

Electrical Measurements in the Laboratory Practice 2016

R. Battistone, M. D. Vincenzi

(۱۷) مقایسه با یک مرجع

اندازه گیری: (۱۸) نسب اطلاعات

(۱۹) مشخص یک کیت

دانشان \rightarrow میل در مقصد مولی - مسأله آلودگی هوا - قیمت سوخت در ایران

هر شیب درست باید یک اندازه گیری دقیق است پس اندازه گیری نقش خطای مولی دارد.

اطلاعات

واقعیت

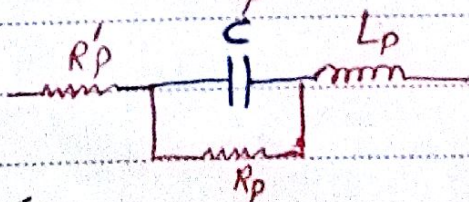
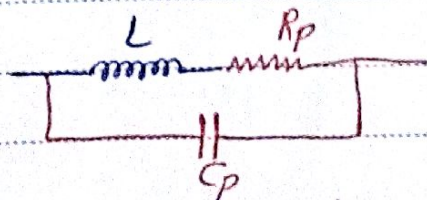
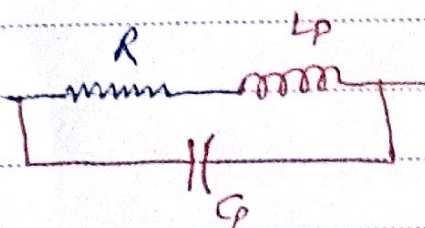
عدم قطعیت

(ترازی و طول)

دیو

مقاومت نه از بازای می

مقاومت ایده آلی که در نظری داریم



انواع مقاومت: مقاومت سری

مقاومت لایه نازک (دند آبی بدنه)

مقاومت لایه ضخیم

مقاومت کربنی (بدنه قهوه‌ای)

مقاومت ترکیبی (قهوه‌ای روشن)

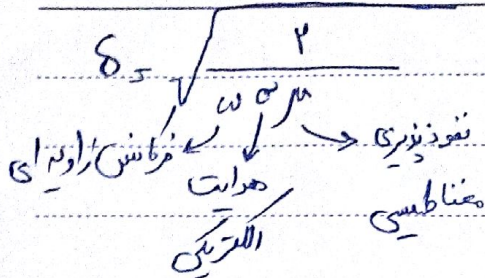
Silin

(۱)

Subject:

Year. Month. Date. ()

em 962



5 Hz

10 kHz

7.12 mm

0.12 mm

$$J(x) = J_0 e^{-\frac{x}{\delta}}$$

5. صوتی با وولت الکتریکی فرق دارد.

کتاب روی سایت قرار داده می شود اما جواب بعضی سوالات در آخر کتاب است.

10

15

20

25

Atlin

(2)

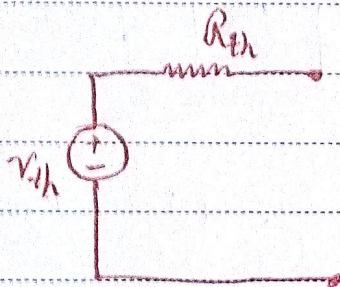
یادآوری مدارهای DC

اهمیت مدارهای DC در اندازه گیری

۱. بسیاری از سنسورها، مدارهای DC کاربردی دارند.

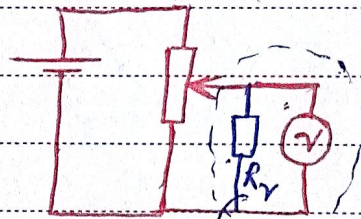
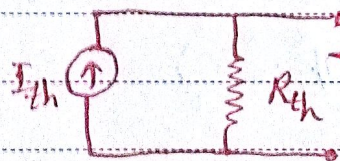
۲. ساخت یا ایجاد مرجع DC بسیار ساده است.

تقسیم توان - ترانزیستور



سنسورهای الکترونیکی: شتاب سنج، دما، نور، ...

سنسورهای مکانیکی: مقاومت متغیر، مکان



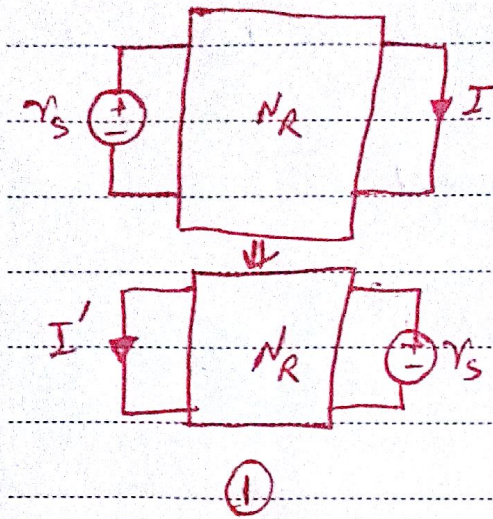
ولتاژ متغیر و واقعی می تواند تابعی از دما باشد.
 یا از طول، یا از نیرو، یا مکان و یا دما و غیره.

۳. میدان مغناطیسی زمین مقدار بزرگی نیست اما می تواند روی عملکرد وسایل اندازه گیری تأثیر گذار باشد. این میدان

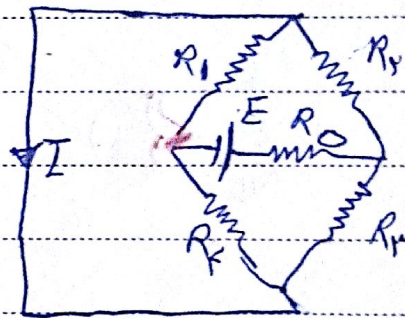
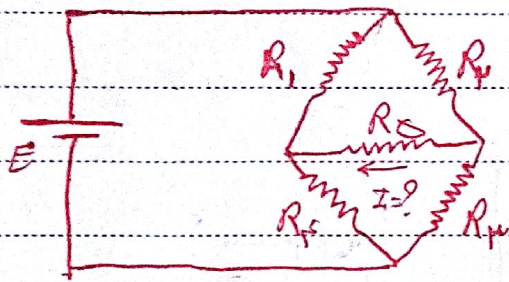
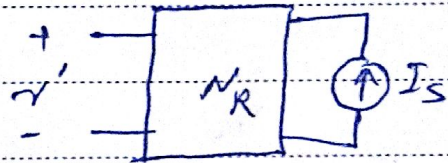
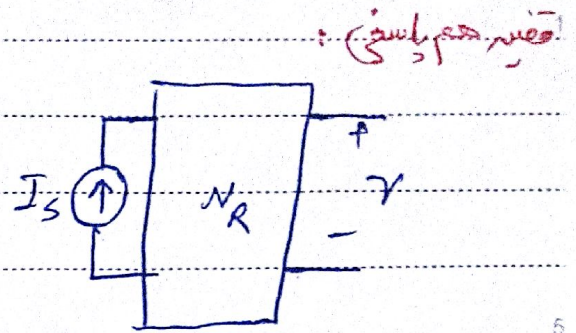
در نقاط مختلف زمین ممکن است متفاوت باشد.

Subject:

Year. Month. Date. ()



$$\Rightarrow \underline{I = I'}$$



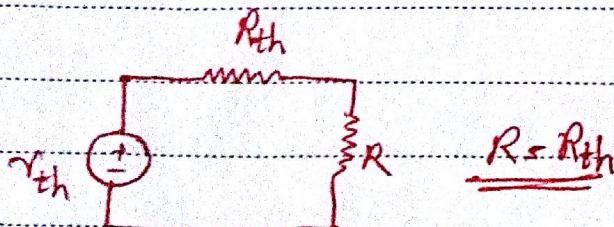
مثال: دیگ و ستون

تقسیم جمع آثار: برای مدارهای خطی

مدارهای غیر خطی DC

دیده عنوان: کلید قطع و وصل

مدارهای (دیودی) به عنوان مقاومت غایب



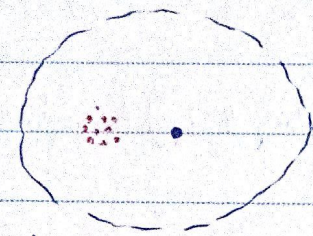
مثال: مدار ترانزیستور

عدم قطعیت

دقت

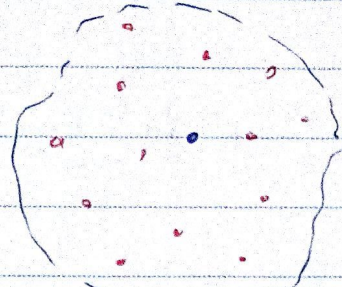
صحت

ممکن است خطا داشته باشیم اما خطا ثابت است
(ازمایشگاه ها و مراکز آزمون و ۱۸ اولت)



صحت بالا دقت پایین

(۱)



دقت بالا صحت پایین

تناوب عدم قطعیت و خطا: در خطا با مقدار واقعی رای داریم (بریدن یک متر خطا) ولی در عدم قطعیت مقدار واقعی

کاملاً علمی نیست.

