metavariable, x, xs, y, uf, f, d

term, t, u	::=			term
	|	x		variable
	|	v		value
	|	$t\ u$		application
	|	$t\ ;\ u$		effect execution
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{() \mapsto u\}$		pattern-matching on unit
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{1.x_1 \mapsto u_1, 2.x_2 \mapsto u_2\}$		pattern-matching on sum
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\langle x_1, x_2\rangle \mapsto u\}$		pattern-matching on product
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\mathsf{Ur}\ x \mapsto u\}$		pattern-matching on exponentiated value
	|	$\mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\underset{R}{\mathsf{roll}}\ x \mapsto u\}$		unroll for recursive types
	|	$\underset{A}{\mathsf{alloc}}\ d\ .\ t$		allocate data
	|	$t \triangleleft ()$		fill destination with unit
	|	$t \triangleleft u$		fill terminal-type destination
	|	$t \triangleleft 1.d\ .\ u$		fill sum-type destination with variant 1
	|	$t \triangleleft 2.d\ .\ u$		fill sum-type destination with variant 2
	|	$t \triangleleft \langle d_1, d_2\rangle\ .\ u$		fill product-type destination
	|	$t \triangleleft \mathsf{Ur}\ d\ .\ u$		fill destination with exponential
	|	$t \triangleleft \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d\ .\ u$		fill destination with recursive type
	|	(t)	S	
	|	$t[\mathsf{var\_subs}]$	M	
var_sub, vs	::=			variable substitution
	|	$x := t$		
var_subs	::=			variable substitutions
	|	vs		
	|	$vs, \mathsf{var\_subs}$		
heap_val, h	::=			
	|	$()$		
	|	$1.l$		
	|	$2.l$		
	|	$\langle l_1, l_2\rangle$		
	|	$\mathsf{Ur}\ l$		
	|	$\underset{R}{\mathsf{roll}}\ l$		
	|	$C\overline{l}$	M	generic for all the cases above
val, v	::=			unreducible value
	|	$\bullet$		no-effect effect
	|	$\lfloor A \rfloor^{l}$		address of an allocated memory area
	|	$\lambda x{:}A\ .\ t$		lambda abstraction
	|	h		heap value
label, l	::=			memory address
label_stmt, s	::=			label statement
	|	$l \triangleleft v$		
	|	$l \triangleleft \oslash$		
	|	$\overline{l} \triangleleft \overline{v}$	M	generic for multiple occurences

label_stmts	::=			label statements
	|	s		
	|	s, label_stmts		
heap_context, $\mathbb{H}$	::=			label statements
	|	$\emptyset$		
	|	{label_stmts}		
	|	$\mathbb{H}_1 \sqcup \mathbb{H}_2$		
type, A, B	::=			
	|	$\bot$		bottom type
	|	1		unit type
	|	R		recursive type bound to a name
	|	$A \otimes B$		product type
	|	$A \oplus B$		sum type
	|	$A \multimap B$		linear function type
	|	$\lfloor A \rfloor$		destination type
	|	$!A$		exponential
	|	(A)	S	
	|	$W[r := A]$	M	
type_with_hole, W	::=			
	|	$\bot$		bottom type
	|	r		type hole in recursive definition
	|	1		unit type
	|	R		recursive type bound to a name
	|	$W_1 \otimes W_2$		product type
	|	$W_1 \oplus W_2$		sum type
	|	$W_1 \multimap W_2$		linear function type
	|	$\lfloor W \rfloor$		destination type
	|	$!W$		exponential
	|	(W)	S	
rec_type_bound, R	::=			recursive type bound to a name
rec_type_def	::=			
	|	$\mu\, r\, .\, W$		
type_affect, ta	::=			type affectation
	|	$x : A$		var
	|	$l : A$		label
	|	$\bar{l} : \bar{A}$		generic for multiple occurences
type_affects	::=			type affectations
	|	ta		
	|	ta, type_affects		
typing_context, Γ, Δ, $\mho$, Φ	::=			typing context
	|	$\emptyset$		

