

Apuntes de la Asignatura Procesadores de Lenguajes

Casiano R. León ¹

25 de marzo de 2015

¹DEIOC Universidad de La Laguna

Índice general

I PARTE: APUNTES DE PROCESADORES DE LENGUAJES	8
1. Expresiones Regulares y Análisis Léxico en JavaScript	9
1.1. Mozilla Developer Network: Documentación	9
1.2. Práctica: Conversor de Temperaturas	9
1.3. Práctica: Conversor de Temperaturas con Karma y Travis	26
1.4. Práctica: Comma Separated Values. CSV	35
1.5. Práctica: Comma Separated Values. CSV usando Ajax	58
1.6. Comentarios y Consejos	62
1.7. Ejercicios	62
1.8. Práctica: Palabras Repetidas	65
1.9. Ejercicios	69
1.10. Ejercicios	69
1.11. Práctica: Ficheros INI	69
1.12. Práctica: Analizador Léxico para Un Subconjunto de JavaScript	78
2. Analizadores Descendentes Predictivos en JavaScript	80
2.1. Conceptos Básicos para el Análisis Sintáctico	80
2.1.1. Ejercicio	81
2.2. Análisis Sintáctico Predictivo Recursivo	81
2.2.1. Introducción	81
2.2.2. Ejercicio: Recorrido del árbol en un ADPR	86
2.3. Recursión por la Izquierda	86
2.4. Esquemas de Traducción	87
2.5. Eliminación de la Recursión por la Izquierda en un Esquema de Traducción	87
2.6. Práctica: Analizador Descendente Predictivo Recursivo	88
3. Análisis Sintáctico Mediante Precedencia de Operadores en JavaScript	91
3.1. Ejemplo Simple de Intérprete: Una Calculadora	91
3.2. Análisis Top Down Usando Precedencia de Operadores	91
3.2.1. Gramática de JavaScript	91
4. Análisis Descendente mediante Parsing Expression Grammars en JavaScript	92
4.1. Introducción a los PEGs	92
4.1.1. Syntax	92
4.1.2. Semantics	93
4.1.3. Implementing parsers from parsing expression grammars	93
4.1.4. Lexical Analysis	94
4.1.5. Left recursion	94
4.1.6. Referencias y Documentación	94
4.2. PEGJS	94
4.3. Un Ejemplo Sencillo	98
4.3.1. Asociación Incorrecta para la Resta y la División	100
4.4. Acciones Intermedias	100

4.5.	PegJS en los Browser	101
4.6.	Eliminación de la Recursividad por la Izquierda en PEGs	104
4.7.	Eliminando la Recursividad por la Izquierda en la Calculadora	107
4.8.	Eliminación de la Recursividad por la Izquierda y Atributos Heredados	108
4.8.1.	Eliminación de la Recursión por la Izquierda en la Gramática	108
4.8.2.	Eliminación de la Recursión por la Izquierda en un Esquema de Traducción	109
4.8.3.	Eliminación de la Recursividad por la Izquierda en PEGJS	109
4.9.	Dangling else: Asociando un else con su if mas cercano	110
4.10.	Not Predicate: Comentarios Anidados	112
4.11.	Un Lenguaje Dependiente del Contexto	113
4.12.	Usando Pegjs con CoffeeScript	114
4.13.	Práctica: Analizador de PL0 Ampliado Usando PEG.js	115
4.14.	Práctica: Ambigüedad en C++	115
4.15.	Práctica: Inventando un Lenguaje: Tortoise	117
5.	Análisis Sintáctico Ascendente en JavaScript	119
5.1.	Conceptos Básicos para el Análisis Sintáctico	119
5.1.1.	Ejercicio	120
5.2.	Ejemplo Simple en Jison	120
5.2.1.	Véase También	123
5.2.2.	Práctica: Secuencia de Asignaciones Simples	123
5.3.	Ejemplo en Jison: Calculadora Simple	123
5.3.1.	Práctica: Calculadora con Listas de Expresiones y Variables	128
5.4.	Conceptos Básicos del Análisis LR	128
5.5.	Construcción de las Tablas para el Análisis SLR	131
5.5.1.	Los conjuntos de Primeros y Sigüientes	131
5.5.2.	Construcción de las Tablas	132
5.6.	Práctica: Analizador de PL0 Usando Jison	138
5.7.	Práctica: Análisis de Ámbito en PL0	139
5.8.	Práctica: Traducción de Infijo a Postfijo	140
5.9.	Práctica: Calculadora con Funciones	140
5.10.	Práctica: Calculadora con Análisis de Ámbito	141
5.11.	Algoritmo de Análisis LR	145
5.12.	El módulo Generado por jison	146
5.12.1.	Version	146
5.12.2.	Gramática Inicial	146
5.12.3.	Tablas	146
5.12.4.	Acciones Semánticas	147
5.12.5.	Tabla de Acciones y GOTOS	149
5.12.6.	defaultActions	149
5.12.7.	Reducciones	150
5.12.8.	Desplazamientos/Shifts	151
5.12.9.	Manejo de Errores	152
5.12.10.	Analizador Léxico	153
5.12.11.	Exportación	155
5.13.	Precedencia y Asociatividad	157
5.14.	Esquemas de Traducción	162
5.15.	Manejo en jison de Atributos Heredados	163
5.16.	Definición Dirigida por la Sintaxis	166
5.17.	Ejercicios: Casos de Estudio	168
5.17.1.	Un mal diseño	168
5.17.2.	Gramática no LR(1)	169
5.17.3.	Un Lenguaje Intrínsecamente Ambiguo	169

5.17.4. Conflicto reduce-reduce	170
5.18. Recuperación de Errores	176
5.19. Depuración en <code>jison</code>	176
5.20. Construcción del Árbol Sintáctico	176
5.21. Consejos a seguir al escribir un programa <code>jison</code>	177
6. Análisis Sintáctico Ascendente en Ruby	178
6.1. La Calculadora	178
6.1.1. Uso desde Línea de Comandos	178
6.1.2. Análisis Léxico con <code>rexical</code>	179
6.1.3. Análisis Sintáctico	179
6.2. Véase También	181
7. Transformaciones Árbol	182
7.1. Árbol de Análisis Abstracto	182
7.2. Selección de Código y Gramáticas Árbol	185
7.3. Patrones Árbol y Transformaciones Árbol	187
7.4. Ejemplo de Transformaciones Árbol: <code>Parse::Eyapp::TreeRegexp</code>	189
7.5. <code>Treehugger</code>	194
7.6. Práctica: Transformaciones en Los Árboles del Analizador PL0	196
 II PARTE: CREATE YOUR OWN PROGRAMMING LANGUAGE	 197
8. JavaScript Review	199
8.1. Closures	199
9. Your First Compiler	200
10. Parsing	201
11. Scheem Interpreter	202
11.1. Scheem Interpreter	202
11.2. Variables	202
11.3. Setting Values	202
11.4. Putting Things Together	202
11.4.1. Unit Testing: Mocha	202
11.4.2. Grunt	205
11.4.3. GitHub Project Pages	209
12. Functions and all that	211
13. Inventing a language for turtle graphics	212
 III PARTE: HERRAMIENTAS	 213
14. CoffeeScript	214
14.1. Introducción	214
14.2. CoffeeScript y JQuery	214
14.3. Ambito/Scope	215

Índice de figuras

1.1. Ejemplo de pantalla de La aplicación para el Análisis de Datos en Formato CSV . . .	36
4.1. pegjs en la web	104
5.1. NFA que reconoce los prefijos viables	131
5.2. DFA equivalente al NFA de la figura 5.1	133
5.3. DFA construido por Jison	148

Índice de cuadros

2.1. Una Gramática Simple 82

A Juana

*For it is in teaching that we learn
And it is in understanding that we are understood*

Agradecimientos/Acknowledgments

A mis alumnos de Procesadores de Lenguajes del Grado de Informática de la Escuela Superior de Informática en la Universidad de La Laguna

Parte I

PARTE: APUNTES DE PROCESADORES DE LENGUAJES

Capítulo 1

Expresiones Regulares y Análisis Léxico en JavaScript

1.1. Mozilla Developer Network: Documentación

1. RegExp Objects
2. exec
3. search
4. match
5. replace

1.2. Práctica: Conversor de Temperaturas

Véase <https://bitbucket.org/casiano/pl-grado-temperature-converter/src>.

```
[~/srcPLgrado/temperature(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/temperature # 27/01/2014
```

index.html

```
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
    <title>JavaScript Temperature Converter</title>
    <link href=normalize.css" rel="stylesheet" type="text/css">
    <link href="global.css" rel="stylesheet" type="text/css">

    <script type="text/javascript" src="temperature.js"></script>
  </head>
  <body>
    <h1>Temperature Converter</h1>
    <table>
      <tr>
        <th>Enter Temperature (examples: 32F, 45C, -2.5f):</th>
        <td><input id="original" autofocus onchange="calculate();" placeholder="32F" size="50">
      </tr>
      <tr>
        <th>Converted Temperature:</th>
```

```

        <td><span class="output" id="converted"></span></td>
    </tr>
</table>
</body>
</html>

```

Escribir HTML es farragoso. Una solución es usar algún plugin para su editor favorito. Emmet existe para diversos editores, entre ellos para

- En el caso de vim podemos usar Emmet-vim decargandolo desde <http://www.vim.org/>.
- Para Atom: podemos usar Plugin Emmet para Atom en GitHub
 - cheat-sheet de Atom
 - Véase el artículo Recommended GitHub Atom Packages for Web Developers.
- En cloud9 (c9.io) el plugin ya viene instalado
- Documentación de Emmet
- Emmet cheat sheet
- The input tag specifies an input field where the user can enter data.
- `<input>` elements are used within a `<form>` element to declare input controls that allow users to input data.
- An input field can vary in many ways, depending on the **type** attribute.
- The **type** attribute specifies the type of `<input>` element to display. The default type is **text**. Other values are:

- button
- checkbox
- color
- date
- datetime
- datetime-local
- email
- file
- hidden
- image
- month
- number
- password
- radio
- range
- reset
- search
- submit
- tel

- text
 - time
 - url
 - week
- The elements used to create controls generally appear inside a `<form>` element, but may also appear outside of a `<form>` element declaration.

The `onchange` event occurs when the value of an element has been changed.

- The `<link>` tag defines a link between a document and an external resource.
- The `rel` attribute is required. It specifies the relationship between the current document and the linked document
- The `<link>` tag is used to link to external CSS style sheets.

```
<link href="global.css" rel="stylesheet" type="text/css">
```

- *CSS* stands for *Cascading Style Sheets* and is a separate, but complementary, language to HTML. CSS is what we use to apply styles to the content on our web page.

global.css

```
[~/srcPLgrado/temperature(master)]$ cat global.css
th, td      { vertical-align: top; text-align: right; font-size: large; }      /* Don't center t
#converted  { color: red; font-weight: bold; font-size: large;           }      /* Calculated val
input       {
    text-align: right;           /* Align input to the right */
    border: none;
    border-radius: 20px 20px 20px 20px;
    padding: 5px 5px;
    font-size: large;           }

body
{
    background-color: #b0c4de; /* blue */
    font-size: large;
    font-family: "Lucida Sans Typewriter", "Lucida Console", Monaco, "Bitstream Vera Sans Mono",
}

h1 {
    font-weight: normal;
    font-family: "Brush Script MT", cursive;
    background: #3C5681;
    padding: 5px 15px;
    color: white;
    display: inline-block;
    border-radius: 10px 10px 10px 10px;
}
```

Sintaxis CSS

```
th, td { vertical-align: top; text-align: right; font-size: large; } /* Don't center t
```

What you see above is referred to as a *rule set*.

- Notice the curly braces. Also, notice that each declaration inside the curly braces has a semicolon. Everything inside the curly braces is called a *declaration block*.
- The portion prior to the first curly brace is what defines which part of the web page we are styling. This is referred to as the *selector*.
Here we're using commas to separate our selectors `th` and `td`. This is a useful method to use to combine multiple selectors in a single rule set. In this case, the styles will apply to all `<th>` and `<td>` elements,
- Each of the three declarations in the declaration block is referred to as a *declaration*.
- Additionally, each declaration consists of a *property* (the part before the colon) and a *value* (the part after the colon).
- Each CSS declaration ends with a semicolon.

Selectores en CSS

- A selector of `nav` would match all HTML `<nav>` elements, and a selector of `ul` would match all HTML unordered lists, or `` elements.
- An ID selector is declared using a hash, or pound symbol (`#`) preceding a string of characters. The string of characters is defined by the developer. This selector matches any HTML element that has an ID attribute with the same value as that of the selector, but minus the hash symbol.

