myspice

1.0

Wygenerowano przez Doxygen 1.8.20

Rozdział 1

myspice - symulator obwodów liniowych

Myspice jest programem pozwalającym na analizę elektronicznych obwodów liniowych. Wykorzystuje on algorytm MNA (ang. Modified Node Analysis), który pozwala zarówno na analizę obwodów prądu stałego jak i zmiennego, a nawet umożliwia symulację układów ze wzmacniaczami operacyjnymi.

Z tego powodu program może zostać skompilowany w jednej z dwóch wersji:

- `legacy` - wersja podstawowa, zgodna z założeniami polecenia
- `extended` - wersja rozszerzona, częściowo zgoda z symulatorami z rodziny SPICE, rozszerzona o dodatkowe funkcje

Ustawienie parametru CMake `EXTENDED` na `ON` przy kompilacji skutkuje kompilacją wersji rozszerzonej.

1.0.1 Wersja podstawowa

Podstawowa wersja programu pozwala na symulację obwodów prądu stałego złożonych wyłącznie z rezystancji, SEM i SPM.

By przeprowadzić analizę obwodu należy wywołać program w następujący sposób:
```
myspice NETLISTA [WYNIK]
```

gdzie `NETLISTA` to nazwa pliku zawierającego opis obwodu zgodny ze specyfikacją zadania 20, a `[WYNIK]` to opcjonalna nazwa pliku wynikowego. W przypadku niedostarczenia nazwy pliku wynikowego, wyniki zostaną wypisane na standardowe wyjście. Niedostarczenie żadnych argumentów powoduje wypisanie krótkiej informacji o sposobie użycia programu.

Wynikiem działania programu jest lista potencjałów węzłowych oraz informacje o spadku napięcia, prądzie i mocy traconej na każdym z elementów układu. Przykładowo, dla prostego dzielnika rezystorowego 1/2, opisanego netlistą:
```
E 1 2 5
R 2 3 1000
R 3 1 1000
```

Wynikiem działania programu jest:
```
Potencjaly wezlowe:
        V(1) = 0 V
        V(2) = 5 V
        V(3) = 2.5 V
E1 - [1, 2]:
        V(E1) = 5 V
        I(E1) = -0.0025 A
        P(E1) = -0.0125 W
R1 - [2, 3]:
```

```
        V(R1) = -2.5 V
        I(R1) = -0.0025 A
        P(R1) = 0.00625 W
R2 - [3, 1]:
        V(R2) = -2.5 V
        I(R2) = -0.0025 A
        P(R2) = 0.00625 W
Moc calkowita: 0.0125 W.
```

Niestety treść zadania nie przewiduje sposobu określania węzła odniesienia (masy). Zważywszy na to, że wybór takiego węzła jest konieczny do przeprowadzenia analizy, program zawsze przyjmuje węzeł nr 1 jako punkt odniesienia. **Oznacza to, że węzeł nr 1 jest wymagany, by przeprowadzenie poprawnej symulacji było możliwe.**

W celu sprawdzenia poprawności działania programu, przykładowy obwód podany w treści zadania został zasymulowany w programach myspice, ngspice i LTSpice, a wyniki zostały porównane tutaj: Sprawdzenie poprawności

1.0.2 Wersja rozszerzona

Działanie rozszerzonej wersji programu zostało dokładniej opisane tutaj - Wersja rozszerzona.

1.0.3 Zasada działania programu

Zasada działania programu jest bardzo podobna w przypadku obu wersji - podstawowej i rozszerzonej. Pierwszym krokiem jest wczytanie i interpretacja netlisty. W wersji podstawowej jest to zadanie na tyle proste, że może być realizowane przez jedną funkcję (read_netlist()). Tekstowa netlista jest przekształcana na wewnętrzną reprezentację obwodu - circuit - zbiór nazwanych elementów.

Analiza obwodów przeprowadzana jest przez klasę circuit_solver. Po dostarczeniu jej obwodu circuit, przekształca go na bardziej elementarną reprezentację - mna::mna_problem - listę admitancji międzywęzłowych, SEM, SPM i wzmacniaczy operacyjnych. Admitancje międzywęzłowe obliczane są na podstawie typu elementów w układzie i częstotliwości, dla której przeprowadzana jest analiza (circuit_solver::solve()).

Na podstawie struktury mna::mna_problem formułowany jest układ równań liniowych w postaci macierzowej (matrix) zgodnie z algorytmem MNA. Do rozwiązania układu wykorzystywany jest algorytm eliminacji Gaussa (mna::gaussian_elimination()). Na podstawie wektora będącego rozwiązaniem układu tworzona jest klasa mna::mna_solution, która pozwala na łatwiejszą interpretację wyników - odczyt wybranych potencjałów węzłowych i prądów pobieranych z SEM (i wyjść wzmacniaczy operacyjnych).

Po wywołaniu circuit_solver::solve(), klasa circuit_solver pozwala na odczyt napięć między węzłami układu, prądów płynących przez komponenty i mocy traconej na komponentach. Analiza punktu pracy DC kończy się wypisaniem właśnie tych informacji. W przypadku analizy AC (sweep), układ rozwiązywany jest dla różnych pulsacji z wybranego przedziału.

Nic nie stoi na przeszkodzie, by w przyszłości dodać analizę stanów przejściowych (transient) i elementy nieliniowe. Prawdopodobnie dobrym punktem wyjścia jest implementacja pamięci stanu kondensatorów i indukcyjności, tak jak to opisano tutaj.

Rozdział 2

Wersja rozszerzona

Rozszerzona wersja programu pozwala na wykorzystywanie w układach dodatkowych elementów: kondensatorów, cewek i wzmacniaczy operacyjnych. Pozwala zatem na prowadzenie analizy punktu pracy DC oraz analizę AC. Istotną różnicą jest też obsługiwany format pliku wejściowego opisującego układ - jest on częściowo kompatybilny z formatem symulatorów z rodziny SPICE. Dane wejściowe są zawsze wczytywane przez standardowe wejście, a wyjściowe wypisywane na standardowe wyjście. Dodatkowo, rozluźnione zostały wymagania dotyczące numeracji węzłów w układzie. Wymagane jest tylko istnienie węzła zerowego, który stanowi punkt odniesienia (masę).

Pełna interpretacja plików SPICE wymagałaby stworzenia zaawansowanego analizatora składni, co zdecydowanie wykracza poza tematykę zadania. Dlatego też obsługiwane są tylko następujące polecenia:

- `.ac lin/oct/dec N fs fe` - analiza AC dla zadanego przedziału częstotliwości [fs, fe]
- `.print dc/ac [mierzone wielkości]` - wypisanie mierzonych wartości

Tabela wielkości możliwych do pomiaru/wyświetlenia:

Składnia	Znaczenie
`V(x)`	Pomiar potencjału węzła `x`. Odpowiednik `V(x, 0)`
`V(x, y)`	Pomiar napięcia między węzłami `x` i `y`
`I(c)`	Pomiar prądu płynącego przez komponent `c`
`P(c)`	Pomiar mocy traconej na komponencie `c`

Przy analizie AC mamy do czynienia z zespolonymi wartościami napięć i prądów. W tym celu wprowadzone zostały dodatkowe oznaczenia umożliwiające pomiar wybranych parametrów wielkości zespolonej:

Składnia	Znaczenie
`V/P/Imag(x)`	Pomiar modułu wielkości zespolonej
`V/P/Iph(x)`	Pomiar fazy (argumentu) wielkości zespolonej
`V/P/Ire(x)`	Pomiar części rzeczywistej wielkości zespolonej
`V/P/Iim(x)`	Pomiar części urojonej wielkości zespolonej

Tabela obsługiwanych elementów:

Składnia	Znaczenie
`Rx A B VAL`	Rezystor `Rx` o wartości `VAL` łączący węzły `A` i `B`

Składnia	Znaczenie
`Cx A B VAL`	Kondensator `Cx` o wartości `VAL` łączący węzły `A` i `B`
`Lx A B VAL`	Indukcyjność `Lx` o wartości `VAL` łącząca węzły `A` i `B`
`Vx A B DCV [AC ACV]`	SEM o składowej stałej `DCV` i składowej zmiennej `ACV` podłączona dodatnim wyprowadzeniem do węzła `A` i ujemnym do węzła `B`
`Ix A B DCI [AC ACI]`	SPM o składowej stałej `DCI` i składowej zmiennej `ACI` podłączona dodatnim wyprowadzeniem do węzła `A` i ujemnym do węzła `B`
`OPAx P N O`	Idealny wzmacniacz operacyjny - wejście nieodwracające podłączone do węzła `P`, wej. odw. do węzła `N`, a wyjście do węzła `O`

Pierwsza linia pliku stanowi jest traktowana jako nazwa układu. Jeżeli w pliku nie znajduje się polecenie `.ac` przeprowadzana jest analiza punktu pracy DC (odpowiednik `.op` w SPICE).

Nota

Symulacja wzmacniaczy operacyjnych opiera się na założeniu, że napięcie między węzłami wejściowymi jest równe 0, a wzmacniacz pracuje z ujemnym sprzężeniem zwrotnym.

2.0.1 Przykłady

2.0.1.1 Dzielnik rezystorowy

```
Dzielnik 1/3 2/3
V1 1 0 9
R1 1 2 10k
R2 2 3 10k
R3 3 0 10k
.print dc I(V1) V(1) V(2) V(3)
```

Wynik działania programu:

```
I(V1) = -0.0003
V(1) = 9
V(2) = 6
V(3) = 3
```

2.0.1.2 Dolnoprzepustowy filtr Sallen-Key II-rzędu

Analiza odpowiedzi częstotliwościowej filtru aktywnego Sallen-Key II rzędu o częstotliwości odcięcia fc=1kHz.

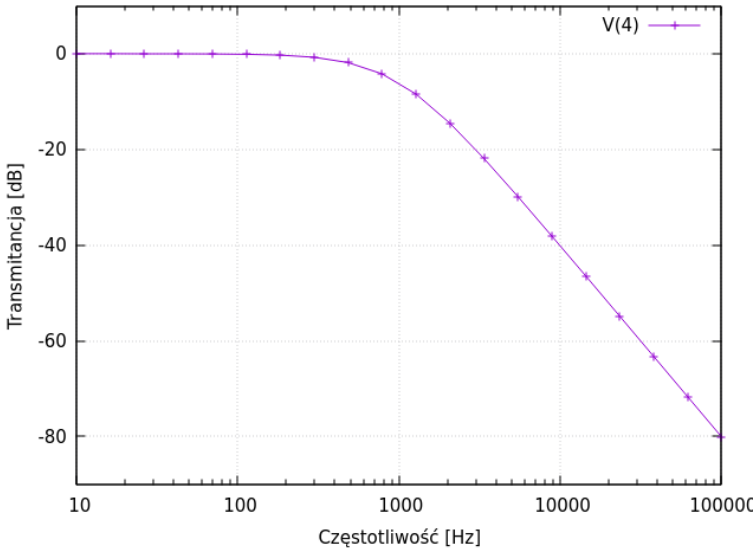
```
Sallen-Key lowpass filter
OPA1 4 3 4
R1 1 2 16k
R2 2 3 16k
C1 2 4 0.01u
C2 3 0 0.01u
V1 1 0 0 ac 1
.ac dec 5 10 100k
.print ac V(4)
```

Wynik działania programu:

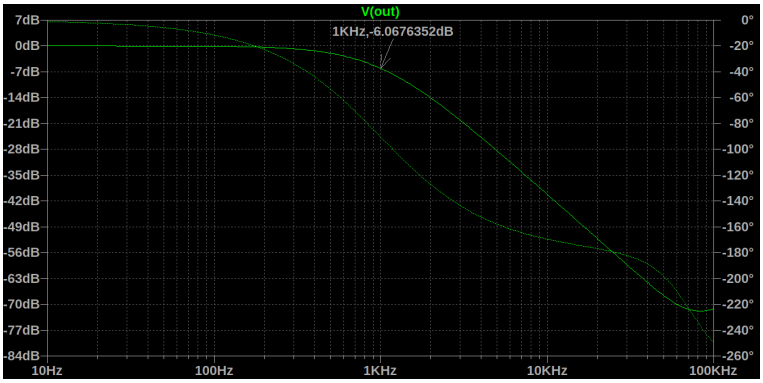
```
step    frequency       V(4)
0       10      0.999899
1       16.2378 0.999734
2       26.3665 0.999298
3       42.8133 0.998151
4       69.5193 0.995139
5       112.884 0.987285
6       183.298 0.967159
7       297.635 0.917827
8       483.293 0.809023
9       784.76  0.616369
10      1274.27 0.378635
11      2069.14 0.187726
12      3359.82 0.0805895
13      5455.59 0.0321746
14      8858.67 0.0124515
```

```
15      14384.5 0.00475925
16      23357.2 0.00181039
17      37926.9 0.000687396
18      61584.8 0.000260819
19      100000  9.89367e-05
```

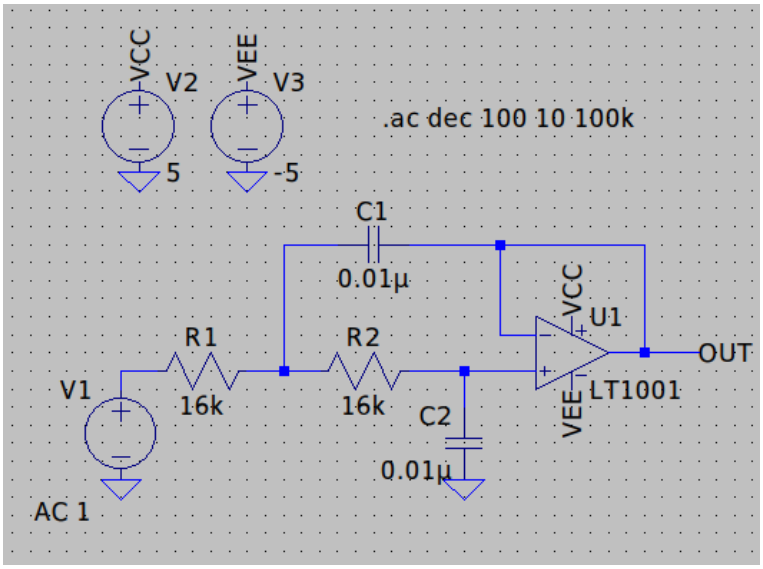
Porównanie wyników symulacji w programie myspice i LTSpice. Na wykresie z programu LTSpice można zaobserwować "odbicie się" odpowiedzi częstotliwościowej układu w okolicach 100kHz. Jest to spowodowane zastosowaniem niedoskonałego wzmacniacza LT1001:



Rysunek 2.1 Wynik symulacji w myspice



Rysunek 2.2 Wynik symulacji w LTspice

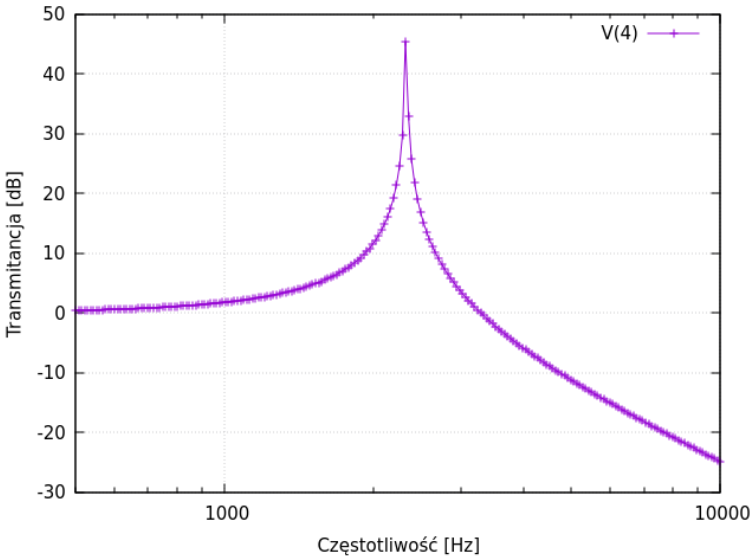


Rysunek 2.3 Odpowiadający układ w LTspice

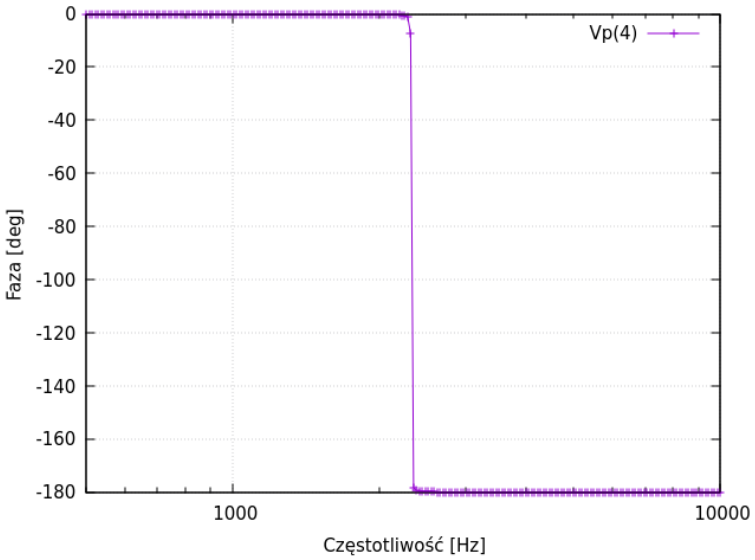
2.0.1.3 Układ rezonansowy RLC

Przykładowa plik wejściowy - analiza odpowiedzi częstotliwościowej i przesunięcia fazy przez układ RLC w zakresie 100Hz-10kHz:

```
RLC circuit
V1 1 0 1 AC 1
R1 1 2 1m
L1 2 4 100u
C1 4 0 47u
.ac oct 50 500 10k
.print ac V(4) Vph(4)
```



