

Project	<b>IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Working Group</b> < <a href="http://ieee802.org/16">http://ieee802.org/16</a> >
Title	<b>Modified LDPC Matrix providing improved performance</b>
Date Submitted	<b>2004-05-15</b>
Source(s)	Brian Classon, Yufei Blankenship 847-576-5675 Motorola <a href="mailto:Brian.Classon@Motorola.com">Brian.Classon@Motorola.com</a>
Re:	802.16e D2
Abstract	New LDPC matrix providing improves performance for shortened codes
Purpose	Replace text in previous LDPC proposal: "Draft text for LDPC coding scheme for OFDMA"
Notice	This document has been prepared to assist IEEE 802.16. It is offered as a basis for discussion and is not binding on the contributing individual(s) or organization(s). The material in this document is subject to change in form and content after further study. The contributor(s) reserve(s) the right to add, amend or withdraw material contained herein.
Release	The contributor grants a free, irrevocable license to the IEEE to incorporate material contained in this contribution, and any modifications thereof, in the creation of an IEEE Standards publication; to copyright in the IEEE's name any IEEE Standards publication even though it may include portions of this contribution; and at the IEEE's sole discretion to permit others to reproduce in whole or in part the resulting IEEE Standards publication. The contributor also acknowledges and accepts that this contribution may be made public by IEEE 802.16.
Patent Policy and Procedures	The contributor is familiar with the IEEE 802.16 Patent Policy and Procedures < <a href="http://ieee802.org/16/ipr/patents/policy.html">http://ieee802.org/16/ipr/patents/policy.html</a> >, including the statement "IEEE standards may include the known use of patent(s), including patent applications, provided the IEEE receives assurance from the patent holder or applicant with respect to patents essential for compliance with both mandatory and optional portions of the standard." Early disclosure to the Working Group of patent information that might be relevant to the standard is essential to reduce the possibility for delays in the development process and increase the likelihood that the draft publication will be approved for publication. Please notify the Chair < <a href="mailto:chair@wirelessman.org">mailto:chair@wirelessman.org</a> > as early as possible, in written or electronic form, if patented technology (or technology under patent application) might be incorporated into a draft standard being developed within the IEEE 802.16 Working Group. The Chair will disclose this notification via the IEEE 802.16 web site < <a href="http://ieee802.org/16/ipr/patents/notices">http://ieee802.org/16/ipr/patents/notices</a> >.

## Modified LDPC Matrix providing improved performance

Brian Classon, Yufei Blankenship

Motorola

### Overview

The Intel LDPC contribution [1] uses a single H matrix and shortening to generate codes of various rates. A single H matrix is used in order to reduce implementation complexity. The matrix  $H=[H1 H2]$  has a regular column weight in H1 (e.g. 4) and the H2 has a weight one column. As a result, the performance of the code suffers, especially under large amounts of shortening [2]. The contribution [2] makes up the performance difference for the R=1/2 code by using Richardson's encoding method and different code structure (e.g., different H matrices) for different code rates. In this contribution a simple replacement of the Intel H matrix is proposed which provides consistently better performance across all code rates. The replacement matrix also provides similar performance as the contribution [2], while only requiring a single H matrix. The replacement matrix also has a largely constant check degree (i.e. row weight): 7 wt-19, 385 wt-20, 8 wt-21.

### Simulation Results

50 max iterations.

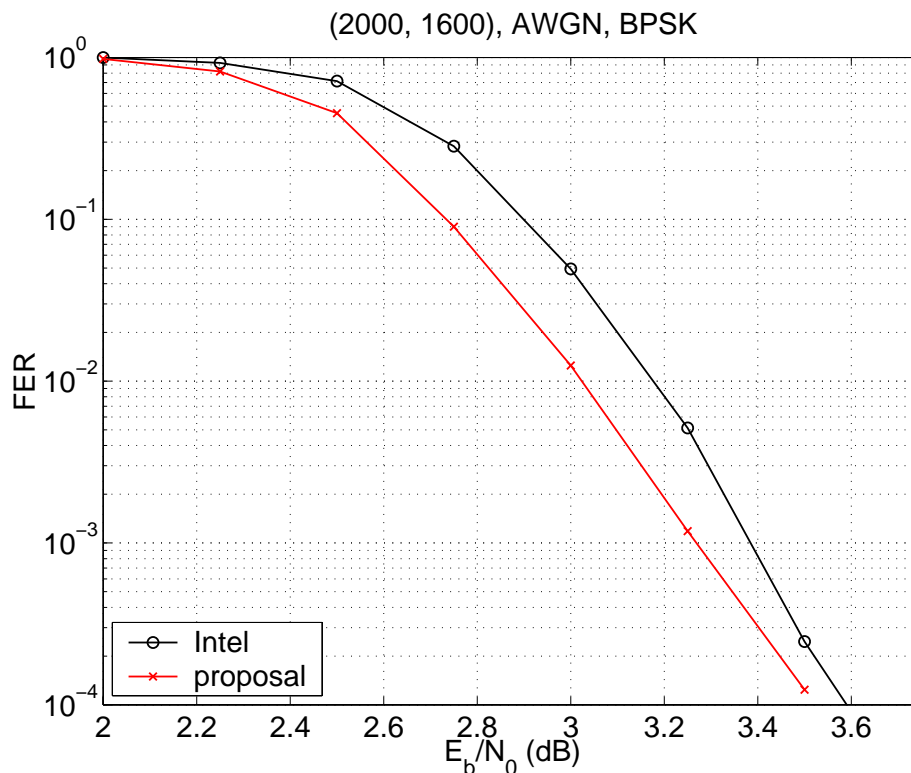


Fig 1: FER performance of the unshortened codes of size (2000, 1600).

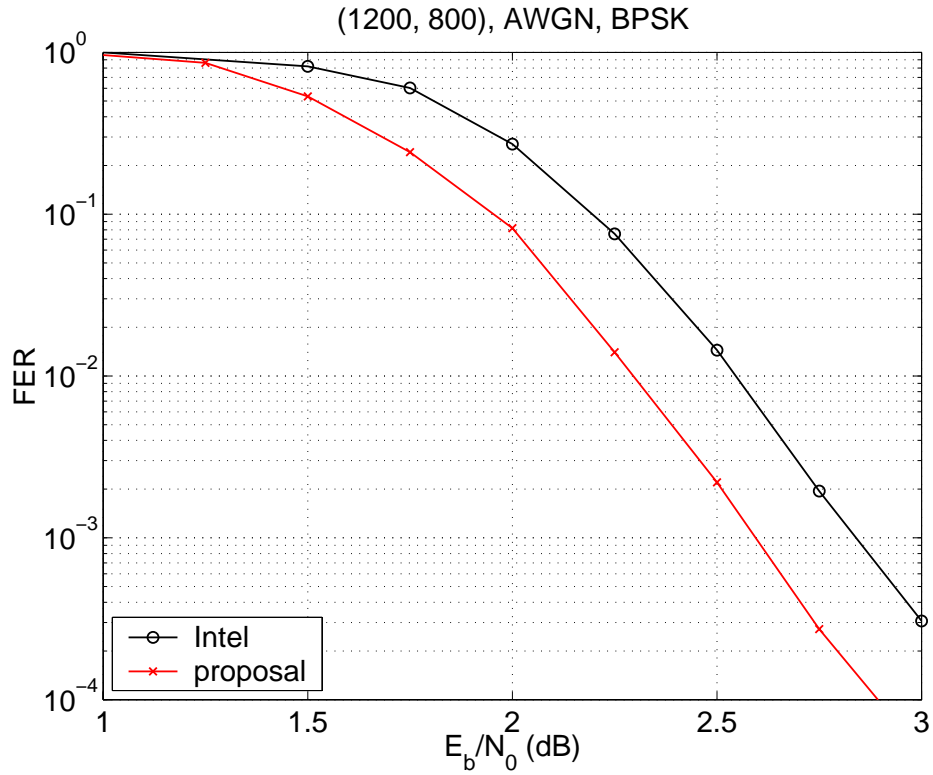


Fig 2: FER performance of the (1200, 800) codes shortened from the (2000, 1600) codes by 800 bits.

