تکنیک پالس

(بخش اول)

استاد سادات نوری

تهیه و تنظیم :

www.tbi-net.com

الکترونیک پایه ۱ استاد سادات نوری

مراجع : ۱) تحلیل و طراحی مدارات الکترونیک پایه

نویسنده : میلمن هالکیاس مترجم : محمود دیانی یا سعید عاضی نوری

۲) اصول و طراحی مدارات الکترونیک پایه مولف : دکتر محمدی

۳) الکترونیک پایه ۱ مولف : دکتر اکبرادیسی

فهرست مطالب :

۱) آشنایی و تعریف شکل موج های مختلف (پالسی - نمایی - مثلثی و ...)

۲) مدارهای RC بالاگذر و پایین گذر

۳) مدارهای سوئیچینگ و المان های کوپل شده (دیود / ترانزیستور)

۴) مدارهای مولتی ویبراتور { آستابل / مونواستابل / بی استابل }

۵) آشنایی با آی سی ۵۵۵ و مباحث موج های مربعی و مثلثی با آن .

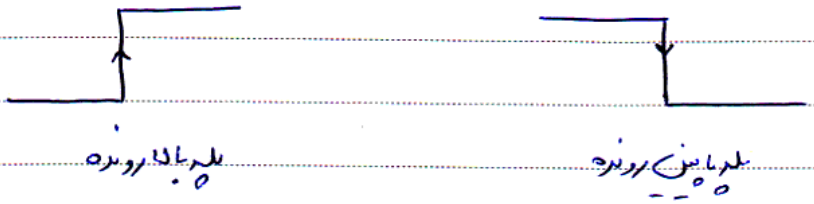
۶) استفاده از گیت های منطقی CMOS برای ساخت مولتی ویبراتورها .

P4PCO

www.tbi-net.com

فصل اول :

تعریف پالس ایده آل : پالس ناگهانی از یک سطح ولتاژ به سطح ولتاژ دیگر را پالس ایده آل گویند.



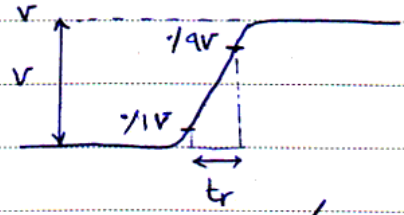
پالس واقعی (غیر ایده آل) : به علت وجود المان های الکترونیکی نظیر دیود و ترانزیستور و به علت تأخیر ایشون المان ها

معمولاً پالس ها به صورت غیر پرسش هستند.

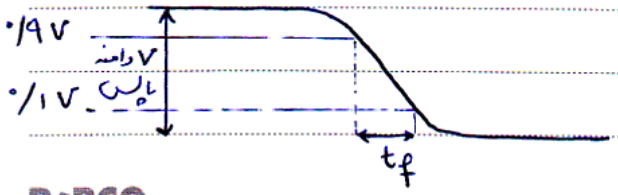
زمان های صعود و نزول :

زمان صعود (t_r) : مدت زمانی است که پالس از ۱٪ مقدار ماکزیمم به ۹۰٪ می رسد.

rise time



زمان نزول (t_f) : فاصله زمانی بین ۹۰٪ دامنه تا ۱۰٪ دامنه پالس را گویند.



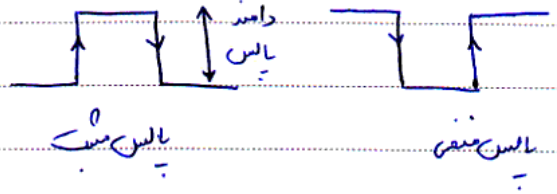
fall time

زمان افت

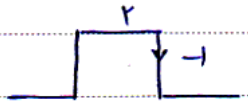
PAPCO

www.tbi-net.com

تعریف پالس ایده‌آل: تغییر آنی از یک سطح ولتاژ مبنا به سطح ولتاژ دیگر و بازگشت آنی به همان سطح ولتاژ مبنا پالس ایده‌آل گویند. در پالس ایده‌آل $t_r = t_f = 0$

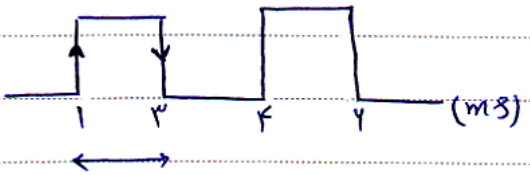


دامنه پالس: مقدار یک تا یک پالس، صرف نظر از مقدار dc آن.



دامنه پالس: $۲ - (-۱) = ۳$ ولت

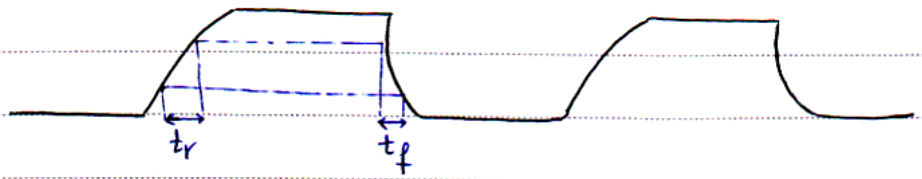
پهنای پالس (t_p): فاصله‌ی بین دو لبه‌ی مثبت و منفی پالس در قسمت بالای شکل موج.



$t_p = ۳ - ۱ = ۲ ms$

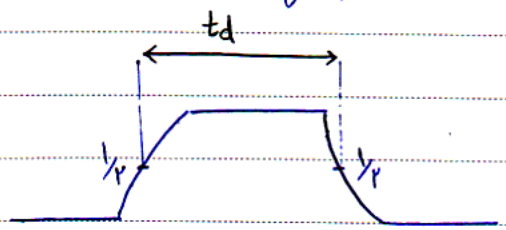
پالس واقعی: دارای زمان‌های صعود و نزول غیر صفر می‌باشد و لبه‌های ایده‌آل ندارد. در پالس واقعی:

$t_r, t_f \neq 0$

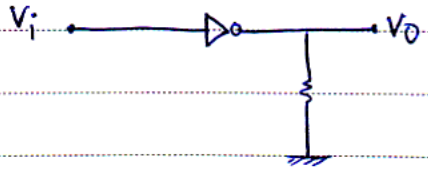


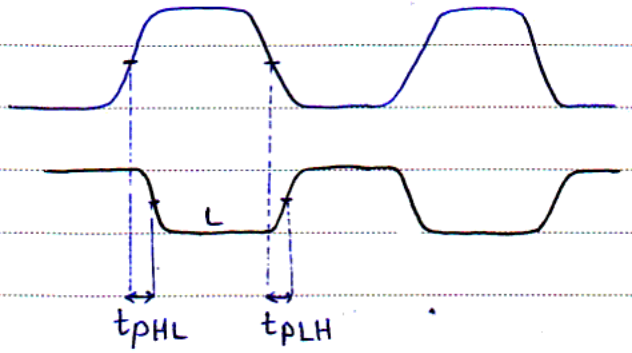
* در پالس واقعی حتماً t_r و t_f وارد نشده.

زمان تأخیر t_d : فاصله‌ی زمانی بین ۵۰٪ دامنه در لبه‌های منفی و مثبت پالس.



t_{pHL} : زمان تأخیر از حالت high به low.





خروجی هم است H به L
یعنی H به L خروجی

C_{gb} ، C_{gd} ، C_{db}

علت تأخیر خروجی در ترانزیستور و غیره است.

- d : drain
- g : gate
- b : bulk بدنه

پالس متناوب : در صورتی که یک پالس یا یک دوره تناوب ثابت تکرار شود به آن پالس متناوب گویند.

