6. Generación de Código Intermedio

- Introducción: necesidad de un Código Intermedio

6.1. GCI para expresiones e instrucciones

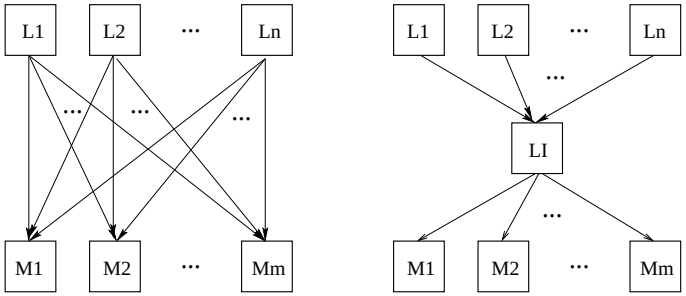
- Objetos simples
- Objetos estructurados: *registro*
- Objetos estructurados: *array*
- Expresiones lógicas

6.2. GCI para instrucciones que rompen el flujo de control

- Listas de referencias no satisfechas
- Instrucciones que rompen el flujo de control

6.3. GCI para procedimientos y funciones

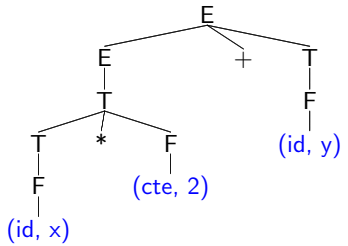
- Declaraciones de procedimientos y funciones
- Llamadas a procedimientos y funciones



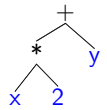
- Desarrollo de $n * m$ frente a $n + m$ compiladores.
- Descomposición inteligente de problemas.
- Parte independiente de la máquina $\gg$ parte dependiente de la máquina.
- Aparece la etapa de *Optimización Código Independiente de la Máquina*

Códigos Intermedios Gráficos

- Árbol sintáctico de análisis



- Árbol Sintáctico Abstracto



- Grafos Dirigidos Acíclicos

Códigos Intermedios Lineales

- Código máquina a pila

```
push x
push 2
multyply
push y
add
```

bytecodes es muy similar a este código máquina a pila

- Código 3-direcciones

$$
\begin{array}{lcl}
t_1 & \leftarrow & x \\
t_2 & \leftarrow & 2 \\
t_3 & \leftarrow & t_1 * t_2 \\
t_4 & \leftarrow & y \\
t_5 & \leftarrow & t_3 + t_4
\end{array}
$$

CÓDIGO 3-DIRECCIONES: INVENTARIO

$x \leftarrow y$ `op` z
$x \leftarrow$ `op` z
$x \leftarrow y$
$x \leftarrow cte$
`goto` e
`call` e
`return` e

`if` x `oprel` y `goto` e
$x \leftarrow$ `pop`
`push` x
$x \leftarrow a[i]$
$a[i] \leftarrow x$
`halt`

$$x \leftarrow a[i] \quad \equiv \quad x \leftarrow *(\&a + i) \quad \equiv \quad x \leftarrow *(a + i)$$

$$a[i] \leftarrow x \quad \equiv \quad *(\&a + i) \leftarrow x \quad \equiv \quad *(a + i) \leftarrow x$$

GENERACIÓN DE CÓDIGO INTERMEDIO

Expresiones e instrucciones: objetos simples

P ⇒ LD	$n = 0$, $\Delta = 0$; $\Omega = 0$;
E ⇒ E mod E	si **not** (E^1.t = E^2.t = tentero) { E.t=terror; MenError(.); }
	E.t = tentero; E.pos = CreaVarTemp(E.t);
	Emite(E.pos = E^1.pos mod E^2.pos);
⇒ cte	E.t = cte.t; E.pos = CreaVarTemp(E.t);
	Emite(E.pos = cte.num);
⇒ (E)	E.t = E^1.t; E.pos=E^2.pos;

$\Omega =$ primera instrucción libre en el *segmento de instrucciones*. Emite: genera una instrucción de código intermedio en la dirección Ω y posteriormente incrementa Ω.
CreaVarTemp(t): función que crea una variable temporal para un tipo dado.

$$CreaVarTemp = \Delta; \qquad \Delta = \Delta + talla(t);$$

GENERACIÓN DE CÓDIGO INTERMEDIO

Expresiones e instrucciones: objetos simples (cont.)