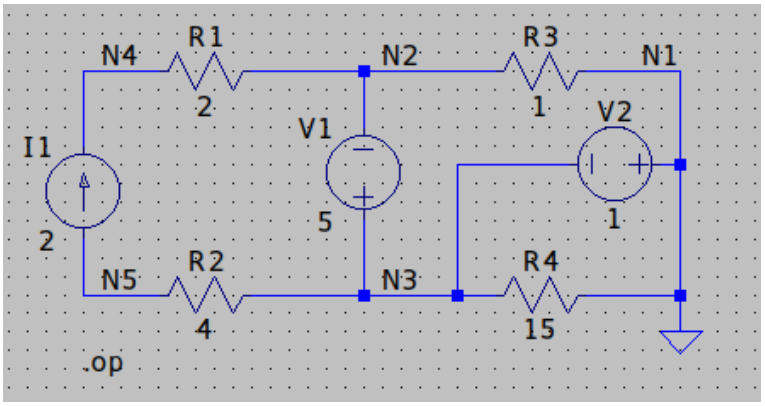
Rysunek 2.4 Transmitancja układu



Rysunek 2.5 Przesunięcie fazy na wyjściu układu

Rozdział 3

Sprawdzenie poprawności



Netlista w formacie określonym przez zadanie:

```
R 4 2 2
I 5 4 2
R 5 3 4
E 3 2 -5
E 3 1 1
R 1 2 1
R 3 1 15
```

Netlista SPICE:

```
test
R1 N2 N4 2
R2 N3 N5 4
R3 0 N2 1
R4 0 N3 15
I1 N5 N4 2
V1 N3 N2 5
V2 0 N3 1
.op
.backanno
.end
```

3.0.1 myspice

```
Potencjaly wezlowe:
        V(1) = 0 V
        V(2) = -6 V
        V(3) = -1 V
        V(4) = -2 V
        V(5) = -9 V
E1 - [3, 2]:
        V(E1) = -5 V
        I(E1) = 8 A
        P(E1) = -40 W
E2 - [3, 1]:
```

```
        V(E2) = 1 V
        I(E2) = -6.06667 A
        P(E2) = -6.06667 W
I1 - [5, 4]:
        V(I1) = 7 V
        I(I1) = -2 A
        P(I1) = -14 W
R1 - [4, 2]:
        V(R1) = -4 V
        I(R1) = -2 A
        P(R1) = 8 W
R2 - [5, 3]:
        V(R2) = 8 V
        I(R2) = 2 A
        P(R2) = 16 W
R3 - [1, 2]:
        V(R3) = -6 V
        I(R3) = -6 A
        P(R3) = 36 W
R4 - [3, 1]:
        V(R4) = 1 V
        I(R4) = 0.0666667 A
        P(R4) = 0.0666667 W
Moc calkowita: 60.0667 W.
```

3.0.2 LTSpice

```
       --- Operating Point ---
V(n2):   -6          voltage
V(n4):   -2          voltage
V(n3):   -1          voltage
V(n5):   -9          voltage
I(I1):   2           device_current
I(R4):   0.0666667   device_current
I(R3):   6           device_current
I(R2):   2           device_current
I(R1):   -2          device_current
I(V2):   -6.06667    device_current
I(V1):   -8          device_current
```

3.0.3 ngspice

```
Circuit: test
Doing analysis at TEMP = 27.000000 and TNOM = 27.000000
No. of Data Rows : 1
    Node                                  Voltage
    ----                                  -------
    ----    -------
    n5                                -9.00000e+00
    n3                                -1.00000e+00
    n4                                -2.00000e+00
    n2                                -6.00000e+00
    Source  Current
    ------  -------
    v1#branch                         -8.00000e+00
    v2#branch                         -6.06667e+00
 Resistor models (Simple linear resistor)
      model                    R
        rsh                    0
     narrow                    0
      short                    0
        tc1                    0
        tc2                    0
        tce                    0
       defw                1e-05
          l                1e-05
         kf                    0
         af                    0
          r                    0
     bv_max                1e+99
         lf                    1
         wf                    1
         ef                    1
 Isource: Independent current source
     device                   i1
         dc                    2
          m                    1
      acmag                    0
      pulse         -
        sin         -
        exp         -
```

```
        pwl         -
       sffm         -
         am         -
    trnoise         -
   trrandom         -
          v                     7
          p                   -14
    current                     2
 Resistor: Simple linear resistor
     device                    r4                    r3                    r2
      model                     R                     R                     R
 resistance                    15                     1                     4
         ac                    15                     1                     4
      dtemp                     0                     0                     0
     bv_max                 1e+99                 1e+99                 1e+99
      noisy                     1                     1                     1
          i             0.0666667                     6                     2
          p             0.0666667                    36                    16
 Resistor: Simple linear resistor
     device                    r1
      model                     R
 resistance                     2
         ac                     2
      dtemp                     0
     bv_max                 1e+99
      noisy                     1
          i                    -2
          p                     8
 Vsource: Independent voltage source
     device                    v2                    v1
         dc                     1                     5
      acmag                     0                     0
      pulse         -           -
        sin         -           -
        exp         -           -
        pwl         -           -
       sffm         -           -
         am         -           -
    trnoise         -           -
   trrandom         -           -
          i              -6.06667                    -8
          p               6.06667                    40
Total analysis time (seconds) = 0.001
Total elapsed time (seconds) = 0.008
Total DRAM available = 32045.613 MB.
DRAM currently available = 22306.926 MB.
Maximum ngspice program size =   15.723 MB.
Current ngspice program size =    9.492 MB.
Shared ngspice pages =    8.105 MB.
Text (code) pages =    5.090 MB.
Stack = 0 bytes.
Library pages =    1.848 MB.
```

Rozdział 4

Indeks przestrzeni nazw

4.1 Lista przestrzeni nazw

Tutaj znajdują się wszystkie przestrzenie nazw wraz z ich krótkimi opisami:

Rozdział 5

Indeks hierarchiczny

5.1 Hierarchia klas

Ta lista dziedziczenia posortowana jest z grubsza, choć nie całkowicie, alfabetycznie:

Rozdział 6

Indeks klas

6.1 Lista klas

Tutaj znajdują się klasy, struktury, unie i interfejsy wraz z ich krótkimi opisami:

Rozdział 7

Indeks plików

7.1 Lista plików

Tutaj znajduje się lista wszystkich plików z ich krótkimi opisami:

Rozdział 8

Dokumentacja przestrzeni nazw

8.1 Dokumentacja przestrzeni nazw mna

Solver układów metodą MNA.

Komponenty

- struct admittance

  Admitancja międzywęzłowa.
- struct current_source

  Idealna siła prądomotoryczna.
- struct mna_problem

  Układ do rozwiązania metodą MNA.
- class mna_solution

  Wynik analizy układu metodą MNA.
- struct opamp

  Idealny wzmacniacz operacyjny.
- struct voltage_source

  Idealna siła elektromotoryczna.

8.1.1 Opis szczegółowy

Solver układów metodą MNA.

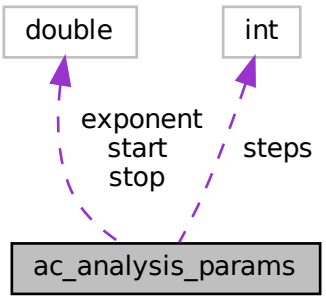
Rozdział 9

Dokumentacja klas

9.1 Dokumentacja struktury ac_analysis_params

Parametry do analizy AC.

Diagram współpracy dla ac_analysis_params:



Atrybuty publiczne

- double start

  Dolna częstotliwość [Hz].
- double stop

  Górna częstotliwość [Hz].
- double exponent

  Wykładnik sweep'a. 0 to sweep liniowy.
- int steps

  Liczba punktów na exponent-krotną zmianę częstotliwości/łącznie.

9.1.1 Opis szczegółowy

Parametry do analizy AC.

9.1.2 Dokumentacja atrybutów składowych

9.1.2.1 exponent

```
double ac_analysis_params::exponent
```

Wykładnik sweep'a. 0 to sweep liniowy.

9.1.2.2 start

```
double ac_analysis_params::start
```

Dolna częstotliwość [Hz].

9.1.2.3 steps

```
int ac_analysis_params::steps
```

Liczba punktów na exponent-krotną zmianę częstotliwości/łącznie.

9.1.2.4 stop

```
double ac_analysis_params::stop
```

Górna częstotliwość [Hz].

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

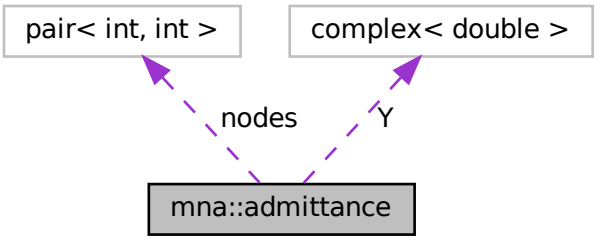
- src/extended.cpp

9.2 Dokumentacja struktury mna::admittance

Admitancja międzywęzłowa.

`#include <mna.hpp>`

Diagram współpracy dla mna::admittance:



Atrybuty publiczne

- std::pair< int, int > nodes
- std::complex< double > Y

9.2.1 Opis szczegółowy

Admitancja międzywęzłowa.

Każdy element pasywny jest do takiej uogólniany.

9.2.2 Dokumentacja atrybutów składowych

9.2.2.1 nodes

`std::pair<int, int> mna::admittance::nodes`

9.2.2.2 Y

`std::complex<double> mna::admittance::Y`

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/mna.hpp

9.3 Dokumentacja struktury bipole_component

Klasa bazowa dla elementów z dwoma wyprowadzeniami.

`#include <circuit.hpp>`

Diagram dziedziczenia dla bipole_component

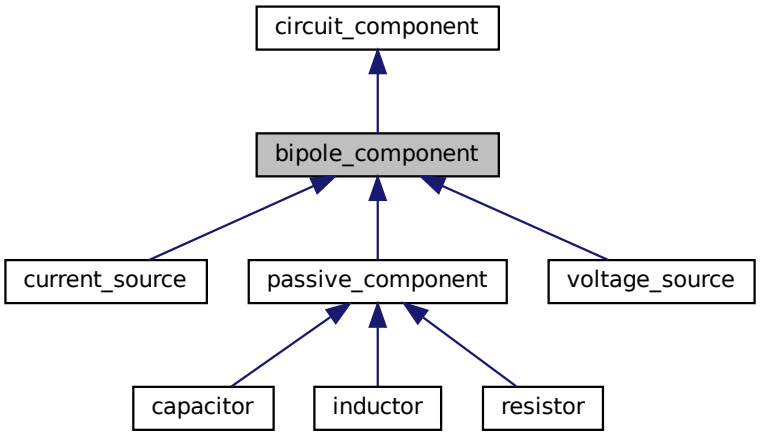
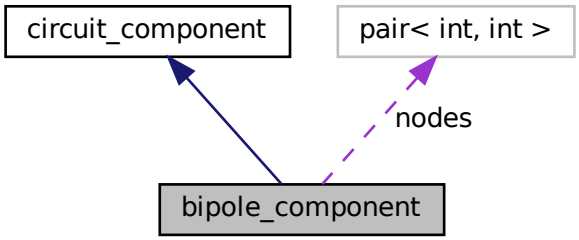


Diagram współpracy dla bipole_component:



Metody publiczne

- bipole_component (const std::pair< int, int > &p)

Atrybuty publiczne

- std::pair< int, int > nodes

  Para węzłów połączonych przez komponent.

9.3.1 Opis szczegółowy

Klasa bazowa dla elementów z dwoma wyprowadzeniami.

9.3.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.3.2.1 bipole_component()

```
bipole_component::bipole_component (
            const std::pair< int, int > & p )  [inline]
```

9.3.3 Dokumentacja atrybutów składowych

9.3.3.1 nodes

```
std::pair<int, int> bipole_component::nodes
```

Para węzłów połączonych przez komponent.

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/circuit.hpp

9.4 Dokumentacja struktury capacitor

Idealny kondensator.

```
#include <circuit.hpp>
```

Diagram dziedziczenia dla capacitor

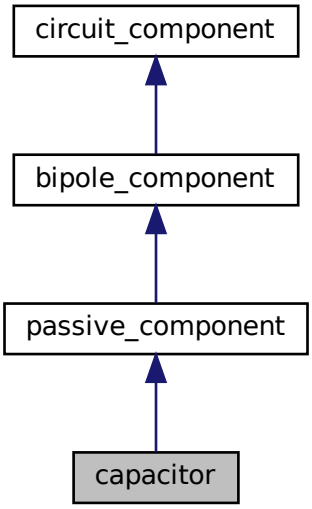
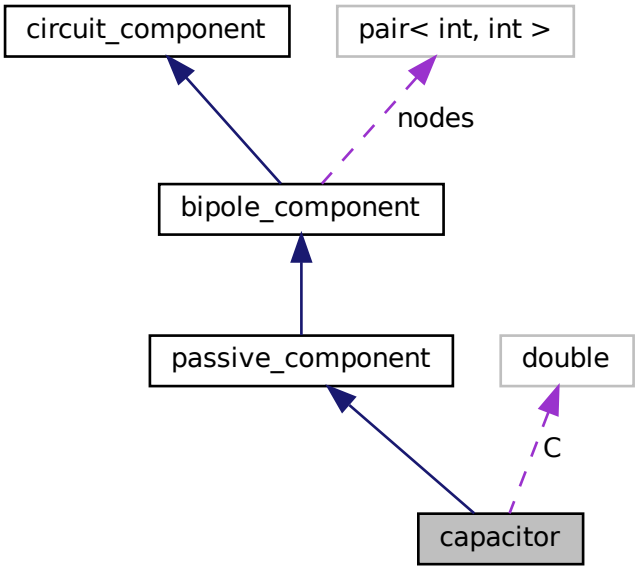


Diagram współpracy dla capacitor:



Metody publiczne

- capacitor (const std::pair< int, int > &p, double c)

- std::complex< double > admittance (double omega) const override

  Admitancja kondensatora.

Atrybuty publiczne

- double C

  Pojemność [F].

9.4.1 Opis szczegółowy

Idealny kondensator.

9.4.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.4.2.1 capacitor()

```
capacitor::capacitor (
            const std::pair< int, int > & p,
            double c )  [inline]
```

9.4.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.4.3.1 admittance()

```
std::complex< double > capacitor::admittance (
            double omega ) const  [override], [virtual]
```

Admitancja kondensatora.

Implementuje passive_component.

9.4.4 Dokumentacja atrybutów składowych

9.4.4.1 C

```
double capacitor::C
```

Pojemność [F].

