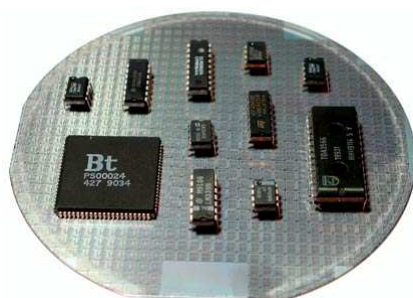
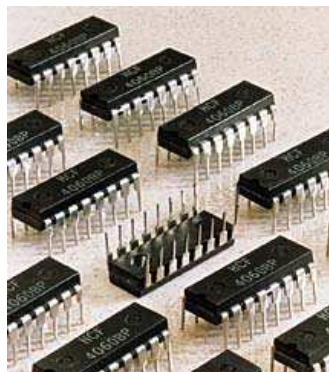


Pracownia Technik Pomiarowych dla Astronomów 2014



<http://pe.fuw.edu.pl/>

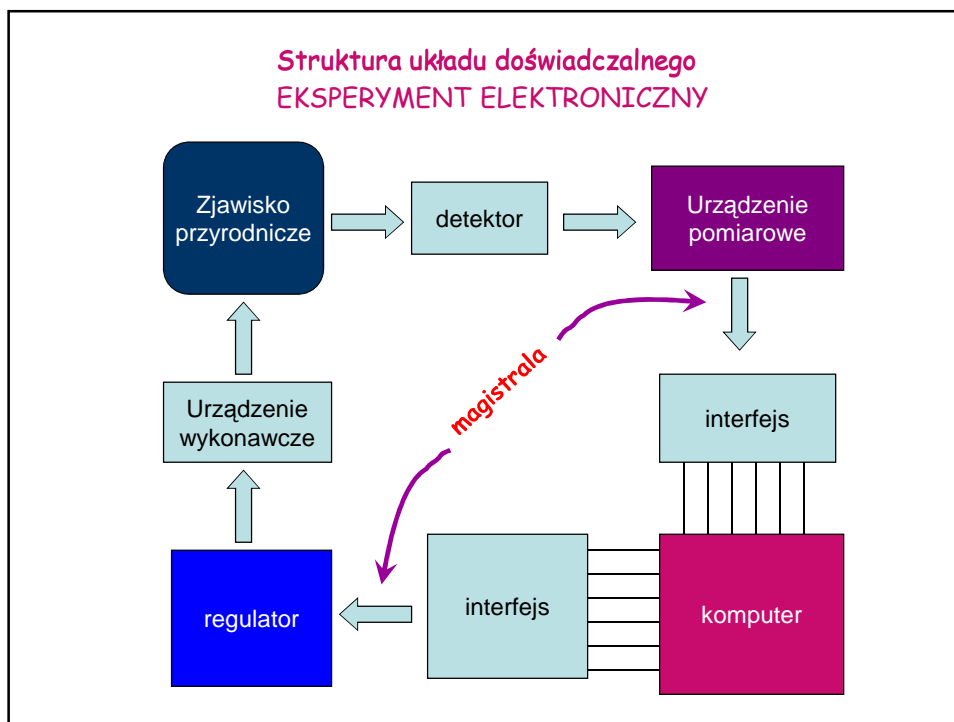
Wojciech DOMINIK

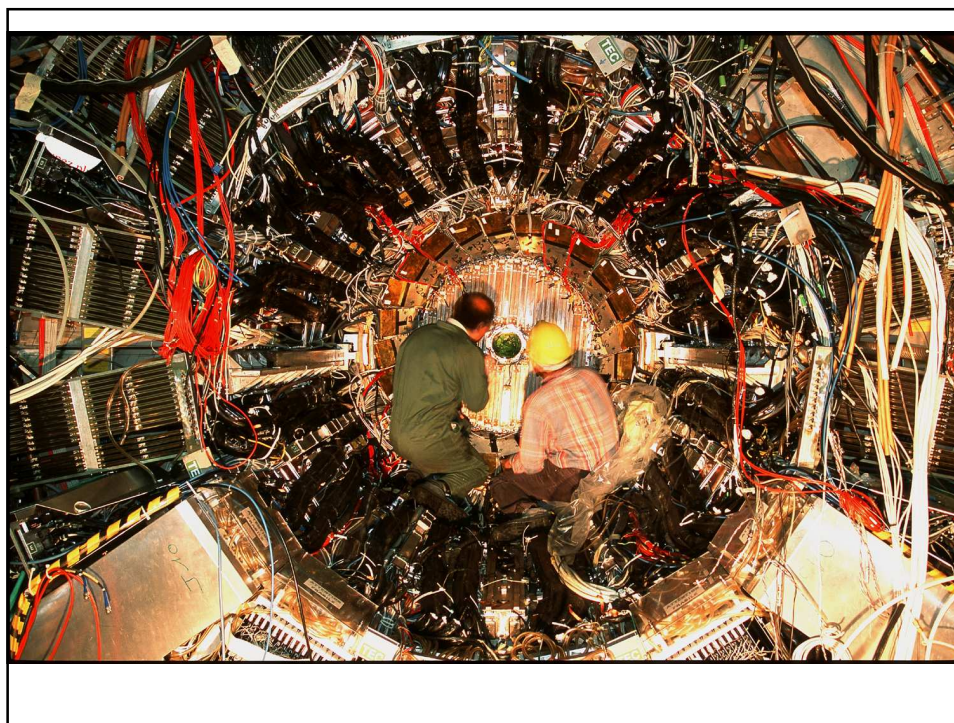
Pracownia technik pomiarowych dla astronomów 2014 – zajęcia w czwartki 13-16		
Data	Wykład (P17)	Ćwiczenia (Pasteura IVp)
20.02.2014	Prawo Ohma i Kirchhoffa. Prądy zmienne. Pojemność i indukcyjność. Impedancja. Dzielnik napięcia	
27.02.2014		Zajęcia wprowadzające : obsługa zasilacza i woltomierza, generatora i oscyloskopu. Układy całkujące i różniczkujące. Pomiar charakterystyk amplitudowych i fazowych.
06.03.2014	Układy złożone z elementów biernych. Elektryczny obwód rezonansowy.	
13.03.2014		Układ rezonansowy.
20.03.2014	Złącze p-n, diody, prostowniki.	
27.03.2014		Wyznaczanie charakterystyki statycznej diody.
03.04.2014	Tranzystory Wzmacniacz tranzystorowy Układy nieliniowe	
10.04.2014		Charakterystyki tranzystora. Wzmacniacz tranzystorowy
24.04.2014		Uzupełnianie zaległości
08.05.2014	Układy cyfrowe	
15.05.2014		Układy cyfrowe
22.05.2014		Układy cyfrowe
29.05.2014		Układy cyfrowe
05.06.2014		Kolokwium końcowe