E ⇒ id	si **not** ObtenerTds(id.nom, E.t, id.pos) { MenError(.); E.t = terror; }
	E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = id.pos);
⇒ - E	si (E^1.t ≠ tentero) { E.t=terror; MenError(.); }
	E.t = E^1.t; E.pos = CreaVarTemp(E.t);
	Emite(E.pos = - E^1.pos);
S ⇒ id = E	si **not** [ObtenerTds(id.nom, id.t, id.pos) **and** (id.t = E.t)]
	{ MenError(.); }
	Emite(id.pos = E.pos);

GENERACIÓN DE CÓDIGO INTERMEDIO

Expresiones e instrucciones: objetos estructurados (`registro`)

E ⇒ id . id	si **not** [ObtenerTds(id^1.nom, id^1.t, id^1.pos) **and**
	(id^1.t = tregistro(id^1.lc)) **and**
	BuscarCampo(id^1.lc, id^2.nom, E.t, id^2.pos)]
	{ E.t = terror; MenError(.); }
	pos = id^1.pos + id^2.pos; E.pos = CreaVarTemp(E.t);
	Emite(E.pos = pos);
S ⇒ id . id = E	si **not** [ObtenerTds(id^1.nom, id^1.t, id^1.pos) **and**
	(id^1.t = tregistro(id^1.lc)) **and**
	BuscarCampo(id^1.lc, id^2.nom, id^2.t, id^2.pos)**and**
	(id^2.t = E.t)] { MenError(.); }
	pos = id^1.pos + id^2.pos; Emite(pos = E.pos);

BuscarCampo: función que obtiene el tipo y la posición relativa de un cierto campo, en una lista de campos de un registro. Devolverá el valor *false*, en caso de error.

Expresiones e instruciones: objetos estructurados (`array`)

E ⇒ id [E]	si **not** [ObtenerTds(id.nom, id.t, id.pos) **and** (id.t = tvector(id.nel, E.t)) **and** (E^1.t = tentero)] { E.t = terror; MenError(.); } Emite(E^1.pos = E^1.pos ∗ talla(E.t)); E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = id.pos [E^1.pos]);
S ⇒ id [E] = E	si **not** [ObtenerTds(id.nom, id.t, id.pos) **and** (id.t = tvector(id.nel, id.tel)) **and** (E^1.t = tentero) **and** (id.tel = E^2.t)] { MenError(.); } Emite(E^1.pos = E^1.pos ∗ talla(id.tel)); Emite(id.pos [E^1.pos] = E^2.pos);

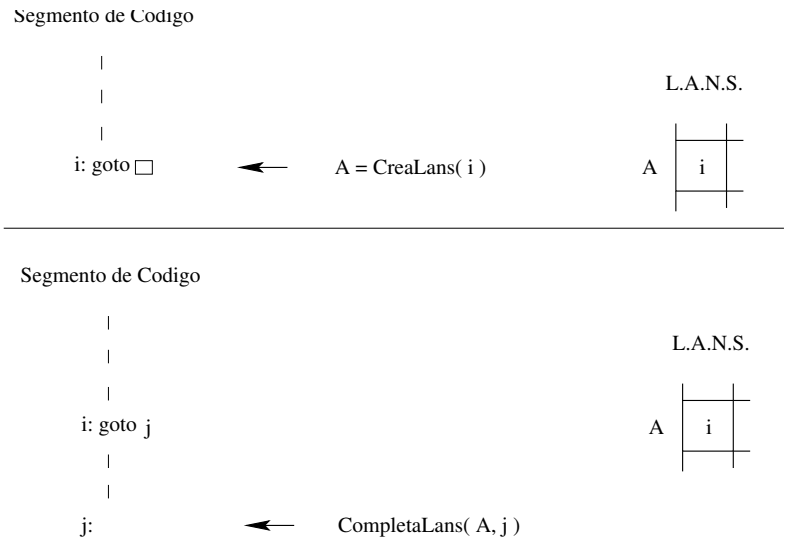
talla: función que calcula la talla asociada a un cierto tipo.