خطای ابزار: برای مثال با خط کش یا دقت یک میلی متر خطای ± 0.5 میلی متر داریم.

خطای محیطی: برای مثال دمای محیط یا رطوبت یا ... روی اندازه گیری تأثیر می گذارد.

خطای قرائت: برای مثال رنج ولت متر 1.20 ± 0.005 به رنج ۲ ولت
 1.2 ± 0.05 به رنج ۱۰ ولت

نظایر سیستماتیک

(این خطاها معمولاً از نوع)

(۱) هستند که فریب!

انواع خطاها

خطاهای تصادفی ← با تکرار آزمایش قابل محاسب زدن و حیران هستند.

خطاهای فاحش: از فردان اندازه گیری می شود (ما تدریس لازمشن ترازو توسط مسئول) و معمولاً بر اساس

نا آگاهی اتفاق می افتد. (دکتر فراهانی و نظیر جری شن) (ژراتور)

دستگاه های آنالوگ امروزه به عنوان indicator استفاده می شوند. برای مثال برق دار بودن یا نبودن تابلو برق

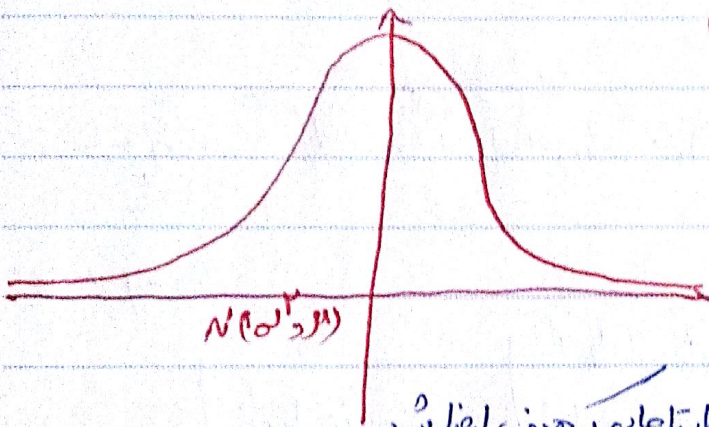
التری خواهیم چند اندازه گیری انجام دهیم و از هم کم کنیم (یا بشماریم) و بر مبنای آن مقایسه با ولتاژ دوتران با اسلوسکوپ

همه است باین ابزار انجام شود تا خطا کاهش یابد اما این خواهم نسبت به خطا دیدید بعد از چند ابزار برای یک اندازه گیری استفاده می کنیم.

خطاهای وابسته و خطاهای مستقل: مثال (اندازه گیری مقاومت سیم بهنج تراشیده و تاور)

تجزیه و تحلیل خطا به صورت ریاضی: به آمار و احتمال

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i$$



نکته: توزیع کوسی خطا را متقارن فرض می اندازیم و داریم

خیلی اوقات این فرض درست نیست اما برای سادگی کار تا جایی که هدف از آن شود

$$\mu \pm 1\sigma \rightarrow 68\%$$

$$\mu \pm 2\sigma \rightarrow 95\%$$

7.9

از این توزیع استفاده می کنیم.

$$S^2(x) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sigma^2 \quad \text{واریانس}$$

$$E(y) = \eta = E\{f(x_1, x_2, \dots, x_n)\}$$

$$E(y) = \eta = E\{f(\beta_1 + D_1)\} = E\left\{f(\beta_1) + \sum \frac{\partial f}{\partial \beta_i} \Delta_i + \dots\right\}$$

$$\sigma_y^2 = \sum \frac{\partial f}{\partial \beta_i} \frac{\partial f}{\partial \beta_j} \text{cov}(x_i, x_j)$$

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$u_c^v(y) = \sum_{i,j}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)$$

$$u(x_i, x_j) = u^v(x_i) \quad f_{ij} = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)}$$

$$u_c^v(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^v u^v(x_i)$$

$$y = C X_1^{P_1} X_2^{P_2} \dots X_n^{P_n}$$

$$\left[\frac{u_c(y)}{y} \right]^v = \sum_i^N \left[p_i \frac{u(x_i)}{x_i} \right]^v$$

1.00 ± 1.1% → $2.4u \pm 2.4\%$ $v = k_0 = k_u$

توزیع استاندارد → $K = 1/v = \sqrt{3}$

اندازه گیری و تاثیر با دقت اعتبار

Accuracy class

$$\Delta_{max} = \frac{C}{100} F_s$$

خطای اندازه گیری در مقیاس

$C = 0.5, F_s = 250V \rightarrow \Delta_{max} = 1.25V \rightarrow$ خطای اندازه گیری در رنج 250 ولت

$$u = \frac{\Delta_{max}}{\sqrt{3}} = 0.72V$$

Signature

(7)

Subject:

Year, Month, Date, ()

$$F_3 = 10 \gamma, C = 1.5\% \rightarrow \gamma_1 = 30\gamma$$

$$\gamma_2 = 60\gamma$$

$$\Delta_{max} = \frac{C}{100} F_3 = 0.15 \gamma \quad \frac{\Delta_{max}}{\gamma_1} = 1.5\%$$

$$\frac{\Delta_{max}}{\gamma_2} = 1.11\%$$

اندازه گیری با ولتا متر دیجیتال:

$$\text{خطای اندازه گیری} = \pm (\% \text{ reading} + \text{number of digits})$$

رقم آخر

$$\text{مثال: } 2.0000 \text{ V}$$

می خواهیم ولتاژ اندازه گیری کنیم

$$U \text{ از یک ولتاژ دستگاه} \leftarrow \pm (0.003\% \text{ reading} + 2 \times \text{digit})$$

$$U = \left[(0.003\% \times 10)^2 + [2 \times 0.0001]^2 \right]^{\frac{1}{2}} = 0.149 \text{ mV}$$

$$u = \frac{0.149}{2.4} = 0.062 \text{ mV}$$

توزیع لوی

$$R_5 = 10.000 \text{ V} \pm 0.000129 \Omega$$

مقاومت استاندارد

$$T_0 = 23^\circ \text{C}$$

$$V = 129 \mu\Omega \rightarrow K = 2.5 \text{ A}$$

توزیع لوی

$$u_{R_5} = 0.05 \mu\Omega$$

انحراف معیار

Ailin

Subject :

Year. Month. Date. ()

$$T \neq T_0 \rightarrow T = (0.0 \pm 0.1)^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = (1.5 \pm 0.1) \times 10^{-5} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

$$R_S(T) = R_S(T_0) [1 + \alpha (T - T_0)]$$

$$\frac{\partial R_S}{\partial T} = R_S(T_0) \alpha$$

$$\frac{\partial R_S(T)}{\partial \alpha} = R_S(T_0) (T - T_0)$$

$$\frac{\partial R_S(T)}{\partial R_S(T_0)} = 1 + \alpha (T - T_0)$$

$$R_S(T) = 10,000 \text{ V.F.F.} [1 - 0.1 \times 10^{-5} \text{ V.F.F.}] = 9,913 \text{ V.F.F.}$$

$$u_c = \sqrt{\left(\frac{\partial R_S}{\partial T}\right)^2 u_T^2 + \left(\frac{\partial R_S}{\partial \alpha}\right)^2 u_{\alpha}^2 + \left(\frac{\partial R_S(T)}{\partial R_S(T_0)}\right)^2 u_{R_S}^2}$$

$$u_c = 0.1 \text{ V.F.F.} \pm 1.0 \text{ V.F.F.}$$

$$\frac{1.19}{1.0} \rightarrow 1.19$$

1.19
1.0
1.19

Signature

Subject:

Year:

Month:

Date:

محاسبه خطای (عدم قطعیت) برای پارامترهای وابسته به متغیرهای مستقل:

مثال: ولتاژ گره A برابر $3.512V$ و ولتاژ گره B برابر $3.508V$ و $V_A - V_B = 4mV$ به فرض اینکه اعداد درست

گزارش شده اند، خطای تفاوتی چقدر است؟

$$\pm 0.5mV \Rightarrow \Delta \approx 1mV$$

از هر یکی واحد عدالتش $0.5mV$ محاسبه باشند پس حداکثر تفاضل آن ها $1mV$ است.