Pracownia technik pomiarowych dla astronomów – 2014

1. Plan zajęć Pracowni przewiduje 5 ćwiczeń. Wykład stanowi integralną część Pracowni.
2. Zajęcia w Pracowni odbywają się w grupach. Przydział do danej grupy obowiązuje podczas całego semestru.
3. Obecność na wszystkich zajęciach praktycznych Pracowni jest obowiązkowa.
4. Przed każdym ćwiczeniem przeprowadzany jest sprawdzian (na ocenę). Na każdym sprawdzianie wstępnym obowiązuje znajomość materiału podanego na wykładach do dnia sprawdzianu oraz materiału zawartego w instrukcjach do ćwiczeń.
5. Dwukrotne niezaliczenie sprawdzianu wstępnego do danego ćwiczenia powoduje definitywne skreślenie z listy uczestników Pracowni.
6. Podczas ćwiczeń studenci są oceniani z przygotowania do zajęć oraz z postawy w trakcie ćwiczeń.
7. Po zakończeniu ćwiczenia student składa w ciągu jednego tygodnia krótki raport zawierający opis przebiegu ćwiczenia, opracowane wyniki oraz wnioski. Raport podlega ocenie. Nieterminowe dostarczenie raportu może spowodować obniżenie oceny, odmowę przyjęcia go lub niedopuszczenie do następnych zajęć.
8. Ocena z ćwiczenia jest wypadkową ocen ze wstępnego sprawdzianu, z raportu oraz otrzymanej w trakcie zajęć. Wszystkie oceny cząstkowe muszą być pozytywne, aby ćwiczenie mogło być uznane za zaliczone.
9. Warunkiem dopuszczenia do kolejnego ćwiczenia jest zaliczenie ćwiczenia poprzedniego.
10. Zaliczenie Pracowni następuje po zdaniu kolokwium końcowego. Do tego kolokwium dopuszczone będą tylko osoby, które otrzymały oceny pozytywne wszystkich ćwiczeń.
11. Kolokwium końcowe ma charakter egzaminu ustnego i obejmuje cały materiał programu Pracowni.
12. Materiały Pracowni i informacje bieżące znaleźć można na stronach: pe.fuw.edu.pl

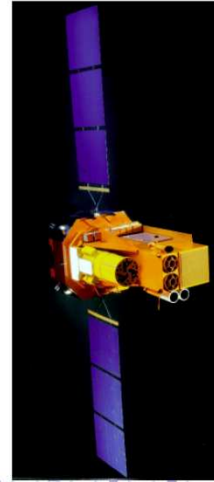
PPS - Pracownia Przyjazna Studentowi





W przestworzach

- CGRO z BATSE strącony w 2000 roku (mimo działania). Pole widzenia: $\sim 4\pi$ sr, energia 25 keV - 10 MeV.
- HETE-2 wyrzucony w 2000 roku. Pole widzenia: 1.5 sr, energie: 0.5-400 keV. Kończy działanie.
- Integral wyrzucony w 2002 roku. Pole widzenia: $\sim 30^\circ \times 30^\circ$, energie: 3 keV - 10 MeV.