The rule:

```
#converted { color: red; font-weight: bold; font-size: large; } /* Calculated values in b
```

applies to:

```
<span class="output" id="converted">
```

- An ID element on a web page should be unique.

Ejercicio 1.2.1. ■ Dado el selector

```
#container .box {  
  float: left;  
  padding-bottom: 15px;  
}
```

¿A que elementos de este HTML se aplica?

```
<div id="container">  
  <div class="box"></div>  
  <div class="box-2"></div>  
</div>  
  
<div class="box"></div>
```

- *Dada esta regla*

```
#container > .box {
  float: left;
  padding-bottom: 15px;
}
```

¿A que elementos de este HTML se aplica?

```
<div id="container">
  <div class="box"></div>
  <div>
    <div class="box"></div>
  </div>
</div>
```

- *Dada esta regla*

```
h2 ~ p { margin-bottom: 20px; }
```

¿A que elementos de este HTML se aplica?

```
<h2>Title</h2>
<p>Paragraph example 1.</p>
<p>Paragraph example 2.</p>
<p>Paragraph example 3.</p>
<div class="box">
  <p>Paragraph example 4.</p>
</div>
```

- *Dada esta regla*

```
p+ p {
  text-indent: 1.5em; margin-bottom: 0;
}
```

¿A que elementos de este HTML se aplica?

```
<h2>Title</h2>
<p>Paragraph example 1.</p>
<p>Paragraph example 2.</p>
<p>Paragraph example 3.</p>
<div class="box">
  <p>Paragraph example 4.</p>
  <p>Paragraph example 5.</p>
</div>
```

- *Dada esta regla:*

```
input[type="text"] {
  background-color: #444;
  width: 200px;
}
```

¿A que elementos de este HTML se aplica?

```
<input type="text">
<input type="submit">
```

- *Dada esta regla:*

```
a:hover {
  color: red;
}
```

¿Que porción del selector es conocido como pseudo-clase? ¿Cuando se aplica la regla a un ancla <a>?

- *Expresa con palabras a que elementos del documento se aplicará la siguiente regla:*

```
#form [type=text] { border: solid 1px #ccc; }
```

Ejercicio 1.2.2. ▪ *Supuesto que una hoja de estilo contiene estas reglas:*

```
p { font-size: 20px; }
p { font-size: 30px; }
```

¿Cual será el tamaño de font que se aplique a los elementos párrafo?

- *Supuesto que una hoja de estilo contiene estas reglas:*

```
div p { color: blue; }
p { color: red; }
```

¿Cual será el color que se aplique a los elementos párrafo?

- *Supuesto que una hoja de estilo contiene estas reglas:*

```
#main {
  color: green;
}
body div.container {
  color: pink;
}
```

¿Cual será el color que se aplique a este elemento <div>?

```
<div id="main" class="container"></div>
```

CSS reset Every browser applies certain styles to elements on a web page by default.

For example, if you use an un-ordered list (the element) the browser will display the list with some existing formatting styles, including bullets next to the individual list items (the elements inside the).

By using a *CSS reset document* at the top of your CSS file, you can reset all these styles to a bare minimum.

Two of the most popular CSS resets are Eric Meyer's Reset and Nicolas Gallagher's Normalize.css

```
<title>JavaScript Temperature Converter</title>
<link href=normalize.css" rel="stylesheet" type="text/css">
<link href="global.css" rel="stylesheet" type="text/css">
```

El Modelo de Caja

The *box model* refers to the usually invisible rectangular area that is created for each HTML element. This area has four basic components

- *Content*

The content portion of the box model holds the actual content.

The content can be text, images, or whatever else is visible on a web page.

- *Padding*

The **padding** of an element is defined using the **padding** property. The **padding** is the space around the content.

It can be defined for an individual side (for example, **padding-left: 20px**) or for all four sides in one declaration **padding: 20px 10px 30px 20px**, for instance.

When declaring all four sides, you're using a *shorthand property*.

Often when a CSS property takes multiple values like this, [they start at the top and go clockwise in relation to the element](#). So, in the example just cited, this would apply 20px of padding to the top, 10px to the right, 30px to the bottom, and 20px to the left.

See padding examples at w3schools.

- *Border*

The border of an element is defined using the border property.

This is a **shorthand property** that defines the element's **border-width**, **border-style**, and **border-color**. For example,

```
border: 4px dashed orange.
```

- *Margin*

Margins are similar to padding, and are defined using similar syntax

```
margin-left: 15px
```

or

```
margin: 10px 20px 10px 20px
```

The margin portion of an element exists outside the element.

[A margin creates space between the targeted element and surrounding elements.](#)

Ejercicio 1.2.3. ▪ *Dadas las declaraciones:*

```
.example {  
  border-style: dashed;  
  border-width: 2px;  
  border-color: blue;  
}  
.example {  
  border: solid;  
  color: green;  
}
```


*¿De que color queda el borde de los elementos de clase `example`? ¿Que `border-style` tendrán?
¿Que `border-width` tendrán?*

See gist

- Dada la declaración:

```
.example {  
  margin: 10px 20px;  
}
```

¿De que tamaño quedarán `margin-top` `margin-right`, `margin-bottom` y `margin-left` para los elementos de clase `example`?

Editing CSS styles in Chrome using various DevTools aid

While you can not "debug" CSS, because it is not a scripting language, you can utilize the Chrome DevTools Elements panel to inspect an element and view the Styles pane on the right.

This will give you insights as to the styles being overridden or ignored (line threw).

The Styles pane is also useful because of it's ability to LiveEdit the document being inspected, which may help you iron out the issues.

If the styles are being overridden, you can then view the Computed Style pane to see the CSS that is actually being utilized to style your document.

- Editing styles in Chrome developer pages.
- [stackoverflow: Debugging CSS in Google Chrome](#)
- [Chrome DevTools for CSS - Better CSS Coding and CSS Debugging with Developer Tools en YouTube by LearnCode.academy](#)

Block versus Inline

HTML elements fall under two categories: *block* or *inline*.

- Block-level elements include elements like `<div>`, `<p>`, `h1`, `li` and `<section>`. A block-level element is more of a structural, layout related element.

A block element is an element that takes up the full width available, and has a line break before and after it.

- An inline element only takes up as much width as necessary, and does not force line breaks. Inline elements behave like words and letters within of a paragraph.

Inline elements include ``, ``, and ``.

It's worth noting that inline elements are subject to CSS properties that affect text. For example, `line-height` and `letter-spacing` are CSS properties that can be used to style inline elements.

However, those same properties wouldn't affect block elements.

- See
 - [CSS display Property](#)
 - [CSS Display - Block and Inline Elements at w3schools](#)

Propiedades CSS

- The `vertical-align` property sets the vertical alignment of an element.
- The `text-align` property specifies the horizontal alignment of text in an element.
- The `font-family` property specifies the font for an element.

The `font-family` property can hold several font names as a "fallback" system. If the browser does not support the first font, it tries the next font.

temperature.js

```
"use strict"; // Use ECMAScript 5 strict mode in browsers that support it
function calculate() {
  var result;
  var original      = document.getElementById(".....");
  var temp = original.value;
  var regexp = /...../;

  var m = temp.match(.....);

  if (m) {
    var num = ....;
    var type = ....;
    num = parseFloat(num);
    if (type == 'c' || type == 'C') {
      result = (num * 9/5)+32;
      result = .....
    }
    else {
      result = (num - 32)*5/9;
      result = .....
    }
    converted.innerHTML = result;
  }
  else {
    converted.innerHTML = "ERROR! Try something like '-4.2C' instead";
  }
}
```

Despliegue

- Deberá desplegar la aplicación en GitHub Pages como página de proyecto. Vea la sección *GitHub Project Pages* 11.4.3.

Creando un fichero package.json The command:

```
npm init [-f|--force|-y|--yes]
```

Will ask you a bunch of questions, and then write a **package.json** for you.

If you already have a **package.json** file, it'll read that first, and default to the options in there.

It is strictly additive, so it does not delete options from your package.json without a really good reason to do so.

If you invoke it with **-f**, **--force**, it will use only defaults and not prompt you for any options.

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ npm init
```

This utility will walk you through creating a package.json file.

It only covers the most common items, and tries to guess sane defaults.

See 'npm help json' for definitive documentation on these fields and exactly what they do.

Use 'npm install <pkg> --save' afterwards to install a package and save it as a dependency in the package.json file.

Press ^C at any time to quit.

name: (pl-grado-temperature-converter)

version: (0.0.0) 0.0.1

description: ULL ESIT Grado de Informática. 3º. PL. Lab "Temperature Converter"

entry point: (temperature.js)

test command: open tests/index.html

git repository: (ssh://git@bitbucket.org/casiano/pl-grado-temperature-converter.git)

keywords: regexp

author: Casiano

license: (ISC)

About to write to /private/tmp/pl-grado-temperature-converter/package.json:

```
{
  "name": "pl-grado-temperature-converter",
  "version": "0.0.1",
  "description": "ULL ESIT Grado de Informática. 3º. PL. Lab \"Temperature Converter\"",
  "main": "temperature.js",
  "directories": {
    "test": "tests"
  },
  "scripts": {
    "test": "open tests/index.html"
  },
  "repository": {
    "type": "git",
    "url": "ssh://git@bitbucket.org/casiano/pl-grado-temperature-converter.git"
  },
  "keywords": [
    "regexp"
  ],
  "author": "Casiano",
  "license": "ISC"
}
```

Is this ok? (yes) y

Esto genera el fichero package.json:

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ ls -ltr | tail -1
-rw-r--r--  1 casiano  wheel   487  5 feb 18:22 package.json
```

Si ahora escribo:

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ npm test
```

```
> pl-grado-temperature-converter@0.0.1 test /private/tmp/pl-grado-temperature-converter
> open tests/index.html
```

Ejecutamos las pruebas en el navegador (en Mac OS X) supuesto que ya estuvieran escritas.

Pruebas: Mocha y Chai Mocha is a test framework while Chai is an expectation one.

Mocha is the **simple, flexible, and fun** JavaScript unit-testing framework that runs in Node.js or in the browser.

It is open source (MIT licensed), and we can learn more about it at <https://github.com/mochajs/mocha>

Let's say Mocha setups and describes test suites and Chai provides convenient helpers to perform all kinds of assertions against your JavaScript code.

Pruebas: Estructura

Podemos instalar mocha globalmente:

```
$ npm install -g mocha
```

pero podemos también añadirlo en `package.json` como una `devDependencies`:

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ head -n 5 package.json
{
  "dependencies": {},
  "devDependencies": {
    "mocha": "latest"
  },
}
```

Y ahora podemos instalar todas las dependencias usando `npm install`:

```
$ npm install
npm http GET https://registry.npmjs.org/mocha
npm http 200 https://registry.npmjs.org/mocha
npm http GET https://registry.npmjs.org/commander/2.3.0
...
```

En este caso `mocha` es instalado localmente, no globalmente:

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ ls -ltr node_modules/
total 0
drwxr-xr-x 12 casiano staff 408 5 feb 18:40 mocha
```

Una vez instalado Mocha, creamos la estructura para las pruebas:

```
$ mocha init tests
```

esto en el caso de que lo hayamos instalado globalmente o bien

```
$ node_modules/mocha/bin/mocha init tests
```

si lo hemos instalado localmente.