	$\vert$	{type_affects}	
	$\vert$	$\Gamma \sqcup \Delta$	
types, $\bar{A}$	::=		
	$\vert$	$\cdot$	empty type list
	$\vert$	A	
	$\vert$	A types	
heap_constructor, C	::=		
	$\vert$	$\{()\}$	
	$\vert$	$\{1.\}$	
	$\vert$	$\{2.\}$	
	$\vert$	$\{\langle,\rangle\}$	
	$\vert$	{ Ur }	
	$\vert$	{ roll R}	
judg	::=		
	$\vert$	$\Phi \vdash \mathbb{H}$	
	$\vert$	$\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathbb{H} \mid t : A$	
	$\vert$	$\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash t : A$	
	$\vert$	$C : \bar{A} \xrightharpoonup{c} A$	
	$\vert$	$A = B$	
	$\vert$	$t = u$	
	$\vert$	$\Gamma = \Delta$	
	$\vert$	$l \notin$ names (Φ)	
	$\vert$	type_affect $\in \Gamma$	
	$\vert$	label_stmt $\in \mathbb{H}$	
	$\vert$	names $(\Gamma) \cap$ names $(\Delta) = \emptyset$	
terminals	::=		
	$\vert$	$()$	
	$\vert$	$\mapsto$	
	$\vert$	$\star$	
	$\vert$	$\circledast$	
	$\vert$	$\oplus$	
	$\vert$	$\multimap$	
	$\vert$	$:=$	
	$\vert$	$\vdash$	
	$\vert$	$\sqcup$	
	$\vert$	$;$	
	$\vert$	$\cap$	
	$\vert$	$\emptyset$	
	$\vert$	$\longrightarrow$	
	$\vert$	$\triangleright$	
	$\vert$	$\neq$	
	$\vert$	$\in$	
	$\vert$	$\notin$	
	$\vert$	\n	
	$\vert$	$\langle$	
	$\vert$	$\rangle$	

	|	$1.$	
	|	$2.$	
	|	Ur	
	|	$\triangleleft$	
	|	$\vert$	
	|	$\oslash$	
	|	$\overset{c}{\rightharpoonup}$	
	|	$=$	
	|	$\Downarrow$	
	|	$\ldots$	
	|	$\overset{\text{fix}}{=}$	
	|	$\perp$	
	|	$\bullet$	
formula	::=		
	|	judgement	
Ctx	::=		
	|	$\text{names}(\Gamma) \cap \text{names}(\Delta) = \emptyset$	Γ and Δ are disjoint typing contexts with no clashin
	|	$l \notin \text{names}(\Phi)$	
	|	type_affect $\in \Gamma$	
Heap	::=		
	|	label_stmt $\in \mathbb{H}$	
Eq	::=		
	|	$A = B$	
	|	$t = u$	
	|	$\Gamma = \Delta$	
Ty	::=		
	|	$R \overset{\text{fix}}{=}$ rec_type_def	
	|	$\Phi \vdash \mathbb{H}$	$\mathbb{H}$ is a well-typed heap given heap typing context Φ
	|	$\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathbb{H} \,\vert\, t : A$	
	|	$\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : A$	t is a well-typed term of type A given heap typing con
	|	$C : \bar{A} \overset{c}{\rightharpoonup} A$	Heap constructor C builds a value of type A given arg
Sem	::=		
	|	$\mathbb{H} \,\vert\, t \Downarrow \mathbb{H}' \,\vert\, t'$	t reduces to t', with heap growing from $\mathbb{H}$ to $\mathbb{H}'$
judgement	::=		
	|	Ctx	
	|	Heap	
	|	Eq	
	|	Ty	
	|	Sem	
user_syntax	::=		
	|	metavariable	

| term
| var_sub
| var_subs
| heap_val
| val
| *label*
| label_stmt
| label_stmts
| heap_context
| type
| type_with_hole
| rec_type_bound
| rec_type_def
| type_affect
| type_affects
| typing_context
| types
| heap_constructor
| judg
| terminals

