metavariable, x, y				
term, t, u	::=			term
	|	v		value
	|	x		variable
	|	t u		application
	|	t ⨾ u		effect sequencing
	|	case t of $\{\star \mapsto$ u$\}$		pattern-matching on unit
	|	case t of $\{$ Ur x $\mapsto$ u$\}$		pattern-matching on exponentiated value
	|	case t of $\{$ Inl $x_1 \mapsto u_1$, Inr $x_2 \mapsto u_2\}$		pattern-matching on sum
	|	case t of $\{\langle x_1, x_2\rangle \mapsto$ u$\}$		pattern-matching on product
	|	case t of $\{$@R x $\mapsto$ u$\}$		pattern-matching on recursive data
	|	alloc_{D} x . t		get data from a dest-filling statement
	|	t $\triangleleft^{p}$ $\star$		fill destination with unit
	|	t $\triangleleft^{p}$ λ x:A . u		fill destination with function
	|	t $\triangleleft^{p}$ u		fill destination with value
	|	t $\triangleleft^{p}$ Ur y . u		fill destination with exponential
	|	t $\triangleleft^{p}$ Inl y . u		fill destination with sum variant 1
	|	t $\triangleleft^{p}$ Inr y . u		fill destination with sum variant 2
	|	t $\triangleleft^{p}$ $\langle y_1, y_2\rangle$. u		fill destination with product
	|	t $\triangleleft^{p}$ @R y . u		fill destination with recursive data
	|	(t)	S	
	|	t[subs]	M	
hole, *h*	::=			hole in the lexical store
val, v	::=			value (unreducible term)
	|	$\bullet$		empty effect
	|	d		data structure
data, d	::=			
	|	$\lfloor h \rfloor$		hole reified as a destination
	|	$\star$		unit
	|	λ x:A . t		lambda abstraction
	|	Ur d		exponential
	|	Inl d		sum variant 1
	|	Inr d		sum variant 2
	|	$\langle d_1, d_2\rangle$		product
	|	@R d		recursive data
	|	(d)	S	
multiplicity, *p*	::=			multiplicity
	|	*1*		for holes/destinations not under a Ur
	|	ω		for holes/destinations under a Ur
sub	::=			substitution
	|	x := v		
	|	h := $\underline{\text{d}}$		note: $\lfloor h \rfloor$ won't be replaced in $\mathbb{S}[h :=$ dh$]$
subs	::=			substitutions
	|	sub		

	$\vert$	sub, subs		
data_with_hole, $\underline{\mathsf{d}}$	::=			
	$\vert$	d		
	$\vert$	h		
	$\vert$	Ur $\underline{\mathsf{d}}$		
	$\vert$	Inl $\underline{\mathsf{d}}$		
	$\vert$	Inr $\underline{\mathsf{d}}$		
	$\vert$	$\langle \underline{\mathsf{d}}_1, \underline{\mathsf{d}}_2 \rangle$		
	$\vert$	@R $\underline{\mathsf{d}}$		
	$\vert$	$(\underline{\mathsf{d}})$	S	
store_affect, sa	::=			store cell
	$\vert$	$\mathsf{x} : \mathsf{D} = \underline{\mathsf{d}}$		
store_affects	::=			store cells
	$\vert$	sa		
	$\vert$	sa, store_affects		
store, $\mathbb{S}$	::=			
	$\vert$	$\emptyset$		
	$\vert$	{store_affects}		
	$\vert$	$\mathbb{S}_1 \sqcup \mathbb{S}_2$		
	$\vert$	$\mathbb{S}$[subs]	M	
type, A	::=			
	$\vert$	$\perp$		bottom (effect) type
	$\vert$	D		data type
data_type, D	::=			
	$\vert$	1		unit type
	$\vert$	R		recursive type bound to a name
	$\vert$	$\mathsf{D}_1 \otimes \mathsf{D}_2$		product type
	$\vert$	$\mathsf{D}_1 \oplus \mathsf{D}_2$		sum type
	$\vert$	$\mathsf{A}_1 \multimap \mathsf{A}_2$		linear function type
	$\vert$	$\lfloor \mathsf{D} \rfloor^p$		destination type
	$\vert$	!D		exponential
	$\vert$	(D)	S	
	$\vert$	$\underline{\mathsf{D}}[\mathsf{X} := \mathsf{D}]$	M	unroll a recursive data type
type_with_var, $\underline{\mathsf{A}}$	::=			
	$\vert$	$\perp$		
	$\vert$	$\underline{\mathsf{D}}$		
data_type_with_var, $\underline{\mathsf{D}}$	::=			
	$\vert$	X		
	$\vert$	1		
	$\vert$	R		
	$\vert$	$\underline{\mathsf{D}}_1 \otimes \underline{\mathsf{D}}_2$		

