

فرکانس مترها و مدارات مختلف ارائه شده برای آن

مقدمه:

اصولاً یکی از ابزارهای مهم که در بخشهای مختلف سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی به کار گرفته می‌شود فرکانس متر می‌باشد. این ابزار می‌تواند به صورت آنالوگ یا دیجیتال پیاده سازی گردد. نکته مهم در پیاده سازی این ابزار توجه به محل استفاده و نیز محدوده فرکانسی مورد نظر می‌باشد.

امروزه عمدتاً به دلیل استفاده از مدارات دیجیتال و نیز پردازنده های با سرعت بالا در دستگاههای مختلف از فرکانس مترهای دیجیتال استفاده می‌شود و عملکرد این دستگاهها با بهبود سرعت این آی‌سی‌های دیجیتال روز به روز بهتر می‌شود. اما هنوز در فرکانسهای بسیار بالا این ابزارها ناکارآمد هستند و از ابزارهای تبدیل آنالوگ برای آشکار سازی فرکانسی استفاده می‌شود. از تفاوت‌های فرکانس مترهای دیجیتال و آنالوگ می‌توان به نحوه عملکرد آنها اشاره نمود. در فرکانس متر دیجیتال عمدتاً به طور مستقیم و با محاسبه زمان گذار از لبه بالا به پایین عمل سنجش فرکانسی انجام می‌گیرد حال آنکه در فرکانس مترهای آنالوگ از مشابه سازی فرکانس با کمیتی مانند ولتاژ و جریان بیشترت استفاده می‌گردد.

توجه داشته باشید گاهی ترکیبی از هر دو سیستم در اندازه گیری نقش دارد. به عبارتی بخشی از عملیات توسط سیستم آنالوگ و ما بقی دیجیتال خواهد بود.

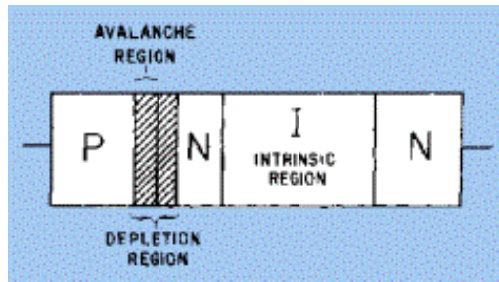
فرکانس مترهای دیجیتال معمولاً در بهترین شرایط نمی‌توانند بیش از 1GHz را اندازه بگیرند در حالی که فرکانس مترهای آنالوگ برای فرکانسهای در حد چندین گیگا هرتز نیز قابل استفاده می‌باشند.

فرکانس مترهای آنالوگ:

این ابزارها - همانگونه که در مقدمه به آن اشاره شد - شامل یک بخش آشکارساز می‌باشند. در این بخش از آشکار سازی سیگنال با فرکانس بالا - از آنجا که بیشتر در فرکانسهای میکروویو کاربرد دارند- به یک دیود آشکار ساز می‌تابد و این دیود توان -یا ولتاژ- متناسب با آن فرکانس را ارایه می‌دهد.

معمولاً این دیودهای آشکار ساز از جنس کریستال سلیکن که شامل سیم تنگستن نیز می‌باشد تشکیل شده است، به همین دلیل به آن دیود کریستالی -Crystal Diode- نیز گفته می‌شود.

نوع دیگر این دیودها AVALANCHE TRANSIT-TIME DIODES می‌باشد. از این دیودها با نام IMPATT (Impact Avalanche and Transit-Time) نیز یاد می‌گردد. این دیودها ساختاری متفاوت با دیودهای معمولی دارند. این دیود دارای چهار لایه می‌باشد که به صورت زیر نشان داده می‌شود.



برای آشنایی بیشتر با این خانواده از دیودها توضیحات مختصری در مورد اصول عملکردی این عناصر ارائه می‌گردد:

دیودها PIN:

این خانواده از دیودها به عنوان مقاومتی متغیر در فرکانسهای میکروویوی کاربرد دارند. این دیودها این قابلیت را دارند که بدون ایجاد اعوجاج در سیگنالهای مایروویوی مقاومت مسیر خود را تغییر دهند. از ویژگی مهم دیگر این سری از دیودها قابلیت کنترل سیگنالهای مایکروویوی با دامنه زیاد می‌باشد. بخش میانی آن تاثیر زیادی در دوام آن و عدم ایجاد اختلال در امواج دریافتی خواهد داشت.