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z plików:

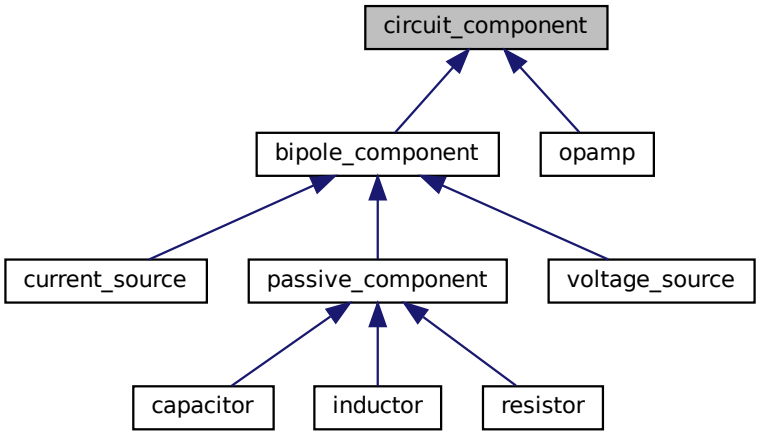
- src/circuit.hpp
- src/circuit.cpp

9.5 Dokumentacja struktury circuit_component

Klasa bazowa dla wszystkich komponentów, które mogą się znaleźć w obwodzie.

```
#include <circuit.hpp>
```

Diagram dziedziczenia dla circuit_component



Metody publiczne

- virtual ~circuit_component ()

9.5.1 Opis szczegółowy

Klasa bazowa dla wszystkich komponentów, które mogą się znaleźć w obwodzie.

9.5.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.5.2.1 ~circuit_component()

```
virtual circuit_component::~circuit_component ( )  [inline], [virtual]
```

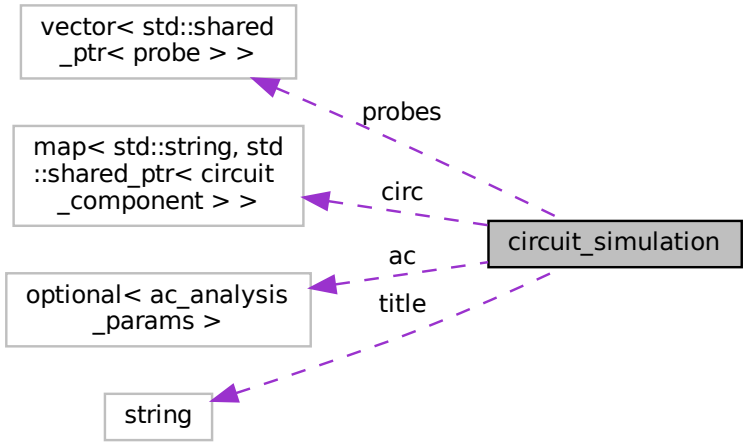
Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/circuit.hpp

9.6 Dokumentacja struktury circuit_simulation

Symulacja układu.

Diagram współpracy dla circuit_simulation:



Atrybuty publiczne

- std::string title
- circuit circ
- std::optional< ac_analysis_params > ac
- std::vector< std::shared_ptr< probe > > probes

9.6.1 Opis szczegółowy

Symulacja układu.

9.6.2 Dokumentacja atrybutów składowych

9.6.2.1 ac

```
std::optional<ac_analysis_params> circuit_simulation::ac
```

9.6.2.2 circ

```
circuit circuit_simulation::circ
```

9.6.2.3 probes

```
std::vector<std::shared_ptr<probe> > circuit_simulation::probes
```

9.6.2.4 title

```
std::string circuit_simulation::title
```

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/extended.cpp

9.7 Dokumentacja klasy circuit_solver

Analizator układów liniowych.

```
#include <circuit.hpp>
```

Metody publiczne

- circuit_solver (const circuit &circ)

  Tworzy solver układów.
- void update ()

  Aktualizuje mapę numeracji węzłów i rozwiązanie (jeżeli było gotowe)
- void solve (double omega)

  Poddaje obwód analizie dla zadanej pulsacji.
- const mna::mna_solution & get_solution () const

  Zwraca rozwiązanie jako mna_solution.
- const std::map< int, int > & get_node_map () const

  Zwraca mapowania węzłów (tylko do odczytu)
- double get_solution_omega () const

  Zwraca pulsację dla której wyznaczone zostało rozwiązanie.
- std::complex< double > voltage (int pos, int neg=0) const

  Pomiar napięcia między węzłami.
- std::complex< double > voltage (const circuit_component &comp) const

  Pomiar napięcia na komponencie.
- std::complex< double > current (const circuit_component &comp) const

  Pomiar prądu płynącego przez komponent.
- std::complex< double > power (const circuit_component &comp) const

  Pomiar mocy traconej na komponencie.
- std::complex< double > voltage (const std::string &ref) const

  Pomiar spadku napięcia na komponencie.
- std::complex< double > current (const std::string &ref) const

  Pomiar prądu płynącego przez komponent.
- std::complex< double > power (const std::string &ref) const

  Pomiar mocy traconej na komponencie.

9.7.1 Opis szczegółowy

Analizator układów liniowych.

Analizator jest tworzony na podstawie układu (circuit). Pozwala na przeprowadzenie analizy metodą MNA wykorzystując mna::mna_problem. Głównym zadaniem tej klasy jest wprowadzenie dodatkowej abstrakcji - pozwala ona na tworzenie obwodów poprzez proste dodawanie różnych elementów do powiązanej klasy circuit i rozluźnia wymagania dot. numeracji węzłów.

Po wywołaniu solve(), możliwy jest pomiar napięć, prądów i mocy w układzie za pomocą voltage(), current() i power().

9.7.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.7.2.1 circuit_solver()

```
circuit_solver::circuit_solver (
            const circuit & circ )  [explicit]
```

Tworzy solver układów.

9.7.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.7.3.1 current() [1/2]

```
std::complex< double > circuit_solver::current (
            const circuit_component & comp ) const
```

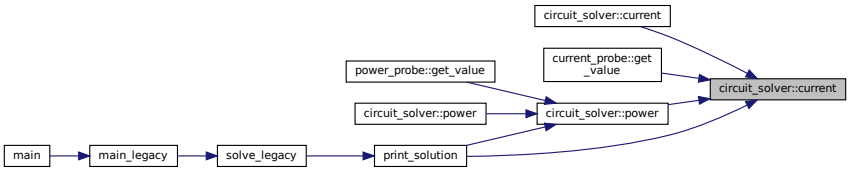
Pomiar prądu płynącego przez komponent.

Nota

Pomiar prądu jest możliwy tylko na elementach z dwoma wyprowadzeniami i na wzmacniaczach operacyjnych (prąd wyjścia)

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

Oto graf wywoływań tej funkcji:

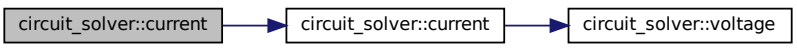


9.7.3.2 current() [2/2]

```
std::complex< double > circuit_solver::current (
            const std::string & ref ) const
```

Pomiar prądu płynącego przez komponent.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

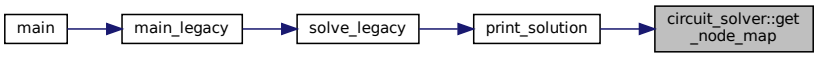


9.7.3.3 get_node_map()

```
const std::map< int, int > & circuit_solver::get_node_map ( ) const
```

Zwraca mapowania węzłów (tylko do odczytu)

Oto graf wywoływań tej funkcji:



9.7.3.4 get_solution()

```
const mna::mna_solution & circuit_solver::get_solution ( ) const
```

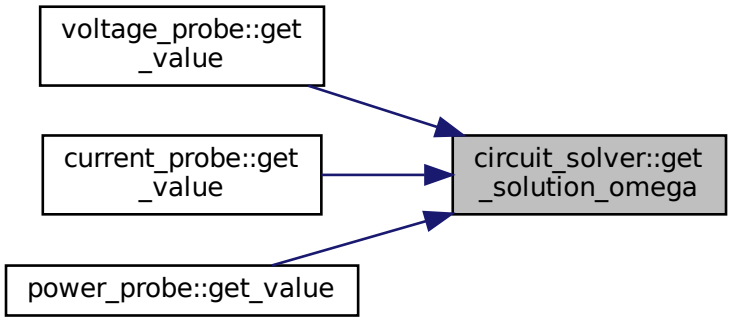
Zwraca rozwiązanie jako mna_solution.

9.7.3.5 get_solution_omega()

```
double circuit_solver::get_solution_omega ( ) const
```

Zwraca pulsację dla której wyznaczone zostało rozwiązanie.

Oto graf wywoływań tej funkcji:

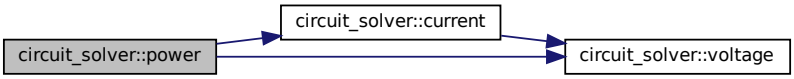


9.7.3.6 power() [1/2]

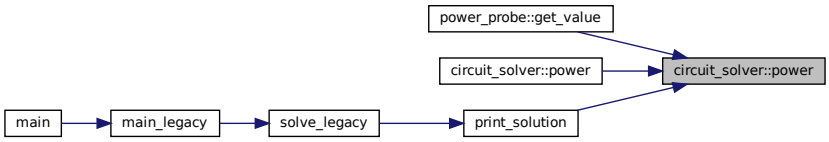
```
std::complex< double > circuit_solver::power (
            const circuit_component & comp ) const
```

Pomiar mocy traconej na komponencie.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

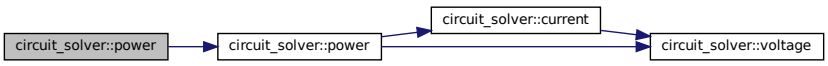


9.7.3.7 power() [2/2]

```
std::complex< double > circuit_solver::power (
            const std::string & ref ) const
```

Pomiar mocy traconej na komponencie.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



9.7.3.8 solve()

```
void circuit_solver::solve (
            double omega )
```

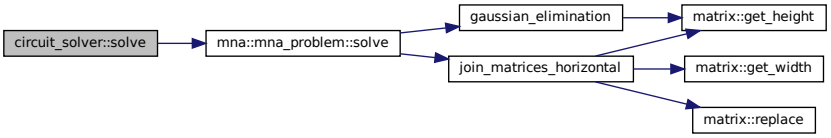
Poddaje obwód analizie dla zadanej pulsacji.

Przy analizie AC wszystkie źródła DC są pomijane i na odwrót. Analiza DC uruchamiana jest przez podanie omega = 0.

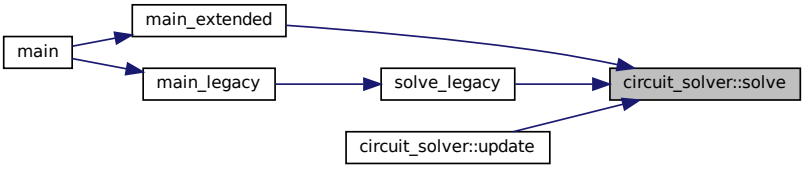
Parametry

omega	pulsacja sygnału źródeł AC. 0 oznacza analizę DC.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

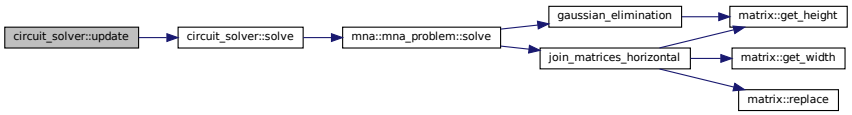


9.7.3.9 update()

```
void circuit_solver::update ( )
```

Aktualizuje mapę numeracji węzłów i rozwiązanie (jeżeli było gotowe)

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



9.7.3.10 voltage() [1/3]

```
std::complex< double > circuit_solver::voltage (
            const circuit_component & comp ) const
```

Pomiar napięcia na komponencie.

Nota

Pomiar napięcia jest możliwy tylko na elementach z dwoma wyprowadzeniami

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

9.7.3.11 voltage() [2/3]

```
std::complex< double > circuit_solver::voltage (
            const std::string & ref ) const
```

Pomiar spadku napięcia na komponencie.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

9.7.3.12 voltage() [3/3]

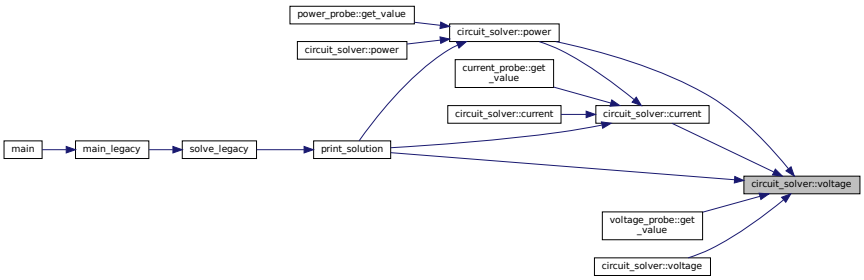
```
std::complex< double > circuit_solver::voltage (
            int pos,
            int neg = 0 ) const
```

Pomiar napięcia między węzłami.

Parametry

pos	Numer mierzonego węzła
neg	Numer węzła odniesienia

Oto graf wywoływań tej funkcji:



Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z plików:

- src/circuit.hpp
- src/circuit.cpp

9.8 Dokumentacja klasy current_probe

Miernik prądu płynącego przez element.

Diagram dziedziczenia dla current_probe

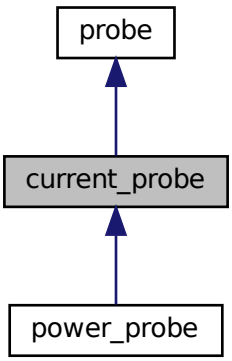
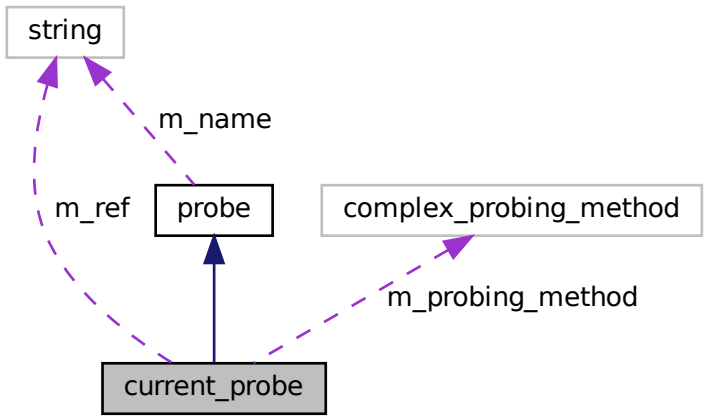


Diagram współpracy dla current_probe:



Metody publiczne

- current_probe (const circuit &circ, const std::string &ref, complex_probing_method pm)
- double get_value (const circuit_solver &solver) const override

Atrybuty chronione

- std::string m_ref
- complex_probing_method m_probing_method

9.8.1 Opis szczegółowy

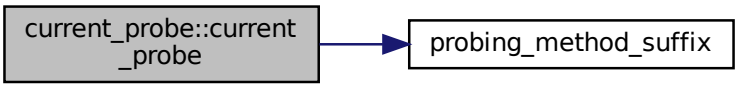
Miernik prądu płynącego przez element.

9.8.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.8.2.1 current_probe()

```
current_probe::current_probe (
            const circuit & circ,
            const std::string & ref,
            complex_probing_method pm )  [inline]
```

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



9.8.3 Dokumentacja funkcji składowych

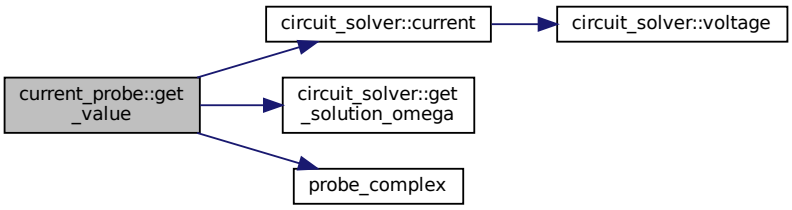
9.8.3.1 get_value()

```
double current_probe::get_value (
            const circuit_solver & solver ) const  [inline], [override], [virtual]
```

Implementuje probe.