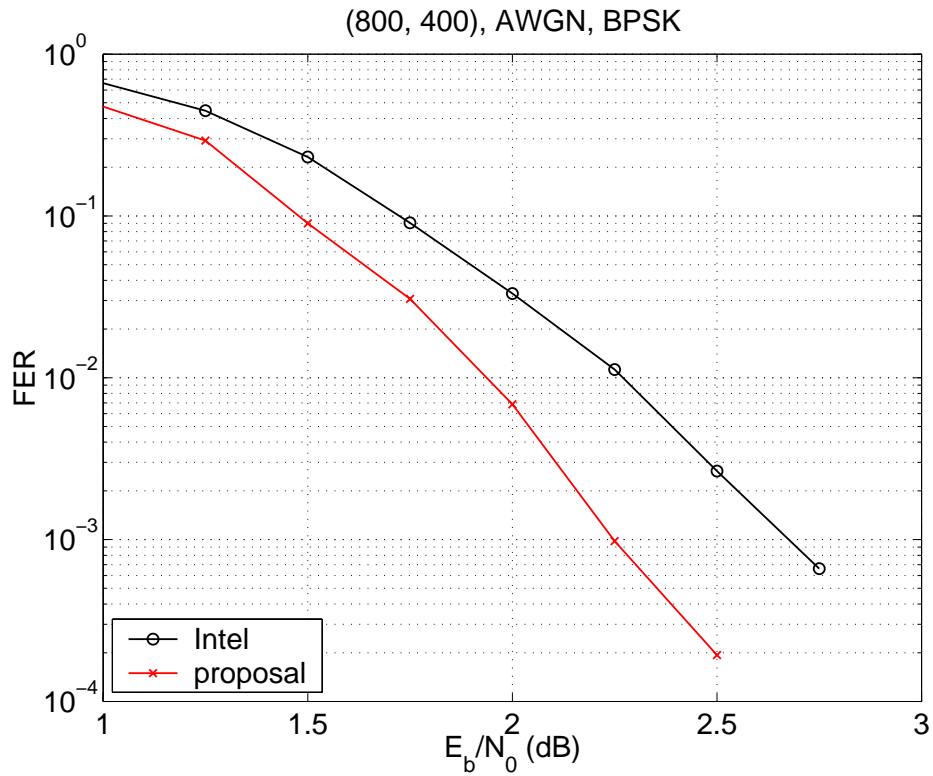


Fig 3: FER performance of the (800, 400) codes shortened from the (2000, 1600) codes by 1200 bits.

## Specification Text

The matrix listing provided in [1] is replaced with the matrix listing in the Appendix. The listing is in the same format as provided by Intel.

In section 8.4.9.2.4.1 Code Description: delete the text “eighteen edges per check node”

In section 8.4.9.2.4.2 LDPC encoding:

Delete the text:

However, for this code  $H_2$  is simply  $f(D) = 1 + D$ , and hence  $H_2^{-t}$  can be implemented by a differential encoder. One possible encoding process is then

Equation 1

$$v = [u \mid uH_1^t H_2^{-t}] = \left[ u \mid uH_1^t \frac{1}{1+D} \right]$$

and is illustrated in Figure 1.

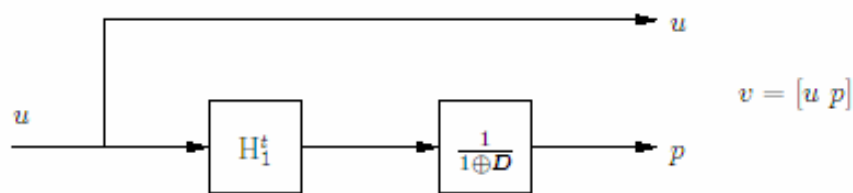


Figure 1. Block Diagram of one possible encoder for specified LDPC code.

For the described code  $H_1$  is low-density, with a uniform column weight of four.

Replace with:

However, for this code  $H_2$  has a simple deterministic structure, and encoding can be performed recursively.  $H_2$  is composed of two parts. The weight 3 first column  $\mathbf{h} = [h_0, h_1, \dots, h_{m-2}, h_{m-1}]^T = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ \dots \ 0]^T$ . The rest of the columns (denoted by the  $m$ -by- $(m-1)$  matrix  $\mathbf{H}'_2$ , where  $m=n-k$ ) are weight-2 with maximum of 1 overlap between each other:  $\mathbf{H}'_2$  has matrix elements equal to a 1 for  $i=j$  and a 1 for  $i=j+1$ , and a 0 elsewhere, for row  $i$ , column  $j$  of  $\mathbf{H}'_2$ ,  $0 \leq i \leq m-1$ ,  $0 \leq j \leq m-2$ .





53 73 82 208 216 249 301 340 380 399  
282 330 336  
84 348 354  
151 227 332  
77 192 250  
74 205 363  
16 328 362  
26 41 100 167 219 246 257 325 327 382  
125 337 386  
4 69 176  
113 197 334  
22 185 294  
35 315 370  
236 368 381  
27 83 177 194 217 237 268 296 299 398  
3 293 343  
159 277 280  
20 76 144  
42 186 395  
16 36 386  
34 265 355  
13 55 64 78 110 178 181 287 307 316  
59 150 231  
179 303 328  
47 86 226  
167 235 342  
3 310 374  
167 242 261  
128 147 160 176 259 265 282 309 360 393  
21 55 348  
27 167 376  
114 229 275  
88 318 370  
104 134 304  
91 202 399  
33 67 72 90 159 269 303 306 308 372  
19 103 256  
64 264 382  
73 239 362  
79 164 213  
150 254 343  
198 217 245  
16 42 71 183 201 230 264 321 348 374  
52 85 112  
119 222 278  
177 263 394  
95 256 269  
231 234 248  
293 319 334  
63 114 134 154 163 239 267 273 326 371  
279 298 322  
53 126 287  
248 301 351  
225 303 363  
117 305 377  
40 132 320  
14 75 117 133 169 205 207 225 247 258  
4 84 126  
110 190 265  
3 165 186  
237 253 396  
57 211 232  
53 111 192