Expresiones lógicas

E ⇒ E and E	si **not** [(E^1, E^2).t = tlógico] { MenError(.); E.t = terror; } E.t = tlógico; E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = '0'); Emite(if E^1.pos = '0' goto Ω + 3); Emite(if E^2.pos = '0' goto Ω + 2); Emite(E.pos = '1');
⇒ E or E	si **not** [(E^1,E^2).t = tlógico) { MenError(.); E.t = terror; } E.t = tlógico; E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = '1'); Emite(if E^1.pos = '1' goto Ω + 3); Emite(if E^2.pos = '1' goto Ω + 2); Emite(E.pos = '0');
⇒ not E	si **not** (E^1.t = tlógico) { MenError(.); E.t = terror; } E.t = tlógico; E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = '0'); Emite(if E^1.pos = '1' goto Ω + 2); Emite(E.pos = '1');

Expresiones lógicas

E ⇒ true	E.t = tlógico; E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = '1');
⇒ false	E.t = tlógico; E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = '0');
⇒ E oprel E	si **not** [(E^1, E^2).t ∈ $\{tentero, treal\}$] { MenError(.); E.t = terror; } E.t = tlógico; E.pos = CreaVarTemp(E.t); Emite(E.pos = '1'); Emite(if E^1.pos oprel E^2.pos goto Ω + 2); Emite(E.pos = '0');



Instrucciones que implican rotura del flujo de control

S ⇒ if (E)	si (E.t ≠ tlógico)) { MenError(.); }
	S.lf = CreaLans(Ω); Emite(if E.pos = '0' goto ⊗);
S	S.fin = CreaLans(Ω); Emite (goto ⊗); CompletaLans(S.lf, Ω);
else S	CompletaLans(S.fin, Ω);
⇒ while	S.ini = Ω;
(E)	si (E.t ≠ tlógico) { MenError(.); }
	S.lf = CreaLans(Ω); Emite(if E.pos = '0' goto ⊗);
S	Emite (goto S.ini); CompletaLans(S.lf, Ω);

CreaLans: función que crea una lista de argumentos no satisfechos.
CompletaLans: completa una lista de argumentos no satisfechos.

S ⇒ do	S.ini = Ω;
S while (E)	si (E.t ≠ tlógico) { MenError(.); }
	Emite(if E.pos = '1' goto S.ini);
⇒ for (E ;	S.ini = Ω;
E ;	si (E_2.t ≠ tlógico) { MenError(.); }
	S.lv = CreaLans(Ω); Emite(if E_2.pos = '1' goto ⊗);
	S.lf = CreaLans(Ω); Emite(goto ⊗);
	S.aux = Ω;
E)	Emite(goto S.ini); CompletaLans(S.lv, Ω);
S	Emite(goto S.aux); CompletaLans(S.lf, Ω);

Funciones y parámetros

D ⇒	n++; D.aux = Δ; Δ = 0; Φ =TallaSegEnlaces;
T id (PF)	InsertarTds(id.nom,"función",tfunción(PF.t,T,t,PF.tspar), n−1,Ω);
	Emite(push(fp)); Emite(fp = sp);
	D.d = CreaLans(Ω); Emite(sp = sp+⊗);
{ DL LI }	CompletaLans(D.d, Δ);
	Emite(sp = fp); Emite(fp = pop); Emite(return(pop));
	n−−; Δ = D.aux;
PF ⇒ ϵ	PF.t = tvacio; PF.tspar = 0;
⇒ LF	PF.t = LPF.t; PF.tspar = Φ − TallaSegEnlaces;
LF ⇒ DV	Φ = Φ+DV.talla; InsertarTds(DV.nom, "parámetro", DV.t, n, −Φ);
	LF.t=DV.t;
⇒ DV ,	Φ = Φ+ DV.talla; InsertarTds(DV.nom, "parámetro", DV.t, n, −Φ);
LF	LF.t=LF'.t⊗DV.t;