Reimplementowana w power_probe.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



9.8.4 Dokumentacja atrybutów składowych

9.8.4.1 m_probing_method

```
complex_probing_method current_probe::m_probing_method  [protected]
```

9.8.4.2 m_ref

```
std::string current_probe::m_ref  [protected]
```

Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z pliku:

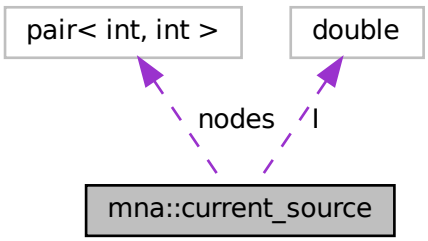
- src/extended.cpp

9.9 Dokumentacja struktury mna::current_source

Idealna siła prądomotoryczna.

```
#include <mna.hpp>
```

Diagram współpracy dla mna::current_source:



Atrybuty publiczne

- std::pair< int, int > nodes
- double I

9.9.1 Opis szczegółowy

Idealna siła prądomotoryczna.

Nota

Przyjmujemy, że pierwszy węzeł to "plus"

9.9.2 Dokumentacja atrybutów składowych

9.9.2.1 I

```
double mna::current_source::I
```

9.9.2.2 nodes

```
std::pair<int, int> mna::current_source::nodes
```

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/mna.hpp

9.10 Dokumentacja struktury current_source

Idealna siła prądomotoryczna.

```
#include <circuit.hpp>
```

Diagram dziedziczenia dla current_source

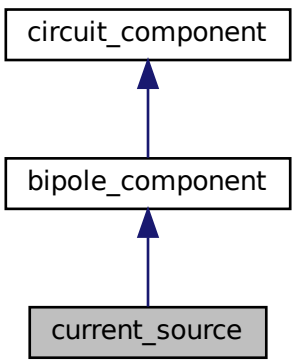
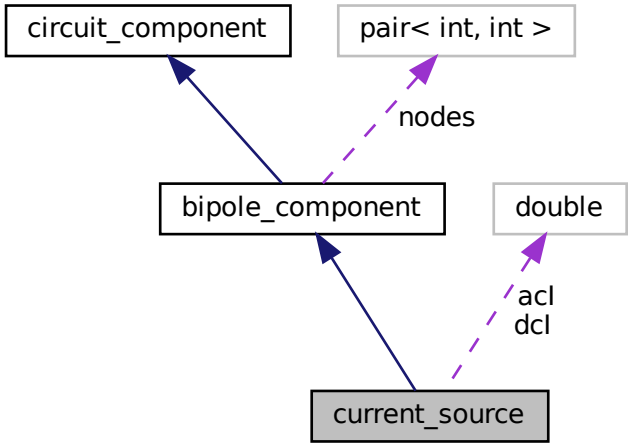


Diagram współpracy dla current_source:



Metody publiczne

- current_source (const std::pair< int, int > &p, double i, double ac=0.0)

Atrybuty publiczne

- double dcl

  Wartość prądu [A] dla analizy DC.
- double acl

  Wartość prądu [A] dla analizy AC.

9.10.1 Opis szczegółowy

Idealna siła prądomotoryczna.

9.10.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.10.2.1 current_source()

```
current_source::current_source (
            const std::pair< int, int > & p,
            double i,
            double ac = 0.0 )  [inline]
```

9.10.3 Dokumentacja atrybutów składowych

9.10.3.1 acI

```
double current_source::acI
```

Wartość prądu [A] dla analizy AC.

9.10.3.2 dcI

```
double current_source::dcI
```

Wartość prądu [A] dla analizy DC.

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/circuit.hpp

9.11 Dokumentacja struktury inductor

Prawie idealna cewka.

```
#include <circuit.hpp>
```

Diagram dziedziczenia dla inductor

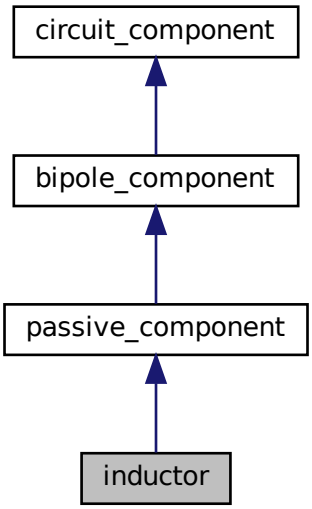
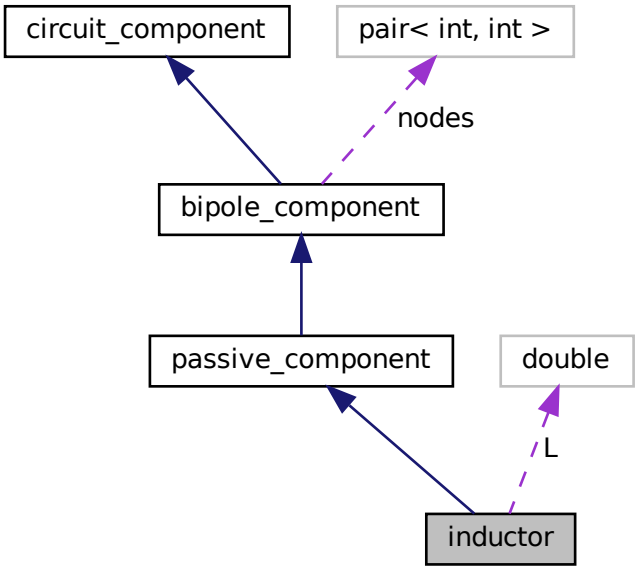


Diagram współpracy dla inductor:



Metody publiczne

- inductor (const std::pair< int, int > &p, double l)
- std::complex< double > admittance (double omega) const override

  Admitancja cewki.

Atrybuty publiczne

- double L

  Indukcyjność [H].

9.11.1 Opis szczegółowy

Prawie idealna cewka.

Nota

Dla omega = 0 przyjmowana jest minimalna rezystancja, by nie dopuścić do dzielenia przez 0

9.11.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.11.2.1 inductor()

```
inductor::inductor (
            const std::pair< int, int > & p,
            double l )  [inline]
```

9.11.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.11.3.1 admittance()

```
std::complex< double > inductor::admittance (
            double omega ) const  [override], [virtual]
```

Admitancja cewki.

Nota

Przy analizie DC cewka jest zastępowana minimalną rezystancją (wielką admitancją), by nie dopuścić do dzielenia przez 0.

Implementuje passive_component.

9.11.4 Dokumentacja atrybutów składowych

9.11.4.1 L

```
double inductor::L
```

Indukcyjność [H].

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z plików:

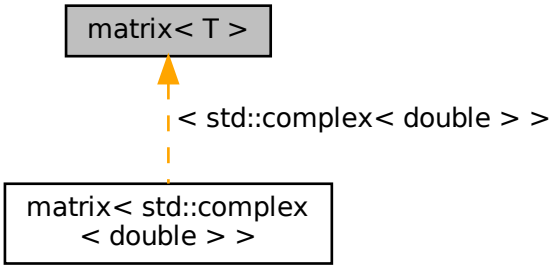
- src/circuit.hpp
- src/circuit.cpp

9.12 Dokumentacja szablonu klasy matrix< T >

Klasa ułatwiająca operacje macierzowe.

`#include <matrix.hpp>`

Diagram dziedziczenia dla matrix< T >



Metody publiczne

- matrix ()
- matrix (int h, int w)

  Inicjalizuje macierz o określonych rozmiarach.
- ~matrix ()=default
- matrix (const matrix< T > &)=default
- matrix (matrix< T > &&) noexcept=default
- matrix< T > & operator= (const matrix< T > &)=default
- matrix< T > & operator= (matrix< T > &&) noexcept=default
- int get_width () const

  Zwraca szerokość macierzy.
- int get_height () const

  Zwraca wysokość macierzy.
- T * data ()

  Dostęp do danych w podlegającym macierzy std::vector.
- T & operator() (int row, int col)

  Dostęp do danych w macierzy.
- const T & operator() (int row, int col) const

  Dostęp do danych w macierzy.
- const T & at (int row, int col) const

  Dostęp do danych w macierzy.
- T & at (int row, int col)

  Dostęp do danych w macierzy.
- void replace (int row, int col, const matrix< T > &mat)
- matrix< T > transpose () const

  Zwraca transpozycję macierzy.
- matrix< T > & operator* (const T &scalar)

  Możenie macierzy przez skalar.
- matrix< T > & operator+ (const T &scalar)

  Dodawanie skalara do macierzy.

9.12.1 Opis szczegółowy

template<typename T>
class matrix< T >

Klasa ułatwiająca operacje macierzowe.

9.12.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.12.2.1 matrix() [1/4]

```
template<typename T >
matrix< T >::matrix ( )  [inline]
```

9.12.2.2 matrix() [2/4]

```
template<typename T >
matrix< T >::matrix (
            int h,
            int w )  [inline]
```

Inicjalizuje macierz o określonych rozmiarach.

Parametry

h	wysokość
w	szerokość

9.12.2.3 ~matrix()

```
template<typename T >
matrix< T >::~matrix ( )  [default]
```

9.12.2.4 matrix() [3/4]

```
template<typename T >
matrix< T >::matrix (
            const matrix< T > &  )  [default]
```

9.12.2.5 matrix() [4/4]

```
template<typename T >
matrix< T >::matrix (
            matrix< T > &&  )  [default], [noexcept]
```

9.12.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.12.3.1 at() [1/2]

```
template<typename T >
T& matrix< T >::at (
            int row,
            int col )  [inline]
```

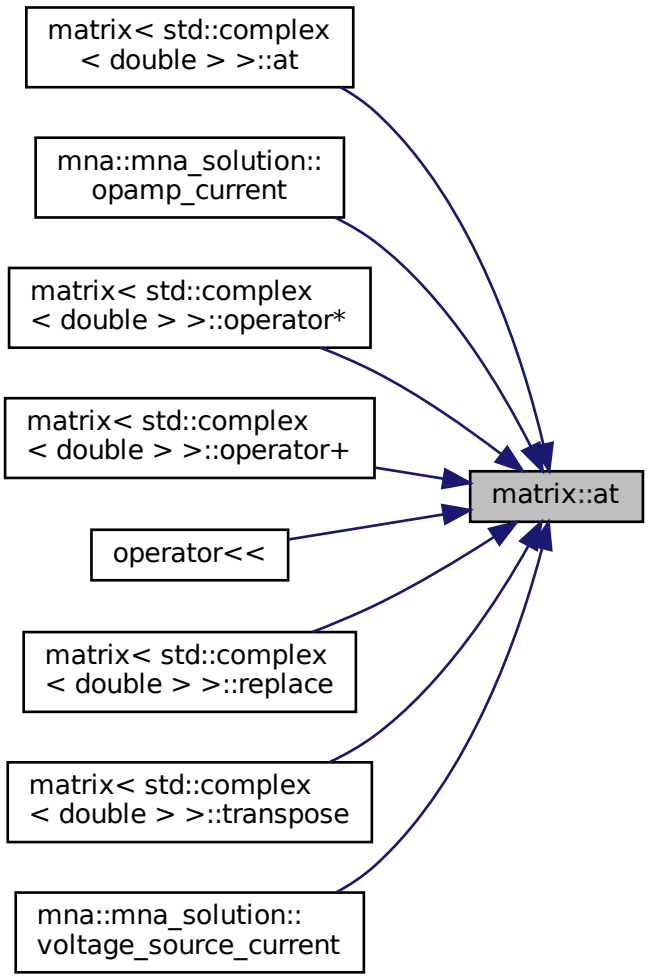
Dostęp do danych w macierzy.

9.12.3.2 at() [2/2]

```
template<typename T >
const T& matrix< T >::at (
            int row,
            int col ) const  [inline]
```

Dostęp do danych w macierzy.

Oto graf wywoływań tej funkcji:



9.12.3.3 data()

```
template<typename T >
T* matrix< T >::data ( )  [inline]
```

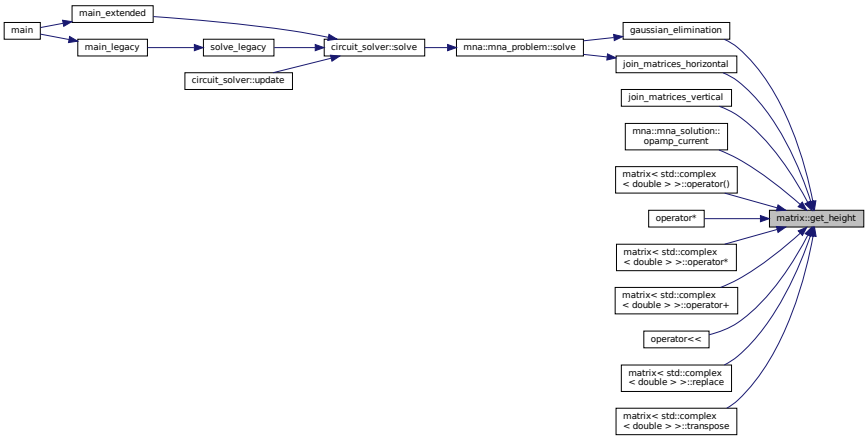
Dostęp do danych w podlegającym macierzy std::vector.

9.12.3.4 get_height()

```
template<typename T >
int matrix< T >::get_height ( ) const  [inline]
```

Zwraca wysokość macierzy.

Oto graf wywoływań tej funkcji:

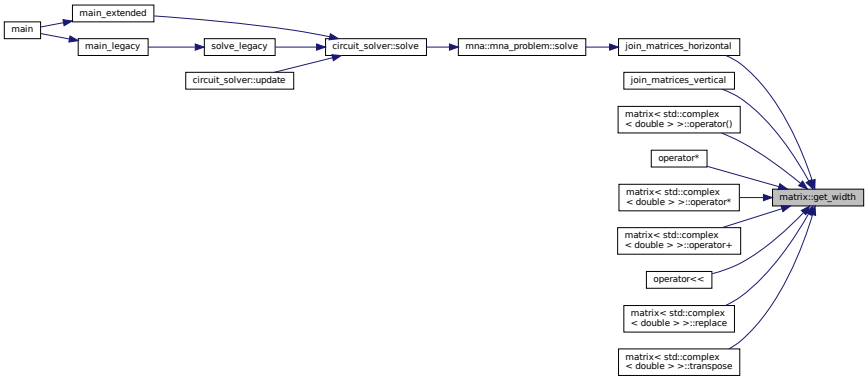


9.12.3.5 get_width()

```
template<typename T >
int matrix< T >::get_width ( ) const  [inline]
```

Zwraca szerokość macierzy.

Oto graf wywoływań tej funkcji:

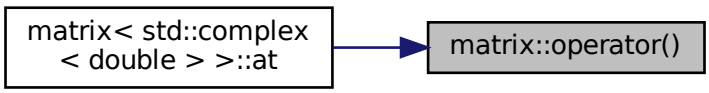


9.12.3.6 operator()() [1/2]

```
template<typename T >
T& matrix< T >::operator() (
            int row,
            int col )  [inline]
```

Dostęp do danych w macierzy.

Oto graf wywoływań tej funkcji:



9.12.3.7 operator()() [2/2]

```
template<typename T >
const T& matrix< T >::operator() (
            int row,
            int col ) const  [inline]
```

Dostęp do danych w macierzy.

9.12.3.8 operator∗()

```
template<typename T >
matrix<T>& matrix< T >::operator* (
            const T & scalar )  [inline]
```

Możenie macierzy przez skalar.

9.12.3.9 operator+()

```
template<typename T >
matrix<T>& matrix< T >::operator+ (
            const T & scalar )  [inline]
```

Dodawanie skalara do macierzy.

9.12.3.10 operator=() [1/2]

```
template<typename T >
matrix<T>& matrix< T >::operator= (
            const matrix< T > &  )  [default]
```

9.12.3.11 operator=() [2/2]

```
template<typename T >
matrix<T>& matrix< T >::operator= (
            matrix< T > &&  )  [default], [noexcept]
```

9.12.3.12 replace()

```
template<typename T >
void matrix< T >::replace (
            int row,
            int col,
            const matrix< T > & mat )  [inline]
```

Nadpisuje fragment macierzy inną mniejszą macierzą

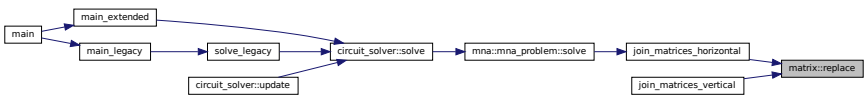
Parametry

row	początkowy wiersz
col	początkowa kolumna
mat	macierz do wpisania

Wyjątki

std::out_of_range	jeśli operacja wymagałaby wykroczenia poza macierz

Oto graf wywoływań tej funkcji:



9.12.3.13 transpose()

```
template<typename T >
matrix<T> matrix< T >::transpose ( ) const  [inline]
```

Zwraca transpozycję macierzy.

Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z pliku:

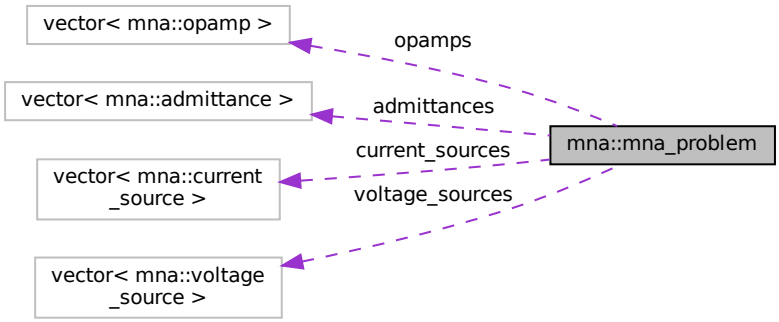
- src/matrix.hpp

9.13 Dokumentacja struktury mna::mna_problem

Układ do rozwiązania metodą MNA.

```
#include <mna.hpp>
```

Diagram współpracy dla mna::mna_problem:



Metody publiczne

- mna_solution solve () const

  Wyznacza i zwraca rozwiązanie (potencjały węzłowe) układu.

Atrybuty publiczne

- std::vector< admittance > admittances
- std::vector< voltage_source > voltage_sources
- std::vector< current_source > current_sources
- std::vector< opamp > opamps

9.13.1 Opis szczegółowy

Układ do rozwiązania metodą MNA.

Układ jest zdegenerowany do listy admitancji międzywęzłowych, sił napięciowych i prądowych.

Nota

Węzły poniżej 0 to napięcie odniesienia (masa).

Numeracja węzłów wg. macierzy - użycie wysokich liczb w tej strukturze poskutkuje obliczeniami na dużej macierzy.

9.13.2 Dokumentacja funkcji składowych

9.13.2.1 solve()

```
mna_solution mna_problem::solve ( ) const
```

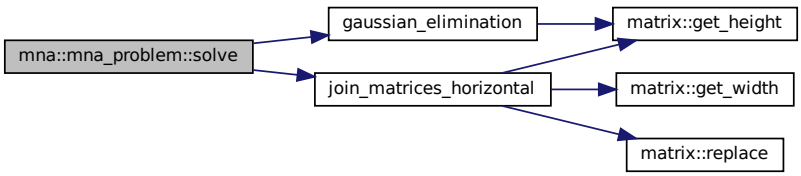
Wyznacza i zwraca rozwiązanie (potencjały węzłowe) układu.

Implementuje macierzowy algorytm opisany tutaj.

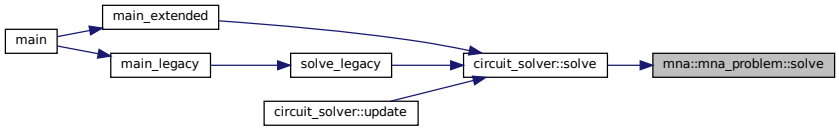
Zobacz również

https://www.swarthmore.edu/NatSci/echeeve1/Ref/mna/MNA3.html

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:



9.13.3 Dokumentacja atrybutów składowych

9.13.3.1 admittances

```
std::vector<admittance> mna::mna_problem::admittances
```

9.13.3.2 current_sources

```
std::vector<current_source> mna::mna_problem::current_sources
```

9.13.3.3 opamps

```
std::vector<opamp> mna::mna_problem::opamps
```

9.13.3.4 voltage_sources

```
std::vector<voltage_source> mna::mna_problem::voltage_sources
```

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z plików:

- src/mna.hpp
- src/mna.cpp

9.14 Dokumentacja klasy mna::mna_solution

Wynik analizy układu metodą MNA.

```
#include <mna.hpp>
```

Metody publiczne

- mna_solution (const matrix< std::complex< double >> &solution, int node_count, int vs_count)
  Tworzy klasę zawierającą rozwiązanie na podstawie wektora napięć i prądów płynących przez siły elektromotoryczne.
- std::complex< double > voltage (int pos, int neg=-1) const
  Zwraca napięcie między dwoma węzłami.
- std::complex< double > voltage_source_current (int id) const
  Zwraca prąd pobierany ze źródła napięciowego.
- std::complex< double > opamp_current (int id) const
  Zwraca prąd pobierany z wyjścia wzmacniacza operacyjnego.
- const matrix< std::complex< double > > get_matrix () const
  Zwraca macierz zawierająca rozwiązanie.

9.14.1 Opis szczegółowy

Wynik analizy układu metodą MNA.

Wynik analizy układu. Dostarcza informacje o potencjałach węzłowych i prądach płynących przez siły elektromotoryczne.

9.14.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.14.2.1 mna_solution()

```
mna_solution::mna_solution (
            const matrix< std::complex< double >> & solution,
            int node_count,
            int vs_count )
```

Tworzy klasę zawierającą rozwiązanie na podstawie wektora napięć i prądów płynących przez siły elektromotoryczne.

Parametry

solution	Macierz zawierająca rozwiązanie
node_count	Liczba węzłów w układzie
vs_count	Liczba SEM w układzie (nie licząc wzmacniaczy operacyjnych)

9.14.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.14.3.1 get_matrix()

```
const matrix< std::complex< double > > mna_solution::get_matrix ( ) const
```

Zwraca macierz zawierająca rozwiązanie.

9.14.3.2 opamp_current()

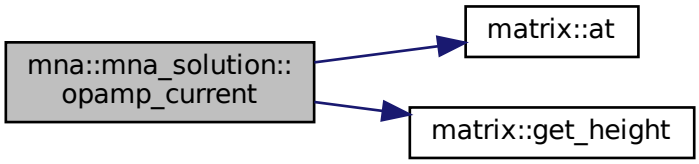
```
std::complex< double > mna_solution::opamp_current (
            int id ) const
```

Zwraca prąd pobierany z wyjścia wzmacniacza operacyjnego.

Parametry

id	numer wzmacniacza

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



9.14.3.3 voltage()

```
std::complex< double > mna_solution::voltage (
            int pos,
            int neg = -1 ) const
```

Zwraca napięcie między dwoma węzłami.

Nota

Węzły poniżej 0 traktowane są jako masa.

Parametry

pos	numer mierzonego
neg	numer węzła odniesienia (domyślnie -1)

9.14.3.4 voltage_source_current()

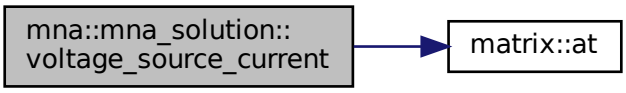
```
std::complex< double > mna_solution::voltage_source_current (
            int id ) const
```

Zwraca prąd pobierany ze źródła napięciowego.

Parametry

id	numer źródła napięciowego (numeracja od 0)

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z plików:

- src/mna.hpp
- src/mna.cpp

9.15 Dokumentacja struktury opamp

Idealny wzmacniacz operacyjny.

```
#include <circuit.hpp>
```

Diagram dziedziczenia dla opamp

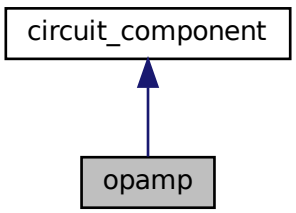
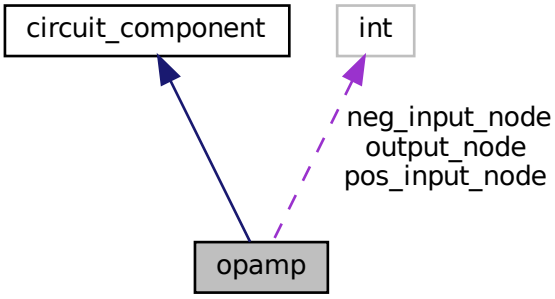


Diagram współpracy dla opamp:



Metody publiczne

- opamp (int pos, int neg, int out)

Atrybuty publiczne

- int pos_input_node
- int neg_input_node

  Numer węzła wejścia nieodwracającego.
- int output_node

  Numer węzła wejścia odwracającego.

9.15.1 Opis szczegółowy

Idealny wzmacniacz operacyjny.

9.15.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.15.2.1 opamp()

```
opamp::opamp (
            int pos,
            int neg,
            int out )  [inline]
```

9.15.3 Dokumentacja atrybutów składowych

9.15.3.1 neg_input_node

```
int opamp::neg_input_node
```

Numer węzła wejścia nieodwracającego.

9.15.3.2 output_node

```
int opamp::output_node
```

Numer węzła wejścia odwracającego.

9.15.3.3 pos_input_node

```
int opamp::pos_input_node
```

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

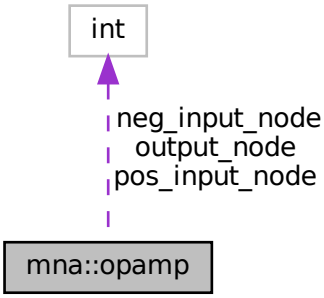
- src/circuit.hpp

9.16 Dokumentacja struktury mna::opamp

Idealny wzmacniacz operacyjny.

```
#include <mna.hpp>
```

Diagram współpracy dla mna::opamp:



Atrybuty publiczne

- int pos_input_node
- int neg_input_node
- int output_node

9.16.1 Opis szczegółowy

Idealny wzmacniacz operacyjny.

Ostrzeżenie

Zakładamy, że wzmacniacz pracuje z ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Analiza opiera się na założeniu, że napięcie na wejściach jest równe. Dodatkowym skutkiem ubocznym jest fakt, że podłączenie wzmacniacza "na odwrót" niczego nie zmienia.

9.16.2 Dokumentacja atrybutów składowych

9.16.2.1 neg_input_node

```
int mna::opamp::neg_input_node
```

9.16.2.2 output_node

```
int mna::opamp::output_node
```

9.16.2.3 pos_input_node

```
int mna::opamp::pos_input_node
```

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/mna.hpp

9.17 Dokumentacja struktury passive_component

Klasa bazowa dla komponentów posiadających admitancję zależną od częstotliwości.

`#include <circuit.hpp>`

Diagram dziedziczenia dla passive_component

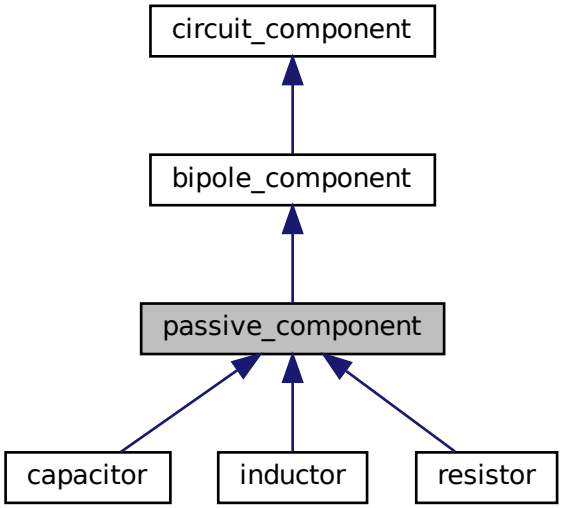
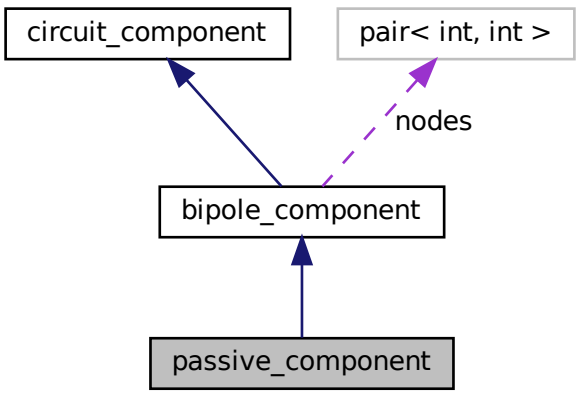


Diagram współpracy dla passive_component:



Metody publiczne

- virtual std::complex< double > admittance (double omega) const =0
- bipole_component (const std::pair< int, int > &p)

Dodatkowe Dziedziczone Składowe

9.17.1 Opis szczegółowy

Klasa bazowa dla komponentów posiadających admitancję zależną od częstotliwości.

9.17.2 Dokumentacja funkcji składowych

9.17.2.1 admittance()

```
virtual std::complex<double> passive_component::admittance (
            double omega ) const  [pure virtual]
```

Implementowany w capacitor, inductor i resistor.

9.17.2.2 bipole_component()

```
bipole_component::bipole_component  [inline]
```

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/circuit.hpp

9.18 Dokumentacja klasy power_probe

Miernik mocy wydzielanej na elemencie.

Diagram dziedziczenia dla power_probe

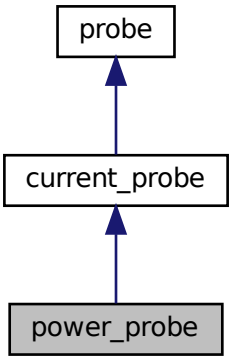
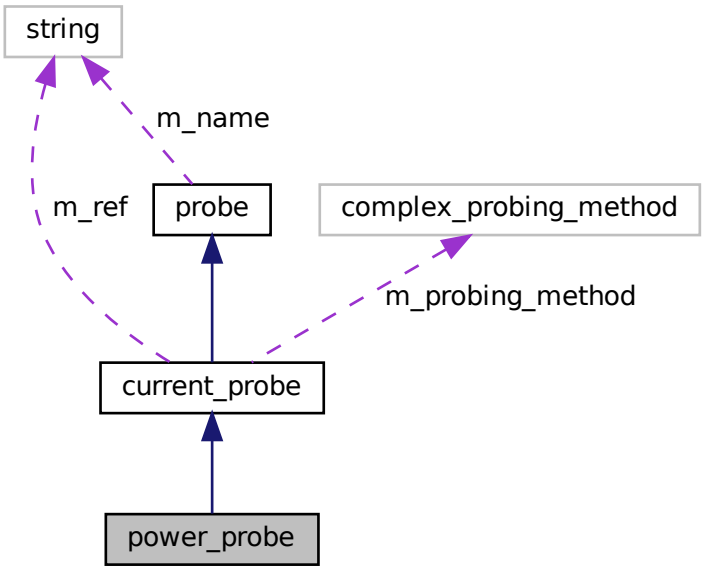


Diagram współpracy dla power_probe:



Metody publiczne

- power_probe (const circuit &circ, const std::string &ref, complex_probing_method pm)
- double get_value (const circuit_solver &solver) const override

Dodatkowe Dziedziczone Składowe

9.18.1 Opis szczegółowy

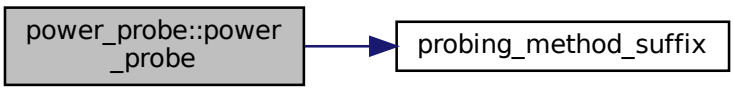
Miernik mocy wydzielanej na elemencie.

9.18.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.18.2.1 power_probe()

```
power_probe::power_probe (
            const circuit & circ,
            const std::string & ref,
            complex_probing_method pm )  [inline]
```

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



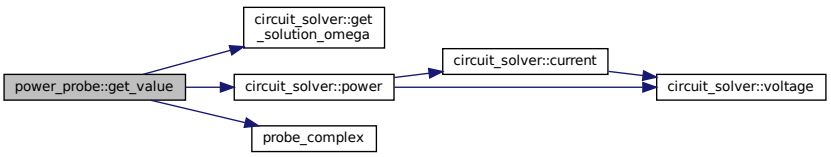
9.18.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.18.3.1 get_value()

```
double power_probe::get_value (
            const circuit_solver & solver ) const  [inline], [override], [virtual]
```

Reimplementowana z current_probe.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z pliku:

- src/extended.cpp

9.19 Dokumentacja klasy probe

Uogólnienie mierników.

