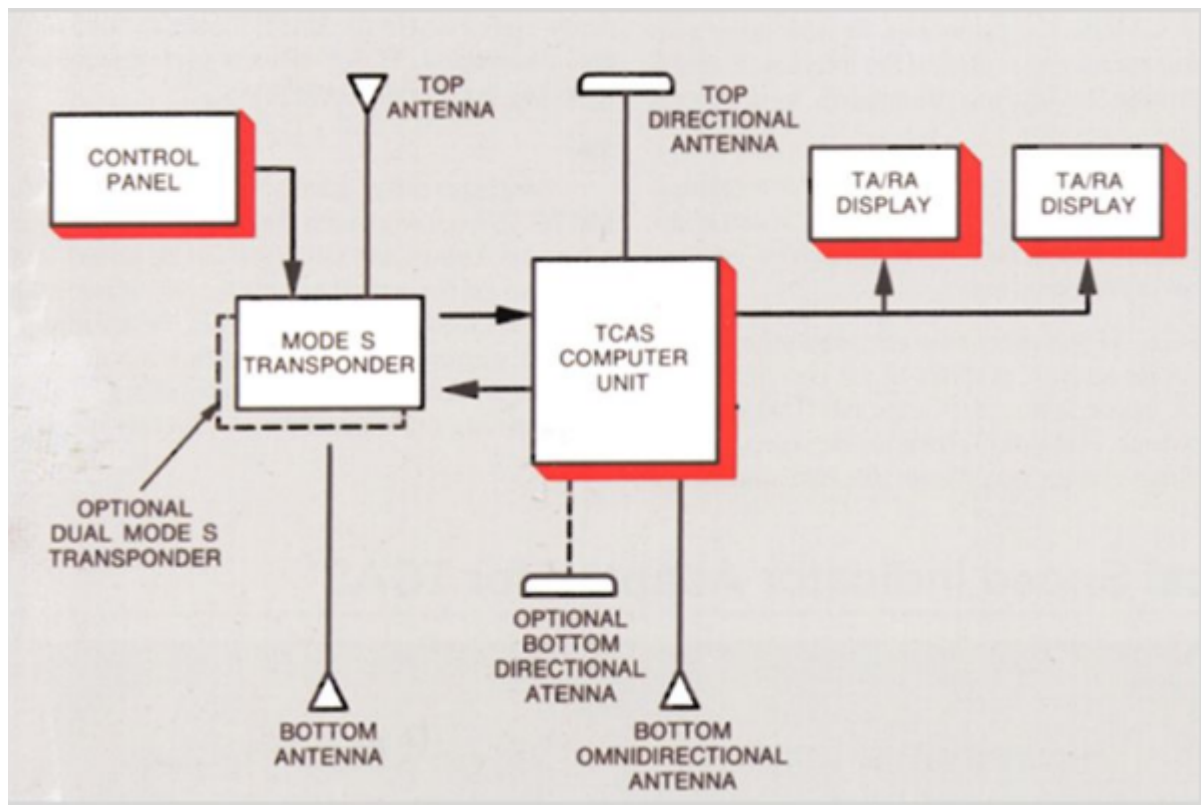


## Laboratorium nr 1

### Zad 1

System TCAS (eng. Traffic Alert and Collision Avoidance System) jest systemem instalowanym na pokładach większości latających samolotów i ma za zadanie zapobiegać ich zderzeniom. System TCAS posiada kilka poziomów działania, oraz wiele poziomów czujników i zabezpieczeń, lecz na potrzeby zadania zostały użyte uproszczenia m.in:

- Nieprawna górna/dolna antena - oznacza niesprawne zarówno główne jak i zapasowe czujniki odpowiedzialne za dany kierunek (dół/góra).
- Nieprawny panel kontrolny - oznacza niesprawne komponenty odpowiedzialne za alarm i wydawanie poleceń w trakcie alarmu.
- Błąd oprogramowania systemu - oznacza błędy powodujące wywołanie niepoprawnych poleceń np. nakazanie korekty lotu w górę zamiast w dół