$\boxed{\mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset}$ Γ and Δ are disjoint typing contexts with no clashing variable names or labels

$\boxed{l \notin \mathsf{names}\,(\Phi)}$

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

$\boxed{\mathsf{label\_stmt} \in \mathbb{H}}$

$\boxed{\mathsf{A} = \mathsf{B}}$

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

$\boxed{\Gamma = \Delta}$

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

$\boxed{\Phi \vdash \mathbb{H}}$ $\mathbb{H}$ is a well-typed heap given heap typing context Φ

$$\frac{}{\emptyset \vdash \emptyset} \quad \textsc{TyHeap\_Empty}$$

$$\frac{\Phi \vdash \mathbb{H}}{\Phi \sqcup \{l : \bot\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{l \lhd \bullet\}} \quad \textsc{TyHeap\_NoEff}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \vdash \mathbb{H}\\ l' \notin \mathsf{names}\,(\Phi)\end{array}}{\Phi \sqcup \{l : \lfloor \mathsf{A} \rfloor\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{l \lhd \overset{l'}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}\}} \quad \textsc{TyHeap\_LDest}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \vdash \mathbb{H}\\ \Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t} : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B}\end{array}}{\Phi \sqcup \{l : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B}\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{l \lhd \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}\}} \quad \textsc{TyHeap\_Lam}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \sqcup \{\bar{l} : \bar{\mathsf{A}}\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{\bar{l} \lhd \bar{\mathsf{v}}\}\\ \mathsf{C} : \bar{\mathsf{A}} \overset{\mathsf{c}}{\rightharpoonup} \mathsf{A}\end{array}}{\Phi \sqcup \{l : \mathsf{A}, \bar{l} : \bar{\mathsf{A}}\} \vdash \mathbb{H} \sqcup \{l \lhd \mathsf{C}\bar{l}, \bar{l} \lhd \bar{\mathsf{v}}\}} \quad \textsc{TyHeap\_HeapVal}$$

$\boxed{\Phi\ ;\ \mho\ ;\ \Gamma \vdash \mathbb{H} \,|\, \mathsf{t} : \mathsf{A}}$

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

$\boxed{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}}$ t is a well-typed term of type A given heap typing context Φ, unrestricted typing context

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

$$\frac{l \notin \mathsf{names}\,(\Phi)}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \emptyset \vdash \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor} : \lfloor \mathsf{A} \rfloor} \quad \textsc{TyTerm\_LDest}$$

$$\frac{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \vdash \mathsf{t} : \mathsf{B}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \lambda \mathsf{x}{:}\mathsf{A} \,.\, \mathsf{t} : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B}} \quad \textsc{TyTerm\_Lam}$$

$$\frac{\mathsf{C} : \bar{\mathsf{A}} \overset{\mathsf{c}}{\rightharpoondown} \mathsf{A}}{\Phi \sqcup \{\bar{l} : \bar{\mathsf{A}}\} \,;\, \mho \,;\, \emptyset \vdash \mathsf{C}\bar{l} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_HeapVal}$$

$$\frac{}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \vdash \mathsf{x} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_Id}$$

