

Optički telekomunikacijski sistemi - Analiza i dizajn MIMO sistema zasnovanih
na vlaknima sa više modova

Generated by Doxygen 1.13.2

1 Optički telekomunikacijski sistemi - Simulacija i analiza MIMO sistema zasnovanih na vlaknima s više modova	3
1.1 Uvod	3
1.2 Ključni Pojmovi	3
1.2.1 Gubici u Optičkim Vlaknima	3
1.2.2 MIMO Sistemi	4
1.2.3 Obrada Signala i Mreže	4
1.3 Simulacija QPSK MIMO sistema	4
1.3.1 Funkcionalnost	4
1.3.2 Biblioteke	5
1.3.3 Kako koristiti	5
2 Hierarchical Index	7
2.1 Class Hierarchy	7
3 Class Index	9
3.1 Class List	9
4 Class Documentation	11
4.1 QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI Class Reference	11
4.1.1 Detailed Description	14
4.1.2 Constructor & Destructor Documentation	14
4.1.2.1 __init__()	14
4.1.3 Member Function Documentation	15
4.1.3.1 _calculate_ber()	15
4.1.3.2 _demodulate_symbols()	15
4.1.3.3 calculate_ber()	16
4.1.3.4 calculate_ber_for_snr()	16
4.1.3.5 create_channel_matrix_entries()	17
4.1.3.6 create_fiber_propagation_plot()	17
4.1.3.7 explain_concept()	18
4.1.3.8 generate_channel_matrix()	18
4.1.3.9 get_channel_matrix_from_entries()	19
4.1.3.10 hide_all_plots()	19
4.1.3.11 reset_simulation()	19
4.1.3.12 show_all_plots()	20
4.1.3.13 show_channel_matrix_popup()	20
4.1.3.14 show_help()	20
4.1.3.15 simulate()	20
4.1.3.16 start_simulation()	21
4.1.3.17 update_channel_matrix_entry_state()	21
4.1.3.18 update_channel_matrix_size()	21
4.1.4 Member Data Documentation	22

4.1.4.1 channel_matrix_displayed	22
4.1.4.2 channel_matrix_entries	22
4.1.4.3 channel_matrix_entry_readonly	22
4.1.4.4 channel_matrix_popup	22
4.1.4.5 fiber_propagation_ax	22
4.1.4.6 master	22
4.2 QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO Class Reference	23
4.2.1 Member Function Documentation	24
4.2.1.1 test_ber_all_errors()	24
4.2.1.2 test_ber_bez_gresaka()	24
4.2.1.3 test_ber_empty_demodulated_bits()	24
4.2.1.4 test_ber_empty_tx_bits()	24
4.2.1.5 test_ber_less_demodulated_bits()	25
4.2.1.6 test_ber_long_sequences()	25
4.2.1.7 test_ber_long_sequences_no_errors()	25
4.2.1.8 test_ber_unequal_lengths()	25
4.2.1.9 test_ber_with_some_errors()	26
4.3 QPSK_MIMO.ToolTip Class Reference	26
4.3.1 Detailed Description	26
4.3.2 Constructor & Destructor Documentation	26
4.3.2.1 __init__()	26
4.3.3 Member Function Documentation	27
4.3.3.1 hide()	27
4.3.3.2 show()	27
4.3.4 Member Data Documentation	28
4.3.4.1 tooltip_window	28
4.3.4.2 widget	28
Index	29

Chapter 1

Optički telekomunikacijski sistemi - Simulacija i analiza MIMO sistema zasnovanih na vlaknima s više modova

1.1 Uvod

Ovaj projekat se bavi simulacijom i analizom MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) sistema u optičkim telekomunikacijama, s posebnim fokusom na primjenu u vlaknima s više modova (FMF). Cilj je istražiti kako se MIMO tehnologije mogu koristiti za povećanje kapaciteta i pouzdanosti optičkih komunikacijskih sistema.

1.2 Ključni Pojmovi

1.2.1 Gubici u Optičkim Vlaknima

- **Slabljenje (Attenuation):** Gubitak snage signala tokom prijenosa kroz optičko vlakno, mjeren u decibelima (dB).
- **Apsorpcija materijala:** Gubitak optičke energije uslijed apsorpcije svjetlosti od strane materijala vlakna.
- **Gubici uslijed raspršivanja:** Gubitak snage signala uslijed raspršivanja svjetlosti izvan jezgre vlakna.
- **Nelinearni gubici:** Gubici koji se javljaju pri visokim nivoima optičke snage, uključujući stimulirano Ramanovo raspršivanje.
- **Gubici uslijed savijanja:** Gubitak snage signala uslijed savijanja optičkog vlakna.
- **Gubici uslijed spajanja modova:** Gubitak snage uslijed prijenosa energije između različitih modova u vlaknu.

1.2.2 MIMO Sistemi

- **MIMO (Multiple-Input Multiple-Output):** Tehnologija koja koristi više antena za prijenos i prijem signala, povećavajući kapacitet i pouzdanost komunikacije.
- **BER (Bit Error Rate):** Stopa grešaka u bitovima, mjera kvalitete prijenosa podataka.
- **Prostorno multipleksiranje (Spatial Multiplexing):** Tehnika koja omogućava istovremeni prijenos više tokova podataka putem različitih antena.
- **SDM (Spatial Division Multiplexing):** Metoda za povećanje kapaciteta prijenosa korištenjem više prostornih modova u vlaknu.
- **FMF (Few-Mode Fiber):** Optičko vlakno koje podržava prijenos nekoliko prostornih modova.
- **-MIMO:** Napredna varijanta MIMO tehnologije koja koristi različite valne duljine (λ) za prijenos više signala kroz jedno optičko vlakno.
- **Massive MIMO:** MIMO sistem s velikim brojem antena, ključan za buduće širokopojasne bežične mreže.