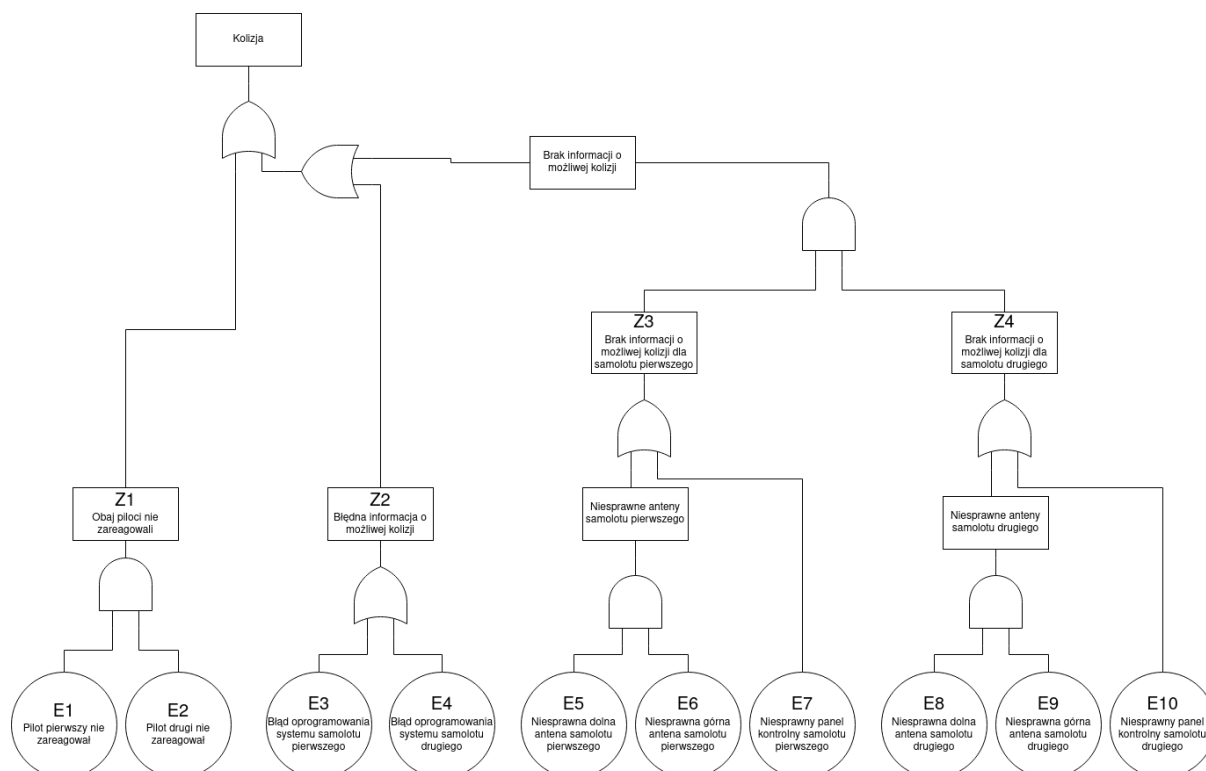


Rys 1. Schemat systemu TCAS

Zmienna lingwistyczna - prawdopodobieństwo wystąpienia

Zbiór wartości -  $X_{\text{prawdopodobieństwo wystąpienia}} = \{\text{bardzo małe, małe, średnie, duże, bardzo duże}\}$

