

# Projekt z elektroniki mikrofalowej, część 1.

Wariant projektu: 1c - układ reflektometru

Wykonująca: Anna Dzieżyk, nr albumu: 318 506

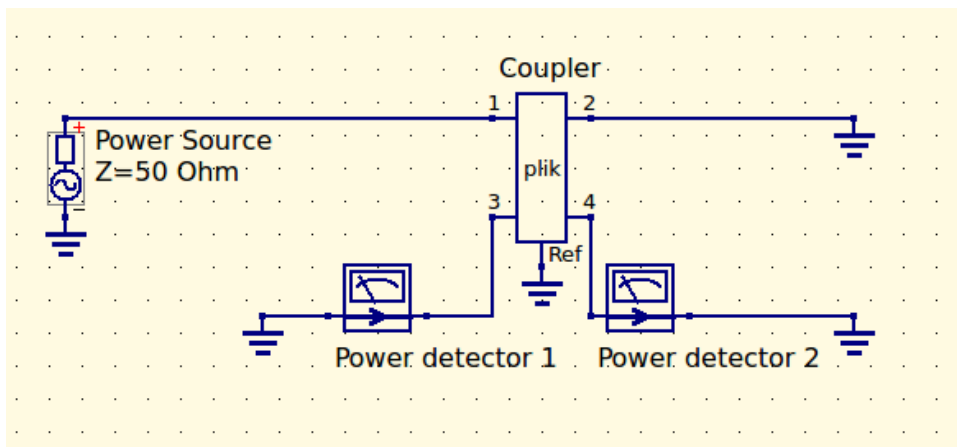
*Spis treści:*

1. Początkowe założenia i uproszczony schemat reflektometru, spis użytych elementów
2. Wyniki symulacji parametrów  $S$  w QUCS i obliczenie budżetu mocy
3. Schemat aplikacyjny dla scalonych detektorów mocy
4. Podsumowanie

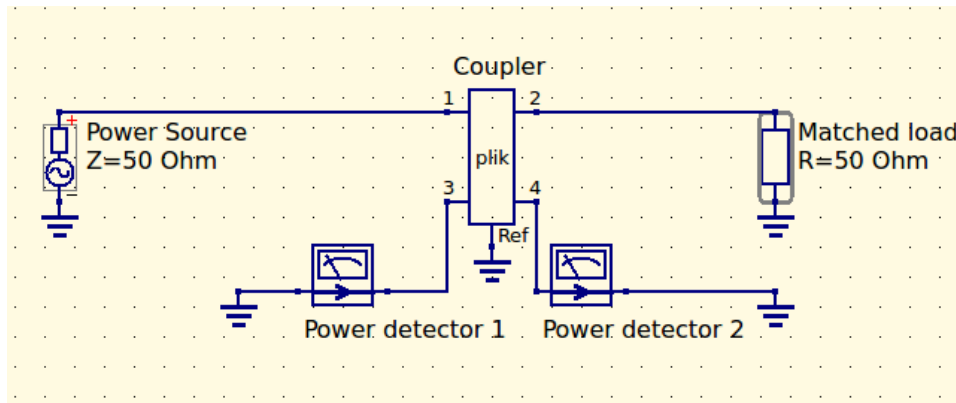
## *Adnotacja 1. Początkowe założenia i uproszczony schemat reflektometru, spis użytych elementów*

Reflektometr jest urządzeniem służącym do pomiaru współczynnika odbicia na badanym porcie wysokiej częstotliwości. Aby dokładniej zobrazować porty poniżej znajduje się uproszczony schemat. W projekcie do rozważenia są 2 przypadki:

- Idealne zwarcie:



- Dopasowanie obciążenie - w tym przypadku jest to 50 Ohm, ponieważ impedancje charakterystyczne wykorzystanych elementów na portach 1, 3, 4 to 50 Ohmów.



Komentarz do użytych elementów:

- Źródło mocy – generator sygnału harmonicznego w.cz. o  $f = 1,8 \text{ GHz}$  i  $P_{out} = -6 \text{ dBm}$ ,  $Z_{out} = 50 \text{ Ohm}$
- Sprzęgacz - sprzęgacz kierunkowy BDCA-15-25+ firmy MiniCircuits, jego parametry  $S$  zostały użyte w symulacji z pliku z oficjalnej strony
- Detektory mocy – scalone, ADL5513 firmy Analog Devices,  $Z_{out} = 50 \text{ Ohm}$
- Zasilacz laboratoryjny regulowany – zasilanie detektorów mocy, nieobecny na uproszczonych schematach.