	|	$\underline{D}_1 \oplus \underline{D}_2$	
	|	$\underline{A}_1 \multimap \underline{A}_2$	
	|	$\lfloor \underline{D} \rfloor^{p}$	
	|	$!\underline{D}$	
	|	$(\underline{D})$	S
rec_type_bound, R	::=		name for recursive type
rec_type_def	::=		recursive type definition
	|	$\mu X . \underline{D}$	
type_affect, ta	::=		type affectation
	|	$x : A$	variable
	|	$h\ {}^{p}\!: D$	hole
type_affects	::=		type affectations
	|	ta	
	|	ta, type_affects	
typing_context, Γ, $\mho$, H, $\mathrm{H_P}$, $\mathrm{H_N}$	::=		typing context
	|	$\emptyset$	
	|	{type_affects}	
	|	$\Gamma_1 \sqcup \Gamma_2$	
command	::=		
	|	$\mathbb{S} \mid t$	
terminals	::=		
	|	$()$	
	|	$\mapsto$	
	|	$\multimap$	
	|	$:=$	
	|	$\vdash$	
	|	$\sqcup$	
	|	$\emptyset$	
	|	$\neq$	
	|	$\in$	
	|	$\notin$	
	|	\n	
	|	$\langle$	
	|	$\rangle$	
	|	Inl	
	|	Inr	
	|	Ur	
	|	Dest	
	|	$\triangleleft$	
	|	$\mid$	
	|	$\Downarrow$	
	|	$\stackrel{\mathsf{fix}}{=}$	

| $\bot$
| $\bullet$
| $\subset$
| $\mathcal{N}$
| $\Longrightarrow$
| @
| $\wedge$
| ;

formula ::=
| judgement

Ctx ::=
| $x \in \mathcal{N}(\Gamma)$
| $x \notin \mathcal{N}(\Gamma)$
| type_affect $\in \Gamma$
| $\mathcal{N}(\Gamma_1) \cap \mathcal{N}(\Gamma_2) = \emptyset$ — Γ_1 and Γ_2 are disjoint typing contexts with n
| $p_1 = p_2 \Longrightarrow \Gamma_1 = \Gamma_2$
| $p_1 = p_2 \Longrightarrow (\Gamma_1 = \Gamma_2 \wedge \Gamma_3 = \Gamma_4)$

Store ::=
| fresh h
| store_affect $\in \mathbb{S}$
| $x \notin \mathcal{N}(\mathbb{S})$

Eq ::=
| $A_1 = A_2$
| $A_1 \neq A_2$
| $t = u$
| $\Gamma = D$

Ty ::=
| $R \stackrel{\text{fix}}{=}$ rec_type_def
| $\mho ; \Gamma \vdash$ command : A
| $H_N \vdash \underline{d}\ ^{p} : D \vdash H_P$ — H_N stands for "needs", H_P for "provides"
| $\mathbb{S} \vdash H$
| $\mho ; H \sqcup \Gamma \vdash t : A$

Sem ::=
| command $\Downarrow$ command$'$

judgement ::=
| Ctx
| Store
| Eq
| Ty
| Sem

user_syntax ::=

| metavariable
| term
| *hole*
| val
| data
| *multiplicity*
| sub
| subs
| data_with_hole
| store_affect
| store_affects
| store
| type
| data_type
| type_with_var
| data_type_with_var
| rec_type_bound
| rec_type_def
| type_affect
| type_affects
| typing_context
| command
| terminals

$\boxed{\mathsf{x} \in \mathcal{N}(\Gamma)}$

$\boxed{\mathsf{x} \notin \mathcal{N}(\Gamma)}$

$\boxed{\mathsf{type\_affect} \in \Gamma}$

$\boxed{\mathcal{N}(\Gamma_1) \cap \mathcal{N}(\Gamma_2) = \emptyset}$ Γ_1 and Γ_2 are disjoint typing contexts with no clashing variable names or labels