```
$ tree tests
tests
|-- index.html
|-- mocha.css
|-- mocha.js
'-- tests.js
```

Añadimos `chai.js` (Véase <http://chaijs.com/guide/installation/>) al directorio `tests`.

Chai is a platform-agnostic BDD/TDD assertion library featuring several interfaces (for example, `should`, `expect`, and `assert`). It is open source (MIT licensed), and we can learn more about it at <http://chaijs.com/>

We can also install Chai on the command line using `npm`, as follows:

```
npm install chai --save-dev
```

The latest tagged version will be available for hot-linking at <http://chaijs.com/chai.js>.

If you prefer to host yourself, use the `chai.js` file from the root of the github project.

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ curl https://raw.githubusercontent.com/chaijs/chaijs/ch
% Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
           Dload  Upload   Total     Spent    Left  Speed
100  118k  100  118k    0     0  65521      0  0:00:01  0:00:01 --:--:-- 65500
```

Ya tenemos nuestro fichero `tests/chai.js`:

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ head tests/chai.js
```

```
;(function(){

/**
 * Require the module at 'name'.
 *
 * @param {String} name
 * @return {Object} exports
 * @api public
 */
```

Quedando el árbol como sigue:

```
[~/srcPLgrado/temperature(master)]$ tree tests/
tests/
|-- chai.js
|-- index.html
|-- mocha.css
|-- mocha.js
'-- tests.js
```

0 directories, 5 files

Pruebas: index.html

Modificamos el fichero `tests/index.html` que fué generado por `mocha init` para

- Cargar `chai.js`
- Cargar `temperature.js`
- Usar el estilo `mocha.setup('tdd')`:
- Imitar la página `index.html` con los correspondientes `input` y `span`:

```
<input id="original" placeholder="32F" size="50">
<span class="output" id="converted"></span>
```

quedando así:

```
[~/srcPLgrado/temperature(master)]$ cat tests/index.html
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>Mocha</title>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
```

```

    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
    <link rel="stylesheet" href="mocha.css" />
</head>
<body>
    <div id="mocha"></div>
    <input id="original" placeholder="32F" size="50">
    <span class="output" id="converted"></span>

    <script src="chai.js"></script>
    <script src="mocha.js"></script>
    <script src="../temperature.js"></script>
    <script>mocha.setup('tdd')</script>
    <script src="tests.js"></script>

    <script>
        mocha.run();
    </script>
</body>
</html>

```

Pruebas: Añadir los tests

The "TDD" interface provides

- suite()
- test()
- setup()
- teardown().

```

[~/srcPLgrado/temperature(master)]$ cat tests/tests.js
var assert = chai.assert;

```

```

suite('temperature', function() {
    test('32F = 0C', function() {
        original.value = "32F";
        calculate();
        assert.deepEqual(converted.innerHTML, "0.0 Celsius");
    });
    test('45C = 113.0 Farenheit', function() {
        original.value = "45C";
        calculate();
        assert.deepEqual(converted.innerHTML, "113.0 Farenheit");
    });
    test('5X = error', function() {
        original.value = "5X";
        calculate();
        assert.match(converted.innerHTML, /ERROR/);
    });
});

```

The *BDD* interface provides `describe()`, `it()`, `before()`, `after()`, `beforeEach()`, and `afterEach()`:

```

describe('Array', function(){

```

```

before(function(){
  // ...
});

describe('#indexOf()', function(){
  it('should return -1 when not present', function(){
    [1,2,3].indexOf(4).should.equal(-1);
  });
});
});

```

The *Chai should* style allows for the same chainable assertions as the *expect interface*, however it extends each object with a `should` property to start your chain.

Chai Assert Style

The *assert style* is exposed through assert interface.

This provides the classic assert-dot notation, similiar to that packaged with node.js.

This `assert` module, however, provides several additional tests and is browser compatible.

```

var assert = require('chai').assert
, foo = 'bar'
, beverages = { tea: [ 'chai', 'matcha', 'oolong' ] };

assert.typeOf(foo, 'string', 'foo is a string');
assert.equal(foo, 'bar', 'foo equal 'bar'');
assert.lengthOf(foo, 3, 'foo's value has a length of 3');
assert.lengthOf(beverages.tea, 3, 'beverages has 3 types of tea');

```

In all cases, the assert style allows you to include an optional message as the last parameter in the assert statement.

These will be included in the error messages should your assertion not pass.

Assert API, Expect/Should API

- Here is the documentation of the Assert API.
- Here is the documentation of the Should/Expect API.

Chai Expect Style

The BDD style is exposed through expect or should interfaces. In both scenarios, you chain together natural language assertions.

```

var expect = require('chai').expect
, foo = 'bar'
, beverages = { tea: [ 'chai', 'matcha', 'oolong' ] };

expect(foo).to.be.a('string');
expect(foo).to.equal('bar');
expect(foo).to.have.length(3);
expect(beverages).to.have.property('tea').with.length(3);

```

Expect also allows you to include arbitrary messages to prepend to any failed assertions that might occur.

```

var answer = 43;

```

```
// AssertionError: expected 43 to equal 42.
expect(answer).to.equal(42);

// AssertionError: topic [answer]: expected 43 to equal 42.
expect(answer, 'topic [answer]').to.equal(42);
```

This comes in handy when being used with non-descript topics such as booleans or numbers.

Ejecución Simple Ahora podemos ejecutar las pruebas abriendo en el navegador el fichero `tests/index.html`:

```
$ open tests/index.html
```

Esta información aparece también en las secciones *Unit Testing: Mocha* 11.4.1 de estos apuntes.

Manejando tareas en JS: Gulp

Why would you want to use a *task runner*?

They're small applications that automate often time consuming and boring tasks.

If you ever need to do any of the following then a task runner is for you:

- Minification and concatenation of JavaScript and CSS files
- CSS Preprocessing
- Testing

By creating a task file you can instruct the task manager to take care of many development tasks and watch for changes in relevant files. All you'll need to do is start up the task runner and get to work on the more interesting parts of your project.

We are going to use **gulp** as our task manager. To install it you can:

- Install gulp globally:

```
$ npm install --global gulp
```

- Or you can install gulp in your project `devDependencies`:

```
$ npm install --save-dev gulp
```

This will install **gulp** in `./node_modules` and it will add a line to `package.json` as the following:

```
"devDependencies": {
  "mocha": "latest",
  "gulp": "~3.8.10"
},
```

Now we can write our `gulpfile`:

```
[/tmp/pl-grado-temperature-converter(karma)]$ cat gulpfile.js
var gulp    = require('gulp'),
    gutil   = require('gulp-util'),
    uglify   = require('gulp-uglify'),
    concat   = require('gulp-concat');
var del     = require('del');
var minifyHTML = require('gulp-minify-html');
var minifyCSS  = require('gulp-minify-css');
```



```

gulp.task('minify', function () {
  gulp.src('temperature.js')
    .pipe(uglify())
    .pipe(gulp.dest('minified'));

  gulp.src('./index.html')
    .pipe(minifyHTML())
    .pipe(gulp.dest('./minified/'))

  gulp.src('./*.css')
    .pipe(minifyCSS({keepBreaks:true}))
    .pipe(gulp.dest('./minified/'))
});

gulp.task('clean', function(cb) {
  del(['minified/*'], cb);
});

```

- See gulp API docs
- `gulp.task(name, fn)` – registers a function with a name
- `gulp.src(glob)` – returns a readable stream
- The `pipe()` method takes the source stream derived from the `src()` method and passes it to the specific plugin being referenced.
- `gulp.dest(folder)` – returns a writable stream
- `gulp.watch(glob, fn)` – runs a function when a file that matches the glob changes

Gulp on its own doesn't do a lot. We need to install plugins and add tasks to the gulpfile to put Gulp into action. To concatenate files we'll need the `gulp-concat` plugin; to install it run this from the command line:-

```
npm install gulp-concat --save-dev
```

the four Gulp methods that we will be using:- Again, if you check your `package.json` file you should see a new line referencing the newly installed plugin:-

```
"gulp-concat": "~2.1.7"
```

Después de instalar todas las dependencias:

```

$ npm i gulp-util --save-dev
$ npm i gulp-... --save-dev

```

podemos ejecutar las tareas:

```

$ gulp minify
[22:07:58] Using gulpfile ~/local/src/javascript/PLgrado/temperature/gulpfile.js
[22:07:58] Starting 'minify'...

```

Que produce el directorio `minified`:

```
$ ls -l minified/
total 32
-rw-r--r-- 1 casiano staff 510 5 feb 21:56 global.css
-rw-r--r-- 1 casiano staff 594 5 feb 21:56 index.html
-rw-r--r-- 1 casiano staff 2021 5 feb 21:56 normalize.css
-rw-r--r-- 1 casiano staff 334 5 feb 21:56 temperature.js
```

que como vemos ha compactado los ficheros:

```
$ ls -l temperature.js normalize.css index.html global.css
-rw-r--r-- 1 casiano staff 934 4 feb 09:11 global.css
-rw-r--r-- 1 casiano staff 749 3 feb 10:40 index.html
-rw-r--r-- 1 casiano staff 7798 30 ene 22:00 normalize.css
-rw-r--r-- 1 casiano staff 638 3 feb 15:21 temperature.js
```

Podemos ver la lista de tareas mediante la opción -T:

```
$ gulp -T
[22:00:40] Using gulpfile ~/local/src/javascript/PLgrado/temperature/gulpfile.js
[22:00:40] Tasks for ~/local/src/javascript/PLgrado/temperature/gulpfile.js
[22:00:40] |-- minify
[22:00:40] '-- clean
```

Podemos borrar las ficheros generados con gulp clean:

```
$ gulp clean
[22:00:46] Using gulpfile ~/local/src/javascript/PLgrado/temperature/gulpfile.js
[22:00:46] Starting 'clean'...
[22:00:46] Finished 'clean' after 7.68 ms
$ ls -l minified/
$
```

gulp has very few flags to know about. All other flags are for tasks to use if needed.

- `-v` or `--version` will display the global and local gulp versions
- `--require <module path>` will require a module before running the gulpfile. This is useful for transpilers but also has other applications. You can use multiple `--require` flags
- `--gulpfile <gulpfile path>` will manually set path of gulpfile. Useful if you have multiple gulpfiles. This will set the CWD to the gulpfile directory as well
- `--cwd <dir path>` will manually set the CWD. The search for the gulpfile, as well as the relativity of all requires will be from here
- `-T` or `--tasks` will display the task dependency tree for the loaded gulpfile
- `--tasks-simple` will display a plaintext list of tasks for the loaded gulpfile
- `--color` will force gulp and gulp plugins to display colors even when no color support is detected
- `--no-color` will force gulp and gulp plugins to not display colors even when color support is detected
- `--silent` will disable all gulp logging

Tasks can be executed by running `gulp <task> <othertask>`.

Just running `gulp` will execute the task you registered called `default`.

If there is no `default` task gulp will error.

See CLI.md at `gulpjs/gulp`.

Pruebas: Véase

- Mocha, Chai y Sinon
 - Testing your frontend JavaScript code using mocha, chai, and sinon by Nicolas Perriault
 - Get your Frontend JavaScript Code Covered by Nicolas Perriault
 - Github repo [crguezl/mocha-chai-sinon-example](https://github.com/crguezl/mocha-chai-sinon-example) with Nicolas examples
 - Podemos encontrar un ejemplo de unit testing en JavaScript en el browser con el testing framework Mocha y Chai en el repositorio <https://github.com/ludovicofischer/mocha-chai-browser-demo>: An example setup for unit testing JavaScript in the browser with the Mocha testing framework and C
 - Testing in Browsers and Node with Mocha, Chai, Sinon, and Testem
- Gulp
 - The Front-end Tooling Book
 - An Introduction to Gulp.js by Craig Buckler SitePoint
 - Gulp: the modern frontend factory
 - Building With Gulp by Callum Macrae
- Karma
 - Introduction to Karma Screencast.
 - Vojta Jina: Testacular (now Karma) - JavaScript test runner. YouTube.
- PhantomJS is a headless WebKit scriptable with a JavaScript API. It has fast and native support for various web standards: DOM handling, CSS selector, JSON, Canvas, and SVG.

1.3. Práctica: Conversor de Temperaturas con Karma y Travis

Requisitos

- Añada a la práctica de la temperatura los elementos necesarios para la ejecución de las pruebas mediante Karma.
- Añada integración continua usando Travis (travis-ci.org)
- Añada el badge de Travis en el `README.md`
- Añada tareas en el 'Gulpfile' para la ejecución de las pruebas mediante Karma.
- Añada (si no lo hizo en la práctica anterior) cubrimiento con blanket.

Lea

- Karma Travis CI.
- El capítulo Integración Continua: Travis de los apuntes de LPP
- Travis CI: Building a Node.js project

Karma

Karma: Como Funciona

- *Karma* (See Karma installation) is essentially a tool which spawns a web server that executes source code against test code for each of the browsers connected.
- The results for each test against each browser are examined and displayed via the command line to the developer such that they can see which browsers and tests passed or failed.
- A browser can be captured either
 - manually, by visiting the URL where the Karma server is listening (typically `http://localhost:9876/`)
 - or automatically by letting Karma know which browsers to start when Karma is run
- Karma also watches all the files, specified within the configuration file, and whenever any file changes, it triggers the test run by sending a signal the testing server to inform all of the captured browsers to run the test code again.
- Each browser then loads the source files inside an `IFrame`¹, executes the tests and reports the results back to the server.
- The server collects the results from all of the captured browsers and presents them to the developer.

Karma: Videos

- JS.everywhere(Europe) 2012: Testacular, the Spectacular JavaScript Test Runner - Vojta Jína YouTube
- Introduction to Karma Screencast.
- Google Test Automation Conference GTAC 2013: Karma - Test Runner for JavaScript Vojta Jína. YouTube

Karma: Opciones en Línea de Comandos

```
[~/srcPLgrado/mocha-chai-browser-demo(master)]$ karma --help
Karma - Spectacular Test Runner for JavaScript.
```

Usage:

```
/usr/local/bin/karma <command>
```

Commands:

```
start [<configFile>] [<options>] Start the server / do single run.
init [<configFile>] Initialize a config file.
run [<options>] [ -- <clientArgs>] Trigger a test run.
completion Shell completion for karma.
```

Run `--help` with particular command to see its description and available options.

Options:

```
--help      Print usage and options.
--version   Print current version.
```

¹The `iframe` tag specifies an inline frame. An inline frame is used to embed another document within the current HTML document

Karma: Generando el Fichero de Configuración In order to serve us well, Karma needs to know about our project in order to test it and this is done via a configuration file.

The configuration file can be generated using `karma init`:

```
$ karma init my.conf.js
```

Which testing framework do you want to use ?

Press tab to list possible options. Enter to move to the next question.