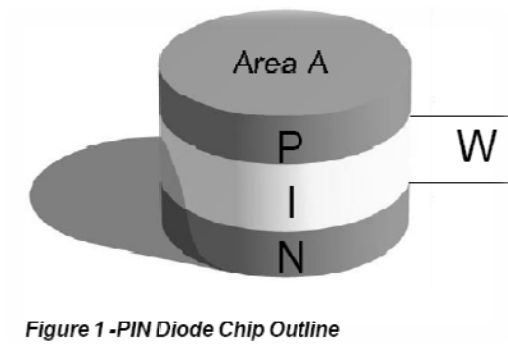


Figure 1 -PIN Diode Chip Outline

فرمول عناصر معادل آن با توجه به فرکانس دریافتی به صورت زیر می‌باشد.

در فرمولهای ارائه شده I_f مربوط به جریان بایاس مستقیم دیود می‌باشد.

$$R_S = \frac{W^2}{(\mu_N + \mu_p) Q} \quad [Ohms]$$

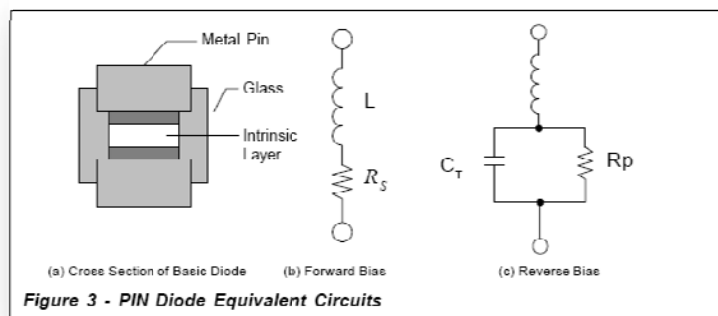
where: W = I-region width
 μ_N = electron mobility
 μ_p = hole mobility

$$R_S = \frac{W^2}{(\mu_N + \mu_p) \tau I_F} \quad [Ohms]$$

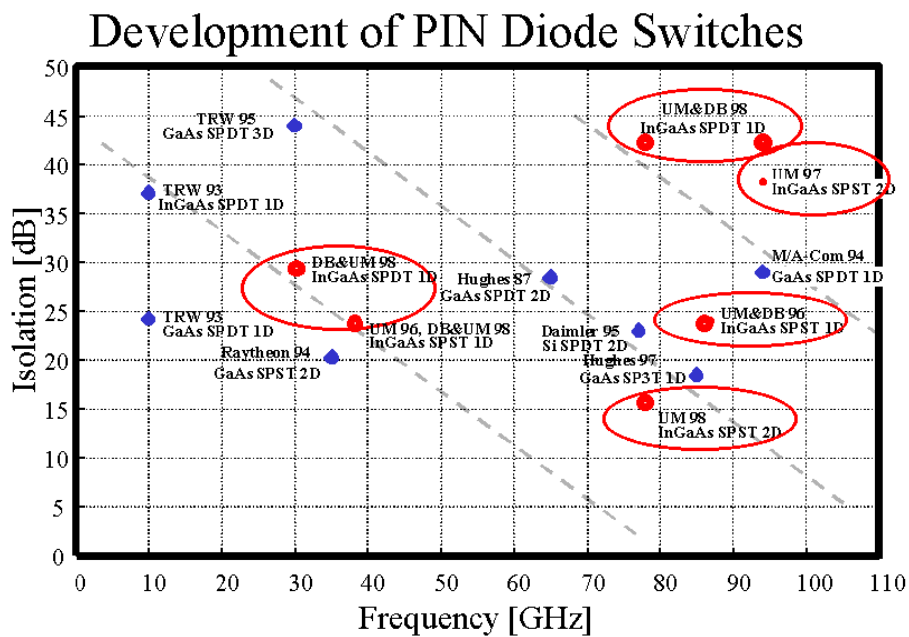
$$C = \frac{\epsilon A}{W} \quad [Farads]$$

where: ϵ = silicon dielectric constant
 A = junction area
 W = I-region thickness