T (دوره تناوب پالس) : فاصله‌ی زمانی بین دو لحظه‌ی هم فاز آنها.

$PRf = \frac{1}{T} = f$: فرکانس تکرار پالس که واحد آن Hz پالس در ثانیه می‌باشد.

pulse per second

pulse Repeatation frequency

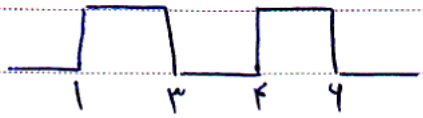
دوره کارکرد: نسبت پهنای پالس (tp) به دوره تناوب پالس (T) را گویند.

duty cycle

$$\text{duty cycle} = \frac{tp}{T} \times 100$$

برحسب درصد

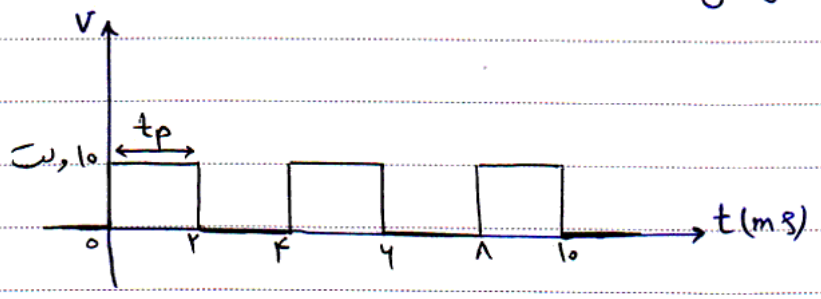
مثال قبلی:



$tp = ۲ ms$

$T = ۳ ms \Rightarrow \text{duty cycle} = \frac{۲}{۳} \times 100 = ۶۶,۶\,\%$

موج مربعی: پالسی است که duty cycle آن ۵۰٪ باشد یا $T = ۲\,tp$.

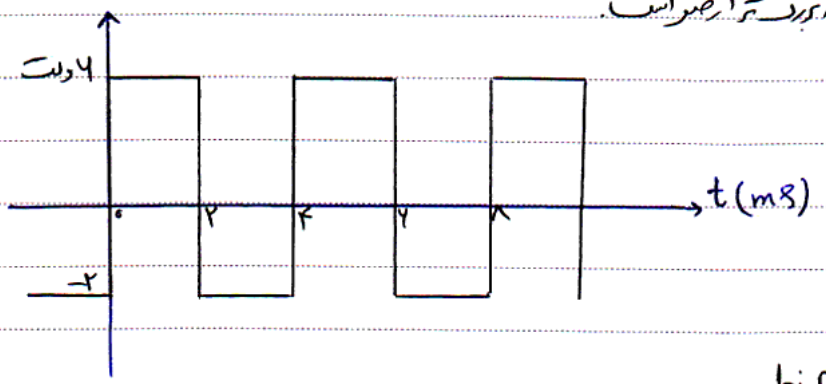


- موج مربعی یک قطبی

unipolar

مقدارش منفی نمی‌شه همیشه بزرگ‌تر از صفر است.

$\begin{cases} T = ۴ ms \\ tp = ۲ ms \end{cases}$



موج مربعی دو قطبی

bi Polar

$\begin{cases} T = ۴ ms \\ tp = ۲ ms \end{cases}$

www.tbi-net.com

مقدار dc یک پالس متناوب : (روش اول)

$$dc = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\,dt = F_{dc}$$ مقدار متوسط dc تابع f(t)

برای مثال بالا :

$$dc = \frac{1}{4}\int_{0}^{2} 4\,dt + \frac{1}{4}\int_{2}^{4} -2\,dt$$

$$= \frac{1}{4}(4)(2) + \frac{1}{4}(-2)(2) = 3 - 1 = 2\,V$$

(روش دوم) :

$$dc = \frac{1}{T}\int_{0}^{tp} f_1(t)\,dt + \frac{1}{T}\int_{tp}^{T} f_2(t)\,dt$$

$$= \frac{1}{T}\left[f_1 . tp + f_2(T - tp)\right] = f_1 . \frac{tp}{T} + f_2\left(1 - \frac{tp}{T}\right)$$

(دامنه پالس) (دامنه منفی) duty cycle

$$= f_1 . \text{duty cycle} + f_2(1 - \text{duty cycle})$$

برای مثال قبل :

$$dc = 4 \times \frac{1}{2} + (-2)\left(1 - \frac{1}{2}\right) = 3 - 1 = 2\,V$$

انواع اعوجاج های پالس :

۱) اعوجاج لبه : (یا افزایش زمان های صعود و نزول)

در صورتیکه یک سیستم یا فیلتر در هنگام عبور پالس ورودی ، لبه های آن را کش از بدهد افزایش زمان اعوجاج لبه خواهیم داشت.

$$t_{r_{out}} \geq t_{r_{in}} + 10\% \, t_{r_{in}}$$

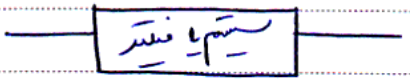
$$t_{f_{out}} \geq t_{f_{in}} + 10\% \, t_{f_{in}}$$

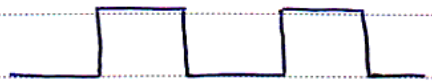
www.tbi-net.com

Subject:

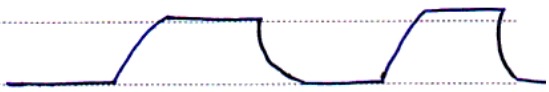
Year. Month. Date. ( )

در این صورت اعوجاج به خواهیم داشت.



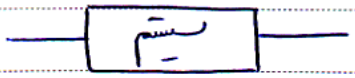


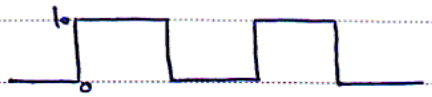
پالس ورودی



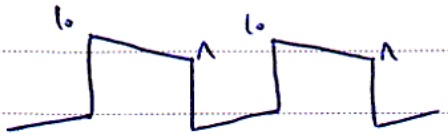
اعوجاج لبه دارد.

۲) اعوجاج کمی: درصورت عبور پالس از یک سیستم، دامنه ممکن است کاهش یابد. درصورتیکه دامنه پس از ٪۱۰ کاهش یابد اعوجاج کمی داریم.





ورودی

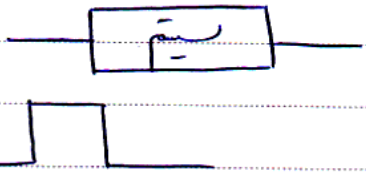


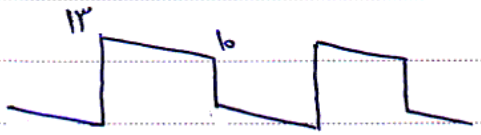
مقدار کمی: ۱۰ − ۸ = ۲

درصد کمی: $\frac{۲}{۱۰} \times ۱۰۰ = ۲۰٪$

کمتر از ٪۱۰ صرف نظر می‌کنیم بیشتر از ٪۱۰ لحاظ می‌کنیم.

۳) اعوجاج بالازدگی (over shot): حون این اعوجاج روی دامنه است ملاک ٪۱۰ است.





