

Лабораторна робота № 2

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ СУМАТОРІВ НАПРУГ І ЦИФРО-АНАЛОГОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ (ПЕРЕТВОРЮВАЧ КОД - НАПРУГА)

Мета: вивчити методику розрахунку і принципи побудови суматорів напруг, однополярних і біполярних цифро-аналогових перетворювачів ЦАП (перетворювачів код-напруга ПКН).

Завдання на лабораторну роботу

1. Ознайомитись з теоретичними положеннями .

2. З табл. №1 відповідно до варіанту обрати значення коефіцієнтів передач k_i ($i=1,8$). За заданими значеннями коефіцієнтів передач визначити значення опорів резисторів паралельного суматора R_i ($i=1,8$). Обрав довільно значення R_9 , визначити значення загального масштабу підсумування m і значення коефіцієнтів передачі k_i^* ($k_i = m k_i^*$)

Примітка. Значення опору резистора R_1 рекомендується обирати R , тобто $R_1 = R$. Значення опорів резисторів R_9 й R_n повинні бути обрані такими, щоб m було зручним для розрахунку.

Таблиця № 1.

№	K_i	R_i	$\Delta R\%$	U_i	i	C_i
101	1/2,1/4,1/8,...,1/256	10	0.001	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
102	1/3,1/4,1/5,...,1/8	20	0.002	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
103	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	30	0.003	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
104	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.004	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
105	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.005	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
106	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	60	0.006	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
107	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	70	0.007	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
108	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	80	0.008	7,5,8,9,7,10,12	3	8
109	1/2,1/4,1/8,...,1/256	90	0.009	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
110	1/3,1/4,1/5,...,1/8	100	0.010	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
111	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	200	0.011	3,4,5,6,7,8,9,10	6	32
112	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	10	0.012	1,2,3,4,5,6,7,8	7	16
113	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	20	0.013	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
114	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	30	0.014	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
115	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	40	0.015	8,4,6,2,3,8,7,5	4	2
116	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	50	0.016	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
117	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	60	0.017	7,2,1,3,6,5,9,8	6	16
118	1/2,1/4,1/8,...,1/256	70	0.018	7,5,8,9,7,10,12	7	8
119	1/3,1/4,1/5,...,1/8	80	0.019	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
120	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	90	0.020	8,5,7,5,6,2,3,5	3	2
121	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	100	0.021	3,4,5,6,7,8,9,10	4	32
122	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	200	0.022	1,2,3,4,5,6,7,8	5	16
123	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	10	0.023	10,9,8,7,6,5,4,3	6	8
124	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	20	0.024	10,8,7,5,4,2,3,8	7	4
125	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	30	0.025	8,4,6,2,3,8,7,5	2	2
126	1/2,1/4,1/8,...,1/256	10	0.001	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
127	1/3,1/4,1/5,...,1/8	20	0.002	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
128	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	30	0.003	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8

129	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	40	0.004	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
130	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	50	0.005	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
201	0,8,0,4,0,2,0,1,0,08..0,01	40	0.026	6,2,8,5,9,6,4,1	3	32
202	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	50	0.027	7,2,1,3,6,5,9,8	4	16
203	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	60	0.028	7,5,8,9,7,10,12	5	8
204	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	70	0.029	2,3,5,8,9,6,3,4	6	4
205	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	80	0.030	8,5,7,5,6,2,3,5	7	2
206	0,7,0,3,0,2,0,1,0,07..0,01	90	0.031	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
207	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	100	0.032	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
208	1/2,1/4,1/8,...,1/256	200	0.033	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
209	1/3,1/4,1/5,...1/8	10	0.034	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
210	0,8,0,4,0,2,0,1,0,08..0,01	20	0.035	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
211	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	30	0.036	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
212	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	40	0.037	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
213	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	50	0.038	7,5,8,9,7,10,12	3	8
214	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	60	0.039	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
215	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	70	0.040	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
216	0,7,0,3,0,2,0,1,0,07..0,01	80	0.041	3,4,5,6,7,8,9,10	6	32
217	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	90	0.042	1,2,3,4,5,6,7,8	7	16
218	1/2,1/4,1/8,...,1/256	100	0.043	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
219	1/3,1/4,1/5,...1/8	200	0.044	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
220	0,8,0,4,0,2,0,1,0,08..0,01	10	0.045	8,4,6,2,3,8,7,5	4	2
221	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	20	0.046	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
222	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	30	0.047	2,2,1,3,6,5,9,8	6	16
223	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	40	0.048	7,5,8,9,7,10,12	7	8
224	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	50	0.049	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
225	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	60	0.050	8,5,7,5,6,2,3,5	3	2
226	0,8,0,4,0,2,0,1,0,08..0,01	40	0.026	6,2,8,5,9,6,4,1	3	32
227	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	50	0.027	7,2,1,3,6,5,9,8	4	16
228	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	60	0.028	7,5,8,9,7,10,12	5	8
229	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	70	0.029	2,3,5,8,9,6,3,4	6	4
230	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	80	0.030	8,5,7,5,6,2,3,5	7	2
301	0,7,0,3,0,2,0,1,0,07..0,01	70	0.051	3,4,5,6,7,8,9,10	4	32
302	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	80	0.052	1,2,3,4,5,6,7,8	5	16
303	1/2,1/4,1/8,...,1/256	90	0.053	10,9,8,7,6,5,4,3	6	8
304	1/3,1/4,1/5,...1/8	100	0.054	10,8,7,5,4,2,3,8	7	4
305	0,8,0,4,0,2,0,1,0,08..0,01	200	0.055	8,4,6,2,3,8,7,5	2	2
306	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	10	0.056	6,2,8,5,9,6,4,1	3	32
307	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	20	0.057	7,2,1,3,6,5,9,8	4	16
308	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	30	0.058	7,5,8,9,7,10,12	5	8
309	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	40	0.059	2,3,5,8,9,6,3,4	6	4
310	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	50	0.060	8,5,7,5,6,2,3,5	7	2
311	0,7,0,3,0,2,0,1,0,07..0,01	60	0.061	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
312	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	70	0.062	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
313	1/2,1/4,1/8,...,1/256	80	0.063	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
314	1/3,1/4,1/5,...1/8	90	0.064	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
315	0,8,0,4,0,2,0,1,0,08..0,01	100	0.065	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
316	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	200	0.066	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
317	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	10	0.067	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
318	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	20	0.068	7,5,8,9,7,10,12	3	8

319	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	30	0.069	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
320	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	40	0.070	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
321	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	50	0.071	3,4,5,6,7,8,9,10	6	32
322	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	60	0.072	1,2,3,4,5,6,7,8	7	16
323	1/2,1/4,1/8,...,1/256	70	0.073	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
324	1/3,1/4,1/5,...1/8	80	0.074	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
325	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	90	0.075	8,4,6,2,3,8,7,5	4	2
326	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	70	0.051	3,4,5,6,7,8,9,10	4	32
327	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	80	0.052	1,2,3,4,5,6,7,8	5	16
328	1/2,1/4,1/8,...,1/256	90	0.053	10,9,8,7,6,5,4,3	6	8
329	1/3,1/4,1/5,...1/8	100	0.054	10,8,7,5,4,2,3,8	7	4
330	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	200	0.055	8,4,6,2,3,8,7,5	2	2
401	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	60	0.061	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
402	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	70	0.062	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
403	1/2,1/4,1/8,...,1/256	80	0.063	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
404	1/3,1/4,1/5,...1/8	90	0.064	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
405	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	100	0.065	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
406	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	100	0.076	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
407	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	200	0.077	7,2,1,3,6,5,9,8	6	16
408	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	10	0.078	7,5,8,9,7,10,12	7	8
409	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	20	0.079	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
410	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	30	0.080	8,5,7,5,6,2,3,5	3	2
411	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	30	0.036	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
412	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.037	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
413	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.038	7,5,8,9,7,10,12	3	8
414	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	60	0.039	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
415	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	70	0.040	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
416	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	20	0.046	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
417	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	30	0.047	2,2,1,3,6,5,9,8	6	16
418	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.048	7,5,8,9,7,10,12	7	8
419	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	50	0.049	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
420	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	20	0.013	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
421	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	30	0.014	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
422	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	40	0.015	8,4,6,2,3,8,7,5	4	2
423	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.005	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
424	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	60	0.006	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
425	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	70	0.007	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
426	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	80	0.008	7,5,8,9,7,10,12	3	8
427	1/2,1/4,1/8,...,1/256	90	0.009	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
428	1/2,1/4,1/8,...,1/256	10	0.001	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
429	1/3,1/4,1/5,...1/8	20	0.002	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
430	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	30	0.003	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
501	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.004	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
502	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.005	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
503	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	60	0.006	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
504	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	70	0.007	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
505	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	80	0.008	7,5,8,9,7,10,12	3	8
506	1/2,1/4,1/8,...,1/256	90	0.009	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
507	1/3,1/4,1/5,...1/8	100	0.010	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
508	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	200	0.011	3,4,5,6,7,8,9,10	6	32

509	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	10	0.012	1,2,3,4,5,6,7,8	7	16
510	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	20	0.013	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
511	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	30	0.014	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
512	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	40	0.015	8,4,6,2,3,8,7,5	4	2
513	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	50	0.016	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
514	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	60	0.017	7,2,1,3,6,5,9,8	6	16
515	1/2,1/4,1/8,...,1/256	70	0.018	7,5,8,9,7,10,12	7	8
516	1/3,1/4,1/5,...,1/8	80	0.019	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
517	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	90	0.020	8,5,7,5,6,2,3,5	3	2
518	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	100	0.021	3,4,5,6,7,8,9,10	4	32
519	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	200	0.022	1,2,3,4,5,6,7,8	5	16
520	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	10	0.023	10,9,8,7,6,5,4,3	6	8
521	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	20	0.024	10,8,7,5,4,2,3,8	7	4
522	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	30	0.025	8,4,6,2,3,8,7,5	2	2
523	1/2,1/4,1/8,...,1/256	10	0.001	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
524	1/3,1/4,1/5,...,1/8	20	0.002	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
525	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	30	0.003	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
526	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.004	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
527	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.005	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
528	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	40	0.026	6,2,8,5,9,6,4,1	3	32
529	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.027	7,2,1,3,6,5,9,8	4	16
530	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	60	0.028	7,5,8,9,7,10,12	5	8
601	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	70	0.029	2,3,5,8,9,6,3,4	6	4
602	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	80	0.030	8,5,7,5,6,2,3,5	7	2
603	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	90	0.031	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
604	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	100	0.032	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
605	1/2,1/4,1/8,...,1/256	200	0.033	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
606	1/3,1/4,1/5,...,1/8	10	0.034	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
607	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	20	0.035	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
608	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	30	0.036	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
609	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.037	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16
610	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	50	0.038	7,5,8,9,7,10,12	3	8
611	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	60	0.039	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
612	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	70	0.040	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
613	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	80	0.041	3,4,5,6,7,8,9,10	6	32
614	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	90	0.042	1,2,3,4,5,6,7,8	7	16
615	1/2,1/4,1/8,...,1/256	100	0.043	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
616	1/3,1/4,1/5,...,1/8	200	0.044	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
617	0.7,0.3,0.2,0.1,0.07..0.01	60	0.061	3,4,5,6,7,8,9,10	2	32
618	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	70	0.062	1,2,3,4,5,6,7,8	3	16
619	1/2,1/4,1/8,...,1/256	80	0.063	10,9,8,7,6,5,4,3	4	8
620	1/3,1/4,1/5,...,1/8	90	0.064	10,8,7,5,4,2,3,8	5	4
621	0.8,0.4,0.2,0.1,0.08..0.01	100	0.065	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
622	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	100	0.076	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
623	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	200	0.077	7,2,1,3,6,5,9,8	6	16
624	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	10	0.078	7,5,8,9,7,10,12	7	8
625	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	20	0.079	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
626	0.5,0.3,0.1,0.1,0.05..0.01	30	0.080	8,5,7,5,6,2,3,5	3	2
627	0.4,0.4,0.2,0.1,0.04..0.01	30	0.036	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32
628	0.4,0.2,0.2,0.1,0.04..0.01	40	0.037	7,2,1,3,6,5,9,8	2	16

629	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	50	0,038	7,5,8,9,7,10,12	3	8
630	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	60	0,039	2,3,5,8,9,6,3,4	4	4
701	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	70	0,040	8,5,7,5,6,2,3,5	5	2
702	0,4,0,4,0,2,0,1,0,04..0,01	20	0,046	6,2,8,5,9,6,4,1	5	32
703	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	30	0,047	2,2,1,3,6,5,9,8	6	16
704	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	40	0,048	7,5,8,9,7,10,12	7	8
705	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	50	0,049	2,3,5,8,9,6,3,4	2	4
706	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	20	0,013	10,9,8,7,6,5,4,3	2	8
707	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	30	0,014	10,8,7,5,4,2,3,8	3	4
708	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	40	0,015	8,4,6,2,3,8,7,5	4	2
709	0,4,0,2,0,2,0,1,0,04..0,01	50	0,005	8,4,6,2,3,8,7,5	6	2
710	0,5,0,3,0,1,0,1,0,05..0,01	60	0,006	6,2,8,5,9,6,4,1	7	32

З табл.№ 1 згідно варіанту вибрати значення напруг на входах $U_{вх\ i}$ ($i=1,8$) і розрахувати ідеальне значення напруги на виході $U_{вих}^*$, а також $U_{вих.маx}^*$.

Примітка

$$U_{вих.маx}^* = m \cdot \sum_{i=1}^8 k_i \cdot |U_i|_{маx} = m \cdot U_{маx} \cdot \sum_{i=1}^8 k_i = U_{маx} \left(m \cdot \sum_{i=1}^8 k_i \right), \quad \text{де } U_{маx}=10 \text{ В}$$

Намалювати схему електричну принципову паралельного суматора напруг, вказавши на схемі значення вхідних напруг, значення опорів резисторів R_i ($i=1,8$) і ідеальне значення вихідної напруги $U_{вих}^*$

3. Вибрати місце включення резистора зв'язку $R_{i-1,i}$ і значення коефіцієнту C_i (значення i й C_i обираються відповідно до варіанту з табл.№ 1). Визначити значення опорів резисторів отриманої комбінованої структури суматора напруг. Намалювати схему електричну принципову такого суматора напруг, вказавши на схемі значення опорів резисторів.

