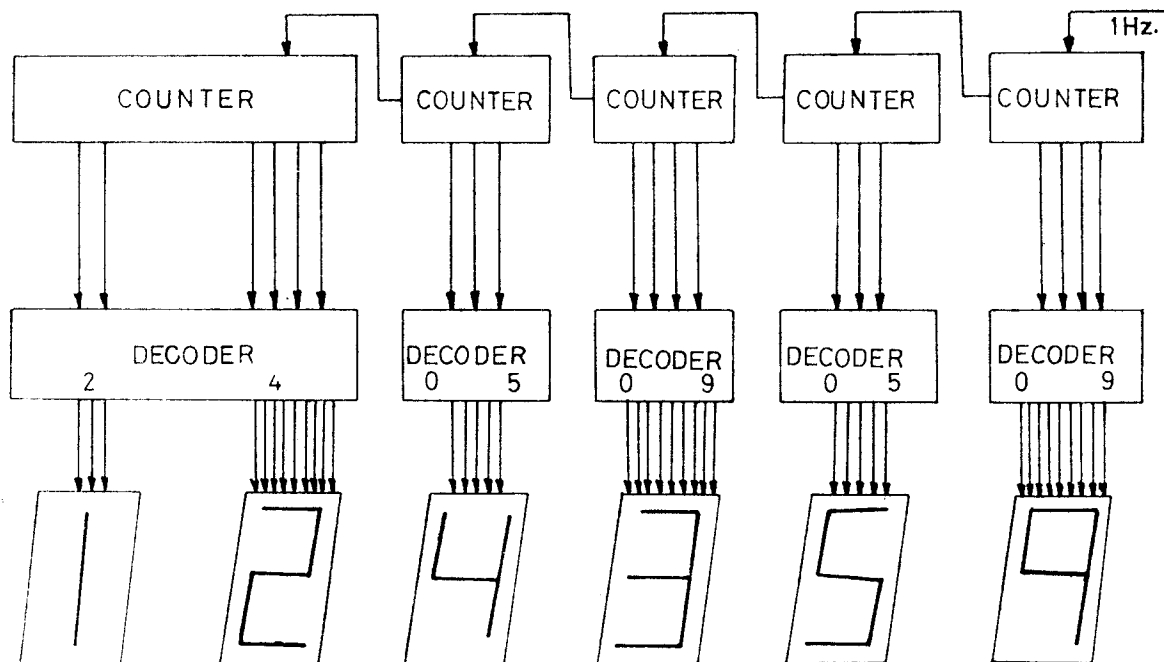
### منبع تغذیه و مدارهای تکمیلی

با استفاده از برق شهر سه منبع تغذیه مورد نیاز مدار  $+5$  و  $+10$  و  $-10$  با درجه تنظیم بسیار خوب در داخل مدار ساخته شده اند. دستگاه در غیاب برق شهر با باتری محلی کار می کند و به محض برگشت برق به حالت اولیه خود برمی گردد. برای تنظیم ثانیه ها و ساعت ها در مواقعی که ساعت از کار افتاده باشد مدارهائی تعبیه شده که با وارد آوردن پالس های لازم ساعت را میزان می نماید.

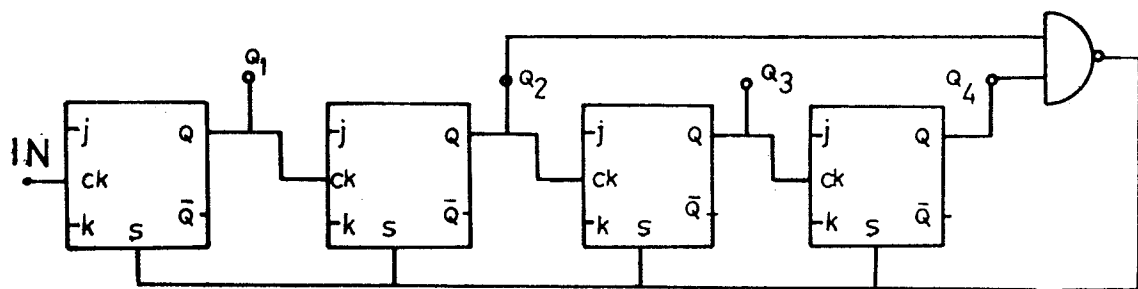
### نتیجه :

ساعت تمام ترانزیستوری دیژیتالی ساخته شده است که با شمردن نوسانات یک کریستال کوارتز و نگهداری آنها در حافظه خود می تواند در هر لحظه ساعت را با ۶ رقم نشان دهد این ارقام عبارتند از ثانیه ها

