

УДК 681.152.1.01.

ПОСТРОЕНИЕ ТАБЛИЦ УРОВНЕЙ ЛОГИЧЕСКИХ
СТРУКТУР В ДИЗЬЮНКТИВНО-КОНЬЮНКТИВНОМ
БАЗИСЕ

И.А.Кононенко, Ю.И. Кузьякин.

Под таблицей уровней [I] будем понимать множество булевых функций длины ℓ , реализуемых с помощью заданного логического преобразования R на различных уровнях.

К нулевому уровню относятся входные функции. Функции первого уровня можно получить путем применения логического преобразования R к функциям нулевого уровня.

Функции κ -го уровня образуются путем последовательного применения логического преобразования R к функциям всех предыдущих уровней. Каждая из функций κ -го уровня реализуется с использованием хотя бы одной функции $(\kappa-1)$ -го уровня.

Таблицы уровней, используемые при синтезе комбинационных схем, представляют и самостоятельный интерес, так как дают возможность судить о быстродействии комбинационных схем, реализованных на различных логических элементах.

1. Программа построения таблиц уровней

Программа построения таблиц уровней рассчитана на получение таблиц следующего вида:

- а) сокращенная таблица уровней без ограничения по глубине связей;
- б) сокращенная таблица уровней с ограничением по глубине связей;

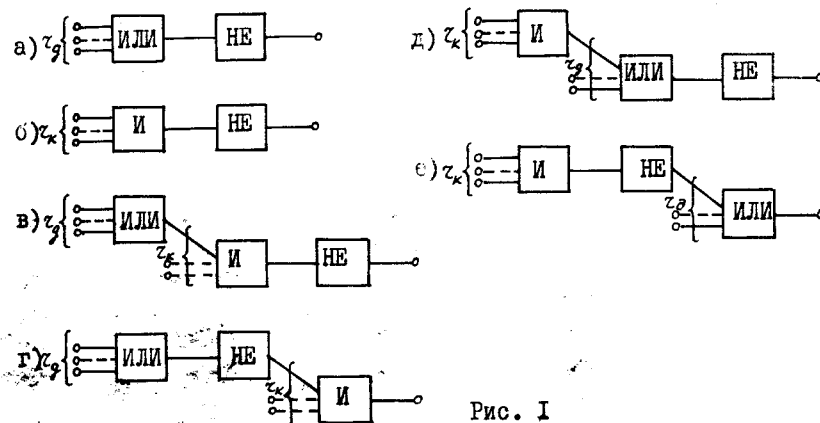
в) расширенная таблица уровней без ограничения по глубине связей.

г) расширенная таблица уровней с ограничением по глубине связей.

Сокращенные таблицы уровней содержат на каждом уровне все вновь образуемые функции за исключением функций, реализованных на всех предыдущих уровнях. Если при построении κ -го уровня новых функций не образуется, то множество функций κ -го уровня будет пустым.

В отличие от сокращенных, расширенные таблицы на каждом уровне содержат все вновь образуемые функции, в том числе и те, которые были реализованы на более низких уровнях.

Множество функций κ -го уровня будет содержать все возможные функции длины ℓ , если на предыдущих уровнях расширенной таблицы все возможные функции длины ℓ уже получены и если нет ограничения по глубине связи. Программа построения таблиц уровней рассчитана на использование конъюнктивно-дизъюнктивных элементов следующих типов (рис.1):



- а) элемент "ИЛИ-НЕ" с любым рангом дизъюнкции z_d ;
- б) элемент "И-НЕ" с любым рангом конъюнкции z_k ;
- в) элемент "ИЛИ-И-НЕ" с любыми рангами дизъюнкции z_d и конъюнкции z_k ;
- г) элемент "ИЛИ-НЕ-И" с любыми рангами дизъюнкции z_d и конъюнкции z_k ;
- д) элемент "И-ИЛИ-НЕ" с любыми рангами конъюнкции z_k и дизъюнкции z_d ;

е) элемент "И-НЕ-ИЛИ" с любыми рангами конъюнкции z_k и дизъюнкции z_d .