Llamadas a funciones

E ⇒ id (	Si **not** [ObtenerTds(id.nom, id.t, id.dpins) **and**
	(id.t = tfunción(id.dom, E.t, id.tspar))] {E.t=terror; MenError(.);}
	Emite(sp = sp + talla(E.t));
A)	Si (A.t ≠ id.dom) { E.t = terror; MenError(.); }
	Emite(push(Ω + 2)); Emite(call id.dpins);
	Emite(sp = sp − id.tspar);
	E.pos = CreaVarTemp; Emite(E.pos = pop);
A ⇒ ϵ	A.t = tvacio;
⇒ LA	A.t = LA.t;
LA ⇒ E	Emite(push(E.pos)); LA.t = E.t;
⇒ E ,	Emite(push(E.pos));
LA	LA.t = LA'.t ⊗ E.t;

Ejemplo-1

S	⇒ swich (E) {	Si (E.t ≠ tentero) MenError(.);
		L.pos = E.pos; L.h = nil;
	L }	CompletaLans(L.b, Ω); S.b = nil
	⇒ break	S.b = CreaLans(Ω); Emite(goto ⊗);
L	⇒ case cte :	Si (cte.t ≠ tentero) MenError(.);
		L.fin = CreaLans(Ω); Emite(if cte.num ≠ L.pos goto ⊗);
		CompletaLans(L.h, Ω);
	S	L_1.h = CreaLans(Ω); Emite(goto ⊗);
		L_1.pos = L.pos; CompletaLans(L.fin, Ω);
	L	L.b = FusionaLans(S.b, L_1.b);
	⇒ ϵ	CompletaLans(L.h, Ω); L.b = nil;
	⇒ default :	CompletaLans(L.h, Ω);
	S	L.b = S.b;

Generación de código intermedio: Ejercicios

1. Diseñad un ETDS que genere código intermedio para el siguiente fragmento de una gramática:

$$S \rightarrow \texttt{repeat-if E then S else S until E}$$

`repeat-if` es una instrucción repetitiva en la que, dependiendo del valor de la expresión E^1, se ejecutará S^1 en caso de que sea TRUE y S^2 en caso de FALSE. Este proceso se repetirá hasta que la expresión E^2 sea TRUE.

2. Diseñad un ETDS que realice las acciones semánticas necesarias para la comprobación de tipos y la generación de código intermedio para la siguiente gramática:

$$I \rightarrow \texttt{select } \{ \ L \ \}$$
$$L \rightarrow L \ ; \ E \ : \ I \ \mid \ E \ : \ I$$

Donde I representa una secuencia de instrucciones y E una expresión lógica. La operación `select` debe evaluar la secuencia de expresiones lógicas en el orden que ocurran. Si alguna de ellas toma el valor `verdad` entonces se debe ejecutar la secuencia de instrucciones I que la acompaña y finalizar la evaluación de la instrucción `select`.

Generación de código intermedio: Ejercicios

3. Dada la siguiente gramática, diseñad un ETDS que genere código intermedio. La instrucción `yacase` (*yet another case*) es similar a la del PASCAL: si la `cte` coincide con la expresión `E` debe ejecutar la secuencia de instrucciones `S` asociada, y terminar la búsqueda en la lista de ítems. La instrucción `exit` supone la salida inmediata de la instrucción `yacase`.

S → `yacase E of L default S end`
S → `S ; S`
S → `exit`

L → `L ; cte : S`
L → `cte : S`
L → `else S`

4. La siguiente gramática define una nueva instrucción que permite ejecutar (solo) las instrucciones de un determinado bloque de una lista de bloques. El número de bloque a ejecutar depende del valor entero de la expresión `E`: Si `E` vale 1 se ejecutará solo el primer bloque, si vale 2 el solo segundo, y así sucesivamente. Construid un ETDS que genere código intermedio para esta nueva instrucción:

S → `run E in LB`
LB → `{ LI }` LB | ϵ
LI → S ; LI | ϵ