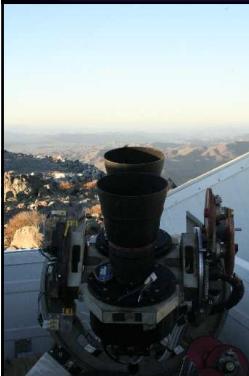


Lech Wiktor Piotrowski

" π of the Sky" - błyski gamma, blazary i inne zjawiska

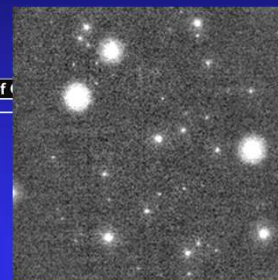
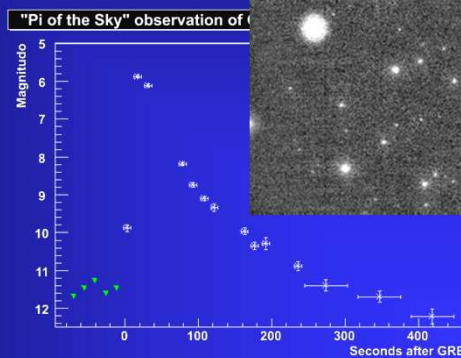
ZCIOF, 3.XI.2006

Rozblysk gamma GRB 080319B



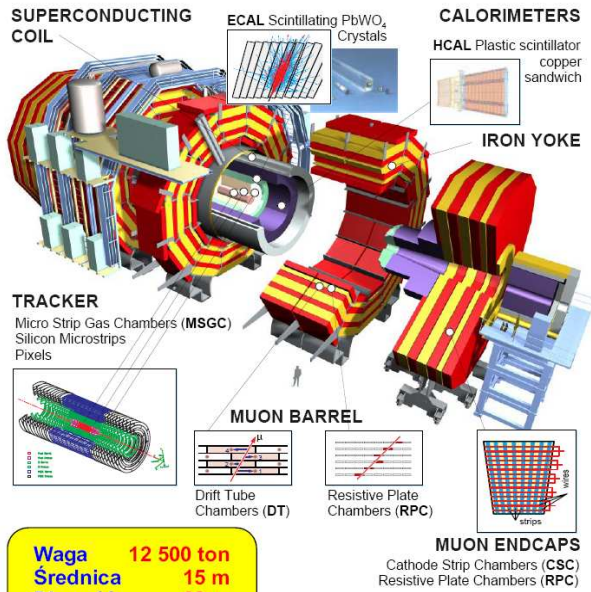
19.03.2008 teleskop „Pi of the Sky” sfilmował najpotężniejszą eksplozję obserwowaną przez człowieka

- pierwszy film narodzin czarnej dziury
- 7.5 mld lat świetlnych

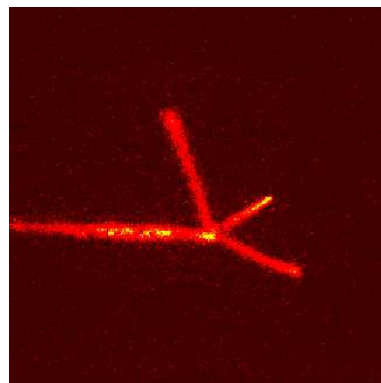
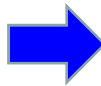
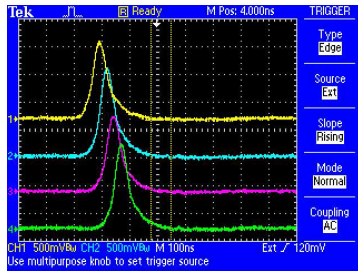
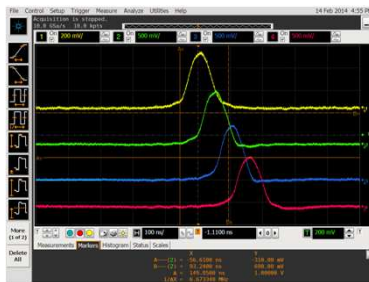


<http://grb.fuw.edu.pl/>

Budowa detektora CMS

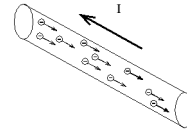


Waga 12 500 ton
Średnica 15 m
Długość 22 m
Pole magn. 4 Tesle



Prąd elektryczny w obwodach; przypomnienie podstawowych pojęć i praw

Prąd: uporządkowany ruch ładunków elektrycznych

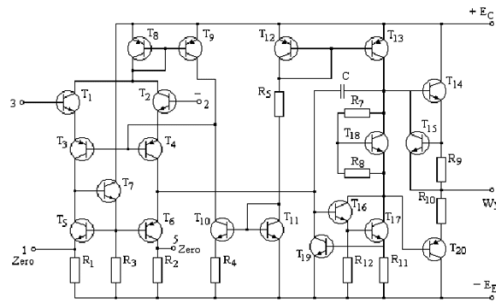


Natężenie prądu (prąd - I): $I = \frac{dQ}{dt}$

ilość ładunku dQ przepływająca przez przewodnik w jednostce czasu dt

Napięcie elektryczne (U):

spadek potencjału na części obwodu elektrycznego nie zawierającej źródeł prądu



Prawo Ohma: $U = I * R$

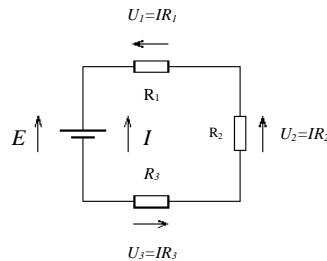
Współczynnik proporcjonalności R między napięciem i natężeniem:

➔ **opór lub rezystancja**

Siła elektromotoryczna E : napięcie na odcinku obwodu zawierającego źródło prądu, a nie zawierającego rezystancji

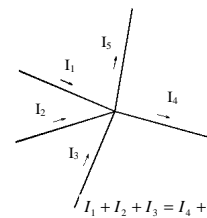
Drugie prawo Kichhoffa:
dla obwodu zamkniętego

$$\sum_i IR_i = E$$

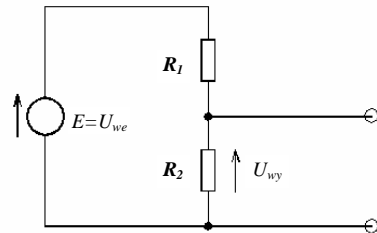


Pierwsze prawo Kirkhoffa:
dla dowolnego węzła sieci elektrycznej

$$\sum_i \vec{I}_i = 0$$

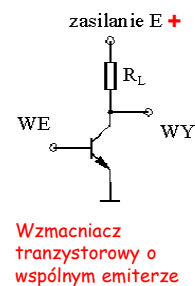
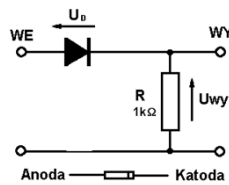
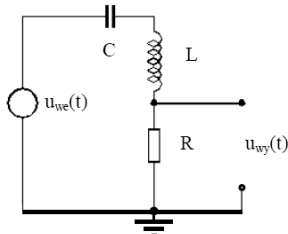


dzielnik napięcia - podstawowy obwód elektryczny

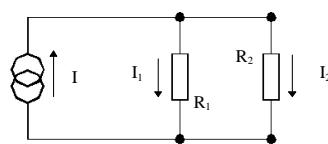


$$U_{wy} = U_{we} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Działanie większości obwodów elektrycznych można opisać jako układ jednego lub kilku dzielników napięcia



Analogicznym układem elektrycznym jest dzielnik prądowy



Prądy w poszczególnych gałęziach wynoszą:

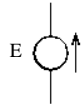
$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I \quad I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I$$

gdzie:

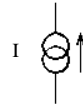
$$G_1 = \frac{1}{R_1} \quad G_2 = \frac{1}{R_2}$$

oznaczają przewodności gałęzi obwodu

Teoria obwodów stosuje dwa rodzaje idealnych źródeł energii elektrycznej:



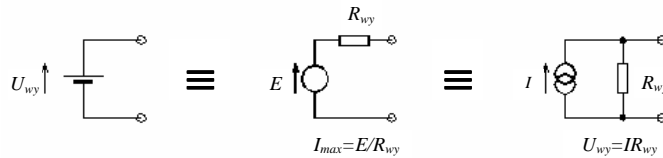
Źródło napięciowe:
Napięcie E na zaciskach
(siła elektromotoryczna)
nie zależy od natężenia
prądu wyjściowego



Źródło prądowe:
Prąd wyjściowy I nie zależy
od napięcia na zaciskach

Każde rzeczywiste źródło energii elektrycznej może być przedstawione jako:

- źródło napięciowe i szeregowo rezystancja wewnętrzna
- lub
- źródło prądowe i bocznikująca je rezystancja wewnętrzna

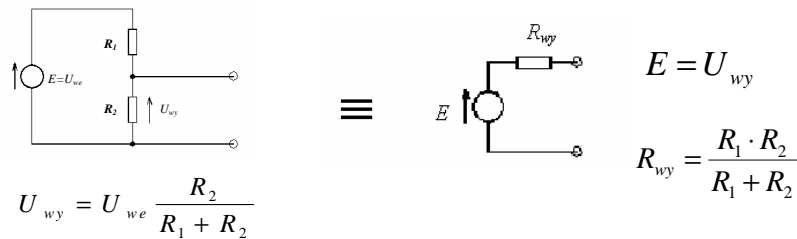


Zasada Thevenina:

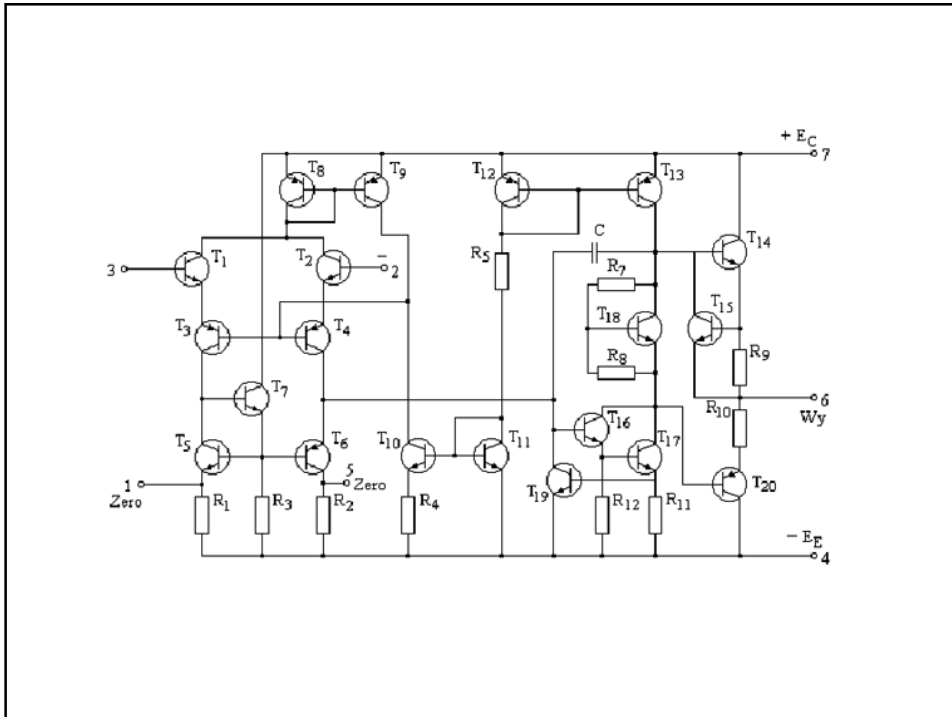
Każdą sieć elektryczną można przedstawić w postaci obwodu zastępczego składającego się ze źródła napięciowego i szeregowo rezystancji wewnętrznej

Zasada Nortona:

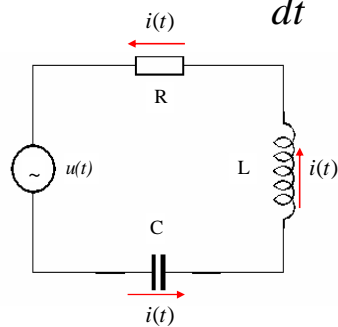
Każdą sieć elektryczną można przedstawić w postaci obwodu zastępczego składającego się ze źródła prądowego z bocznikowaną rezystancją wewnętrzną



Znajomość rezystancji (impedancji) wewnętrznych układów elektrycznych oraz parametrów ich źródeł jest podstawą świadomego posługiwania się urządzeniami elektrycznymi



Natężenie prądu (prąd): $I = \frac{dQ}{dt}$






W każdym punkcie obwodu elektrycznego natężenie prądu ma **jednakową wartość**

Charakterystyki prądowo napięciowe elementów i ich konfiguracja decydują o charakterystyce obwodu

Prawa Kirchhoffa podstawą analizy obwodu !!!

Układy złożone z elementów biernych

Bierne elementy elektroniczne to:

opór (R)	
indukcyjność (L)	
pojemność (C)	

Uogólnienie prawa Ohma dla prądów zmiennych: $i = f(t)$

napięcie $u(t)$ jest liniowym funkcjonatem prądu $i(t)$

opór R: $u_R(t) = R \cdot i(t)$

indukcyjność L: $u_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$

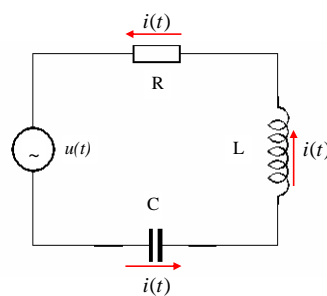
pojemność C: $u_C(t) = \frac{q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int i(t) dt$

Prawa Kirchhoffa obowiązują !!!

Rezystancja R $\rightarrow \rightarrow \rightarrow$ Impedancja Z

Obwód szeregowy RLC

$u(t)$: źródło napięciowe
o zmiennej sile
elektromotorycznej



Drugie prawo Kirchhoffa:

$$E = \sum_i U_i$$

$$u(t) = u_R(t) + u_L(t) + u_C(t)$$

równanie ruchu
ładunku elektrycznego



$$u(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{\int i(t) dt}{C}$$

Obwód szeregowy RLC - napięcie zmienne harmonicznie:

$$u(t) = U_0 \cdot e^{j\omega t} \quad U_0 - \text{zespolona amplituda napięcia}$$

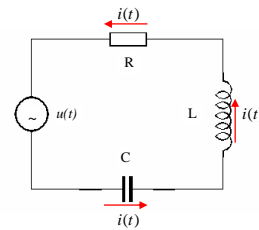
natężenie prądu:

$$i(t) = I_0 \cdot e^{j\omega t} \quad I_0 - \text{zespolona amplituda natężenia}$$

$$j = \sqrt{-1}$$

$\omega = 2\pi\nu$ - częstość kołowa

$$E(t) = \text{Re} [u(t)]$$



$$u(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \int i(t) dt / C$$

Podstawiając wyrażenia na $i(t)$ i $u(t)$ otrzymujemy:

$$\frac{U_0}{I_0} = Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

Z jest impedancją obwodu

Impedancja jest wielkością zespoloną

opór: $Z_R = R$

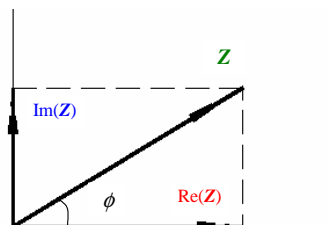
Składowe impedancji Z : indukcyjność: $Z_L = j\omega L$

pojemność: $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$

Postać algebraiczna impedancji zastępczej obwodu złożonego zależy od kształtu obwodu !!!