مقدار بالازدگی: ۱۳ − ۱۰ = ۳

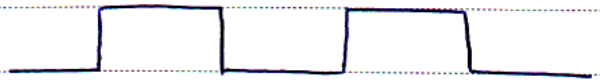
$\frac{۳}{۱۰} \times ۱۰۰ = ۳۰٪$

معمولاً خازن‌ها در مدار است (یک لحظه اتصال کوتاه می‌شود)

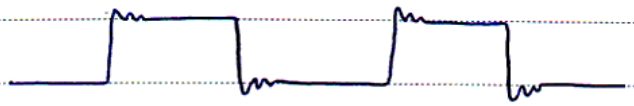
P4PCO

www.tbi-net.com

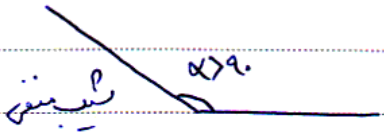
۴) اعوجاج نوسانی: در اثر وجود L و C در مدار اتفاق می‌افتد.

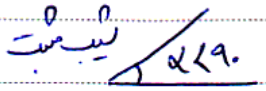


بیش از ۱۰٪ باید باشد.

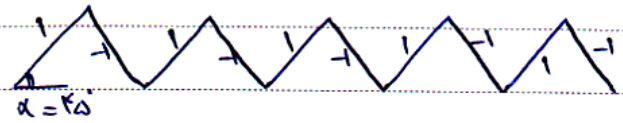


موج شیب: تغییر خطی در طبع و تند را شیب گویند.

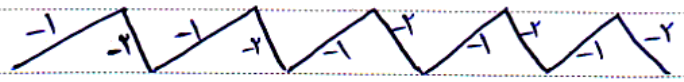




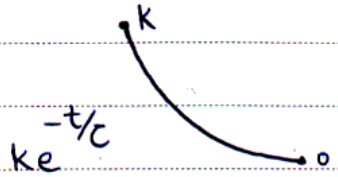
موج مثلثی: از تکرار شیب‌های مثبت و منفی برابر ایجاد می‌شود.

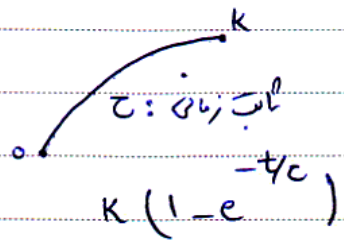


موج دندانه اره‌ای: در صورتی تشکیل می‌شود که شیب‌های مثبت و منفی برابر نباشند.



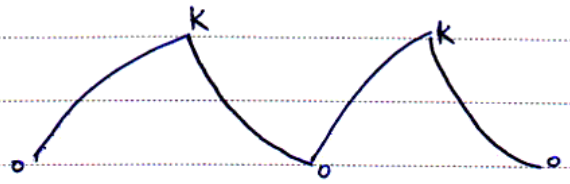
موج نمایی:





www.tbi-net.com

موج‌های متناوب:



ورودی: پالس مربعی خروجی:

هم اعوجاج نداریم، هم اعوجاج داریم.

هارمونیک‌های مرتبط با آن.

سری فوریه نمایی:

برای تابع متناوب $f(t)$ می‌توان سری فوریه‌ای را به صورت زیر تعریف کرد:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n e^{in\omega_0 t}$$ سری فوریه نمایی:

$$= \sum_{n=-\infty}^{-1} a_n e^{in\omega_0 t} + a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{in\omega_0 t}$$

ضرایب سری فوریه $a_n = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} f(t)\, e^{-in\omega_0 t}\, dt$

بدون از دست دادن کلیت: $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$

$$f(t) = a_0 + \sum_{m=\infty}^{1} a_{-m} e^{-im\omega_0 t} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{in\omega_0 t}$$

یک مقدار نمایی

فرض: $n = -m$

مقدار نمایی: $a_{-m} = |a_{-m}| \angle a_{-m} = |a_{-m}| e^{i \angle a_{-m}}$

www.tbi-net.com

$\sum_{m=1}^{\infty}$ و $\sum_{m=\infty}^{1}$ وقتی تفاوت چون همه جمع می‌شوند.

$|a_m| = |a_{-m}|$ تابع زوج است

$\measuredangle a_{-m} = -\measuredangle a_m$ تابع فرد.

فقط متوسط یک dc

اثبات:

$$= a_0 + \sum_{m=1}^{\infty} |a_{-m}| e^{i\measuredangle a_{-m}} \cdot e^{-im\omega_0 t} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n e^{in\omega_0 t}$$

حالا هر دو را هم به نمایی تبدیل کنیم:

$$= a_0 + \sum_{m=1}^{\infty} |a_m| e^{-i(m\omega_0 t + \measuredangle a_m)} + \sum_{n=1}^{\infty} |a_n| e^{i(n\omega_0 t + \measuredangle a_n)}$$

$a_n = |a_n| \measuredangle a_n$

رابطه اویلر:
$$\begin{cases} e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta \\ e^{-i\theta} = \cos\theta - i\sin\theta \end{cases}$$

$$= a_0 + \sum_{m=1}^{\infty} |a_m| \left(\cos(m\omega_0 t + \measuredangle a_m) - i\sin(m\omega_0 t + \measuredangle a_m)\right) +$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} |a_n| \left(\cos(n\omega_0 t + \measuredangle a_n) + i\sin(n\omega_0 t + \measuredangle a_n)\right)$$

وقتی $\sum_{n=1}^{\infty}$ و $\sum_{m=1}^{\infty}$ داریم (هر دو طرفی‌اند)

$$= a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \underbrace{2|a_n|}_{C_n} \cos(n\omega_0 t + \underbrace{\measuredangle a_n}_{\theta_n}) = f(t)$$

C_n: دامنه هارمونیک nام

θ_n: زاویه فاز هارمونیک nام

شکل سری فوریه مثلثاتی:

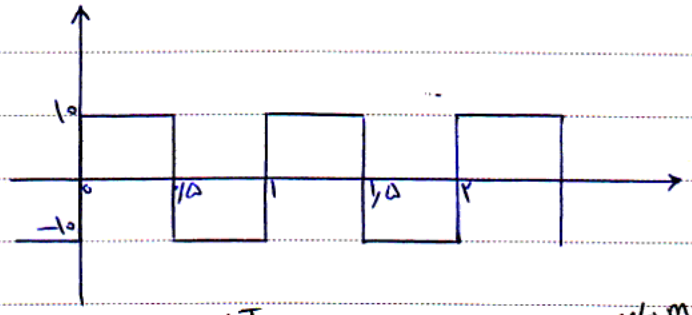
$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos(n\omega_0 t + \theta_n)$$

مثال) سری فوریه مثلثاتی را برای پالس شکل زیر بدست آورید؟

Subject:

Year. Month. Date. ( )

$$\int e^{ax}\,dx = \frac{e^{ax}}{a}$$



$T = 1\,ms = 1\times10^{-3}\,s$

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,dt = \frac{1}{1\times10^{-3}}\int_0^{0.5\,ms} 10\,dt + \frac{1}{1\times10^{-3}}\int_{0.5\,ms}^{1\,ms}(-10)\,dt$$

$$= 10\times10^{3}\times0.5\,ms + 10^{3}\times(-10)(1-0.5)\,ms = 0$$

$$a_n = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)\,e^{-in\omega_0 t}\,dt = \frac{1}{10^{-3}}\times\int_0^{0.5\,ms} 10\,e^{-in2\pi\cdot10^{3}t}\,dt + \qquad \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

$$\frac{1}{10^{-3}}\int_{0.5\,ms}^{1\,ms}(-10)\,e^{-in2\pi\times1000t}\,dt = 1000\times10\times\frac{-1}{2000\pi ni}\,e^{-2000\pi nit}\Big|_0^{0.5\,ms} +$$

$$1000\times-10\times\frac{-1}{2000\pi ni}\,e^{-2000\pi nit}\Big|_{0.5\,ms}^{1\,ms} = \frac{-5}{\pi ni}\left(e^{-n\pi i}-1\right)+\frac{5}{n\pi i}$$

$$\left(e^{-2n\pi i}-e^{-n\pi i}\right) = \frac{5}{n\pi i} - \frac{10}{n\pi i}e^{-n\pi i} + \frac{5}{n\pi i}e^{-2n\pi i}$$

$$C_n = 2|a_n| = 2\left|\frac{5}{n\pi i} - \frac{10}{n\pi i}e^{-n\pi i} + \frac{5}{n\pi i}e^{-2n\pi i}\right|$$