```
> jasmine
```

Do you want to use Require.js ?

This will add Require.js plugin.

Press tab to list possible options. Enter to move to the next question.

```
> no
```

<http://requirejs.org/>

Do you want to capture a browser automatically ?

Press tab to list possible options. Enter empty string to move to the next question.

```
> Chrome
```

What is the location of your source and test files ?

You can use glob patterns, eg. `"js/*.js"` or `"test/**/*.Spec.js"`.

Enter empty string to move to the next question.

```
>
```

Should any of the files included by the previous patterns be excluded ?

You can use glob patterns, eg. `"**/*.swp"`.

Enter empty string to move to the next question.

Do you want Karma to watch all the files and run the tests on change ?

Press tab to list possible options.

```
> yes
```

Config file generated at `"/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/mocha-tutorial/karma.conf.js"`

The configuration file can be written in CoffeeScript as well. In fact, if you execute `karma init` with a `.coffee` filename extension, it will generate a CoffeeScript file.

Of course, you can write the config file by hand or copy paste it from another project ;-)

```
[~/srcPLgrado/mocha-tutorial]$ cat karma.conf.js
```

```
// Karma configuration
```

```
// Generated on Mon Jan 20 2014 16:21:22 GMT+0000 (WET)
```

```
module.exports = function(config) {
```

```
  config.set({
```

```
    // base path, that will be used to resolve files and exclude
    basePath: '',
```

```
    // frameworks to use
    frameworks: ['jasmine'],
```

```

// list of files / patterns to load in the browser
files: [

],

// list of files to exclude
exclude: [

],

// test results reporter to use
// possible values: 'dots', 'progress', 'junit', 'growl', 'coverage'
reporters: ['progress'],

// web server port
port: 9876,

// enable / disable colors in the output (reporters and logs)
colors: true,

// level of logging
// possible values: config.LOG_DISABLE || config.LOG_ERROR || config.LOG_WARN || config.LOG_INFO || config.LOG_DEBUG
logLevel: config.LOG_INFO,

// enable / disable watching file and executing tests whenever any file changes
autoWatch: true,

// Start these browsers, currently available:
// - Chrome
// - ChromeCanary
// - Firefox
// - Opera (has to be installed with 'npm install karma-opera-launcher')
// - Safari (only Mac; has to be installed with 'npm install karma-safari-launcher')
// - PhantomJS
// - IE (only Windows; has to be installed with 'npm install karma-ie-launcher')
browsers: ['Chrome', 'Firefox'],

// If browser does not capture in given timeout [ms], kill it
captureTimeout: 60000,

// Continuous Integration mode
// if true, it capture browsers, run tests and exit

```

```

    singleRun: false
  });
};

```

Arrancando Karma. Starting Karma

When starting Karma, the configuration file path can be passed in as the first argument. By default, Karma will look for `karma.conf.js` in the current directory.

```

# Start Karma using your configuration
$ karma start my.conf.js

```

Some configurations, which are already present within the configuration file, can be overridden by specifying the configuration as a command line argument for when Karma is executed.

```

karma start karma-conf.js --command-one --command-two

```

```

[~/srcPLgrado/mocha-tutorial]$ karma start --help
Karma - Spectacular Test Runner for JavaScript.

```

START - Start the server / do a single run.

Usage:

```

/usr/local/bin/karma start [<configFile>] [<options>]

```

Options:

```

--port                <integer> Port where the server is running.
--auto-watch          Auto watch source files and run on change.
--no-auto-watch       Do not watch source files.
--log-level            <disable | error | warn | info | debug> Level of logging.
--colors              Use colors when reporting and printing logs.
--no-colors           Do not use colors when reporting or printing logs.
--reporters            List of reporters (available: dots, progress, junit, growl, coverage).
--browsers             List of browsers to start (eg. --browsers Chrome,ChromeCanary,Firefox).
--capture-timeout     <integer> Kill browser if does not capture in given time [ms].
--single-run          Run the test when browsers captured and exit.
--no-single-run       Disable single-run.
--report-slower-than  <integer> Report tests that are slower than given time [ms].
--help               Print usage and options.

```

Using Karma with Mocha To use Karma with Mocha we need the karma-mocha adapter.

If we want to pass configuration options directly to mocha you can do this in the following way

```

// karma.conf.js
module.exports = function(config) {
  config.set({
    frameworks: ['mocha'],

    files: [
      '*.js'
    ],

    client: {
      mocha: {
        ui: 'tdd'
      }
    }
  });
};

```

```
    }  
  });  
};
```

(By default the ui is bdd).

Here is an example

```
[~/srcPLgrado/temperature(karma)]$ cat karma.conf.js  
// Karma configuration  
// Generated on Thu Jan 29 2015 16:51:38 GMT+0000 (WET)  
  
module.exports = function(config) {  
  config.set({  
  
    // base path, that will be used to resolve files and exclude  
    basePath: '',  
  
    // frameworks to use  
    frameworks: ['mocha'],  
  
    client: {  
      mocha: {  
        ui: 'tdd'  
      }  
    },  
  
    preprocessors: {  
      'tests/test.html': ['html2js']  
    },  
  
    // list of files / patterns to load in the browser  
    files: [  
      'tests/test.html',  
      'tests/*.js',  
      'temperature.js'  
    ],  
  
    // list of files to exclude  
    exclude: [  
  
    ],  
  
    // test results reporter to use  
    // possible values: 'dots', 'progress', 'junit', 'growl', 'coverage'  
    reporters: ['progress'],  
  
    // web server port  
    port: 9876,
```



```

// enable / disable colors in the output (reporters and logs)
colors: true,

// level of logging
// possible values: config.LOG_DISABLE || config.LOG_ERROR || config.LOG_WARN || config.LOG_INFO || config.LOG_DEBUG
logLevel: config.LOG_INFO,

// enable / disable watching file and executing tests whenever any file changes
autoWatch: true,

// Start these browsers, currently available:
// - Chrome
// - ChromeCanary
// - Firefox
// - Opera (has to be installed with 'npm install karma-opera-launcher')
// - Safari (only Mac; has to be installed with 'npm install karma-safari-launcher')
// - PhantomJS
// - IE (only Windows; has to be installed with 'npm install karma-ie-launcher')
browsers: [
    'Chrome',
    'Firefox',
    'PhantomJS',
],

// If browser does not capture in given timeout [ms], kill it
captureTimeout: 60000,

// Continuous Integration mode
// if true, it capture browsers, run tests and exit
singleRun: false
});
};

```

Another example can be found at (<https://github.com/crguezl/nathanuniversityexercisesPL/blob/master/scheem8>)

Algunas dependencias para ejecutar Karma De hecho, para poder usar Karma con los diferentes navegadores es necesario instalar unos cuantos módulos. Vea este fragmento de `package.json`

```

"devDependencies": {
  "chai": "*",
  "mocha": "*",
  "karma": "*",
  "karma-mocha": "*",
  "karma-html2js-preprocessor": "*",
  "karma-chrome-launcher": "*",
  "karma-firefox-launcher": "*",
  "karma-phantomjs-launcher": "*"
},

```

Load HTML files with Karma

If you have one html file:

```
[~/srcPLgrado/karma/html]$ cat template.html
<div id="tpl">content of the template</div>
```

which you want to load and then get all elements from that html page in your test script, you can use the `html2js` preprocessor, which basically converts HTML files into JavaScript strings and include these files.

```
[~/srcPLgrado/karma/html]$ cat karma.conf.js
module.exports = function(karma) {
  karma.configure({
    basePath: '',
    frameworks: ['jasmine'],
    files: [ '*.js', '*.html' ],
    preprocessors: { '*.html': 'html2js' },
    ....
  });
}
```

Then, you can access these strings in your test:

```
[~/srcPLgrado/karma/html]$ cat test.js
describe('template', function() {
  it('should expose the templates to __html__', function() {
    document.body.innerHTML = __html__['template.html'];
    expect(document.getElementById('tpl')).toBeDefined();
  })
})
```

Preprocessors in Karma allow you to do some work with your files before they get served to the browser. The configuration of these happens in this block in the config file.

```
preprocessors = {
  '**/*.coffee': 'coffee',
  '**/*.html': 'html2js'
};
```

tests/tests.js usando Karma y Considerando el HTML Por tanto modificamos nuestro fichero `tests/tests.js` como sigue:

```
[~/srcPLgrado/temperature(karma)]$ cat tests/tests.js
var assert = chai.assert;

suite('temperature', function() {
  setup(function(){
    if (typeof __html__ !== 'undefined') {
      document.body.innerHTML = __html__['tests/test.html'];
      original = document.getElementById('original');
      converted = document.getElementById('converted');
    }
  });

  test('32F = 0C', function() {
    original.value = "32F";
    calculate();
    assert.deepEqual(converted.innerHTML, "0.0 Celsius");
  });
});
```

```

});
test('45C = 113.0 Farenheit', function() {
    original.value = "45C";
    calculate();
    assert.deepEqual(converted.innerHTML, "113.0 Farenheit");
});
test('5X = error', function() {
    original.value = "5X";
    calculate();
    assert.match(converted.innerHTML, /ERROR/);
});
});

```

tests/test.html usando Karma y Considerando el HTML El fichero html inicial también cambia, ya que Karma se encarga de la carga de los ficheros HTML y de su pre-procesado:

```

[~/srcPLgrado/temperature(karma)]$ cat tests/test.html
<html>
  <head>
    <title>Mocha</title>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">

  </head>
  <body>
    <div id="mocha"></div>
    <input id="original" placeholder="32F" size="50">
    <span class="output" id="converted"></span>

    <script src="../temperature.js"></script>
    <script>mocha.setup('tdd')</script>
    <script src="tests.js"></script>

    <script>
      mocha.run();
    </script>
  </body>
</html>

```

Obsérvese que no cargamos **mocha**, etc porque son cargados por Karma (como especificamos en el fichero de configuración).

Karma y HTML: Véase See

- Load HTML files with Karma in StackOverflow.
- karma-html2js-preprocessor

Karma y Gulp

Para automatizar la ejecución de las pruebas con **karma** y **gulp** añadimos un par de tareas a nuestro **gulpfile**. Las tareas **test** y **default**:

```

[~/srcPLgrado/temperature(karma)]$ cat gulpfile.js
var gulp    = require('gulp'),

```

```

    gutil    = require('gulp-util'),
    uglify   = require('gulp-uglify'),
    concat   = require('gulp-concat');
var karma   = require('gulp-karma');
...

gulp.task('test', function() {
  // Be sure to return the stream
  return gulp.src([])
    .pipe(karma({
      configFile: 'karma.conf.js',
      action: 'run'
    }))
    .on('error', function(err) {
      // Make sure failed tests cause gulp to exit non-zero
      throw err;
    });
});

gulp.task('default', function() {
  gulp.src([])
    .pipe(karma({
      configFile: 'karma.conf.js',
      action: 'watch'
    }));
});

```

1.4. Práctica: Comma Separated Values. CSV

Donde