Rezystancja: część rzeczywista impedancji $\text{Re}(Z)$

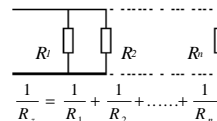
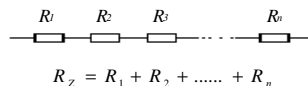
Reaktancja: część urojona impedancji $\text{Im}(Z)$



Reprezentacja impedancji na płaszczyźnie zespolonej:

$$\frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} = \text{tg}(\phi) \text{ tangens kąta przesunięcia fazowego } \phi \text{ między napięciem i natężeniem prądu}$$

Z praw Ohma i Kirchhoffa wynikają prawa szeregowego i równoległego łączenia oporów, które pozwalają obliczać rezystancje zastępcze R_z

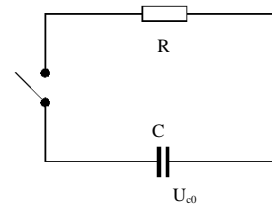


Szeregowe połączenie impedancji: $Z_Z = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$

Równoległe połączenie impedancji: $\frac{1}{Z_Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}$

Szeregowy obwód RC: obwód składający się z **pojemności** i **rezystancji**

- kondensator wstępnie naładowany do napięcia U_{c0}
- zamykamy klucz: rozładowanie kondensatora



Z II prawa Kirchhoffa: równanie ruchu ładunku w obwodzie: $\frac{dq(t)}{dt}R + \frac{q(t)}{C} = 0$

Po przekształceniu: $\frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC}$

całkowanie obu stron: $\ln(q) = -\frac{1}{RC}(t + t_0)$

➔ $q(t) = U_{c0} \cdot C \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$

Ładunek zanika w obwodzie wykładniczo ze stałą czasową RC

Szeregowy obwód RC

Źródło napięciowe $u(t)$ o **zmiennej** sile elektromotorycznej

$u(t) = u_R(t) + u_C(t)$

Równanie ruchu ładunku elektrycznego: $u(t) = Ri(t) + \int \frac{i(t)dt}{C}$

Prąd w obwodzie: $i(t) = \frac{u_R(t)}{R}$

Po podstawieniu do równania ruchu: $u(t) = u_R(t) + \int \frac{u_R(t)dt}{RC}$

Napięcie na oporze R:

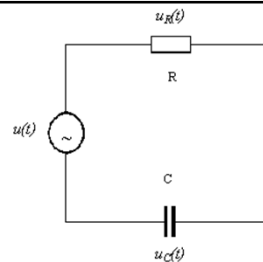
$u_R(t) = RC \frac{d[u(t) - u_C(t)]}{dt}$

Napięcie na oporze jest zróżniczkowanym napięciem na kondensatorze !

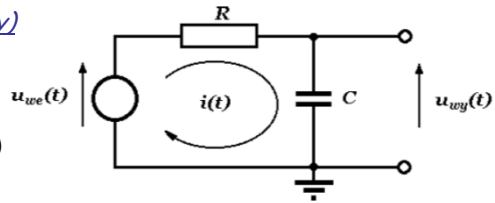
Napięcie na pojemności C: $u_C(t) = u(t) - u_R(t)$

➔ $u_C(t) = \frac{1}{RC} \int [u(t) - u_C(t)] dt$

Napięcie na pojemności C jest scątkowanym napięciem na oporniku !



Obwód całkujący (filtr dolnoprzepustowy)



Napięcie wyjściowe: $u_{wy}(t) = u_C(t)$

$$u_{wy}(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

prąd płynący w obwodzie $\Rightarrow i(t) = \frac{u_{we}(t) - u_{wy}(t)}{R}$

po podstawieniu:

$$u_{wy}(t) = \frac{1}{RC} \int (u_{we}(t) - u_{wy}(t)) dt$$

gdy $u_{wy} \ll u_{we}$: $u_{wy}(t) = \frac{1}{RC} \int u_{we}(t) dt$

Obwód całkujący (filtr dolnoprzepustowy)

Dla sygnału harmonicznego: $u_{wy}(t) = \frac{u_{we}(t) \cdot Z_C}{Z}$

$$u_{we}(t) = U_{we} e^{j\omega t}$$

Stosunek napięć: $\frac{u_{wy}(t)}{u_{we}(t)} = \frac{j\omega C}{R + \frac{1}{j\omega C}}$

Transmitancja: $\frac{|U_{wy}|}{|U_{we}|} = \frac{1}{\sqrt{\omega^2 R^2 C^2 + 1}}$