62 70 118 130 138 188 235 243 350 392  
40 120 385  
204 218 319  
147 247 391  
179 220 314  
127 199 389  
26 297 342  
60 121 199 203 251 261 292 318 336 375  
94 246 342  
7 151 324  
48 208 326  
64 118 276  
73 144 347  
134 258 391  
17 48 116 127 131 185 215 288 331 354  
176 300 355  
146 188 380  
42 68 319  
5 156 311  
57 201 206  
92 309 332  
1 18 56 91 146 164 294 328 332 369  
17 233 249  
96 173 275  
134 333 363  
98 228 351  
108 121 348  
45 135 249  
15 44 69 95 124 173 293 304 368 379  
92 243 334  
317 339 361  
40 241 310  
58 114 286  
131 223 367  
85 234 291  
7 139 165 196 232 274 298 311 338 342  
41 205 394  
115 133 329  
234 376 395  
93 214 231  
94 314 376  
162 197 294  
61 66 84 89 111 227 256 312 314 353  
33 86 390  
63 82 135  
140 168 311  
38 153 359  
98 106 393  
8 218 325  
8 20 171 238 270 278 324 333 337 384  
47 96 121  
224 276 343  
27 84 236  
3 103 333  
92 311 390  
142 220 253  
23 93 96 125 202 212 228 297 349 383  
37 83 258  
87 178 310  
41 232 290  
81 99 217  
116 152 230



271 296 376  
58 106 126 226 229 263 323 355 361 367  
175 221 247  
17 206 289  
295 371 380  
10 45 337  
191 212 300  
5 153 214  
4 94 102 150 161 213 266 286 295 335  
34 245 259  
120 134 313  
0 174 257  
9 116 290  
145 186 285  
6 353 380  
29 51 80 98 109 113 254 300 390 395  
66 281 313  
5 91 267  
18 53 156  
190 205 377  
50 173 177  
0 59 163  
28 49 68 107 174 221 223 376 389 397  
80 110 274  
31 168 257  
286 367 373  
174 226 246  
257 333 372  
23 47 83  
9 24 36 39 143 162 214 220 370 391  
20 309 317  
129 228 394  
57 192 223  
70 137 393  
8 246 351  
90 311 398  
77 103 170 184 211 231 245 253 271 351  
132 220 332  
186 208 307  
66 85 230  
82 227 244  
30 137 189  
146 304 359  
22 46 97 151 175 180 222 236 277 281  
195 304 311  
0 30 157  
251 264 354  
20 161 201  
63 167 317  
22 48 266  
10 34 50 81 129 149 168 206 305 396  
239 254 375  
197 249 306  
199 288 315  
143 212 216  
114 340 379  
195 222 286  
3 47 99 172 190 240 242 248 285 329  
71 335 369  
70 211 285  
149 225 271  
52 188 255

66 118 384  
269 299 375  
54 79 179 192 197 204 272 322 352 377  
29 38 305  
141 195 309  
182 261 300  
124 324 397  
120 225 280  
82 124 164  
88 112 120 132 137 210 289 341 356 358  
5 276 331  
72 118 381  
55 313 341  
32 202 360  
259 337 356  
88 190 216  
5 31 35 104 187 218 224 244 284 291  
35 192 399  
78 214 219  
103 196 346  
39 168 394  
95 154 338  
4 240 282  
21 122 148 155 195 233 319 330 344 362  
301 321 341  
358 372 389  
54 297 317  
229 296 381  
278 359 362  
11 77 338  
2 52 57 108 123 189 252 279 317 385  
31 235 352  
79 161 259  
101 138 164  
84 278 302  
44 306 373  
60 143 301  
6 45 92 105 142 198 209 241 302 388  
104 288 392  
156 369 374  
109 112 222  
180 325 379  
171 214 235  
106 348 352  
119 166 234 250 262 283 363 365 387 394  
10 123 398  
58 260 298  
46 322 344  
67 97 316  
113 219 323  
212 224 251  
30 37 145 152 156 182 213 260 313 381  
153 268 374  
83 152 225  
65 245 397  
0 222 368  
20 45 213  
315 340 387  
86 115 136 153 193 211 276 320 378 381  
54 182 291  
35 230 247  
269 291 337

241 252 341  
161 209 239  
71 81 155  
0 38 43 70 135 141 242 283 366 386  
12 91 208  
67 127 344  
11 87 325  
141 172 328  
58 72 250  
36 203 289  
27 65 76 186 222 255 260 266 280 347  
196 223 234  
28 207 261  
81 178 347  
109 145 372  
68 91 271  
9 112 250  
40 49 86 106 124 140 151 178 207 244  
2 361 373  
174 235 271  
195 213 392  
133 144 176  
48 358 375  
61 181 369  
23 44 80 114 262 264 277 298 359 369  
14 280 285  
29 65 191  
36 118 280  
31 285 301  
62 72 78  
113 118 246  
10 39 201 212 275 287 329 332 382 388  
165 275 397  
231 295 386  
58 185 292  
80 233 312  
50 196 261  
32 136 208  
89 170 172 188 261 265 301 305 313 387  
185 214 252  
21 314 396  
216 284 359  
4 46 194  
252 282 349  
157 226 260  
0 97 107 113 177 204 224 269 362 370  
82 250 395  
108 132 248  
189 211 254  
166 254 263  
18 79 284  
140 165 347  
3 123 160 202 236 278 316 344 371 392  
155 292 366  
98 145 233  
15 51 289  
24 247 346  
47 90 276  
10 292 384  
43 111 131 161 218 250 282 318 320 348  
48 60 338  
12 194 308

34 335 377  
251 288 306  
24 101 207  
110 115 228  
1 52 67 104 135 138 309 314 326 373  
24 68 284  
175 242 301  
94 262 339  
162 292 386  
17 138 292  
65 144 211  
6 36 38 79 93 109 120 235 288 330  
11 27 70  
45 140 253  
342 368 378  
238 261 272  
39 286 339  
215 283 396  
78 81 153 176 240 252 321 324 351 366  
30 88 148  
44 166 300  
56 121 124  
130 245 387  
27 273 295  
161 233 336  
35 158 190 232 268 300 343 349 389 394  
89 98 344  
8 125 155  
83 123 312  
94 112 326  
163 253 385  
141 176 235  
7 22 51 142 179 230 238 279 325 335  
0 117 359  
302 364 375  
44 105 201  
18 102 267  
6 81 249  
183 313 393  
57 87 183 194 200 214 239 347 384 386  
140 171 308  
189 244 392  
26 348 360  
147 193 315  
198 222 376  
130 270 346  
41 91 119 122 144 163 306 338 355 377  
63 133 202  
15 20 294  
50 205 256  
11 23 197  
75 227 307  
19 207 243  
34 65 71 130 175 256 273 289 331 337  
183 296 315  
202 284 292  
115 331 366  
49 53 195  
11 104 328  
72 94 101  
63 92 102 152 192 248 281 341 353 383  
10 220 257