4. З табл.№ 2 згідно варіанту вибрати двійково-десятькову систему числення (ДДСЧ), записати значення ваг g_i ($i=1,8$) для даного кода. Визначити значення $R_1..R_8$, значення опорів резисторів R_1 і R_n обрати рівними R .

Примітка: Допускається вибір іншого значення R_1 , щоб усі опори були цілими величинами. Опір резистора R_9 рекомендується вибрати таким чином, щоб значення масштабу декодування m_d було зручним для розрахунку і не залежало від кількості розрядів.

Таблиця № 2

Для пункту 4				Для пункту 5					
№	ДДСЧ	R, Ом	3 коди	Код ДСЧ	Структура	i_1	C_i^1	i_2	C_i^2
101	5311	10	01,02,03	інверсний	з фікс. зсувом	5	2	2	16
102	5113	20	02,03,04	додатковий	з комутованим зсувом	6	4	3	8
103	1513	30	03,04,05	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	8	4	2
104	1315	40	04,05,06	інверсний	з фікс. зсувом	2	16	7	4
105	3151	50	05,06,07	додатковий	з комутованим зсувом	3	32	6	32
106	5131	60	06,07,08	зміщений	з біполярн. перемикач.	4	32	7	32
107	3115	70	07,08,09	інверсний	з фікс. зсувом	5	8	7	8
108	1531	80	08,09,10	додатковий	з комутованим зсувом	6	4	2	2
109	1135	90	11,12,13	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	16	3	16
110	1351	100	12,13,14	інверсний	з фікс. зсувом	2	32	7	4
111	1153	90	13,14,15	додатковий	з комутованим зсувом	3	8	5	32

116	1251	40	20,02,03	зміщений	з біполярн. перемикач.	4	2	6	16
117	1521	30	04,05,06	інверсний	з фікс. зсувом	5	16	7	8
118	1512	20	01,09,05	додатковий	з комутованим зсувом	6	32	2	16
119	2511	10	01,03,05	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	4	3	4
120	2151	90	02,04,06	інверсний	з фікс. зсувом	2	16	7	2
121	2115	70	03,05,07	додатковий	з комутованим зсувом	3	32	6	8
122	5121	50	04,06,08	зміщений	з біполярн. перемикач.	4	8	7	32
123	8421	30	10,12,14	інверсний	з фікс. зсувом	5	2	2	16
124	5112	10	12,04,13	додатковий	з комутованим зсувом	6	4	3	32
125	1248	20	15,09,20	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	32	2	4
126	1247	30	06,05,04	інверсний	з фікс. зсувом	2	4	7	16
127	1427	50	01,07,20	додатковий	з комутованим зсувом	2	32	6	8
128	1724	100	04,18,13	зміщений	з біполярн. перемикач.	3	16	5	2
129	7241	20	06,14,15	інверсний	з фікс. зсувом	4	2	7	16
130	7412	30	20,18,15	додатковий	з комутованим зсувом	5	8	2	2
201	1482	40	13,16,19	зміщений	з біполярн. перемикач.	6	16	3	8
202	1842	60	20,05,02	інверсний	з фікс. зсувом	3	8	7	16
203	1284	80	01,04,07	додатковий	з комутованим зсувом	4	2	7	4
204	2148	100	02,08,20	зміщений	з біполярн. перемикач.	5	4	2	2
205	2481	20	02,05,16	інверсний	з фікс. зсувом	6	32	2	32
206	2814	30	06,07,08	додатковий	з комутованим зсувом	7	32	3	16
207	2841	50	05,04,03	зміщений	з біполярн. перемикач.	2	8	7	4
208	2418	70	01,12,15	інверсний	з фікс. зсувом	3	2	6	8
209	2184	60	19,18,17	додатковий	з комутованим зсувом	4	16	7	2
210	4421	80	07,05,03	зміщений	з біполярн. перемикач.	5	4	2	4
211	4214	70	10,11,12	інверсний	з фікс. зсувом	6	32	2	32
212	4124	30	09,08,07	додатковий	з комутованим зсувом	7	16	3	16
213	1244	20	08,07,06	зміщений	з біполярн. перемикач.	2	8	7	8
214	1424	10	07,06,05	інверсний	з фікс. зсувом	3	16	5	4
215	2414	100	06,05,04	додатковий	з комутованим зсувом	4	4	7	2
216	2441	90	05,04,03	зміщений	з біполярн. перемикач.	5	2	2	16
217	1442	80	04,03,02	інверсний	з фікс. зсувом	6	8	3	32
218	3321	70	03,02,01	додатковий	з комутованим зсувом	7	32	4	4
219	1233	60	02,01,10	зміщений	з біполярн. перемикач.	2	16	6	16
220	2133	50	20,19,18	інверсний	з фікс. зсувом	3	32	5	8
221	3123	40	19,18,17	додатковий	з комутованим зсувом	4	4	6	2
222	3213	30	18,17,16	зміщений	з біполярн. перемикач.	5	16	7	32
223	3231	20	17,16,15	інверсний	з фікс. зсувом	6	8	2	4
224	3132	10	16,15,14	додатковий	з комутованим зсувом	7	2	3	2
225	1323	100	15,01,13	зміщений	з біполярн. перемикач.	2	16	6	32
226	6231	80	19,06,01	інверсний	з фікс. зсувом	3	2	5	8
227	1236	40	01,17,05	додатковий	з комутованим зсувом	3	8	6	16
228	1263	50	08,06,01	зміщений	з біполярн. перемикач.	4	16	7	32
229	1362	30	01,20,18	інверсний	з фікс. зсувом	5	4	3	4
230	6421	20	17,16,04	додатковий	з комутованим зсувом	6	2	2	2
301	2313	30	13,12,11	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	32	3	8
302	2331	50	01,03,04	інверсний	з фікс. зсувом	4	16	7	16
303	1332	60	20,15,07	додатковий	з комутованим зсувом	5	4	2	4
304	4321	20	07,08,15	зміщений	з біполярн. перемикач.	6	8	3	2
305	1324	10	07,04,11	інверсний	з фікс. зсувом	7	2	4	8

306	1234	70	02,07,09	додатковий	з комутованим зсувом	2	4	7	32
307	4312	80	01,03,04	зміщений	з біполярн. перемик.	3	32	6	16
308	4231	50	08,09,17	інверсний	з фікс. зсувом	4	16	7	8
309	4123	60	20,01,19	додатковий	з комутованим зсувом	5	8	3	4
310	2341	30	15,11,04	зміщений	з біполярн. перемик.	6	4	2	2
311	2314	40	02,01,08	інверсний	з фікс. зсувом	7	2	2	32
312	5421	20	05,06,07	додатковий	з комутованим зсувом	2	16	6	8
313	1245	30	08,07,06	зміщений	з біполярн. перемик.	3	32	5	8
314	1425	40	13,14,10	інверсний	з фікс. зсувом	4	4	7	4
315	2514	50	11,03,09	додатковий	з комутованим зсувом	5	16	2	2
316	1524	30	04,15,19	зміщений	з біполярн. перемик.	6	8	3	32
317	4251	20	01,02,03	інверсний	з фікс. зсувом	7	2	2	16
318	2451	60	09,07,05	додатковий	з комутованим зсувом	2	32	6	8
319	2415	70	02,04,03	зміщений	з біполярн. перемик.	3	4	5	4
320	5321	80	20,18,16	інверсний	з фікс. зсувом	4	2	7	4
321	2531	90	14,12,10	додатковий	з комутованим зсувом	5	32	2	2
322	2513	50	08,06,04	зміщений	з біполярн. перемик.	6	8	3	32
323	5123	20	01,03,05	інверсний	з фікс. зсувом	7	16	4	16
324	6321	10	07,09,11	додатковий	з комутованим зсувом	2	32	6	8
325	6213	100	13,15,17	зміщений	з біполярн. перемик.	3	4	5	8
326	6231	80	19,06,01	інверсний	з фікс. зсувом	4	2	7	32
327	1236	40	01,17,05	додатковий	з комутованим зсувом	4	8	6	16
328	1263	50	08,06,01	зміщений	з біполярн. перемик.	5	16	2	8
329	1362	30	01,20,18	інверсний	з фікс. зсувом	6	4	3	32
330	6421	20	17,16,04	додатковий	з комутованим зсувом	7	2	4	32
401	1246	60	02,11,16	зміщений	з біполярн. перемик.	2	8	6	8
402	4261	70	15,19,13	інверсний	з фікс. зсувом	2	32	5	2
403	4621	80	02,05,03	додатковий	з комутованим зсувом	3	16	7	16
404	1246	90	06,08,10	зміщений	з біполярн. перемик.	4	8	5	4
405	1462	10	09,06,03	інверсний	з фікс. зсувом	5	4	2	32
406	4126	20	03,09,02	додатковий	з комутованим зсувом	6	2	2	16
407	7321	40	01,11,19	зміщений	з біполярн. перемик.	5	32	3	8
408	7231	30	16,13,19	інверсний	з фікс. зсувом	6	16	2	16
409	7213	60	13,03,14	додатковий	з комутованим зсувом	7	8	3	4
410	7123	100	06,13,05	зміщений	з біполярн. перемик.	2	4	6	2
411	4126	20	03,09,02	інверсний	з фікс. зсувом	3	2	5	8
412	7321	40	01,11,19	додатковий	з комутованим зсувом	7	32	2	32
413	7231	30	16,13,19	зміщений	з біполярн. перемик.	2	16	5	16
414	7213	60	13,03,14	інверсний	з фікс. зсувом	3	8	6	32
415	7123	100	06,13,05	додатковий	з комутованим зсувом	4	4	7	4
416	7123	100	06,13,05	зміщений	з біполярн. перемик.	5	4	3	16
417	1327	50	02,13,04	інверсний	з фікс. зсувом	5	2	2	8
418	1723	70	05,13,09	додатковий	з комутованим зсувом	6	32	3	2
419	3127	80	17,20,13	зміщений	з біполярн. перемик.	7	16	2	16
420	7421	90	15,6,18	інверсний	з фікс. зсувом	2	8	6	2
421	1246	60	02,11,16	додатковий	з комутованим зсувом	2	8	7	8
422	4261	70	15,19,13	зміщений	з біполярн. перемик.	3	32	6	16
423	4621	80	02,05,03	інверсний	з фікс. зсувом	4	16	5	4
424	1246	90	06,08,10	додатковий	з комутованим зсувом	6	8	2	2
425	2481	20	02,05,16	зміщений	з біполярн. перемик.	7	32	4	32

426	2814	30	06,07,08	інверсний	з фікс. зсувом	2	32	6	16
427	2841	50	05,04,03	додатковий	з комутованим зсувом	3	8	7	4
428	2418	70	01,12,15	зміщений	з біполярн. перемик.	4	2	5	8
429	2184	60	19,18,17	інверсний	з фікс. зсувом	2	16	7	2
430	4421	80	07,05,03	додатковий	з комутованим зсувом	3	4	6	4
501	4214	70	10,11,12	зміщений	з біполярн. перемик.	4	32	5	32
502	4124	30	09,08,07	інверсний	з фікс. зсувом	5	16	3	16
503	1244	20	08,07,06	додатковий	з комутованим зсувом	6	8	3	8
504	1424	10	07,06,05	зміщений	з біполярн. перемик.	7	16	2	4
505	2414	100	06,05,04	інверсний	з фікс. зсувом	2	4	6	2
506	2441	90	05,04,03	додатковий	з комутованим зсувом	3	2	6	16
507	1442	80	04,03,02	зміщений	з біполярн. перемик.	4	8	7	32
508	3321	70	03,02,01	інверсний	з фікс. зсувом	5	32	2	4
509	1233	60	02,01,10	додатковий	з комутованим зсувом	6	16	3	16
510	2133	50	20,19,18	зміщений	з біполярн. перемик.	7	32	4	8
511	3123	40	19,18,17	інверсний	з фікс. зсувом	2	4	6	2
512	3213	30	18,17,16	додатковий	з комутованим зсувом	3	16	5	32
513	3231	20	17,16,15	зміщений	з біполярн. перемик.	4	8	7	4
514	3132	10	16,15,14	інверсний	з фікс. зсувом	5	2	2	2
515	1323	100	15,01,13	додатковий	з комутованим зсувом	6	16	3	32
516	6231	80	19,6,01	зміщений	з біполярн. перемик.	7	2	4	8
517	1236	40	01,17,05	інверсний	з фікс. зсувом	2	8	6	16
518	1263	50	08,06,01	додатковий	з комутованим зсувом	3	16	7	32
519	1362	30	01,20,18	зміщений	з біполярн. перемик.	4	4	6	4
520	6421	20	17,16,04	інверсний	з фікс. зсувом	5	2	2	2
521	2313	30	13,12,11	додатковий	з комутованим зсувом	6	32	3	8
522	2331	50	01,03,04	зміщений	з біполярн. перемик.	7	16	2	16
523	1332	60	20,15,07	інверсний	з фікс. зсувом	2	4	6	4
524	4321	20	07,08,15	додатковий	з комутованим зсувом	2	8	7	2
525	1324	10	07,04,11	зміщений	з біполярн. перемик.	3	2	5	8
526	1234	70	02,07,09	інверсний	з фікс. зсувом	4	4	7	2
527	4312	80	01,03,04	додатковий	з комутованим зсувом	5	32	2	16
528	4231	50	08,09,17	зміщений	з біполярн. перемик.	6	16	3	32
529	4123	60	20,01,19	інверсний	з фікс. зсувом	3	8	6	4
530	2341	30	15,11,04	додатковий	з комутованим зсувом	4	4	7	16
601	2314	40	02,01,08	зміщений	з біполярн. перемик.	5	2	2	32
602	5421	20	05,06,07	інверсний	з фікс. зсувом	6	16	3	8
603	1245	30	08,07,06	додатковий	з комутованим зсувом	7	32	2	2
604	1425	40	13,14,10	зміщений	з біполярн. перемик.	2	4	6	4
605	2514	50	11,03,09	інверсний	з фікс. зсувом	3	16	7	32
606	1524	30	04,15,19	додатковий	з комутованим зсувом	4	8	5	4
607	4251	20	01,02,03	зміщений	з біполярн. перемик.	5	2	3	32
608	2451	60	09,07,05	інверсний	з фікс. зсувом	6	32	2	16
609	2415	70	02,04,03	додатковий	з комутованим зсувом	7	4	3	2
610	5321	80	20,18,16	зміщений	з біполярн. перемик.	2	2	6	2
611	2531	90	14,12,10	інверсний	з фікс. зсувом	3	32	5	4
612	2513	50	08,06,04	додатковий	з комутованим зсувом	4	8	7	8
613	5123	20	01,03,05	зміщений	з біполярн. перемик.	5	16	2	16
614	6321	10	07,09,11	інверсний	з фікс. зсувом	6	32	3	32
615	6213	100	13,15,17	додатковий	з комутованим зсувом	7	4	2	32