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

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A} \multimap \mathsf{B} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{t}\,\mathsf{u} : \mathsf{B}} \quad \textsc{TyTerm\_App}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \bot \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{t} \,;\, \mathsf{u} : \mathsf{B}} \quad \textsc{TyTerm\_WithEff}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{1} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{A} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{() \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{A}} \quad \textsc{TyTerm\_PatU}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}_1 \oplus \mathsf{A}_2 \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \mathsf{A}_1\} \vdash \mathsf{u}_1 : \mathsf{B} \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x}_2 : \mathsf{A}_2\} \vdash \mathsf{u}_2 : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{1.\mathsf{x}_1 \mapsto \mathsf{u}_1, 2.\mathsf{x}_2 \mapsto \mathsf{u}_2\} : \mathsf{B}} \quad \textsc{TyTerm\_PatS}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : \mathsf{A}_1 \otimes \mathsf{A}_2 \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{\mathsf{x}_1 : \mathsf{A}_1, \mathsf{x}_2 : \mathsf{A}_2\} \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{\langle \mathsf{x}_1, \mathsf{x}_2 \rangle \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{B}} \quad \textsc{TyTerm\_PatP}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \mathsf{t} : !\mathsf{A} \\ \Phi \,;\, \mho \sqcup \{\mathsf{x} : \mathsf{A}\} \,;\, \Delta \vdash \mathsf{u} : \mathsf{B} \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset\end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x} \mapsto \mathsf{u}\} : \mathsf{B}} \quad \textsc{TyTerm\_PatE}$$

$$\frac{\begin{array}{l} R \overset{\text{fix}}{=} \mu\, r \,.\, W \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : R \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{x : W[r := R]\} \vdash u : B \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash \mathsf{case}\ t\ \mathsf{of}\ \{\underset{R}{\mathsf{roll}}\ x \mapsto u\} : B}\ \textsc{TyTerm\_PatR}$$

$$\frac{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \{d : \lfloor A \rfloor\} \vdash t : \bot}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash \underset{A}{\mathsf{alloc}}\ d \,.\, t : A}\ \textsc{TyTerm\_Alloc}$$

$$\frac{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor 1 \rfloor}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t \lhd () : \bot}\ \textsc{TyTerm\_FillU}$$

$$\frac{\begin{array}{l} \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor A \rfloor \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \vdash u : A \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \lhd u : \bot}\ \textsc{TyTerm\_FillL}$$

$$\frac{\begin{array}{l} \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor A_1 \oplus A_2 \rfloor \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{d' : \lfloor A_1 \rfloor\} \vdash u : B \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \lhd 1.d' \,.\, u : B}\ \textsc{TyTerm\_FillV1}$$

$$\frac{\begin{array}{l} \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor A_1 \oplus A_2 \rfloor \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{d' : \lfloor A_2 \rfloor\} \vdash u : B \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t \lhd 2.d' \,.\, u : B}\ \textsc{TyTerm\_FillV2}$$

$$\frac{\begin{array}{l} \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor A_1 \otimes A_2 \rfloor \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{d_1 : \lfloor A_1 \rfloor, d_2 : \lfloor A_2 \rfloor\} \vdash u : B \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \lhd \langle d_1, d_2 \rangle \,.\, u : B}\ \textsc{TyTerm\_FillP}$$

$$\frac{\begin{array}{l} \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor !A \rfloor \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \emptyset \sqcup \{d : \lfloor A \rfloor\} \vdash u : B \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t \lhd \mathsf{Ur}\ d \,.\, u : B}\ \textsc{TyTerm\_FillE}$$

$$\frac{\begin{array}{l} R \overset{\text{fix}}{=} \mu\, r \,.\, W \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \vdash t : \lfloor R \rfloor \\ \Phi \,;\, \mho \,;\, \Delta \sqcup \{d : \lfloor W[r := R] \rfloor\} \vdash u : B \\ \mathsf{names}\,(\Gamma) \cap \mathsf{names}\,(\Delta) = \emptyset \end{array}}{\Phi \,;\, \mho \,;\, \Gamma \sqcup \Delta \vdash t \lhd \underset{R}{\mathsf{roll}}\ d \,.\, u : B}\ \textsc{TyTerm\_FillR}$$