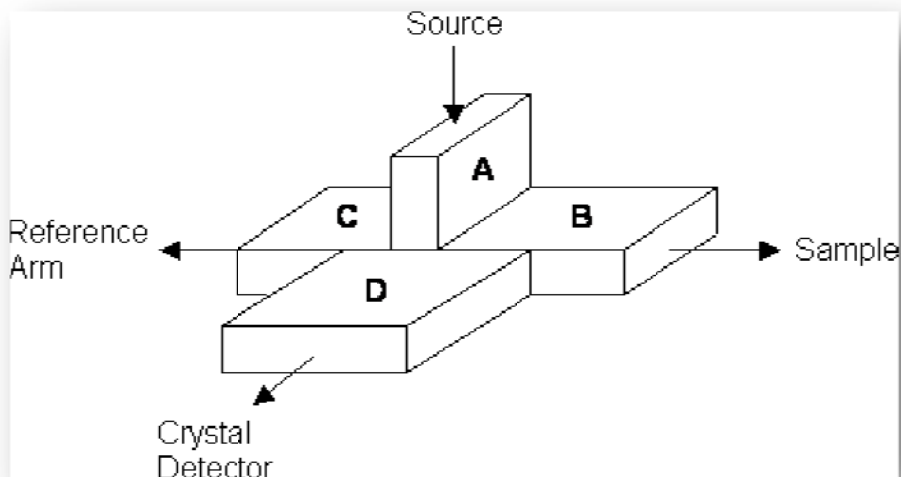
مدار معادل برای این نوع دیود را می توان به صورت زیر نشان داد:



مشخصه مقاومتی آن را می توان به صورت زیر نشان داد:



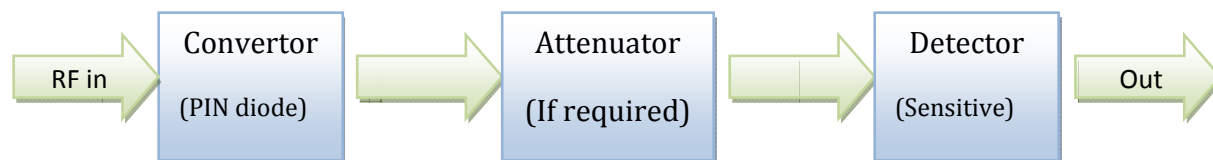
در مرحله بعدی، توان دریافت شده به بخش آشکار ساز انتقال می‌یابد. بخش آشکار ساز حساسیت بالایی دارد و در برخی از موارد به دلیل خروجی توان بالای آن از مسیر انتقالی Magic-T استفاده می‌گردد تا توان خروجی را به میزان مطلوب برای آشکار ساز کاهش دهند. شکل این قطعه Magic-T برای آشنایی بیشتر آورده شده است و خروجی آن به قسمت آشکار ساز نیز روی شکل مشخص است.



البته به جز Magic-T ممکن است بسته به نوع خروجی سیگنال از تضعیف کننده های دیگر نیز استفاده شود. محل قرار گرفتن این تضعیف کننده ها بسته به موارد کاربرد مختلف می باشد.

بعد از مرحله بالا عملگرهای پرازشی وارد سیستم خواهند شد. این عملگرها می توانند به طور کامل دیجیتال یا آنالوگ باشند. که بسته به محل استفاده و نوع مدار می توان هر یک از این بخش ها را مورد استفاده قرار داد.

معمولاً از مدارات آشکار سازی فرکانس بالا به طور مستقل استفاده نمی شود و معمولاً در ارتباط با سایر بخش های یک سیستم مخابراتی به کار می رود. به طور خلاصه می توان مسیر زیر را برای آشکار سازی فرکانسی در نظر گرفت:



فرکانس مترهای دیجیتال:

این گروه از فرکانس مترهای به شکلهای مختلف قابل پیاده سازی می‌باشند. معمولاً در انواع پیشرفته آن از پردازنده‌های قوی و پرسرعت استفاده می‌شود. انعطاف پذیری این دسته، بسته به فرکانس کاری پردازنده مورد استفاده، بالا می‌باشد. علاوه بر آن استفاده از پردازشگرها این امکان را می‌دهد تا علاوه بر عملیات تعیین فرکانسی برای عملکردهای همزمان دیگری نیز از آن بهره گرفته شود. صورت‌های دیگری همچون پیاده سازی با گیتها نیز در برخی موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد که به دلیل حجم زیاد کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد، مگر اینکه این توابع توسط پردازنده‌هایی با بلوکهای گیتی (همچون FPGA و CPLD ها) پیاده سازی گردد.

در ادامه توضیحات مختصری در مورد هر یک از سیستمهای بیان شده، آورده شده است.