616	6231	80	19,06,01	зміщений	з біполярн. перемикач.	2	2	6	8
617	1236	40	01,17,05	інверсний	з фікс. зсувом	3	8	7	4
618	1263	50	08,06,01	додатковий	з комутованим зсувом	2	16	5	16
619	1362	30	01,20,18	зміщений	з біполярн. перемикач.	3	4	7	32
620	6421	20	17,16,04	інверсний	з фікс. зсувом	4	2	6	8
621	1153	90	13,14,15	додатковий	з комутованим зсувом	5	8	2	2
622	1251	40	20,02,03	зміщений	з біполярн. перемикач.	6	2	3	16
623	1521	30	04,05,06	інверсний	з фікс. зсувом	5	16	2	32
624	1512	20	01,09,05	додатковий	з комутованим зсувом	6	32	3	4
625	2511	10	01,03,05	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	4	2	16
701	2151	90	02,04,06	інверсний	з фікс. зсувом	2	16	7	32
702	2115	70	03,05,07	додатковий	з комутованим зсувом	3	32	6	8
703	5121	50	04,06,08	зміщений	з біполярн. перемикач.	7	8	2	2
704	8421	30	10,12,14	інверсний	з фікс. зсувом	2	2	5	4
705	5112	10	12,04,13	додатковий	з комутованим зсувом	3	4	6	32
706	1248	20	15,09,20	зміщений	з біполярн. перемикач.	4	32	7	4
707	1247	30	06,05,04	інверсний	з фікс. зсувом	5	4	3	32
708	1427	50	01,07,20	додатковий	з комутованим зсувом	5	32	2	16
709	1724	100	04,18,13	зміщений	з біполярн. перемикач.	6	16	3	2
710	7241	20	06,14,15	додатковий	з фікс. зсувом	7	2	4	8

У відповідності до варіанту намалювати схему однополярного ПКН для двійково-десятикової системи числення, зазначеної в табл. №2. Намалювати схему електричну принципову паралельної ДС на 8 розрядів. З табл. №2 обрати згідно варіанту значення трьох кодів, для яких необхідно розрахувати ідеальні значення вихідної напруги U_{d1}^* , U_{d2}^* , U_{d3}^* відповідно. Обрати $C_5=10$, виконати еквівалентні перетворення, розрахувати R_4 і нові значення R_5, R_6, R_7, R_8, R_9

5. Намалювати дві схеми електричні принципові біполярного ПКН для деякого біполярного ПКН для біполярного кода двійкової системи числення з двома варіантами декодувальної сітки ДС. Код і структуру біполярного ПКН вибрати згідно варіанту з табл. 3.1.2.

Виконати розрахунок схеми ДС для цього варіанту перетворювача. ДС повинна мати комбіновану структуру (опір зв'язку включений між $i-1$ й 1, а значення C_i береться з табл. №2 згідно варіанту). Обрати значення R_9 і розрахувати значення опорів R_i ($i=0,8$) і $R_{i-1,i}$; для $R_n=R$ визначити значення масштабу декодування m_d .

З табл. №2 обрати згідно варіанту значення трьох кодів, для яких необхідно розрахувати ідеальні значення вихідної напруги U_{d4}^* , U_{d5}^* , U_{d6}^* , U_{d7}^* , U_{d8}^* відповідно. Вибрати два значення i та два значення C_i (C_i^1, C_i^2) з таблиці і виконати розрахунки опорів резисторів комбінованої структури ДС з двома резисторами зв'язку.

6. Намалювати схему електричну принципову біполярного ПКН для деякого біполярного коду ДДСЧ. Код і структуру біполярного ПКН обрати згідно варіанту з табл. №3 ($C_5=10$).

Таблиця № 3

№	ДДСЧ	3 коди	Код ДДСЧ	Структура
101	5311	01,02,03	Інверсний	з фікс. зсувом
102	5113	02,03,04	додатковий	з комутованим зсувом
103	1513	03,04,05	Зміщений	з біполярн. перемикач.
104	1315	04,05,06	Інверсний	з фікс. зсувом
105	3151	05,06,07	додатковий	з комутованим зсувом
106	5131	06,07,08	Зміщений	з біполярн. перемикач.
107	3115	07,08,09	Інверсний	з фікс. зсувом

108	1531	08,09,10	додатковий	з комутованим зсувом
109	1135	11,12,13	Зміщений	з біполярн. перемик.
110	1351	12,13,14	інверсний	з фікс. зсувом
111	1153	13,14,15	додатковий	з комутованим зсувом
116	1251	20,02,03	зміщений	з біполярн. перемик.
117	1521	04,05,06	інверсний	з фікс. зсувом
118	1512	01,09,05	додатковий	з комутованим зсувом
119	2511	01,03,05	зміщений	з біполярн. перемик.
120	2151	02,04,06	інверсний	з фікс. зсувом
121	2115	03,05,07	додатковий	з комутованим зсувом
122	5121	04,06,08	зміщений	з біполярн. перемик.
123	8421	10,12,14	Інверсний(8421+3)	з фікс. зсувом
124	5112	12,04,13	Додатковий	з комутованим зсувом
125	1248	15,09,20	Зміщений	з біполярн. перемик.
126	1247	06,05,04	Інверсний	з фікс. зсувом
127	1427	01,07,20	Додатковий	з комутованим зсувом
128	1724	04,18,13	Зміщений	з біполярн. перемик.
129	7241	06,14,15	Інверсний	з фікс. зсувом
130	7412	20,18,15	Додатковий	з комутованим зсувом
201	1482	13,16,19	Зміщений	з біполярн. перемик.
202	1842	20,05,02	Інверсний	з фікс. зсувом
203	1284	01,04,07	Додатковий	з комутованим зсувом
204	2148	02,08,20	Зміщений	з біполярн. перемик.
205	2481	02,05,16	Інверсний	з фікс. зсувом
206	2814	06,07,08	Додатковий	з комутованим зсувом
207	2841	05,04,03	Зміщений	з біполярн. перемик.
208	2418	01,12,15	Інверсний	з фікс. зсувом
209	2184	19,18,17	Додатковий	з комутованим зсувом
210	4421	07,05,03	Інверсний(4421+1)	з біполярн. перемик.
211	4214	10,11,12	Інверсний	з фікс. зсувом
212	4124	09,08,07	Додатковий	з комутованим зсувом
213	1244	08,07,06	Зміщений	з біполярн. перемик.
214	1424	07,06,05	Інверсний	з фікс. зсувом
215	2414	06,05,04	Додатковий	з комутованим зсувом
216	2441	05,04,03	Зміщений	з біполярн. перемик.
217	1442	04,03,02	Інверсний	з фікс. зсувом
218	3321	03,02,01	Додатковий	з комутованим зсувом
219	1233	02,01,10	Зміщений	з біполярн. перемик.
220	2133	20,19,18	Інверсний	з фікс. зсувом
221	3123	19,18,17	Додатковий	з комутованим зсувом
222	3213	18,17,16	Зміщений	з біполярн. перемик.
223	3231	17,16,15	Інверсний	з фікс. зсувом
224	3132	16,15,14	Додатковий	з комутованим зсувом
225	1323	15,01,13	Зміщений	з біполярн. перемик.
226	6231	19,06,01	Інверсний	з фікс. зсувом
227	1236	01,17,05	Додатковий	з комутованим зсувом
228	1263	08,06,01	Зміщений	з біполярн. перемик.
229	1362	01,20,18	Інверсний	з фікс. зсувом
230	6421	17,16,04	Додатковий	з комутованим зсувом
301	2313	13,12,11	Зміщений	з біполярн. перемик.

302	2331	01,03,04	Інверсний	з фікс. зсувом
303	1332	20,15,07	Додатковий	з комутованим зсувом
304	4321	07,08,15	Зміщений	з біполярн. перемик.
305	1324	07,04,11	Інверсний	з фікс. зсувом
306	1234	02,07,09	Додатковий	з комутованим зсувом
307	4312	01,03,04	Зміщений	з біполярн. перемик.
308	4231	08,09,17	Інверсний	з фікс. зсувом
309	4123	20,01,19	Додатковий	з комутованим зсувом
310	2341	15,11,04	Зміщений	з біполярн. перемик.
311	2314	02,01,08	Інверсний	з фікс. зсувом
312	5421	05,06,07	Додатковий	з комутованим зсувом
313	1245	08,07,06	Зміщений	з біполярн. перемик.
314	1425	13,14,10	Інверсний	з фікс. зсувом
315	2514	11,03,09	Додатковий	з комутованим зсувом
316	1524	04,15,19	Зміщений	з біполярн. перемик.
317	4251	01,02,03	Інверсний	з фікс. зсувом
318	2451	09,07,05	Додатковий	з комутованим зсувом
319	2415	02,04,03	Зміщений	з біполярн. перемик.
320	5321	20,18,16	Інверсний	з фікс. зсувом
321	2531	14,12,10	Додатковий	з комутованим зсувом
322	2513	08,06,04	Зміщений	з біполярн. перемик.
323	5123	01,03,05	Інверсний	з фікс. зсувом
324	6321	07,09,11	Додатковий	з комутованим зсувом
325	6213	13,15,17	Зміщений	з біполярн. перемик.
326	6231	19,06,01	Інверсний	з фікс. зсувом
327	1236	01,17,05	Додатковий	з комутованим зсувом
328	1263	08,06,01	Зміщений	з біполярн. перемик.
329	1362	01,20,18	Інверсний	з фікс. зсувом
330	6421	17,16,04	Інверсний(6421+2)	з комутованим зсувом
401	1246	02,11,16	Зміщений	з біполярн. перемик.
402	4261	15,19,13	інверсний	з фікс. зсувом
403	4621	02,05,03	додатковий	з комутованим зсувом
404	1246	06,08,10	зміщений	з біполярн. перемик.
405	1462	09,06,03	інверсний	з фікс. зсувом
406	4126	03,09,02	додатковий	з комутованим зсувом
407	7321	01,11,19	зміщений	з біполярн. перемик.
408	7231	16,13,19	інверсний	з фікс. зсувом
409	7213	13,03,14	додатковий	з комутованим зсувом
410	7123	06,13,05	зміщений	з біполярн. перемик.
411	4126	03,09,02	інверсний	з фікс. зсувом
412	7321	01,11,19	додатковий	з комутованим зсувом
413	7231	16,13,19	зміщений	з біполярн. перемик.
414	7213	13,03,14	інверсний	з фікс. зсувом
415	7123	06,13,05	додатковий	з комутованим зсувом
416	7123	06,13,05	зміщений	з біполярн. перемик.
417	1327	02,13,04	інверсний	з фікс. зсувом
418	1723	05,13,09	додатковий	з комутованим зсувом
419	3127	17,20,13	зміщений	з біполярн. перемик.
420	7421	15,6,18	інверсний	з фікс. зсувом
421	1246	02,11,16	додатковий	з комутованим зсувом

422	4261	15,19,13	зміщений	з біполярн. перемик.
423	4621	02,05,03	інверсний	з фікс. зсувом
424	1246	06,08,10	додатковий	з комутованим зсувом
425	2481	02,05,16	зміщений	з біполярн. перемик.
426	2814	06,07,08	інверсний	з фікс. зсувом
427	2841	05,04,03	додатковий	з комутованим зсувом
428	2418	01,12,15	зміщений	з біполярн. перемик.
429	2184	19,18,17	інверсний	з фікс. зсувом
430	4421	07,05,03	додатковий	з комутованим зсувом
501	4214	10,11,12	зміщений	з біполярн. перемик.
502	4124	09,08,07	інверсний	з фікс. зсувом
503	1244	08,07,06	додатковий	з комутованим зсувом
504	1424	07,06,05	зміщений	з біполярн. перемик.
505	2414	06,05,04	інверсний	з фікс. зсувом
506	2441	05,04,03	додатковий	з комутованим зсувом
507	1442	04,03,02	зміщений	з біполярн. перемик.
508	3321	03,02,01	інверсний	з фікс. зсувом
509	1233	02,01,10	додатковий	з комутованим зсувом
510	2133	20,19,18	зміщений	з біполярн. перемик.
511	3123	19,18,17	інверсний	з фікс. зсувом
512	3213	18,17,16	додатковий	з комутованим зсувом
513	3231	17,16,15	зміщений	з біполярн. перемик.
514	3132	16,15,14	інверсний	з фікс. зсувом
515	1323	15,01,13	додатковий	з комутованим зсувом
516	6231	19,6,01	зміщений	з біполярн. перемик.
517	1236	01,17,05	інверсний	з фікс. зсувом
518	1263	08,06,01	додатковий	з комутованим зсувом
519	1362	01,20,18	зміщений	з біполярн. перемик.
520	6421	17,16,04	інверсний	з фікс. зсувом
521	2313	13,12,11	додатковий	з комутованим зсувом
522	2331	01,03,04	зміщений	з біполярн. перемик.
523	1332	20,15,07	інверсний	з фікс. зсувом
524	4321	07,08,15	додатковий	з комутованим зсувом
525	1324	07,04,11	зміщений	з біполярн. перемик.
526	1234	02,07,09	інверсний	з фікс. зсувом
527	4312	01,03,04	додатковий	з комутованим зсувом
528	4231	08,09,17	зміщений	з біполярн. перемик.
529	4123	20,01,19	інверсний	з фікс. зсувом
530	2341	15,11,04	додатковий	з комутованим зсувом
601	2314	02,01,08	зміщений	з біполярн. перемик.
602	5421	05,06,07	інверсний	з фікс. зсувом
603	1245	08,07,06	додатковий	з комутованим зсувом
604	1425	13,14,10	зміщений	з біполярн. перемик.
605	2514	11,03,09	інверсний	з фікс. зсувом
606	1524	04,15,19	додатковий	з комутованим зсувом
607	4251	01,02,03	зміщений	з біполярн. перемик.
608	2451	09,07,05	інверсний	з фікс. зсувом
609	2415	02,04,03	додатковий	з комутованим зсувом
610	5321	20,18,16	зміщений	з біполярн. перемик.
611	2531	14,12,10	інверсний	з фікс. зсувом