اگر ها هارمونیک اول باشد $n=1$:

$$= 2\left|\frac{5}{\pi i} - \frac{10}{\pi i}\underbrace{e^{-\pi i}}_{\cos\pi - i\sin\pi = -1} + \frac{5}{\pi i}\underbrace{e^{-2\pi i}}_{\cos2\pi - i\sin2\pi = 1}\right|$$

$$= 2\left|\frac{-5i}{\pi} - \frac{10i}{\pi} - \frac{5i}{\pi}\right| = 2\left|\frac{-20i}{\pi}\right| = \frac{40}{\pi}$$

$$\theta_1 = \angle a_1 = -90^\circ \qquad \angle -i = -90^\circ$$

$$\angle i = 90^\circ$$

PqPCO

www.tbi-net.com

* دمتر تابع فرد باشد، ضرایب زوج سری فوریه صفر هستند.

$$f(t) = 0 + \frac{۴۰}{\pi}\cos\left(\frac{۲\pi}{T}.t - ۹۰\right) + \cancel{C۴}\cos\left(۲\times\frac{۲\pi}{T}.t + \theta۲\right) +$$

$$\frac{۴۰}{۳\pi}\cos(۳w_0 t - ۹۰) + \dots + \frac{۴۰}{n\pi}\cos(nw_0 t - ۹۰)$$

تابع فرد است پس بر برابر صفر می‌شود.

$$C۲ = ۲|a۲| = ۲\left|\frac{۵}{۲\pi i} - \frac{۱۰}{۲\pi i}\underbrace{e^{-۲\pi i}}_{۱} + \frac{۵}{۲\pi i}\underbrace{e^{-۴\pi i}}_{۱}\right| =$$

$$۲\left|\frac{۵}{۲\pi i} - \frac{۱۰}{۲\pi i} + \frac{۵}{۲\pi i}\right| = ۰$$

$$C۳ = ۲|a۳| = ۲\left|\frac{۵}{۳\pi i} - \frac{۱۰}{۳\pi i}\underbrace{e^{-۳\pi i}}_{-۱} + \frac{۵}{۳\pi i}\underbrace{e^{-۶\pi i}}_{۱}\right|$$

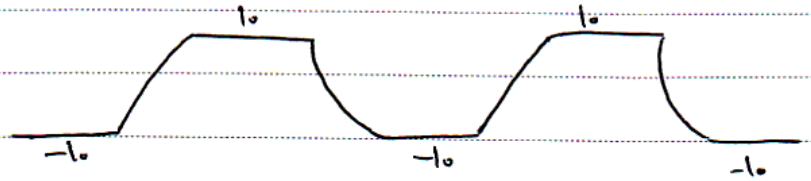
$$= ۲\left|\frac{۵}{۳\pi i} + \frac{۱۰}{۳\pi i} + \frac{۵}{۳\pi i}\right| = ۲\left|\frac{۲۰}{۳\pi i}\right| = \frac{۴۰}{۳\pi} \Rightarrow C۳ = \frac{۴۰}{۳\pi}$$

$\cos(wt - ۹۰) = \sin wt$ می‌توان به صورت sin هم نوشت.

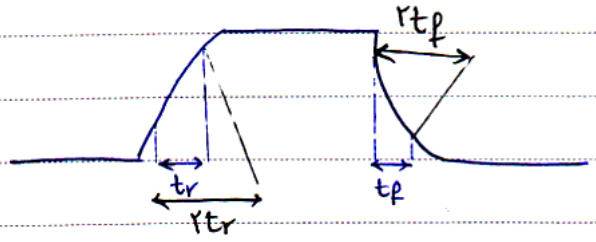
$$f(t) = 0 + \frac{۴۰}{\pi}\sin\left(\underbrace{\frac{۲\pi}{T}}_{w_0}.t\right) + \frac{۴۰}{۳\pi}\sin(۳w_0 t) + \dots + \frac{۴۰}{n\pi}\sin(nw_0 t)$$

هارمونیک های فرکانس بالا:

بالاکشنده سمت هایی از شکل موج هستند که دارای تغییرات شدید باشد یعنی این هارمونیک ها تعریف لبه های پس هستند لذا اگر مداری، این هارمونیک ها را حذف نماید پس خروجی دارای لبه و اعوجاج لبه یا افزایش زمان کار نمی‌باشد.



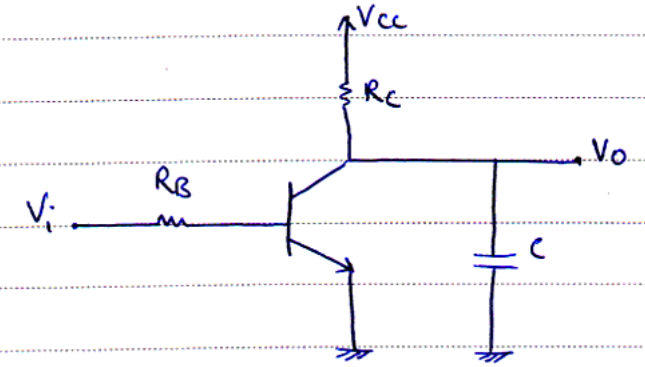
تعریف حداکثر فرکانس قابل توجه یک پالس F_H :



غیر ایده آل

فرکانس : $\frac{1}{2t_r}$

حداکثر فرکانس یک پالس $F_H = \frac{1}{2\min(t_r, t_f)}$



به عنوان مثال

$t_r > t_f$

خروجی از خازن پیک

سیستم پایین گذر است.

برای اینکه پالس که از یک سیستم پایین گذر عبور می کند اعوجاج نداشته باشد باید :

دارای اعوجاج نیست

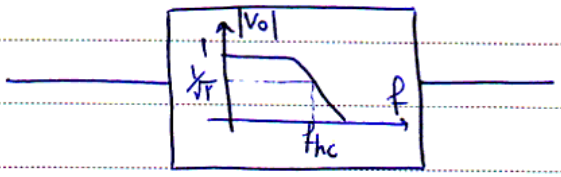
فرکانس قطع بالا $f_{hc} \gg F_H$

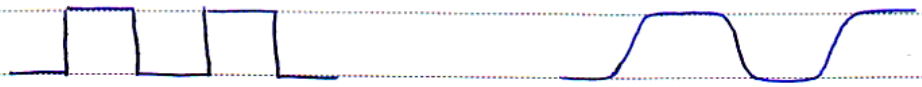
تعریف : اگر ملاک ۵٪ را برای اعوجاج نپذیریم :

$f_{hc} \geq 2F_H$

برای اینکه نیز کمتر از ۵٪ افزایش یابد.

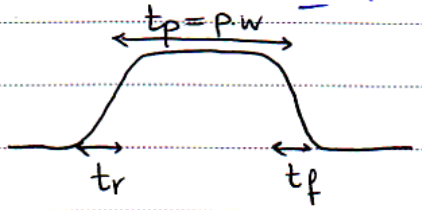
www.tbi-net.com





مثال) یک پالس دارای زمان‌های صعود، نزول و پهنای پالس به ترتیب ۲MS ، ۱/۵MS و ۲ms است.