```
[~/srcPLgrado/csv(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/csv
```

Véase <https://bitbucket.org/casiano/pl-grado-csv/src> y <https://github.com/crguezl/csv>.

Introducción al formato CSV

Véase Comma Separated Values en la Wikipedia:

A comma-separated values (CSV) file stores tabular data (numbers and text) in plain-text form. A CSV file consists of any number of records, separated by line breaks of some kind; each record consists of fields, separated by a comma. All records have an identical sequence of fields.

Ejemplo de ejecución

Véase la página en <http://crguezl.github.io/csv/>. Pruebe a dar como entrada cualquiera de estas dos

```
[~/srcPLgrado/csv(gh-pages)]$ cat input.txt
"producto",          "precio"
"camisa",            "4,3"
"libro de O'Reilly", "7,2"
```

```
[~/srcPLgrado/csv(gh-pages)]$ cat input2.txt
"producto",          "precio"  "fecha"
"camisa",            "4,3",    "14/01"
"libro de O'Reilly", "7,2"      "13/02"
```

Pruebe también a dar alguna entrada errónea.



Figura 1.1: Ejemplo de pantalla de La aplicación para el Análisis de Datos en Formato CSV

Aproximación al análisis mediante expresiones regulares de CSV Una primera aproximación sería hacer `split` por las comas:

```
> x = '"earth",1,"moon",9.374'
'"earth",1,"moon",9.374'
> y = x.split(/,/ )
[ '"earth"', '1', '"moon"', '9.374' ]
```

Esta solución deja las comillas dobles en los campos entrecomillados. Peor aún, los campos entrecomillados pueden contener comas, en cuyo caso la división proporcionada por `split` sería errónea:

```
> x = '"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
'"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
> y = x.split(/,/ )
[ '"earth, mars"', '1', '"moon, fobos"', '9.374' ]
```

La siguiente expresión regular reconoce cadenas de comillas dobles con secuencias de escape seguidas opcionalmente de una coma:

```
> x = '"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
'"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
> r = /"((?:[^\\"|\\.)*)"\\s*,?/g
/"((?:[^\\"|\\.)*)"\\s*,?/g
> w = x.match(r)
[ '"earth, mars"', '"moon, fobos"', '9.374' ]
```

If your regular expression uses the `g` flag, you can use the `exec` or `match` methods multiple times to find successive matches in the same string. When you do so, the search starts at the substring of string specified by the regular expression's `lastIndex` property.

Javascript sub-matches stop working when the `g` modifier is set:

```

> text = 'test test test test'
'test test test test'
> text.match(/t(e)(s)t/)
[ 'test', 'e', 's', index: 0, input: 'test test test test' ]
> text.match(/t(e)(s)t/g)
[ 'test', 'test', 'test', 'test' ]

```

Sin embargo el método `exec` de las expresiones regulares si que conserva las subexpresiones que casan con los paréntesis:

```

> r = /t(e)(s)t/g
/t(e)(s)t/g
> text = 'test test test test'
'test test test test'
> while (m = r.exec(text)) {
... console.log(m);
... }
[ 'test', 'e', 's', index: 0, input: 'test test test test' ]
[ 'test', 'e', 's', index: 5, input: 'test test test test' ]
[ 'test', 'e', 's', index: 10, input: 'test test test test' ]
[ 'test', 'e', 's', index: 15, input: 'test test test test' ]
undefined

```

Another catch to remember is that `exec()` doesn't return the matches in one big array: it keeps returning matches until it runs out, in which case it returns `null`.

Véase

- Javascript Regex and Submatches en StackOverflow.
- La sección *Ejercicios* 1.7

Esta otra expresión regular `/([^\,]+),?\s*/` actúa de forma parecida al `split`. Reconoce secuencias no vacías de caracteres que no contienen comas seguidas opcionalmente de una coma o bien una sola coma (precedida opcionalmente de blancos):

```

> x = '"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
'"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
> r = /([^\,]+),?\s*/g
/([^\,]+),?\s*/g
> w = x.match(r)
[ '"earth,', ' mars"', '1,', '"moon,', ' fobos"', '9.374' ]

```

La siguiente expresión regular es la unión de dos:

- Cadenas de dobles comillas seguidas de una coma opcional entre espacios en blanco
- Cadenas que no tienen comas

```

> x = '"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
'"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
> r = /\s*"((?:[^\,\\]|\\.)*)"\s*,?\s*"([^\,]+),?\s*/g
/\s*"((?:[^\,\\]|\\.)*)"\s*,?\s*"([^\,]+),?\s*/g
> w = x.match(r)
[ '"earth, mars"', '1,', '"moon, fobos"', '9.374' ]

```

El operador `|` trabaja en circuito corto:

```

> r = /(ba?)|(b)/
/(ba?)|(b)/
> r.exec("ba")
[ 'ba', 'ba', undefined, index: 0, input: 'ba' ]
> r = /(b)|(ba?)/
/(b)|(ba?)/
> r.exec("ba")
[ 'b', 'b', undefined, index: 0, input: 'ba' ]

Si usamos exec tenemos:

> x = "earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
"earth, mars",1,"moon, fobos",9.374'
> r = /\s*((?:[^\s\\]|\\.)*)\s*,?\s*([^\s,]+),?\s*,/g
/\s*((?:[^\s\\]|\\.)*)\s*,?\s*([^\s,]+),?\s*,/g
> while (m = r.exec(x)) { console.log(m); }
[ "earth, mars",',', 'earth, mars', undefined, index: 0,
  input: "earth, mars",1,"moon, fobos",9.374' ]
[ '1,', undefined, '1', index: 14,
  input: "earth, mars",1,"moon, fobos",9.374' ]
[ "moon, fobos",',', 'moon, fobos', undefined, index: 16,
  input: "earth, mars",1,"moon, fobos",9.374' ]
[ '9.374', undefined, '9.374', index: 30,
  input: "earth, mars",1,"moon, fobos",9.374' ]
undefined

```

1. RegExp Objects

The `RegExp` constructor creates a regular expression object for matching text with a pattern.

Literal and constructor notations are possible:

```

/pattern/flags;
new RegExp(pattern [, flags]);

```

- The literal notation provides compilation of the regular expression when the expression is evaluated.
- Use literal notation when the regular expression will remain constant.
- For example, **if you use literal notation to construct a regular expression used in a loop, the regular expression won't be recompiled on each iteration.**
- The constructor of the regular expression object, for example, `new RegExp("ab+c")`, provides runtime compilation of the regular expression.
- Use the constructor function when you know the regular expression pattern will be changing, or you don't know the pattern and are getting it from another source, such as user input.
- When using the constructor function, the normal string escape rules (preceding special characters with `\` when included in a string) are necessary. For example, the following are equivalent:

```

var re = /\w+/;
var re = new RegExp("\\w+");

```

2. RegExp.prototype.exec

The `exec()` method executes a search for a match in a specified string. Returns a result array, or `null`.

If you are executing a match simply to find `true` or `false`, use the `RegExp.prototype.test()` method or the `String.prototype.search()` method.

3. String.prototype.search

```
str.search(regex)
```

If successful, `search` returns the index of the regular expression inside the string. Otherwise, it returns `-1`.

When you want to know whether a pattern is found in a string use `search` (similar to the regular expression `test` method); for more information (but slower execution) use `match` (similar to the regular expression `exec` method).

4. String.prototype.match

5. String.prototype.replace

The `replace()` method returns a new string with some or all matches of a pattern replaced by a replacement. The pattern can be a string or a `RegExp`, and the replacement can be a string or a function to be called for each match.

```
> re = /apples/gi
/apples/gi
> str = "Apples are round, and apples are juicy."
'Apples are round, and apples are juicy.'
> newstr = str.replace(re, "oranges")
'oranges are round, and oranges are juicy.'
```

The replacement string can be a function to be invoked to create the new substring (to put in place of the substring received from parameter #1). The arguments supplied to this function are:

Possible name	Supplied value
match	The matched substring. (Corresponds to <code>\$&</code> .)
p1, p2, ...	The nth parenthesized submatch string, provided the first argument to <code>replace</code> is a <code>RegExp</code> . (Corresponds to <code>\$1</code> , <code>\$2</code> , etc.) For example, if <code>/(\a+)(\b+)/</code> , was given, p1 would be <code>\a+</code> and p2 for <code>\b+</code> .
offset	The offset of the matched substring within the total string being examined. For example, if the string was <code>abcd</code> , and the matched substring was <code>bc</code> , then this argument would be <code>1</code> .
string	The total string being examined

```
[~/javascript/learning]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/learning
[~/javascript/learning]$ cat f2c.js
#!/usr/bin/env node
function f2c(x)
{
  function convert(str, p1, offset, s)
  {
    return ((p1-32) * 5/9) + "C";
  }
  var s = String(x);
  var test = /(\d+(?:\.\d*)?)F\b/g;
  return s.replace(test, convert);
}

var arg = process.argv[2] || "32F";
console.log(f2c(arg));
```



```
[~/javascript/learning]$ ./f2c.js 100F
37.77777777777778C
[~/javascript/learning]$ ./f2c.js
0C
```

index.html

```
<html>
  <head>
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
    <title>CSV Analyzer</title>
    <link href="global.css" rel="stylesheet" type="text/css">

    <script type="text/javascript" src="../../underscore/underscore.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="../../jquery/starterkit/jquery.js"></script>
    <script type="text/javascript" src="csv.js"></script>
  </head>
  <body>
    <h1>Comma Separated Value Analyzer</h1>
    <div>
      <i>Write a CSV string. Click the table button. The program outputs a table with the spec</i>
    </div>
    <table>
      <tr>
        <th>CSV string:</th> <!-- autofocus attribute is HTML5 -->
        <td><textarea autofocus cols = "80" rows = "5" id="original"></textarea></td>
      </tr>
    </table>
    <button type="button">table:</button><br>
    <span class="output" id="finaltable"></span>
  </body>
</html>
```

jQuery

jQuery (Descarga la librería)

jQuery is a cross-platform JavaScript library designed to simplify the client-side scripting of HTML.

- It was released in January 2006 at BarCamp NYC by John Resig.
- It is currently developed by a team of developers led by Dave Methvin.
- jQuery is the most popular JavaScript library in use today
- jQuery's syntax is designed to make it easier to navigate a document, select DOM elements, create animations, handle events, and develop Ajax applications.
- The set of jQuery core features — DOM element selections, traversal and manipulation — enabled by its selector engine (named "Sizzle" from v1.3), created a new "programming style", fusing algorithms and DOM-data-structures; and influenced the architecture of other JavaScript frameworks like YUI v3 and Dojo.
-

How JQuery Works

- Véase How jQuery Works
- <https://github.com/crguezl/how-jquery-works-tutorial> en GitHub
- ```
[~/javascript/jquery(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/jquery
```
- w3schools JQuery tutorial

```
~/javascript/jquery(master)]$ cat index.html
<!doctype html>
<html>
<head>
 <meta charset="utf-8" />
 <title>Demo</title>
</head>
<body>
 jQuery
 <script src="starterkit/jquery.js"></script>
 <script>

 // Your code goes here.

 </script>
</body>
</html>
```

To ensure that their code runs after the browser finishes loading the document, many JavaScript programmers wrap their code in an onload function:

```
window.onload = function() { alert("welcome"); }
```

Unfortunately, the code doesn't run until all images are finished downloading, including banner ads. To run code as soon as the document is ready to be manipulated, jQuery has a statement known as the ready event:

```
$(document).ready(function() {
 // Your code here.
});
```

For `click` and most other events, you can prevent the default behavior by calling `event.preventDefault()` in the event handler. If this method is called, the default action of the event will not be triggered. For example, clicked anchors will not take the browser to a new URL.

```
[~/javascript/jquery(master)]$ cat index2.html
<!doctype html>
<html>
<head>
 <meta charset="utf-8" />
 <title>Demo</title>
</head>
<body>
 jQuery
```

```

<script src="starterkit/jquery.js"></script>
<script>

$(document).ready(function() {
 $("a").click(function(event) {
 alert("The link will no longer take you to jquery.com");
 event.preventDefault();
 });
});

</script>
</body>
</html>

```

Borrowing from CSS 1–3, and then adding its own, jQuery offers a powerful set of tools for matching a set of elements in a document.

See jQuery Category: Selectors.

Another common task is adding or removing a class. jQuery also provides some handy effects.