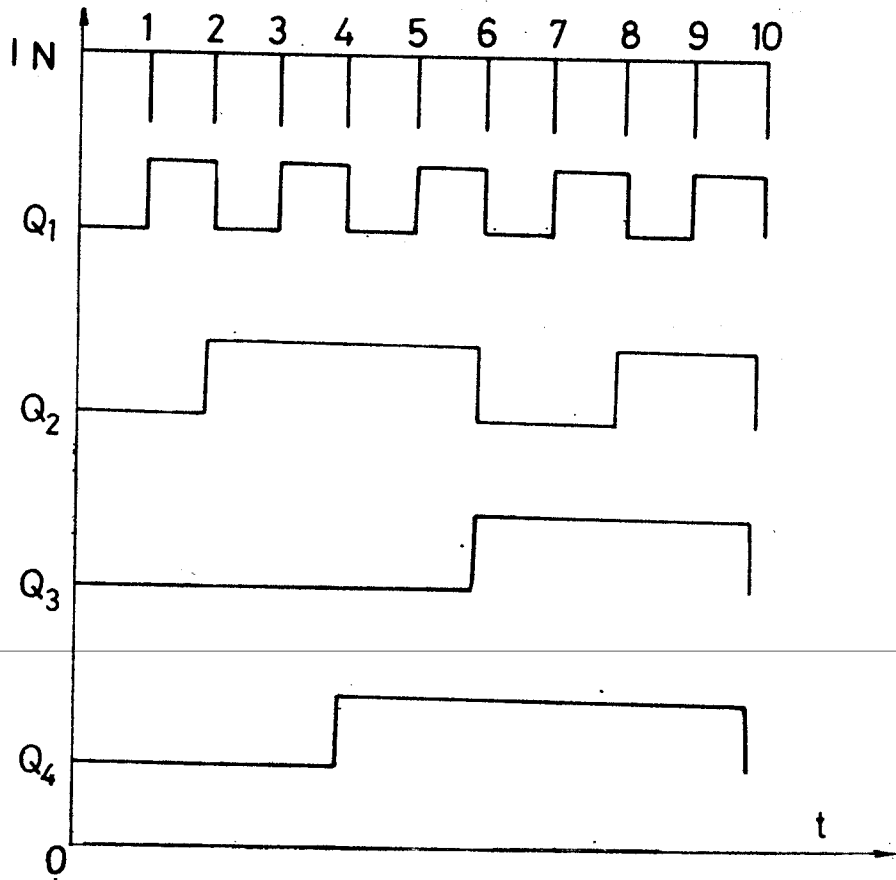
(دورقم) دقیقه‌ها (دورقم) وساعت‌ها (دورقم). دقت این ساعت بهتر از دو ثانیه در روز است و با استفاده از برق شهر یا باتری بطور اتوماتیک کار می‌کند .