Кроме того, таблицы уровней могут быть построены на наборе из вышеперечисленных элементов, число которых не должно превышать шести. Следует отметить, что не имеет смысла использовать наборы из однотипных элементов различного ранга, так как множество функций, полученное с помощью элемента самого высокого ранга покрывает множество функций, получаемое с помощью элементов более низких рангов. Элементы "ИЛИ-НЕ" и "И-НЕ" будем относить к виду простых элементов, а элементы "ИЛИ-И-НЕ", "ИЛИ-НЕ-И" и "И-НЕ-ИЛИ" - "И-ИЛИ-НЕ" - к виду сложных элементов.

Возможное число уровней таблицы и длина функций ограничены объемом оперативной памяти. В данной программе максимально возможное число уровней в таблице - 12, а длина функций ℓ не должна превышать двенадцати разрядов, что определяется объемом оперативной памяти ЭВМ М-20 при использовании ПС ЛЯПАС [2]. При использовании внешних накопителей можно существенно увеличить допустимое ℓ , выполняя построение таблиц по частям.

блок-схема программы построения таблиц уровней

Блок-схема программы построения таблиц уровней приведена на рис.2. Блок формирования матрицы нулевого уровня преобразует список входных функций, заданных в канонической форме, в матричную форму. Рабочие комплексы и комплексы, отведенные для хранения таблицы уровней, размечаются блоком разметки комплексов в зависимости от длины заданных функций. Разметка заключается в присвоении данному комплексу начала и модности.

При построении таблиц уровней с ограниченной глубиной связей λ в образовании K -го уровня участвуют функции $(K-1)$ -го, $(K-2)$ -го, ..., $(K-\lambda)$ -го уровней. Блок ограничения по глубине связей формирует множество функций, участвующих в образовании K -го уровня с учетом заданной глубины связей.

При построении сокращенных таблиц уровней из множества функций, реализуемых на K -ом уровне, исключаются функции, реализованные на всех предыдущих уровнях. Для этой цели служит блок сокращения уровня. Построение таблицы уровней прекращается, если в результате вычислений матрица очередного уровня оказалась

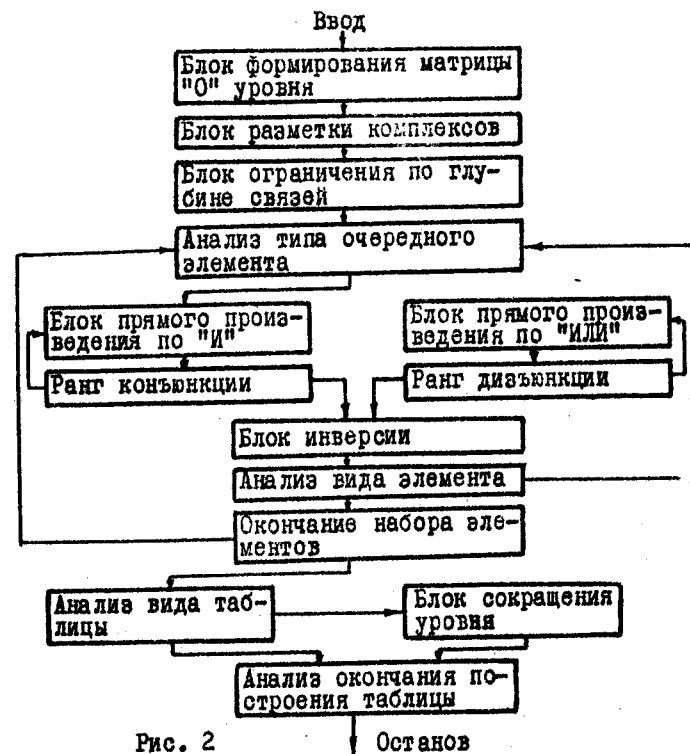


Рис. 2

пустой или закончено построение заданного числа уровней, что определяется блоком анализа окончания построения таблицы. Остальные блоки программы участвуют в формировании очередного уровня в зависимости от типа и вида элементов, рангов конъюнкции и дизъюнкции.

