

ESAxioms^{0,22}

$$\begin{aligned}
& \text{ESAxioms}(E;T;M; \\
& \quad \text{loc};\text{kind};\text{val}; \\
& \quad \text{when};\text{after}; \\
& \quad \text{sends};\text{sender};\text{index}; \\
& \quad \text{first};\text{pred}; \\
& \quad \text{causl}) \\
\equiv_{\text{def}} & (\forall e, e':E. \text{loc}(e) = \text{loc}(e') \Rightarrow \text{causl}(e,e') \vee e = e' \vee \text{causl}(e',e)) \\
& \& (\forall e:E. \text{first}(e) \Leftrightarrow (\forall e':E. \text{loc}(e') = \text{loc}(e) \Rightarrow \neg \text{causl}(e',e))) \\
& \& (\forall e:E. \\
& \quad \neg \text{first}(e) \\
& \quad \Rightarrow \text{loc}(\text{pred}(e)) = \text{loc}(e) \& \text{causl}(\text{pred}(e),e) \\
& \quad \quad \& (\forall e':E. \text{loc}(e') = \text{loc}(e) \Rightarrow \neg(\text{causl}(\text{pred}(e),e') \& \text{causl}(e',e)))) \\
& \& (\forall e:E. \neg \text{first}(e) \Rightarrow (\forall x:\text{Id}. \text{when}(x,e) = \text{after}(x,\text{pred}(e)))) \\
& \& (\text{Trans } e,e':E. \text{causl}(e,e')) \\
& \& \text{SWellFounded}(\text{causl}(e,e')) \\
& \& (\forall e:E. \\
& \quad \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \\
& \quad \Rightarrow (\text{sends}(\text{lnk}(\text{kind}(e)),\text{sender}(e)))[\text{index}(e)] \\
& \quad = \\
& \quad \text{msg}(\text{lnk}(\text{kind}(e));\text{tag}(\text{kind}(e));\text{val}(e))) \\
& \& (\forall e:E. \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \Rightarrow \text{causl}(\text{sender}(e),e)) \\
& \& (\forall e, e':E. \\
& \quad \text{causl}(e,e') \\
& \quad \Rightarrow \neg \text{first}(e') \& \text{causl}(e,\text{pred}(e')) \vee e = \text{pred}(e') \\
& \quad \quad \vee \text{isrcv}(\text{kind}(e')) \& \text{causl}(e,\text{sender}(e')) \vee e = \text{sender}(e')) \\
& \& (\forall e:E. \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \Rightarrow \text{loc}(e) = \text{destination}(\text{lnk}(\text{kind}(e)))) \\
& \& (\forall e:E, l:\text{IdLnk}. \neg \text{loc}(e) = \text{source}(l) \Rightarrow \text{sends}(l,e) = \text{nil}) \\
& \& (\forall e, e':E. \\
& \quad \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \\
& \quad \Rightarrow \text{isrcv}(\text{kind}(e')) \\
& \quad \Rightarrow \text{lnk}(\text{kind}(e)) = \text{lnk}(\text{kind}(e')) \\
& \quad \Rightarrow (\text{causl}(e,e') \\
& \quad \Leftrightarrow \\
& \quad \text{causl}(\text{sender}(e),\text{sender}(e')) \vee \text{sender}(e) = \text{sender}(e') \& \text{index}(e) < \text{index}(e')) \\
& \& (\forall e:E, l:\text{IdLnk}, n:\mathbb{N}_{< \|\text{sends}(l,e)\|}. \\
& \quad \exists e':E. \text{isrcv}(\text{kind}(e')) \& \text{lnk}(\text{kind}(e')) = l \& \text{sender}(e') = e \& \text{index}(e') = n)
\end{aligned}$$

clarification:

$$\begin{aligned}
& \text{ESAxioms}\{\text{i:l}\} \\
& \quad (E; T; M; \text{loc}; \text{kind}; \text{val}; \text{when}; \text{after}; \text{sends}; \text{sender}; \text{index}; \text{first}; \text{pred}; \text{causl}) \\
\equiv_{\text{def}} & (\forall e:E, e':E. \text{loc}(e) = \text{loc}(e') \in \text{Id} \Rightarrow \text{causl}(e,e') \vee e = e' \in E \vee \text{causl}(e',e))
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \& (\forall e:E. \text{first}(e) \Leftrightarrow (\forall e':E. \text{loc}(e') = \text{loc}(e) \in \text{Id} \Rightarrow \neg \text{causl}(e',e))) \\
& \& (\forall e:E. \\
& \quad \neg \text{first}(e) \\
& \quad \Rightarrow \text{loc}(\text{pred}(e)) = \text{loc}(e) \in \text{Id} \& \text{causl}(\text{pred}(e),e) \\
& \quad \quad \& (\forall e':E. \text{loc}(e') = \text{loc}(e) \in \text{Id} \Rightarrow \neg(\text{causl}(\text{pred}(e),e') \& \text{causl}(e',e))) \\
& \& (\forall e:E. \neg \text{first}(e) \Rightarrow (\forall x:\text{Id}. \text{when}(x,e) = \text{after}(x,\text{pred}(e)) \in T(\text{loc}(e),x))) \\
& \& (\text{Trans } e,e':E. \text{causl}(e,e')) \\
& \& \text{strongwellfounded}(E; e,e'.(\text{causl}(e,e'))) \\
& \& (\forall e:E. \\
& \quad \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \\
& \quad \Rightarrow (\text{sends}(\text{lnk}(\text{kind}(e)),\text{sender}(e)))[\text{index}(e)] \\
& \quad = \\
& \quad \text{msg}(\text{lnk}(\text{kind}(e));\text{tag}(\text{kind}(e));\text{val}(e)) \\
& \quad \in \text{Msg}(M)) \\
& \& (\forall e:E. \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \Rightarrow \text{causl}(\text{sender}(e),e)) \\
& \& (\forall e:E, e':E. \\
& \quad \text{causl}(e,e') \\
& \quad \Rightarrow \neg \text{first}(e') \& \text{causl}(e,\text{pred}(e')) \vee e = \text{pred}(e') \in E \\
& \quad \quad \vee \text{isrcv}(\text{kind}(e')) \& \text{causl}(e,\text{sender}(e')) \vee e = \text{sender}(e') \in E) \\
& \& (\forall e:E. \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \Rightarrow \text{loc}(e) = \text{destination}(\text{lnk}(\text{kind}(e))) \in \text{Id}) \\
& \& (\forall e:E, l:\text{IdLnk}. \neg \text{loc}(e) = \text{source}(l) \in \text{Id} \Rightarrow \text{sends}(l,e) = \text{nil} \in \text{Msg_sub}(l;M) \text{ List}) \\
& \& (\forall e:E, e':E. \\
& \quad \text{isrcv}(\text{kind}(e)) \\
& \quad \Rightarrow \text{isrcv}(\text{kind}(e')) \\
& \quad \Rightarrow \text{lnk}(\text{kind}(e)) = \text{lnk}(\text{kind}(e')) \in \text{IdLnk} \\
& \quad \Rightarrow (\text{causl}(e,e') \\
& \quad \quad \Leftrightarrow \\
& \quad \quad \text{causl}(\text{sender}(e),\text{sender}(e')) \\
& \quad \quad \vee \text{sender}(e) = \text{sender}(e') \in E \& \text{index}(e) < \text{index}(e')) \\
& \& (\forall e:E, l:\text{IdLnk}, n:\{0..\|\text{sends}(l,e)\|^{-}\}. \\
& \quad \exists e':E. \\
& \quad \text{isrcv}(\text{kind}(e')) \\
& \quad \& \text{lnk}(\text{kind}(e')) = l \in \text{IdLnk} \& \text{sender}(e') = e \in E \& \text{index}(e') = n \in \mathbb{Z})
\end{aligned}$$