خطای reading: Extended برابر 0.2% است.

$$u_A = 0.2 \times 3.512 \approx 7mV$$

$$u_B = 0.2 \times 3.508 \approx 7mV$$

$$u_{\Delta V} = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 7\sqrt{2} \approx 10mV$$

در کتاب خطای Extended حساب شده و این تفاوت ایجاد می کنند.

خطای سیستماتیک: $\approx 10mV$

$10mV$

$$\rightarrow \text{خطای رند کردن} = \frac{0.5mV}{\sqrt{3}} \approx 0.3mV$$

اگر از این ولت متر در شرایطی استفاده کنیم که خطای سیستماتیک تغییر کند (فاصله زمانی مناسب و عدم تغییر مکان)

یا عدم بارگذاری مقاومت است.

در تفاضل، خطای سیستماتیک حذف می شود و تنها خطای رند کردن باقی می ماند.

Adlin

Subject:

Year: Month: Date: ()

$$u\Delta\gamma = \sqrt{2} \times 0.3 = 0.4 \text{ mV}$$

$$\Delta\gamma = 4 \text{ mV} \pm 0.4 \text{ mV}$$

$$u\Delta\gamma = \sqrt{(u_A)^2 + (u_B)^2}$$

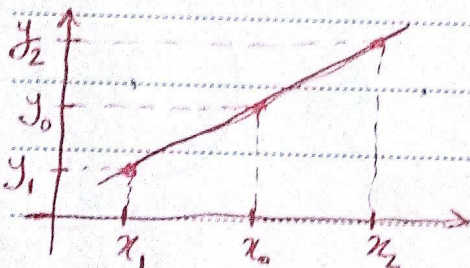
$$u\Delta\gamma = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 2 \sqrt{u_A u_B}$$

الترکیبی خطای هم وابسته باشند

Job 1: $f=1$

Job 2: $f=0$

$\Delta\gamma = \gamma_A + \gamma_B$



در اینجا $\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1}$

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1}$$

$$x_0 - x_1 = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} (y_0 - y_1)$$

$$\frac{\partial x_0}{\partial y_1} = \frac{(x_2 - x_1)(y_2 - y_0)}{(y_2 - y_1)^2}$$

$$\frac{\partial x_0}{\partial y_2} = \frac{(x_2 - x_1)(y_1 - y_0)}{(y_2 - y_1)^2}$$

$$u_{x_0} = \sqrt{\left(\frac{\partial x_0}{\partial y_1}\right)^2 u_1^2 + \left(\frac{\partial x_0}{\partial y_2}\right)^2 u_2^2 + 2 \frac{\partial x_0}{\partial y_1} \frac{\partial x_0}{\partial y_2} u_1 u_2}$$

$$u_{x_0} = \frac{|x_2 - x_1|}{(y_2 - y_1)^2} \sqrt{(y_2 - y_0)^2 u_1^2 + (y_0 - y_1)^2 u_2^2 + 2(y_0 - y_1)(y_2 - y_0) u_1 u_2}$$

تذکره

(11)

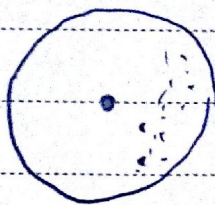
1. ابزارهای اندازه گیری:

دقت (خصوصیت):

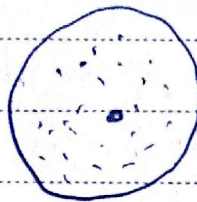
5 حساسیت $S = \frac{dR}{dG}$

دقت (Accuracy)

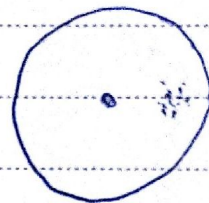
دقت (Precision) - مقدار پذیری



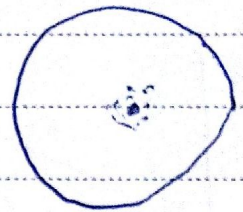
غیر صمیم و غیر دقیق



دقیق و غیر صمیم



صمیم و غیر دقیق



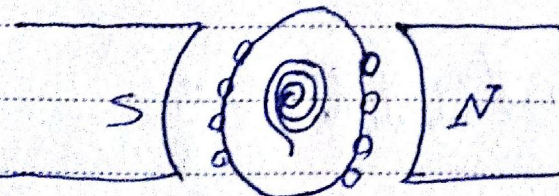
دقیق و صمیم

اگر دقت بالا به مقدار پذیری اندازه گیری کنیم تا به حد دقت برسیم.

محدوده کار (working range)

پایه زمانی: شامل پاسخ زمانی دستگاه و تأخیر اندازه گیری می‌شود.

اندازه گیری جریان الکتریکی:



گالوانومتر

25 $F = 2NIB_m l$, $T = 2NIB_m l r = NIB_m A = (NB_m A) I = G I$

آلین

نسبت گالوانومتر

(12)

Subject:

Year: Month: Date: ()

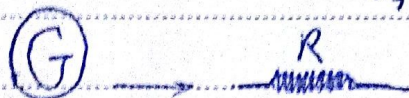
$T = K\theta$ ← مقادیر
زاویه
اغزاف

$I \propto \theta$ و تعادل

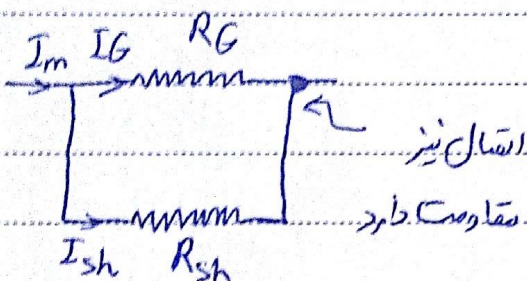
$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} + K\theta = GI \quad ; \quad G = NB_m A$$

که در

پایین باید میرایی بحرانی باشد



استفاده از مقاومت موازی برای تست درج آمپر متر

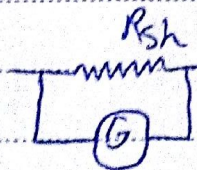


$$I_G = \frac{R_{sh}}{R_G + R_{sh}} I_m$$

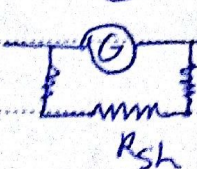
مثال: می خواهیم جریان 10A را با یک گالوانومتر 100μA، با مقاومت داخلی 10KΩ اندازه گیری کنیم.

مقدار مقاومت شنت را حساب کنید

$$100 \mu A = \frac{R_{sh}}{10 + R_{sh}} \times 10 A \rightarrow R_{sh} = 100 m\Omega$$



نوع اتصال شنت به آمپر متر ① ← اتصال آمپر متر به شنت



② ← شنت به آمپر متر
مقاومت
اتصال

Adlin

Subject :

Year. Month. Date. ()

اندازه گیری الکتریسیته های DC

بالا و نوستر به پایین اندازه گیری آنالوگ



$$S = hd$$

مساحت سطح سیم پیچ

$$M = nhdB I = \varphi^* I$$

لشتاور

$$\varphi^* = nhdB$$

جوابی سا، قضایا
دام
تعداد حلقه ها
مساحت سطح سیم پیچ

$$\theta_0 = \varphi^* I \Rightarrow \theta_0 = \frac{\varphi^* I}{c}$$

معادله استا
ثابت غیر

$$S = \frac{\partial \theta}{\partial I} = \frac{\varphi^*}{c}$$

بالا و نوستر

$$J\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta = \varphi^* I$$

معادله دینامیکی حرکت اعقربه

$$\theta(t) = A_1 e^{m_1 t} + A_2 e^{m_2 t} + \frac{\varphi^* I}{c}$$

$$m_{1,2} = \frac{-B}{2J} \pm \sqrt{\frac{B^2}{4J^2} - \frac{C}{J}}$$

$$\Delta = \frac{B^2}{4J^2} - \frac{C}{J}$$

$\Delta > 0$ $m_{1,2}$ حقیقی و منفی \leftarrow پاسخ میرا
 $\Delta = 0$ $m_1 = m_2$ میرای بحرانی
 $\Delta < 0$ m_1, m_2 مزدوج مختلط \leftarrow نوسانی میرا

J و C خیلی دست ما نیست اما
B (بسیار) ای توان تغییر دار

Subject:

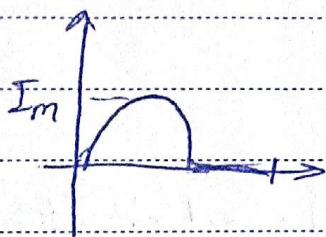
Year: Month: Date: ()

1. فرکانس نویسنده طبیعی سیستم را یک مرتبه انتخاب می کنیم تا در فرکانس 100Hz جواب فرکانس 80dB

و حلقه را به سیخ در 1Hz شود.