حداقل فرکانس حد بالای فیلتر یا سیستمی که می‌خواهیم پالس را از آن عبور دهیم را به دست آورید.



P.W = pulse width

$t_r = 2\,MS$

$t_f = 1.5\,MS$

$t_p = 2\,ms$

$$F_H = \frac{1}{2\min(t_r, t_f)} = \frac{1}{2 \times 1.5\,MS} = \frac{1}{3MS} = 333.33\,kHz$$

$$f_{hc} \geq 2F_H = 666.66\,KHz$$

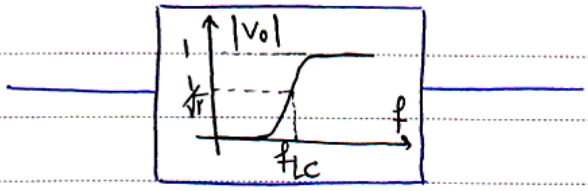
باید فرکانس قطع بالای فیلتر از 666/66 KHz بزرگ‌تر باشد در غیراین صورت لبه‌ای پالس از ۵۰٪ افزایش می‌یابند.

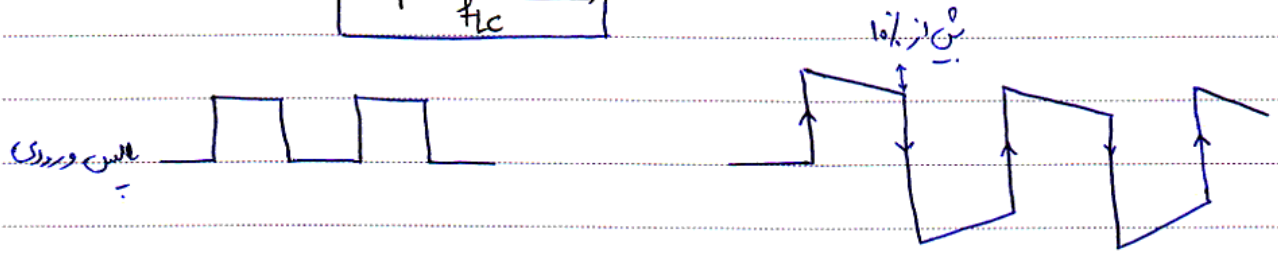
اعوجاج فرکانس پاسخ (کمی):

در صورتیکه سیستم یا فیلتری، هارمونیک‌های فرکانس پایین را حذف یا تضعیف نماید، دامنه شکل موج افت می‌کند.

در صورتیکه بیش از ۱۰٪ دامنه کاهش یابد اعوجاج کمی داریم.

www.tbi-net.com





تعریف: برای اینکه کمتر از ٪۱۰ پهنای پالس را تحت تاثیر قرار دهد:

$$f_{Lc} \ll \frac{1}{4.3\, t_p}$$

t_p ← عرض پالس

$4.3 = 2\pi$

مرکانس قطع را باید کوچک در نظر بگیریم چون مرکانس های بالا را عبور نمی دهد.

مثال) در پالسی دارای $duty\ cycle = 40\%$ ، $PRF = 2KHZ$ از یک سیستم بالانس با مرکانس قطع پایین دارای اعوجاج کمی

$f_{Lc} = 100^{HZ}$ عبور کند آیا پالس خروجی دارای اعوجاج است یا خیر؟

$$PRF = 2\ KHZ = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{PRF} = \frac{1}{2} \times 10^{-3} = 0.5\ ms$$

$$duty\ cycle = 40\% = \frac{t_p}{T} \times 100 \longrightarrow t_p = 0.2\ ms$$

$$0.4 = \frac{t_p}{T} \longrightarrow t_p = 0.4\,T = 0.4 \times 0.5 = 0.2\ ms$$

$$f_{Lc} = 100\ HZ \ll \frac{1}{4.3\, t_p} = \frac{1}{4.3 \times 0.2\ ms} = 79.3\ HZ$$

اعوجاج کمی دارد.

Subject:

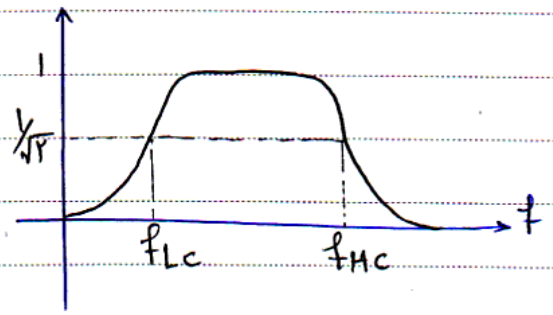
Year. Month. Date. ( )

فیلتر پایین گذر ← اعوجاج لبه باید بررسی شود

فیلتر بالاگذر ← اعوجاج کجی

فیلتر میان گذر ← هردو

تأثیر فیلتر میان گذر روی کاهش: هم زمان کاهش لبه پایین و هم زمان کاهش لبه بالا را جذب می‌کند، زمان کاهش میانی



را عبور می‌دهد.

افزایش زمان لبه کمتر از ۵٪

کجی کمتر از ۱۰٪

برای نداشتن اعوجاج لبه $f_{hc} \geq 2 \frac{1}{2\min(t_r, t_f)}$

برای نداشتن اعوجاج کجی $f_{Lc} \leq \frac{1}{43 t_p}$

مثال) فرض کنید مشخصات یک پالس به صورت زیر باشد:

$$\begin{cases} T_0 = 1\,ms \\ t_r = t_f = 2\,\mu s \\ \text{duty cycle} = 25\,\% \end{cases}$$

از یک فیلتر میان گذر با مشخصات

$$\begin{cases} f_{Lc} = 100\,Hz \\ f_{hc} = 100\,KHz \end{cases}$$

عبور می‌کند. مشخص کنید که آیا در پالس خروجی اعوجاج داریم یا خیر؟

برای نداشتن اعوجاج لبه $\geq \frac{1}{\min(t_r, t_f)} = \frac{1}{2\mu s} = 0.5\,MHz$ ، حول $f_{hc} \gg 500\,KHz$ به کاهش بیش از ۵٪ دامنه می‌یابند.

$f_{Lc} \leq \frac{1}{43 t_p} = \frac{1}{43 \times 0.25\,ms} = 93.5\,Hz$ ← برای نداشتن اعوجاج کجی

$25\,\% = \frac{t_p}{T_0} \times 100 \rightarrow t_p = 0.25\,ms$

P4PCO

اعوجاج کجی داریم. کجی بیش از ۱۰٪ است.

www.tbi-net.com

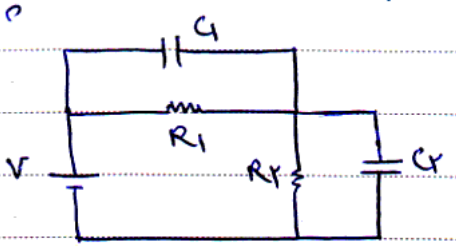
فصل دوم: بررسی مدارهای RC یا مدارهای بایک ثابت زمانی

نکته: ولتاژ خازن هیچ گاه پرش نمی کند چون در غیر این صورت اگر V_c پرش کند:

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

جریان خازن به صورت ضربه خواهد بود ولی هیچ منبع ضربه ای در مدار وجود ندارد.

- ولتاژ خازن ها در لحظه اول اتصال کوتاه می شوند مقاومتها از مدار حذف می شوند و ولتاژ پرش می کند.