181 268 288  
25 238 252  
313 366 369  
293 298 336  
255 284 389  
18 26 90 185 226 254 322 379 391 396  
3 122 204  
24 128 349  
16 24 45  
51 160 234  
157 176 224  
108 312 335  
17 62 68 112 129 145 154 303 340 352  
11 269 320  
34 49 216  
49 142 281  
91 279 384  
23 54 301  
62 205 244  
126 134 150 168 205 219 271 345 368 374  
90 256 385  
62 85 283  
98 160 170  
127 330 367  
55 150 247  
51 95 366  
30 66 116 164 171 173 191 203 233 364  
94 139 255  
281 305 346  
250 267 357  
12 34 361  
61 97 242  
31 119 182  
5 40 128 208 296 334 350 356 372 397  
105 246 379  
40 293 326  
90 218 237  
249 327 383  
175 383 397  
121 170 206  
50 98 132 174 198 229 290 304 328 339  
54 366 395  
112 144 199  
35 74 253  
60 125 211  
200 299 325  
54 86 278  
25 28 61 88 127 249 253 284 317 319  
66 311 337  
352 359 384  
21 128 384  
48 101 270  
96 105 217  
174 201 308  
20 59 99 101 143 196 241 291 307 323  
16 143 357  
117 223 274  
9 29 183  
173 224 350  
76 151 271  
4 12 19 60 105 155 180 182 193 399  
73 171 338

113 237 266  
43 274 375  
1 29 336  
255 316 330  
21 31 82 197 223 251 286 308 315 398  
158 250 345  
198 262 299  
13 133 154  
15 262 371  
153 194 270  
2 14 74 121 136 162 216 270 272 311  
25 312 323  
86 131 180  
52 212 220  
105 208 362  
51 243 354  
15 29 48 53 64 94 210 257 263 385  
41 210 238  
102 244 318  
80 314 327  
115 293 356  
164 190 229  
32 54 125 148 159 169 217 259 292 312  
196 350 398  
5 59 71  
78 188 396  
13 68 375  
84 180 216  
42 56 110 245 333 342 346 357 365 367  
192 286 360  
75 146 221  
71 176 228  
291 335 339  
220 267 392  
9 13 47 72 206 221 293 302 327 380  
80 138 149  
91 97 303  
135 159 398  
63 274 322  
88 296 326  
75 77 96 118 141 165 215 234 295 390  
48 304 383  
93 258 381  
14 217 305  
170 210 364  
86 288 357  
16 46 69 84 137 139 149 166 258 276  
9 14 212  
8 32 77  
82 95 214  
27 43 171  
126 204 309  
11 45 58 85 167 231 285 297 354 360  
37 170 232  
129 207 330  
22 148 202  
191 218 289  
26 64 334  
8 76 100 108 184 220 237 247 361 395  
60 100 209  
1 145 243  
10 61 323

62 119 298  
233 297 398  
24 37 73 95 140 147 209 228 243 310  
61 75 321  
308 355 365  
173 187 193  
158 240 309  
279 368 395  
33 115 157 187 199 255 267 299 363 376  
50 147 331  
120 175 388  
63 100 307  
236 307 320  
156 172 324  
55 103 133 156 227 246 274 294 336 393  
2 239 342  
6 12 96  
2 181 393  
266 329 380  
85 275 364  
22 83 117 143 181 189 195 280 375 378  
81 254 370  
169 204 235  
62 131 264  
47 128 149  
19 181 203  
26 40 127 146 225 228 230 233 299 358  
43 57 355  
321 383 386  
169 332 348  
215 259 385  
13 179 228  
5 86 152 154 253 262 307 337 348 388  
200 327 353  
88 104 219  
86 175 299  
121 323 391  
143 264 303  
29 44 77 79 178 246 297 318 331 387  
1 23 99  
209 224 299  
117 139 340  
6 184 239  
193 221 365  
133 174 232 252 265 273 275 306 363 384  
55 201 387  
39 117 389  
28 92 111  
54 71 138  
65 195 291  
33 135 185 191 220 263 293 301 333 378  
36 336 397  
157 278 340  
37 66 300  
106 187 260  
59 360 380  
8 53 104 164 205 226 236 274 303 376  
42 51 106  
139 283 345  
69 280 343  
163 353 374  
158 182 258

15 75 106 182 196 209 286 358 383 394  
116 325 393  
37 273 324  
317 365 399  
100 185 392  
22 344 361  
28 101 162 165 200 259 354 357 372 382  
137 213 332  
72 203 282  
108 207 389  
43 102 289  
209 327 391  
3 14 21 84 142 144 153 158 167 264  
46 185 234  
260 265 343  
61 198 373  
15 67 192  
33 80 321  
72 131 177 192 225 238 243 251 298 371  
68 243 347  
150 210 294  
74 85 352  
83 256 294  
83 109 133  
2 42 151 184 214 300 328 366 375 380  
92 205 215  
4 167 328  
75 140 155  
56 141 178  
12 187 262  
19 126 156 159 188 199 202 326 346 362  
90 335 341  
111 136 240  
35 123 358  
32 223 281  
103 142 169  
0 17 146 175 255 261 268 276 308 385  
107 371 388  
64 126 161  
73 113 230  
2 287 318  
5 165 329  
70 88 113 163 186 213 217 309 364 397  
38 269 399  
349 353 356  
132 189 347  
7 41 251  
99 322 381  
7 9 56 74 87 168 176 256 291 330  
111 150 322  
28 198 370  
284 321 353  
70 215 218  
125 341 396  
18 121 129 161 180 285 373 381 386 393  
18 273 333  
206 285 369  
7 258 275  
34 147 238  
42 244 313  
10 49 78 103 118 145 224 239 312 339  
114 131 184



102 179 361  
154 182 265  
49 283 320  
140 202 272  
45 47 61 187 195 229 257 288 390 396  
22 77 164  
33 70 302  
33 100 345  
37 265 302  
53 119 308  
12 99 115 138 234 270 281 289 296 379  
74 240 297  
60 141 233  
8 19 177  
21 93 245  
20 78 388  
39 98 140 197 211 222 248 269 327 349  
154 229 279  
277 372 379  
148 221 334  
14 28 263  
107 169 350  
92 110 116 249 260 315 329 344 360 369  
56 153 390  
30 200 385  
120 199 273  
110 124 160  
150 314 399  
52 54 89 105 114 207 280 287 355 398  
162 263 362  
67 336 374  
126 357 398  
38 266 332  
187 225 231  
65 82 111 139 169 212 237 290 317 323  
32 39 172  
116 143 279  
142 349 390  
26 31 111  
0 87 248  
37 69 194 201 292 295 316 319 342 370  
124 143 203  
163 171 249  
56 165 257  
10 115 208  
70 274 349  
20 31 48 80 125 150 157 190 203 250  
52 121 227  
23 127 153  
21 151 310  
9 107 394  
57 346 395  
64 122 141 166 189 241 247 266 305 356  
163 334 351  
17 242 259  
30 135 338  
69 162 168  
25 67 186  
55 67 95 100 170 242 244 279 332 347  
76 169 252  
69 255 338  
295 344 355