```

[~/javascript/jquery(master)]$ cat index3.html
<!doctype html>
<html>
<head>
 <meta charset="utf-8" />
 <style>
 a.test { font-weight: bold; }
 </style>
 <title>Demo</title>
</head>
<body>
 jQuery
 <script src="starterkit/jquery.js"></script>
 <script>

$(document).ready(function() {
 $("a").click(function(event) {
 $("a").addClass("test");
 alert("The link will no longer take you to jquery.com");
 event.preventDefault();
 $("a").removeClass("test");
 $(this).hide("slow");
 $(this).show("slow");
 });
});

</script>
</body>
</html>

```

- In JavaScript **this** always refers to the *owner* of the function we're executing, or rather, *to the object that a function is a method of*.
- When we define our function **tutu()** in a page, its owner is the page, or rather, the **window** object (or **global** object) of JavaScript.

- An `onclick` property, though, is owned by the HTML element it belongs to.
- The method `.addClass( className )` adds the specified class(es) to each of the set of matched elements.

`className` is a String containing one or more space-separated classes to be added to the class attribute of each matched element.

This method does not replace a class. It simply adds the class, appending it to any which may already be assigned to the elements.

- The method `.removeClass( [className] )` removes a single class, multiple classes, or all classes from each element in the set of matched elements.

If a class name is included as a parameter, then only that class will be removed from the set of matched elements. If no class names are specified in the parameter, all classes will be removed.

This method is often used with `.addClass()` to switch elements' classes from one to another, like so:

```
$("p").removeClass("myClass noClass").addClass("yourClass");
```

## Ejemplo usando Ajax con jQuery y Express.js

Código del server:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat app.js
var express = require('express');
var app = express();
var path = require('path');

app.use(express.static('public'));

// view engine setup
app.set('views', path.join(__dirname, 'views'));
app.set('view engine', 'ejs');

app.get('/', function (req, res) {
 res.render('index', { title: 'Express' });
})

app.get('/chuchu', function (req, res) {
 var isAjaxRequest = req.xhr;
 console.log(isAjaxRequest);
 if (isAjaxRequest) {
 console.log(req.query);
 res.send('{"answer": "Server responds: hello world!"}')
 }
 else {
 res.send('not an ajax request');
 }
});

var server = app.listen(3000, function () {

 var host = server.address().address
 var port = server.address().port
```

```
console.log('Example app listening at http://%s:%s', host, port)

});
```

- `jQuery.get( url [, data ] [, success(data, textStatus, jqXHR) ] [, dataType ] )` load data from the server using a HTTP GET request.
- `url`  
Type: String  
A string containing the URL to which the request is sent.
- `data`  
Type: PlainObject or String  
A plain object or string that is sent to the server with the request.
- `success(data, textStatus, jqXHR)`  
Type: Function()  
A callback function that is executed if the request succeeds.
- `dataType`  
Type: String  
The type of data expected from the server. Default: Intelligent Guess (xml, json, script, or html).

To use callbacks, it is important to know how to pass them into their parent function.

En el directorio `views` hemos puesto el template:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat views/index.ejs
<!doctype html>
<html>
 <head>
 <title><%- title %></title>
 </head>
 <body>
 <h1><%- title %></h1>

 jQuery
 Visit chuchu!

 <div class="result"></div>
 <script src="https://code.jquery.com/jquery-2.1.3.js"></script>
 <script>
 $(document).ready(function() {
 $("#jq").click(function(event) {
 event.preventDefault();
 $.get("/chuchu", {nombres: ["juan", "pedro"]}, function(data) {
 $(".result").html(data["answer"]);
 console.log(data);
 }, 'json');
 });
 });
 </script>
 </body>
</html>
```

Estas son las dependencias:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat package.json
{
 "name": "ajaxjquery",
 "version": "0.0.0",
 "description": "",
 "main": "hello.js",
 "dependencies": {
 "express": "*",
 "ejs": "*",
 "gulp-shell": "*",
 "body-parser": "~1.12.0"
 },
 "devDependencies": {},
 "scripts": {
 "test": "node hello.js"
 },
 "author": "",
 "license": "ISC"
}
```

Además hemos instalado a nivel global `gulp` y `node-supervisor`.

Podemos arrancar el servidor usando este `gulpfile`:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat gulpfile.js
var gulp = require('gulp');
var shell = require('gulp-shell');

gulp.task('default', ['server']);

// npm install supervisor -g
gulp.task('server', function () {
 return gulp.src('').pipe(shell(['node-supervisor app.js']));
});

gulp.task('open', function() {
 return gulp.src('').
 pipe(shell("open https://github.com/crguezl/how-jquery-works-tutorial/tree/getallpa
});
```

## Ejemplo de como Desplegar una Aplicación Express sobre Node.JS en Heroku

Véase:

- La rama `heroku` del repo `how-jquery-works-tutorial`
- El tutorial de Heroku `Getting Started with Node.js on Heroku`
- El capítulo sobre Heroku en los apuntes de LPP

## Ajax, jQuery y Sinatra

JavaScript enables you to freely pass functions around to be executed at a later time. A *callback* is a function that is passed as an argument to another function and is usually executed after its parent function has completed.

Callbacks are special because they wait to execute until their parent finishes or some event occurs. Meanwhile, the browser can be executing other functions or doing all sorts of other work.

```
[~/javascript/jquery(master)]$ cat app.rb
require 'sinatra'

set :public_folder, File.dirname(__FILE__) + '/starterkit'

get '/' do
 erb :index
end

get '/chuchu' do
 if request.xhr?
 "hello world!"
 else
 erb :tutu
 end
end

__END__

@@layout
<!DOCTYPE html>
<html>
 <head>
 <meta charset="utf-8" />
 <title>Demo</title>
 </head>
 <body>
 jQuery
 <div class="result"></div>
 <script src="jquery.js"></script>
 <%= yield %>
 </body>
</html>

@@index
<script>
$(document).ready(function() {
 $("a").click(function(event) {
 event.preventDefault();
 $.get("/chuchu", function(data) {
 $(".result").html(data);
 alert("Load was performed.");
 });
 });
});
</script>

@@tutu
<h1>Not an Ajax Request!</h1>

■ jQuery.get(url [, data] [, success(data, textStatus, jqXHR)] [, dataType]) load
 data from the server using a HTTP GET request.

■ url
```

Type: String

A string containing the URL to which the request is sent.

- **data**

Type: PlainObject or String

A plain object or string that is sent to the server with the request.

- **success(data, textStatus, jqXHR)**

Type: Function()

A callback function that is executed if the request succeeds.

- **dataType**

Type: String

The type of data expected from the server. Default: Intelligent Guess (xml, json, script, or html).

To use callbacks, it is important to know how to pass them into their parent function.

Executing callbacks with arguments can be tricky.

This code example will not work:

```
$.get("myhtmlpage.html", myCallBack(param1, param2));
```

The reason this fails is that the code executes

```
myCallBack(param1, param2)
```

immediately and then passes `myCallBack()`'s return value as the second parameter to `$.get()`.

We actually want to pass the function `myCallBack`, not `myCallBack( param1, param2 )`'s return value (which might or might not be a function).

So, how to pass in `myCallBack()` and include arguments?

To defer executing `myCallBack()` with its parameters, you can use an anonymous function as a wrapper.

```
[~/javascript/jquery(master)]$ cat app2.rb
require 'sinatra'

set :public_folder, File.dirname(__FILE__) + '/starterkit'

get '/' do
 erb :index
end

get '/chuchu' do
 if request.xhr? # is an ajax request
 "hello world!"
 else
 erb :tutu
 end
end

__END__

@@layout
```



```

<!DOCTYPE html>
<html>
 <head>
 <meta charset="utf-8" />
 <title>Demo</title>
 </head>
 <body>
 jQuery
 <div class="result"></div>
 <script src="jquery.js"></script>
 <%= yield %>
 </body>
</html>

```

```

@@tutu
 <h1>Not an Ajax Request!</h1>

```

```

@@index
 <script>
 var param = "chuchu param";
 var handler = function(data, textStatus, jqXHR, param) {
 $(".result").html(data);
 alert("Load was performed.\n"+
 "$data = "+data+
 "\ntextStatus = "+textStatus+
 "\njqXHR = "+JSON.stringify(jqXHR)+
 "\nparam = "+param);
 };
 $(document).ready(function() {
 $("a").click(function(event) {
 event.preventDefault();
 $.get("/chuchu", function(data, textStatus, jqXHR) {
 handler(data, textStatus, jqXHR, param);
 });
 });
 });
 </script>

```

El ejemplo en `app2.rb` puede verse desplegado en Heroku: <http://jquery-tutorial.herokuapp.com/>

**JSON.stringify()** The `JSON.stringify()` method converts a value to JSON , optionally replacing values if a `replacer` function is specified, or optionally including only the specified properties if a `replacer` array is specified.

`JSON.stringify(value[, replacer [, space]])`

- **value**

The value to convert to a JSON string.

- **replacer**

- If a function, transforms values and properties encountered while stringifying;
- if an array, specifies the set of properties included in objects in the final string.

- **space**

Causes the resulting string to be pretty-printed.

See another example of use in <http://jsfiddle.net/casiano/j7tsF/>. To learn to use JSFiddle with the YouTube video [How to use JSFiddle](#) by Jason Diamond

## Underscore

Underscore: is a utility-belt library for JavaScript that provides a lot of the functional programming support that you would expect in Ruby.

- Underscore provides functions that support methods like:

`map, select, invoke`

- as well as more specialized helpers:

En ECMAScript 5/JavaScript 1.6. existen los métodos `map`, `filter`, `forEach` y `reduce` similares a los de Underscore.

- function binding
- javascript templating
- deep equality testing
- and so on.

- Cargando la librería:

```
[~/javascript/jquery(master)]$ node
> 2+3
5
> -
5
> uu = require('underscore')
{ [Function]
 _: [Circular],
 VERSION: '1.5.2',
 forEach: [Function],
 each: [Function],
 collect: [Function],
 map: [Function],
 inject: [Function],
 reduce: [Function],

 chain: [Function] }
```

- `each`:

```
> uu.each([1, 2, 3], function(x) { console.log(x*x); })
1
4
9
```

- `map`:

```
> uu.map([1, 2, 3], function(num){ return num * 3; })
[3, 6, 9]
```

- `invoke`

```
> z = [[6,9,1],[7,3,9]]
[[6, 9, 1], [7, 3, 9]]
> uu.invoke(z, 'sort')
```

```
[[1, 6, 9], [3, 7, 9]]
> uu.invoke(z, 'sort', function(a, b) { return b-a; })
[[9, 6, 1], [9, 7, 3]]
```

- reduce:

```
> uu.reduce([1, 2, 3, 4], function(s, num){ return s + num; }, 0)
10
> uu.reduce([1, 2, 3, 4], function(s, num){ return s * num; }, 1)
24
> uu.reduce([1, 2, 3, 4], function(s, num){ return Math.max(s, num); }, -1)
4
> uu.reduce([1, 2, 3, 4], function(s, num){ return Math.min(s, num); }, 99)
1
```

- filter: (select is an alias for filter)

```
> uu.filter([1, 2, 3, 4, 5, 6], function(num){ return num % 2 == 0; })
[2, 4, 6]
```

- isEqual

```
> a = {a:[1,2,3], b: { c: 1, d: [5,6]}}
{ a: [1, 2, 3],
 b: { c: 1, d: [5, 6] } }
> b = {a:[1,2,3], b: { c: 1, d: [5,6]}}
{ a: [1, 2, 3],
 b: { c: 1, d: [5, 6] } }
> a == b
false
> uu.isEqual(a,b)
true
```

- bind

```
> func = function(greeting){ return greeting + ': ' + this.name }
[Function]
> func = uu.bind(func, {name: 'moe'})
[Function]
> func('hello')
'hello: moe'
> func = uu.bind(func, {name: 'moe'}, 'hi')
[Function]
> func()
'hi: moe'
>
```

Los objetos Function disponen de un método bind nativo en las últimas versiones de JS:

```
> func = function(){ return 'hola ' + this.name }
[Function]
> g = func.bind({name: 'Juan'})
[Function]
> g()
'hola Juan'
> g = func.bind({name: 'Pedro'})
[Function]
> g()
'hola Pedro'
```

## Templates en Underscore

- Underscore: template

```
_.template(templateString, [data], [settings])
```

Compiles JavaScript templates into functions that can be evaluated for rendering. Useful for rendering complicated bits of HTML from a JavaScript object or from *JSON* data sources.

JSON, or *JavaScript Object Notation*, is an open standard format that uses human-readable text to transmit data objects consisting of attribute–value pairs. It is used primarily to transmit data between a server and web application, as an alternative to XML. Although originally derived from the JavaScript scripting language, JSON is a language-independent data format, and code for parsing and generating JSON data is readily available in a large variety of programming languages.

- Template functions can both interpolate variables, using `<%= ... %>`,

```
> compiled = uu.template("hello: <%= name %>")
{ [Function]
 source: 'function(obj){
 var __t,__p=\'\', __j=Array.prototype.join, i
 print=function(){__p+=__j.call(arguments,\'\');};
 with(obj||{}){
 __p+=\'hello: \' + ((__t=(name))==null?\'\':__t)+ \'\'
 }
 return __p;
 }'
}
> compiled({name: 'moe'})
'hello: moe'
```

- as well as execute arbitrary JavaScript code, with `<% ... %>`.