#### Adnotacja 2. Wyniki symulacji budżetu mocy w środowisku QUCS i obliczenie budżetu mocy

Poniżej są przedstawione wzory wykorzystane do przeliczenia mocy na wyjściach portów sprzęgacza:

1. Moc wejściowa - została założona jako idealna stała równa -6 dBm, nawet jeśli moc dysponowana źródła rzeczywiście docierająca do obciążenia jest rzędu mikrowatów mniejsza.
2. Moc na wyjściu głównych wrót - dla idealnego przypadku straty są równe 0, czyli cała moc jest przekazywana na wyjście, dla symulacji jest to:

$$P_{out} = P_{in} - P_{S21},$$

$P_{in} = -6 \text{ dBm}$ ,  $P_{S21}$  – transfer mocy z wrót 1 do 2, otrzymany w symulacji

3. Moc na wyjściu wrót sprzężonych - dla idealnego przypadku sprzężenie jest równe 15 dB, więc moc przekazywana do portu 4 jest równa  $-6 \text{ dBm} - 15 \text{ dB} = -21 \text{ dBm}$ , natomiast dla symulacji:

$$P_{out} = P_{in} - P_{S41};$$

$P_{in} = -6 \text{ dBm}$ ,  $P_{S41}$  – transfer mocy z wrót 1 do 4, otrzymany w symulacji

4. Moc na wyjściu wrót izolowanych – dla idealnego przypadku jest to 0, bez względu na wartość obciążenia wrót 2, natomiast dla symulacji:

$$P_{out} = P_{in} - P_{S31};$$

$P_{in} = -6 \text{ dBm}$ ,  $P_{S31}$  – transfer mocy z wrót 1 do 3, otrzymany w symulacji

Tabela 1.1 - wyniki budżetu mocy w przypadku "idealnym" i wyniki z symulacji

	idealne (zgodnie z danymi z dokumentacji)		Symulacja	
	zwarcie	idealne dopasowanie	zwarcie	idealne dopasowanie
moc wejściowa	-6 dBm	-6 dBm	-6 dBm	-6 dBm
moc na wyjściu głównych wrót (port2)	0 dBm	-6 dBm	-18,2 dBm	-6,477 dBm
moc na wyjściu wrót sprzężonych (port 4)	-21 dBm	-21 dBm	-19,8 dBm	-39,4 dBm
moc na wyjściu wrót izolowanych (port 3)	0 dBm	0 dBm	-19,9 dBm	-19,3 dBm

Komentarz do uzyskanych wyników:

*Symulacja parametrów S przebiegła na układzie zgoła innym od tych zaprezentowanych w punkcie 1. Do portu 1 zostało dołączone źródło mocy o mocy wyjściowej -6 dBm i częstotliwości równej 1,8 GHz, do reszty portów dołączono również źródła mocy. Wszystkie impedancje wyjściowe tych źródeł dla dopasowanego obciążenia były równe 50 ohmów, natomiast dla przypadku idealnego zwarcia źródło na porcie 2 miało ustawioną tą impedancję na 1 Ohm (przy 0 ohmów nie ruszała symulacja).*

*Porównując wyniki uzyskane w symulacji, do tych w przypadku idealnym, zauważamy niewielkie dość różnice, które są przyjmowalne. Moce już około -20 dBm, można spokojnie przyjmować za poziom zera, natomiast ważną kwestią jest, jaką moc "wytrzymają" detektory i wejście sprzęgacza. Korzystając z not katalogowych, sprzęgacz wytrzyma sygnał podawany na wejście do 23 watów, to znacząco przekracza parametry źródła mocy, więc reflektometr jest odpowiednio dopasowany do tego sygnału. Patrząc teraz na detektory mocy, ich czułość sięga do -70 dBm, co również znacząco przekracza nasze potrzeby, więc detektory również są odpowiednimi elementami do tego układu.*

### Adnotacja 3. Schemat aplikacyjny dla scalonych detektorów mocy

Normalnie przy opracowywaniu schematów aplikacyjnych bezstratnych obwodów dopasowujących pod uwagę są brane takie parametry jak grubość laminatu, długość linii, szerokość linii transmisyjnych, by policzyć impedancję charakterystyczną linii transmisyjnych. Na szczęście w założeniach projektu jest już podana interesująca nas wartość, więc zagadnieniem projektowania tych linii się nie będziemy zajmować. Zajmiemy się natomiast projektem układu dopasowującego.