1.2.3 Obrada Signala i Mreže

- **MMSE (Minimum Mean Square Error):** Algoritam za izjednačavanje signala koji minimizira srednju kvadratnu grešku.
- **OFDM-PON (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Passive Optical Network):** Tehnologija za prijenos podataka putem optičke mreže koja koristi OFDM modulaciju.
- **RoF (Radio over Fiber):** Tehnika prijenosa radio signala putem optičkog vlakna.
- **Hromatska disperzija (Chromatic Dispersion):** Širenje optičkih impulsa tokom prijenosa kroz vlakno, ograničava brzinu prijenosa podataka.
- **Digitalna obrada signala (DSP):** Obrada signala u digitalnom obliku, koristi se za poboljšanje kvalitete signala i kompenzaciju raznih efekata u komunikacijskom sistemu.

1.3 Simulacija QPSK MIMO sistema

Ovaj Python kod implementira grafičko sučelje (GUI) za simulaciju QPSK (Quadrature Phase-Shift Keying) MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) sistema u višemodnom optičkom vlaknu. Koristi biblioteke `tkinter` za GUI, `numpy` za numeričke operacije, `matplotlib` za vizualizaciju i `scipy` za obradu signala.

1.3.1 Funkcionalnost

1. GUI Parametri:

- Korisnik može postaviti parametre simulacije kao što su broj bita, SNR (omjer signala i šuma), broj predajnih i prijemnih antena, broj modova, dužinu vlakna i koeficijent slabljenja.
- Kanalna matrica se može postaviti ručno ili generirati automatski.

2. Simulacija:

- Generiše se niz bitova koji se zatim moduliraju korištenjem QPSK modulacije.
- Simulira se prijenos signala kroz MIMO kanal, uključujući efekte sprezanja modova i disperzije.
- Dodaje se AWGN (Additive White Gaussian Noise) šum na primljeni signal.

- Primjenjuje se MMSE (Minimum Mean Square Error) ekvalizator za poboljšanje kvalitete signala.
- Demoduliraju se primljeni simboli i izračunava se BER (Bit Error Rate).

3. Vizualizacija:

- Prikazuje se konstelacijski dijagram odašiljanih i primljenih signala.
- Prikazuje se kanalna matrica (magnituda i faza).
- Prikazuje se eye dijagram primljenog signala prije i poslije ekvalizacije.
- Prikazuje se utjecaj šuma na signal u vremenskoj domeni.
- Prikazuje se ovisnost BER o SNR i kapaciteta o SNR.
- Prikazuje se slabljenje signala duž vlakna.

1.3.2 Biblioteke

- `tkinter`: Za izradu grafičkog korisničkog sučelja.
- `numpy`: Za numeričke operacije i manipulaciju matricama.
- `matplotlib`: Za vizualizaciju podataka i crtanje grafova.
- `scipy`: Za obradu signala i napredne matematičke funkcije.

1.3.3 Kako koristiti

Za pokretanje simulacije, potrebno je pokrenuti skriptu `QPSK_MIMO.py`. Nakon pokretanja, korisnik može unijeti željene parametre simulacije u grafičkom sučelju (GUI). Simulacija se pokreće klikom na dugme "Simuliraj". Rezultati simulacije i grafovi se prikazuju u odgovarajućim tabovima. Za brisanje svih grafova i rezultata, koristi se dugme "Resetuj". Dodatne upute o korištenju simulacije mogu se pronaći klikom na dugme "Pomoć", a detaljnije objašnjenje QPSK MIMO koncepta u višemodnom vlaknu dostupno je klikom na dugme "Objasni koncept".

Chapter 2

Hierarchical Index

2.1 Class Hierarchy

This inheritance list is sorted roughly, but not completely, alphabetically:

QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI	11
unittest.TestCase	
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO	23
QPSK_MIMO.ToolTip	26

Chapter 3

Class Index

3.1 Class List

Here are the classes, structs, unions and interfaces with brief descriptions:

QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI	
Klasa koja implementira GUI za QPSK MIMO simulaciju	11
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO	23
QPSK_MIMO.ToolTip	
Klasa koja implementira tooltip za Tkinter widgete	26

Chapter 4

Class Documentation

4.1 QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI Class Reference

Klasa koja implementira GUI za QPSK MIMO simulaciju.

Public Member Functions

- [__init__](#) (self, master)
Konstruktor za klasu [QPSK_MIMO_GUI](#).
- [hide_all_plots](#) (self)
Sakriva sve grafove.
- [show_all_plots](#) (self)
Prikazuje sve grafove.
- [start_simulation](#) (self)
Pokreće proces simulacije.
- [generate_channel_matrix](#) (self, num_tx_modes, num_rx_modes, fiber_length, seed=None, coupling_coeff=0.01, dmd_coeff=0.001)
Generiše matricu kanala.
- [calculate_ber](#) (self, tx_bits, demodulated_bits)
Izračunava Bit Error Rate (BER).
- [calculate_ber_for_snr](#) (self, tx_bits, received_symbols, mapping, inverse_mapping)
Izračunava Bit Error Rate (BER) za dati SNR.
- [show_help](#) (self)
Prikazuje prozor za pomoć sa uputama o korištenju simulacije.
- [explain_concept](#) (self)
Prikazuje prozor koji objašnjava koncept QPSK MIMO modulacije u višemodnom vlaknu.
- [reset_simulation](#) (self)
- [reset_simulation](#) (self)
Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.
- [update_channel_matrix_size](#) (self, event=None)
Ažurira veličinu matrice kanala na osnovu broja modova, predajnih i prijemnih antena.
- [simulate](#) (self)
Izvršava QPSK MIMO simulaciju.
- [create_fiber_propagation_plot](#) (self, fiber_length, attenuation)
Kreira i prikazuje graf propagacije signala kroz vlakno.