5. با این انتخاب، دستگاه مانند یک فیلتر عمل کرده و فرکانس های بالا را عبور نمی دهد.

← با ولتاژ نوتر میانه نلین بر



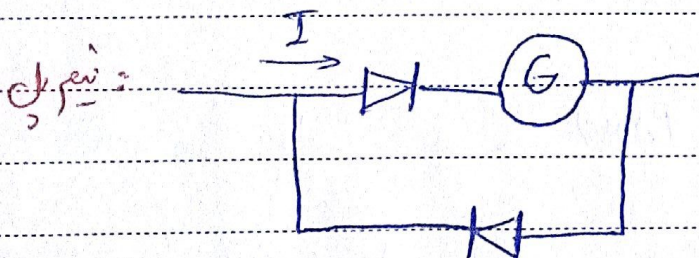
اندازه گیری AC با ولتاژ نوتر:

$$\bar{I}_m = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m \sin t \, dt$$

ابتدا موج را سینوسی کنیم:

$$\bar{I}_m = \frac{I_m}{\pi} \rightarrow I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \Rightarrow \boxed{\bar{I}_m = \frac{\sqrt{2}}{\pi} I_{eff}}$$

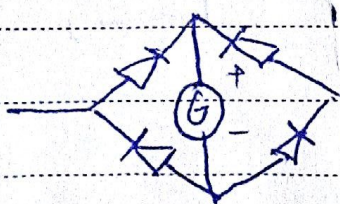
15. اندازه گیری DC و AC:



$$I_{f_{sdc}} = 100\text{mA}$$

$$I_{f_{sac}} = ? \quad \frac{\pi}{\sqrt{2}} I_{f_{sdc}} = 222\text{mA}$$

تقارن:



$$\bar{I}_m = \frac{2I_m}{\pi}$$

$$\boxed{I_{eff} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \bar{I}_m}$$

Adlin

Subject:

Year. Month. Date. ()

برای جادیده ها ممکن است به دلیل افت ولتاژ و مقاومتی که دارند اثر بارگذاری قابل توجهی داشته باشند

$$R_f = \frac{1.4V}{10\mu A} = 140K\Omega \rightarrow \text{بزرگ است}$$

برای افزایش جریان فول استاک باید از مقاومت است استفاده کرد تا تقسیم جریان کنیم

$$A = 100 \text{ حله}$$

$$d = 2 \times 10^{-2} m$$

$$I_f = 40\mu A$$

$$r_{\text{قسم}} = 0.1 mm$$

$$B = 0.2 T$$

$$h = 1.5 \times 10^{-2} m$$

$$\rho_{Cu} = 8.96 g/cm^3$$

مثال

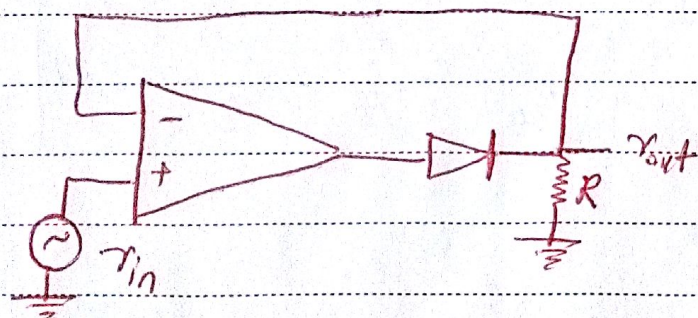
$$J = \frac{1}{2} \rho_{Cu} \pi r^2 d^2 (h + \frac{d}{3}) = 3.1 \times 10^{-8} kg \cdot m^2$$

$$J_{\text{عقرب}} = (0.1 \times 10^{-3}) \times \frac{0.1^2}{3} = 2.7 \times 10^{-7} kg \cdot m^2$$

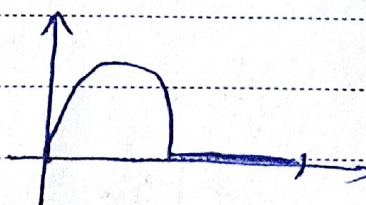
$$n B h d I = 2.4 \times 10^{-7} N \cdot m$$

$$\sqrt{\frac{C}{J}} = 0.75 s^{-1}$$

$$40\mu A \rightarrow \frac{\pi}{2} \text{ اغراف عقرب} \rightarrow C$$



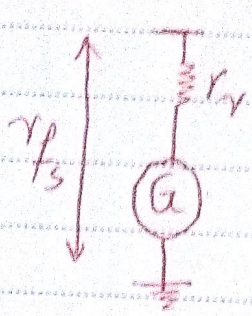
پسولنده بدون افت ولتاژ



Adlin

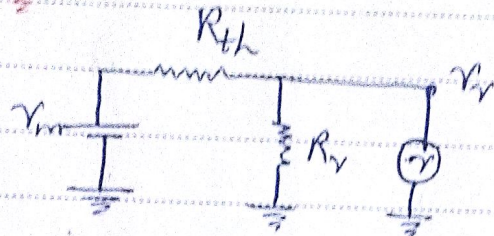
Subject:

Year: Month: Date:



$$R_{eq} = r_L + I_L$$

$$\frac{V_L}{r_L + I_L} = I_L$$



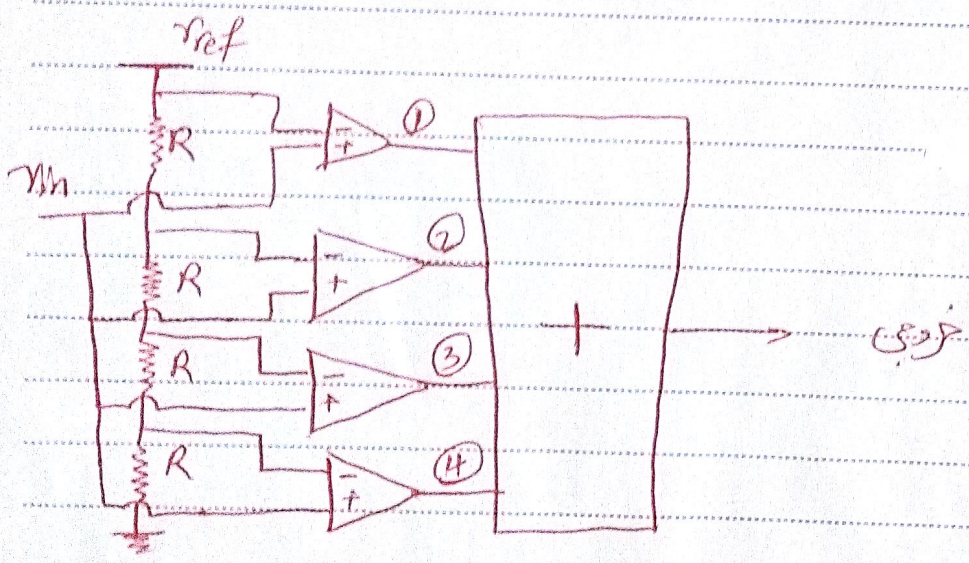
$$V_L = V_m \frac{R_L}{R_{th} + R_L}$$

$$R_L \rightarrow \infty \rightarrow V_L = V_m$$

$$\frac{I}{I_L} = \frac{R_L}{V_L} \quad \frac{K, \Omega}{V}$$

تحت الحمل

260 ...