Следует отметить, что в случае сложного элемента любого типа или набора элементов под K -ым уровнем понимается множество функций, полученных в результате применения всех логических операций, входящих в функциональный набор, к множеству функций предыдущих уровней.

2. Таблицы уровней для функций 3 переменных

С помощью описанной программы были построены таблицы уровней для полностью определенной таблицы функций 3-х переменных ($\ell = 8$). Список входных функций, представленных в канонической форме, имеет вид: 000, 017, 063, 125, 377. Константам "0"

x_1	x_2	x_3	f'	f
0	0	0	0	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	0	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	0	1

(000) и "1" (377) соответствуют полюса источника питания.

В табл. 1 приведена сокращенная таблица уровней без ограничения по глубине связей для элемента "ИЛИ-НЕ" с рангом дизъюнкции $\tau_g = 2$. Все возможные функции 3 переменных получены после пяти уровней преобразования. В частности, парафазные выходы одноразрядного сумматора (функции 151 и 226) находятся на 5 уровне.

Увеличение ранга дизъюнкции до 3 (таблица 2) и 4-х (табл.3) приводит к сокращению числа уровней, необходимых для реализации всех функций 3 переменных, и к перераспределению их между уровнями. Дальнейшее увеличение ранга дизъюнкции не дает никаких изменений.

В табл. 4 приведена сокращенная таблица уровней без ограничения по глубине связей для элемента "И-НЕ" с рангом конъюнкции $\tau_k = 2$. Таблицы уровней для элементов "ИЛИ-НЕ" и "И-НЕ" с одинаковыми рангами дизъюнкции и конъюнкции отличаются лишь распределением функций между уровнями. Набор из этих элементов (табл.8) дает уменьшение глубины преобразования.

Анализ таблиц 5 (сокращенная таблица уровней без ограничения по глубине связей для элемента "И-ИЛИ-НЕ" с рангами $\tau_k = \tau_g = 2$), 6 (сокращенная таблица уровней без ограничения по глубине связей для элемента "И-ИЛИ-НЕ" с рангами $\tau_k = \tau_g = 3$) и 7 (сокращенная таблица уровней без ограничения по глубине связей для элемента "И-ИЛИ-НЕ" с рангами $\tau_k = \tau_g = 4$) показывает, что увеличение рангов дизъюнкции и конъюнкции не приводит к уменьшению числа уровней преобразования. Происходит лишь перераспределение функций между уровнями.

Сокращенная таблица уровней с минимальной глубиной связей для элемента "ИЛИ-НЕ" с рангом $\tau_g = 2$ (табл. 9) не содержит всех функций, что указывает на функциональную неполноту элемента "ИЛИ-НЕ" в данном случае.

Увеличение ранга не приводит к получению новых функций (табл. 10, ранг $\tau_g = 3$; табл. 11, ранг $\tau_g = 4$). Построение расширенной таблицы с минимальной глубиной связей также не приводит к получению новых функций (табл. 12 - расширенная таблица уровней с минимальными связями для элемента "ИЛИ-НЕ", $\tau_g = 2$).

Однако добавление в список входных функций их инверсий приводит к получению всех возможных функций (табл. 13 - сокращенная таблица с минимальными связями для элемента "ИЛИ-НЕ", $\tau_g = 2$). К аналогичному результату можно прийти, увеличив допустимую глубину связей до двух.

3. Сужение таблиц уровней

С целью сокращения времени при синтезе комбинационных схем используются суженные таблицы. Под суженной таблицей будем понимать таблицу уровней, содержащую только выходные функции и функции, участвующие в их образовании.

Следует отметить, что выходные функции могут находиться на различных уровнях преобразования. Сужение проводится для всех выходных функций.

В табл. 14 приведена суженная таблица для выходной функции одноразрядного сумматора без переноса (функция 151).

