

# Službeni podsjetnik iz kolegija Visokofrekvencijska elektronika

Funkcija kuta protjecanja:

$\theta[^\circ]$	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$F_0$	$F_1$	$h_i$
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,00
1	0,004	0,007	0,007	0,007	5,6E-07	1,1E-06	2,00
2	0,007	0,015	0,015	0,015	4,5E-06	9,0E-06	2,00
3	0,011	0,022	0,022	0,022	1,5E-05	3,0E-05	2,00
4	0,015	0,030	0,030	0,029	3,6E-05	7,2E-05	2,00
5	0,019	0,037	0,037	0,037	7,0E-05	0,00014	2,00
6	0,022	0,044	0,044	0,044	0,00012	0,00024	2,00
7	0,026	0,052	0,052	0,051	0,00019	0,00039	2,00
8	0,030	0,059	0,059	0,058	0,00029	0,00058	2,00
9	0,033	0,066	0,066	0,065	0,00041	0,00082	2,00
10	0,037	0,074	0,073	0,072	0,00056	0,0011	1,99
11	0,041	0,081	0,080	0,079	0,00075	0,0015	1,99
12	0,044	0,088	0,087	0,085	0,0010	0,0019	1,99
13	0,048	0,096	0,094	0,092	0,0012	0,0025	1,99
14	0,052	0,103	0,101	0,098	0,0015	0,0031	1,99
15	0,055	0,110	0,108	0,104	0,0019	0,0038	1,99
16	0,059	0,117	0,115	0,110	0,0023	0,0045	1,98
17	0,063	0,125	0,121	0,116	0,0027	0,0054	1,98
18	0,067	0,132	0,128	0,122	0,0033	0,0065	1,98
19	0,070	0,139	0,134	0,127	0,0038	0,0076	1,98
20	0,074	0,146	0,141	0,132	0,0045	0,0088	1,98
21	0,078	0,153	0,147	0,137	0,0052	0,0102	1,97
22	0,081	0,160	0,153	0,142	0,0059	0,0117	1,97
23	0,085	0,167	0,159	0,147	0,0068	0,0133	1,97
24	0,089	0,174	0,165	0,151	0,0077	0,0151	1,97
25	0,092	0,181	0,171	0,155	0,0086	0,0170	1,96
26	0,096	0,188	0,177	0,159	0,010	0,019	1,96
27	0,100	0,195	0,182	0,162	0,011	0,021	1,96
28	0,103	0,202	0,188	0,166	0,012	0,024	1,95
29	0,107	0,208	0,193	0,169	0,013	0,026	1,95
30	0,111	0,215	0,198	0,171	0,015	0,029	1,95
31	0,114	0,222	0,203	0,174	0,016	0,032	1,94
32	0,118	0,229	0,208	0,176	0,018	0,035	1,94
33	0,122	0,235	0,213	0,178	0,020	0,038	1,93
34	0,125	0,242	0,217	0,180	0,021	0,041	1,93
35	0,129	0,248	0,221	0,181	0,023	0,045	1,93
36	0,132	0,255	0,226	0,183	0,025	0,049	1,92
37	0,136	0,261	0,230	0,183	0,027	0,053	1,92
38	0,140	0,267	0,234	0,184	0,030	0,057	1,91
39	0,143	0,274	0,237	0,184	0,032	0,061	1,91
40	0,147	0,280	0,241	0,185	0,034	0,065	1,91
41	0,151	0,286	0,244	0,184	0,037	0,070	1,90
42	0,154	0,292	0,248	0,184	0,040	0,075	1,90
43	0,158	0,298	0,251	0,183	0,042	0,080	1,89
44	0,161	0,304	0,253	0,182	0,045	0,085	1,89
45	0,165	0,310	0,256	0,181	0,048	0,091	1,88
46	0,168	0,316	0,259	0,180	0,051	0,096	1,88
47	0,172	0,322	0,261	0,178	0,055	0,102	1,87
48	0,176	0,328	0,263	0,176	0,058	0,108	1,86
49	0,179	0,333	0,265	0,174	0,062	0,115	1,86
50	0,183	0,339	0,267	0,172	0,065	0,121	1,85