Przesunięcie fazowe między napięciem wyjściowym a wejściowym: $tg \varphi = \frac{\text{Im} \frac{Z_C}{Z}}{\text{Re} \frac{Z_C}{Z}}$

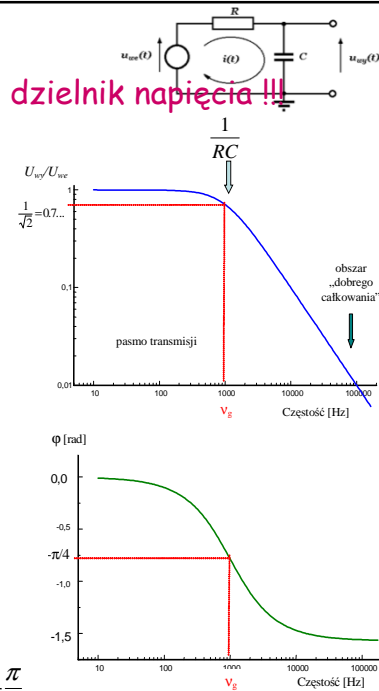
$$\varphi = \arctan(-\omega RC)$$

Pasmo transmisji filtra dolnoprzepustowego w skali częstości: od 0 do ν_g

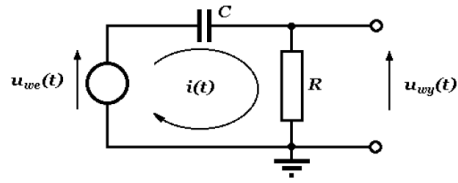
$$2\pi\nu_g = \omega_g = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC}$$

Dla częstości granicznej: $\frac{|U_{wy}|}{|U_{we}|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\varphi = -\frac{\pi}{4}$

dzielnik napięcia !!!



Obwód różniczkujący (filtr górno-przepustowy)



Napięcie wyjściowe: $u_{wy}(t) = u_R(t)$

$$u_{wy}(t) = R \cdot i(t)$$

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = C \frac{d}{dt}(u_{we}(t) - u_{wy}(t))$$

← prąd płynący w obwodzie

po podstawieniu:

$$u_{wy}(t) = RC \frac{d}{dt}(u_{we}(t) - u_{wy}(t))$$

gdy $U_{wy} \ll U_{we}$ $u_{wy}(t) = RC \frac{d}{dt} u_{we}(t)$

Obwód różniczkujący (filtr górno-przepustowy) c.d.

Dla sygnału harmonicznego: $u_{wy}(t) = \frac{u_{we}(t) \cdot R}{Z}$

$$u_{we}(t) = U_{we} e^{j\omega t}$$

Stosunek napięć: $\frac{u_{wy}(t)}{u_{we}(t)} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}}$

Transmitancja: $\frac{|U_{wy}|}{|U_{we}|} = \frac{\omega RC}{\sqrt{(\omega RC)^2 + 1}}$

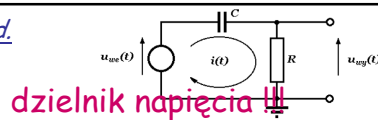
przesunięcie fazowe między napięciem wyjściowym i wejściowym:

$$\varphi = \arctan[(\omega RC)^{-1}]$$

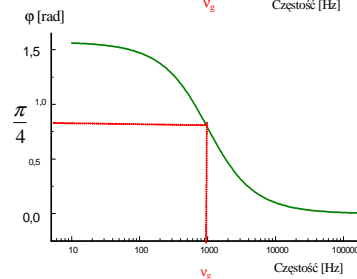
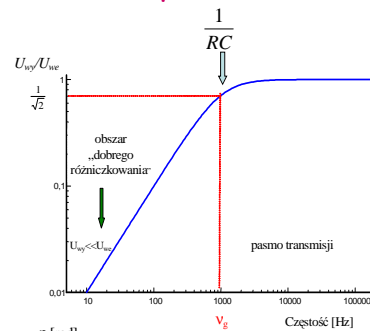
Pasma transmisji filtra górnoprzepustowego w skali częstości od ν_g do ∞

$$2\pi\nu_g = \omega_g = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC}$$

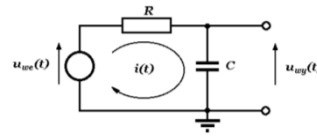
Dla częstości granicznej: $\frac{|U_{wy}|}{|U_{we}|} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $\varphi = \frac{\pi}{4}$



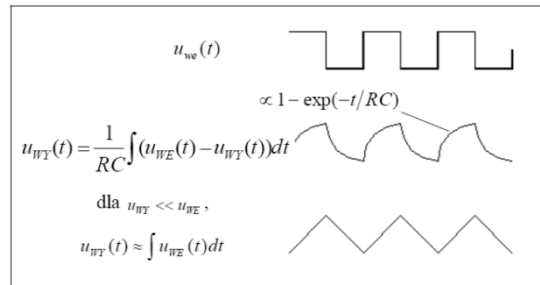
dzielnik napięcia !!!