Л и т е р а т у р а

1. В.П. Чистов. Синтез комбинационных схем с минимальной глубиной преобразования. Настоящий сборник, стр. 55-71.
2. А.Д. Закревский. Описание языка ЛЯПАС. В сб. "Логический язык для представления алгоритмов синтеза релейных устройств", Москва, изд. "Наука", 1966.

Поступила в редакцию
1.УШ.1967 г.

Т а б л и ц а 1

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 уровень			4 уровень			5 уровень			
000	210	003	010	116	217	317	001	150	235	026	175	371
017	240	005	013	117	221	320	002	152	237	036	176	373
063	252	007	015	121	231	321	004	154	241	051	226	375
125	300	012	016	123	242	324	006	156	244	055	236	376
377	314	014	033	124	243	325	011	161	246	066	251	
	360	021	035	130	245	330	020	170	247	071	255	
		023	040	132	250	334	022	172	264	075	266	
		025	043	134	253	335	024	174	265	076	271	
		037	047	135	254	340	027	177	267	111	275	
		042	050	140	256	342	030	201	274	113	276	
		052	054	142	257	344	031	202	277	126	311	
		060	056	144	260	350	032	204	301	131	313	
		067	057	146	261	352	034	206	302	133	326	
		077	061	162	262	354	041	207	306	136	331	
		104	062	163	263	356	044	211	307	141	333	
		114	065	164	270	361	045	220	322	143	336	
		120	070	165	272	362	046	222	323	145	341	
		127	072	200	273	363	053	223	327	147	343	
		137	073	203	303	364	064	224	332	151	345	
		160	074	205	304	365	101	225	337	153	347	
		167	100	212	305	370	102	227	346	155	351	
			105	213	310	372	103	230	367	157	353	
			107	214	312	374	106	232		166	355	
			110	215	315		115	233		171	357	
			112	216	316		122	234		173	366	

Т а б л и ц а 2

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 уровень			4 ур.						
000	200	001	137	006	061	123	163	221	256	311	344	026
017	210	002	160	011	062	124	164	222	257	312	345	051
063	240	003	167	013	064	126	165	223	260	313	346	111
125	252	004	177	015	065	130	166	224	261	315	347	141
377	300	005		016	066	131	170	225	262	316	350	151
	314	007		022	070	132	171	227	263	317	351	226
	360	010		024	071	133	172	230	264	320	352	
		012		030	072	134	173	231	265	321	353	
		014		031	073	135	174	232	266	322	354	
		020		032	074	136	175	233	267	323	355	
		021		033	075	140	176	234	270	324	356	
		023		034	076	142	201	235	271	325	357	
		025		035	101	143	202	236	272	326	361	
		027		036	102	144	203	237	273	327	362	
		037		041	103	145	204	241	274	330	363	
		040		043	105	146	205	242	275	331	364	
		042		044	106	147	206	243	276	332	365	
		052		045	107	150	207	244	277	333	366	
		060		046	110	152	211	245	301	334	367	
		067		047	112	153	212	246	302	335	370	
		077		050	113	154	213	247	303	336	371	
		100		053	115	155	214	250	304	337	372	
		104		054	116	156	215	251	305	340	373	
		114		055	117	157	216	253	306	341	374	
		120		056	121	161	217	254	307	342	375	
		127		057	122	162	220	255	310	343	376	