123 210 240  
114 148 204  
90 137 173 179 206 219 227 245 282 284  
6 236 391  
125 137 350  
36 41 78  
29 166 308  
66 193 254  
38 41 58 108 130 136 147 183 254 267  
245 251 330  
166 320 358  
122 152 200  
1 136 274  
152 232 259  
36 51 66 71 96 102 112 221 277 338  
13 97 193  
107 122 329  
242 268 297  
155 184 290  
25 363 379  
1 11 16 34 73 97 120 223 334 392  
93 136 365  
110 194 399  
14 90 181  
60 148 260  
29 310 378  
35 85 134 149 155 198 208 210 311 336  
272 282 373  
99 158 246  
157 287 378  
40 71 122  
27 49 323  
25 57 62 81 83 128 218 278 304 322  
103 148 183  
152 304 387  
129 272 277  
4 366 387  
128 241 357  
6 117 124 148 193 215 310 314 352 361  
316 356 368  
184 266 293  
2 25 59  
52 342 388  
112 279 324  
43 46 94 107 109 181 272 313 321 368  
217 258 318  
7 191 309  
40 55 282  
46 132 237  
15 126 272  
76 93 132 160 172 283 335 343 350 374  
19 241 377  
172 268 352  
65 87 146  
89 183 197  
82 177 287  
32 60 171 231 240 340 345 353 367 377  
101 182 187  
132 215 296  
178 281 354  
129 188 236  
96 264 307

13 50 63 123 204 271 294 320 359 399  
33 104 270  
38 89 382  
89 206 319  
130 146 355  
256 322 367  
23 30 74 91 95 235 258 302 365 389  
109 177 226  
108 162 180  
16 204 248  
149 331 378  
127 252 326  
59 68 119 216 289 297 364 388 391 395  
291 363 367  
79 130 390  
76 203 382  
136 335 352  
116 135 145  
24 97 131 138 203 258 319 325 341 351  
26 88 340  
31 155 287  
17 107 305  
174 241 277  
122 147 268  
4 87 114 188 211 260 278 293 300 307  
47 59 160  
190 231 276  
232 243 331  
159 369 382  
35 125 276  
27 50 60 101 157 230 253 311 324 327  
44 172 344  
68 93 138  
0 85 293  
40 95 346  
125 152 175  
11 148 244  
32 123 154  
142 299 377  
24 183 268  
179 198 384  
93 188 361  
56 161 237  
9 270 385  
40 43 202 204 209 214 222 342 351 379  
37 267 354  
178 306 382  
38 223 370  
71 332 343  
50 137 372  
12 131 157  
108 224 382  
112 304 365  
57 92 99  
118 195 263  
44 239 265  
33 40 315  
86 186 191  
31 38 91 167 181 241 259 336 347 392  
189 221 373  
64 74 327  
98 230 380

165 282 327  
49 249 363  
78 138 367  
91 173 288  
40 144 359  
7 129 378  
194 211 257  
235 250 316  
7 167 225  
3 52 162  
11 20 26 89 136 176 187 217 247 368  
41 185 370  
102 331 345  
155 187 252  
58 90 273  
115 185 221  
236 242 384  
119 135 254  
172 314 388  
213 292 354  
81 106 339  
100 137 197  
62 262 301  
39 112 396  
17 103 122 216 243 267 295 318 372 374  
123 280 341  
247 277 312  
238 292 314  
57 320 393  
17 316 347  
116 286 351  
74 259 325  
164 204 366  
322 335 362  
167 344 372  
264 294 345  
140 320 361  
55 259 266  
9 15 96 99 161 175 186 227 229 357  
281 295 392  
84 365 386  
73 79 234  
21 99 340  
120 168 309  
75 92 300  
61 95 172  
35 102 348  
141 225 334  
134 215 241  
1 152 236  
209 230 369  
168 299 392  
23 59 128 207 234 251 263 284 340 344  
12 318 364  
77 288 372  
24 299 329  
210 310 323  
284 289 381  
25 126 359  
9 79 397  
138 145 394  
30 101 232

67 160 266  
19 130 332  
287 348 397  
105 126 135 140 166 174 195 256 329 352  
69 131 356  
18 137 383  
5 302 313  
9 209 339  
26 47 392  
189 341 390  
11 29 41  
128 281 303  
216 306 398  
73 125 222  
45 55 295  
30 165 362  
10 18 76 111 113 120 152 191 194 376  
3 28 100  
105 109 151  
199 350 395  
23 108 118  
59 158 166  
122 178 396  
240 269 293  
13 88 313  
27 305 315  
5 210 242  
86 237 346  
84 96 271  
36 90 108 199 239 268 287 331 359 377  
43 133 371  
24 98 397  
88 129 150  
41 303 373  
102 151 261  
184 258 352  
60 72 120  
36 114 209  
62 122 191  
147 206 350  
14 94 387  
15 252 258  
7 145 228 244 249 254 257 277 320 384  
58 139 210  
13 159 290  
18 144 276  
62 67 174  
77 127 182  
114 251 297  
16 244 375  
181 229 356  
78 297 347  
126 170 385  
3 317 381  
78 198 267  
52 56 106 117 173 210 236 266 272 396  
1 76 263  
30 80 317  
192 331 382  
43 263 277  
46 105 383  
134 153 285

202 333 341  
258 343 386  
109 309 340  
31 37 76  
79 184 206  
97 125 339  
42 47 54 84 107 154 164 219 250 378  
17 99 343  
238 275 390  
2 84 201  
208 256 348  
142 245 308  
63 94 193  
42 116 207  
174 367 390  
255 300 327  
15 139 179  
5 39 289  
23 218 337  
28 82 94 178 206 240 338 361 375 394  
2 39 56  
171 200 237  
112 181 294  
65 149 215  
130 163 224  
164 241 295  
161 214 307  
51 168 274  
12 192 342  
47 308 395  
103 132 366  
1 123 142  
30 62 86 92 139 159 172 221 356 386  
38 298 361  
104 191 388  
180 205 260  
173 211 385  
42 61 196  
8 133 364  
69 153 323  
87 261 285  
53 271 371  
176 230 318  
98 134 373  
91 222 394  
69 104 109 163 170 183 275 325 358 399  
42 166 213  
204 273 358  
147 217 333  
97 232 247  
259 345 398  
30 161 262  
107 190 379  
253 331 394  
33 166 287  
23 200 231  
273 343 396  
43 229 347  
49 58 65 93 110 123 248 306 345 362  
173 180 337  
93 168 302  
160 321 338

35 44 119  
143 188 399  
219 228 305  
0 199 321  
70 312 330  
296 319 373  
187 278 289  
247 286 386  
25 44 194  
2 24 72 79 102 153 190 215 332 355  
50 55 89  
317 351 357  
27 279 291  
230 274 306  
72 145 374  
48 110 140  
216 351 368  
17 52 90  
136 165 180  
83 203 245  
77 108 238  
42 363 382  
4 27 29 118 168 184 197 303 341 365  
63 171 179  
21 46 254  
113 124 307  
53 198 275  
109 136 264  
248 304 318  
58 175 326  
8 149 267  
16 49 80  
84 104 117  
149 159 256  
231 244 352  
12 25 100 132 269 292 302 348 371 390  
129 194 350  
33 156 162  
257 280 328  
1 128 311  
107 267 360  
167 290 326  
177 223 290  
32 219 277  
26 34 310  
64 115 158  
150 174 393  
4 89 251  
146 208 224 237 279 288 305 381 383 391  
160 219 285  
233 329 333  
4 227 361  
39 66 296  
218 355 362  
52 87 337  
96 169 279  
46 207 360  
38 51 157  
65 228 302  
37 291 308  
13 19 49  
66 73 180 218 226 238 326 328 389 398