612	2513	08,06,04	додатковий	з комутованим зсувом
613	5123	01,03,05	зміщений	з біполярн. перемик.
614	6321	07,09,11	інверсний	з фікс. зсувом
615	6213	13,15,17	додатковий	з комутованим зсувом
616	6231	19,06,01	зміщений	з біполярн. перемик.
617	1236	01,17,05	інверсний	з фікс. зсувом
618	1263	08,06,01	додатковий	з комутованим зсувом
619	1362	01,20,18	зміщений	з біполярн. перемик.
620	6421	17,16,04	інверсний	з фікс. зсувом
621	1153	13,14,15	додатковий	з комутованим зсувом
622	1251	20,02,03	зміщений	з біполярн. перемик.
623	1521	04,05,06	інверсний	з фікс. зсувом
624	1512	01,09,05	додатковий	з комутованим зсувом
625	2511	01,03,05	зміщений	з біполярн. перемик.
701	2151	02,04,06	інверсний	з фікс. зсувом
702	2115	03,05,07	додатковий	з комутованим зсувом
703	5121	04,06,08	зміщений	з біполярн. перемик.
704	8421	10,12,14	інверсний	з фікс. зсувом
705	5112	12,04,13	додатковий	з комутованим зсувом
706	1248	15,09,20	зміщений	з біполярн. перемик.
707	1247	06,05,04	інверсний	з фікс. зсувом
708	1427	01,07,20	додатковий	з комутованим зсувом
709	1724	04,18,13	зміщений	з біполярн. перемик.
710	7241	06,14,15	додатковий	з фікс. зсувом

Виконати розрахунок схеми ДС для цього варіанту перетворювача. ДС повинна мати комбіновану структуру (резистор зв'язку включений між точками $i-1$ і 1 , а значення C_i береться з табл. №2 згідно варіанту). Обрати значення R_9 і розрахувати значення опорів R_i ($i=\overline{0,8}$) і $R_{i-1,i}$; для $R_n=R$ визначити значення масштабу декодування m_d .

З табл. №2 обрати згідно варіанту значення трьох кодів, для яких необхідно розрахувати ідеальні значення вихідної напруги U_{d7}^* , U_{d8}^* , U_{d9}^* відповідно.

Порядок виконання роботи

1. Зібрати схему суматора напруг по п.2 завдання. Задати значення вихідних напруг U_i ($i=\overline{1,8}$) з таблиці №1 і похибку опору резисторів ΔR . Значення ΔR обрати з табл.1.2 згідно варіанту.

Виміряти значення вихідної напруги $U_{вих1}$ в режимі Transient, розрахувати абсолютну похибку $\Delta U_{вих1}=U_{вих1}^*-U_{вих1}$ і наведену похибку $\gamma U_{вих1} = \frac{\Delta U_{вих1}}{U_{d\max}}$, де $U_{d\max} = (m_d \sum_{i=1}^8 g_i) U_{\max}$

2. Зібрати схему суматора з резистором зв'язку по п.3 завдання, задати значення вхідних напруг U_i ($i=\overline{1,8}$) з табл №1 й виміряти значення вихідної напруги $U_{вих2}$ (значення ΔR обрати з табл. №1 згідно варіанту). Розрахувати похибки $\Delta U_{вих2}=U_{вих2}^*-U_{вих2}$ и $\gamma U_{вих2} = \frac{\Delta U_{вих2}}{U_{d\max}}$.

3. Зібрати схему одно полярного ПКН (значення ΔR обрати з табл. №1 згідно варіанту) по п.4 завдання і виміряти значення вихідних напруг для трьох кодів з табл. №1. Розрахувати похибки ΔU_{d1} , ΔU_{d2} , ΔU_{d3} и γU_{d1} , γU_{d2} , γU_{d3}

4. Зібрати схему біполярного ПКН двійкової СЧ по п.5 завдання для комбінованих ДС з одним резистором зв'язку. На вхід біполярного ПКН подати послідовно значення трьох

кодів з табл. №2 . Виміряти значення вихідних напруг U_{d4} , U_{d5} , U_{d6} відповідних зазначеним кодам і розрахувати похибки ΔU_{d4} , ΔU_{d5} , ΔU_{d6} и γU_{d4} , γU_{d5} , γU_{d6} ($\gamma U_{di} = \frac{\Delta U_{di}}{2U_{d \max}}$). Повторити п.4 для комбінованих ДС(с двома резисторами зв'язку).

5. Зібрати схему біполярного ПКН для ДДСЧ по п.6 завдання. На вхід біполярного ПКН задати послідовно значення трьох кодів з таблиці №3

Зміст звіту

1. Схеми електричні принципові паралельного та комбінованого суматорів напруги, однополярного та біполярного ПКН.
2. Результати підготовки з пп. 2 - 6 завдання.
3. Результати виконання лабораторної роботи з пп. 1 - 5.
4. Висновки по роботі.

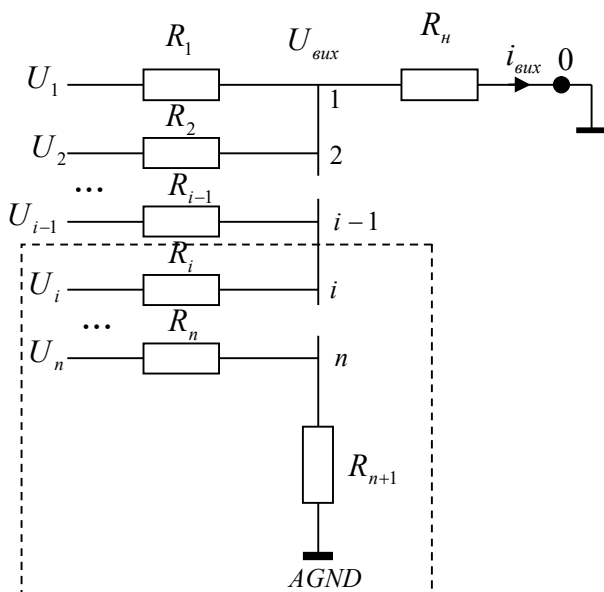
Теоретичні відомості

1. Суматори напруг

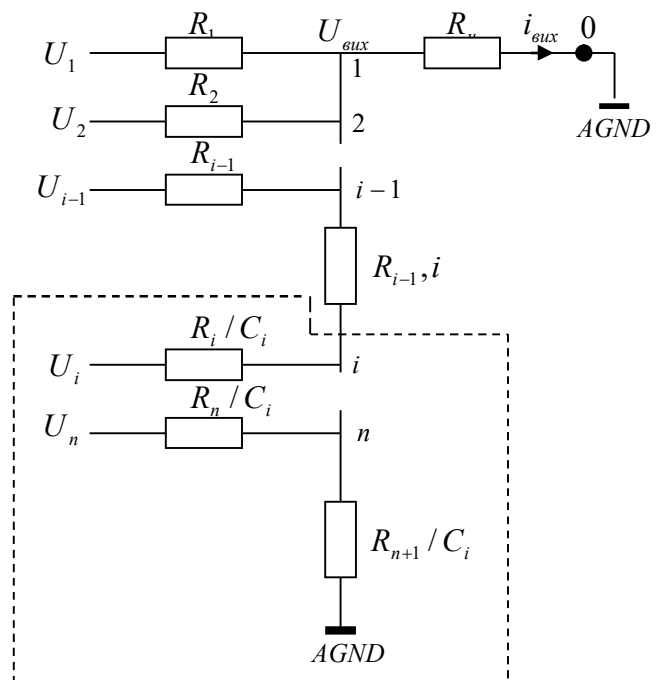
Розглянемо пасивні суматори напруги. Існує два типи суматорів напруги:

- суматори напруги послідовного типу;
- суматори напруги паралельного типу.

Суматори напруги послідовного типу практично не використовуються тому, що джерела напруг повинні бути незаземленими. Найбільш широко використовуються суматори напруги паралельного типу, які представляють собою резистивний багатополусник типу зірки.(див. мал. 1а.)

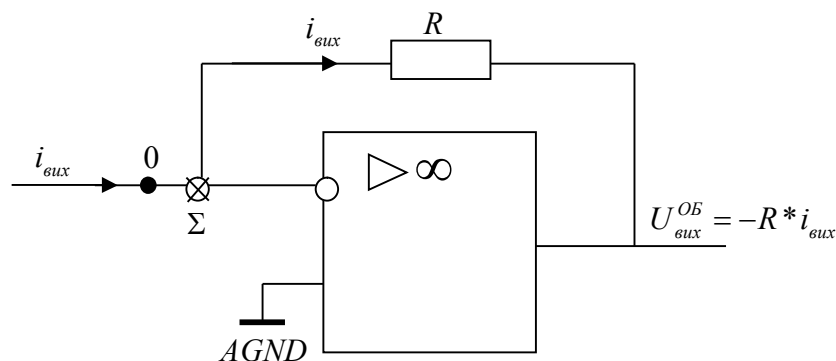


Мал. 1а



Мал. 1б

Точку '0' можна підключати не тільки до AGND , але й до підсумовуючої точки операційного підсилювача (мал. 1с) .



Мал. 1с

Відповідно до методу вузлової напруги вихідна напруга $U_{вих}$ для схеми мал. 1а визначається по наступній формулі:

$$U_{вих} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i \frac{1}{R_i}}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_n}} = \sum_{i=1}^n \frac{\frac{1}{R_i}}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_n}} U_i = \sum_{i=1}^n k_i U_i, \quad (1)$$

де $k_i = \frac{\frac{1}{R_i}}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_n}}$ — коефіцієнт передачі суматора по і-ому входу (по напрузі).

Примітка: реальне значення коефіцієнта передачі k_i може бути представлене як $k_i = k_i^* \cdot t$, де t - масштаб підсумовування.

З формули (1):

$$k_i \sim \frac{1}{R_i}, \quad \text{де } (i=1, n). \quad (2)$$

Формула (1) або (2) може бути використана для розрахунку коефіцієнтів передачі по заданих опорах. Для синтезу схеми використається зворотна формула:

$$R_i \sim \frac{1}{k_i}, \quad \text{де } (i=1, n) \quad (3)$$

Коефіцієнт пропорційності можна вибрати будь-яким, але він повинен бути однаковим для всіх входів.

Знайдемо вираз для вихідного струму схеми, представленої на мал. 1а:

$$i_{\text{вих}} = \frac{U_{\text{вих}}}{R_n} = \sum_{i=1}^n k_i' U_i, \quad (4)$$

де $k_i' = \frac{\frac{1}{R_i}}{R_n \sum_{s=1}^{n+1} \frac{1}{R_s} + 1}$ -- коефіцієнт передачі по i -му входу (від вх. напруги до вих. току)

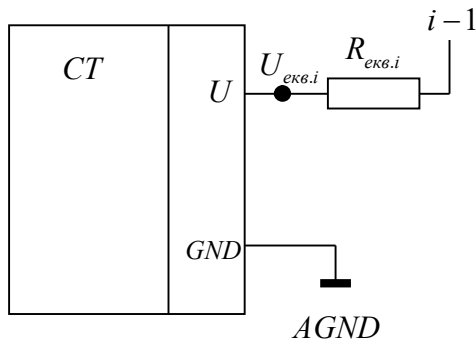
Якщо $R_n = 0$, тоді $k_i' = \frac{1}{R_i}$.

Для зменшення кількості номіналів і зменшення розбіжності номіналів ($R_{\text{max}}/R_{\text{min}}$) використовується не чисто паралельна структура, а комбіновані структури, які одержуємо шляхом включення так званих резисторів зв'язку $R_{i-1,i}$ між точками $i-1$ й i ($i=2,n$). Кількість резисторів зв'язку може змінюватись від 1 до $n-1$, й місце включення будь-якого резистора вибирається довільно. Для того, щоб перетворення було еквівалентним, необхідно певним чином розрахувати значення опорів резисторів схеми.

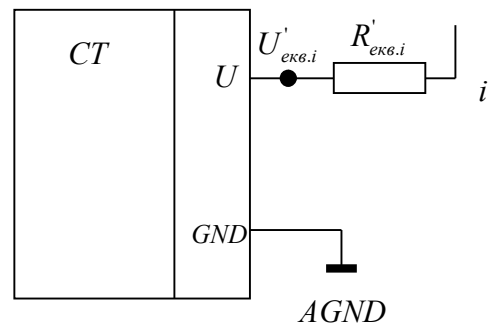
Для одержання правила еквівалентного перетворення структури розглянемо частину вихідної схеми (мал. 1а) обмежену пунктиром. Відповідно до теореми Тевенина (теорема про еквівалентний генератор) цю частину схеми можна представити у вигляді еквівалентного генератора напруги (мал. 2а) для якого :

$$U_{\text{екв.}i} = \frac{\sum_{k=1}^n U_k \frac{1}{R_k}}{\sum_{s=i}^{n+1} \frac{1}{R_s}} \quad (5)$$

$$R_{\text{екв.}i} = \frac{1}{\sum_{s=i}^{n+1} \frac{1}{R_s}} \quad (6)$$



Мал. 2а



Мал. 2b

Якщо між крапками $i-1, i$ підключити резистор зв'язку $R_{i-1,i}$, то необхідно зменшити в C_i раз опори резисторів $R_i, R_{i+1}, \dots, R_n, R_{n+1}$ (див мал. 1b), де $C_i = \text{const}$.