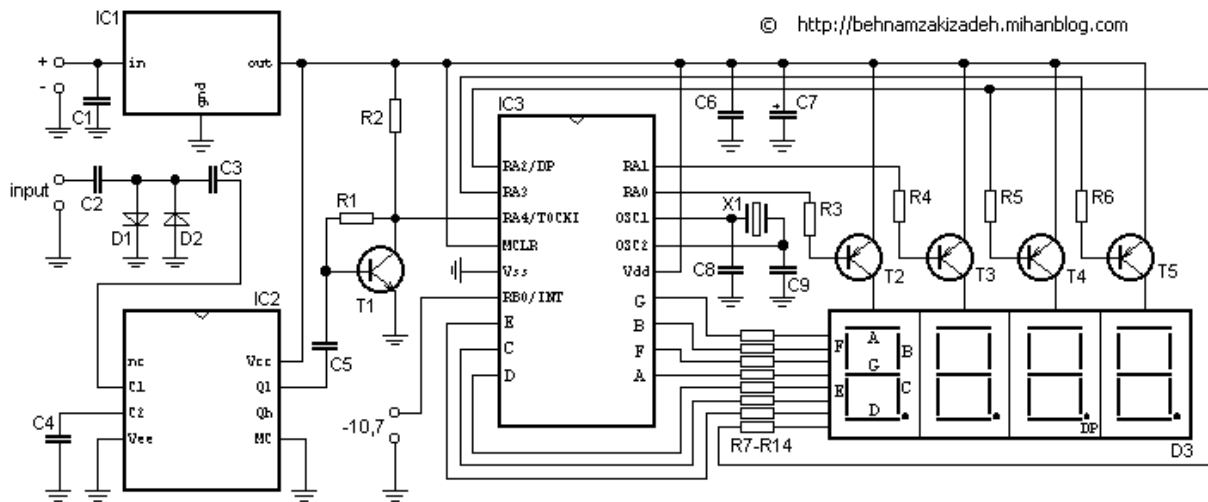
به طور خلاصه عملکرد این سری از مدارها به دو صورت می‌باشد که با توجه به مورد استفاده از آن ممکن است هر یک از آنها انتخاب گردد.

اولین بخش آن استفاده از تایمر و محاسبه زمان، از زمان اولین پرش تا پرش بعدی می‌باشد. به عبارتی دقیقاً یک پریود اندازه گیری شده و از روی آن فرکانس تعیین می‌گردد. واضح است در این روش با توجه به قابلیت وقفه در پردازنده ها زمان انتظار زیادی مورد نیاز نمی‌باشد و معمولاً در سیستمهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نیازمند به سرعت پردازش بالا هستند. مسلماً چنین سیستمی دارای دقت پایین تری خواهد بود البته برای فرکانسهای پایین بسیار مناسب عمل می‌کند اما در فرکانسهای بالا ممکن است با مشکل مواجه گردد.

دومین صورت عملکردی آن با استفاده از یک شمارنده قابل انجام می‌باشد. این بار بر خلاف حالت قبلی زمان ثابتی را در نظر می‌گیریم و با توجه به آن زمان تعداد پالسهای رسیده در آن زمان شمرده می‌شود. سپس با استفاده از پردازنده ها و اطلاعات موجود، فرکانس سیگنال ورودی تعیین می‌گردد. این روش مدت زمان بیشتری را نسبت به مورد قبلی نیاز دارد ولی دقت عملکردی آن بسیار بیشتر از مورد قبلی است. معمولاً از این روش در تعیین فرکانس، سیگنالهایی با فرکانس بالا بیشتر استفاده می‌شود.

مدار زیر که با استفاده از میکروکنترلر AVR طراحی شده است به صورت یک فرکانس متر عمل می‌کند.

مدار آن برای بررسی بیشتر آورده شده است. می‌توانید موارد بالا را با بررسی روی برنامه آن مورد باز بینی قرار دهید.



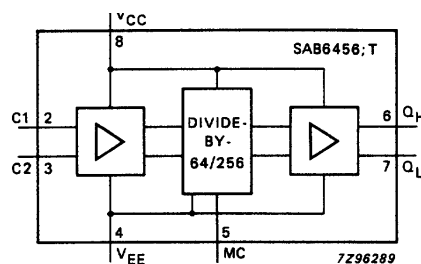
توضیحات مدار شماتیک:

در مدار بالا که عمل نمایش را بر روی نمایشگر 7 قطعه‌ای انجام می‌دهد. ابتدا در یک سمت از یک آرسی تقسیم کننده فرکانسی با شماره SAB6456 استفاده کرده است. وظیفه این آرسی کاهش فرکانس‌های بالا به اندازه قابل پردازش برای میکرو می‌باشد.