الحل:

(17)

Subject:

Year. Month. Date. ()

$$v_{in} < 1.25v_{ref} \rightarrow$$

①	②	③	④
0	0	0	0

$$1.25v_{ref} < v_{in} < 2.5v_{ref} \rightarrow$$

①	②	③	④
1	0	0	0

$$2.5v_{ref} < v_{in} < 3.75v_{ref} \rightarrow$$

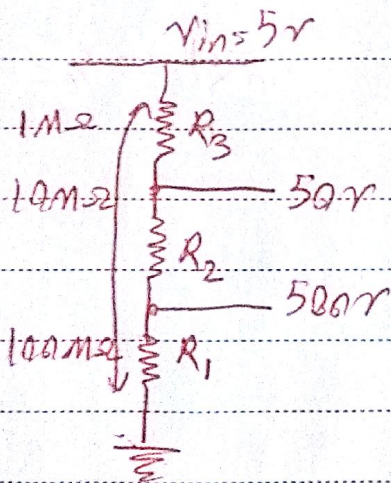
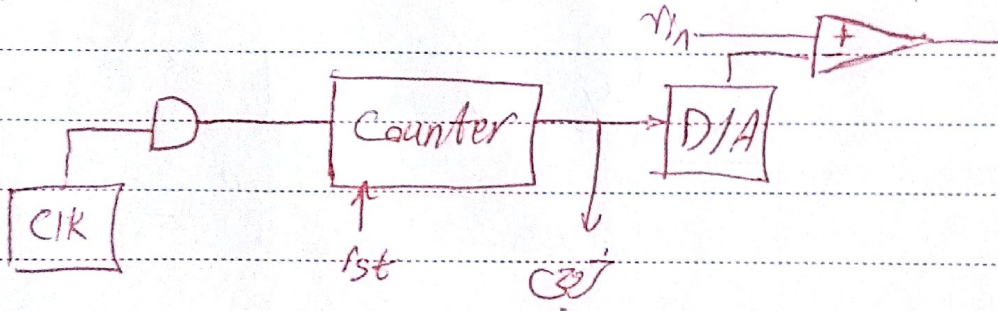
①	②	③	④
1	1	0	0

$$3.75v_{ref} < v_{in} < 5v_{ref} \rightarrow$$

①	②	③	④
1	1	1	0

$$5v_{ref} < v_{in}$$

①	②	③	④
1	1	1	1

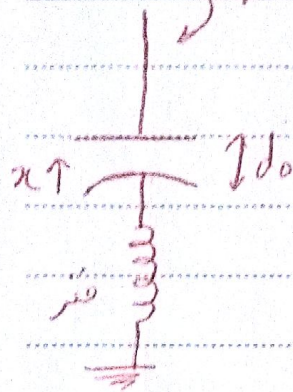


Atlin

18

Subject:

Year: Month: Date: ()

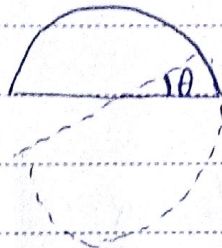


$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

$$W_c = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{A}{d_0 - x} V^2$$

$$F = \frac{\partial W}{\partial x} = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 A}{(d_0 - x)^2} V^2 = kx$$

اولاً متر القوت و استاتیکی



مبدأ تعادل

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{\pi d} \frac{\pi V^2}{2}$$

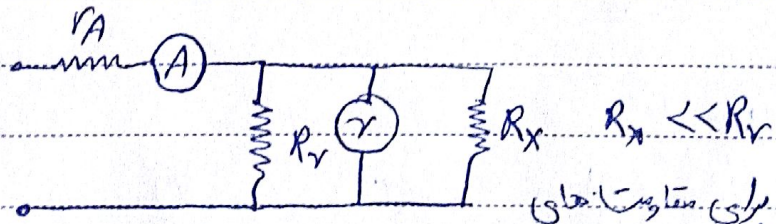
$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

$$T = \frac{\partial W}{\partial \theta} = k\theta$$

$$k\theta = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{1}{2} r^2 \gamma^2 \rightarrow \theta = \frac{1}{4} \epsilon_0 \frac{r^2}{k} \gamma^2 \rightarrow \boxed{A = C r^2}$$

اندازه گیری مقاومت: استفاده از ولتاژ متر و آمپر متر

$$R_x = \frac{V}{I} = R_x \parallel R_v$$

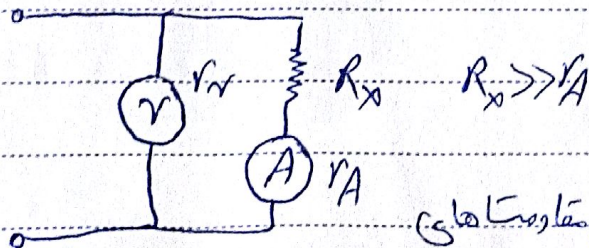


برای مقاوت های

کوچک مناسب است.

$$R_x = \frac{V}{I} = R_x + R_A$$

خطای اندازه گیری



برای مقاوت های

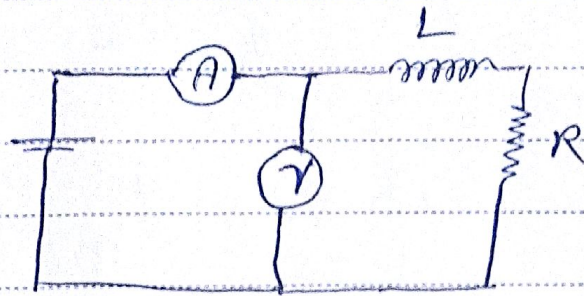
بزرگ مناسب است.

Adlin

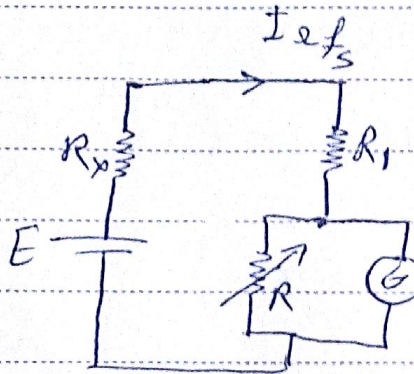
Subject:

Year: Month: Date: ()

$$U_{Rx} = \sqrt{U_I^2 + U_V^2}$$



$$v = Ri + L \frac{di}{dt}$$



$$R_x = 0 \rightarrow I_{f_s} = ?$$

$$I_{x_{f_s}} = I_{f_s} \frac{R + R_A}{R}$$

$$I_G = \frac{I_{f_s}}{2}$$

مقدار ترمین

$$\frac{E \times \frac{R}{R_x + R_1 + R}}{(R_x + R_1) \parallel (R) + R_A} = \frac{I_{f_s}}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{I_x}{I_{f_s}} = \frac{R'}{R_x + R'}$$

$$R_x = R_1$$

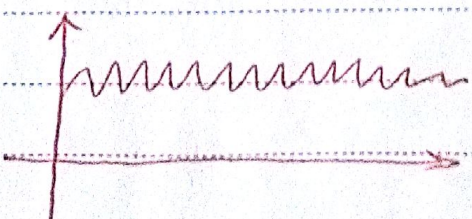
مقاومت بارهای متناوب

Periodic

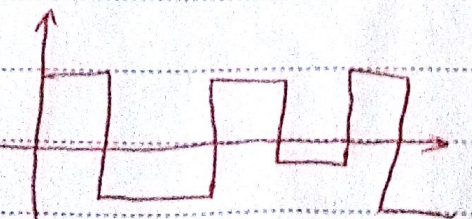
تکرار شونده

Alternating

متناوب و متغی شکل سیگنال



برای دیت است
متناوب است

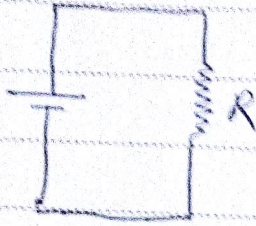


متناوب است
برای دیت است

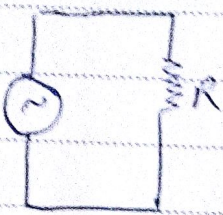
Adlin

Subject:

Year: Month: Date: ()