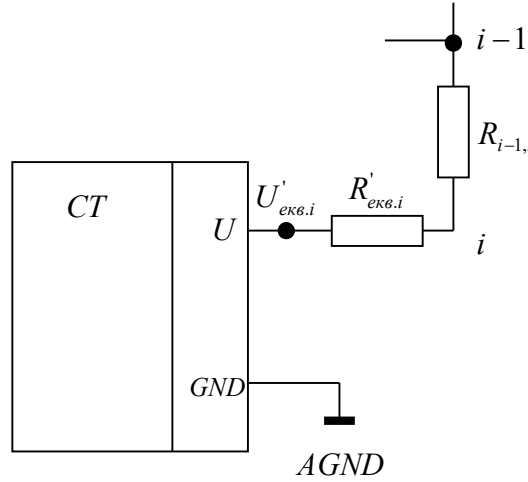
Примітка: зменшувати в C_i раз необхідно опори всіх резисторів, розташованих нижче i -тої точки, у тому числі й опору резисторів зв'язку, якщо вони присутні в схемі.

Відповідно до теореми Тевенина частина цієї нової схеми, обведена пунктиром (мал. 1b), також може бути представлена у вигляді еквівалентного генератора напруги (мал. 2b) для якого :

$$U'_{\text{екв.}i} = \frac{\sum_{k=i}^n U_k \frac{C_i}{R_k}}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{C_i}{R_s}} = \frac{\sum_{k=i}^n \frac{1}{R_k} U_k}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{1}{R_s}} = U_{\text{екв.}i} \quad (7)$$

$$R'_{екв.i} = \frac{1}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{C_i}{R_s}} = \frac{1}{C_i} \frac{1}{\sum_{s=1}^{n+1} \frac{1}{R_s}} = \frac{1}{C_i} R_{екв.i} \quad (8)$$

З урахуванням резистора зв'язку $R_{i-1,i}$ еквівалентний генератор для схеми (мал. 2b) має вигляд, представлений на мал. 2с.



Мал. 2с

Для того, щоб перетворення структури було еквівалентним, необхідно щоб параметри еквівалентних генераторів, наведених на малюнках 2а й 2с, були однаковими, тобто

$$U'_{екв.i} = U_{екв.i} \text{ і } R'_{екв.i} + R_{i-1,i} = R_{екв.i} \quad (9)$$

Тому що $U'_{екв.i}$ відповідно до (7) уже дорівнює $U_{екв.i}$, то для забезпечення тотожності перетворення структури необхідно забезпечити рівність вихідних опорів схем 2а й 2с тобто

$$\frac{1}{C_i} R_{екв.i} + R_{i-1,i} = R_{екв.i} \quad (10)$$

У такий спосіб умова еквівалентного перетворення структури має вигляд:

$$R_{i-1,i} = R_{екв.i} \left(1 - \frac{1}{C_i}\right), \text{ де } i = (2, n) \quad (11)$$

Звичайно розраховують значення $R_{екв.i}$, вибирають значення C_i і по формулі (11) визначають значення опору резистора зв'язку $R_{i-1,i}$.

Однополярні перетворювачі код-напруга(ПКН) і декодувальні сітки (ДС).

Операція декодування - операція визначення величини X , що пропорційна величині числа A , заданого цифровим кодом. Коефіцієнт пропорційності – масштаб декодування m_d , тобто $X = m_d A$.

Для позитивних чисел цифровий код числа A представляється у вигляді:
 $[A] = 0, a_1 a_2 \dots a_n$, де $[A]$ - код числа A , a_i - цифра i -го розряду коду.

Для позиційної системи числення величина числа A може бути визначена по такій формулі :

$$A = \sum_{i=1}^n a_i g_i, \text{ де } g_i - \text{вага } i\text{-го розряду } (i=1, n) \quad (12)$$

Тому що операція декодування може виконуватися з будь-яким масштабом декодування m_d , то операцію однополярного декодування для позиційних систем можна представити у вигляді :

$$X = m_d A = m_d \sum_{i=1}^n a_i g_i \quad (13)$$

Для моделювання операції декодування використовуються гібридні операційні блоки - і цифро - аналогові перетворювачі ЦАП. ЦАП можуть бути побудовані на основі суматора напруг - і так називані перетворювач код - напруга ПКН, або на основі суматора струмів -і т.зв. перетворювач код - струм ПКТ.

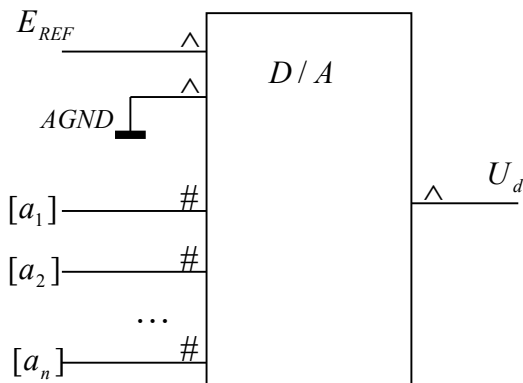
Розглянемо побудову однополярного ПКН.

Операція декодування в машинні змінні має такий вигляд :

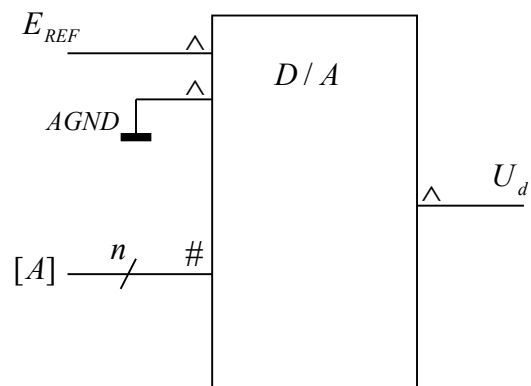
$$U_d = X E_{REF} = m_d \sum_{i=1}^n a_i g_i E_{REF} \quad (14)$$

де $E_{REF} = \text{const}$ - машинна змінна, що відображає математичну змінну $A=1$, U_d - машинна змінна, що відображає математичну змінну X .

Схема функціональна електрична наведена на мал. 3:



Мал. 3а

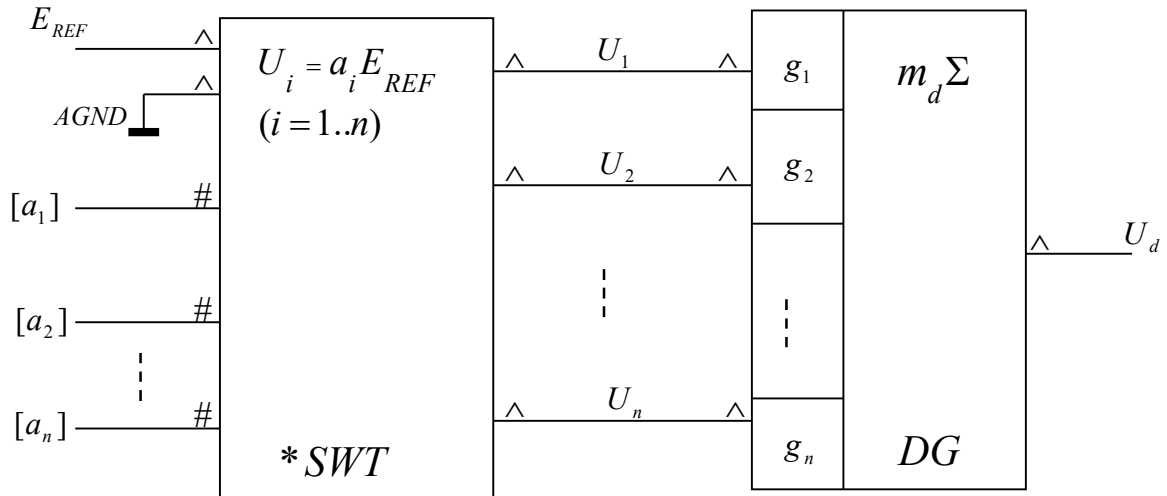


Мал. 3б

Відповідно до методу тотожних перетворень для моделювання ПКН формулу (14) зручно представити у вигляді системи :

$$\begin{cases} U_i = a_i E_{REF}, & i = (\overline{2, n}) \\ U_d = m_d \sum_{i=1}^n g_i U_i \end{cases} \quad (15)$$

У такий спосіб будь-який однополярний ПКН , що моделює систему (15) повинен складатися із двох частин (мал. 4):

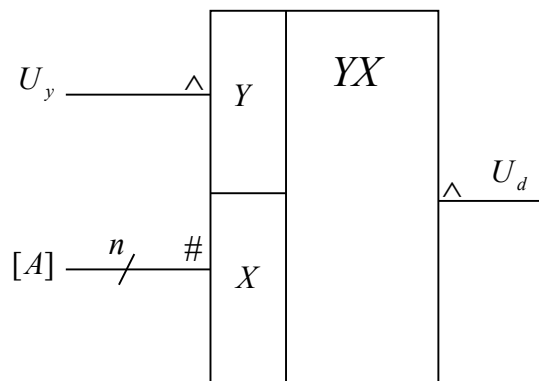


Мал. 4

Перша частина однополярного ЦАП - це схема, що моделює операції $U_i = a_i E_{REF}$ $i = (1, n)$, тобто набір перемикачів (*SWT).

Друга частина ПКН - аналоговий суматор напруг, у якого коефіцієнти передач по входах пропорційні вагам розрядів декодуємого числа, такий аналоговий суматор називають декодувальною сіткою ДС.

Примітка . Якщо замість E_{REF} подамо U_y , то буде моделюватися операція множення аналогової величини U_y на X . У такий спосіб виходить гібридний блок множення(множення аналогової величини U_y на цифрову A , причому вихідна змінна аналогова U_d), що прийнято називати ПКН, що множить (мал 5) .

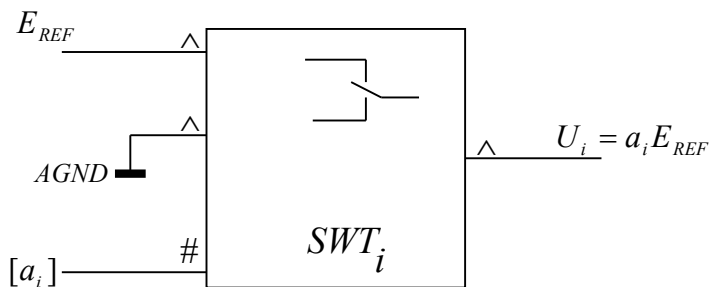


Мал. 5

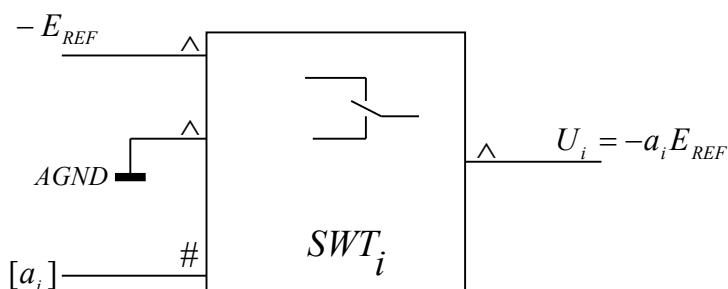
Операцію виду $U_i = a_i E_{REF}$ найпростіше реалізувати , якщо $a_i = \{0,1\}$, що справедливо для двійкової й двійково-кодуючих систем числення (у тому числі й для двійково - десяткових). Однополярний перемикач напруг , що моделює операцію виду $U_i = a_i E_{REF}$ представлений на мал. 6а. На мал. 6б представлений однополярний перемикач напруг, що моделює операцію виду $U_i = -a_i E_{REF} = a_i (-E_{REF})$, а на мал. 6с представлений біполярний перемикач напруг, що моделює операцію виду $U_i = (a_i - \bar{a}_i) E_{REF}$.

У такий спосіб перша частина схеми однополярного ПКН (див мал. 4) , тобто схема, що моделює операції $U_i = a_i E_{REF}$ $i = (1, n)$ є набір однополярних перемикачів напруг (мал. 6).

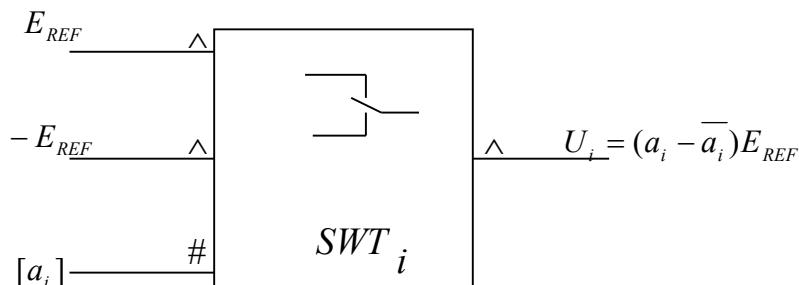
a)



b)



c)



Мал. 6

Примітка . Існує ще одна структура ПКН , у якому реалізована інша ідея-ідея вибору відповідної аналогової величини ; при цьому передбачене , що повинні бути сформовані всі можливі значення U_d , кількість яких для двійкової системи числення становить 2^n , і після дешифрації вхідного коду здійснюється вибір відповідного значення U_d , тобто кожна вихідна шина дешифратора відкриває один із ключів, що передає на вихід відповідне значення напруги U_d (рівень напруги).

Біполярні ПКН.

Біполярна величина A , що лежить у межах від -1 до 1 ($-1 \leq A \leq 1$), кодується в такий спосіб $[A] = a_0 a_1 a_2 \dots a_n$, де a_0 - знаковий розряд .

Для подання біполярної інформації в ЕОМ використовуються так називані біполярні коди: прямий , інверсний, додатковий, зміщений, зворотний й інші.

Розглянемо побудову біполярних ПКН для різних біполярних кодів позиційних СЧ.

