

تفاوت فیلتر های فعال و فیلتر های غیر فعال:

در قدیم تکنولوژی سافت فیلتر از المان های غیر فعال ( مقاومت ، فازن ، سلف ) استفاده می کردند که این مدارات دارای پاسف فیلری تیز داشته باشند که چنین فیلتر هایی در فرکانس بالا خوب کار می کردند ولی مسئله ای که مهم است القاگرهای مورد نیاز بزرگ و از نظر فزیک میم و نیز گران هستند و با داشتن تلفات از ایده ال فاصله دارند و همانند دیگر المان های مدارهای با مطلوب فاصله دارند و علاوه بر داشتن مقاومت سری در سیم پیچ ها و ظرفیت توزیع شده سیم پیچ ها و استعداد تداخل مغناطیسی دارند و این ها باعث می شود که تابع انتقال از مد ایده آل دور باشد و دیگر اینکه برای مدارات با درجه بالا که با پشت سر هم قرار دادن مدارات RLC تولید می شوند شیب تندی در پایین افتادن تولید می کند اما پاسف برمسب فرکانس تیز نیست و نقطه 3dB کلی برمسب فرکانس کم می شود. با پیشرفت تکنولوژی نیمه هادی ها و سافت مدارات مجتمع طراهان توان \_ نسته اند از آپ امپها به عنوان بخشی از طرامی فیلتر بدون استفاده از سلف را امکان پذیر سازند که مشخصه سلف را با استفاده از آپ امپ و فازن و مقاومت که امپدانس منفی ( نسبت به فازن ) را ایجاد کرده و فواص سلف را تولید کند.

مدارات NIC امپدانس را به منفی آن تبدیل می کند .

که این تکنولوژی باعث پیدایش فیلتر های فعال شد . به این فیلتر به دلیل وجود المان فعال ( آپ امپ ) فیلتر های فعال می گویند که برای هر فیلتری به طور کلی تابع انتقال به صورت زیر تعریف می شود.

$$T(s) = \frac{a_m s^m + a_{m-1} s^{m-1} + \dots + a_0}{s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_0}$$

که درجه مخرج ( n ) نشانگر مرتبه فیلتر است و یا به اصطلاح مداری به تعداد قطب های موجود در تابع انتقال که نشانگر مرتبه فیلتر می باشد.  
 که برای پایداری فیلتر باید درجه صورت از درجه مخرج کمتر باشد. و می توان با ساده سازی به عبارت زیر رسید که قطب ها و صفرها را مجزا نشان می دهد.

$$T(s) = \frac{a_m(s - z_1)(s - z_2) \dots (s - z_m)}{(s - p_1)(s - p_2) \dots (s - p_n)}$$

که نشانگر صفرهای تابع انتقال که می تواند عدد حقیقی یا مختلط باشند.

ساده ترین فیلترها؛ فیلترهای مرتبه اول و دوم است که بعلاوه کیفیت خود در طراحی فیلترهای ساده مفید هستند فیلترهای مرتبه اول و دوم برای تمقق فیلترهای مرتبه بالا به صورت متوالی استفاده می شوند که یکی از متداول ترین روش های ساخت فیلتر فعال است.

از آنجایی که قطب های فیلترهای فعال اکثر به صورت قطب های مزدوج هستند . تابع انتقال مرتبه بالاتر را می توان به صورت حاصلضرب توابع مرتبه دوم نوشت که اگر از درجه T(s) فرد باشد مرتبه اول نیز در حاصلضرب شرکت می کند که اگر فروجی هر سافتار ( مرتبه اول یا مرتبه دوم )؛ یا یانه فروجی OP AMP باشد امپدانس فروجی کم ( در ایده ال صفر ) که با وصل نمودن پشت سرهم ( متوالی ) توابع انتقال سافتارهای جداگانه تغییر نمی کند و بدین ترتیب T(s) کلی برای سیستم های متوالی با حاصلضرب توابع انتقال تک تک سیستم ها در یکدیگر خواهد بود .

بررسی فیلترهای مرتبه دوم به عنوان فیلتر پایه که تابعی انتقالی به

صورت زیر دارد.

$$T(s) = \frac{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{s^2 + \left(\frac{\omega_0}{Q}\right)s + \omega_0^2}$$

که " $\omega_0$  ،  $Q$ " تعیین کننده حالات طبیعی ( قطب ها ) مطابق زیر است.

$$p_1, p_2 = -\frac{\omega_0}{2Q} \pm j\omega_0 \sqrt{1 - (1/4Q^2)}$$

که  $Q$  ضریب کیفیت و  $\omega_0$  فرکانس قطع مدار است.

که  $\omega_0$  فاصله شعاعی حالات طبیعی از مبدأ است که فرکانس قطب نیز می گویند و  $Q$  فاصله قطب ها از محور  $\omega$  است که هر چه قدر بزرگتر باشد قطب

ها به محور  $\omega$  نزدیک تر است و پاسخ فیلتر تیز تر خواهد شد که با  $Q \rightarrow \infty$

باعث می شود که قطب ها روی محور  $\omega$  قرار گیرند که نتیجه آن نوسان

های پایداری است  $Q$  منفی باعث می شود قطب در سمت راست محور

$\omega$  قرار گیرند که باعث نوسان مدار می شود.