Na początek należy policzyć impedancję naszego układu, która będzie transformować impedancję wejściową detektora mocy na impedancję charakterystyczną linii transmisyjnej. Poniżej znajduje się wzór, podstawienie i wyjaśnienie symboli. Wybrałam impedancję dla obwodu dopasowującego typu Pi, bo pozwoli mi na maksymalną eliminację strat mocy.

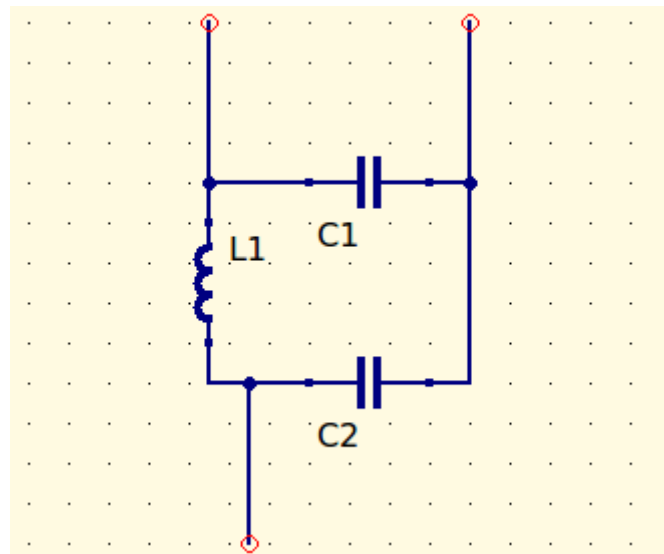
$$Z_d = \frac{\sqrt[2]{Z_{we} \cdot Z_o}}{\tanh\left(0,5 \cdot l \cdot \sqrt[2]{\frac{Z_o}{Z_{we}} - 1}\right)} = \frac{\sqrt[2]{600 \cdot 50}}{\tanh\left(0,5 \cdot 0,015 \cdot \sqrt[2]{\frac{50}{600} - 1}\right)} \approx 30 \text{ Ohm}$$

$Z_d$  – impedancja dopasowująca [Ohm]

$Z_o$  – impedancja linii transmisyjnej [Ohm], równa 50 Ohmów

$Z_{we}$  – impedancja wejściowa detektora mocy [Ohm], równa 0,6 kOhma

Obwód typu Pi został przedstawiony na poniższym schemacie:



Wejścia linii transmisyjnych są podłączone do nóżek kondensatora C1, wejście detektora mocy jest podłączone między kondensator C2, a cewkę.

Teraz zajmijmy się wyliczeniem wartości tych elementów, poniżej znajdują się wzory wykorzystane do ich policzenia oraz wyjaśnienia symboli:

$$L = \frac{Z_d}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,8 \cdot 10^9} \approx 2,65 \text{ nH}$$
$$C2 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot Z_d} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,8 \cdot 10^9 \cdot 30} \approx 0,93 \text{ pF}$$
$$C1 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot Z_d} \approx 0,93 \text{ pF}$$

#### Adnotacja 4. Podsumowanie

Budżet mocy uważam za dość celny, nawet biorąc pod uwagę błędy symulacji, tolerancje elementów, to moce, na których operowałam są rzędu miliwatów, a wykorzystywane urządzenia wytrzymują moce do 23 watów i są bardzo czułe.

Sposób skonstruowania obwodu dopasowującego uznałam za najtrudniejszy, tą konkretną konfigurację znalazłam w źródłach w Internecie, trzeba brać poprawkę na to, że aby dobrać pojemności i indukcyjność należałoby jeszcze znaleźć, jakie wartości tych elementów są typowo produkowane, ponadto tolerancje tych elementów mogą mieć wpływ na impedancję dopasowującą tego obwodu dopasowującego, jej wartość może być inna, prawdopodobnie większa.