В інверсному коді для позитивних чисел ($A \geq 0$) $a_0^i = 0$ і величина числа

визначається по формулі $A = \sum_{i=1}^n a_i g_i$; для негативних чисел ($A \leq 0$) $a_0^i = 1$ і величина числа

визначається по наступній формулі $A = -\sum_{i=1}^n \overline{a_i^i} g_i = -\sum_{i=1}^n (1 - a_i^i) g_i = -\sum_{i=1}^n g_i + \sum_{i=1}^n a_i^i g_i$

Отже, для інверсного коду загальна формула для декодування біполярної інформації має вигляд :

$$A_1^i = a_0^i \left(-\sum_{i=1}^n g_i \right) + \sum_{i=1}^n a_i^i g_i \quad (16)$$

У машинних змінних операція біполярного декодування числа представленого в інверсному коді, має вигляд :

$$U_{d1}^i = m_d A_1^i E_{REF} = m_d \left[\left(+\sum_{i=1}^n g_i \right) a_0^i (-E_{REF}) + \sum_{i=1}^n g_i a_i^i E_{REF} \right], \quad (17)$$

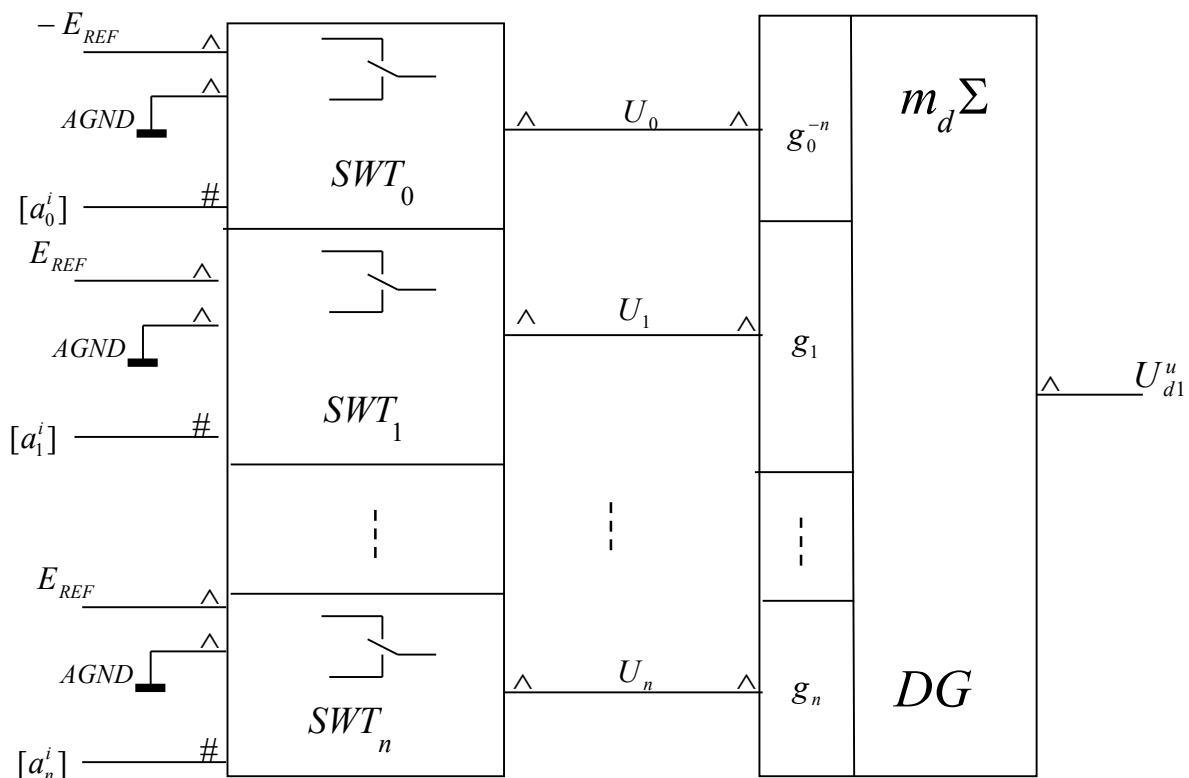
де U_{d1}^i - машинна змінна (напруга), що відображає математичну змінну A_1^i .

Вираз 17 відповідно до методу тотожних перетворень представляється у вигляді :

$$\begin{cases} U_0 = a_0^i (-E_{REF}); \\ U_i = a_i^i E_{REF}, \quad i = (1, n) \\ U_{d1}^i = m_d [g_0^{-n} U_0 + \sum_{i=1}^n g_i U_i] \end{cases} \quad (18)$$

$$\text{де } g_0^{-n} = \sum_{i=1}^n g_i$$

Схема біполярного ПКН для інверсного коду, що відповідає системі 18, представлена на мал. 7



Таку структуру біполярного ПКН прийнято називати «біполярний ПКН зі зміщенням, що комутується».

Для двійкового коду $g_i = 2^{-i}$, $(i=1, \overline{n})$ і $g_0^{-n} = \sum_{i=1}^n g_i = 1 - 2^{-n}$ й, і система машинних рівнянь, що описують операцію біполярного декодування інверсного двійкового коду має вигляд :

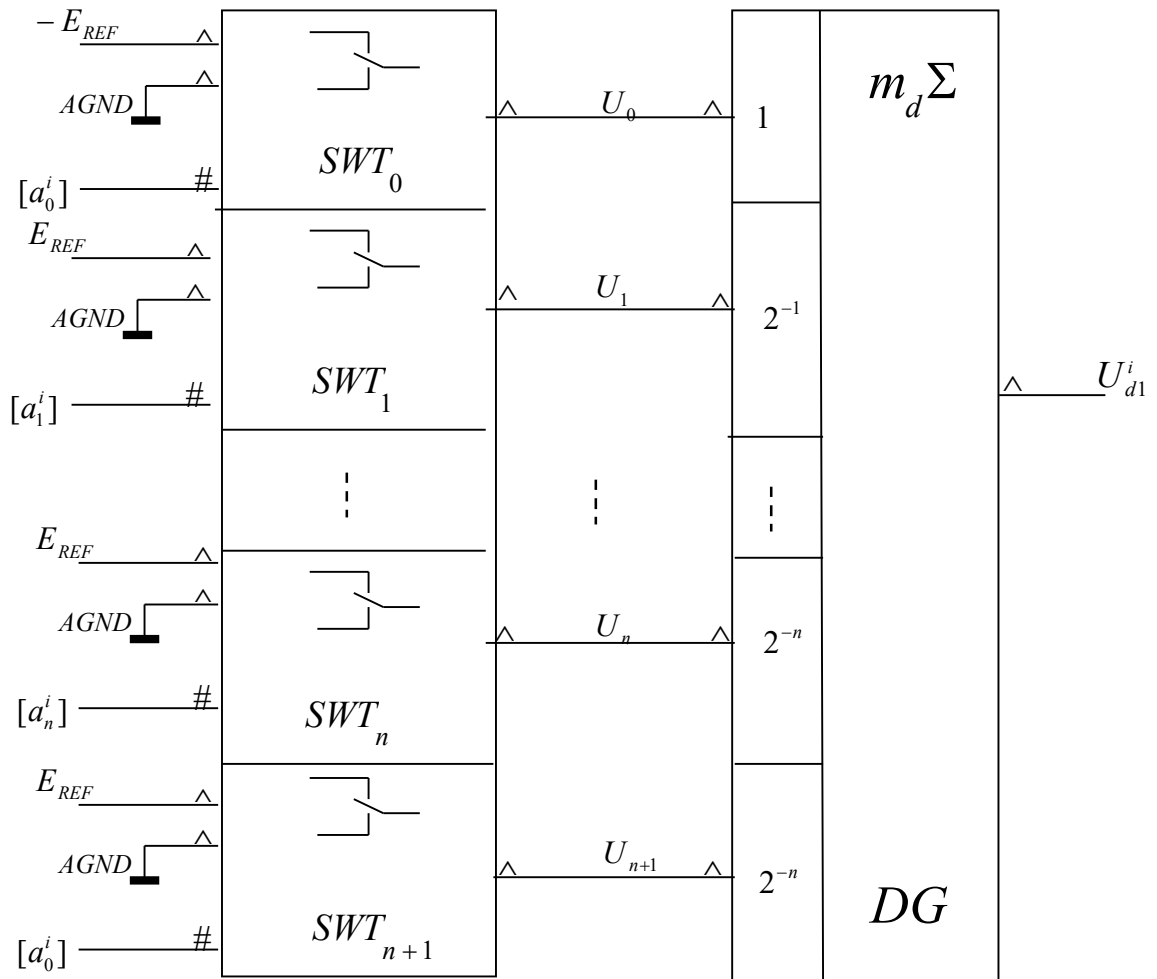
$$\begin{cases} U_0 = a_0^i(-E_{REF}); \\ U_i = a_i^i E_{REF}, i = (1, \overline{n}) \\ U_{d1}^i = m_d[(1 - 2^{-n})U_0 + \sum_{i=1}^n 2^{-i}U_i] \end{cases} \quad (19)$$

Примітка: для двійкової системи числення й двійково-десятькової системи числення 2421 інверсний код і зворотний код збігаються.

Вираз 19 відповідно до методу тотожних перетворень представляється у вигляді :

$$\begin{cases} U_0 = a_0^i(-E_{REF}); \\ U_i = a_i^i E_{REF}, (i = 1, \overline{n}) \\ U_{n+1} = a_0^i E_{REF} = -U_0; \\ U_{d1}^i = m_d[U_0 + \sum_{i=1}^n 2^{-i}U_i + 2^{-n}U_{n+1}], \end{cases} \quad (20)$$

Схема біполярного ПКН для інверсного двійкового коду буде мати вигляд , представлений на мал. 8.



Мал. 8

Примітка : для організації $(n+1)$ -го входу ДС можна використати т.зв. кінцевий резистор, що погодить, R_{n+1} , якщо $R_{n+1}=R_n$.

У додатковому коді для позитивних чисел ($A \geq 0$) $a_0^\circ=0$ і величина числа визначається по формулі $A = \sum_{i=1}^n a_i g_i$; для негативних чисел ($A \leq 0$) $a_0^\circ=1$ і величина числа визначається по наступній формулі $A = -(\sum_{i=1}^n \overline{a_i^\circ} g_i + g_n) = -(\sum_{i=1}^n g_i + g_n) + \sum_{i=1}^n a_i^\circ g_i$

Отже, у додатковому коді загальна формула для визначення величини біполярного числа A має вигляд:

$$A_1^\circ = a_0^\circ(-g_0) + \sum_{i=1}^n a_i^\circ g_i, \quad (21)$$

$$\text{де } g_0 = \sum_{i=1}^n g_i + g_n$$

У машинних змінних операція біполярного декодування, числа представленого в додатковому коді має вигляд:

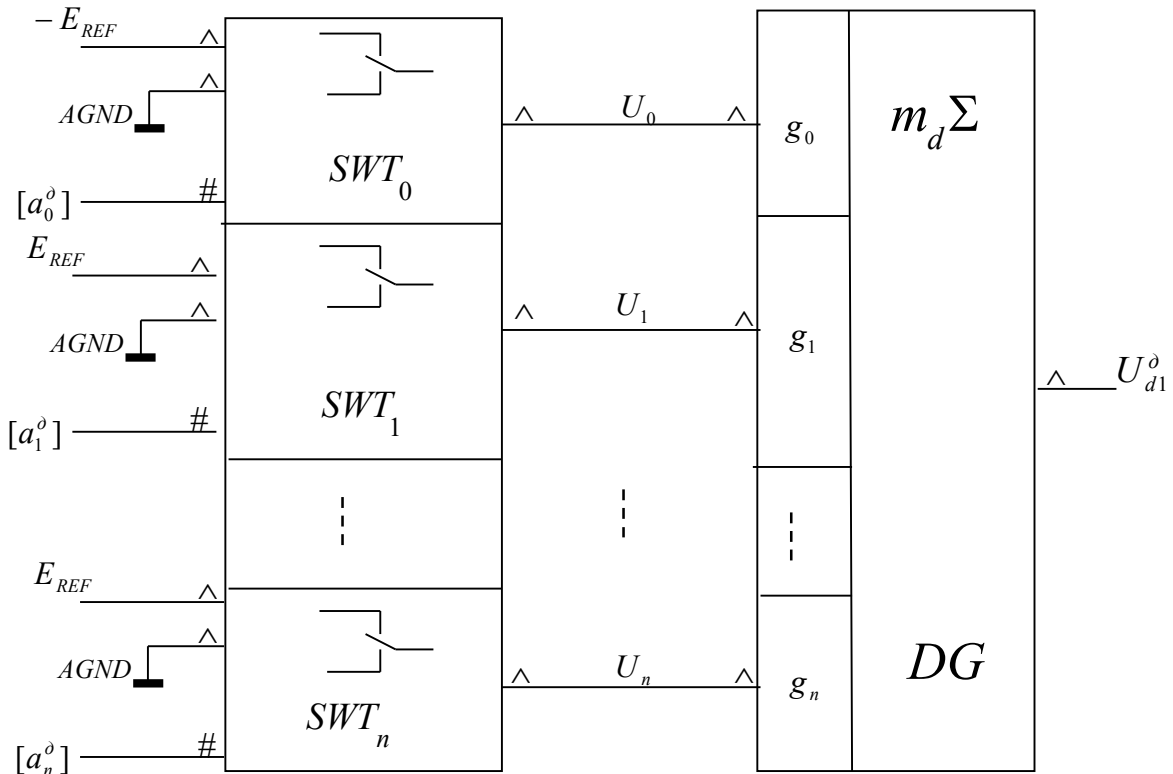
$$U_{d1}^\circ = m_d A_1^\circ E_{REF} = m_d [g_0 a_0^\circ (-E_{REF}) + \sum_{i=1}^n g_i a_i^\circ E_{REF}] \quad (22)$$

де U_{d1}° - машинна змінна (напруга), що відображає математичну змінну A_1° .

Вираз 22 відповідно до методу тотожних перетворень представляється у вигляді:

$$\begin{cases} U_0 = a_0^\circ (-E_{REF}); \\ U_i = a_i^\circ E_{REF}, i = (\overline{1, n}) \\ U_{d1}^\circ = m_d [g_0 U_0 + \sum_{i=1}^n g_i U_i] \end{cases} \quad (23)$$

Схема біполярного ПКН для додаткового коду, що відповідає системі 23, представлена на мал. 9.