Т а б л и ц а 3

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 уровень									
000	200	001	120	006	055	115	152	207	242	274	327	361
017	210	002	127	011	056	116	153	211	243	275	330	362
063	240	003	137	013	057	117	154	212	244	276	331	363
125	252	004	160	015	061	121	155	213	245	277	332	364
377	300	005	167	016	062	122	156	214	246	301	333	365
	314	007	177	022	064	123	157	215	247	302	334	366
	360	010		024	065	124	161	216	250	303	335	367
		012		026	066	126	162	217	251	304	336	370
		014		030	070	130	163	220	253	305	337	371
		020		031	071	131	164	221	254	306	340	372
		021		032	072	132	165	222	255	307	341	373
		023		033	073	133	166	223	256	310	342	374
		025		034	074	134	170	224	257	311	343	375
		027		035	075	135	171	225	260	312	344	376
		037		036	076	136	172	226	261	313	345	
		040		041	101	140	173	227	262	315	346	
		042		043	102	141	174	230	263	316	347	
		052		044	103	142	175	231	264	317	350	
		060		045	105	143	176	232	265	320	351	
		067		046	106	144	201	233	266	321	352	
		077		047	107	145	202	234	267	322	353	
		100		050	110	146	203	235	270	323	354	
		104		051	111	147	204	236	271	324	355	
		114		053	112	150	205	237	272	325	356	
				054	113	151	206	241	273	326	357	

Т а б л и ц а 4

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 уровень			4 уровень			5 уровень			
000	252	003	012	116	240	324	001	161	275	010	141	224
017	314	005	013	117	242	325	002	172	276	011	142	225
063	356	007	014	120	243	330	004	173	277	030	143	226
125	360	021	015	121	245	331	006	174	301	031	144	227
377	372	023	016	123	250	334	020	175	302	040	145	
	374	025	033	124	254	340	022	176	306	041	150	
		037	035	132	255	342	024	177	307	044	151	
		067	042	134	256	343	026	211	311	045	152	
		077	043	135	260	344	027	230	322	050	153	
		127	047	136	261	345	032	232	323	051	154	
		137	052	146	262	350	034	233	326	054	155	
		167	056	160	263	352	036	234	327	055	170	
		253	057	162	270	353	046	235	332	070	171	
		257	060	163	271	354	053	236	333	071	200	
		273	061	164	272	355	064	237	336	100	201	
		315	062	165	300	357	066	241	337	101	202	
		317	065	166	303	362	075	244	341	102	203	
		335	072	210	304	364	106	246	346	103	204	
		361	073	212	305	370	115	247	347	110	205	
		363	074	213	310	371	122	251	351	111	206	
		365	076	214	312	373	126	264	366	112	207	
			104	215	313	375	133	265	367	113	220	
			105	216	316	376	147	266		130	221	
			107	217	320		156	267		131	222	
			114	231	321		157	274		140	223	

Т а б л и ц а 5

0 ур. I ур. 2 уровень					3 уровень						
000	210	001	115	253	002	051	113	153	212	264	336
017	240	003	117	257	004	052	114	154	214	266	341
063	250	005	121	261	006	054	116	155	216	270	342
125	252	007	123	263	010	055	120	156	220	271	343
377	300	013	127	265	011	056	122	157	221	272	344
	310	015	135	267	012	060	124	160	222	274	345
	314	021	137	273	014	062	126	162	223	275	346
	340	023	161	277	016	064	130	164	224	276	347
	352	025	163	301	020	066	131	166	225	302	350
	354	027	165	303	022	070	132	170	226	304	351
	356	033	167	305	024	071	133	171	227	306	353
	360	035	177	307	026	072	134	172	230	311	355
	370	037	211	315	030	074	136	173	232	312	357
	372	043	213	317	031	075	140	174	234	318	362
	374	047	215	321	032	076	141	175	236	316	364
		053	217	323	034	100	142	176	242	320	366
		057	231	325	036	101	143	200	244	322	371
		061	233	327	040	102	144	201	246	324	375
		065	235	335	041	103	145	202	251	326	376
		067	237	337	042	104	146	203	254	330	
		073	241	361	044	106	147	204	255	331	
		077	243	363	045	110	150	205	256	332	
		105	245	365	046	111	151	206	260	333	
		107	247	367	050	112	152	207	262	334	