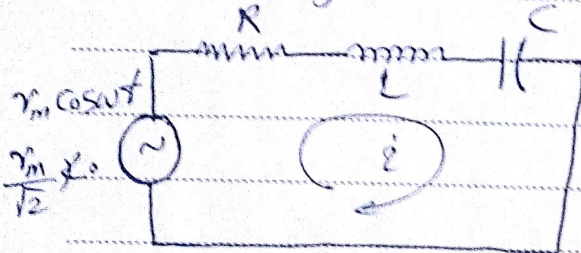
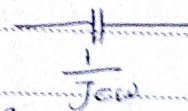
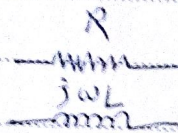


$$P = \frac{E^2}{R}$$



$$P = \frac{1}{T} \int_0^T r i^2 dt = \frac{r_m^2}{2R}$$

$$\frac{r_m^2}{2R} = \frac{E^2}{R} \rightarrow E = \frac{r_m}{\sqrt{2}}$$



$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})$$

$$Z = R + j\omega(L - \frac{1}{\omega^2 C})$$

$$L - \frac{1}{\omega^2 C} > 0 \quad Z = R + j\omega L'$$

Inductive reactance

$$L - \frac{1}{\omega^2 C} \rightarrow Z = R$$

$$L - \frac{1}{\omega^2 C} < 0 \rightarrow Z = R - \frac{1}{j\omega C}$$

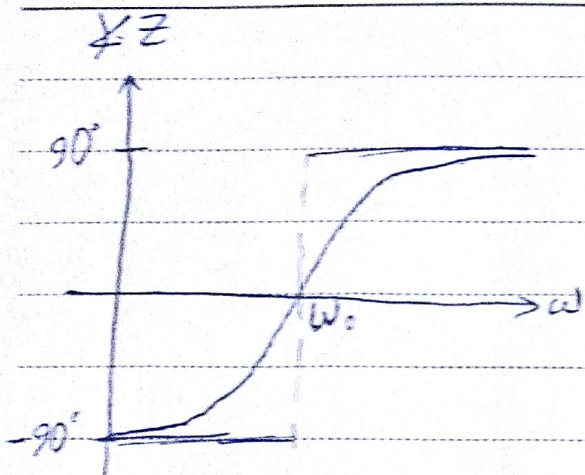
Soln

(21)

Subject:

Year: Month: Date: ()

بک فرض طبیعی یا سیدر



نمایی $R^2 < \frac{4L}{C}$

$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$ $\frac{R}{Z_0} < 2$

5

10

15

20

25

Ailin

اندازه گیری DC اهمیت دارد چون در برق رسانی تمام مدارات الکترونیکی و مخازنی استفاده می شود و نیاز به اندازه گیری

دارد.

اندازه گیری AC در شبکه های قدرت (کل شبکه تقریباً) کاربرد دارد. در بین مدارهای متناوب، سینوسی اهمیت

و بهره دارد.

تعداد مدارهای متناوب → لذا به فرکانس های طبیعی مدار بستگی دارد.
حالت دایم

10

در مدل سازی الیست از خود وقت را افزایش بدهیم. ممکن است در یک مورد خاص وقت خوبی داشته باشیم

(البته با افزایش هزینه) اما در مجموع وقت خیلی تفاوتی ممکن است نگیرد.

15 مدار RLC: (صفحه 128 کتاب)

ایر میای شدید بعضی و آل و تیبیک در نظر گرفتند و واقعیتی از قطب ها حذف کرده ایم و قطعه مقارنی خط داریم.

$$F_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \rightarrow Q_s = \frac{Z_0}{R}$$

20

$$Q_p = \frac{1}{Q_s} = \frac{R}{Z_0}$$

در ساخت خازن های قدرت، سلف یا ریزیت را بزرگ می گیرند تا جریان in rush خازن کاهش یابد.

25

Silin

non-Ideal: $\frac{1}{Q'_s} = \frac{R + R_L + R_C}{\omega_0 L} = \frac{R}{\omega_0 L} + \frac{R_L}{L\omega_0} + \frac{R_C}{\omega_0 L} = \frac{1}{Q_s} + \frac{1}{Q_L} + \frac{1}{Q_C}$

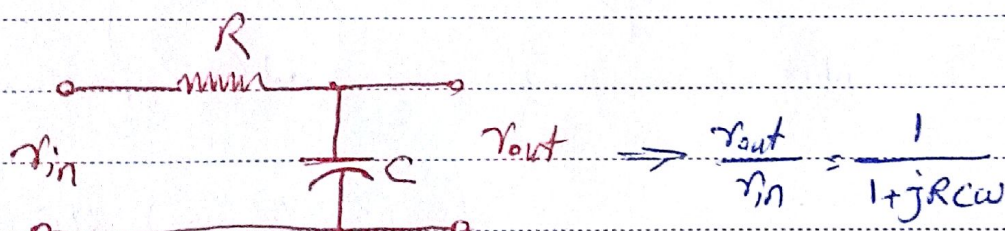
$R_C \ll R_L$

پایه ها (صفحه 137 کتاب)

تجربیه ها (صفحه 140 کتاب)

* در تعریف dB، در توان $10 \log_{10}$ استفاده می شود و در اندازه $20 \log_{10}$ استفاده می شود.

فیلترها (صاف):



پایین از RC:

$\omega = \frac{1}{RC} \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1+j} \rightarrow \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{1}{\sqrt{2}} \rightarrow -3dB$
 $\angle \frac{V_{out}}{V_{in}} = -45^\circ$

$\omega \gg \frac{1}{RC} \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} \ll 1 \rightarrow$ سیگنال ضعیف تر

$\omega \ll \frac{1}{RC} \Rightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}} \approx 1$ اختلاف فاز در مورد یک سیگنال معین است خیلی مهم نباشد

اما در مورد چند سیگنال می تواند خیلی مهم باشد و معین است به دلیل عدم قطعیت فیلترها (چاره مشکل اختلاف

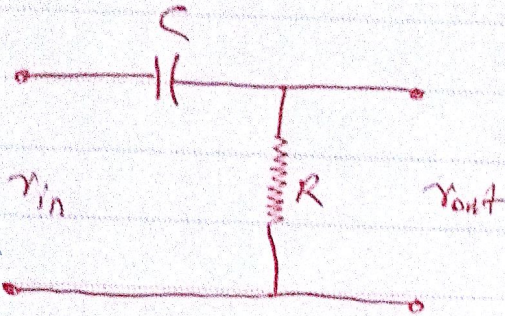
فاز اضافه شود.

فیلترها معین است به صورت امکان خیلی نیاز است در امکان خیلی واقعی وجود داشته باشد.

Adlin

گاهی در ورودی آپ‌ها (ورودی تغذیه) مشاهده می‌کنیم که خازن گذاشته می‌شود تا نویزهایی که ممکن است

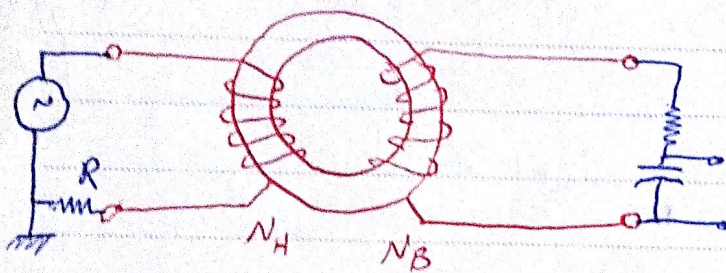
در مسیر تغذیه به وجود بیاید رفع شود.



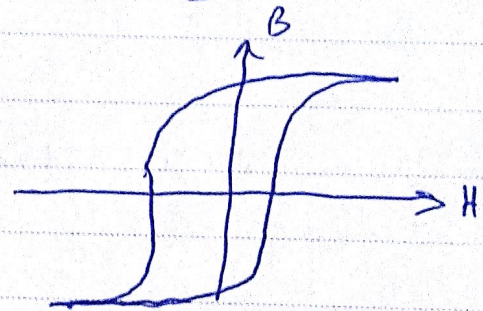
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R}{R + \frac{1}{Cs}} = \frac{RCS}{1 + RCS}$$

$$\omega \ll \frac{1}{RC} \rightarrow \text{مستقیم میرا}$$

$$\omega \gg \frac{1}{RC}$$



مثال: رابطه هسته‌ترین



$$e = \frac{d\lambda}{dt} = NA \frac{dB}{dt}$$

$$i_s = \frac{HL}{N}$$

$$e = e_{max} \cos \omega t \rightarrow \int e dt = \frac{e_{max}}{\omega} \sin \omega t$$

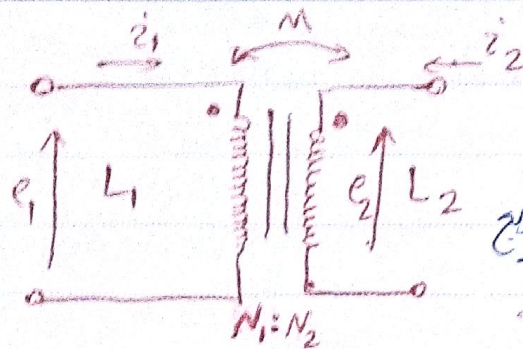
$$i_s = i_{max} \sin \omega t \rightarrow \frac{di_s}{dt} = \omega i_{max} \cos \omega t + x$$

$$+ i_{dis} \sin \omega t + i_{dis} \cos \omega t$$

$\omega \gg \omega_{dis}$
 \Rightarrow نویز بسیار تقویت می‌شود

تفاوت سلف مترویج شده و ترانسفورماتور: ترانسفورماتور همان سلف مترویج شده است که ضریب مترویج نزدیک

بسیار دارد.