- [show_channel_matrix_popup](#) (self)
Prikazuje popup prozor sa matricom kanala.
- [create_channel_matrix_entries](#) (self, matrix, matrix_frame, popup_window)
Kreira i prikazuje unose matrice kanala u popup prozoru.
- [get_channel_matrix_from_entries](#) (self)
Preuzima matricu kanala iz GUI unosa.
- [update_channel_matrix_entry_state](#) (self)
Ažurira stanje unosa matrice kanala (samo za čitanje ili uređivanje).

Public Attributes

- [master](#) = master
Inicijalizira GUI za QPSK MIMO simulaciju.
- [results_frame](#) = ttk.LabelFrame([master](#), text="Rezultati simulacije")
- [ber_label_text](#) = tk.StringVar()
- [ber_label](#) = ttk.Label(self.results_frame, textvariable=self.ber_label_text)
- [snr_result_label_text](#) = tk.StringVar()
- [snr_result_label](#) = ttk.Label(self.results_frame, textvariable=self.snr_result_label_text)
- [capacity_label_text](#) = tk.StringVar()
- [capacity_label](#) = ttk.Label(self.results_frame, textvariable=self.capacity_label_text)
- [input_frame](#) = ttk.LabelFrame([master](#), text="Parametri simulacije")
- [num_bits_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Broj bita (100-1000):")
- [num_bits_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [snr_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="SNR (dB) (0-30):")
- [snr_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [num_tx_ant_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Broj predajnih antena (1-4):")
- [num_tx_ant_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [update_channel_matrix_size](#) = 5)
- [num_rx_ant_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Broj prijemnih antena (1-4):")
- [num_rx_ant_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [num_modes_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Broj modova (1-4):")
- [num_modes_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [channel_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Kanalna matrica (H):")
- [channel_matrix_button](#) = ttk.Button(self.input_frame, text="Info", command=self.show_channel_matrix_popup)
- list [channel_matrix_entries](#) = []
Ažurira stanje unosa matrice kanala (samo za čitanje ili uređivanje).
- bool [channel_matrix_entry_readonly](#) = True
Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.
- [fiber_length_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Dužina vlakna (km) (1-1000):")
- [fiber_length_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [attenuation_label](#) = ttk.Label(self.input_frame, text="Koef. slabljenja (dB/km) (0.1-1):")
- [attenuation_entry](#) = ttk.Entry(self.input_frame)
- [crosstalk_var](#) = tk.BooleanVar(value=False)
- [crosstalk_check](#) = ttk.Checkbutton(self.input_frame, text="Preslušavanje", variable=self.crosstalk_var)
- [explain_button](#) = ttk.Button([master](#), text="Objasni koncept", command=self.explain_concept)
- [help_button](#) = ttk.Button([master](#), text="Pomoć", command=self.show_help)
- [simulate_button](#) = ttk.Button([master](#), text="Simuliraj", command=self.start_simulation)
- [reset_button](#) = ttk.Button([master](#), text="Resetuj", command=self.reset_simulation)
- [loading_label](#) = ttk.Label([master](#), text="Učitavanje...", font=("Arial", 16))
- [notebook](#) = ttk.Notebook([master](#))
- [tx_signal_tab](#) = ttk.Frame(self.notebook)
- [tx_signal_figure](#) = "Odašiljani signal")

- `tx_signal_ax`
- `tx_signal_time_ax`
- `tx_signal_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.tx_signal_figure, master=self.tx_signal_tab)`
- `tx_signal_canvas_widget` = `self.tx_signal_canvas.get_tk_widget()`
- `constellation_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `constellation_figure` = "Konstelacija")
- `constellation_ax` = `plt.subplots()`
- `constellation_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.constellation_figure, master=self.constellation_tab)`
- `constellation_canvas_widget` = `self.constellation_canvas.get_tk_widget()`
- `channel_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `channel_figure` = "Kanalna matrica")
- `channel_ax_mag`
- `channel_ax_phase`
- `channel_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.channel_figure, master=self.channel_tab)`
- `channel_canvas_widget` = `self.channel_canvas.get_tk_widget()`
- `eye_diagram_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `eye_diagram_figure` = "Eye Dijagram")
- `eye_diagram_ax_before`
- `eye_diagram_ax_after`
- `eye_diagram_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.eye_diagram_figure, master=self.eye_diagram_tab)`
- `eye_diagram_canvas_widget` = `self.eye_diagram_canvas.get_tk_widget()`
- `noise_impact_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `noise_impact_figure` = "Utjecaj šuma na signal")
- `noise_impact_ax_real`
- `noise_impact_ax_imag`
- `noise_impact_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.noise_impact_figure, master=self.noise_impact_tab)`
- `noise_impact_canvas_widget` = `self.noise_impact_canvas.get_tk_widget()`
- `snr_ber_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `snr_ber_figure` = "SNR vs BER")
- `snr_ber_ax` = `plt.subplots()`
- `snr_ber_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.snr_ber_figure, master=self.snr_ber_tab)`
- `snr_ber_canvas_widget` = `self.snr_ber_canvas.get_tk_widget()`
- `modes_ber_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `modes_ber_figure` = "Broj modova vs BER")
- `modes_ber_ax` = `plt.subplots()`
- `modes_ber_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.modes_ber_figure, master=self.modes_ber_tab)`
- `modes_ber_canvas_widget` = `self.modes_ber_canvas.get_tk_widget()`
- `detailed_fiber_tab` = `ttk.Frame(self.notebook)`
- `detailed_fiber_figure` = "Detaljni prikaz vlakna")
- `detailed_fiber_ax` = `plt.subplots()`
- `detailed_fiber_canvas` = `FigureCanvasTkAgg(self.detailed_fiber_figure, master=self.detailed_fiber_tab)`
- `detailed_fiber_canvas_widget` = `self.detailed_fiber_canvas.get_tk_widget()`
- `bool channel_matrix_displayed` = `False`
Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.
- `fiber_propagation_ax` = `None`
Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.
- `fiber_propagation_canvas` = `None`
- `received_symbols` = `np.array([])`
- `equalized_symbols` = `np.array([])`
- `channel_matrix_popup` = `None`
Prikazuje popup prozor sa matricom kanala.
- `float COUPLING_COEFF` = `0.01`
- `float DMD_COEFF` = `0.001`
- `int SEED` = `42`