ضرایب صورت  $T(s)$ ؛  $(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2)$  نوع فیلتر را معین می سازد.

که در حالت LP صفر انتقال در  $S = \infty$  است .

که در حالت HP صفر انتقال در  $S = 0$  است .

در حالت میان گذر یک صفر انتقال در  $S = 0$  و یکی در  $S = \infty$  است و پاسخ

overshoot در  $\omega = \omega_0$  خواهد داشت که به نام فرکانس مرکزی می خوانیم

و دو فرکانس که پهنای باند را معین می سازد به صورت زیر تعریف می

شود:

$$\omega_1, \omega_2 = \omega_0 \sqrt{1 + (1/4Q^2) \pm \omega_0/Q}$$

و پهنای باند را داریم :

$$BW = \omega_2 - \omega_1 = \omega_0/Q$$

که با افزایش  $Q$  ،  $BW$  کمتر می شود.

اگر صفر انتقال روی محور  $j\omega$  در محل های فرد مزدوج مختلف  $\pm/\omega_n$  قرار گیرند پاسخ دامنه دارای یک صفر انتقال در  $\omega = \omega_n$  خواهد داشت که فرکانس notch نامیده می شود که سه حالت برای فیلتر notch وجود دارد. Notch عادی؛ وقتی که

$$\omega_0 = \omega_n$$

Notch پایین گذر؛

$$\omega_0 < \omega_n$$

Notch بالا گذر؛

$$\omega_0 > \omega_n$$

که در همه حالات *Notch* انتقال در  $s=0$ ؛  $s=\infty$  محدود است.

این بدین معنی است که هیچ صفر انتقالی در  $s=0$  و  $s=\infty$  وجود ندارد.

از انواع فیلتر های فعال می توان فیلتر باترورثوپی شیف را نام برد که

باترورث فیلتری است دارای کاهش انتقال یکنواخت صفر های انتقال در  $\omega =$

$\infty$  که آن را فیلتر تمام قطب می سازد. که تابع انتقال آن برابر است با:

$$T(j\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^{2N}}}$$

درجه فیلتر یا تعداد قطب هاست که با افزایش تعداد قطب ها  $N$  که در آن

پاسخ باند عبور را تفت ترمی کند که ماکزیمم انحراف در انتقال باند عبور فقط

در لبه باند عبوری روی می دهد. یعنی فرکانس صفر به طور فوق العاده ای

نزدیکی  $\omega_0$  تفت است و اتفاق می افتد.

و نیز پی شیف با مجاز دانستن مقداری (پیل در سراسر باند عبور، تیزی زانو را

زیادتر می کند و تمام صفر های انتقال فیلتر پی شیف در  $\omega = \infty$  است در

نتیجه این فیلتر نیز تمام قطب است.

اندازه تابع انتقال با مرتبه  $N$  به صورت زیر است :

$$T(j\omega) = \frac{1}{1 + \cos^2[N \cos^{-1}(\omega/\omega_p)]}$$

فیلتر بسل فیلتری با شیفیت های فازی بزرگ؛ یک فیلتر با فاز فطی یعنی با تاخیر زمانی ثابت که در موج هایی که اعوجاج دارند از این نوع فیلتر استفاده می شود. که شیفیت فاز آن با فرکانس به طور فطی تخیر می کند .

مال با توضیحات فوق ما مداری ایده آل نداریم و هدف ما از این همه تحلیل و کنکاش یافتن ویژگی هایی است که ما را به فواسته خود نزدیکتر کند و ما در فیلتر های فعال دنبال ویژگی های ذیل هستیم:

کوچک کردن قطعات با این که در فیلتر های غیر فعال هم صادق است چرا که همان طور که گفتیم سلف برای فرکانس های پایین دارای مجم زیاد و گران قیمت است و نیز نمی توان به صورت مدارات مجتمع سافت ولی آپ امپ به عنوان مدار مجتمع در بازار وجود دارد این مزیتی است برای فیلتر های فعال نسبت به فیلتر های غیر فعال .

(b) سهولت تنظیم : باز سر سلف می (ویم) که همان طور که در قسمت a گفتیم تزویج و مغناطیس زایی آن کار را برای تنظیم سفت ترمی کند. البته تنظیم آپ امپ نیز در فرکانس های بالامشکلات و ممدودیت هایی دارد .

(c) گستردگی کوچک مقادیر قطعات که سلف در فرکانس های کوچک دارای مجم بزرگتر است به طرف غیر ایده آل بودن می رود .

البته آپ امپ نیز ایراداتی را برای ما ایجاد فواهد کرد که از قبیل slow reid و پهنای باند و نیز داشتن امپدانس فروجی که کم است.

با تشکر مجتبی پاک ایلفچی

<http://bahramelectronic.com>