در مرحله بعدی با استفاده از یک میکروکنترلر خروجی مرحله قبل را دریافت داشته و با اعمال محاسبات لازم (با توجه به تقسیم انجام گرفته توسط SAB6456) فرکانس را بر روی نمایشگر نشان می‌دهد. با توجه به اینکه موضوع بحث در اینجا تنها روشن شدن طریقه آشکار سازی سیگنال می‌باشد در مورد نوع پردازشگر مورد استفاده و ریز برنامه آن بحث نخواهد شد. می‌توان با استفاده از هر نوع میکروکنترلری که برای شما قابل استفاده است هر یک از دو تابعی که در ابتدا از آن یاد شد را پیاده سازی کنید. باقی مدار هم شامل سویچ‌های معمولی برای راه اندازی بخش‌های مختلف می‌باشد.

توجه داشته باشید که اگر از سری AVR استفاده کنید، می‌توانید از LCD به عنوان وسیله نمایشگر ساده تر استفاده کنید. - امروزه عمدتاً از AVR به عنوان پردازشگر همه منظوره استفاده می‌شود.

بلوک دیاگرام مربوط به مقسم فرکانسی نیز در زیر آورده شده است. اگر اطلاعات بیشتری در این زمینه نیاز دارید می‌توانید از Datasheet مربوط به این آرسی استفاده کنید.



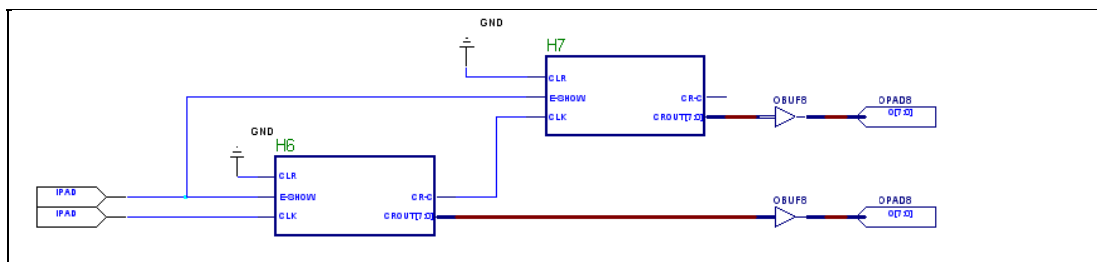
اما همانگونه که قبلاً نیز به آن اشاره گردید می‌توان یک فرکانس متر را با گیت‌های منطقی پیاده سازی نمود و نهایتاً با استفاده از FPGA آن را مورد استفاده قرار داد.

این بخش را به طور دقیق تر همراه با شبیه سازی با استفاده از نرم افزار Foundation ارائه می‌کنیم.

بخش اول:

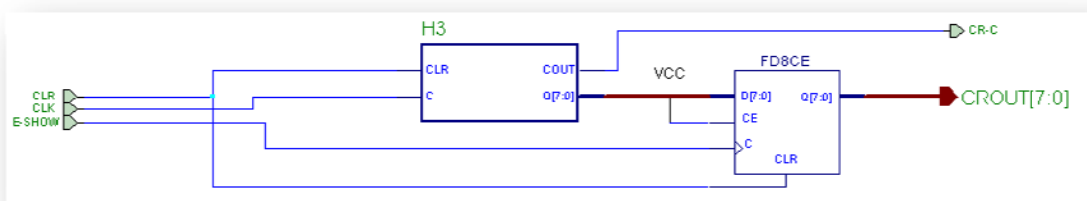
شمارنده تعداد پالسهای رسیده:

وظیفه این بخش شمارش تعداد پالسهای رسیده در مدت زمان خاص معین شده برای آن می‌باشد. البته این بخش تنها قادر است اعداد را روی چهار 7 Segment نمایش دهد. اگر لازم باشد که تعداد شمارش‌ها بیشتر شود تنها کافی ست تعداد بلوک‌ها - به صورتی که در زیر به هم متصل شده اند- را بیشتر کنیم در نتیجه قابلیت نمایش تعداد بیشتری عدد را خواهیم داشت .