(حالت خاص)

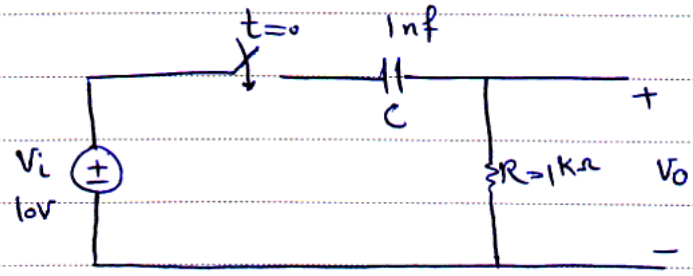
برای محاسبه ی هر متغیر شبکه نظیر $y(t)$، می توان از رابطه ی زیر استفاده کرد:

$$y(t) = y(\infty) + \left(y(0) - y(\infty)\right) e^{-t/\tau}$$

τ: ثابت زمانی

$$\tau = \frac{1}{s}$$

مثال:



در لحظه ی صفر خازن اتصال کوتاه می شود.

در نهایت خازن مدار باز می شود چون شارژ می شود و از مدار خارج می شود.

www.tbi-net.com

$$\begin{cases} V_o(\infty) = 0 \\ V_o(0) = 10V \end{cases}$$

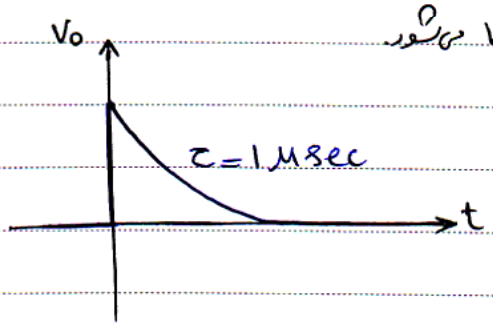
$$\tau = RC = 1K\Omega \times 1nF = 1\mu sec$$

$$V_o(t) = V_o(\infty) + \left(V_o(0) - V_o(\infty)\right) e^{-t/1\mu sec}$$

$$V_o(t) = 0 + (10 - 0)\, e^{-t/1\mu sec} = 10\, e^{-t/1\mu sec}$$

$$i_C = \frac{V_o}{R} = i_R = 10_{mA}\, e^{-t/1\mu sec} \qquad \frac{10\, e^{-t/1\mu s}}{1K\Omega}\ mA$$

وقتی کلید بسته می‌شود خازن اتصال کوتاه شده و $V_o = 10$ می‌شود.

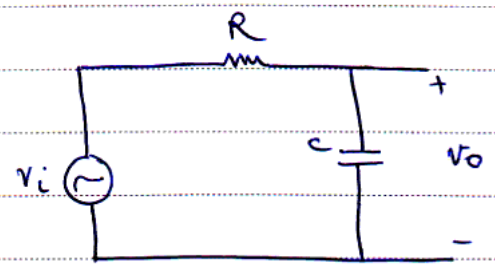


بعد از ۵ برابر ثابت زمانی V_o صفر می‌شود.

www.tbi-net.com

$$f_{hc} = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC}$$

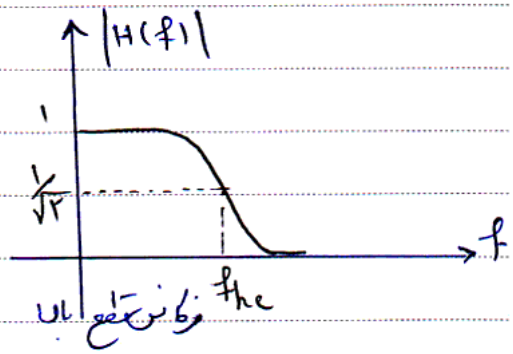
پاسخ یک فیلتر RC پایین گذر به یک ورودی پله:



$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\frac{1}{Cs}}{\frac{1}{Cs}+R} = \frac{1}{1+RCs} = H(s)$$

$$s = j2\pi f \longrightarrow \frac{V_o}{V_i} = \frac{1}{1+RCj2\pi f}$$

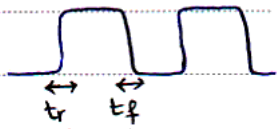
$$\left|\frac{V_o}{V_i}\right| = \frac{1}{\sqrt{1+(RC2\pi f)^2}} = |H(f)|$$



$$|H(f)|_{f=f_{hc}} = \frac{1}{\sqrt{2}} |H(f)|_{max}$$

حالت اول: احتیاج نداشته باشیم یا افزایش زمان‌های صعود و نزول کمتر از ۵٪ باشد.

$$f_{hc} \geq 2 \frac{1}{2\min(t_r, t_f)}$$



$$\frac{1}{2\pi\tau} \geq \frac{1}{\min(t_r, t_f)} \Rightarrow \tau \leq \frac{\min(t_r, t_f)}{2\pi}$$

$C = RC$

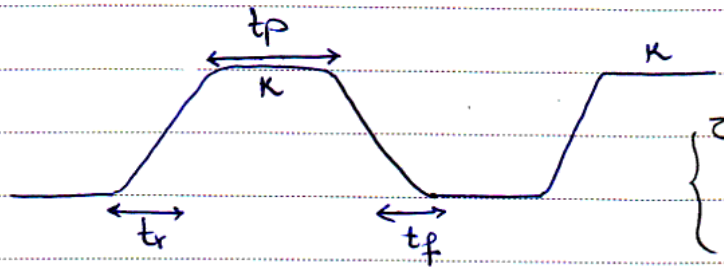
زمان صعود یا نزول

فرکانس قطع فیلتر پایین گذر $f_{hc} = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi\tau}$ $\longrightarrow$ $\tau = RC$

PAPCO

www.tbi-net.com

حالت دوم : اعوجاج لبه دار پالس در مدت زمان tp (پهنای پالس) به مقدار نهایی خود برسد.



برای نداشتن اعوجاج لبه $\tau \leq \frac{\min(t_r, t_f)}{2\pi}$

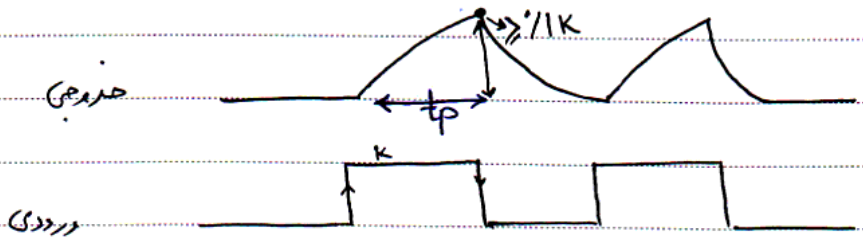
زمان رسیدن به مقدار نهایی $5\tau \leq t_p$

① $\tau \geq \frac{\min(t_r, t_f)}{2\pi}$

② $5\tau \leq t_p \longrightarrow \tau \leq \frac{t_p}{5}$ زمان رسیدن به مقدار نهایی

①, ② $\longrightarrow \frac{\min(t_r, t_f)}{2\pi} \leq \tau \leq \frac{t_p}{5}$

حالت سوم : اعوجاج لبه دار پالس در مدت زمان tp به مقدار نهایی نمی رسد ولی کمتر از ۱۰ درصد مقدار نهایی (بدترین حالت) خواهد بود.