$\theta[^\circ]$	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$F_0$	$F_1$	$h_i$
51	0,186	0,344	0,269	0,169	0,069	0,128	1,85
52	0,190	0,350	0,270	0,166	0,073	0,134	1,84
53	0,193	0,355	0,271	0,163	0,077	0,141	1,84
54	0,197	0,361	0,273	0,160	0,081	0,149	1,83
55	0,200	0,366	0,274	0,157	0,085	0,156	1,82
56	0,204	0,371	0,274	0,153	0,090	0,164	1,82
57	0,208	0,376	0,275	0,150	0,094	0,171	1,81
58	0,211	0,381	0,275	0,146	0,099	0,179	1,81
59	0,215	0,386	0,276	0,142	0,104	0,187	1,80
60	0,218	0,391	0,276	0,138	0,109	0,196	1,79
61	0,221	0,396	0,276	0,134	0,114	0,204	1,79
62	0,225	0,401	0,275	0,129	0,119	0,212	1,78
63	0,228	0,405	0,275	0,125	0,125	0,221	1,77
64	0,232	0,410	0,274	0,120	0,130	0,230	1,77
65	0,235	0,414	0,274	0,116	0,136	0,239	1,76
66	0,239	0,419	0,273	0,111	0,142	0,248	1,75
67	0,242	0,423	0,272	0,106	0,148	0,258	1,75
68	0,246	0,427	0,270	0,101	0,154	0,267	1,74
69	0,249	0,431	0,269	0,096	0,160	0,277	1,73
70	0,252	0,436	0,268	0,092	0,166	0,287	1,73
71	0,256	0,440	0,266	0,087	0,173	0,296	1,72
72	0,259	0,444	0,264	0,082	0,179	0,306	1,71
73	0,263	0,447	0,262	0,077	0,186	0,317	1,70
74	0,266	0,451	0,260	0,072	0,193	0,327	1,70
75	0,269	0,455	0,258	0,067	0,200	0,337	1,69
76	0,273	0,458	0,256	0,062	0,207	0,348	1,68
77	0,276	0,462	0,253	0,057	0,214	0,358	1,67
78	0,279	0,465	0,251	0,052	0,221	0,369	1,67
79	0,283	0,469	0,248	0,047	0,229	0,379	1,66
80	0,286	0,472	0,245	0,043	0,236	0,390	1,65
81	0,289	0,475	0,242	0,038	0,244	0,401	1,64
82	0,293	0,478	0,239	0,033	0,252	0,412	1,63
83	0,296	0,481	0,236	0,029	0,260	0,423	1,63
84	0,299	0,484	0,233	0,024	0,268	0,434	1,62
85	0,302	0,487	0,230	0,020	0,276	0,445	1,61
86	0,306	0,490	0,226	0,016	0,284	0,456	1,60
87	0,309	0,492	0,223	0,012	0,293	0,467	1,60
88	0,312	0,495	0,219	0,008	0,301	0,478	1,59
89	0,315	0,498	0,216	0,004	0,310	0,489	1,58
90	0,318	0,500	0,212	0,000	0,318	0,500	1,57
95	0,334	0,511	0,193	-0,017	0,363	0,555	1,53
100	0,349	0,520	0,173	-0,030	0,410	0,610	1,49
110	0,379	0,532	0,131	-0,045	0,508	0,713	1,40
120	0,406	0,536	0,092	-0,046	0,609	0,804	1,32
130	0,431	0,535	0,058	-0,037	0,708	0,879	1,24
140	0,453	0,529	0,032	-0,024	0,800	0,935	1,17
150	0,472	0,520	0,014	-0,012	0,881	0,971	1,10
160	0,487	0,511	0,004	-0,004	0,944	0,991	1,05
170	0,496	0,503	0,001	-0,001	0,985	0,999	1,01
180	0,500	0,500	0,000	0,000	1,000	1,000	1,00

$$f_1(\theta) = \frac{\theta - \sin \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}$$

$$f_2(\theta) = \frac{2 \sin^3 \theta}{3\pi(1 - \cos \theta)}$$

$$f_0(\theta) = \frac{\sin \theta - \theta \cos \theta}{\pi(1 - \cos \theta)}$$

$$f_3(\theta) = \frac{2 \sin^3 \theta \cos \theta}{3\pi(1 - \cos \theta)}$$

L-četveropol (za  $R_1 > R_2$ )

$$X_p = \pm R_1 \sqrt{\frac{R_2}{R_1 - R_2}}$$

$$X_s = \mp \sqrt{R_2(R_1 - R_2)}$$

$$Q = Q_1 = \frac{R_1}{X_p} = Q_2 = \frac{X_s}{R_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2} - 1}$$

Pi-četveropol

$$X_1 = \frac{R_1}{Q}$$

$$X_2 = \frac{R_2}{\sqrt{\frac{R_2}{R_1}(1 + Q^2) - 1}}$$

$$X_3 = \frac{R_1}{1 + Q^2} \left( Q + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}(1 + Q^2) - 1} \right)$$