$\boxed{p_1 = p_2 \implies \Gamma_1 = \Gamma_2}$

$\boxed{p_1 = p_2 \implies (\Gamma_1 = \Gamma_2 \wedge \Gamma_3 = \Gamma_4)}$

$\boxed{\mathsf{fresh}\ h}$

$\boxed{\mathsf{store\_affect} \in \mathbb{S}}$

$\boxed{\mathsf{x} \notin \mathcal{N}(\mathbb{S})}$

$\boxed{\mathsf{A}_1 = \mathsf{A}_2}$

$\boxed{\mathsf{A}_1 \neq \mathsf{A}_2}$

$\boxed{\mathsf{t} = \mathsf{u}}$

$\boxed{\Gamma = \mathsf{D}}$

$\boxed{\mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mathsf{rec\_type\_def}}$

$\boxed{\mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathsf{command} : \mathsf{A}}$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{S} \vdash \mathrm{H} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}\end{array}}{\mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathbb{S}\,|\,\mathsf{t} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyComm\_Def}$$

$\boxed{\mathrm{H_N} \vdash \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \mathsf{D} \vdash \mathrm{H_P}}$ $\mathrm{H_N}$ stands for "needs", $\mathrm{H_P}$ for "provides"

$$\frac{}{\emptyset \vdash h\ {}^{p}\!: \mathsf{D} \vdash \{h\ {}^{p}\!:\ \mathsf{D}\}} \quad \textsc{TyDh\_H}$$

$$\frac{}{\{h\ {}^{p}\!:\ \mathsf{D}\} \vdash \lfloor h \rfloor\ {}^{1}\!: \lfloor \mathsf{D} \rfloor^{p} \vdash \emptyset}\ \textsc{TyDh\_Dest}$$

$$\frac{}{\emptyset \vdash \star\ {}^{p}\!: \mathsf{1} \vdash \emptyset}\ \textsc{TyDh\_U}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\emptyset\ ;\ \mathrm{H_N} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \{\mathsf{x} : \mathsf{A_1}\} \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A_2} \\ p = \omega \implies \mathrm{H_N} = \emptyset\end{array}}{\mathrm{H_N} \vdash \lambda \mathsf{x}\!:\!\mathsf{D}\,.\,\mathsf{t}\ {}^{p}\!: \mathsf{A_1} \multimap \mathsf{A_2} \vdash \emptyset}\ \textsc{TyDh\_Fn}$$

$$\frac{\mathrm{H_N} \vdash \underline{\mathsf{d}}\ {}^{\omega}\!: \mathsf{D} \vdash \mathrm{H_P}}{\mathrm{H_N} \vdash \mathsf{Ur}\ \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: !\mathsf{D} \vdash \mathrm{H_P}}\ \textsc{TyDh\_E}$$

$$\frac{\mathrm{H_N} \vdash \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \mathsf{D_1} \vdash \mathrm{H_P}}{\mathrm{H_N} \vdash \mathsf{Inl}\ \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \mathsf{D_1} \oplus \mathsf{D_2} \vdash \mathrm{H_P}}\ \textsc{TyDh\_Inl}$$

$$\frac{\mathrm{H_N} \vdash \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \mathsf{D_2} \vdash \mathrm{H_P}}{\mathrm{H_N} \vdash \mathsf{Inr}\ \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \mathsf{D_1} \oplus \mathsf{D_2} \vdash \mathrm{H_P}}\ \textsc{TyDh\_Inr}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\mathrm{H_{N1}} \vdash \underline{\mathsf{d}}_1{}^{p}\!: \mathsf{D_1} \vdash \mathrm{H_{P1}} \\ \mathrm{H_{N2}} \vdash \underline{\mathsf{d}}_2{}^{p}\!: \mathsf{D_2} \vdash \mathrm{H_{P2}}\end{array}}{\mathrm{H_{N1}} \sqcup \mathrm{H_{N2}} \vdash \langle \underline{\mathsf{d}}_1, \underline{\mathsf{d}}_2 \rangle\ {}^{p}\!: \mathsf{D_1} \otimes \mathsf{D_2} \vdash \mathrm{H_{P1}} \sqcup \mathrm{H_{P2}}}\ \textsc{TyDh\_P}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu \mathsf{X}\,.\,\underline{\mathsf{D}} \\ \mathrm{H_N} \vdash \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \underline{\mathsf{D}}[\mathsf{X} := \mathsf{R}] \vdash \mathrm{H_P}\end{array}}{\mathrm{H_N} \vdash @\mathsf{R}\ \underline{\mathsf{d}}\ {}^{p}\!: \mathsf{R} \vdash \mathrm{H_P}}\ \textsc{TyDh\_R}$$