① $5\tau \geq t_p \longrightarrow \tau \geq \frac{t_p}{5}$

$V_o(t) = ?$

$V_o(0^+) = 0$
$V_o(\infty) = K$
$\tau = RC$

$\Rightarrow V_o(t) = V_o(\infty) + \left(V_o(0) - V_o(\infty)\right) e^{-t/RC}$

www.tbi-net.com

Subject :

Year . Month . Date . ( )

اثبات :

$$\longrightarrow v_o(t) = K + (o - K)\, e^{-t/Rc}$$

$$v_o(tp) = K\left(1 - e^{-tp/Rc}\right) \geq \%1\, K \longrightarrow -e^{-tp/Rc} \geq -\%9$$

$$\longrightarrow e^{-tp/Rc} \leq \%9 \longrightarrow \frac{-tp}{Rc} \leq \ln \%9 = -\%1 \longrightarrow 10\,tp \geq \tau \quad (2)$$

$$(1), (2) \longrightarrow \frac{tp}{5} \leq \tau \leq 10\,tp$$

حالت چهارم : اعوجاج نمی‌دهد ، پاسخ در مدت زمان tp به مقدار نهایی خود نمی‌رسد و کمتر از %10 آن خواهد بود.

$$\tau \geq 10\,tp$$

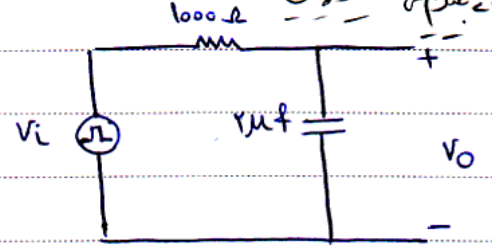
حروجی

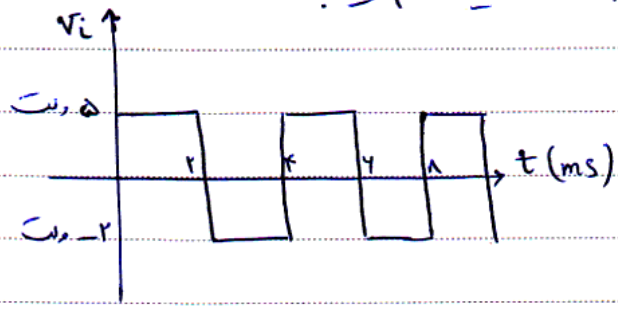
ورودی

مثال) در مدارهای زیر بررسی کنید که آیا شکل موج خروجی دارای اعوجاج می‌باشد یا خیر ؟ و سپس شکل موج خروجی را به صورت دقیق رسم کنید.

از مقاومت پایه با باشد.

نوع دیود دقت کنید ← ورودی از خازن گذشته پس دیود پایه با کاتد





$$t_r = t_f = 2ns$$

$$\tau = Rc = 1000^{\Omega} \cdot 2\mu f = 2000\,\mu s = 2ms \qquad tp = 2ms$$

اعوجاج نمی‌دهد و پاسخ در مدت زمان tp به مقدار نهایی خود نمی‌رسد

حالت سوم $\frac{tp}{5} \leq \tau \leq 10\,tp$

$$\frac{2}{5}ms \leq 2ms \leq 20\,ms$$

کمتر از %10 خواهد بود.

www.tbi-net.com

دیتا از خازن هیچ وقت عبور نمی‌کند در زمان 0^+ که کلید است ولی در حالتی که مقاومت خودش باشد (یعنی مثلاً با گذر) دیتا عبور می‌کند.

Subject:
Year. Month. Date: ۲۲ ( )

زمان رسیدن به مقدار نهایی $\tau = 10ms$

$0 < t < 2ms \longrightarrow V_i = 5$ ولت

$$\begin{cases} V_0(0^+) = V_0(0^-) = 0 \\ V_0(\infty) = V_i = 5V \longrightarrow V_0(t) = 5 + (0-5)e^{-\frac{t}{2}\,ms} \quad 0<t<2 \\ \tau = 2ms \quad V_0(2^-ms) = V_0(2^+ms) = 5 + (0-5)e^{-\frac{2}{2}\,ms} = 3{,}16\ V \end{cases}$$

- مقدار نهایی نمی‌رسد (مقدار نهایی 5 ولت است.)

در بازه‌ی خازن مدار باز می‌شود و خودش را آزاد و رها می‌کند

$2m < t < 4m$

در حالت دائمی خازن مدار باز است چون جریان از آن نمی‌گذرد و از مدار خارج می‌شود.

$V_0(2^-ms) = 3{,}16$ ولت

$$V_0(\infty) = -2 \text{ ولت} \qquad V_0(t) = -2 + \left(3{,}16 - (-2)\right)e^{-\frac{t-2}{2}\,ms}$$

خودش را در ثانیه‌ی ۲ تا ۴ دست می‌زنیم پس در نقطه‌ای که دیتا دارد خودش را اصلاح می‌کند، برای همین بازه‌ها همین ترتیب.

$$V_0(4) = -2 + 5{,}16e^{-\frac{2}{2}} = -0{,}1\ V$$

$4 < t < 4 \longrightarrow V_i = 5\ V$

$$\begin{cases} V_0(4) = -0{,}1\ V \\ V_0(\infty) = 5\ V \end{cases}$$

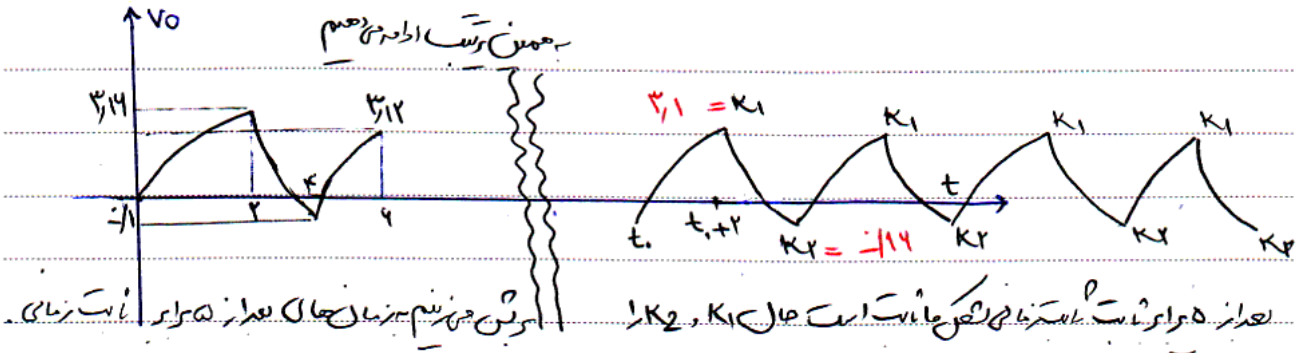
$$\longrightarrow V_0(t) = 5 + (-0{,}1 - 5)e^{-\frac{t-4}{2}}$$

$$\longrightarrow V_0(4) = 5 - 5{,}1e^{-\frac{2}{2}} = 3{,}12\ V$$

$\longrightarrow$ نمی‌رسد. $3{,}16$

www.tbi-net.com

ثابت زمانی $\tau = 1.5ms$ است.



اگر ثابت زمانی مدار ۵ برابر ثابت زمانی مدار بود، K_1 و K_2 را به‌صورت تقریبی محاسبه می‌کردیم.

ولی در این مدار ثابت زمانی نزدیک به ثابت زمان ورودی است لذا K_1 و K_2 را به‌دست می‌آوریم.

