

1 MODULE *Inv*

2 EXTENDS *Implementation*, *TypeSafety*

4 $\text{SameRoot}(t, i, j) \triangleq t.\text{sigma}[i] = t.\text{sigma}[j]$

6 $\text{SigmaRespectsShared} \triangleq \forall t \in M : \forall i \in \text{NodeSet} : \begin{array}{ll} \wedge F[i].\text{bit} = 0 & \Rightarrow t.\text{sigma}[i] = t.\text{sigma}[F[i].\text{parent}] \\ \wedge F[i].\text{bit} = 1 & \Rightarrow t.\text{sigma}[i] = i \end{array}$

10 $\text{InvF2All}(p, t) \triangleq \wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_F[p])$

12 $\text{InvF3All}(p, t) \triangleq \wedge F[u_F[p]].\text{bit} = 0$
 13 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_F[p])$

15 $\text{InvF4All}(p, t) \triangleq \wedge F[u_F[p]].\text{bit} = 0$
 16 $\wedge a_F[p].\text{bit} = 0$
 17 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], a_F[p].\text{parent})$
 18 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_F[p])$

20 $\text{InvF5All}(p, t) \triangleq \wedge F[u_F[p]].\text{bit} = 0$
 21 $\wedge a_F[p].\text{bit} = 0$
 22 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], a_F[p].\text{parent})$
 23 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_F[p])$
 24 $\wedge b_F[p].\text{bit} = 0 \Rightarrow \wedge \text{SameRoot}(t, a_F[p].\text{parent}, b_F[p].\text{parent})$
 25 $\wedge F[a_F[p].\text{parent}].\text{bit} = 0$

27 $\text{InvF6All}(p, t) \triangleq \wedge F[u_F[p]].\text{bit} = 0$
 28 $\wedge a_F[p].\text{bit} = 0$
 29 $\wedge F[a_F[p].\text{parent}].\text{bit} = 0$
 30 $\wedge b_F[p].\text{bit} = 0$
 31 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], a_F[p].\text{parent})$
 32 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_F[p])$
 33 $\wedge \text{SameRoot}(t, a_F[p].\text{parent}, b_F[p].\text{parent})$

35 $\text{InvF7All}(p, t) \triangleq \wedge F[u_F[p]].\text{bit} = 0$
 36 $\wedge a_F[p].\text{bit} = 0$
 37 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], a_F[p].\text{parent})$
 38 $\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_F[p])$

40 $\text{InvU2All}(p, t) \triangleq \wedge \text{SameRoot}(t, t.\text{arg}[p][1], u_U[p])$
 41 $\wedge \text{SameRoot}(t, t.\text{arg}[p][2], v_U[p])$

44 $\text{InvU5All}(p, t) \triangleq \wedge \text{SameRoot}(t, t.\text{arg}[p][1], u_U[p])$
 45 $\wedge \text{SameRoot}(t, t.\text{arg}[p][2], v_U[p])$
 46 $\wedge u_U[p] \neq v_U[p]$
 47 $\wedge a_U[p].\text{bit} = 0 \Rightarrow \text{SameRoot}(t, a_U[p].\text{parent}, u_U[p])$
 48 $\wedge t.\text{ret}[p] = \text{ACK} \Rightarrow \text{SameRoot}(t, u_U[p], v_U[p])$