У змiщеному кодi для позитивних чисел ($A \geq 0$) $a_0^3=0$ i величина числа визначається по формулi $A = \sum_{i=1}^n a_i^3 g_i$. Для негативних чисел ($A \leq 0$) $a_0^3=1$ i величина числа визначається по наступнiй формулi

$$A = -(\sum_{i=1}^n \overline{a_i^3} g_i + g_n) = -\sum_{i=1}^n (1 - a_i^3) g_i - g_n = -(\sum_{i=1}^n g_i + g_n) + \sum_{i=1}^n a_i^3 g_i = -g_0 + \sum_{i=1}^n a_i^3 g_i$$

Отже, у змiщеному кодi загальна формула для декодування бiполярної iнформацiї має вигляд :

$$A_1^3 = \overline{a_0^3}(-g_0) + \sum_{i=1}^n a_i^3 g_i \quad (24)$$

У машинних змiнних операцiя бiполярного декодування числа представлено в змiщеному кодi має вигляд :

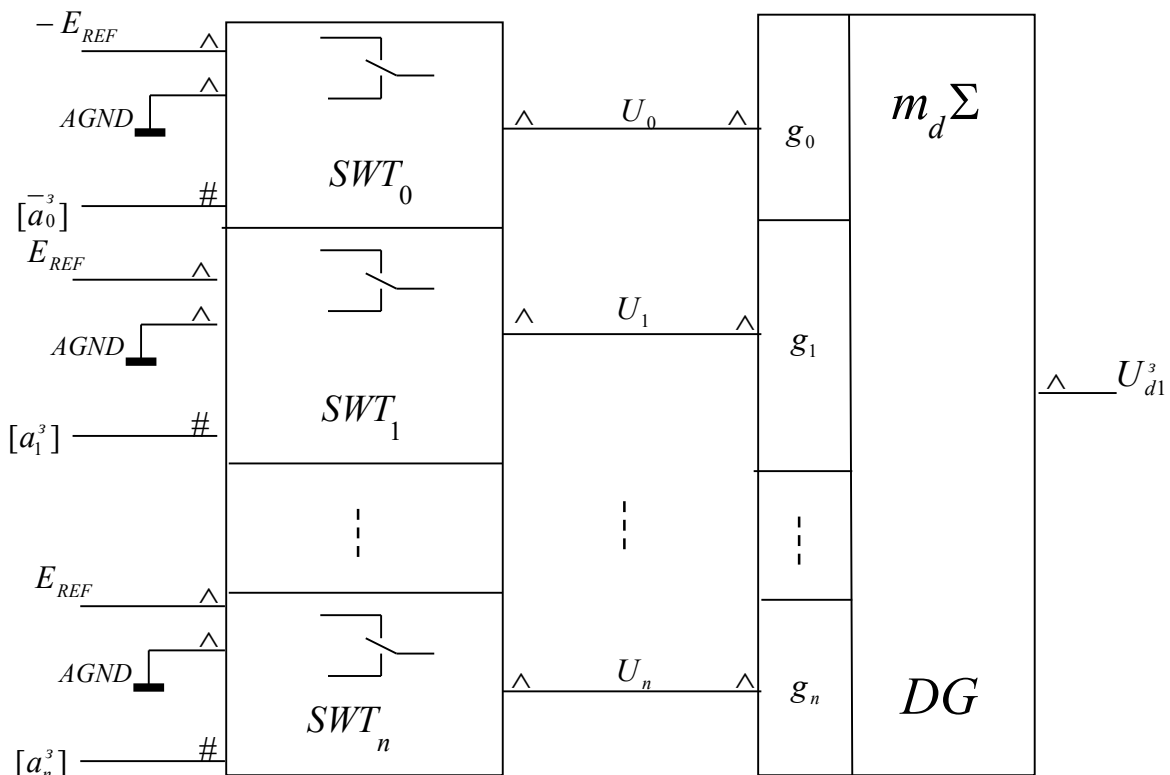
$$U_{d1}^3 = m_d A_1^3 E_{REF} = m_d [g_0 \overline{a_0^3} (-E_{REF}) + \sum_{i=1}^n g_i a_i^3 E_{REF}] \quad (25)$$

де U_{d1}^3 - машинна змiнна (напруга), що вiдображає математичну змiнну A_1 .

Вираз 3.25 вiдповiдно до методу тотожних перетворень представляється у виглядi :

$$\begin{cases} U_0 = \overline{a_0^3} (-E_{REF}); \\ U_i = a_i^3 E_{REF}, \quad i = (1, n) \\ U_{d1}^3 = m_d [g_0 U_0 + \sum_{i=1}^n g_i U_i] \end{cases} \quad (26)$$

Схема бiполярного ПКН для змiщеного коду.



Мал. 10

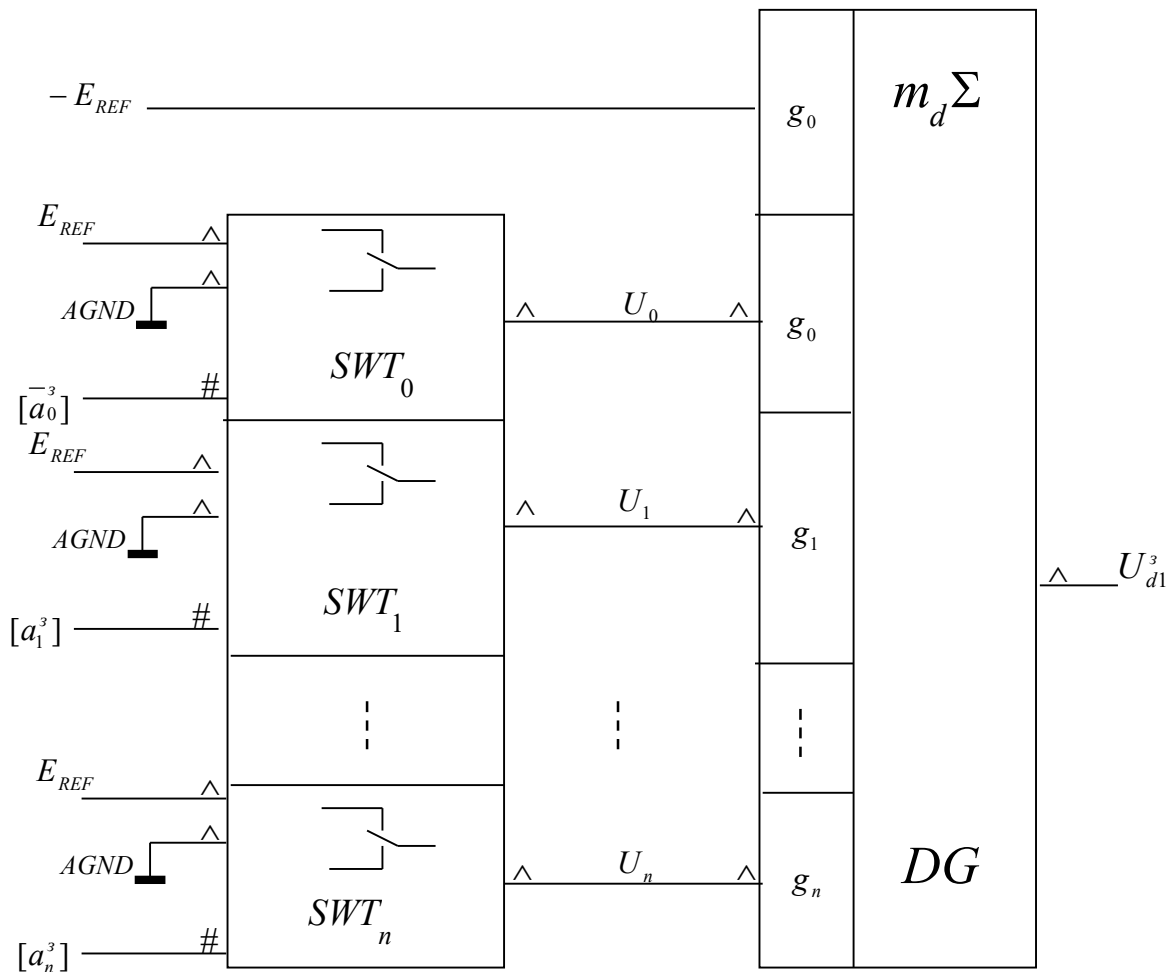
Якщо у вищенаведених формулах (16-25) зробити заміну $a_0=1-\overline{a_0}$, тоді одержимо так називані структури біполярних ПКН із фіксованим зсувом.

$$\text{Додатковий код } A_2^\partial = -g_0 + \overline{a_0^\partial} g_0 + \sum_{i=1}^n a_i^\partial g_i \quad (27)$$

$$\text{Інверсний код } A_2^i = -g_0^{-n} + \overline{a_0^i} g_0^{-n} + \sum_{i=1}^n a_i^i g_i \quad (28)$$

$$\text{Зміщений код } A_2^3 = -g_0 + \sum_{i=1}^n a_i^3 g_i \quad (29)$$

Так, для зміщеного коду біполярного ПКН із фіксованим зсувом має такий вигляд (мал. 11).



Мал. 11

Для одержання біполярного ПКН із біполярними перемикачами зробимо заміну

$$a_i = \frac{1}{2}(a_i + \frac{1}{2}a_i) = \frac{1}{2}(1 + (a_i - \overline{a_i})), a_i = 1 - \overline{a_i}.$$

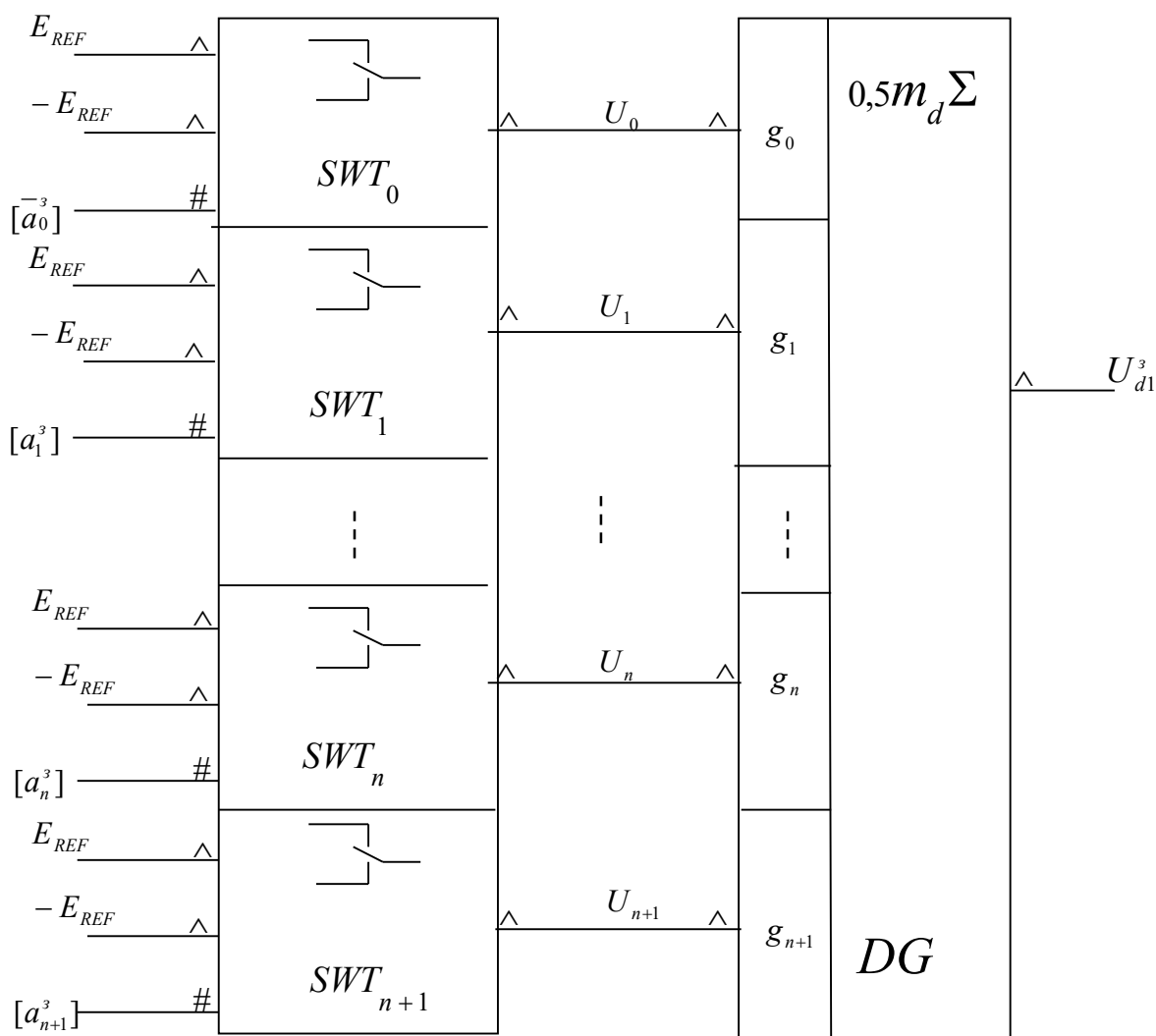
Виконавши відповідні перетворення, одержуємо наступні рівняння:

$$\text{Додатковий код } A_3^\partial = \frac{1}{2} \{ (\overline{a_0^\partial} - a_0^\partial) g_0 + \sum_{i=1}^n (a_i^\partial - \overline{a_i^\partial}) g_i - g_n \} \quad (30)$$

$$\text{Інверсний код } A_3^i = \frac{1}{2} \{ (\overline{a_0^i} - a_0^i) g_0 + \sum_{i=1}^n (a_i^i - \overline{a_i^i}) g_i - (a_i^i - \overline{a_i^i}) g_n \} \quad (31)$$

$$\text{Зміщений код } A_3^3 = \frac{1}{2} \{ (\overline{a_0^3} - a_0^3) g_0 + \sum_{i=1}^n (a_i^3 - \overline{a_i^3}) g_i - g_n \} \quad (32)$$

У біполярному ПКН із біполярними перемикачами похибка у два рази менше, тобто точність у два рази більше. Приклад біполярного ПКН із біполярними перемикачами для інверсного коду представлений на мал. 12



Мал. 12

Приклад виконання лабораторної роботи .