$t_0 < t < t_0 + 2 \longrightarrow V_i = 5$ ولت

در لحظات صفر، مقادیر خازن و سلف تغییر نمی‌کنند یعنی ۵ و ۲- تغییر نمی‌کنند.

$$\begin{cases} V_o(\infty) = 5\,V \\ V_o(t_0) = K_2 \end{cases} \longrightarrow V_o(t) = 5 + (K_2 - 5)\, e^{-\frac{(t-t_0)}{2ms}}$$

$$V_o(t_0 + 2ms) = 5 + (K_2 - 5)\underbrace{e^{-2/2}}_{0.36} = K_1$$

$$5 + 0.36K_2 - 1.8 = K_1 \longrightarrow \boxed{① \quad 0.36K_2 + 3.14 = K_1}$$

$t_1 < t < t_1 + 2 \longrightarrow V_i = -2$ ولت و $t_0 + 2 < t < t_0 + 4$ یا $t_1 < t < t_1 + 2$

$$\begin{cases} V_o(\infty) = -2 \text{ ولت} \\ V_o(t_1) = K_1 \end{cases} \longrightarrow V_o(t) = -2 + (K_1 + 2)\, e^{-\frac{(t-t_1)}{2}}$$

$$V_o(t_1 + 2) = -2 + (K_1 + 2)\underbrace{e^{-1}}_{0.36} = K_2 \longrightarrow -2 + 0.36K_1 + 0.72 = K_2$$

از روابط ① و ② K_1 و K_2 را محاسبه می‌کنیم.

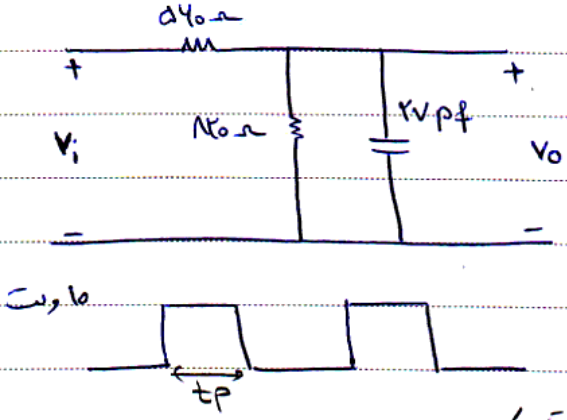
$$\longrightarrow \boxed{0.36K_1 - 1.28 = K_2} \quad ②$$

$$0.36(0.36K_2 + 3.14) - 1.28 = K_2$$

$$0.87K_2 = -0.4224 \longrightarrow K_2 = -0.14 \text{ ولت}, \quad K_1 = 3.1 \text{ ولت}$$

www.tbi-net.com

مثال) در مدار شکل زیر ابتدا بررسی کنید که آیا خروجی دارای اعوجاج است یا خیر؟ سپس شکل موج خروجی را به طور دقیق رسم کنید؟



$t_r = t_f = 40\,ns$

$t_p = 120\,ns$

این یک مدار انتگرال گیر است (مدار انتگرال گیر مداری است که موج خروجی مثلثی خروجی می‌دهد)

این مدار در حالت $\frac{t_p}{5} \geq \tau \geq \frac{t_r}{2\pi}$ انتگرال گیر است

برای ثابت زمانی ابتدا باید خازن را پیدا کنیم (در این حالت منبع ولتاژ اتصال کوتاه)

$\tau = R_{eq} C$

$\tau = (120\Omega \parallel 560\Omega) \times 27\,pf \cong 9\,ns$

$\frac{t_r}{2\pi} \leq \tau \leq \frac{t_p}{5}$

اعوجاج نداریم پالس در مدت زمان t_p مقدار نهایی خود می‌رسد.

$0 < t < 120\,ns$

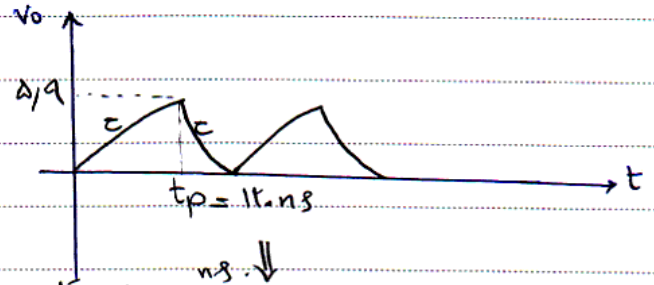
در لحظه اول خازن اتصال کوتاه ← $V_o(0) = 0$

در لحظه آخر خازن مدار باز ← $V_o(\infty) = \frac{120}{120 + 560} \times 10 = 5.9\,V$ → مقدار نهایی خروجی رسیدیم

مقدار اولیه ۰ است (تقسیم ولتاژ بدون خازن)

حالت: مدار انتگرال گیر

$V_o(t) = 5.9 + (0 - 5.9)\, e^{-t/\tau}$



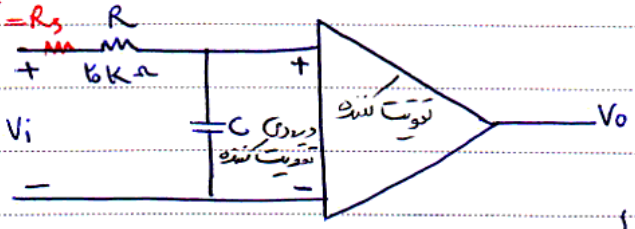
n_s

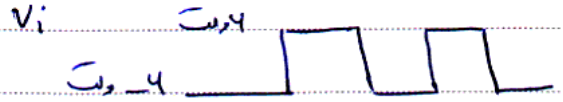
مقدار $t_p = 120\,ns$ پالس در مدت زمان

مقدار نهایی خروجی = 5/9 ولت می‌رسد.

مثال) در مدار زیر حداقل و مقدار حد باشد تا در ورودی تقویت کننده پالس های مثلثی شکل داشته باشیم؟

(ب) $R_s = 2^K$ R ۶KΩ





$$\begin{cases} t_r = t_f = 4\,MS \\ t_p = 20\,MS \end{cases}$$

$$\frac{t_r}{2\pi} \leq \tau \leq \frac{t_p}{5}$$

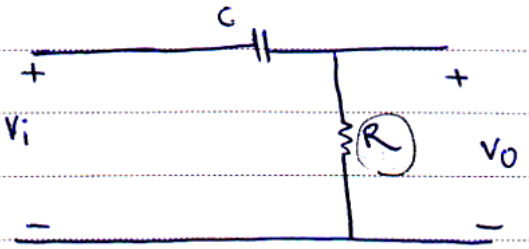
$$\frac{4\,MS}{2\pi} \leq \tau = RC \leq \frac{20}{5}\,MS \longrightarrow \boxed{32\,pf \leq C \leq 200\,pf}$$

ب) اگر ورودی تقویت کننده دارای مقاومت ۲KΩ باشد، همین مساله را مجددا حل کنید!

$$\frac{t_r}{2\pi} \leq \tau \leq \frac{t_p}{5}$$

$$\frac{t_r}{2\pi} \leq (R_s + R)\,C \leq \frac{t_p}{5} \longrightarrow \boxed{29\,pf \leq C \leq 1M\,pf}$$

مدار RC با گذر دهی آن یک پایین گذار است:



خروجی با گذر دهش دارد.

$$A_V = \frac{V_o}{V_i} = H(s) = \frac{R}{R + \frac{1}{Cs}} = \frac{Rcs}{1 + Rcs}$$

$$|A_V| = \frac{Rc\omega}{\sqrt{1 + (Rc\omega)^2}} = \frac{Rc2\pi f}{\sqrt{1 + (Rc2\pi f)^2}}$$

www.tbi-net.com

در سایه سار اندیشه ، بی هیچ چشم داشت زمینی

عهد بسته ایم آسمانی شویم .

در این محفل علمی با ما همراه باشید ./

زمان : همین حالا تا همیشه

مکان : تارنمای برق ایران ؛ www.tbi-net.com

رسیده ایم پر از رنج راه تا دریا

خوشا یکی شدن رودها خوشا دریا

نه ما نه من نه تو ، او نقطه سرانجام است

بیا که بی من و تو ما شویم و ما دریا

من و تو چشمه باران ابر او بودیم

از ابتدا دریا بود و انتها دریا