50 $InvU6All(p, t) \triangleq \wedge SameRoot(t, t.arg[p][1], u_U[p])$
51 $\wedge SameRoot(t, t.arg[p][2], v_U[p])$
52 $\wedge u_U[p] \neq v_U[p]$
53 $\wedge a_U[p].bit = 0 \Rightarrow SameRoot(t, a_U[p].parent, u_U[p])$
54 $\wedge b_U[p].bit = 0 \Rightarrow SameRoot(t, b_U[p].parent, v_U[p])$
55 $\wedge t.ret[p] = ACK \Rightarrow SameRoot(t, u_U[p], v_U[p])$
57 $InvU7All(p, t) \triangleq \wedge SameRoot(t, t.arg[p][1], u_U[p])$
58 $\wedge SameRoot(t, t.arg[p][2], v_U[p])$
59 $\wedge t.ret[p] = ACK \Rightarrow SameRoot(t, u_U[p], v_U[p])$
61 $InvU8All(p, t) \triangleq \wedge SameRoot(t, t.arg[p][1], u_U[p])$
62 $\wedge SameRoot(t, t.arg[p][2], v_U[p])$
63 $\wedge t.ret[p] = ACK \Rightarrow SameRoot(t, u_U[p], v_U[p])$
65 $InvDecide \triangleq \forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
66 $\wedge pc[p] = "0" \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
67 $\wedge t.op[p] = BOT$
68 $\wedge t.arg[p] = BOT$
69 $InvF1 \triangleq \forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
70 $\wedge pc[p] = "F1" \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
71 $\wedge t.op[p] = "F"$
72 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
73 $\wedge SameRoot(t, c[p], t.arg[p])$
74 $\wedge pc[p] = "F1U1" \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
75 $\wedge t.op[p] = "U"$
76 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
77 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
78 $\wedge pc[p] = "F1U2" \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
79 $\wedge t.op[p] = "U"$
80 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
81 $\wedge InvU2All(p, t)$
82 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
83 $\wedge pc[p] = "F1U7" \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
84 $\wedge t.op[p] = "U"$
85 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
86 $\wedge InvU7All(p, t)$
87 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
88 $\wedge pc[p] = "F1U8" \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
89 $\wedge t.op[p] = "U"$
90 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
91 $\wedge InvU8All(p, t)$
92 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
93 $InvF2 \triangleq \forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
94 $\wedge pc[p] = "F2" \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
95 $\wedge t.op[p] = "F"$

96		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
97		$\wedge SameRoot(t, c[p], t.arg[p])$
98		$\wedge InvF2All(p, t)$
99	$\wedge pc[p] = \text{"F2U1"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
100		$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
101		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
102		$\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
103		$\wedge InvF2All(p, t)$
104	$\wedge pc[p] = \text{"F2U2"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
105		$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
106		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
107		$\wedge InvU2All(p, t)$
108		$\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
109		$\wedge InvF2All(p, t)$
110	$\wedge pc[p] = \text{"F2U7"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
111		$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
112		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
113		$\wedge InvU7All(p, t)$
114		$\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
115		$\wedge InvF2All(p, t)$
116	$\wedge pc[p] = \text{"F2U8"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
117		$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
118		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
119		$\wedge InvU8All(p, t)$
120		$\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
121		$\wedge InvF2All(p, t)$
124	$InvF3 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
125		$\wedge pc[p] = \text{"F3"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
126		$\wedge t.op[p] = \text{"F"}$
127		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
128		$\wedge SameRoot(t, c[p], t.arg[p])$
129		$\wedge InvF3All(p, t)$
130	$\wedge pc[p] = \text{"F3U1"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
131		$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
132		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
133		$\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
134		$\wedge InvF3All(p, t)$
135	$\wedge pc[p] = \text{"F3U2"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
136		$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
137		$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
138		$\wedge InvU2All(p, t)$
139		$\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
140		$\wedge InvF3All(p, t)$

141 $\wedge pc[p] = \text{"F3U7"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
142 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
143 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
144 $\wedge InvU7All(p, t)$
145 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
146 $\wedge InvF3All(p, t)$
147 $\wedge pc[p] = \text{"F3U8"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
148 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
149 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
150 $\wedge InvU8All(p, t)$
151 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
152 $\wedge InvF3All(p, t)$

154 $InvF4 \triangleq \forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
155 $\wedge pc[p] = \text{"F4"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
156 $\wedge t.op[p] = \text{"F"}$
157 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
158 $\wedge SameRoot(t, c[p], t.arg[p])$
159 $\wedge InvF4All(p, t)$
160 $\wedge pc[p] = \text{"F4U1"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
161 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
162 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
163 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
164 $\wedge InvF4All(p, t)$
165 $\wedge pc[p] = \text{"F4U2"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
166 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
167 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
168 $\wedge InvU2All(p, t)$
169 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
170 $\wedge InvF4All(p, t)$
171 $\wedge pc[p] = \text{"F4U7"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
172 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
173 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
174 $\wedge InvU7All(p, t)$
175 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
176 $\wedge InvF4All(p, t)$
177 $\wedge pc[p] = \text{"F4U8"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
178 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
179 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
180 $\wedge InvU8All(p, t)$
181 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
182 $\wedge InvF4All(p, t)$

185 $InvF5 \triangleq \forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
186 $\wedge pc[p] = \text{"F5"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT\} \cup NodeSet$