سلف‌های تزیوچ شده (ترانسفورماتور):

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

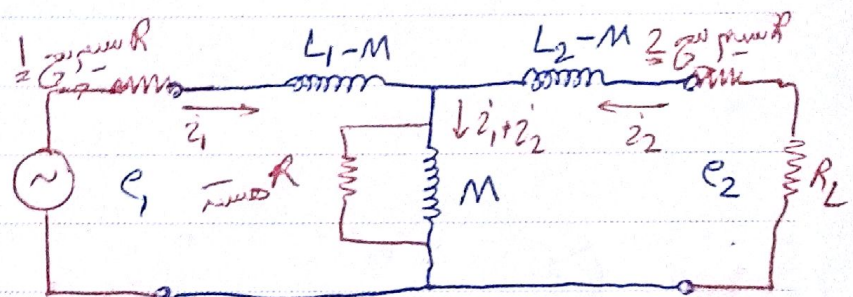
$$L_1 \propto N_1^2$$

$$L_2 \propto N_2^2$$

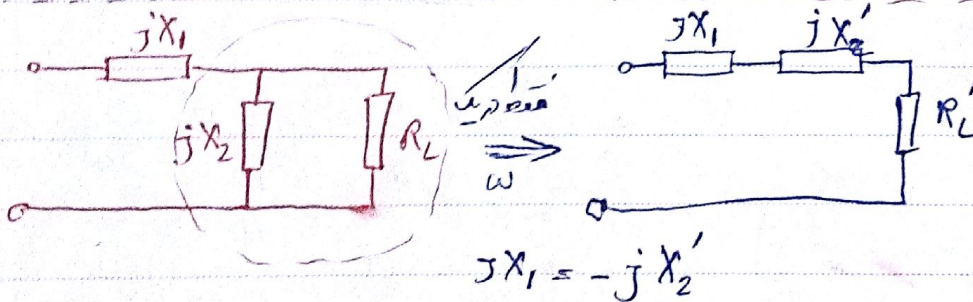
$$M \propto N_1 N_2$$

$$e_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

$$e_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$



فیلتر پایین گذر $\frac{e_2}{e_1}$ به دلیل M فیلتر بالا گذر نیست اما فاکس قطع آن کمتر از یک می‌باشد.



$$R_L' = \frac{R_L X_2^2}{R_L^2 + X_2^2} = \frac{R_L}{1 + \left(\frac{R_L}{X_2}\right)^2}$$

$$R_L' + jX_2 = \frac{jR_L X_2 (R_L - jX_2)}{R_L^2 + X_2^2} = \frac{jR_L X_2}{R_L + jX_2} = Z = \frac{1}{\frac{1}{R_L} + \frac{1}{jX_2}}$$

$$jX_2 = \frac{jR_L^2 X_2}{R_L^2 + X_2^2} = \frac{jX_2}{1 + \left(\frac{X_2}{R_L}\right)^2}$$

$$Z = jX_2' + R_L'$$

$$\left. \begin{aligned} jX_2' &= \frac{jX_2}{1 + \left(\frac{X_2}{R_L}\right)^2} \\ R_L' &= \frac{R_L}{1 + \left(\frac{R_L}{X_2}\right)^2} \end{aligned} \right\}$$

Subject:

Year:

Month:

Date:

()

مفصل حساب

اندازه گیری سیگنال های متناوب الکتریکی

$$r_{eff} = r_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T r^2(t) dt}$$

$$r_{mean} = \frac{1}{T} \int_0^T r(t) dt$$

$$|r_{mean}| = \frac{1}{T} \int_0^T |r(t)| dt$$

if $r(t) = r_m \cos \omega t \rightarrow r_{rms} = \frac{r_m}{\sqrt{2}} = 1.41$

$$|r_{mean}| = \frac{2r_m}{\pi} = \frac{r_m}{1.57}$$

$$r(t) = U_1 \cos \omega t + U_2 \cos 2\omega t + U_3 \cos 3\omega t + \dots$$

$$U_{rms} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots}$$

$$THD = \frac{U_{rms}}{U_1}$$

ضریب حلاله = $\frac{U_m}{U_{rms}} = 1.41$

Crest factor

معمولترین سیگنال های متناوب

$$X_{rms} = \frac{X_{pp}}{2\sqrt{2}} = 0.354 X_{pp}$$

① مربعی

$$X_{rms} = 0.289 X_{pp}$$

② مثلثی

$$X_{rms} = 0.25 X_{pp}$$

③ مربعی

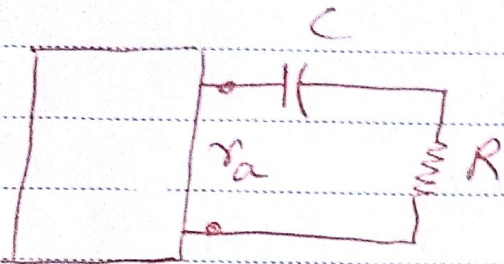
تکین $X_{rms} = 0.289 X_{pp}$

④ دندانه اره ای

در Crest Factor (نسبت میانگین به بیشترین مقدار) که برای سنجش میزان خستگی و پاره شدن سیم و کابل و ... استفاده می‌شود.

کتابخانه

استاندارد برای سیم (DC coupling) (AC coupling)



$$\left. \begin{array}{l} \text{if } v_a = a_0 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + \dots \\ \text{if } \omega \gg \frac{1}{RC} \end{array} \right\} \Rightarrow v_R \approx a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + \dots$$

IMR

چ؟

$$50 \text{ Hz} \rightarrow 100\pi \gg \frac{1}{10^6 C} \rightarrow C \gg \frac{1}{\pi \times 10^8} = \frac{10 \times 10^{-9}}{\pi} \approx 3 \text{ nF}$$

$$C \gg 3 \text{ nF}$$

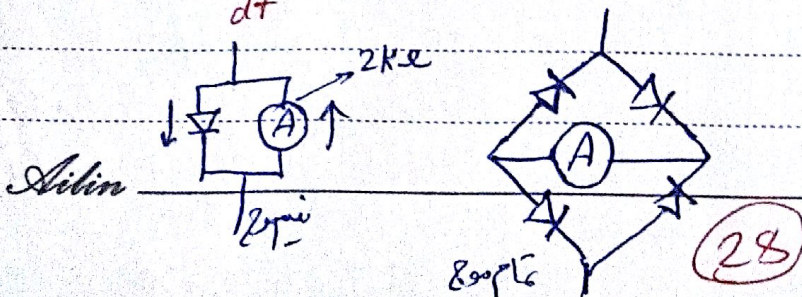
در استوپی‌ها معمولاً 100nF است

استاندارد برای سیم (نسبت میانگین به بیشترین مقدار) که برای سنجش میزان خستگی و پاره شدن سیم و کابل و ... استفاده می‌شود.

معرفیت و هم‌عیب! یعنی توان آن را (در سیم‌کشی کرد). (برعکس سیستم‌های دیجیتال)