$\boxed{\mathbb{S} \vdash \mathrm{H}}$

$$\frac{}{\emptyset \vdash \emptyset}\ \textsc{TyStore\_Empty}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\mathbb{S} \vdash \mathrm{H} \sqcup \mathrm{H_N} \\ \mathrm{H_N} \vdash \underline{\mathsf{d}}\ {}^{1}\!: \mathsf{D} \vdash \mathrm{H_P}\end{array}}{\mathbb{S} \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{D} = \underline{\mathsf{d}}\} \vdash \mathrm{H} \sqcup \mathrm{H_P}}\ \textsc{TyStore\_Root}$$

$\boxed{\mho\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}}$

$$\frac{}{\mho\ ;\ \emptyset \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \bullet : \bot}\ \textsc{TyTerm\_NoEff}$$

$$\frac{}{\mho\ ;\ \{h\ {}^{p}\!:\ \mathsf{D}\} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \lfloor h \rfloor : \lfloor \mathsf{D} \rfloor^{p}}\ \textsc{TyTerm\_Dest}$$

$$\frac{}{\mho\ ;\ \emptyset \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \star : \mathsf{1}}\ \textsc{TyTerm\_U}$$

$$\frac{\emptyset\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \{\mathsf{x} : \mathsf{A_1}\} \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A_2}}{\mho\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \lambda \mathsf{x}\!:\!\mathsf{A_1}\,.\,\mathsf{t} : \mathsf{A_1} \multimap \mathsf{A_2}}\ \textsc{TyTerm\_Fn}$$

$$\frac{\emptyset\ ;\ \emptyset \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{d} : \mathsf{D}}{\mho\ ;\ \emptyset \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{Ur}\ \mathsf{d} : !\mathsf{D}}\ \textsc{TyTerm\_E}$$

$$\frac{\emptyset\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{d} : \mathsf{D_1}}{\mho\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{Inl}\ \mathsf{d} : \mathsf{D_1} \oplus \mathsf{D_2}}\ \textsc{TyTerm\_Inl}$$

$$\frac{\emptyset\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{d} : \mathsf{D_2}}{\mho\ ;\ \mathrm{H} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{Inr}\ \mathsf{d} : \mathsf{D_1} \oplus \mathsf{D_2}}\ \textsc{TyTerm\_Inr}$$

$$\frac{\begin{array}{c}\emptyset\ ;\ \mathrm{H_1} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{d_1} : \mathsf{D_1} \\ \emptyset\ ;\ \mathrm{H_2} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \mathsf{d_2} : \mathsf{D_2}\end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H_1} \sqcup \mathrm{H_2} \,{\scriptstyle\sqcup}\, \emptyset \vdash \langle \mathsf{d_1}, \mathsf{d_2} \rangle : \mathsf{D_1} \otimes \mathsf{D_2}}\ \textsc{TyTerm\_P}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\mathsf{X}\,.\,\underline{\mathsf{D}} \\ \emptyset\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \emptyset \vdash \mathsf{d} : \underline{\mathsf{D}}[\mathsf{X} := \mathsf{R}] \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \emptyset \vdash \mathsf{@R}\,\mathsf{d} : \mathsf{R}} \quad \textsc{TyTerm\_R}$$

$$\frac{\mathsf{x} \notin \mathcal{N}(\mho)}{\mho\ ;\ \emptyset \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \vdash \mathsf{x} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_Id}$$

$$\frac{}{\mho \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\}\ ;\ \emptyset \sqcup \emptyset \vdash \mathsf{x} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_Id'}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}_1 \multimap \mathsf{A}_2 \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}_1 \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t}\ \mathsf{u} : \mathsf{A}_2} \quad \textsc{TyTerm\_App}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \bot \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}_2 \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t}\ ⨾\ \mathsf{u} : \mathsf{A}_2} \quad \textsc{TyTerm\_EffSeq}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \mathsf{1} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\star \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_PatU}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : !\mathsf{D} \\ \mho \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{D}\}\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_PatE}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \mathsf{D}_1 \oplus \mathsf{D}_2 \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \mathsf{D}_1\} \vdash \mathsf{u}_1 : \mathsf{A} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x}_2 : \mathsf{D}_2\} \vdash \mathsf{u}_2 : \mathsf{A} \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{\,\mathsf{Inl}\,\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1,\ \mathsf{Inr}\,\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_PatS}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \mathsf{D}_1 \otimes \mathsf{D}_2 \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \mathsf{D}_1, \mathsf{x}_2 : \mathsf{D}_2\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_PatP}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\mathsf{X}\,.\,\underline{\mathsf{D}} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \mathsf{R} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x} : \underline{\mathsf{D}}[\mathsf{X} := \mathsf{R}]\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\ \{\mathsf{@R}\,\mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_PatR}$$