Т а б л и ц а 6

0 ур. I ур. 2 уровень					3 уровень						
000	200	001	067	155	237	321	002	064	146	232	330
017	210	003	071	157	241	323	004	066	150	234	332
063	240	005	073	161	243	325	006	070	151	236	334
125	250	007	075	163	245	327	010	072	152	242	336
377	252	011	077	165	247	331	012	074	154	244	342
	300	013	101	167	251	333	014	076	156	246	344
	310	015	103	171	253	335	016	100	160	254	346
	314	021	105	173	255	337	020	102	162	256	362
	340	023	107	175	257	341	022	104	164	260	364
	350	025	111	177	261	343	024	106	166	262	366
	352	027	113	201	263	345	026	110	170	264	
	354	031	115	203	265	347	030	112	172	266	
	356	033	117	205	267	351	032	114	174	270	
	360	035	121	207	271	353	034	116	176	272	
	370	037	123	211	273	355	036	120	202	274	
	372	041	127	213	275	357	040	122	204	276	
	374	043	131	215	277	361	042	124	206	302	
	376	045	133	217	301	363	044	126	212	304	
		047	135	221	303	365	046	130	214	306	
		051	137	223	305	367	050	132	216	312	
		053	141	225	307	371	052	134	220	316	
		055	143	227	311	373	054	136	222	320	
		057	145	231	313	375	056	140	224	322	
		061	147	233	315		060	142	226	324	
		065	153	235	317		062	144	230	326	

Т а б л и ц а 7

0 ур. I ур. 2 уровень					3 уровень						
000	200	001	067	153	235	317	002	064	146	234	332
017	210	003	071	155	237	321	004	066	150	236	334
063	240	005	073	157	241	323	006	070	152	242	336
125	250	007	075	161	243	325	010	072	154	244	342
377	252	011	077	163	245	327	012	074	156	246	344
	300	013	101	165	247	331	014	076	160	254	346
	310	015	103	167	251	333	016	100	162	256	362
	314	021	105	171	253	335	020	102	164	260	364
	340	023	107	173	255	337	022	104	166	262	366
	350	025	111	175	257	341	024	106	170	264	
	352	027	113	177	261	343	026	110	172	266	
	354	031	115	201	263	345	030	112	174	270	
	356	033	117	203	265	347	032	114	176	272	
	360	035	121	205	267	351	034	116	202	274	
	370	037	123	207	271	353	036	120	204	276	
	372	041	127	211	273	355	040	122	206	302	
	374	043	131	213	275	357	042	124	212	304	
	376	045	133	215	277	361	044	126	214	306	
		047	135	217	301	363	046	130	216	312	
		051	137	221	303	365	050	132	220	316	
		053	141	223	305	367	052	134	222	320	
		055	143	225	307	371	054	136	224	322	
		057	145	227	311	373	056	140	226	324	
		061	147	231	313	375	060	142	230	326	
		065	151	233	315		062	144	232	330	

Т а б л и ц а 8

0 ур. I ур. 2 ур.			3 уровень			4 уровень			5 ур.		
000	210	001	315	006	107	215	324	011	153	236	151
017	240	002	317	010	110	216	325	026	154	241	226
063	252	003	335	013	112	217	327	027	155	244	
125	300	004	337	015	116	221	330	030	156	246	
377	314	005	361	016	117	231	331	032	157	247	
	356	007	363	022	121	237	334	034	161	251	
	360	012	365	024	123	242	340	036	170	264	
	372	014	367	031	124	243	342	041	171	265	
	374	020		033	130	245	343	044	172	266	
		021		035	132	250	344	046	173	274	
		023		040	133	254	345	051	174	275	
		025		043	134	255	350	053	175	276	
		037		045	135	256	352	055	176	301	
		042		047	136	260	353	064	201	302	
		052		050	140	261	354	066	202	306	
		060		054	142	262	355	071	204	307	
		067		056	144	263	357	101	206	311	
		077		057	146	267	362	102	207	322	
		104		061	147	270	364	106	211	323	
		114		062	162	271	370	111	220	326	
		120		065	163	272	371	113	222	332	
		127		070	164	303	373	115	224	333	
		137		072	165	304	375	122	224	336	
		160		073	166	305	376	126	225	341	
		167		074	200	310		131	227	346	
		177		075	203	312		141	230	347	
		253		076	205	313		143	232	351	
		257		100	212	316		145	233	366	
		273		103	213	320		150	234		
		277		105	214	321		152	235		