$$J\ddot{\theta} + B\frac{d\theta}{dt} + K\theta = T_m \cos \omega t$$

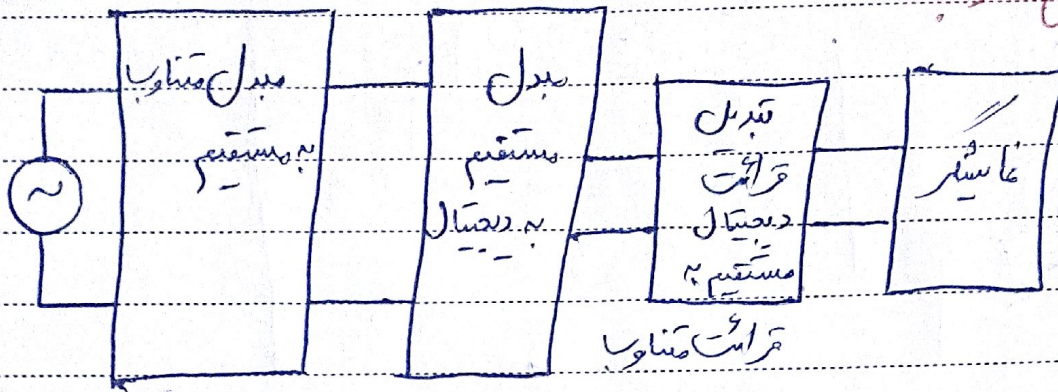
بالا نویسنده



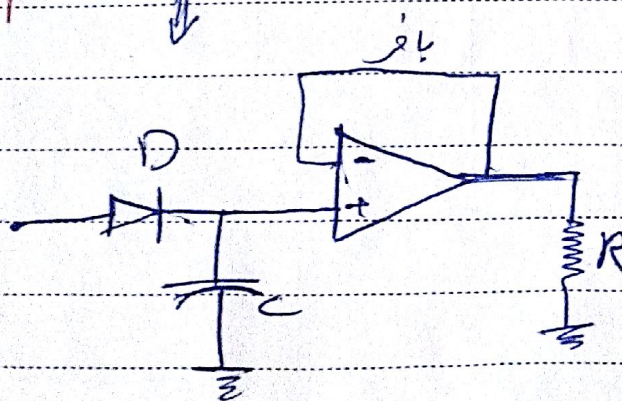
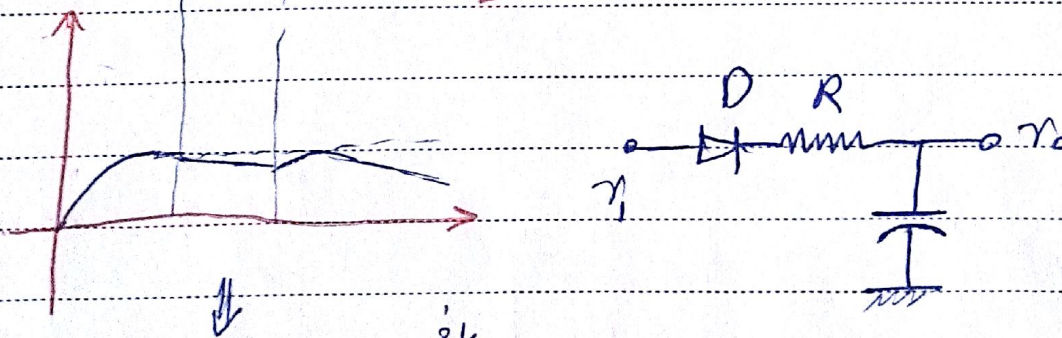
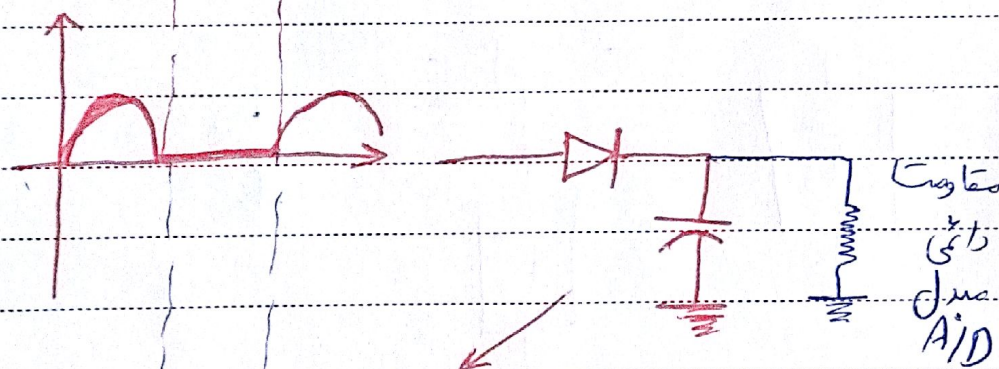
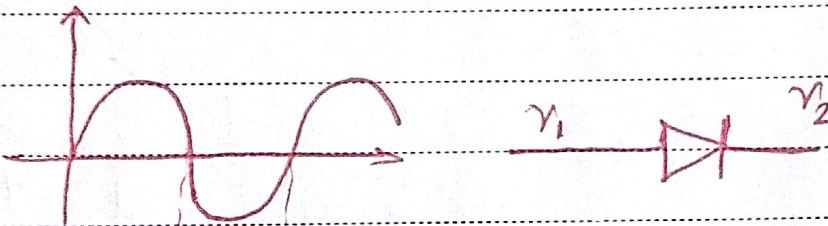
Subject:

Year. Month. Date. ()

اندازه گیری سیگنال متناوب

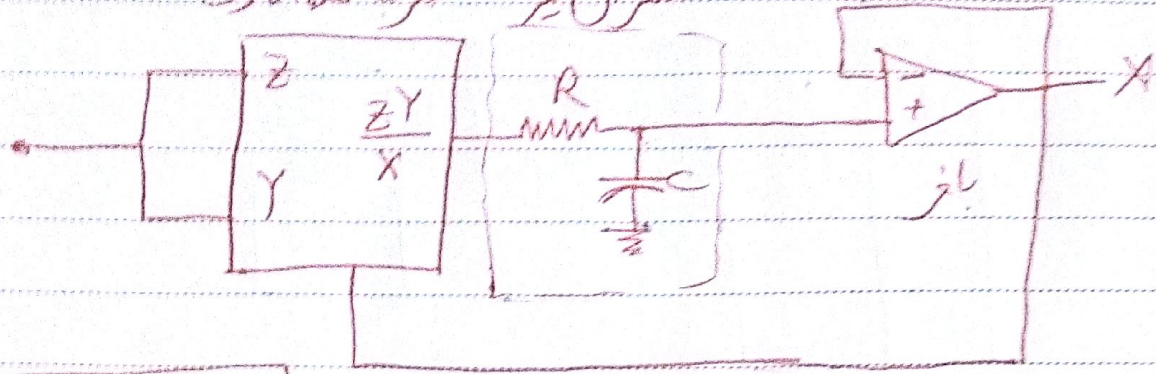


مبدل متناوب به مستقیم



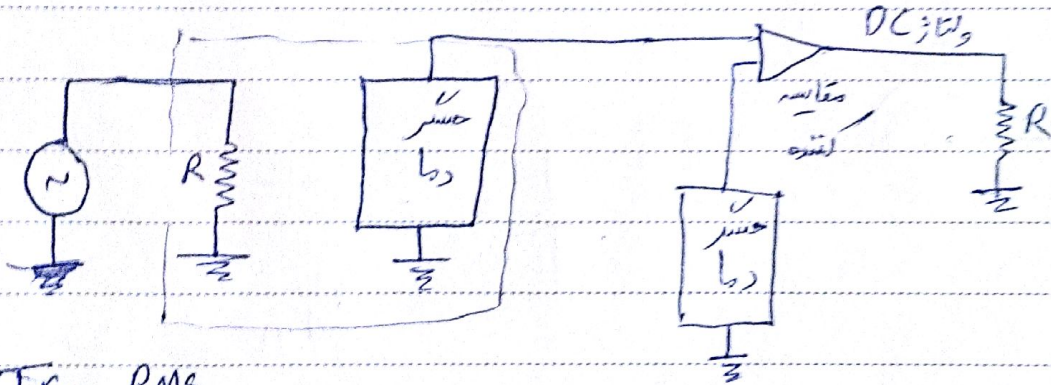
Alin

استرال لیر
غرب لسته انا لوب



$$\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_m^2 dt}$$

میل متناوب به مستقیم (حرارتی):



True RMS

تج معرود دارد.

روش نمونه برداری:

$$P = VI \cos \phi$$

$$\frac{dP}{P} = \frac{dV}{V} + \frac{dI}{I} + \tan \phi d\phi$$

Silin

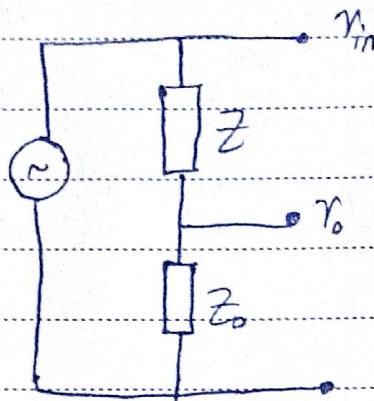
30

30

Subject: _____

Year. _____ Month. _____ Date. _____ ()

اندازه گیری امپدانس:



$$\frac{r_{out}}{r_{in}} = \frac{Z_0}{Z + Z_0}$$

$$Z = Z_0 \left(\frac{r_{in}}{r_o} - 1 \right)$$

$$Z = Z_0 \left(\frac{|r_{in}|}{|r_o|} e^{-j\phi} - 1 \right) = Z_0 \left[\left(\frac{\cos \phi_0}{A_0} - 1 \right) - j \frac{\sin \phi_0}{A_0} \right]$$

$$A_0 = \frac{|r_o|}{|r_{in}|}$$

$$\%T.H.D = \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_1} \times 100$$

Atlin