هر یک از بلوکهای بالا شامل در یافت کننده کلاک اصلی و یک ورودی برای داشتن فرمان نمایش می‌باشد. دیاگرام داخلی ره یک از آنها به صورت زیر می‌باشد:

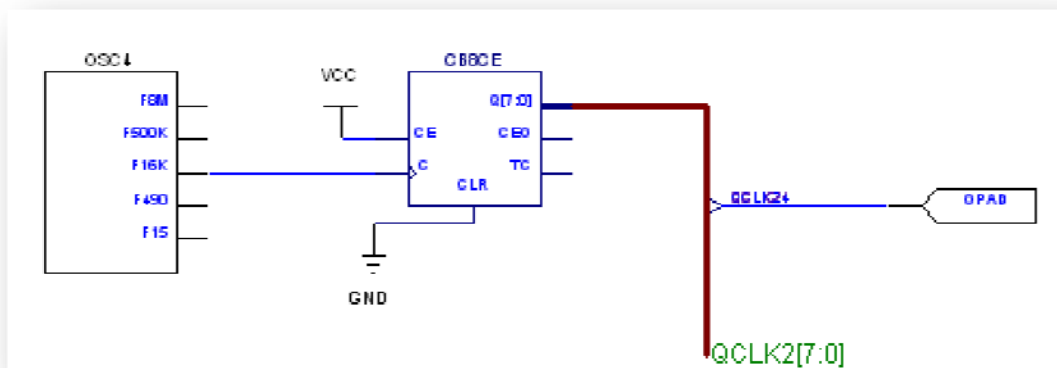
ملاحظه می‌کنید شامل دو بخش است یکی شمارنده 8 BCD بیتی و یک register 8 بیتی که به صورت ماکرو درآورده شده است.



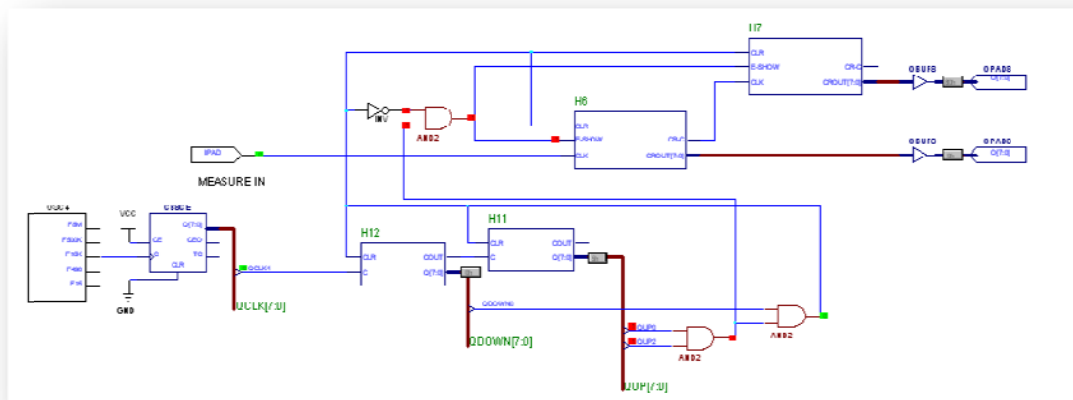
از آنجایی که شمارنده 8 بیتی وجود ندارد این بخش نیز به طور مجزا به صورت ماکرو درآمده است که هر به صورت زیر ارائه شده است:

باقی بخشهای شکل بالا نیز قبلاً توضیح داده شده است. و وظایف هر بخش و نیز مدارات داخلی آن به تفصیل بحث گردید.

از آنجایی که باید کلاک 2ms نیز توسط خود FPGA به طور داخلی تولید گردد از آی سی OSC4 استفاده شده است. برای تولید کلاک 2ms از یک کانتر 16 بیتی استفاده شده است که به صورت زیر نمایش داده شده است:



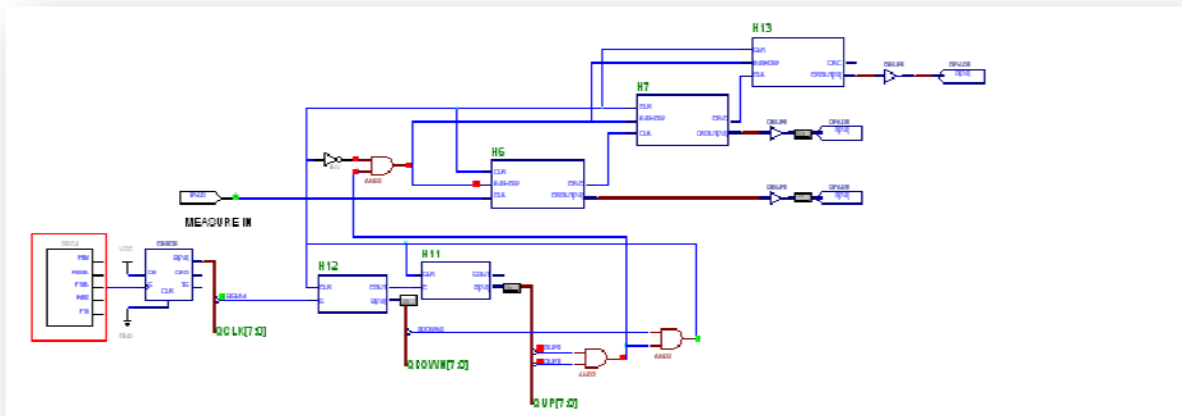
با استفاده از مدار بالا و با استفاده از فرکانس 16k می توانید کلاک 2ms را بسازید. با اضافه کردن این بخش به قبلی می توانید آن را به طور خارجی شبیه سازی نمایید.



با کامل شدن این بخش می توانید به طور کامل آن را روی FPGA پیاده سازی نمایید.

همانگونه که قبلاً از آن یاد کردیم ویژگی این مدار میزان اندازه گیری آن به اندازه سرعت سخت افزار و نیز قابلیت نمایش می باشد.

مدار بالا تنها می تواند تا چهار رقم را نمایش دهد. از مدار زیر برای نمایش 6 رقمی نیز می توان استفاده کرد:

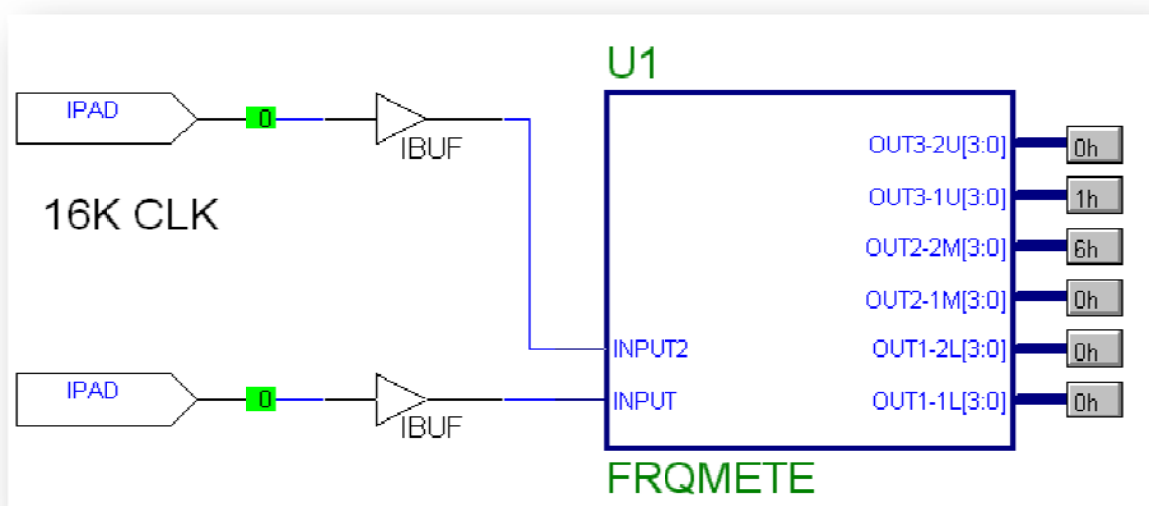


علاوه بر موارد بالا ، از انجایی که در این پروژه محدودیت پایه نداشتیم و نیز عملیات دیگری همراه با تعیین فرکانس از ابزار انتظار نداریم ، لذا نیازی به ایجاد یک خط اطلاعات و استفاده از refresh نمی باشد. ولی در صورت نیاز باید از این روش برای کاهش تعداد پایه ها استفاده نمود.

برای رفع این مشکل می توان از تعیین محدوده - KHz or Hz or MHz - استفاده نمود . به عبارتی از دقت دستگاه کم کنیم.

دقت سیستم فوق تا 1Hz می باشد.

شکل نهایی ارایه شده به صورت زیر می باشد . که به صورت یک بلوک مستقل نشان داده شده است: مدار داخلی آن هم تقریباً به فرم بالا می باشد.