Diagram dziedziczenia dla probe

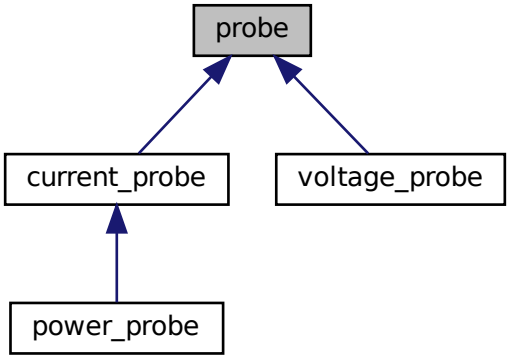
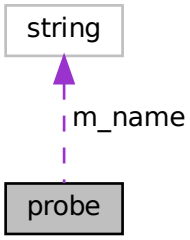


Diagram współpracy dla probe:



Metody publiczne

- std::string get_name () const
- virtual double get_value (const circuit_solver &solver) const =0

Atrybuty chronione

- std::string m_name

9.19.1 Opis szczegółowy

Uogólnienie mierników.

9.19.2 Dokumentacja funkcji składowych

9.19.2.1 get_name()

```
std::string probe::get_name ( ) const  [inline]
```

9.19.2.2 get_value()

```
virtual double probe::get_value (
            const circuit_solver & solver ) const  [pure virtual]
```

Implementowany w power_probe, current_probe i voltage_probe.

9.19.3 Dokumentacja atrybutów składowych

9.19.3.1 m_name

```
std::string probe::m_name  [protected]
```

Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z pliku:

- src/extended.cpp

9.20 Dokumentacja struktury resistor

Idealny rezystor.

`#include <circuit.hpp>`

Diagram dziedziczenia dla resistor

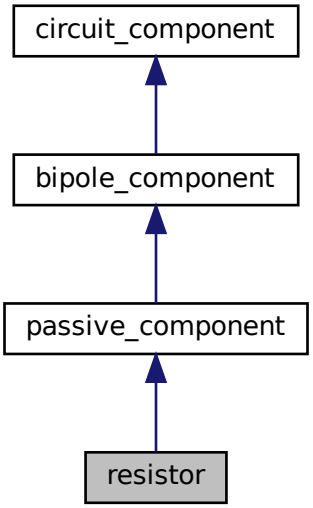
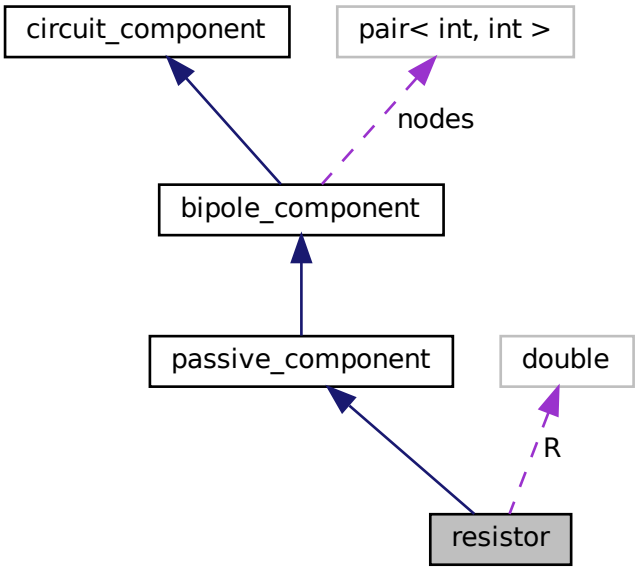


Diagram współpracy dla resistor:



Metody publiczne

- resistor (const std::pair< int, int > &p, double r)
- std::complex< double > admittance (double omega) const override

  Admitancja rezystancji.

Atrybuty publiczne

- double R

  Rezystancja [Ohm].

9.20.1 Opis szczegółowy

Idealny rezystor.

9.20.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.20.2.1 resistor()

```
resistor::resistor (
            const std::pair< int, int > & p,
            double r )  [inline]
```

9.20.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.20.3.1 admittance()

```
std::complex< double > resistor::admittance (
            double omega ) const  [override], [virtual]
```

Admitancja rezystancji.

Implementuje passive_component.

9.20.4 Dokumentacja atrybutów składowych

9.20.4.1 R

```
double resistor::R
```

Rezystancja [Ohm].

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z plików:

- src/circuit.hpp
- src/circuit.cpp

9.21 Dokumentacja klasy voltage_probe

Miernik napięcia międzywęzłowego/na elemencie.

Diagram dziedziczenia dla voltage_probe

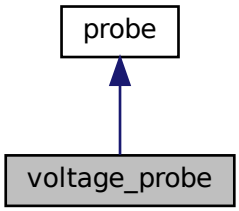
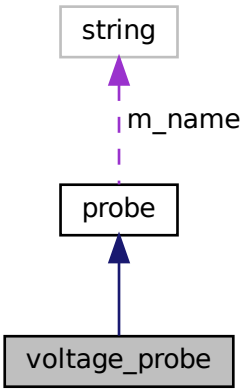


Diagram współpracy dla voltage_probe:



Metody publiczne

- voltage_probe (const circuit &circ, const std::string &ref, complex_probing_method pm)
- voltage_probe (int pos, int neg, complex_probing_method pm)
- double get_value (const circuit_solver &solver) const override

Dodatkowe Dziedziczone Składowe

9.21.1 Opis szczegółowy

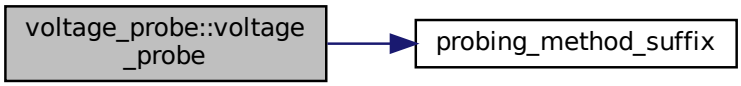
Miernik napięcia międzywęzłowego/na elemencie.

9.21.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.21.2.1 voltage_probe() [1/2]

```
voltage_probe::voltage_probe (
            const circuit & circ,
            const std::string & ref,
            complex_probing_method pm )  [inline]
```

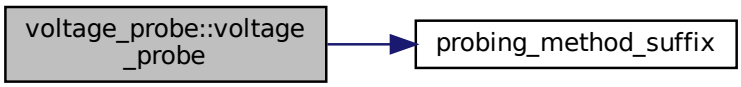
Oto graf wywołań dla tej funkcji:



9.21.2.2 voltage_probe() [2/2]

```
voltage_probe::voltage_probe (
            int pos,
            int neg,
            complex_probing_method pm )  [inline]
```

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



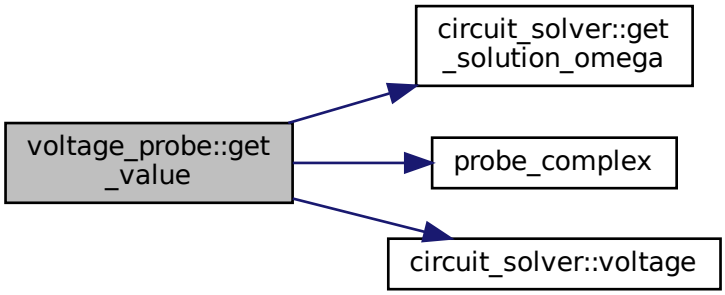
9.21.3 Dokumentacja funkcji składowych

9.21.3.1 get_value()

```
double voltage_probe::get_value (
            const circuit_solver & solver ) const  [inline], [override], [virtual]
```

Implementuje probe.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Dokumentacja dla tej klasy została wygenerowana z pliku:

- src/extended.cpp

9.22 Dokumentacja struktury voltage_source

Idealna siła elektromotoryczna.

```
#include <circuit.hpp>
```

Diagram dziedziczenia dla voltage_source

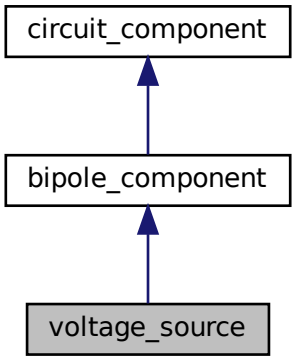
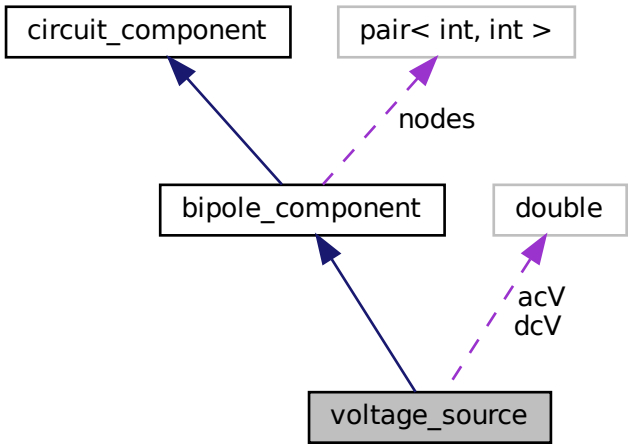


Diagram współpracy dla voltage_source:



Metody publiczne

- voltage_source (const std::pair< int, int > &p, double v, double ac=0.0)

Atrybuty publiczne

- double dcV

  Wartość napięcia [V] dla analizy DC.
- double acV

  Wartość napięcie [V] dla analizy AC.

9.22.1 Opis szczegółowy

Idealna siła elektromotoryczna.

9.22.2 Dokumentacja konstruktora i destruktora

9.22.2.1 voltage_source()

```
voltage_source::voltage_source (
            const std::pair< int, int > & p,
            double v,
            double ac = 0.0 )  [inline]
```

9.22.3 Dokumentacja atrybutów składowych

9.22.3.1 acV

```
double voltage_source::acV
```

Wartość napięcie [V] dla analizy AC.

9.22.3.2 dcV

```
double voltage_source::dcV
```

Wartość napięcia [V] dla analizy DC.

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

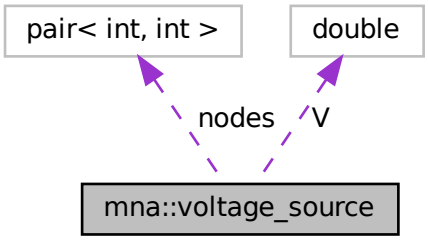
- src/circuit.hpp

9.23 Dokumentacja struktury mna::voltage_source

Idealna siła elektromotoryczna.

`#include <mna.hpp>`

Diagram współpracy dla mna::voltage_source:



Atrybuty publiczne

- std::pair< int, int > nodes
- double V

9.23.1 Opis szczegółowy

Idealna siła elektromotoryczna.

Nota

Przyjmujemy, że pierwszy węzeł to "plus"

9.23.2 Dokumentacja atrybutów składowych

9.23.2.1 nodes

`std::pair<int, int> mna::voltage_source::nodes`

9.23.2.2 V

`double mna::voltage_source::V`

Dokumentacja dla tej struktury została wygenerowana z pliku:

- src/mna.hpp

Rozdział 10

Dokumentacja plików

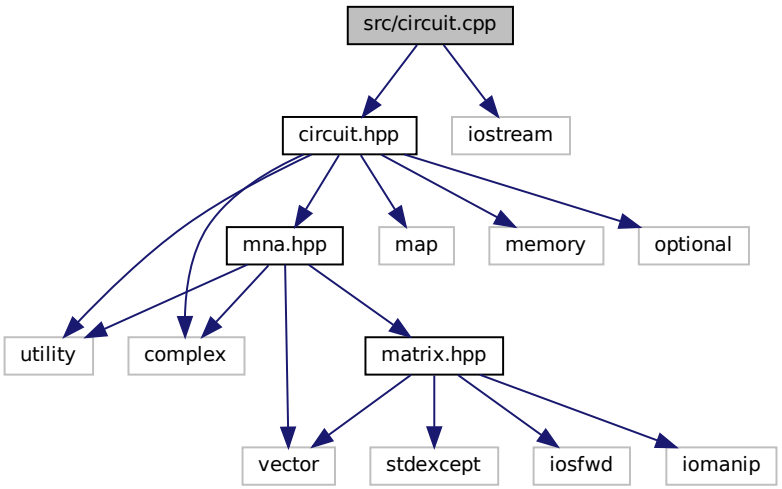
10.1 Dokumentacja pliku myspice.dox

10.2 Dokumentacja pliku src/circuit.cpp

Implementacja funkcji związanych z circuit i jego elementami.

```
#include "circuit.hpp"
#include <iostream>
```

Wykres zależności załączania dla circuit.cpp:



10.2.1 Opis szczegółowy

Implementacja funkcji związanych z circuit i jego elementami.

Autor

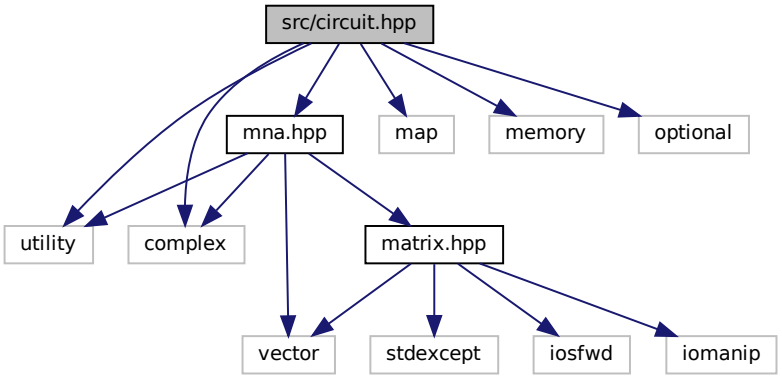
Jacek Wieczorek

10.3 Dokumentacja pliku src/circuit.hpp

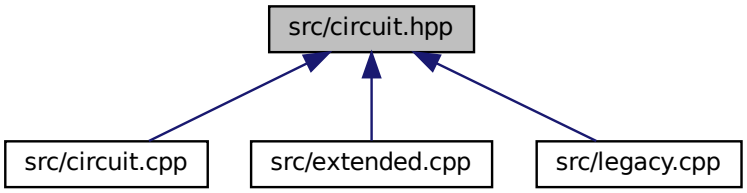
Definicje typów circuit, circuit_solver i elementów obwodu.

```
#include <utility>
#include <map>
#include <memory>
#include <complex>
#include <optional>
#include "mna.hpp"
```

Wykres zależności załączania dla circuit.hpp:



Ten wykres pokazuje, które pliki bezpośrednio lub pośrednio załączają ten plik:



Komponenty

- struct circuit_component

  Klasa bazowa dla wszystkich komponentów, które mogą się znaleźć w obwodzie.
- struct bipole_component

  Klasa bazowa dla elementów z dwoma wyprowadzeniami.
- struct passive_component

  Klasa bazowa dla komponentów posiadających admitancję zależną od częstotliwości.

- struct voltage_source

  Idealna siła elektromotoryczna.
- struct current_source

  Idealna siła prądomotoryczna.
- struct resistor

  Idealny rezystor.
- struct inductor

  Prawie idealna cewka.
- struct capacitor

  Idealny kondensator.
- struct opamp

  Idealny wzmacniacz operacyjny.
- class circuit_solver

  Analizator układów liniowych.

Definicje typów

- using circuit = std::map< std::string, std::shared_ptr< circuit_component > >

  Obwód elektryczny - zbiór nazwanych elementów.

10.3.1 Opis szczegółowy

Definicje typów circuit, circuit_solver i elementów obwodu.

Autor

Jacek Wieczorek

10.3.2 Dokumentacja definicji typów

10.3.2.1 circuit

```
using circuit = std::map<std::string, std::shared_ptr<circuit_component> >
```

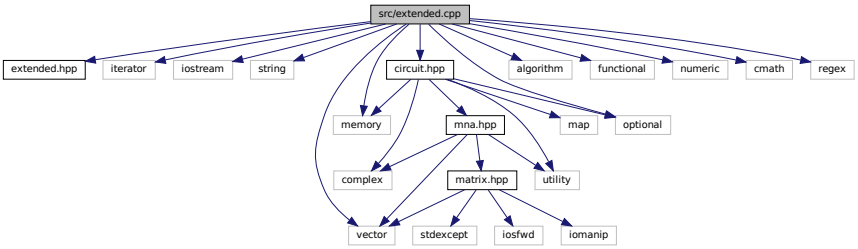
Obwód elektryczny - zbiór nazwanych elementów.