- int **MIN_NUM_BITS** = 100
- int **MAX_NUM_BITS** = 1000
- int **MIN_SNR_DB** = 0
- int **MAX_SNR_DB** = 30
- int **MIN_NUM_ANTENNAS** = 1
- int **MAX_NUM_ANTENNAS** = 4
- int **MIN_NUM_MODES** = 1
- int **MAX_NUM_MODES** = 4
- int **MIN_FIBER_LENGTH** = 1
- int **MAX_FIBER_LENGTH** = 1000
- float **MIN_ATTENUATION** = 0.1
- int **MAX_ATTENUATION** = 1
- int **EYE_DIAGRAM_SYMBOLS** = 2000
- float **CONSTELLATION_MARGIN** = 0.2
- int **FIBER_PROPAGATION_POINTS** = 100
- int **FIBER_LENGTH_SCALE** = 100
- float **CROSSTALK_COEFF** = 0.01
- int **TOOLTIP_OFFSET_X** = 25
- int **TOOLTIP_OFFSET_Y** = 25

Protected Member Functions

- [_calculate_ber](#) (self, tx_bits, demodulated_bits)
Izračunava Bit Error Rate (BER).
- [_demodulate_symbols](#) (self, received_symbols, mapping, inverse_mapping)
Demodulira primljene simbole u bitove.

4.1.1 Detailed Description

Klasa koja implementira GUI za QPSK MIMO simulaciju.

4.1.2 Constructor & Destructor Documentation

4.1.2.1 __init__()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.__init__ (
    self,
    master)
```

Konstruktor za klasu [QPSK_MIMO_GUI](#).

Parameters

<i>master</i>	Glavni prozor.
---------------	----------------

Inicijalizira glavni prozor i sve GUI elemente za QPSK MIMO simulaciju.

@brief Konstruktor klase [QPSK_MIMO_GUI](#).

@param master Glavni prozor aplikacije.

@details Inicijalizira glavni prozor i sve GUI elemente potrebne za QPSK MIMO simulaciju.

4.1.3 Member Function Documentation

4.1.3.1 `_calculate_ber()`

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI._calculate_ber (
    self,
    tx_bits,
    demodulated_bits) [protected]
```

Izračunava Bit Error Rate (BER).

Parameters

<i>tx_bits</i>	Predajni bitovi.
<i>demodulated_bits</i>	Demodulirani bitovi.

Returns

Izračunata BER vrijednost.

Ova metoda izračunava BER uspoređujući predajne i demodulirane bitove.

```
@brief Izračunava Bit Error Rate (BER).
@param tx_bits Predajni bitovi.
@param demodulated_bits Demodulirani bitovi.
@return Izračunata BER vrijednost.
@details Ova metoda izračunava BER uspoređujući predajne i demodulirane bitove.
```

4.1.3.2 `_demodulate_symbols()`

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI._demodulate_symbols (
    self,
    received_symbols,
    mapping,
    inverse_mapping) [protected]
```

Demodulira primljene simbole u bitove.

Parameters

<i>received_symbols</i>	Primljeni simboli.
<i>mapping</i>	Rječnik QPSK mapiranja.
<i>inverse_mapping</i>	Inverzni rječnik QPSK mapiranja.

Returns

Demodulirani bitovi.

Ova metoda demodulira primljene simbole u bitove koristeći pristup najbližeg susjeda.

```
@brief Demodulira primljene simbole u bitove.
@param received_symbols Primljeni simboli.
@param mapping Rječnik QPSK mapiranja.
@param inverse_mapping Inverzni rječnik QPSK mapiranja.
@return Demodulirani bitovi.
@details Ova metoda demodulira primljene simbole u bitove koristeći pristup najbližeg susjeda.
```

4.1.3.3 calculate_ber()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.calculate_ber (
    self,
    tx_bits,
    demodulated_bits)
```

Izračunava Bit Error Rate (BER).

Parameters

<i>tx_bits</i>	Predajni bitovi.
<i>demodulated_bits</i>	Demodulirani bitovi.

Returns

Izračunata BER vrijednost.

Ova metoda izračunava BER uspoređujući predajne i demodulirane bitove.

@brief Calculates the Bit Error Rate (BER).

@param tx_bits The transmitted bits.

@param demodulated_bits The demodulated bits.

@return The calculated BER value.

@details This method calculates the BER by comparing the transmitted and demodulated bits.