158 175 188  
154 272 316  
68 195 237  
37 60 81  
156 334 349  
100 266 312  
20 155 393  
105 127 370  
48 156 189  
243 282 399  
282 288 342  
156 178 377  
22 64 68 133 149 171 299 304 314 380  
196 377 385  
186 246 360  
28 203 269  
111 354 368  
34 121 202  
3 135 170  
131 221 233  
98 151 358  
4 97 146  
89 208 238  
16 117 261  
68 227 327  
3 83 98 182 235 274 335 354 367 385  
75 223 388  
56 255 303  
83 213 298  
15 265 397  
69 82 220  
76 200 366  
18 59 77  
139 234 353  
185 227 276  
20 68 148  
69 90 143  
11 121 163  
141 148 162 198 212 246 271 282 301 369  
120 229 300  
253 335 387  
91 190 226  
7 283 356  
104 243 250  
19 33 379  
6 50 111  
2 260 275  
28 328 364  
182 248 336  
131 242 306  
213 221 345  
14 61 63 119 130 137 155 231 265 316  
14 103 321  
45 73 169  
103 206 342  
80 146 229  
64 344 375  
14 214 358  
150 212 338  
21 36 163  
10 178 247  
201 240 380



170 246 329  
128 144 196  
0 88 160 165 169 273 281 310 330 387  
257 339 374  
54 106 330  
123 176 386  
191 281 322  
141 239 365  
183 355 389  
82 320 329  
159 171 251  
25 220 369  
133 186 311  
146 192 326  
120 185 217  
5 41 48 143 151 255 312 333 349 393  
170 239 394  
29 55 225  
222 270 301  
101 315 325  
132 197 353  
22 86 369  
43 337 392  
113 256 272  
110 280 376  
270 298 352  
71 284 324  
58 200 371  
39 121 144 185 192 205 308 324 334 343  
154 199 209  
10 74 117  
70 371 378  
212 235 278  
287 376 391  
194 231 284  
63 226 252  
71 85 391  
374 383 389  
124 196 217  
46 219 317  
182 220 375  
8 35 55 142 189 196 213 233 321 363  
52 149 184  
22 177 324  
89 271 336  
31 159 377  
6 268 319  
13 54 205  
301 349 363  
66 121 357  
56 193 249  
75 246 283  
59 113 189  
75 137 376  
112 127 134 177 201 220 245 315 322 337  
140 285 379  
124 254 349  
19 45 53 77 115 129 200 232 294 313  
239 323 351  
53 247 302  
16 33 125 147 158 286 290 298 366 397  
41 67 169

40 75 354  
32 51 75 78 242 276 280 296 309 346  
93 294 333  
182 211 361  
46 81 150 156 223 225 264 270 283 395  
177 360 390  
6 160 298  
34 37 67 70 116 124 262 317 353 382  
95 290 311  
181 235 310  
1 21 71 80 193 252 285 291 370 375  
118 147 399  
175 194 267  
6 13 57 85 144 261 339 348 350 373  
76 319 340  
50 170 218  
8 44 84 179 186 207 254 308 323 371  
64 83 350  
263 369 396  
64 72 182 218 242 249 255 323 368 387  
171 332 356  
81 195 325  
111 115 143 230 263 286 319 326 392 395  
127 162 313  
132 159 323  
6 18 114 173 248 257 305 321 354 365  
36 152 183  
65 100 342  
12 61 82 106 118 200 217 252 343 360  
100 130 255  
23 250 275  
11 53 103 127 202 238 259 293 329 373  
203 215 335  
188 291 351  
2 10 13 92 146 219 298 301 324 331  
153 201 314  
60 129 362  
39 122 164 167 239 281 292 304 320 335  
65 250 321  
222 256 319  
34 62 123 151 156 209 247 291 296 325  
115 278 388  
10 38 229  
21 40 101 126 141 171 177 262 276 316  
80 158 354  
89 166 284  
45 49 54 66 88 158 161 211 275 379  
102 235 269  
31 193 380  
20 51 139 195 228 264 268 272 372 399  
24 32 188  
73 111 387  
15 73 83 85 100 224 270 295 356 396  
26 184 372  
17 120 177  
57 104 153 157 168 172 196 297 336 361  
190 210 344  
148 305 390  
75 113 159 232 236 260 289 351 355 374  
6 281 316  
207 273 338  
4 91 131 135 189 205 231 342 362 383

21 70 298  
94 241 370  
16 23 29 67 110 198 278 313 358 391  
82 260 387  
44 143 340  
1 26 30 93 98 130 154 180 266 353  
205 233 381  
2 399  
121 215 222 339 346 370 377 380 384 398  
106 176 322  
129 162 175 185 203 332 338 349 367 376  
18 325 395  
41 80 102 148 160 214 216 237 240 287  
101 114 216  
28 31 47 97 124 132 134 142 176 183  
195 274 297  
0 7 36 65 77 81 166 210 226 333  
202 249 263  
55 90 140 152 193 251 290 350 364 386  
0 34 105  
37 87 128 174 191 225 288 294 341 394  
53 207 310  
5 22 24 43 78 194 246 273 345 389  
47 136 212  
3 19 86 108 117 187 197 212 234 265  
2 132 228  
69 120 133 147 213 241 256 285 328 340  
139 151 218  
60 107 138 282 312 317 322 347 366 390  
87 94 349  
63 71 95 116 169 181 199 227 253 303  
148 253 380  
68 89 94 155 165 235 245 277 306 309  
81 288 365  
48 59 74 170 204 223 300 310 357 381  
38 54 124  
14 56 76 112 229 261 284 307 327 363  
22 28 286  
35 137 145 150 184 279 302 318 337 344  
155 275 346  
32 44 50 99 192 233 267 378 385 397  
197 214 318  
9 17 38 119 178 201 280 299 334 360  
61 330 358  
25 33 46 136 221 244 250 314 382 393  
60 179 296  
27 52 58 96 109 179 190 243 274 369  
50 104 307  
77 105 125 163 206 269 283 311 315 359  
133 334 389  
94 208 229 250 254 258 264 271 330 388  
224 240 302  
15 42 58 142 149 181 232 327 352 364  
254 268 279  
13 43 45 65 80 118 220 308 349 382  
57 73 357  
79 101 115 123 125 127 183 314 338 340  
164 291 383  
31 70 85 95 139 201 207 328 363 381  
257 276 304  
21 116 132 168 216 224 241 294 367 387  
99 181 262