$$\frac{\mho\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \Gamma \sqcup \{\mathsf{x} : \lfloor \mathsf{D} \rfloor^{1}\} \vdash \mathsf{t} : \bot}{\mho\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \Gamma \vdash \underset{\mathsf{D}}{\mathsf{alloc}}\ \mathsf{x}\,.\,\mathsf{t} : \mathsf{D}} \quad \textsc{TyTerm\_Alloc}$$

$$\frac{\mho\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \Gamma \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{1} \rfloor^{p}}{\mho\ ;\ \mathrm{H} \sqcup \Gamma \vdash \mathsf{t} \lhd^{p} \star : \bot} \quad \textsc{TyTerm\_FillU}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{A}_1 \multimap \mathsf{A}_2 \rfloor^{p} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}_1\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}_2 \\ p = \omega \implies (\mathrm{H}_2 = \emptyset \wedge \Gamma_2 = \emptyset) \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \lhd^{p} \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A}_1\,.\,\mathsf{u} : \bot} \quad \textsc{TyTerm\_FillFn}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{D} \rfloor^{p} \\ \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{u} : \mathsf{D} \\ p = \omega \implies (\mathrm{H}_2 = \emptyset \wedge \Gamma_2 = \emptyset) \end{array}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \sqcup \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \lhd^{p} \mathsf{u} : \bot} \quad \textsc{TyTerm\_FillL}$$

$$\frac{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \uplus \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor !\mathsf{D} \rfloor^{p} \qquad \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x} : \lfloor \mathsf{D} \rfloor^{\omega}\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \triangleleft^{p}\ \mathsf{Ur}\ \mathsf{x}\,.\,\mathsf{u} : \mathsf{A}} \ \textsc{TyTerm\_FillE}$$

$$\frac{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \uplus \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{D}_1 \oplus \mathsf{D}_2 \rfloor^{p} \qquad \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x} : \lfloor \mathsf{D}_1 \rfloor^{p}\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \triangleleft^{p}\ \mathsf{Inl}\ \mathsf{x}\,.\,\mathsf{u} : \mathsf{A}} \ \textsc{TyTerm\_FillInl}$$

$$\frac{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \uplus \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{D}_1 \oplus \mathsf{D}_2 \rfloor^{p} \qquad \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x} : \lfloor \mathsf{D}_2 \rfloor^{p}\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \triangleleft^{p}\ \mathsf{Inr}\ \mathsf{x}\,.\,\mathsf{u} : \mathsf{A}} \ \textsc{TyTerm\_FillInr}$$

$$\frac{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \uplus \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{D}_1 \otimes \mathsf{D}_2 \rfloor^{p} \qquad \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \lfloor \mathsf{D}_1 \rfloor^{p}, \mathsf{x}_2 : \lfloor \mathsf{D}_2 \rfloor^{p}\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \triangleleft^{p}\ \langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle\,.\,\mathsf{u} : \mathsf{A}} \ \textsc{TyTerm\_FillP}$$

$$\frac{\mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu \mathsf{X}\,.\,\underline{\mathsf{D}} \qquad \mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \uplus \Gamma_1 \vdash \mathsf{t} : \lfloor \mathsf{R} \rfloor^{p} \qquad \mho\ ;\ \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_2 \sqcup \{\mathsf{x} : \lfloor \underline{\mathsf{D}}[\mathsf{X} := \mathsf{R}] \rfloor^{p}\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A}}{\mho\ ;\ \mathrm{H}_1 \sqcup \mathrm{H}_2 \uplus \Gamma_1 \sqcup \Gamma_2 \vdash \mathsf{t} \triangleleft^{p}\ @\mathsf{R}\ \mathsf{x}\,.\,\mathsf{u} : \mathsf{A}} \ \textsc{TyTerm\_FillR}$$