4.1.3.4 calculate_ber_for_snr()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.calculate_ber_for_snr (
    self,
    tx_bits,
    received_symbols,
    mapping,
    inverse_mapping)
```

Izračunava Bit Error Rate (BER) za dati SNR.

Parameters

<i>tx_bits</i>	Predajni bitovi.
<i>received_symbols</i>	Primljeni simboli.
<i>mapping</i>	Rječnik QPSK mapiranja.
<i>inverse_mapping</i>	Inverzni rječnik QPSK mapiranja.

Returns

Izračunata BER vrijednost.

Ova metoda izračunava BER uspoređujući predajne i demodulirane bitove.

@brief Izračunava Bit Error Rate (BER) za dati SNR.

@param tx_bits Predajni bitovi.

@param received_symbols Primljeni simboli.

@param mapping Rječnik QPSK mapiranja.

@param inverse_mapping Inverzni rječnik QPSK mapiranja.

@return Izračunata BER vrijednost.

@details Ova metoda izračunava BER uspoređujući predajne i demodulirane bitove.

4.1.3.5 create_channel_matrix_entries()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.create_channel_matrix_entries (
    self,
    matrix,
    matrix_frame,
    popup_window)
```

Kreira i prikazuje unose matrice kanala u popup prozoru.

Parameters

<i>matrix</i>	Matrica kanala za prikaz.
<i>matrix_frame</i>	Okvir u kojem se prikazuju unosi matrice.
<i>popup_window</i>	Prozor u kojem se prikazuju unosi matrice.

Ova metoda kreira i prikazuje unose matrice kanala u popup prozoru, na osnovu date matrice i okvira.

```
@brief Kreira i prikazuje unose matrice kanala u popup prozoru.
@param matrix Matrica kanala za prikaz.
@param matrix_frame Okvir u kojem se prikazuju unosi matrice.
@param popup_window Prozor u kojem se prikazuju unosi matrice.
@details Ova metoda kreira i prikazuje unose matrice kanala u popup prozoru, na osnovu date matrice i okvira.
```

4.1.3.6 create_fiber_propagation_plot()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.create_fiber_propagation_plot (
    self,
    fiber_length,
    attenuation)
```

Kreira i prikazuje graf propagacije signala kroz vlakno.

Parameters

<i>fiber_length</i>	Dužina vlakna u km.
<i>attenuation</i>	Slabljenje vlakna u dB/km.

Ova metoda kreira i prikazuje graf koji pokazuje snagu signala duž vlakna.

```
@brief Kreira i prikazuje graf propagacije signala kroz vlakno.
@param fiber_length Dužina vlakna u km.
@param attenuation Slabljenje vlakna u dB/km.
@details Ova metoda kreira i prikazuje graf koji pokazuje snagu signala duž vlakna.
```

4.1.3.7 explain_concept()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.explain_concept (
    self)
```

Prikazuje prozor koji objašnjava koncept QPSK MIMO modulacije u višemodnom vlaknu.

Ova metoda kreira i prikazuje prozor sa detaljnim objašnjenjem QPSK MIMO koncepta u višemodnom vlaknu.

@brief Prikazuje prozor koji objašnjava koncept QPSK MIMO modulacije u višemodnom vlaknu.

@details Ova metoda kreira i prikazuje prozor sa detaljnim objašnjenjem QPSK MIMO koncepta u višemodnom vlaknu.

4.1.3.8 generate_channel_matrix()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.generate_channel_matrix (
    self,
    num_tx_modes,
    num_rx_modes,
    fiber_length,
    seed = None,
    coupling_coeff = 0.01,
    dmd_coeff = 0.001)
```

Generiše matricu kanala.

Parameters

<i>num_tx_modes</i>	Broj predajnih modova.
<i>num_rx_modes</i>	Broj prijemnih modova.
<i>fiber_length</i>	Dužina vlakna u km.
<i>seed</i>	Slučajni seed za ponovljivost.
<i>coupling_coeff</i>	Koeficijent sprežanja.
<i>dmd_coeff</i>	Koeficijent diferencijalnog kašnjenja moda.

Returns

Generisana matrica kanala.

Ova metoda generiše matricu kanala na osnovu broja predajnih i prijemnih modova, dužine vlakna i ostalih parametara.

@brief Generiše matricu kanala.

@param num_tx_modes Broj predajnih modova.

@param num_rx_modes Broj prijemnih modova.

@param fiber_length Dužina vlakna u km.

@param seed Slučajni seed za ponovljivost.

@param coupling_coeff Koeficijent sprežanja.

@param dmd_coeff Koeficijent diferencijalnog kašnjenja moda.

@return Generisana matrica kanala.

@details Ova metoda generiše matricu kanala na osnovu broja predajnih i prijemnih modova, dužine vlakna i ostalih parametara.

4.1.3.9 get_channel_matrix_from_entries()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.get_channel_matrix_from_entries (  
    self)
```

Preuzima matricu kanala iz GUI unosa.

Returns

Matrica kanala kao NumPy niz.

Ova metoda preuzima matricu kanala iz GUI unosa i vraća je kao NumPy niz.

@brief Preuzima matricu kanala iz GUI unosa.

@return Matrica kanala kao NumPy niz.

@details Ova metoda preuzima matricu kanala iz GUI unosa i vraća je kao NumPy niz.

4.1.3.10 hide_all_plots()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.hide_all_plots (  
    self)
```

Sakriva sve grafove.

Ova metoda sakriva sve grafove u GUI.

@brief Sakriva sve grafove.

@details Ova metoda sakriva sve grafove u GUI.

4.1.3.11 reset_simulation()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.reset_simulation (  
    self)
```

Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.

Ova metoda briše sve grafove i resetuje rezultate simulacije na početne vrijednosti.

@brief Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.

@details Ova metoda briše sve grafove i resetuje rezultate simulacije na početne vrijednosti.

4.1.3.12 show_all_plots()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.show_all_plots (
    self)
```

Prikazuje sve grafove.

Ova metoda prikazuje sve grafove u GUI.

@brief Prikazuje sve grafove.

@details Ova metoda prikazuje sve grafove u GUI.

4.1.3.13 show_channel_matrix_popup()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.show_channel_matrix_popup (
    self)
```

Prikazuje popup prozor sa matricom kanala.