## Zad 2



Rys 2. Drzewo niezdatności

## Zad 3

Tabela 1. Wartości zmiennej lingwistycznej

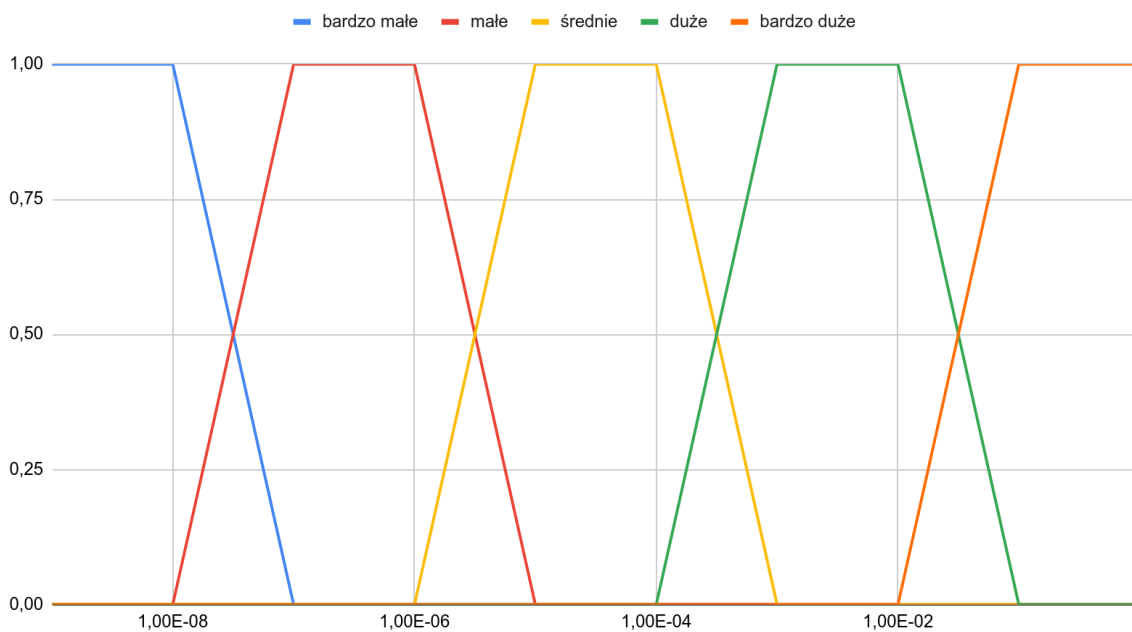
	a	b	c	d
bardzo małe	0	0	1,00E-08	1,00E-07
małe	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-06	1,00E-05
średnie	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03
duże	1,00E-04	1,00E-03	1,00E-02	1,00E-01
bardzo duże	1,00E-02	1,00E-01	1	1

- E1 Pilot pierwszy nie zareagował - duże
- E2 Pilot drugi nie zareagował - duże
- E3 Błąd oprogramowania systemu samolotu pierwszego - bardzo małe
- E4 Błąd oprogramowania systemu samolotu drugiego - bardzo małe
- E5 Niesprawna dolna antena samolotu pierwszego - małe
- E6 Niesprawna górna antena samolotu pierwszego- małe
- E7 Niesprawny panel kontrolny samolotu pierwszego - średnie
- E8 Niesprawna dolna antena samolotu drugiego - małe
- E9 Niesprawna górna antena samolotu drugiego - małe
- E10 Niesprawny panel kontrolny samolotu drugiego - średnie

**Tabela 2.** Wartości funkcji przynależności dla danych zdarzeń

	a	b	c	d
E1	1,00E-04	1,00E-03	1,00E-02	1,00E-01
E2	1,00E-04	1,00E-03	1,00E-02	1,00E-01
E3	0	0	1,00E-08	1,00E-07
E4	0	0	1,00E-08	1,00E-07
E5	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-06	1,00E-05
E6	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-06	1,00E-05
E7	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03
E8	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-06	1,00E-05
E9	1,00E-08	1,00E-07	1,00E-06	1,00E-05
E10	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03

Wartości zmiennej lingwistycznej



**Rys 3.** Wartości zmiennej lingwistycznej

## Zad 4

W celu zwiększenia czytelności działań został zastosowany podział na 4 węzły pomocnicze.

$$P(Z1) = P(E1) * P(E2)$$

$$P(Z2) = P(E3) + P(E4)$$

$$P(Z3) = P(E5) * P(E6) + P(E7)$$

$$P(Z4) = P(E8) * P(E9) + P(E10)$$

$$P(T) = P(Z3) * P(Z4) + P(Z2) + P(Z1)$$

**Tabela 3.** Wartości funkcji przynależności dla zdarzenia końcowego.

	a	b	c	d
P(Z1)	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(Z2)	0	0	2,00E-08	2,00E-07
P(Z3)	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03
P(Z4)	1,00E-06	1,00E-05	1,00E-04	1,00E-03
<b>P(T)</b>	<b>1,00E-08</b>	<b>1,00E-06</b>	<b>1,00E-04</b>	<b>1,00E-02</b>