187 $\wedge t.op[p] = \text{"F"}$
188 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
189 $\wedge SameRoot(t, c[p], t.arg[p])$
190 $\wedge InvF5All(p, t)$
191 $\wedge b_F[p].bit = 0 \Rightarrow t.ret[p] = BOT$
192 $\wedge b_F[p].bit = 1 \Rightarrow t.ret[p] = a_F[p].pa$
193 $\wedge pc[p] = \text{"F5U1"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
194 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
195 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
196 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
197 $\wedge InvF5All(p, t)$
198 $\wedge pc[p] = \text{"F5U2"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
199 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
200 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
201 $\wedge InvU2All(p, t)$
202 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
203 $\wedge InvF5All(p, t)$
204 $\wedge pc[p] = \text{"F5U7"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
205 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
206 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
207 $\wedge InvU7All(p, t)$
208 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
209 $\wedge InvF5All(p, t)$
210 $\wedge pc[p] = \text{"F5U8"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
211 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
212 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
213 $\wedge InvU8All(p, t)$
214 $\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
215 $\wedge InvF5All(p, t)$
217 $InvF6 \triangleq \forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$
218 $\wedge pc[p] = \text{"F6"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
219 $\wedge t.op[p] = \text{"F"}$
220 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
221 $\wedge SameRoot(t, c[p], t.arg[p])$
222 $\wedge InvF6All(p, t)$
223 $\wedge pc[p] = \text{"F6U1"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
224 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
225 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
226 $\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
227 $\wedge InvF6All(p, t)$
228 $\wedge pc[p] = \text{"F6U2"} \Rightarrow \wedge t.ret[p] = BOT$
229 $\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
230 $\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
231 $\wedge InvU2All(p, t)$

232		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], v_U[p])$
233		$\wedge \text{InvF6All}(p, t)$
234	$\wedge pc[p] = \text{"F6U7"} \Rightarrow$	$\wedge t.\text{ret}[p] \in \{BOT, ACK\}$
235		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"U"}$
236		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet} \times \text{NodeSet}$
237		$\wedge \text{InvU7All}(p, t)$
238		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_U[p])$
239		$\wedge \text{InvF6All}(p, t)$
240	$\wedge pc[p] = \text{"F6U8"} \Rightarrow$	$\wedge t.\text{ret}[p] \in \{BOT, ACK\}$
241		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"U"}$
242		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet} \times \text{NodeSet}$
243		$\wedge \text{InvU8All}(p, t)$
244		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], v_U[p])$
245		$\wedge \text{InvF6All}(p, t)$
248	$\text{InvF7} \triangleq$	$\forall p \in \text{PROCESSES} : \forall t \in M :$
249		$\wedge pc[p] = \text{"F7"} \Rightarrow \wedge t.\text{ret}[p] = BOT$
250		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"F"}$
251		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet}$
252		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], t.\text{arg}[p])$
253		$\wedge \text{InvF7All}(p, t)$
254	$\wedge pc[p] = \text{"F7U1"} \Rightarrow$	$\wedge t.\text{ret}[p] = BOT$
255		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"U"}$
256		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet} \times \text{NodeSet}$
257		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_U[p])$
258		$\wedge \text{InvF7All}(p, t)$
259	$\wedge pc[p] = \text{"F7U2"} \Rightarrow$	$\wedge t.\text{ret}[p] = BOT$
260		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"U"}$
261		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet} \times \text{NodeSet}$
262		$\wedge \text{InvU2All}(p, t)$
263		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], v_U[p])$
264		$\wedge \text{InvF7All}(p, t)$
265	$\wedge pc[p] = \text{"F7U7"} \Rightarrow$	$\wedge t.\text{ret}[p] \in \{BOT, ACK\}$
266		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"U"}$
267		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet} \times \text{NodeSet}$
268		$\wedge \text{InvU7All}(p, t)$
269		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], u_U[p])$
270		$\wedge \text{InvF7All}(p, t)$
271	$\wedge pc[p] = \text{"F7U8"} \Rightarrow$	$\wedge t.\text{ret}[p] \in \{BOT, ACK\}$
272		$\wedge t.\text{op}[p] = \text{"U"}$
273		$\wedge t.\text{arg}[p] \in \text{NodeSet} \times \text{NodeSet}$
274		$\wedge \text{InvU8All}(p, t)$
275		$\wedge \text{SameRoot}(t, c[p], v_U[p])$
276		$\wedge \text{InvF7All}(p, t)$