Ova metoda kreira i prikazuje popup prozor koji sadrži unose matrice kanala.

@brief Prikazuje popup prozor sa matricom kanala.

@details Ova metoda kreira i prikazuje popup prozor koji sadrži unose matrice kanala.

4.1.3.14 show_help()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.show_help (
    self)
```

Prikazuje prozor za pomoć sa uputama o korištenju simulacije.

Ova metoda kreira i prikazuje prozor za pomoć sa uputama o korištenju simulacije.

@brief Prikazuje prozor za pomoć sa uputama o korištenju simulacije.

@details Ova metoda kreira i prikazuje prozor za pomoć sa uputama o korištenju simulacije.

4.1.3.15 simulate()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.simulate (
    self)
```

Izvršava QPSK MIMO simulaciju.

Ova metoda preuzima parametre simulacije iz GUI, izvršava simulaciju i ažurira GUI sa rezultatima.

@brief Izvršava QPSK MIMO simulaciju.

@details Ova metoda preuzima parametre simulacije iz GUI, izvršava simulaciju i ažurira GUI sa rezultatima.

4.1.3.16 start_simulation()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.start_simulation (
    self)
```

Pokreće proces simulacije.

Ova metoda inicira simulaciju postavljanjem unosa matrice kanala na uređivanje i pozivanjem metode simulacije.

@brief Pokreće proces simulacije.

@details Ova metoda inicira simulaciju postavljanjem unosa matrice kanala na uređivanje i pozivanjem metode si

4.1.3.17 update_channel_matrix_entry_state()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.update_channel_matrix_entry_state (
    self)
```

Ažurira stanje unosa matrice kanala (samo za čitanje ili uređivanje).

Ova metoda ažurira stanje unosa matrice kanala na osnovu zastavice `channel_matrix_entry_readonly`. Ako je `channel_matrix_entry_readonly` `True`, unosi su postavljeni samo za čitanje, inače su postavljeni za uređivanje.

@brief Ažurira stanje unosa matrice kanala (samo za čitanje ili uređivanje).

@details Ova metoda ažurira stanje unosa matrice kanala na osnovu zastavice `'channel_matrix_entry_readonly'`. A

4.1.3.18 update_channel_matrix_size()

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.update_channel_matrix_size (
    self,
    event = None)
```

Ažurira veličinu matrice kanala na osnovu broja modova, predajnih i prijemnih antena.

Parameters

<i>event</i>	Događaj koji je pokrenuo ažuriranje.
--------------	--------------------------------------

Ova metoda ažurira veličinu matrice kanala na osnovu broja modova, predajnih i prijemnih antena unesenih u GUI.

@brief Ažurira veličinu matrice kanala na osnovu broja modova, predajnih i prijemnih antena.

@param event Događaj koji je pokrenuo ažuriranje.

@details Ova metoda ažurira veličinu matrice kanala na osnovu broja modova, predajnih i prijemnih antena unese

4.1.4 Member Data Documentation

4.1.4.1 channel_matrix_displayed

```
bool QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.channel_matrix_displayed = False
```

Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.

Ova metoda briše sve grafove i resetuje rezultate simulacije na početne vrijednosti. Clear all plots

4.1.4.2 channel_matrix_entries

```
list QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.channel_matrix_entries = []
```

Ažurira stanje unosa matrice kanala (samo za čitanje ili uređivanje).

Ova metoda ažurira stanje unosa matrice kanala na osnovu zastavice `channel_matrix_entry_readonly`. Ako je `channel_matrix_entry_readonly` `True`, unosi su postavljeni samo za čitanje, inače su postavljeni za uređivanje.

4.1.4.3 channel_matrix_entry_readonly

```
bool QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.channel_matrix_entry_readonly = True
```

Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.

Ova metoda briše sve grafove i resetuje rezultate simulacije na početne vrijednosti. Clear all plots

4.1.4.4 channel_matrix_popup

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.channel_matrix_popup = None
```

Prikazuje popup prozor sa matricom kanala.

Ova metoda kreira i prikazuje popup prozor koji sadrži unose matrice kanala.

4.1.4.5 fiber_propagation_ax

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.fiber_propagation_ax = None
```

Resetuje sve grafove i rezultate simulacije.

Ova metoda briše sve grafove i resetuje rezultate simulacije na početne vrijednosti. Clear all plots

4.1.4.6 master

```
QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI.master = master
```

Inicijalizira GUI za QPSK MIMO simulaciju.

Parameters

<i>master</i>	Glavni prozor aplikacije.
---------------	---------------------------

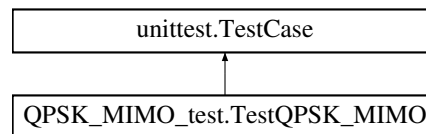
Inicijalizira glavni prozor i sve GUI elemente potrebne za QPSK MIMO simulaciju.

The documentation for this class was generated from the following file:

- Kodovi/QPSK_MIMO.py

4.2 QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO Class Reference

Inheritance diagram for QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO:



Public Member Functions

- **setUp** (self)
- **test_ber_bez_gresaka** (self)
Testira BER kada nema grešaka u prijemnim bitima.
- **test_ber_all_errors** (self)
Testira BER kada su svi prijemni biti pogrešni.
- **test_ber_less_demodulated_bits** (self)
Testira BER kada je broj demoduliranih bita manji od broja poslanih bita.
- **test_ber_empty_tx_bits** (self)
Testira BER kada su predajni biti prazni.
- **test_ber_empty_demodulated_bits** (self)
Testira BER kada su prijemni biti prazni.
- **test_ber_unequal_lengths** (self)
Testira BER kada su dužine predajnih i prijemnih bita nejednake.
- **test_ber_with_some_errors** (self)
Testira BER kada postoje neke greške u prijemnim bitima.
- **test_ber_long_sequences** (self)
Testira BER sa dugim nizovima bita i svim greškama.
- **test_ber_long_sequences_no_errors** (self)
Testira BER sa dugim nizovima bita bez grešaka.
- **tearDown** (self)

Public Attributes

- **root** = tk.Tk()
- **gui** = QPSK_MIMO_GUI(self.root)

4.2.1 Member Function Documentation

4.2.1.1 test_ber_all_errors()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_all_errors (  
    self)
```

Testira BER kada su svi prijemni biti pogrešni.