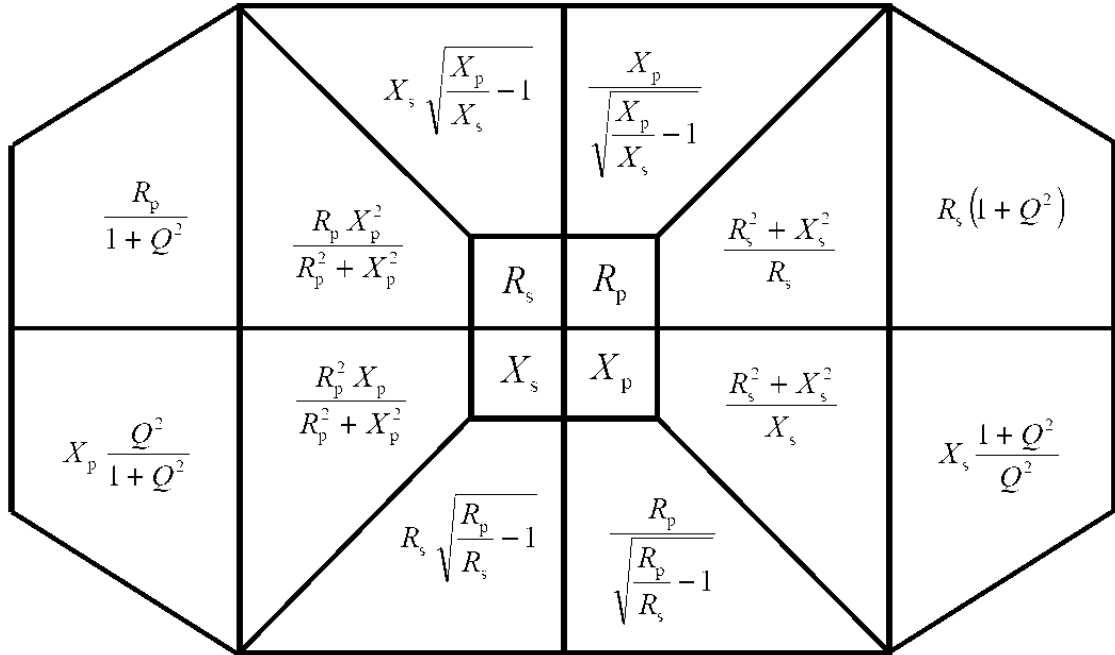
LS-četveropol

$$X_1 = Q R_1' - X_0' = Q R_1' \left( 1 - \frac{R_1}{Q X_0} \right) \quad X_2 = \frac{R_2}{\sqrt{\frac{R_1 R_2}{X_0^2} + \frac{R_2}{R_1} - 1}}$$

$$X_L = Q R_1' \left( 1 + \frac{R_2}{Q X_2} \right)$$

T-četveropol

$$X_L = Q R_1 \quad X_s = R_2 \sqrt{\frac{R_1}{R_2}(1 + Q^2) - 1} \quad X_p = \frac{R_1(1 + Q^2)}{Q} \frac{1}{1 - \frac{X_s}{Q R_2}}$$



## Klasa D – protutaktni spoj

### Pojačala s pravokutnom strujom

**Realno BJT:**

$$U_{\text{cm}} = \pi (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$
$$I_{\text{CC}} = \frac{\pi^2}{2 R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$
$$P_{\text{CC}} = \frac{\pi^2}{2 R_{\text{p}}} U_{\text{CC}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$

$$I_{\text{Rm}} = \frac{\pi}{R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$
$$P_{\text{k}} = \frac{\pi^2}{2 R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})^2$$

**Realno FET:**

$$U_{\text{dm}} = \pi U_{\text{DD}} \frac{R_{\text{DD}}}{R_{\text{DD}} + r_{\text{Ds(u)}}}$$
$$P_{\text{k}} = \frac{\pi^2}{2 R_{\text{p}}} U_{\text{DD}}^2 \left( \frac{R_{\text{DD}}}{R_{\text{DD}} + r_{\text{Ds(u)}}} \right)^2$$
$$R_{\text{DD}} = \frac{2 R_{\text{p}}}{\pi^2}$$

$$I_{\text{DD}} = \frac{\pi^2}{2 R_{\text{p}}} U_{\text{DD}} \frac{R_{\text{DD}}}{R_{\text{DD}} + r_{\text{Ds(u)}}}$$
$$P_{\text{DD}} = \frac{\pi^2}{2 R_{\text{p}}} U_{\text{DD}}^2 \frac{R_{\text{DD}}}{R_{\text{DD}} + r_{\text{Ds(u)}}}$$