10.4 Dokumentacja pliku src/extended.cpp

Rozszerzona część programu.

```
#include "extended.hpp"
#include <iterator>
#include <iostream>
#include <string>
#include <vector>
#include <algorithm>
#include <functional>
#include <memory>
#include <numeric>
#include <optional>
#include <cmath>
#include <regex>
#include "circuit.hpp"
```

Wykres zależności załączania dla extended.cpp:



Komponenty

- struct ac_analysis_params

  Parametry do analizy AC.
- class probe

  Uogólnienie mierników.
- class voltage_probe

  Miernik napięcia międzywęzłowego/na elemencie.
- class current_probe

  Miernik prądu płynącego przez element.
- class power_probe

  Miernik mocy wydzielanej na elemencie.
- struct circuit_simulation

  Symulacja układu.

Wyliczenia

- enum complex_probing_method { complex_probing_method::DEFAULT, complex_probing_method::MAGNITUDE, complex_probing_method::PHASE, complex_probing_method::REAL, complex_probing_method::IMAGINARY }

  Metoda pomiaru zespolonych wielkości fizycznych.

Funkcje

- double probe_complex (std::complex< double > c, complex_probing_method method, double omega=0)

  Zwraca określony komponent zespolonej wielkości fizycznej.
- std::string probing_method_suffix (complex_probing_method method)

  Zwraca suffix dodawany do oznaczenia mierzonej wartości zespolonej.
- static std::string tolower (std::string s)

  Zamienia litery w stringu na małe.
- static std::vector< std::string > tokenize_string (const std::string &s, std::function< bool(char c)> predicate)

  Zwraca wektor fragmentów tekstu rozdzielonych znakami białymi.
- static double si_string_to_double (const std::string &s)

  Zamienia tekst będący liczbą z przedrostkiem SI na wartość
- static std::shared_ptr< circuit_component > create_component (const std::vector< std::string > &tokens)

  Tworzy komponent na podstawie "stokenizowanej" linii pliku SPICE.
- static circuit_simulation read_spice_file (std::istream &netlist)

  Tworzy symulację na podstawie pliku częściowo kompatybilnego z formatem SPICE.
- int main_extended (int argc, char *argv[])

  Funkcja main dla rozszerzonej wersji programu.

10.4.1 Opis szczegółowy

Rozszerzona część programu.

Autor

Jacek Wieczorek

10.4.2 Dokumentacja typów wyliczanych

10.4.2.1 complex_probing_method

```
enum complex_probing_method  [strong]
```

Metoda pomiaru zespolonych wielkości fizycznych.

Wartości wyliczeń

DEFAULT	
MAGNITUDE	
PHASE	
REAL	
IMAGINARY	

10.4.3 Dokumentacja funkcji

10.4.3.1 create_component()

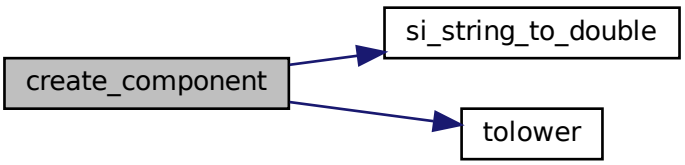
```
static std::shared_ptr<circuit_component> create_component (
            const std::vector< std::string > & tokens )  [static]
```

Tworzy komponent na podstawie "stokenizowanej" linii pliku SPICE.

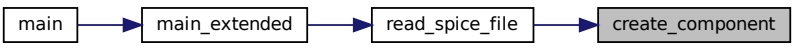
Nota

Akceptuje nazwy węzłów typu '2z'. Nie jest to piękne, ale też na razie nie ma potrzeby żeby to na siłę naprawiać.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

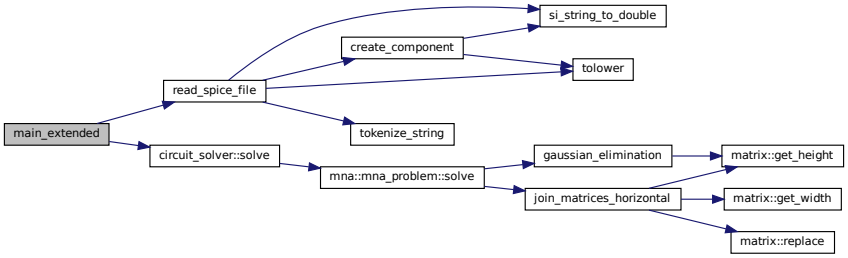


10.4.3.2 main_extended()

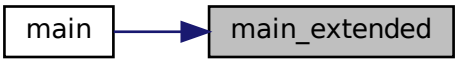
```
int main_extended (
            int argc,
            char * argv[] )
```

Funkcja main dla rozszerzonej wersji programu.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

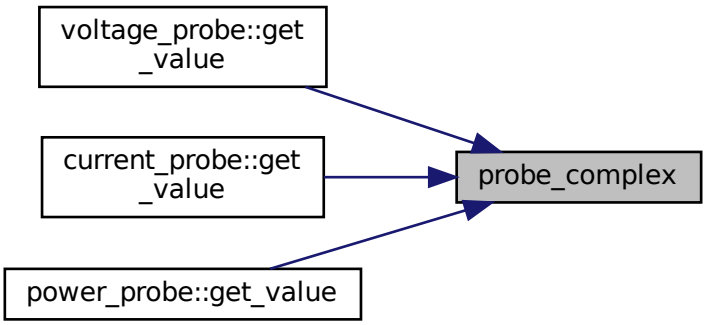


10.4.3.3 probe_complex()

```
double probe_complex (
            std::complex< double > c,
            complex_probing_method method,
            double omega = 0 )
```

Zwraca określony komponent zespolonej wielkości fizycznej.

W trybie pomiaru DEFAULT zwraca część rzeczywistą dla pulsacji równej 0, a w trybie AC zwraca moduł. Oto graf wywoływań tej funkcji:

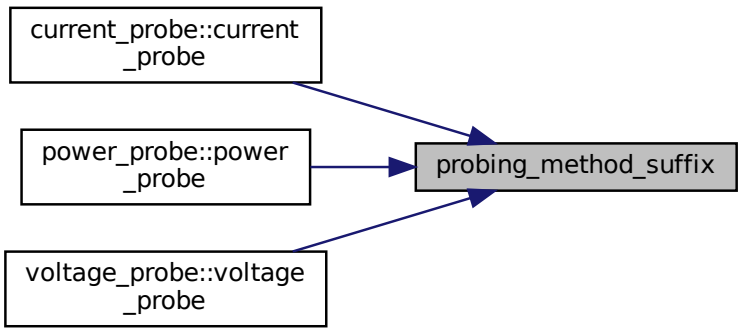


10.4.3.4 probing_method_suffix()

```
std::string probing_method_suffix (
            complex_probing_method method )
```

Zwraca suffix dodawany do oznaczenia mierzonej wartości zespolonej.

Oto graf wywoływań tej funkcji:

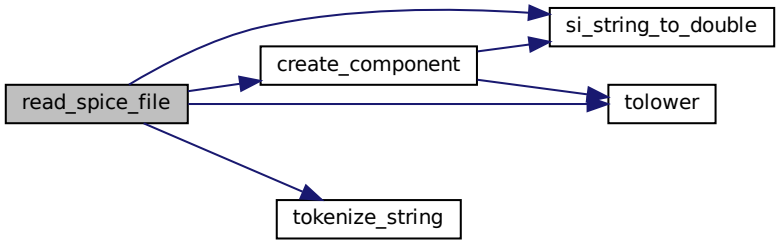


10.4.3.5 read_spice_file()

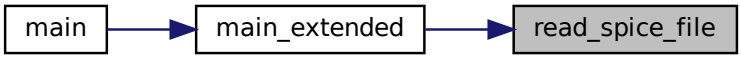
```
static circuit_simulation read_spice_file (
            std::istream & netlist )  [static]
```

Tworzy symulację na podstawie pliku częściowo kompatybilnego z formatem SPICE.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

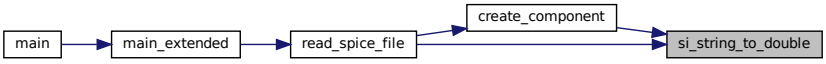


10.4.3.6 si_string_to_double()

```
static double si_string_to_double (
            const std::string & s )  [static]
```

Zamienia tekst będący liczbą z przedrostkiem SI na wartość

Oto graf wywoływań tej funkcji:



10.4.3.7 tokenize_string()

```
static std::vector<std::string> tokenize_string (
            const std::string & s,
            std::function< bool(char c)> predicate )  [static]
```

Zwraca wektor fragmentów tekstu rozdzielonych znakami białymi.

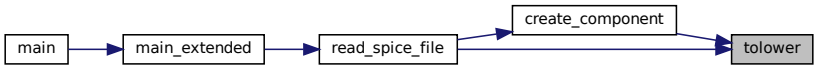
Oto graf wywoływań tej funkcji:

10.4.3.8 tolower()

```
static std::string tolower (
            std::string s )  [static]
```

Zamienia litery w stringu na małe.

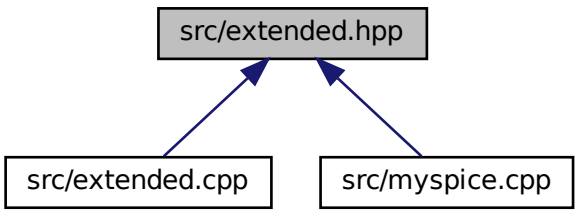
Oto graf wywoływań tej funkcji:



10.5 Dokumentacja pliku src/extended.hpp

Plik nagłówkowy rozszerzonej wersji programu.

Ten wykres pokazuje, które pliki bezpośrednio lub pośrednio załączają ten plik:



Funkcje

- int main_extended (int argc, char ∗argv[ ])

  Funkcja main dla rozszerzonej wersji programu.

10.5.1 Opis szczegółowy

Plik nagłówkowy rozszerzonej wersji programu.

Autor

Jacek Wieczorek

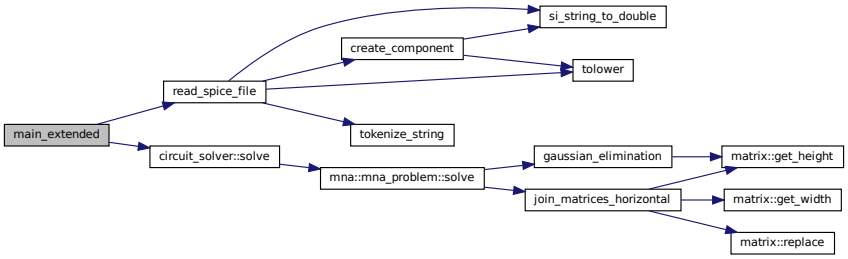
10.5.2 Dokumentacja funkcji

10.5.2.1 main_extended()

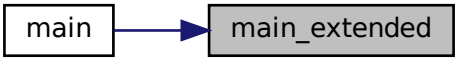
```
int main_extended (
            int argc,
            char * argv[] )
```

Funkcja main dla rozszerzonej wersji programu.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

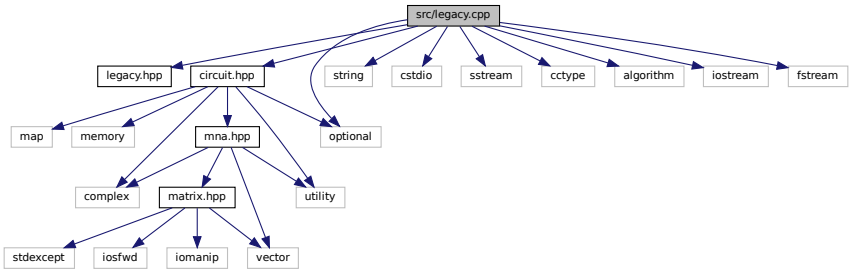


10.6 Dokumentacja pliku src/legacy.cpp

Główny plik podstawowej wersji programu.

```
#include "legacy.hpp"
#include "circuit.hpp"
#include <string>
#include <cstdio>
#include <sstream>
#include <cctype>
#include <algorithm>
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <optional>
```

Wykres zależności załączania dla legacy.cpp:



Funkcje

- static circuit read_netlist (std::istream &netlist)

  Przekształca prostą netlistę na obwód.
- static void print_solution (const circuit &circ, const circuit_solver &sol, std::ostream &f)

  Wypisuje wynik symulacji układu do podanego strumienia.
- static void solve_legacy (std::istream &netlist, std::ostream &output)

  Rozwiązuje układ zgodny ze specyfikacją zadania.
- static void help ()

  Wypisuje informację pomocy.
- int main_legacy (int argc, char ∗argv[ ])

  Główna funkcja uproszczonej wersji programu.

10.6.1 Opis szczegółowy

Główny plik podstawowej wersji programu.

Autor

Jacek Wieczorek

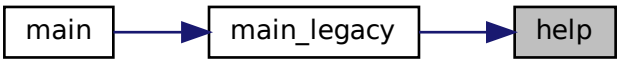
10.6.2 Dokumentacja funkcji

10.6.2.1 help()

```
static void help ( )  [static]
```

Wypisuje informację pomocy.

Oto graf wywoływań tej funkcji:

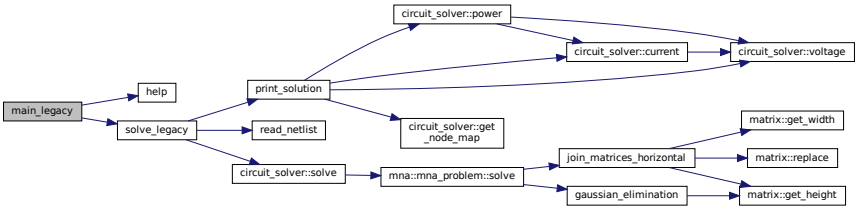


10.6.2.2 main_legacy()

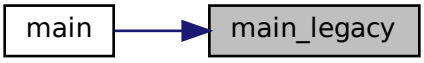
```
int main_legacy (
            int argc,
            char * argv[] )
```

Główna funkcja uproszczonej wersji programu.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:



10.6.2.3 print_solution()

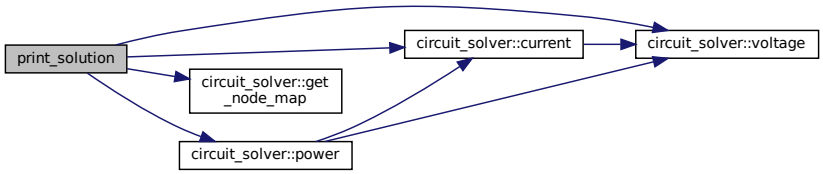
```
static void print_solution (
            const circuit & circ,
            const circuit_solver & sol,
            std::ostream & f )  [static]
```

Wypisuje wynik symulacji układu do podanego strumienia.

Parametry

circ	Obwód
sol	Solver z rozwiązaniem
f	Strumień wyjściowy

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

10.6.2.4 read_netlist()

```
static circuit read_netlist (
            std::istream & netlist )  [static]
```

Przekształca prostą netlistę na obwód.

Parametry

netlist	Strumień dostarczający netlistę

Zwraca

Obwód opisany przez netlistę

Wczytywana netlista musi być zgodna z formatem opisanym w treści zadania. Najbardziej bolesne jest to, że netlista, która ma być wczytana przez program, nie podaje, który węzeł jest węzłem odniesienia (masą). Wybór węzła odniesienia jest jednak niezbędny do przeprowadzenia analizy układu. Z tego powodu zakładam, przesuwam numerację węzłów o jeden - w zadaniu zaczyna się od 1, a tutaj od zera.

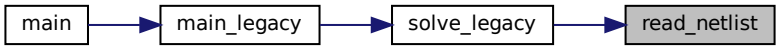
Ostrzeżenie

Brak węzła o numerze 1 może poskutkować błędem symulacji lub otrzymaniem niepoprawnych wyników.