Testira slučaj kada su svi primljeni biti suprotni od poslanih.

```
@brief Testira BER kada su svi prijemni biti pogrešni.  
@details Testira slučaj kada su svi primljeni biti suprotni od poslanih.
```

4.2.1.2 test_ber_bez_gresaka()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_bez_gresaka (  
    self)
```

Testira BER kada nema grešaka u prijemnim bitima.

Testira slučaj kada su svi primljeni biti identični poslanim.

```
@brief Testira BER kada nema grešaka u prijemnim bitima.  
@details Testira slučaj kada su svi primljeni biti identični poslanim.
```

4.2.1.3 test_ber_empty_demodulated_bits()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_empty_demodulated_bits (  
    self)
```

Testira BER kada su prijemni biti prazni.

Testira slučaj kada nema primljenih bita.

```
@brief Testira BER kada su prijemni biti prazni.  
@details Testira slučaj kada nema primljenih bita.
```

4.2.1.4 test_ber_empty_tx_bits()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_empty_tx_bits (  
    self)
```

Testira BER kada su predajni biti prazni.

Testira slučaj kada nema poslanih bita.

```
@brief Testira BER kada su predajni biti prazni.  
@details Testira slučaj kada nema poslanih bita.
```

4.2.1.5 test_ber_less_demodulated_bits()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_less_demodulated_bits (  
    self)
```

Testira BER kada je broj demoduliranih bita manji od broja poslanih bita.

Testira slučaj kada je broj primljenih bita manji od broja poslanih bita.

```
@brief Testira BER kada je broj demoduliranih bita manji od broja poslanih bita.  
@details Testira slučaj kada je broj primljenih bita manji od broja poslanih bita.
```

4.2.1.6 test_ber_long_sequences()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_long_sequences (  
    self)
```

Testira BER sa dugim nizovima bita i svim greškama.

Testira slučaj kada su svi primljeni biti suprotni od poslanih u dugom nizu.

```
@brief Testira BER sa dugim nizovima bita i svim greškama.  
@details Testira slučaj kada su svi primljeni biti suprotni od poslanih u dugom nizu.
```

4.2.1.7 test_ber_long_sequences_no_errors()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_long_sequences_no_errors (  
    self)
```

Testira BER sa dugim nizovima bita bez grešaka.

Testira slučaj kada su svi primljeni biti identični poslanim u dugom nizu.

```
@brief Testira BER sa dugim nizovima bita bez grešaka.  
@details Testira slučaj kada su svi primljeni biti identični poslanim u dugom nizu.
```

4.2.1.8 test_ber_unequal_lengths()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_unequal_lengths (  
    self)
```

Testira BER kada su dužine predajnih i prijemnih bita nejednake.

Testira slučaj kada broj poslanih i primljenih bita nije isti.

```
@brief Testira BER kada su dužine predajnih i prijemnih bita nejednake.  
@details Testira slučaj kada broj poslanih i primljenih bita nije isti.
```

4.2.1.9 test_ber_with_some_errors()

```
QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO.test_ber_with_some_errors (
    self)
```

Testira BER kada postoje neke greške u prijemnim bitima.

Testira slučaj kada su neki primljeni biti različiti od poslanih.

@brief Testira BER kada postoje neke greške u prijemnim bitima.
 @details Testira slučaj kada su neki primljeni biti različiti od poslanih.

The documentation for this class was generated from the following file:

- Kodovi/QPSK_MIMO_test.py

4.3 QPSK_MIMO.ToolTip Class Reference

Klasa koja implementira tooltip za Tkinter widgete.

Public Member Functions

- `__init__` (self, [widget](#), text)
Konstruktor za klasu [ToolTip](#).
- `show` (self, event=None)
Prikazuje tooltip prozor.
- `hide` (self, event=None)
Sakriva tooltip prozor.

Public Attributes

- `widget` = widget
Inicijalizira tooltip.
- `text` = text
- `tooltip_window` = None
Sakriva tooltip prozor.
- `show`
- `hide`

4.3.1 Detailed Description

Klasa koja implementira tooltip za Tkinter widgete.

@brief Klasa koja implementira tooltip za Tkinter widgete.

4.3.2 Constructor & Destructor Documentation

4.3.2.1 __init__()

```
QPSK_MIMO.ToolTip.__init__ (
    self,
    widget,
    text)
```

Konstruktor za klasu [ToolTip](#).

Parameters

<i>widget</i>	Widget na koji se prikači tooltip.
<i>text</i>	Tekst koji se prikazuje u tooltipu.

Inicijalizira tooltip sa datim widgetom i tekстом, te povezuje događaje prikaza i sakrivanja.

@brief Konstruktor klase ToolTip.

@param widget Tkinter widget na koji se tooltip prikači.

@param text Tekst koji se prikazuje u tooltipu.

@details Inicijalizira tooltip sa datim widgetom i tekстом, te povezuje događaje miša za prikaz i sakrivanje t

4.3.3 Member Function Documentation

4.3.3.1 hide()