38 47 74 151 211 213 262 323 362 374  
10 109 193  
72 144 147 186 188 194 197 312 321 375  
51 341 384  
100 128 136 157 169 195 343 353 369 391  
145 172 272  
73 90 167 191 253 267 302 352 355 393  
92 103 277  
16 39 53 108 114 291 346 356 378 390  
74 141 273  
37 61 109 176 189 202 246 251 289 304  
223 336 364  
12 32 222 271 287 293 311 313 365 395  
17 31 96  
50 69 78 122 154 190 284 322 383 398  
85 107 355  
8 29 63 91 124 172 219 230 269 330  
27 72 265  
19 131 206 249 252 261 274 296 345 388  
12 116 300  
3 7 64 82 93 146 199 300 339 396  
48 119 236  
23 26 35 141 163 223 248 292 307 333  
45 154 283  
98 149 153 161 165 188 192 217 337 389  
138 160 328  
0 49 62 137 152 170 234 317 324 373  
226 243 312  
1 96 113 162 208 244 283 303 316 361  
29 143 367  
81 97 112 174 212 260 286 299 309 399  
35 63 324  
5 28 42 99 120 126 129 148 179 295  
122 129 234  
4 52 66 159 237 310 325 347 370 397  
241 331 338  
46 79 121 133 135 233 278 298 372 394  
111 204 211  
9 20 92 160 193 235 279 336 358 379  
66 208 378  
18 87 89 110 145 209 258 266 297 392  
232 280 359  
10 40 48 54 56 70 238 273 277 318  
88 264 391  
51 83 88 111 166 173 196 259 334 359  
173 353 370  
33 76 102 119 138 227 239 288 344 385  
295 309 368  
34 84 140 215 231 268 280 301 357 368  
14 135 175  
11 30 106 143 218 245 256 281 290 371  
126 187 305  
22 75 105 107 150 214 226 275 285 331  
0 20 180  
2 6 177 187 221 242 320 326 351 377  
157 303 395  
24 117 155 175 204 240 270 315 350 354  
110 199 290  
14 41 55 59 180 243 276 342 366 376  
300 379 398  
17 25 182 198 200 203 247 263 306 380  
43 82 293

57 68 103 158 164 178 185 228 282 341  
183 245 274  
67 171 205 210 220 255 265 319 335 348  
70 248 308  
27 36 44 86 104 130 225 272 329 384  
126 213 324  
60 71 74 134 156 184 305 319 360 386  
34 255 386  
19 23 40 46 65 113 143 287 304 366  
130 219 292  
22 67 82 134 152 207 295 321 362 367  
176 243 294  
15 54 68 78 115 244 251 274 325 337  
138 208 260  
147 185 195 212 230 232 239 258 283 305  
16 112 224  
3 30 118 181 183 211 226 273 284 370  
56 216 375  
7 28 98 112 156 171 193 218 236 241  
169 180 334  
57 117 154 174 186 233 264 276 332 368  
117 165 268  
0 6 42 75 95 145 282 315 334 345  
271 306 321  
25 99 102 110 137 159 191 205 330 384  
64 311 393  
35 59 80 100 161 176 236 306 313 383  
21 79 95  
64 66 127 130 167 187 214 349 369 395  
107 128 258  
4 38 92 104 128 216 308 327 333 338  
8 201 221  
1 131 166 188 198 248 323 343 378 393  
167 249 359  
13 26 238 242 265 267 281 288 300 364  
252 329 368  
45 62 69 175 177 271 329 335 372 375  
205 286 355  
119 196 215 228 247 294 303 347 353 379  
161 288 360  
24 63 81 120 146 200 266 314 342 390  
76 87 233  
8 10 47 60 73 87 153 272 280 290  
45 149 262  
85 96 136 151 204 268 292 388 392 397  
245 317 391  
12 31 56 77 84 93 148 213 356 376  
121 198 344  
11 33 142 173 225 237 246 254 348 380  
98 162 276  
41 53 72 105 158 168 262 270 322 386  
25 157 215  
49 79 90 94 172 220 299 316 346 351  
32 226 374  
16 86 89 121 182 252 257 269 289 340  
49 186 296  
9 18 55 97 122 157 179 202 210 231  
83 92 179  
39 126 190 209 234 245 257 279 311 331  
5 101 174  
20 37 50 107 197 293 296 357 361 387  
68 135 234

51 164 201 256 298 310 326 355 358 396  
62 90 110  
58 76 124 150 192 199 208 291 309 312  
12 72 151  
44 91 111 123 129 223 243 253 382 391  
19 239 280  
2 138 170 224 277 286 354 363 371 374  
104 144 381  
5 17 34 109 125 132 162 184 373 398  
166 228 339  
101 140 144 149 189 203 235 249 297 328  
48 230 388  
14 106 114 194 255 259 302 317 332 377  
13 270 367  
36 43 88 103 139 155 285 307 352 385  
196 240 389  
71 108 133 217 219 229 260 320 350 365  
59 206 264  
27 163 221 227 240 278 301 318 339 360  
29 314 350  
21 32 48 83 135 160 178 180 275 324  
122 158 337  
116 141 206 222 250 263 336 341 381 389  
292 301 372  
26 29 52 61 70 169 261 376 394 399  
36 145 178  
8 80 134 151 199 248 286 293 344 347  
277 326 352  
13 35 71 124 191 200 297 340 351 356  
212 341 371  
21 43 74 76 137 140 188 257 359 391  
116 335 346  
28 32 34 41 89 138 141 272 298 348  
52 265 320  
6 30 44 72 217 230 244 287 336 363  
96 220 282  
33 53 160 163 174 261 319 323 354 383  
39 184 322  
95 102 109 118 122 187 238 271 342 386  
78 304 332  
23 45 157 178 208 219 289 315 385 393  
125 244 378  
50 92 165 212 254 270 285 318 325 366  
41 200 398  
3 65 119 192 232 295 301 320 328 330  
24 88 365  
161 164 172 177 179 222 273 300 312 367  
3 61 348  
11 47 57 75 114 135 156 181 224 335  
123 171 261  
46 55 62 66 182 190 241 299 333 359  
57 251 383  
27 93 117 126 267 269 275 284 313 380  
9 140 303  
22 70 90 106 155 158 162 170 288 388  
84 189 331  
31 42 108 115 131 152 171 202 358 368  
14 190 283  
18 58 86 94 169 198 215 223 239 324  
154 185 382  
1 7 68 121 175 184 189 296 310 382  
172 203 227