```
> uu = require('underscore')
> list = "\
... <% _.each(people, function(name) { %>\
..... <%= name %>\
... <% }); %>"
'<% _.each(people, function(name) { %> <%= name %> <% }); %>'
> uu.template(list, {people: ['moe', 'curly', 'larry']})
' moe curly larry '
```

- When you evaluate a template function, pass in a data object that has properties corresponding to the template's free variables.
- If you're writing a one-off, like in the example above, you can pass the data object as the second parameter to template in order to render immediately instead of returning a template function

```
> uu.template("hello: <%= name %>", { name: 'Mary'})
'hello: Mary'
```

- If you wish to interpolate a value, and have it be HTML-escaped, use `<%- ... %>`

```
> template = uu.template("<%- value %>")
{ [Function]
 source: 'function(obj){
 var __t,__p=\'\', __j=Array.prototype.join, print=function(){__p+=__j.call(argument
```

```

 with(obj||{}){
 __p+=\'\'+
 ((__t=(value))==null?\'\' :_.escape(__t))+
 \'\';
 }
 return __p;
 },
}
> template({value: '<script>'})
'<script>'

```

- The `settings` argument should be a hash containing any `_.templateSettings` that should be overridden.

```

_.template("Using 'with': <%= data.answer %>", {answer: 'no'}, {variable: 'data'});
=> "Using 'with': no"

```

Another example:

```

template = uu.template("{{ value }}",{value: 4 },
 { interpolate: /\{\{(.+?)\}\}/g })
'4'

```

You can also use `print` from within JavaScript code. This is sometimes more convenient than using `<%= ... %>`.

```

> compiled = uu.template("<% print('Hello ' + epithet); %>")
{ [Function]
 source: 'function(obj){\n
 var __t,__p=\'\';
 __j=Array.prototype.join,print=function(){
 __p+=__j.call(arguments,\'\'');};\n
 with(obj||{}){\n
 __p+=\'\';\n print(\'Hello \' + epithet); \n
 __p+=\'\';\n}\n
 return __p;\n
 }'
}
> compiled({ epithet : 'stooge' })
'Hello stooge'
>

```

If ERB-style delimiters aren't your cup of tea, you can change Underscore's template settings to use different symbols to set off interpolated code:

- Define an `interpolate` regex to match expressions that should be interpolated verbatim,
- an `escape` regex to match expressions that should be inserted after being HTML escaped, and
- an `evaluate` regex to match expressions that should be evaluated without insertion into the resulting string.
- You may define or omit any combination of the three.
- For example, to perform `Mustache.js` style templating:

```
_.templateSettings = {
 interpolate: /\{\{(.+)\}\}/g
};
```

```
var template = _.template("Hello {{ name }}!");
template({name: "Mustache"});
=> "Hello Mustache!"
```

- escape:

```
> uu.templateSettings.escape = /\{\{-(.??)\}\}/g
/\{\{-(.??)\}\}/g
> compiled = uu.template("Escaped: {{- value }}\nNot escaped: {{ value }}")
{ [Function]
 source: 'function(obj){\nvar __t,__p=\'\',__j=Array.prototype.join,print=function()
> compiled({value: 'Hello, world!'})
'Escaped: Hello, world!;\nNot escaped: {{ value }}'
```

- Another example:

```
> uu.templateSettings = {
..... interpolate: /\<\@=(.??)\@>/gim,
..... evaluate: /\<\@(.)?\@>/gim
..... }
{ interpolate: /\<\@=(.??)\@>/gim,
 evaluate: /\<\@(.)?\@>/gim }
> s = " <\@_.each([0,1,2,3,4], function(i) { @> <p><\@= i @></p> <\@> }); @>"
' <\@_.each([0,1,2,3,4], function(i) { @> <p><\@= i @></p> <\@> }); @>'
> uu.template(s,{})
' <p>0</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> '
```

By default, template places the values from your data in the local scope via the `with` statement. The `with` statement adds the given object to the head of this scope chain during the evaluation of its statement body:

```
> with (Math) {
... s = PI*2;
... }
6.283185307179586
> z = { x : 1, y : 2 }
{ x: 1, y: 2 }
> with (z) {
... console.log(y);
... }
2
undefined
```

However, you can specify a single variable name with the variable `setting`. This improves the speed at which a template is able to render.

```
_.template("Using 'with': <%= data.answer %>", {answer: 'no'}, {variable: 'data'});
=> "Using 'with': no"
```

- JSFIDDLE: underscore templates
- Stackoverflow::how to use Underscore template

## Content delivery network or content distribution network (CDN)

Una CDN que provee `underscore` esta en <http://cdnjs.com/>:

```
<script type="text/javascript" src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/underscore.js/1.5.2"></script>
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.10.2/jquery.min.js"></script>
```

A content delivery network or content distribution network (CDN) is a large distributed system of servers deployed in multiple data centers across the Internet. The goal of a CDN is to serve content to end-users with high availability and high performance. CDNs serve a large fraction of the Internet content today, including

- web objects (text, graphics and scripts),
- downloadable objects (media files, software, documents), applications (e-commerce, portals),
- live streaming media, on-demand streaming media, and social networks.

Google provee también un servicio CDN para los desarrolladores en <https://developers.google.com/speed/libraries>

## textarea, autofocus y button

### 1. textarea:

The `<textarea>` tag defines a multi-line text input control.

A *text area* can hold an unlimited number of characters, and the text renders in a fixed-width font (usually Courier).

The size of a text area can be specified by the `cols` and `rows` attributes, or through CSS' `height` and `width` properties.

`cols` and `rows` consider the font size. `height` and `width` aren't.

### 2. autofocus.

The `autofocus` attribute is a boolean attribute.

When present, it specifies that the text area should automatically get focus when the page loads.

Véase también [1]

### 3. button:

The `<button>` tag defines a clickable button.

Inside a `<button>` element you can put content, like text or images.

## Local Storage (HTML5 Web Storage)

*Web storage* and *DOM storage* (document object model) are web application software methods and protocols used for storing data in a web browser.

- Web storage supports persistent data storage, similar to cookies but with a greatly enhanced capacity and no information stored in the HTTP request header.
- Local Storage nos permite almacenar hasta 5MB del lado del cliente por dominio, esto nos permite ahora hacer aplicaciones mas robustas y con mas posibilidades. Las Cookies ofrecen algo parecido, pero con el limite de 100kb.
- There are two main web storage types: *local storage* and *session storage*, behaving similarly to persistent cookies and session cookies respectively.
- Unlike cookies, which can be accessed by both the server and client side, web storage falls exclusively under the purview of client-side scripting

- The HTML5 localStorage object is isolated per domain (the same segregation rules as the same origin policy). Under this policy, a web browser permits scripts contained in a first web page to access data in a second web page, but only if both web pages have the same origin.

The same-origin policy permits scripts running on pages originating from the same site – a combination of scheme, hostname, and port number – to access each other's DOM with no specific restrictions, but prevents access to DOM on different sites.

Véase:

- Ejemplo en GitHub: <https://github.com/crguezl/web-storage-example>

```
[~/javascript/local_storage(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/local_storage
```

- Como usar localStorage
- HTML5 Web Storage
- W3C Web Storage
- Using HTML5 localStorage To Store JSON Options for persistent storage of complex JavaScript objects in HTML5 by Dan Cruickshank
- HTML5 Cookbook. Christopher Schmitt, Kyle Simpson .O'Reilly Media, Inc.", Nov 7, 2011 Chapter 10. Section 2: LocalStorage

While Chrome does not provide a UI for clearing localStorage, there is an API that will either clear a specific key or the entire localStorage object on a website.

```
//Clears the value of MyKey
window.localStorage.clear("MyKey");
```

```
//Clears all the local storage data
window.localStorage.clear();
```

Once done, localStorage will be cleared. Note that this affects all web pages on a single domain, so if you clear localStorage for jsfiddle.net/index.html (assuming that's the page you're on), then it clears it for all other pages on that site.

## global.css

```
html *
{
 font-size: large;
 /* The !important ensures that nothing can override what you've set in this style (unless i
 font-family: Arial;
}

h1 { text-align: center; font-size: x-large; }
th, td { vertical-align: top; text-align: right; }
/* #finaltable * { color: white; background-color: black; } */

/* #finaltable table { border-collapse: collapse; } */
/* #finaltable table, td { border: 1px solid white; } */
#finaltable: hover td { background-color: blue; }
tr: nth-child(odd) { background-color: #eee; }
```



```
tr:nth-child(even) { background-color:#00FF66; }
input { text-align: right; border: none; } /* Align input to the right */
textarea { border: outset; border-color: white; }
table { border: inset; border-color: white; }
table.center { margin-left:auto; margin-right:auto; }
#result { border-color: red; }
tr.error { background-color: red; }
body
{
 background-color:#b0c4de; /* blue */
}
```

## 1. Introducción a las pseudo clases de CSS3

Una pseudo clase es un estado o uso predefinido de un elemento al que se le puede aplicar un estilo independientemente de su estado por defecto. Existen cuatro tipos diferentes de pseudo clases:

- **Links:** Estas pseudo clases se usan para dar estilo al enlace tanto en su estado normal por defecto como cuando ya ha sido visitado, mientras mantenemos el cursor encima de él o cuando hacemos click en él
- **Dinamicas:** Estas pseudo clases pueden ser aplicadas a cualquier elemento para definir como se muestran cuando el cursor está situado sobre ellos, o haciendo click en ellos o bien cuando son seleccionados
- **Estructurales:** Permiten dar estilo a elementos basándonos en una posición numérica exacta del elemento
- **Otras:** Algunos elementos pueden ser estilizados de manera diferente basándonos en el lenguaje o que tipo de etiqueta no son

## 2. CSS pattern matching

In CSS, *pattern matching* rules determine which style rules apply to elements in the document tree. These patterns, called selectors, may range from simple element names to rich contextual patterns. If all conditions in the pattern are true for a certain element, the selector matches the element.

The universal selector, written `*`, matches the name of any element type. It matches any single element in the document tree.

For example, this rule set will be applied to every element in a document:

```
* {
 margin: 0;
 padding: 0;
}
```

## 3. CSS class selectors

Working with HTML, authors may use the period (`.`) notation as an alternative to the `~=` notation when representing the class attribute. Thus, for HTML, `div.value` and `div[class~=value]` have the same meaning. The attribute value must immediately follow the *period* (`.`).

## 4. CSS3: nth-child() selector

The `:nth-child(n)` selector matches every element that is the `n`th child, regardless of type, of its parent.

`n` can be a number, a keyword, or a formula.

5. The CSS border properties allow you to specify the style and color of an element's border. The border-style property specifies what kind of border to display. For example, `inset`: Defines a 3D inset border while `:outset` defines a 3D outset border. The effect depends on the border-color value

See CSS: border

6.

#### csv.js

```
// See http://en.wikipedia.org/wiki/Comma-separated_values
"use strict"; // Use ECMAScript 5 strict mode in browsers that support it

$(document).ready(function() {
 $("button").click(function() {
 calculate();
 });
});

function calculate() {
 var result;
 var original = document.getElementById("original");
 var temp = original.value;
 var regexp = /-----/g;
 var lines = temp.split(/\n\s*/);
 var commonLength = NaN;
 var r = [];
 // Template using underscore
 var row = "<%% _.each(items, function(name) { %>" +
 " <td><%%= name %></td>" +
 " <%% }>); %>";

 if (window.localStorage) localStorage.original = temp;

 for(var t in lines) {
 var temp = lines[t];
 var m = temp.match(regexp);
 var result = [];
 var error = false;

 if (m) {
 if (commonLength && (commonLength != m.length)) {
 //alert('ERROR! row <'+temp+'> has '+m.length+' items!');
 error = true;
 }
 }
 else {
 commonLength = m.length;
 error = false;
 }
 for(var i in m) {
 var removecomma = m[i].replace(/,\s*$/, '');
 var remove1stquote = removecomma.replace(/^\"/, '');
 var removelastquote = remove1stquote.replace(/\"$/);
```