Zobacz również

circuit_solver

Para węzłów jest wczytywana w odwrotnej kolejności. To przez to, że mój solver przyjmuje numerację węzłów w SEM i SPM zgodną ze SPICE, a nie z treścią zadania.Oto graf wywoływań tej funkcji:



10.6.2.5 solve_legacy()

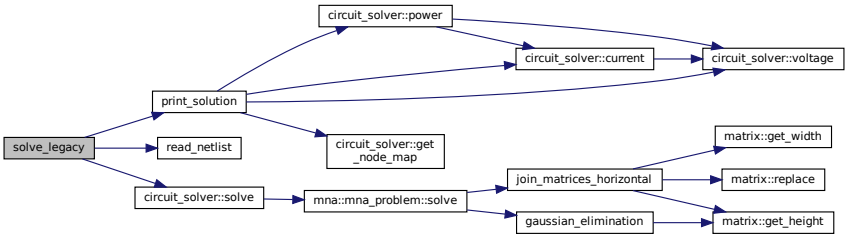
```
static void solve_legacy (
            std::istream & netlist,
            std::ostream & output )  [static]
```

Rozwiązuje układ zgodny ze specyfikacją zadania.

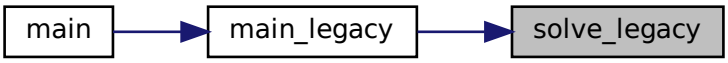
Parametry

netlist	Strumień dostarczający netliste
output	Strumień wyjściowy gdzie ma być wypisany wynik

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



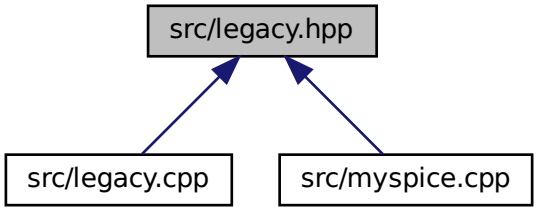
Oto graf wywoływań tej funkcji:



10.7 Dokumentacja pliku src/legacy.hpp

Główny plik nagłówkowy podstawowej wersji programu.

Ten wykres pokazuje, które pliki bezpośrednio lub pośrednio załączają ten plik:



Funkcje

- int main_legacy (int argc, char ∗argv[ ])

  Główna funkcja uproszczonej wersji programu.

10.7.1 Opis szczegółowy

Główny plik nagłówkowy podstawowej wersji programu.

Autor

Jacek Wieczorek

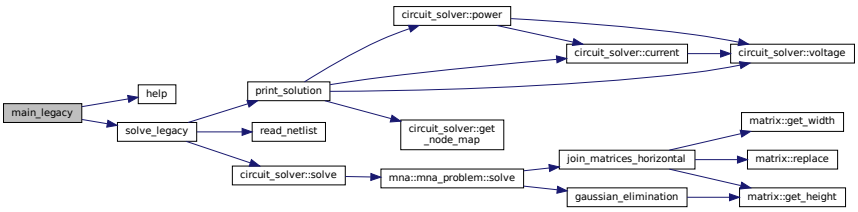
10.7.2 Dokumentacja funkcji

10.7.2.1 main_legacy()

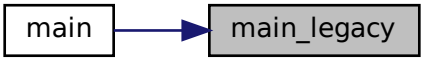
```
int main_legacy (
            int argc,
            char * argv[] )
```

Główna funkcja uproszczonej wersji programu.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

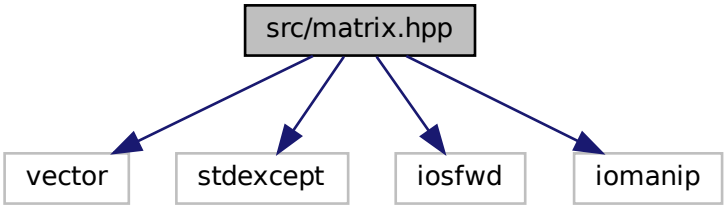


10.8 Dokumentacja pliku src/matrix.hpp

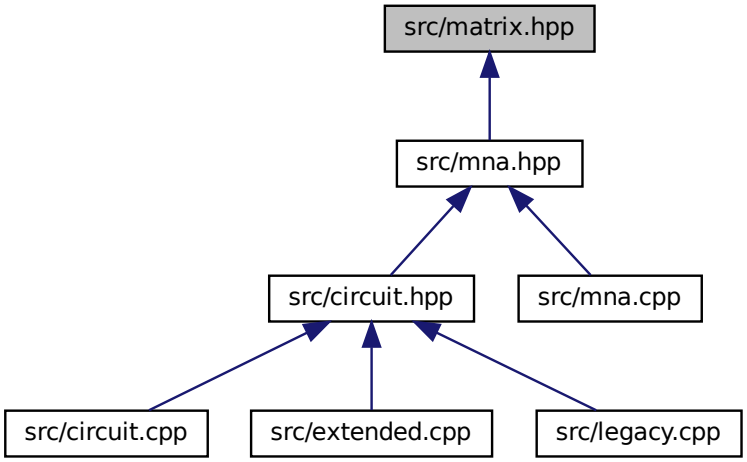
Definiuje klasę matrix do operacji macierzowych.

```
#include <vector>
#include <stdexcept>
#include <iosfwd>
#include <iomanip>
```

Wykres zależności załączania dla matrix.hpp:



Ten wykres pokazuje, które pliki bezpośrednio lub pośrednio załączają ten plik:



Komponenty

- class matrix< T >

  Klasa ułatwiająca operacje macierzowe.

Funkcje

- template<typename T >
  matrix< T > join_matrices_horizontal (const matrix< T > &l, const matrix< T > &r)
  Złącza macierze w poziomie.
- template<typename T >
  matrix< T > join_matrices_vertical (const matrix< T > &u, const matrix< T > &d)
  Złącza macierze w pionie.
- template<typename T , typename U , typename V = std::common_type_t<T, U>>
  matrix< V > operator* (const matrix< T > &lhs, const matrix< U > &rhs)
  Operator mnożenia macierzowego.
- template<typename T >
  std::ostream & operator<< (std::ostream &s, const matrix< T > &mat)
  Operator wypisania dla macierzy.

10.8.1 Opis szczegółowy

Definiuje klasę matrix do operacji macierzowych.

Autor

Jacek Wieczorek

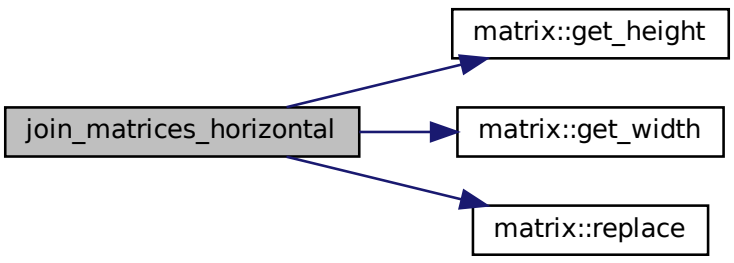
10.8.2 Dokumentacja funkcji

10.8.2.1 join_matrices_horizontal()

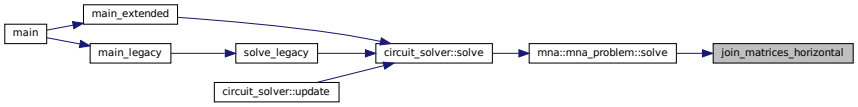
```
template<typename T >
matrix<T> join_matrices_horizontal (
            const matrix< T > & l,
            const matrix< T > & r )
```

Złącza macierze w poziomie.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Oto graf wywoływań tej funkcji:

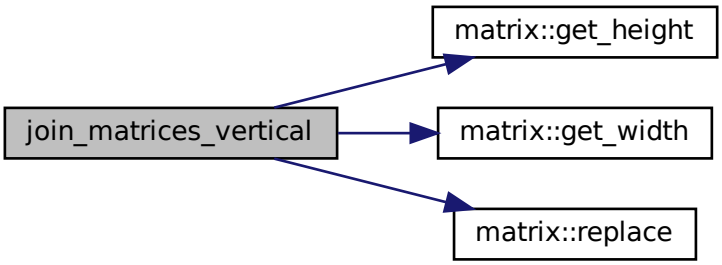


10.8.2.2 join_matrices_vertical()

```
template<typename T >
matrix<T> join_matrices_vertical (
            const matrix< T > & u,
            const matrix< T > & d )
```

Złącza macierze w pionie.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

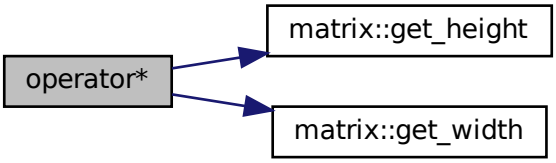


10.8.2.3 operator∗()

```
template<typename T , typename U , typename V = std::common_type_t<T, U>>
matrix<V> operator* (
            const matrix< T > & lhs,
            const matrix< U > & rhs )
```

Operator mnożenia macierzowego.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

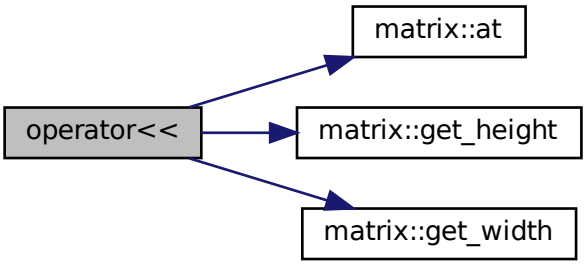


10.8.2.4 operator<<()

```
template<typename T >
std::ostream& operator<< (
             std::ostream & s,
             const matrix< T > & mat )
```

Operator wypisania dla macierzy.

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

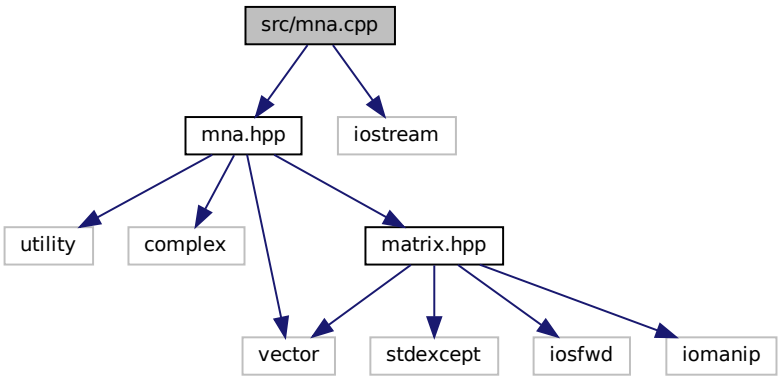


10.9 Dokumentacja pliku src/mna.cpp

Implementacja algorytmu MNA z eliminacją Gaussa.

```
#include "mna.hpp"
#include <iostream>
```

Wykres zależności załączania dla mna.cpp:



Funkcje

- static matrix< std::complex< double > > gaussian_elimination (matrix< std::complex< double >> mat)

  Rozwiązuje układ zespolonych równań liniowych metodą eliminacji Gaussa.

10.9.1 Opis szczegółowy

Implementacja algorytmu MNA z eliminacją Gaussa.

Ten plik implementuje narzędzia do analizy układów na "najniższym poziomie". Analizowany układ musi zostać uprzednio zdegenerowany do opisu problemu, na który składają się admitancje międzywęzłowe, źródła napięciowe i prądowe oraz idealne wzmacniacze operacyjne (pracujące z ujemnym sprzężeniem zwrotnym).

Na tym poziomie obowiązuje numeracja węzłów od 0. Węzły o numerach ujemnych traktowane są jako napięcie odniesienia (masa).

Zobacz również

https://www.swarthmore.edu/NatSci/echeeve1/Ref/mna/MNA3.html

Autor

Jacek Wieczorek

10.9.2 Dokumentacja funkcji

10.9.2.1 gaussian_elimination()

```
static matrix<std::complex<double> > gaussian_elimination (
            matrix< std::complex< double >> mat )  [static]
```

Rozwiązuje układ zespolonych równań liniowych metodą eliminacji Gaussa.

Parametry

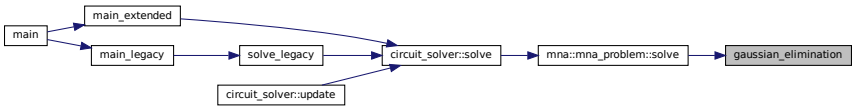
mat	Macierz o rozmiarze Nx(N+1) opisująca układ równań

Zwraca

Macierz o rozmiarze Nx1 zawierająca rozwiązanie

Oto graf wywołań dla tej funkcji:

Oto graf wywoływań tej funkcji:

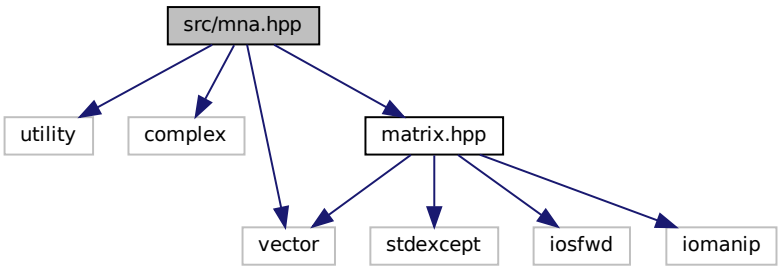


10.10 Dokumentacja pliku src/mna.hpp

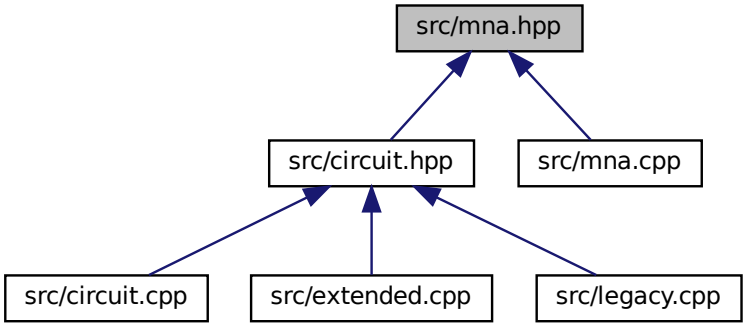
Definicje typów solvera MNA.

```
#include <utility>
#include <complex>
#include <vector>
#include "matrix.hpp"
```

Wykres zależności załączania dla mna.hpp:



Ten wykres pokazuje, które pliki bezpośrednio lub pośrednio załączają ten plik:



Komponenty

- struct mna::admittance

  Admitancja międzywęzłowa.
- struct mna::voltage_source

  Idealna siła elektromotoryczna.
- struct mna::current_source

  Idealna siła prądomotoryczna.
- struct mna::opamp

  Idealny wzmacniacz operacyjny.
- class mna::mna_solution

  Wynik analizy układu metodą MNA.
- struct mna::mna_problem

  Układ do rozwiązania metodą MNA.

Przestrzenie nazw

- mna

  Solver układów metodą MNA.

10.10.1 Opis szczegółowy

Definicje typów solvera MNA.

Autor

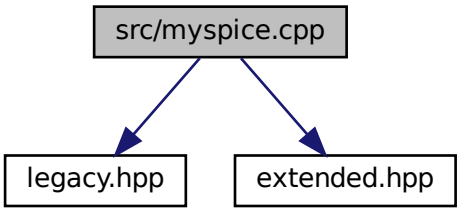
Jacek Wieczorek

10.11 Dokumentacja pliku src/myspice.cpp

Główny plik programu.

```
#include "legacy.hpp"
#include "extended.hpp"
```

Wykres zależności załączania dla myspice.cpp:



Funkcje

- int main (int argc, char ∗argv[ ])

10.11.1 Opis szczegółowy

Główny plik programu.

Autor

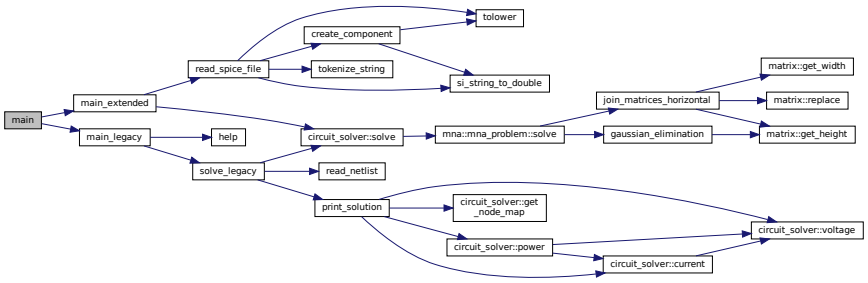
Jacek Wieczorek

10.11.2 Dokumentacja funkcji

10.11.2.1 main()

```
int main (
            int argc,
            char * argv[] )
```

Oto graf wywołań dla tej funkcji:



Indeks