$\boxed{C : \bar{A} \overset{c}{\rightharpoondown} A}$ Heap constructor C builds a value of type A given arguments of type $\bar{A}$

$$\frac{}{\{()\} : \cdot \overset{c}{\rightharpoondown} 1}\ \textsc{TyCtor\_U}$$

$$\frac{}{\{1.\} : A \overset{c}{\rightharpoondown} A \oplus B}\ \textsc{TyCtor\_V1}$$

$$\frac{}{\{2.\} : B \overset{c}{\rightharpoondown} A \oplus B}\ \textsc{TyCtor\_V2}$$

$$\frac{}{\{\langle , \rangle\} : A \quad B \overset{c}{\rightharpoondown} A \otimes B}\ \textsc{TyCtor\_P}$$

$$\frac{}{\{\,\mathsf{Ur}\,\}:\mathsf{A}\overset{c}{\rightharpoonup}\,!\mathsf{A}}\ \textsc{TyCtor\_E}$$

$$\frac{\mathsf{R}\overset{\mathsf{fix}}{=}\mu\,\mathsf{r}\,.\,\mathsf{W}}{\{\,\mathsf{roll}\,\mathsf{R}\}:\mathsf{W}[\mathsf{r}:=\mathsf{R}]\overset{c}{\rightharpoonup}\mathsf{R}}\ \textsc{TyCtor\_R}$$

$\boxed{\mathbb{H}\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}'\,|\,\mathsf{t}'}$ t reduces to t′, with heap growing from $\mathbb{H}$ to $\mathbb{H}'$

$$\frac{}{\mathbb{H}\,|\,\bullet\ \Downarrow\ \mathbb{H}\,|\,\bullet}\ \textsc{SemOp\_NoEff}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{}{\mathbb{H}\,|\,\overset{l}{\lfloor\mathsf{A}\rfloor}\ \Downarrow\ \mathbb{H}\,|\,\overset{l}{\lfloor\mathsf{A}\rfloor}}\ \textsc{SemOp\_LDest}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{}{\mathbb{H}\,|\,\lambda\mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}\,|\,\lambda\mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}}\ \textsc{SemOp\_Lam}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{}{\mathbb{H}\,|\,\mathsf{C}\,\overline{l}\ \Downarrow\ \mathbb{H}\,|\,\mathsf{C}\,\overline{l}}\ \textsc{SemOp\_HeapVal}\ \textit{(value)}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\,|\,\lambda\mathsf{x}{:}\mathsf{A}\,.\,\mathsf{t}'\\ \mathbb{H}_1\,|\,\mathsf{u}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{t}'[\mathsf{x}:=\mathsf{v}_2]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_3\,|\,\mathsf{v}_3\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\,\mathsf{u}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_3\,|\,\mathsf{v}_3}\ \textsc{SemOp\_App}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\,|\,()\\ \mathbb{H}_1\,|\,\mathsf{u}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{()\mapsto\mathsf{u}\}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_PatU}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,1.l\\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\mathsf{u}_1[\mathsf{x}_1:=\mathsf{v}]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{1.\mathsf{x}_1\mapsto\mathsf{u}_1,2.\mathsf{x}_2\mapsto\mathsf{u}_2\}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_PatV1}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,2.l\\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\mathsf{u}_2[\mathsf{x}_2:=\mathsf{v}]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{1.\mathsf{x}_1\mapsto\mathsf{u}_1,2.\mathsf{x}_2\mapsto\mathsf{u}_2\}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_PatV2}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l_1\triangleleft\mathsf{v}_{11},l_2\triangleleft\mathsf{v}_{12}\}\,|\,\langle l_1,l_2\rangle\\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l_1\triangleleft\mathsf{v}_{11},l_2\triangleleft\mathsf{v}_{12}\}\,|\,\mathsf{u}[\mathsf{x}_1:=\mathsf{v}_1,\mathsf{x}_2:=\mathsf{v}_2]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{\langle\mathsf{x}_1,\mathsf{x}_2\rangle\mapsto\mathsf{u}\}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_PatP}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\mathsf{Ur}\ l\\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\mathsf{u}[\mathsf{x}:=\mathsf{v}_1]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{case}\,\mathsf{t}\,\mathsf{of}\,\{\,\mathsf{Ur}\ \mathsf{x}\mapsto\mathsf{u}\}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_PatE}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ l\\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\mathsf{u}[\mathsf{x}:=\mathsf{v}_1]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{case}\ \mathsf{t}\ \mathsf{of}\ \{\underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ \mathsf{x}\mapsto\mathsf{u}\}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_PatR}$$