48 107 193 196 205 243 280 292 337 396  
86 385 399  
14 16 54 64 96 128 233 253 256 389  
20 74 373  
52 83 99 113 139 146 154 327 346 360  
67 164 318  
19 29 112 173 194 311 339 355 372 392  
30 133 343  
4 36 153 206 255 306 334 353 371 395  
22 136 146  
56 63 104 132 149 186 240 263 349 379  
47 313 356  
0 91 110 197 203 305 314 331 374 397  
71 173 363  
15 38 84 125 133 204 245 303 307 321  
51 108 327  
130 144 148 220 258 279 294 304 364 398  
80 210 253  
25 78 101 150 167 201 237 362 373 377  
27 103 209  
73 127 143 145 165 176 231 242 262 308  
105 231 394  
17 39 88 123 159 195 225 282 361 381  
197 285 309  
10 82 98 209 213 226 259 264 278 341  
33 150 297  
5 79 100 168 227 260 268 283 326 370  
42 236 257  
49 69 97 105 228 266 274 344 378 387  
142 266 289  
40 67 77 85 147 180 302 357 369 384  
54 91 134  
103 116 120 136 166 214 236 338 345 399  
204 238 299  
2 12 20 81 111 185 207 329 350 394  
7 119 366  
24 142 211 221 234 249 290 309 316 322  
114 127 141  
51 60 183 210 216 246 281 291 332 352  
55 118 353  
9 129 144 213 218 247 251 265 365 390  
37 328 345  
61 99 163 218 232 277 302 324 345 350  
63 77 217  
18 100 149 174 200 230 272 317 346 375  
109 155 242  
37 45 79 131 237 276 303 333 364 389  
232 272 293  
58 113 119 128 187 235 264 314 325 381  
191 248 259  
6 22 32 87 118 127 216 251 328 379  
28 113 168  
28 44 75 152 238 250 266 310 349 377  
139 279 312  
42 77 137 209 261 263 267 270 320 343  
11 93 316  
9 61 64 154 170 226 228 296 318 362  
1 192 214  
16 87 102 105 111 116 157 162 265 396  
156 269 357  
15 23 109 168 225 240 306 319 347 376  
147 223 358

65 134 179 193 277 299 307 339 356 387  
15 131 392  
7 25 178 188 262 273 294 327 340 372  
85 99 225  
53 107 139 142 180 186 199 278 351 382  
26 237 330  
43 51 114 138 172 206 217 236 290 357  
18 66 153  
13 46 59 145 169 177 255 354 358 378  
102 199 246  
76 106 147 156 190 198 219 295 297 353  
69 278 397  
39 73 81 93 115 141 173 181 323 360  
46 364 377  
8 56 122 130 135 212 244 253 312 370  
106 163 376  
78 151 160 191 197 210 229 326 329 391  
315 336 384  
69 129 136 164 215 224 248 252 287 315  
137 187 202  
62 95 97 108 167 211 289 367 380 383  
35 58 281  
26 72 124 189 201 271 283 286 384 393  
307 347 374  
1 49 74 101 159 194 222 229 242 371  
97 115 295  
50 146 161 166 184 203 207 260 368 388  
152 287 333  
0 4 8  
0 1  
1 2  
2 3  
3 4  
4 5  
5 6  
6 7  
7 8  
8 9  
9 10  
10 11  
11 12  
12 13  
13 14  
14 15  
15 16  
16 17  
17 18  
18 19  
19 20  
20 21  
21 22  
22 23  
23 24  
24 25  
25 26  
26 27  
27 28  
28 29  
29 30  
30 31  
31 32  
32 33



33 34  
34 35  
35 36  
36 37  
37 38  
38 39  
39 40  
40 41  
41 42  
42 43  
43 44  
44 45  
45 46  
46 47  
47 48  
48 49  
49 50  
50 51  
51 52  
52 53  
53 54  
54 55  
55 56  
56 57  
57 58  
58 59  
59 60  
60 61  
61 62  
62 63  
63 64  
64 65  
65 66  
66 67  
67 68  
68 69  
69 70  
70 71  
71 72  
72 73  
73 74  
74 75  
75 76  
76 77  
77 78  
78 79  
79 80  
80 81  
81 82  
82 83  
83 84  
84 85  
85 86  
86 87  
87 88  
88 89  
89 90  
90 91  
91 92  
92 93  
93 94  
94 95

95 96  
96 97  
97 98  
98 99  
99 100  
100 101  
101 102  
102 103  
103 104  
104 105  
105 106  
106 107  
107 108  
108 109  
109 110  
110 111  
111 112  
112 113  
113 114  
114 115  
115 116  
116 117  
117 118  
118 119  
119 120  
120 121  
121 122  
122 123  
123 124  
124 125  
125 126  
126 127  
127 128  
128 129  
129 130  
130 131  
131 132  
132 133  
133 134  
134 135  
135 136  
136 137  
137 138  
138 139  
139 140  
140 141  
141 142  
142 143  
143 144  
144 145  
145 146  
146 147  
147 148  
148 149  
149 150  
150 151  
151 152  
152 153  
153 154  
154 155  
155 156  
156 157

157 158  
158 159  
159 160  
160 161  
161 162  
162 163  
163 164  
164 165  
165 166  
166 167  
167 168  
168 169  
169 170  
170 171  
171 172  
172 173  
173 174  
174 175  
175 176  
176 177  
177 178  
178 179  
179 180  
180 181  
181 182  
182 183  
183 184  
184 185  
185 186  
186 187  
187 188  
188 189  
189 190  
190 191  
191 192  
192 193  
193 194  
194 195  
195 196  
196 197  
197 198  
198 199  
199 200  
200 201  
201 202  
202 203  
203 204  
204 205  
205 206  
206 207  
207 208  
208 209  
209 210  
210 211  
211 212  
212 213  
213 214  
214 215  
215 216  
216 217  
217 218  
218 219

219 220  
220 221  
221 222  
222 223  
223 224  
224 225  
225 226  
226 227  
227 228  
228 229  
229 230  
230 231  
231 232  
232 233  
233 234  
234 235  
235 236  
236 237  
237 238  
238 239  
239 240  
240 241  
241 242  
242 243  
243 244  
244 245  
245 246  
246 247  
247 248  
248 249  
249 250  
250 251  
251 252  
252 253  
253 254  
254 255  
255 256  
256 257  
257 258  
258 259  
259 260  
260 261  
261 262  
262 263  
263 264  
264 265  
265 266  
266 267  
267 268  
268 269  
269 270  
270 271  
271 272  
272 273  
273 274  
274 275  
275 276  
276 277  
277 278  
278 279  
279 280  
280 281

281 282  
282 283  
283 284  
284 285  
285 286  
286 287  
287 288  
288 289  
289 290  
290 291  
291 292  
292 293  
293 294  
294 295  
295 296  
296 297  
297 298  
298 299  
299 300  
300 301  
301 302  
302 303  
303 304  
304 305  
305 306  
306 307  
307 308  
308 309  
309 310  
310 311  
311 312  
312 313  
313 314  
314 315  
315 316  
316 317  
317 318  
318 319  
319 320  
320 321  
321 322  
322 323  
323 324  
324 325  
325 326  
326 327  
327 328  
328 329  
329 330  
330 331  
331 332  
332 333  
333 334  
334 335  
335 336  
336 337  
337 338  
338 339  
339 340  
340 341  
341 342  
342 343

343 344  
344 345  
345 346  
346 347  
347 348  
348 349  
349 350  
350 351  
351 352  
352 353  
353 354  
354 355  
355 356  
356 357  
357 358  
358 359  
359 360  
360 361  
361 362  
362 363  
363 364  
364 365  
365 366  
366 367  
367 368  
368 369  
369 370  
370 371  
371 372  
372 373  
373 374  
374 375  
375 376  
376 377  
377 378  
378 379  
379 380  
380 381  
381 382  
382 383  
383 384  
384 385  
385 386  
386 387  
387 388  
388 389  
389 390  
390 391  
391 392  
392 393  
393 394  
394 395  
395 396  
396 397  
397 398  
398 399