$\boxed{\mathsf{command} \ \Downarrow\ \mathsf{command}'}$

$$\frac{}{\mathbb{S} \mid \mathsf{v} \ \Downarrow\ \mathbb{S} \mid \mathsf{v}} \ \textsc{SemOp\_Val}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lambda \mathsf{x} {:} \mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}' \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2 \qquad \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{t}'[\mathsf{x} := \mathsf{v}_2] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_3 \mid \mathsf{v}_3}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t}\ \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_3 \mid \mathsf{v}_3} \ \textsc{SemOp\_App}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \bullet \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t}\ \fatsemi\ \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_EffSeq}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \star \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\star \mapsto \mathsf{u}\} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_PatU}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{Ur}\ \mathsf{d} \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{y} := \mathsf{d}] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\ \mathsf{Ur}\ \mathsf{y} \mapsto \mathsf{u}\} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_PatE}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{Inl}\ \mathsf{d} \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u}_1[\mathsf{y}_1 := \mathsf{d}] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\ \mathsf{Inl}\ \mathsf{y}_1 \mapsto \mathsf{u}_1,\ \mathsf{Inr}\ \mathsf{y}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_PatInl}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{Inr}\ \mathsf{d} \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u}_2[\mathsf{y}_2 := \mathsf{d}] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\ \mathsf{Inl}\ \mathsf{y}_1 \mapsto \mathsf{u}_1,\ \mathsf{Inr}\ \mathsf{y}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_PatInr}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \langle \mathsf{d}_1, \mathsf{d}_2 \rangle \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{y}_1 := \mathsf{d}_1, \mathsf{y}_2 := \mathsf{d}_2] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\langle \mathsf{y}_1, \mathsf{y}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_PatP}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid @\mathsf{R}\ \mathsf{d} \qquad \mathbb{S}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{y} := \mathsf{d}] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{@\mathsf{R}\ \mathsf{y} \mapsto \mathsf{u}\} \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid \mathsf{v}_2} \ \textsc{SemOp\_PatR}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{fresh}\ h\\ \mathbb{S}_0 \sqcup \{x : D = h\} \mid t[x := \lfloor h \rfloor] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \sqcup \{x : D = d\} \mid \bullet\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid \mathsf{alloc}_{D}\ x\,.\,t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid d} \quad \textsc{SemOp\_Alloc}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p \star \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1[h := \star] \mid \bullet} \quad \textsc{SemOp\_FillU}$$

$$\frac{\mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p \lambda x{:}A\,.\,u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1[h := \lambda x{:}A\,.\,u] \mid \bullet} \quad \textsc{SemOp\_FillFn}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor\\ \mathbb{S}_1 \mid u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid d_2\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2[h := d_2] \mid \bullet} \quad \textsc{SemOp\_FillL}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{fresh}\ h'\\ \mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor\\ \mathbb{S}_1[h := \mathsf{Ur}\ h'] \mid u[y := \lfloor h' \rfloor] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p \mathsf{Ur}\ y\,.\,u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemOp\_FillE}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{fresh}\ h'\\ \mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor\\ \mathbb{S}_1[h := \mathsf{Inl}\ h'] \mid u[y := \lfloor h' \rfloor] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p \mathsf{Inl}\ y\,.\,u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemOp\_FillInl}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{fresh}\ h'\\ \mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor\\ \mathbb{S}_1[h := \mathsf{Inr}\ h'] \mid u[y := \lfloor h' \rfloor] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p \mathsf{Inr}\ y\,.\,u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemOp\_FillInr}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{fresh}\ h_1\\ \mathsf{fresh}\ h_2\\ \mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor\\ \mathbb{S}_1[h := \langle h_1, h_2 \rangle] \mid u[y_1 := \lfloor h_1 \rfloor, y_2 := \lfloor h_2 \rfloor] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p \langle y_1, y_2 \rangle\,.\,u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemOp\_FillP}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathsf{fresh}\ h'\\ \mathbb{S}_0 \mid t \ \Downarrow\ \mathbb{S}_1 \mid \lfloor h \rfloor\\ \mathbb{S}_1[h := @R\ h'] \mid u[y := \lfloor h' \rfloor] \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2\end{array}}{\mathbb{S}_0 \mid t \lhd^p @R\ x\,.\,u \ \Downarrow\ \mathbb{S}_2 \mid v_2} \quad \textsc{SemOp\_FillR}$$

```
Definition rules:        57 good    0 bad
Definition rule clauses: 153 good    0 bad
```