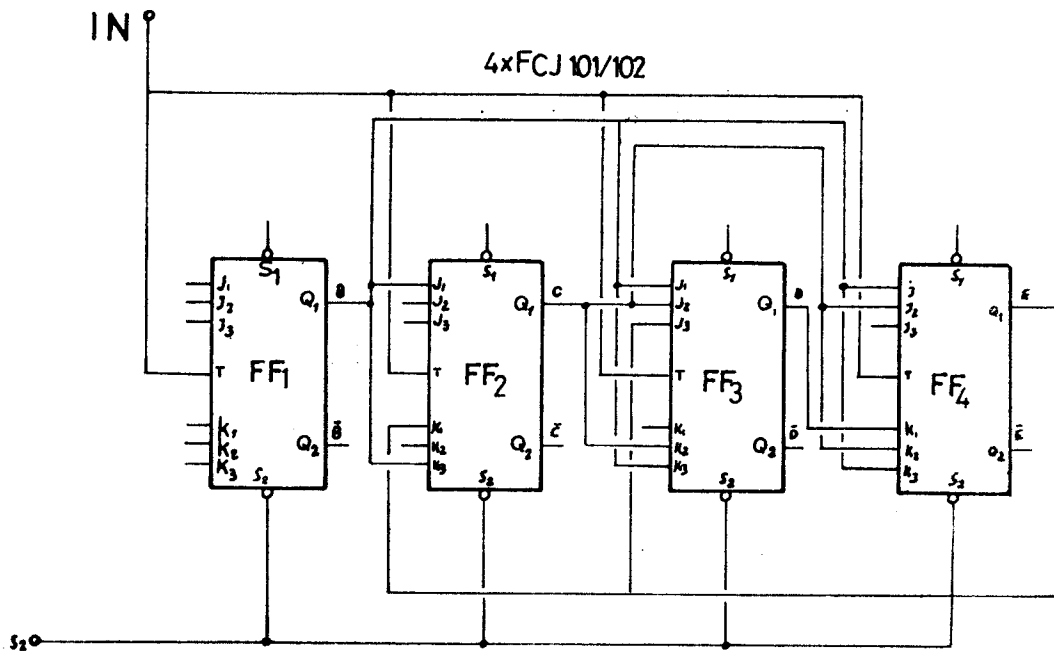
شکل ۱ - دیاگرام ساعت دیجیتال



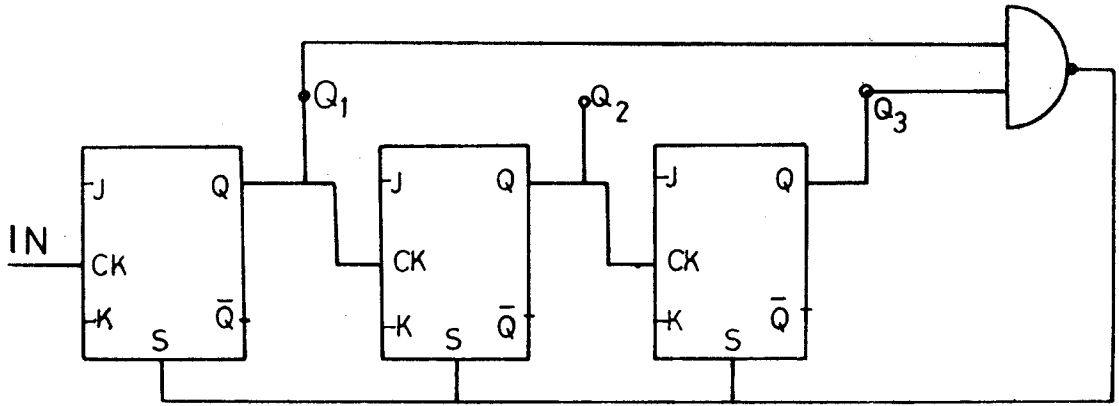
شکل ۲ - شماره ده - طرح شماره یک و شکل امواج خروجی‌ها