Obwód całkujący (filtr dolnoprzepustowy)



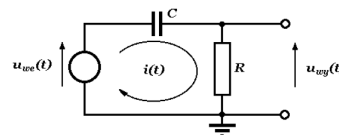
Przykłady sygnałów wejściowych i wyjściowych



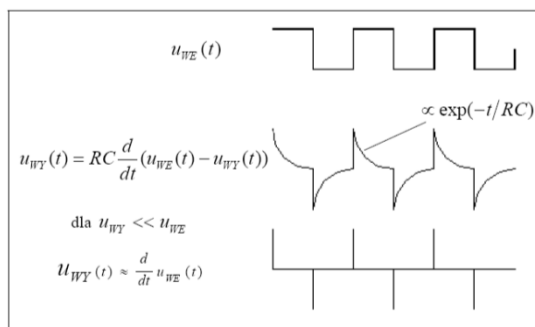
Układ całkujący jest wykorzystywany do:

- filtracji sygnałów
- kształtowania sygnałów
- uśredniania sygnałów - np. w celu eliminacji zakłóceń

Obwód różniczkujący (filtr górno-przepustowy)



Przykłady sygnałów wejściowych i wyjściowych

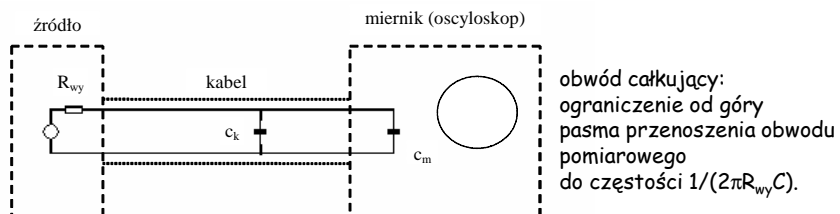


Układ różniczkujący wykorzystywany jest do:

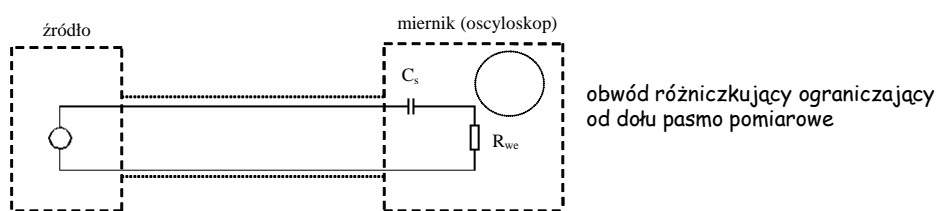
- filtracji sygnałów
- kształtowania sygnałów,
- eliminacji składowej stałej,
- wykrywania zboczy itd.

W systemach pomiarowych przy nieumiejętnym łączeniu aparatury elektrycznej pasożytnicze obwody RLC mogą zniekształcać sygnały

Przykład 1 Połączenie wysokooporowego źródła z urządzeniem pomiarowym

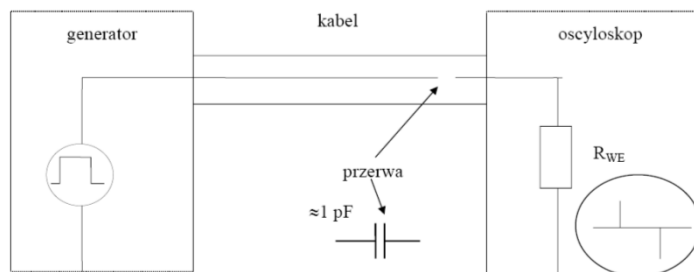


Przykład 2 Sprzężenie typu AC.



Przykład 3 Brak kontaktu kabla w gnieździe oscyloskopu

równoważny pojemności, która wraz z rezystancją wejściową tworzy filtr górnoprzepustowy powodujący różniczkowanie sygnałów wejściowych.



„Filtry: dolno- i górno-przepustowy”

Cel ćwiczenia.

Zbadanie charakterystyk amplitudowych i fazowych oraz własności obwodu całkującego i różniczkującego - pomiary za pomocą generatora funkcji oraz oscyloskopu

Wykonanie ćwiczenia.

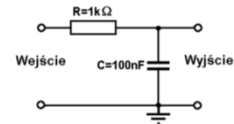
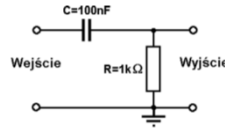
Zmontować obwód całkujący **lub** różniczkujący RC

Dla napięcia harmonicznego:

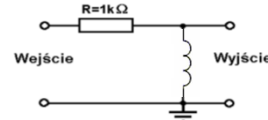
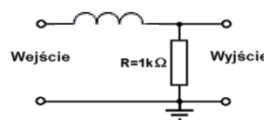
wyznaczyć charakterystykę amplitudową

$$\frac{|U_{wy}(\omega)|}{|U_{we}(\omega)|}$$

i fazową $\Phi(\omega)$ obwodu



W poprzednim układzie zamiast kondensatora zamontować cewkę
Powtórzyć pomiary jak dla układu RC



Z częstości granicznej wyznaczyć indukcyjność cewki