### Pojačala s pravokutnim naponom

**Realno BJT:**

$$U_{\text{Rm}} = \frac{4}{\pi} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$
$$I_{\text{CC}} = \frac{8}{\pi^2 R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$
$$P_{\text{k}} = \frac{8}{\pi^2 R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})^2$$

$$I_{\text{Rm}} = \frac{4}{\pi R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$
$$P_{\text{CC}} = \frac{8}{\pi^2 R_{\text{p}}} U_{\text{CC}} (U_{\text{CC}} - U_{\text{s}})$$

**Realno FET:**

$$P_{\text{k}} = \frac{8}{\pi^2} \frac{R_{\text{p}} U_{\text{DD}}^2}{(R_{\text{p}} + r_{\text{Ds(u)}})^2}$$

$$P_{\text{DD}} = \frac{8}{\pi^2} \frac{U_{\text{DD}}^2}{R_{\text{p}} + r_{\text{Ds(u)}}}$$

## Klasa D - kaskodni spoj

**Realno BJT:**

$$U_{\text{Rm}} = \frac{2}{\pi} (U_{\text{CC}} - 2 U_{\text{s}})$$
$$I_{\text{CC}} = \frac{2}{\pi^2 R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - 2 U_{\text{s}})$$
$$P_{\text{CC}} = \frac{2}{\pi^2 R_{\text{p}}} U_{\text{CC}} (U_{\text{CC}} - 2 U_{\text{s}})$$

$$I_{\text{ctm}} = \frac{2}{\pi R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - 2 U_{\text{s}})$$
$$P_{\text{k}} = \frac{2}{\pi^2 R_{\text{p}}} (U_{\text{CC}} - 2 U_{\text{s}})^2$$

$$\text{Realno FET:} \quad P_k = \frac{2}{\pi^2} \frac{R_p U_{DD}^2}{(R_p + r_{Ds(u)})^2} \quad P_{DD} = \frac{2}{\pi^2} \frac{U_{DD}^2}{R_p + r_{Ds(u)}}$$

## Klasa E

$$\begin{aligned} \text{Realno BJT:} \quad P_{CC} &= U_{CC} \cdot I_{CC} & P_k &= \frac{1}{2} I_{Rm}^2 R_p = (U_{CC} - U_s) \cdot I_{CC} \\ P_c &= U_s \cdot I_{CC} & I_{Rm} &= 1,862 \cdot I_{CC} \\ u_{cmaks} &= 3,562 U_{CC} - 2,562 U_s & \omega C_1 &= \frac{I_{CC}}{\pi(U_{CC} - U_s)} \\ \omega L_2 &= Q \cdot R_p & \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2} &= 1,152 R_p \end{aligned}$$

$$\text{Realno FET:} \quad P_d = 1,365 P_k \frac{r_{Ds(u)}}{R_p} \quad \eta = \frac{R_p}{R_p + 1,365 \cdot r_{Ds(u)}}$$

## Klasa F

$$\begin{aligned} \text{Realno BJT:} \quad U_{c1m} &= \frac{4}{\pi} (U_{CC} - U_s) & I_{c1m} &= \frac{4}{\pi R_c} (U_{CC} - U_s) \\ I_{CC} &= \frac{I_{ctm}}{\pi} = \frac{8}{\pi^2 R_c} (U_{CC} - U_s) & \eta &= \frac{U_{CC} - U_s}{U_{CC}} \\ P_k &= \frac{8}{\pi^2 R_c} (U_{CC} - U_s)^2 & P_{CC} &= \frac{8}{\pi^2 R_c} (U_{CC} - U_s) \cdot U_{CC} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Realno FET:} \quad U_{d1m} &= \frac{4 U_{DD}}{\pi} \frac{R_d}{R_d + 2 r_{Ds(u)}} & I_{d1m} &= \frac{4 U_{DD}}{\pi} \frac{1}{R_d + 2 r_{Ds(u)}} \\ I_{DD} &= \frac{I_{dtm}}{\pi} = \frac{8 U_{DD}}{\pi^2} \frac{1}{R_d + 2 r_{Ds(u)}} & \eta &= \frac{R_d}{R_d + 2 r_{Ds(u)}} \\ P_k &= \frac{8 U_{DD}^2}{\pi^2} \frac{R_d}{(R_d + 2 r_{Ds(u)})^2} & P_{DD} &= \frac{8 U_{DD}^2}{\pi^2} \frac{1}{R_d + 2 r_{Ds(u)}} \end{aligned}$$