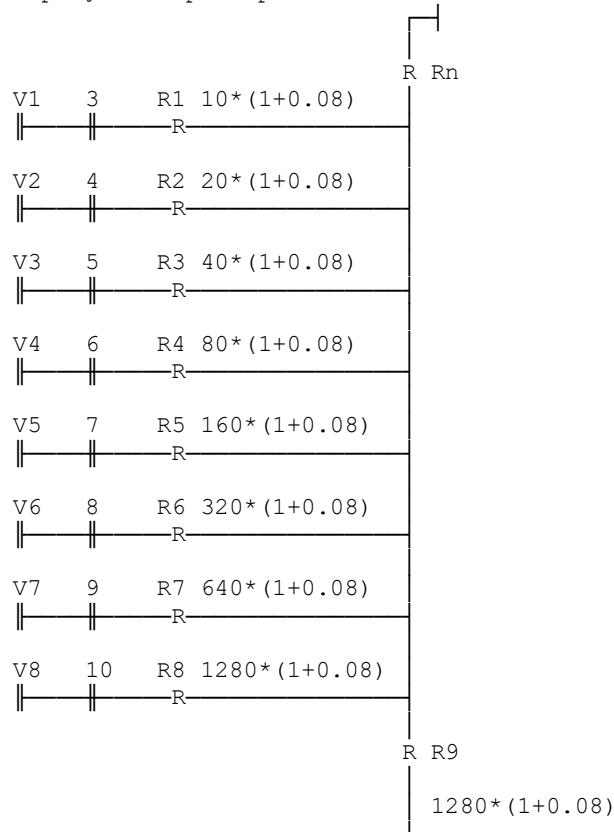
1. Дослідження суматорів струму.

З таблиці 1.1 знаходимо, що $k'_i = 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/64, 1/128, 1/256$.

$R = 10 \text{ Ом}$ $DR = 0.08\%$

$U_{\text{вх } i} = 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 \text{ В}$

Розрахуємо параметри схеми.



$k'_i \sim 1/R_i$ $R_i \sim 1/k'_i$, звідки

$R_1 = 10 \text{ Ом}$ $R_5 = 160 \text{ Ом}$

$R_2 = 20 \text{ Ом}$ $R_6 = 320 \text{ Ом}$

$R_3 = 40 \text{ Ом}$ $R_7 = 640 \text{ Ом}$

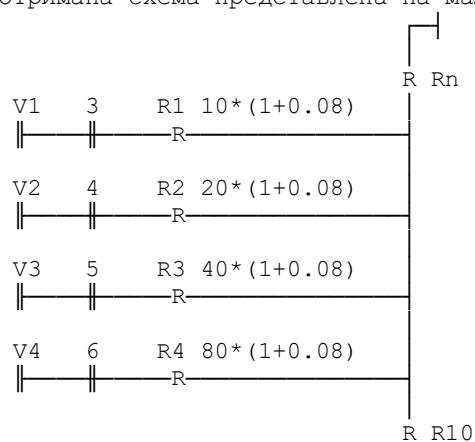
$R_4 = 80 \text{ Ом}$ $R_8 = 1280 \text{ Ом}$

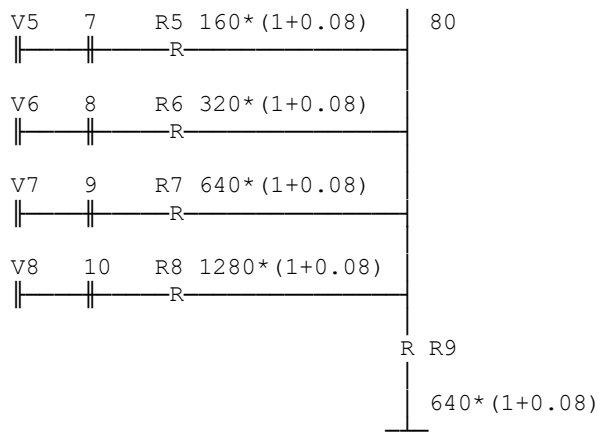
Оберемо $R_9 = R_8 = 1280 \text{ Ом}$

$$U'_{\text{вих}} = \frac{\sum_{i=1, n; 1/R_i}}{\sum_{s=1, n+1; 1/R_s + 1/R_n}} = \frac{\sum_{i=1, n; (U_i \cdot 1/R_i)}{\sum_{i=1, n+1; 1/R_s + 1/R_i}} = 3.9531 \text{ В};$$

$k_i = (1/R)_i / (\sum_{i=1, n+1; 1/R_s + 1/R_i})$; $k_1 = 0.5$; $k_2 = 0.25$ и т.д.
тобто $m=1$.

У нашому випадку $U'_{\text{вих}} = U'_{\text{вих max}}$
Отримана схема представлена на мал.1.





2. В отриманій схемі між заданими точками $i-1$, i включити опір $R_{i-1,i}$ по заданому коефіцієнту перерахування C_i .
Відповідно до варіанта $I=5$, $C_i=2$.
Розрахуємо параметри схеми.
Замінімо $R5-R9$ на еквівалентне.

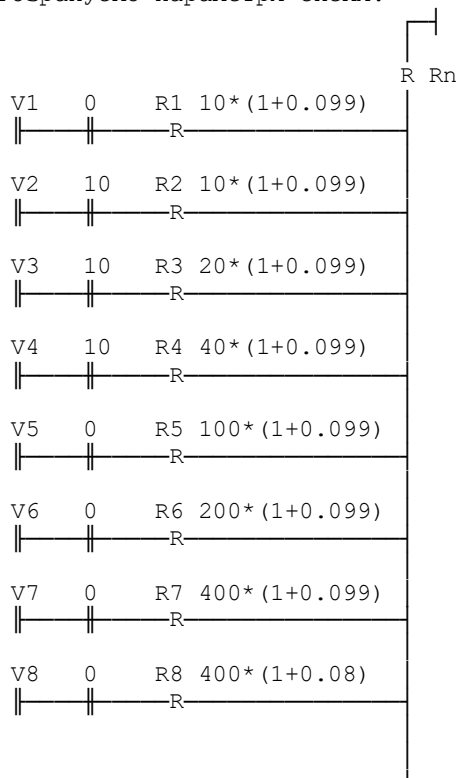
$$R_{\text{екв}i} = 1 / (\text{SUM}(s=1, n+1; 1/R_s))$$

$$R'_{\text{екв}i} = R_{\text{екв}i} / C_i, \quad R_{i-1,i} = R_{\text{екв}i} (1 - 1/C_i)$$

Тоді $R_{\text{екв}i} = 8R = 800\Omega$
 $R_{4,5} = 4R = 40\Omega$, значення опорів
розташовані нижче точки 5
зменшуються в C_i (2) разів відповідно.
При цьому $U_{\text{вих}}$ не змінюється.
Отримана схема зображена на мал 2.

3. Відповідно до варіанта розробити однополярний двійково-десятковий
перетворювач - код напруга (ПКН)
Варіант ДДК-4421
 $R1=10\Omega$ $DR=0.099\%$ $U=10V$ Реалізовані коди-0.3,0.7,0.11

Розрахуємо параметри схеми.



Ваги відповідних розрядів -

$g_1=0.4$ $g_5=0.04$

$g_1=0.4$ $g_6=0.04$

$g_1=0.2$ $g_7=0.02$

$g_1=0.1$ $g_8=0.01$

звідки при $R_1=10$ Ом значення опорів

$R_1=R_n=10$ Ом $R_5=100$ Ом

$R_2=10$ $R_6=100$ Ом

$R_3=20$ $R_7=200$ Ом

$R_4=40$ $R_8=R_9=400$ Ом

Розраховуємо значення вихідної напруги для трьох кодів.

$U'_d1 = \text{SUM}(i=1, n; ((1/R_i) * U_i) / \text{SUM}(s=1, n+1; 1/R_s + 1/R_i)) = 1,85\text{В}$ (для 0.3);

$U'_d2 = 4.32\text{В}$ (для 0.7), $U'_d3 = 0.67\text{В}$ (для 0.11)

схема паралельної ДС представлена на мал 3.

4. Намалювати схему біполярного перетворювача (ПКН) для деякого коду двійкової системи числення. Код і варіант структури вибрати відповідно до варіанта з табл.1.2.

Код - додатковий. $C_5=4$ $R_1=100$ Ом $DR=0.099\%$

Реалізовані коди- 0.3, 0.7, 0.125, -0.7, -0.3

Розраховуємо параметри схеми.

Вага знакового розряду

Звідки $R_0=R_1/2=50$ Ом

$R_1=100$ Ом $R_5=1600$ Ом

$R_2=200$ Ом $R_6=3200$ Ом

$R_3=400$ Ом $R_7=6400$ Ом

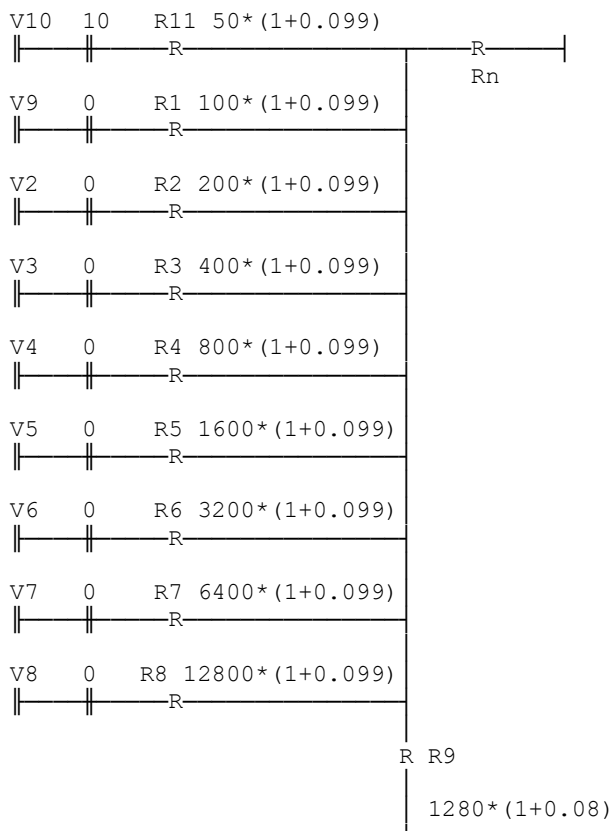
$R_4=800$ Ом $R_8=12800$ Ом

Включимо опір $R_{i-1,i}$ між крапками 4 й 5

тоді по формулах пункту 2

Рекв $i=879.38\text{В}$

$R_{4,5}=219.845\text{В}$



відповідно значення опорів R_5-R_8 зменшаться в 4 рази -

$R_5=400$ Ом $R_5=1600$ Ом

R5=800 Ом R5=3200 Ом
Розраховуємо значення вихідної напруги для п'яти кодів.

U'_d4=1.524
U'_d5=2.972
U'_d6=0.625
U'_d7=-2.976
U'_d8=-1.525

Схема біполярного ПКН представлена на мал 4.

2.Виконання роботи.

2.1.Збираємо схему за пунктом 1. Виміряти значення вихідної напруги Uвих1 у режимі Transient і розрахувати абсолютну похибку $\Delta U_{\text{вих1}} = U_{\text{вих}} - U_{\text{вих1}}$ і наведену похибку $\gamma_{\text{Uвих1}} = \Delta U_{\text{вих1}} / U'_{\text{вих max}}$.
U_вих1=3.953В.

Звідки $\Delta U_{\text{вих1}} = 3.9531 - 3.953 = 0.0001\text{В}$.
 $\gamma_{\text{U}_\text{вих1}} = 0.00002529$

2.2 Зібрати схему суматора з резистором зв'язку й виміряти значення вихідної напруги U_вих2 у режимі Transient (значення ΔU_2 вибрати з табл.1.2 відповідно до варіанта) .Розрахувати похибки $\Delta U_{\text{вих2}} = U_{\text{вих}} - U_{\text{вих2}}$ й $\gamma_{\text{U}_\text{вих2}} = \Delta U_{\text{вих2}} / U'_{\text{вих max}}$
U_вих2=3.89В.

Звідки $\Delta U_{\text{вих2}} = 3.9531 - 3.89 = 0.0631\text{В}$.
 $\gamma_{\text{U}_\text{вих2}} = 0.01596$.

2.3. Зібрати схему однополярного ПКН (значення ΔU_3 вибрати з табл.1.2 відповідно до варіанта) . Виміряти значення трьох вихідних напруг для 3 кодів й розрахувати похибку виміру $\Delta U_{d1}, \Delta U_{d2}, \Delta U_{d3}$, $\gamma_{U_{d1}}, \gamma_{U_{d2}}, \gamma_{U_{d3}}$ ($\gamma_{U_{di}} = \Delta U_{di} / U_{d \text{ max}} = m d E_{\text{ref}}$)

Звідки

U_d1 =1.857В	$\Delta U_{d1} = 1.857 - 1.854 = 0.003\text{В}$	$\gamma_{U_{d1}} = 0.0004$
U_d2 =4.302В	$\Delta U_{d2} = 4.302 - 4.32 = -0.018\text{В}$	$\gamma_{U_{d2}} = 0.00242$
U_d3 =0.678В	$\Delta U_{d3} = 0.676 - 0.67 = 0.006\text{В}$	$\gamma_{U_{d3}} = 0.0008$
U_d max =0.436		

2.4. Зібрати схему біполярного ПКН відповідного коду(див.пл.1.6) задавши розкид номіналів ΔU_4 . Значення ΔU_4 вибрати з табл.1.2. відповідно до варіанта . Виміряти значення вихідних напруг U_d4 ,U_d5, U_d6, U_d7, U_d8 відповідних заданим кодам і розрахувати похибки $\Delta U_{d4}, \Delta U_{d5}, \Delta U_{d6}, \Delta U_{d7}, \Delta U_{d8}$ й $\gamma_{U_{d4}}, \gamma_{U_{d5}}, \gamma_{U_{d6}}, \gamma_{U_{d7}}, \gamma_{U_{d8}}$ ($\gamma_{U_{di}} = \Delta U_{di} / U_{d \text{ max}} = m d E_{\text{ref}}$) .

Звідки

U_d4 =1.530В	$\Delta U_{d4} = 1.530 - 1.524 = 0.006\text{В}$	$\gamma_{U_{d4}} = 0.0012$
U_d5 =2.974В	$\Delta U_{d5} = 2.974 - 2.972 = -0.002\text{В}$	$\gamma_{U_{d5}} = 0.0004$
U_d6 =0.626В	$\Delta U_{d6} = 0.626 - 0.625 = 0.001\text{В}$	$\gamma_{U_{d6}} = 0.0002$
U_d7 =-2.977В	$\Delta U_{d7} = -2.977 + 2.976 = -0.001\text{В}$	$\gamma_{U_{d7}} = 0.0002$
U_d8 =-1.527В	$\Delta U_{d8} = -1.527 + 1.525 = -0.002\text{В}$	$\gamma_{U_{d8}} = 0.0004$
U_d max =4.997		