در بلوک بالا می بینید که خروجی در مبنای 16 هر یک از باید به طور مستقل به یک 7 segment متصل گردد. باید به یکی از ورودی آنها کلک 16K داده شود. این کار را می توانید با استفاده از OSC4 انجام دهید.

با استفاده از توابعی که قبلاً نیز به آن اشاره شد نیز می توان چنین چیزی را ارائه کرد که در اینجا به این کار نمی پردازیم.

از آنجایی که هدف اصلی از نوشتن چنین تحقیقی ارائه پروژه ای در زمینه شبیه سازی و ساخت فرکانس متر دیجیتال بوده است در ادامه بخشی از مستندات مربوط به آن را اضافه می کنیم تا عملکرد کلی مدار شامل تحقیق در مورد تاخیرها و سایر موارد بیشتر روشن گردد.

NGDBUILD Design Results Summary: این اخطارها عمدتاً به خاطر قرار ندادن بار بوده است.

Number of errors: 0

Number of warnings: 28

Section 4 - Removed Logic Summary میزان ساده سازی مدار را نشان می دهد.

394block(s) removed

18 block(s) optimized away

371 signal(s) removed

Listing Pin Delays by value: (ns) میزان تاخیر کلی را بیان می دارد.

d < 1.00 < d < 2.00 < d < 3.00 < d < 4.00 < d < 7.00 d >= 7.00

95 97 16 5 19 0

Input file: map.ncd در این قسمت نوع بسته مورد استفاده و نیز ترتیب پایه های آن آمده است.

Output file: frqmeter.ncd

Part type: xcs10

Speed grade: -4

Package: pc84

Pinout by Pin Name:

.....

Pin Name	Direction	Pin Number
\$Net00085_	INPUT	P60
\$Net00086_	INPUT	P25
U1/OUT1-1L<0>	OUTPUT	P20
U1/OUT1-1L<1>	OUTPUT	P19
U1/OUT1-1L<2>	OUTPUT	P24
U1/OUT1-1L<3>	OUTPUT	P23
U1/OUT1-2L<0>	OUTPUT	P83
U1/OUT1-2L<1>	OUTPUT	P84
U1/OUT1-2L<2> (TCK)	OUTPUT	P16
U1/OUT1-2L<3>	OUTPUT	P4
U1/OUT2-1M<0>	OUTPUT	P59
U1/OUT2-1M<1>	OUTPUT	P45
U1/OUT2-1M<2>	OUTPUT	P44
U1/OUT2-1M<3>	OUTPUT	P41
U1/OUT2-2M<0>	OUTPUT	P46
U1/OUT2-2M<1>	OUTPUT	P47
U1/OUT2-2M<2>	OUTPUT	P48
U1/OUT2-2M<3>	OUTPUT	P49
U1/OUT3-1U<0>	OUTPUT	P82
U1/OUT3-1U<1>	OUTPUT	P81
U1/OUT3-1U<2>	OUTPUT	P80
U1/OUT3-1U<3>	OUTPUT	P69
U1/OUT3-2U<0>	OUTPUT	P5
U1/OUT3-2U<1>	OUTPUT	P7
U1/OUT3-2U<2>	OUTPUT	P3
U1/OUT3-2U<3>	OUTPUT	P6

Max Delay (ns) | Netname |

میزان تاخیر هر یک بلوکها به طور مستقل آمده است.

6.793	U1/\$Net00075_
5.874	U1/\$Net00005_
4.501	\$Net00087_
3.273	U1/\$Net00079_
3.005	\$Net00084_
2.983	U1/OUT2M1
2.852	U1/\$Net00057_

2.524	U1/OUT2M0
2.468	U1/OUT1L1
2.460	U1/H13/H3/\$Net00054_
2.345	U1/H6/H3/\$Net00054_
2.165	U1/OUT3U5
2.092	U1/QCLK4
2.033	U1/H12/\$Net00054_
1.919	U1/OUT1L0
1.821	U1/OUT2M4
1.803	U1/OUT3U3
1.617	U1/OUT2M7
1.605	U1/OUT1L3
1.571	U1/OUT2M2

-----+

در پایان از زحمات آقای مهندس ابراهیم سپیدبر و مهندس امین رشیدی زاده کمال تشکر را دارم.

جواد مرادی javad.moradi@yahoo.com

دانشگاه صنعتی امیرکبیر بهار 1386