## Zad 5

**Tabela 4.** Analiza znaczenia dla wyeliminowania negatywnego wpływu poszczególnych zdarzeń bazowych.

Prawd.	Wzór	a	b	c	d
P(T   NOT E1)	$P(Z3) * P(Z4) + P(Z2) + 0$	1,00E-12	1,00E-10	3,00E-08	1,20E-06
P(T   NOT E2)	$P(Z3) * P(Z4) + P(Z2) + 0$	1,00E-12	1,00E-10	3,00E-08	1,20E-06
P(T   NOT E3)	$P(Z3) * P(Z4) + P(E4) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E4)	$P(Z3) * P(Z4) + P(E3) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E5)	$P(E7) * P(Z4) + P(Z2) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E6)	$P(E7) * P(Z4) + P(Z2) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E7)	$P(E5) * P(E6) + P(Z2) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E8)	$P(Z3) * P(E10) + P(Z2) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E9)	$P(Z3) * P(E10) + P(Z2) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
P(T   NOT E10)	$P(Z3) * P(E8) * P(E9) + P(Z2) + P(Z1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02

**Tabela 5.** Analiza znaczenia dla wyeliminowania negatywnego wpływu poszczególnych zdarzeń bazowych (różnica od prawdopodobieństwa końcowego)

Prawd.	a	b	c	d
$P(T) - P(T   \text{NOT } E1)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
$P(T) - P(T   \text{NOT } E2)$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
$P(T) - P(T   \text{NOT } E3)$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-08	1,00E-07
$P(T) - P(T   \text{NOT } E4)$	0,00E+00	0,00E+00	1,00E-08	1,00E-07
$P(T) - P(T   \text{NOT } E5)$	9,93E-23	9,99E-20	1,00E-16	1,00E-13
$P(T) - P(T   \text{NOT } E6)$	9,93E-23	9,99E-20	1,00E-16	1,00E-13
$P(T) - P(T   \text{NOT } E7)$	1,00E-12	1,00E-10	1,00E-08	1,00E-06
$P(T) - P(T   \text{NOT } E8)$	9,93E-23	9,99E-20	1,00E-16	1,00E-13
$P(T) - P(T   \text{NOT } E9)$	9,93E-23	9,99E-20	1,00E-16	1,00E-13
$P(T) - P(T   \text{NOT } E10)$	1,00E-12	1,00E-10	1,00E-08	1,00E-06

## Zad 6

Na podstawie analizy znaczeń wpływu poszczególnych zdarzeń na zdarzenie końcowe można wywnioskować, że prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji można zredukować jedynie poprzez eliminację zdarzenia dotyczącego braku reakcji jednego z pilotów.

## Zad 7

**Tabela 6.** Analiza wrażliwości dla funkcji przynależności prawdopodobieństwa  $P(T)$

	a	b	c	d
$N(P(E1))$	1,01E-10	1,01E-08	1,03E-06	1,01E-04
$N'(P(E1))$	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02	1,00E-01
$N(P(E2))$	1,01E-10	1,01E-08	1,03E-06	1,01E-04
$N'(P(E2))$	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02	1,00E-01
$N(P(E3))$	-	-	-	-
$N'(P(E3))$	2,00E-08	1,10E-06	1,01E-04	1,00E-02
$N(P(E4))$	-	-	-	-
$N'(P(E4))$	2,00E-08	1,10E-06	1,01E-04	1,00E-02
$N(P(E5))$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
$N'(P(E5))$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
$N(P(E6))$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
$N'(P(E6))$	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02

N(P(E7))	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
N'(P(E7))	1,01E-08	1,01E-06	1,01E-04	1,01E-02
N(P(E8))	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
N'(P(E8))	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
N(P(E9))	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
N'(P(E9))	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
N(P(E10))	1,00E-08	1,00E-06	1,00E-04	1,00E-02
N'(P(E10))	1,01E-08	1,01E-06	1,01E-04	1,01E-02

### Zad 8

Na podstawie przeprowadzonej analizy wrażliwości można stwierdzić, że największe znaczenie ma zmiana wartości dla zdarzeń dotyczących braku reakcji dla jednego z pilotów, natomiast zmienianie wartości dla pozostałych zdarzeń miało marginalne znaczenie. Pomniejszenie wartości dla zdarzeń E3 i E4 nie było możliwe z uwagi na najmniejsze możliwe prawdopodobieństwo początkowe.