$$\frac{\begin{array}{l}\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\,|\,\bullet\\ \mathbb{H}_1\,|\,\mathsf{u}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2\end{array}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ ;\ \mathsf{u}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_2\,|\,\mathsf{v}_2}\ \textsc{SemOp\_WithEff}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}[\mathsf{d}:=\overset{l}{\lfloor\mathsf{A}\rfloor}]\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\bullet}{\mathbb{H}_0\,|\,\underset{\mathsf{A}}{\mathsf{alloc}}\ \mathsf{d}\,.\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft\mathsf{v}_1\}\,|\,\mathsf{v}_1}\ \textsc{SemOp\_Alloc}$$

$$\frac{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\,|\,\overset{l}{\lfloor\mathsf{1}\rfloor}}{\mathbb{H}_0\,|\,\mathsf{t}\triangleleft()\ \Downarrow\ \mathbb{H}_1\sqcup\{l\triangleleft()\}\,|\,\bullet}\ \textsc{SemOp\_FillU}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor} \\ \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \mid \mathsf{v}_2 \end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{v}_2\} \mid \bullet} \quad \textsc{SemOp\_FillL}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \oplus \mathsf{B} \rfloor} \\ \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2 \end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft 1.\mathsf{d} \,.\, \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft 1.l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2} \quad \textsc{SemOp\_FillV1}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \oplus \mathsf{B} \rfloor} \\ \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{B} \rfloor}] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2 \end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft 2.\mathsf{d} \,.\, \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft 2.l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2} \quad \textsc{SemOp\_FillV2}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{A} \otimes \mathsf{B} \rfloor} \\ \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d}_1 := \overset{l_1}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}, \mathsf{d}_2 := \overset{l_2}{\lfloor \mathsf{B} \rfloor}] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l_1 \triangleleft \mathsf{v}_{11}, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_{12}\} \mid \mathsf{v}_2 \end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \langle \mathsf{d}_1, \mathsf{d}_2 \rangle \,.\, \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \langle l_1, l_2 \rangle, l_1 \triangleleft \mathsf{v}_{11}, l_2 \triangleleft \mathsf{v}_{12}\} \mid \mathsf{v}_2} \quad \textsc{SemOp\_FillP}$$

$$\frac{\begin{array}{c} \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor !\mathsf{A} \rfloor} \\ \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{A} \rfloor}] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2 \end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \mathsf{Ur}\ \mathsf{d} \,.\, \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \mathsf{Ur}\ l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2} \quad \textsc{SemOp\_FillE}$$

$$\frac{\begin{array}{l} \mathsf{R} \overset{\mathsf{fix}}{=} \mu\, \mathsf{r} \,.\, \mathsf{W} \\ \mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_1 \mid \overset{l}{\lfloor \mathsf{R} \rfloor} \\ \mathbb{H}_1 \mid \mathsf{u}[\mathsf{d} := \overset{l'}{\lfloor \mathsf{W}[\mathsf{r} := \mathsf{R}] \rfloor}] \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2 \end{array}}{\mathbb{H}_0 \mid \mathsf{t} \triangleleft \underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ \mathsf{d} \,.\, \mathsf{u} \ \Downarrow\ \mathbb{H}_2 \sqcup \{l \triangleleft \underset{\mathsf{R}}{\mathsf{roll}}\ l', l' \triangleleft \mathsf{v}_1\} \mid \mathsf{v}_2} \quad \textsc{SemOp\_FillR}$$

```
Definition rules:         53 good    0 bad
Definition rule clauses: 141 good    0 bad
```