279	$InvFR \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
280		$\wedge pc[p] = \text{"FR"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = u_F[p]$
281			$\wedge t.op[p] = \text{"F"}$
282			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet$
283			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p], u_F[p])$
284			$\wedge SameRoot(t, c[p], u_F[p])$
285		$\wedge pc[p] = \text{"FRU1"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
286			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
287			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
288			$\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
289			$\wedge SameRoot(t, c[p], u_F[p])$
290		$\wedge pc[p] = \text{"FRU2"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
291			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
292			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
293			$\wedge InvU2All(p, t)$
294			$\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
296		$\wedge pc[p] = \text{"FRU7"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
297			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
298			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
299			$\wedge InvU7All(p, t)$
300			$\wedge SameRoot(t, c[p], u_U[p])$
301		$\wedge pc[p] = \text{"FRU8"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
302			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
303			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
304			$\wedge InvU8All(p, t)$
305			$\wedge SameRoot(t, c[p], v_U[p])$
307	$InvU1 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
308		$pc[p] = \text{"U1"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
309			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
310			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
313	$InvU2 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
314		$pc[p] = \text{"U2"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] = BOT$
315			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
316			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
317			$\wedge InvU2All(p, t)$
319	$InvU3 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
320		$pc[p] = \text{"U3"} \Rightarrow$	$\wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
321			$\wedge t.op[p] = \text{"U"}$
322			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
323			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p][1], u_U[p])$
324			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p][2], v_U[p])$

325			$\wedge t.ret[p] = ACK \Rightarrow SameRoot(t, u_U[p], v_U[p])$
326	$InvU4 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
327		$pc[p] = "U4"$	$\Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
328			$\wedge t.op[p] = "U"$
329			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
330			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p][1], u_U[p])$
331			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p][2], v_U[p])$
332			$\wedge t.ret[p] = ACK \Rightarrow SameRoot(t, u_U[p], v_U[p])$
333			$\wedge u_U[p] \neq v_U[p]$
335	$InvU5 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
336		$pc[p] = "U5"$	$\Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
337			$\wedge t.op[p] = "U"$
338			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
339			$\wedge InvU5All(p, t)$
340	$InvU6 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
341		$pc[p] = "U6"$	\Rightarrow
342			$\wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
343			$\wedge t.op[p] = "U"$
344			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
345			$\wedge InvU6All(p, t)$
347	$InvU7 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
348		$pc[p] = "U7"$	$\Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
349			$\wedge t.op[p] = "U"$
350			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
351			$\wedge InvU7All(p, t)$
353	$InvU8 \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
354		$pc[p] = "U8"$	$\Rightarrow \wedge t.ret[p] \in \{BOT, ACK\}$
355			$\wedge t.op[p] = "U"$
356			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
357			$\wedge InvU8All(p, t)$
359	$InvUR \triangleq$	$\forall p \in PROCESSES : \forall t \in M :$	
360		$pc[p] = "UR"$	$\Rightarrow \wedge t.ret[p] = ACK$
361			$\wedge t.op[p] = "U"$
362			$\wedge t.arg[p] \in NodeSet \times NodeSet$
363			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p][1], u_U[p])$
364			$\wedge SameRoot(t, t.arg[p][2], v_U[p])$
365			$\wedge SameRoot(t, u_U[p], v_U[p])$
367	$Linearizable \triangleq$	$M \neq \{\}$	
369	$Inv \triangleq$	$\wedge TypeOK$	
370		$\wedge InvDecide$	
371		$\wedge InvF1$	


```

372       $\wedge \text{InvF2}$ 
373       $\wedge \text{InvF3}$ 
374       $\wedge \text{InvF4}$ 
375       $\wedge \text{InvF5}$ 
376       $\wedge \text{InvF6}$ 
377       $\wedge \text{InvF7}$ 
378       $\wedge \text{InvFR}$ 
379       $\wedge \text{InvU1}$ 
380       $\wedge \text{InvU2}$ 
381       $\wedge \text{InvU3}$ 
382       $\wedge \text{InvU4}$ 
383       $\wedge \text{InvU5}$ 
384       $\wedge \text{InvU6}$ 
385       $\wedge \text{InvU7}$ 
386       $\wedge \text{InvU8}$ 
387       $\wedge \text{InvUR}$ 
388       $\wedge \text{SigmaRespectsShared}$ 
389       $\wedge \text{Linearizable}$ 

```

```

391 |-----|
    \ * Modification History
    \ * Last modified Fri May 02 00:44:09 EDT 2025 by karunram
    \ * Created Thu Apr 03 22:44:42 EDT 2025 by karunram

```