Т а б л и ц а 9

0 ур.	1 ур.	2 уровень	3 уровень	4 ур.	5 ур.
000	210	003	037	200	354
017	240	005	067	250	356
063	252	007	077	310	370
125	300	021	127	340	372
377	314	023	137	350	374
	360	025	167	352	

Т а б л и ц а 10

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 ур.
000	200	001	037
017	210	003	067
063	240	005	077
125	252	007	127
377	300	021	137
	314	023	167
	360	025	177
		027	370

Т а б л и ц а 11

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 ур.
000	200	001	037
017	210	003	067
063	240	005	077
125	252	007	127
377	300	021	137
	314	023	167
	360	025	177
		027	370

Т а б л и ц а 12

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 ур.	4 ур.	5 ур.	6 ур.	7 ур.
000	000	000	000	000	000	000	000
017	210	003	200	001	167	001	177
063	240	005	210	003	377	003	377
125	252	007	240	005	240	005	240
377	300	017	250	007	250	007	250
	314	021	252	017	252	017	252
	360	023	300	021	300	021	300
	377	025	310	023	310	023	310
		037	314	025	314	025	314
		063	340	027	340	027	340
		067	350	037	350	037	350
		077	352	063	352	063	352
		125	354	067	354	067	354
		127	356	077	356	077	356
		137	360	125	360	125	360
		167	370	127	370	127	370
		377	372	137	372	137	372

Т а б л и ц а 13

0 ур.	1 ур.	2 уровень	3 уровень	4 уровень
000	003	033	165	330
017	005	035	167	334
063	012	037	213	335
125	014	047	215	342
252	021	056	217	344
314	042	057	231	352
360	060	065	243	354
377	104	067	245	356
	120	072	253	361
	210	073	254	362
	240	074	256	363
	300	077	257	364
		107	261	365
		116	263	370
		117	270	372
		123	272	374
		127	273	
		132	303	
		134	305	
		135	312	
		137	315	
		146	316	
		162	317	
		163	321	
		164	325	
		001	050	201
		002	052	202
		004	054	203
		006	061	204
		007	062	205
		010	064	211
		011	070	212
		013	100	214
		015	101	220
		016	102	221
		020	103	230
		022	105	241
		023	106	242
		024	110	244
		025	112	250
		030	114	260
		031	121	301
		032	122	302
		034	124	304
		040	130	310
		041	140	320
		043	142	340
		044	144	
		045	160	
		046	200	
		026	154	234
		027	155	235
		036	156	236
		051	157	237
		053	161	246
		055	166	247
		066	170	251
		071	171	255
		075	172	262
		076	173	264
		111	174	265
		113	175	266
		115	176	267
		126	177	271
		131	206	274
		133	207	275
		136	216	276
		141	222	277
		143	223	306
		145	224	307
		147	225	311
		150	226	313
		151	227	322
		152	232	323
		153	233	324

Т а б л и ц а 14

0 ур.	1 ур.	2 ур.	3 уровень	4 ур.	5 ур.
000	210	003	010	105	203
017	240	005	013	107	205
063	252	007	015	110	212
125	300	012	016	112	213
377	314	014	033	116	214
	360	021	035	117	215
		023	040	121	216
		025	043	123	217
		037	047	124	221
		042	050	130	231
		052	054	132	242
		060	056	134	243
		067	057	135	245
		077	061	140	250
		104	062	142	253
		114	065	144	254
		120	070	146	256
		127	072	162	257
		137	073	163	260
		160	074	164	261
		167	100	165	262
				263	344
				270	350
				272	352
				273	354
				303	356
				304	361
				305	362
				310	363
				312	364
				315	365
				316	370
				317	372
				320	374
				002	151
				004	
				006	
				020	
				022	
				024	
				202	
				204	
				206	
				220	
				222	
				224	