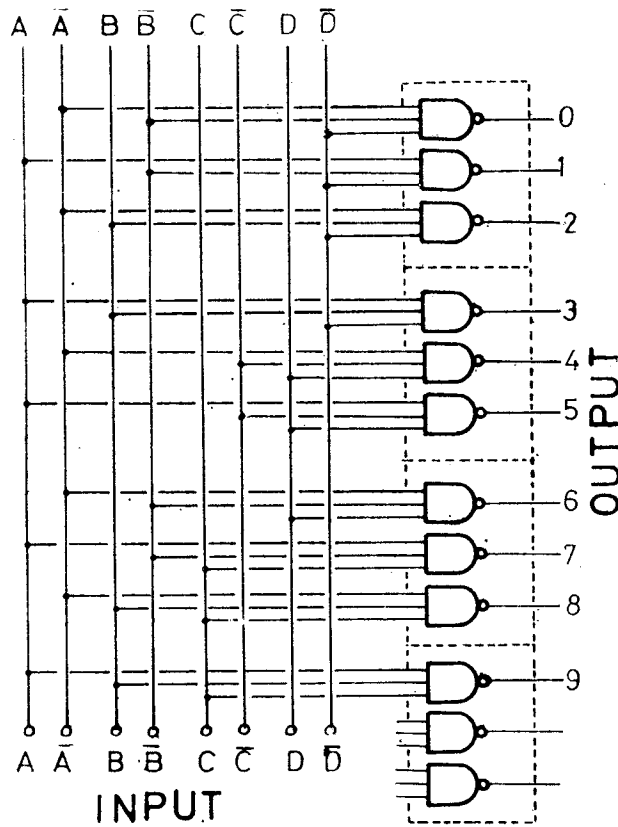
شکل ۲ الف



شکل ۳ - شمارنده ده - طرح شماره دو



شکل ۴ - شمارنده شش

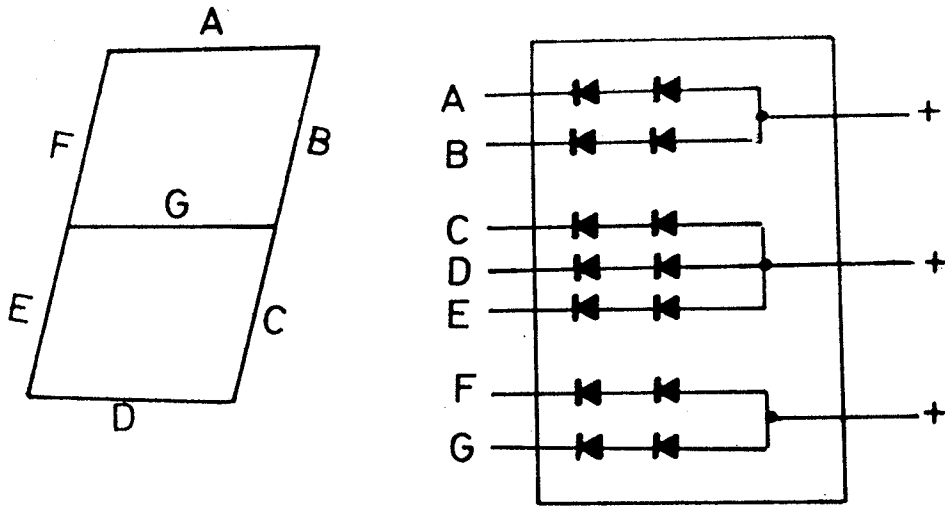


code 1-2-3-4

ABCD	
0 0 0 0	0
1 0 0 0	1
0 1 0 0	2
1 1 0 0	3
0 1 0 1	4
1 1 0 1	5
0 0 1 1	6
1 0 1 1	7
0 1 1 1	8
1 1 1 1	9

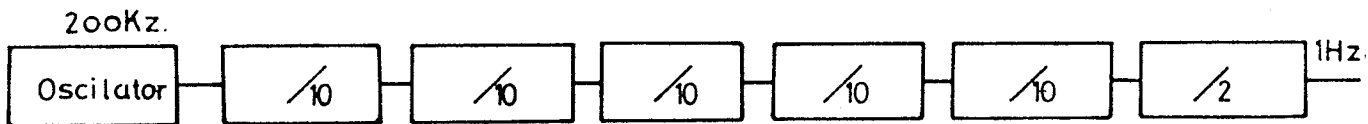
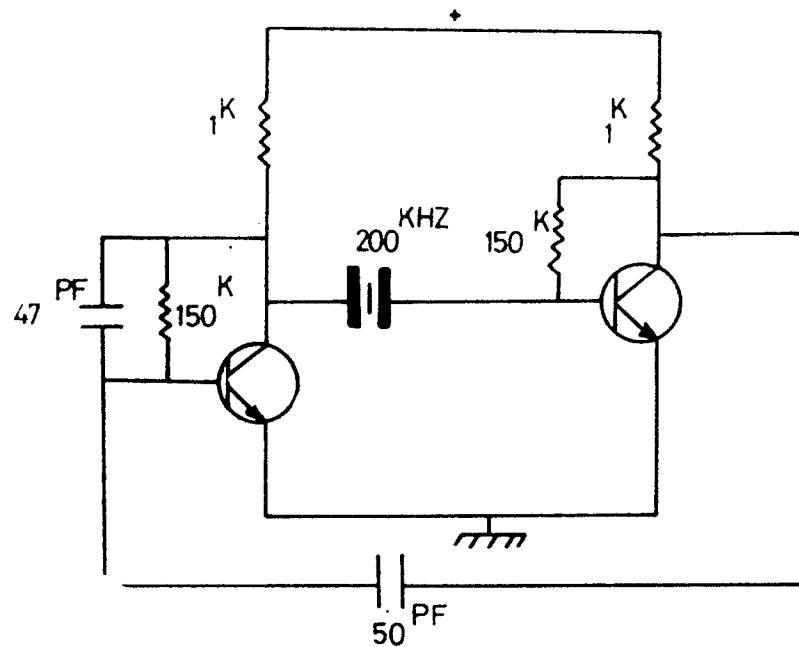
FCH 171

شکل ۵ = نمونه ای از دکودرها



شکل ۶ - چگونه عمل نشان دهنده‌های هفت قسمتی

0	A	B	C	D	E	F	
1		B	C				
2	A	B		D	E		G
3	A	B	C	D			G
4		B	C			F	G
5	A		C	D		F	G
6	A		C	D	E	F	G
7	A	B	C				
8	A	B	C	D	E	F	G
9	A	B	C			F	G



شکل ۷ - نویسناساز کریستالی و مدارهای تقسیم آن

#### منابع مورد استفاده

- 1 - Integrated Electronics by : Millean and Hakias
- 2 - Digital Electronics With Engineering Applications by : Vartanian and Sifferlen
- 3 - Circuits Integres Numeriques H. Iilen
- 4 - Fundametals of Silicon Integrated Device Technology. By : Burger and Bonovan
- 5 - Pulse Fundametals by : John M. Doyle