```
QPSK_MIMO.ToolTip.hide (  
    self,  
    event = None)
```

Sakriva tooltip prozor.

Parameters

<i>event</i>	Događaj koji je pokrenuo sakrivanje tooltipa (nije obavezno).
--------------	---

Ova metoda uništava tooltip prozor ako postoji.

@brief Sakriva tooltip prozor.

@param event Događaj koji je pokrenuo sakrivanje tooltipa (nije obavezno).

@details Ova metoda uništava tooltip prozor ako postoji.

4.3.3.2 show()

```
QPSK_MIMO.ToolTip.show (  
    self,  
    event = None)
```

Prikazuje tooltip prozor.

Parameters

<i>event</i>	Događaj koji je pokrenuo prikaz tooltipa (nije obavezno).
--------------	---

Ova metoda izračunava poziciju tooltip prozora i prikazuje ga na ekranu.

@brief Prikazuje tooltip prozor.

@param event Događaj koji je pokrenuo prikaz tooltipa (nije obavezno).

@details Ova metoda izračunava poziciju tooltip prozora i prikazuje ga na ekranu.

4.3.4 Member Data Documentation

4.3.4.1 tooltip_window

```
QPSK_MIMO.ToolTip.tooltip_window = None
```

Sakriva tooltip prozor.

Parameters

<i>event</i>	Događaj koji je pokrenuo sakrivanje tooltipa (nije obavezno).
--------------	---

Ova metoda uništava tooltip prozor ako postoji.

4.3.4.2 widget

```
QPSK_MIMO.ToolTip.widget = widget
```

Inicijalizira tooltip.

Parameters

<i>widget</i>	Widget na koji se prikači tooltip.
<i>text</i>	Tekst koji se prikazuje u tooltipu.

Inicijalizira tooltip sa datim widgetom i tekstom, te povezuje događaje miša za prikaz i sakrivanje tooltipa.

The documentation for this class was generated from the following file:

- Kodovi/QPSK_MIMO.py

Index

- `__init__`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 14
 - `QPSK_MIMO.ToolTip`, 26
 - `_calculate_ber`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 15
 - `_demodulate_symbols`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 15
- `calculate_ber`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 15
- `calculate_ber_for_snr`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 16
- `channel_matrix_displayed`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 22
- `channel_matrix_entries`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 22
- `channel_matrix_entry_readonly`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 22
- `channel_matrix_popup`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 22
- `create_channel_matrix_entries`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 16
- `create_fiber_propagation_plot`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 17
- `explain_concept`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 17
- `fiber_propagation_ax`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 22
- `generate_channel_matrix`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 18
- `get_channel_matrix_from_entries`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 18
- `hide`
 - `QPSK_MIMO.ToolTip`, 27
- `hide_all_plots`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 19
- `master`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 22
- Optički telekomunikacijski sistemi - Simulacija i analiza MIMO sistema zasnovanih na vlaknima s više modova, 3
- `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 11
 - `__init__`, 14
 - `_calculate_ber`, 15
 - `_demodulate_symbols`, 15
 - `calculate_ber`, 15
 - `calculate_ber_for_snr`, 16
 - `channel_matrix_displayed`, 22
 - `channel_matrix_entries`, 22
 - `channel_matrix_entry_readonly`, 22
 - `channel_matrix_popup`, 22
 - `create_channel_matrix_entries`, 16
 - `create_fiber_propagation_plot`, 17
 - `explain_concept`, 17
 - `fiber_propagation_ax`, 22
 - `generate_channel_matrix`, 18
 - `get_channel_matrix_from_entries`, 18
 - `hide_all_plots`, 19
 - `master`, 22
 - `reset_simulation`, 19
 - `show_all_plots`, 19
 - `show_channel_matrix_popup`, 20
 - `show_help`, 20
 - `simulate`, 20
 - `start_simulation`, 20
 - `update_channel_matrix_entry_state`, 21
 - `update_channel_matrix_size`, 21
- `QPSK_MIMO.ToolTip`, 26
 - `__init__`, 26
 - `hide`, 27
 - `show`, 27
 - `tooltip_window`, 28
 - `widget`, 28
- `QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO`, 23
 - `test_ber_all_errors`, 24
 - `test_ber_bez_gresaka`, 24
 - `test_ber_empty_demodulated_bits`, 24
 - `test_ber_empty_tx_bits`, 24
 - `test_ber_less_demodulated_bits`, 24
 - `test_ber_long_sequences`, 25
 - `test_ber_long_sequences_no_errors`, 25
 - `test_ber_unequal_lengths`, 25
 - `test_ber_with_some_errors`, 25
- `reset_simulation`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 19
- `show`
 - `QPSK_MIMO.ToolTip`, 27
- `show_all_plots`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 19
- `show_channel_matrix_popup`
 - `QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI`, 20
- `show_help`

- QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI, [20](#)
- simulate
 - QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI, [20](#)
- start_simulation
 - QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI, [20](#)
- test_ber_all_errors
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [24](#)
- test_ber_bez_gresaka
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [24](#)
- test_ber_empty_demodulated_bits
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [24](#)
- test_ber_empty_tx_bits
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [24](#)
- test_ber_less_demodulated_bits
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [24](#)
- test_ber_long_sequences
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [25](#)
- test_ber_long_sequences_no_errors
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [25](#)
- test_ber_unequal_lengths
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [25](#)
- test_ber_with_some_errors
 - QPSK_MIMO_test.TestQPSK_MIMO, [25](#)
- tooltip_window
 - QPSK_MIMO.ToolTip, [28](#)
- update_channel_matrix_entry_state
 - QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI, [21](#)
- update_channel_matrix_size
 - QPSK_MIMO.QPSK_MIMO_GUI, [21](#)
- widget
 - QPSK_MIMO.ToolTip, [28](#)