```

 var removeescapedquotes = removelastquote.replace(/\"/, '');
 result.push(removeescapedquotes);
 }
 var tr = error? '<tr class="error">' : '<tr>';
 r.push(tr+_.template(row, {items : result})+"</tr>");
}
else {
 alert('ERROR! row '+temp+' does not look as legal CSV');
 error = true;
}
}
r.unshift('<p>\n<table class="center" id="result">');
r.push('</table>');
//alert(r.join('\n')); // debug
finaltable.innerHTML = r.join('\n');
}

window.onload = function() {
 // If the browser supports localStorage and we have some stored data
 if (window.localStorage && localStorage.original) {
 document.getElementById("original").value = localStorage.original;
 }
};

```

## 1. Tutorials:Getting Started with jQuery

### Resumen de Requisitos/Tareas

Además de todo lo descrito en los apartados anteriores, la práctica debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Los templates deben hacerse usando underscore y el truco del elemento **script** en el HTML
- Se debe usar localStorage para almacenar las últimas entradas
- Añada pruebas usando Mocha y Chai
- Use Karma para la ejecución de las tareas
- Use Gulp para la gestión de las tareas
- Haga un análisis de cubrimiento usando Blanket
- Despliegue las pruebas en Travis
- Despliegue la aplicación en Heroku usando Express.JS

## 1.5. Práctica: Comma Separated Values. CSV usando Ajax

### Ejemplo usando Ajax con jQuery y Express.js

Código del server:

```

[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat app.js
var express = require('express');
var app = express();

```

```

var path = require('path');

app.use(express.static('public'));

// view engine setup
app.set('views', path.join(__dirname, 'views'));
app.set('view engine', 'ejs');

app.get('/', function (req, res) {
 res.render('index', { title: 'Express' });
})

app.get('/chuchu', function (req, res) {
 var isAjaxRequest = req.xhr;
 console.log(isAjaxRequest);
 if (isAjaxRequest) {
 console.log(req.query);
 res.send('{"answer": "Server responds: hello world!"}')
 }
 else {
 res.send('not an ajax request');
 }
});

var server = app.listen(3000, function () {

 var host = server.address().address
 var port = server.address().port

 console.log('Example app listening at http://%s:%s', host, port)

});

▪ jQuery.get(url [, data] [, success(data, textStatus, jqXHR)] [, dataType]) load
 data from the server using a HTTP GET request.

▪ url
 Type: String
 A string containing the URL to which the request is sent.

▪ data
 Type: PlainObject or String
 A plain object or string that is sent to the server with the request.

▪ success(data, textStatus, jqXHR)
 Type: Function()
 A callback function that is executed if the request succeeds.

▪ dataType
 Type: String
 The type of data expected from the server. Default: Intelligent Guess (xml, json, script, or
 html).
```

To use callbacks, it is important to know how to pass them into their parent function.

En el directorio `views` hemos puesto el template:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat views/index.ejs
<!doctype html>
<html>
 <head>
 <title><%- title %></title>
 </head>
 <body>
 <h1><%- title %></h1>

 jQuery
 Visit chuchu!

 <div class="result"></div>
 <script src="https://code.jquery.com/jquery-2.1.3.js"></script>
 <script>
 $(document).ready(function() {
 $("#jq").click(function(event) {
 event.preventDefault();
 $.get("/chuchu", {nombres: ["juan", "pedro"]}, function(data) {
 $(".result").html(data["answer"]);
 console.log(data);
 }, 'json');
 });
 });
 </script>
 </body>
</html>
```

Estas son las dependencias:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat package.json
{
 "name": "ajaxjquery",
 "version": "0.0.0",
 "description": "",
 "main": "hello.js",
 "dependencies": {
 "express": "*",
 "ejs": "*",
 "gulp-shell": "*",
 "body-parser": "~1.12.0"
 },
 "devDependencies": {},
 "scripts": {
 "test": "node hello.js"
 },
 "author": "",
 "license": "ISC"
}
```

Además hemos instalado a nivel global `gulp` y `node-supervisor`.

Podemos arrancar el servidor usando este `gulpfile`:

```
[~/javascript/jquery/how-jquery-works-tutorial(getallparams)]$ cat gulpfile.js
var gulp = require('gulp');
var shell = require('gulp-shell');

gulp.task('default', ['server']);

// npm install supervisor -g
gulp.task('server', function () {
 return gulp.src('').pipe(shell(['node-supervisor app.js']));
});

gulp.task('open', function() {
 return gulp.src('').
 pipe(shell("open https://github.com/crguezl/how-jquery-works-tutorial/tree/getallpa
});
```

## Ejemplo de como Desplegar una Aplicación Express sobre Node.JS en Heroku

Véase:

- La rama heroku del repo how-jquery-works-tutorial
- El tutorial de Heroku Getting Started with Node.js on Heroku
- El capítulo sobre Heroku en los apuntes de LPP

## GitHub Issues    Mastering Issues

### Requisitos de la Práctica

A los requisitos de la práctica *Comma Separated Values. CSV* 1.4 anterior:

- Los templates deben hacerse usando **underscore** y el truco del elemento **script** en el HTML
- Se debe usar localStorage para almacenar las últimas entradas
- Añada pruebas usando Mocha y Chai
- Use Karma para la ejecución de las tareas
- Use Gulp para la gestión de las tareas
- Haga un análisis de cubrimiento usando Blanket
- Despliegue las pruebas en Travis
- [Despliegue la aplicación en Heroku usando Express.JS](#)
- Asegúrese de que el README.md figuran enlaces a Heroku, badge de Travis, enlaces a las páginas GitHub de los autores, enlaces a las pruebas con Mocha, Chai y Blanket.

Le añadimos

- El requisito de usar AJAX con jQuery:  
 El navegador/cliente lee la cadena con los datos de entrada y se los envía usando AJAX al servidor, el cual calcula y devuelve en JSON la tabla (el array de arrays) que finalmente es insertada en la página por el cliente/navegador.
- Use los **Issues de GitHub** como herramienta colaborativa , indicando que bugs han detectado, que funcionalidades hay que añadir, etc. Usen *etiquetas* y *milestones* y asigne tareas a los programadores del grupo. Aprenda a referenciar commits dentro de un issue, a referenciar colaboradores, etc.

Para ello vale la pena que lean este tutorial: Mastering Issues

## 1.6. Comentarios y Consejos

How can I push a local Git branch to a remote with a different name easily?

```
$ git branch -a
* gh-pages
remotes/origin/HEAD -> origin/gh-pages
remotes/origin/gh-pages
```

Of course a solution for this way to work is to rename your master branch:

```
$ git branch -m master gh-pages
[~/Downloads/tmp(gh-pages)]$ git branch
* gh-pages
```

Otherwise, you can do your initial push this way:

```
$ git push -u origin master:gh-pages
```

Option `-u`: for every branch that is up to date or successfully pushed, add **upstream** (tracking) reference, used by argument-less `git-pull`.

- How can I push a local Git branch to a remote with a different name easily?

### favicons y shortcut icons

- A *favicon* (short for *Favorite icon*), also known as a *shortcut icon*, is a file containing one or more small icons, most commonly 16×16 pixels, associated with a particular Web site or Web page.
- A web designer can create such an icon and install it into a Web site (or Web page) by several means, and graphical web browsers will then make use of it.
- Browsers that provide favicon support typically display a page's favicon in the browser's address bar (sometimes in the history as well) and next to the page's name in a list of bookmarks.
- Browsers that support a tabbed document interface typically show a page's favicon next to the page's title on the tab
- Some services in the cloud to generate favicons:
  - Favicon Generator
  - favicon.cc
- En `index.html` poner una línea como una de estas:

```
<link rel="shortcut icon" href="etsiull.png" type="image/x-icon">
<link rel="shortcut icon" href="logo.png" />
<link href="images/favicon.ico" rel="icon" type="image/x-icon" />
```

## 1.7. Ejercicios

1. Paréntesis:

```
> str = "John Smith"
'John Smith'
> newstr = str.replace(re, "$2, $1")
'Smith, John'
```

## 2. El método `exec`.

If your regular expression uses the `g` flag, you can use the `exec` method multiple times to find successive matches in the same string. When you do so, the search starts at the substring of `str` specified by the regular expression's `lastIndex` property.

```
> re = /d(b+)(d)/ig
/d(b+)(d)/gi
> z = "dBdxdbbdzdbd"
'dBdxdbbdzdbd'
> result = re.exec(z)
['dBd', 'B', 'd', index: 0, input: 'dBdxdbbdzdbd']
> re.lastIndex
3
> result = re.exec(z)
['dbbd', 'bb', 'd', index: 4, input: 'dBdxdbbdzdbd']
> re.lastIndex
8
> result = re.exec(z)
['dbd', 'b', 'd', index: 9, input: 'dBdxdbbdzdbd']
> re.lastIndex
12
> z.length
12
> result = re.exec(z)
null
```

## 3. JavaScript tiene lookahead:

```
> x = "hello"
'hello'
> r = /l(?=o)/
/l(?=o)/
> z = r.exec(x)
['l', index: 3, input: 'hello']
```

## 4. JavaScript no tiene lookbehinds:

```
> x = "hello"
'hello'
> r = /(?<=l)l/
SyntaxError: Invalid regular expression: /(?<=l)l/: Invalid group
> .exit
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/csv(master)]$ irb
ruby-1.9.2-head :001 > x = "hello"
=> "hello"
ruby-1.9.2-head :002 > r = /(?<=l)l/
=> ll
ruby-1.9.2-head :008 > x =~ r
=> 3
ruby-1.9.2-head :009 > $&
=> "l"
```



5. El siguiente ejemplo comprueba la validez de números de teléfono:

```
[~/local/src/javascript/PLgrado/regexp]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/regexp
[~/local/src/javascript/PLgrado/regexp]$ cat phone.html
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1">
 <meta http-equiv="Content-Script-Type" content="text/javascript">
 <script type="text/javascript">
 var re = /\(?\d{3}\)?([-\/\.)]\d{3}\1\d{4}/;
 function testInfo(phoneInput){
 var OK = re.exec(phoneInput.value);
 if (!OK)
 window.alert(RegExp.input + " isn't a phone number with area code!");
 else
 window.alert("Thanks, your phone number is " + OK[0]);
 }
 </script>
</head>
<body>
 <p>Enter your phone number (with area code) and then click "Check".

The expected format is like ###-###-####.</p>
 <form action="#">
 <input id="phone"><button onclick="testInfo(document.getElementById('phone'));">Che
 </form>
</body>
</html>
```

6. ¿Con que cadenas casa la expresión regular `/^(11+)\1+$/`?

```
> '1111'.match(/^(11+)\1+$/) # 4 unos
['1111',
 '11',
 index: 0,
 input: '1111']
> '111'.match(/^(11+)\1+$/) # 3 unos
null
> '11111'.match(/^(11+)\1+$/) # 5 unos
null
> '111111'.match(/^(11+)\1+$/) # 6 unos
['111111',
 '111',
 index: 0,
 input: '111111']
> '11111111'.match(/^(11+)\1+$/) # 8 unos
['11111111',
 '1111',
 index: 0,
 input: '11111111']
> '11111111'.match(/^(11+)\1+$/)
null
>
```

Busque una solución al siguiente ejercicio (véase 'Regex to add space after punctuation sign' en PerlMonks) Se quiere poner un espacio en blanco después de la aparición de cada coma:

```
7. > x = "a,b,c,1,2,d, e,f"
 'a,b,c,1,2,d, e,f'
 > x.replace(/,/g, " ")
 'a, b, c, 1, 2, d, e, f'
```

pero se quiere que la sustitución no tenga lugar si la coma esta incrustada entre dos dígitos. Además se pide que si hay ya un espacio después de la coma, no se duplique.

a) La siguiente solución logra el segundo objetivo, pero estropea los números:

```
> x = "a,b,c,1,2,d, e,f"
'a,b,c,1,2,d, e,f'
> x.replace(/,(\S)/g, " $1")
'a, b, c, 1, 2, d, e, f'
```

b) Esta otra funciona bien con los números pero no con los espacios ya existentes:

```
> x = "a,b,c,1,2,d, e,f"
'a,b,c,1,2,d, e,f'
> x.replace(/,(\D)/g, " $1")
'a, b, c,1,2, d, e, f'
```

c) Explique cuando casa esta expresión regular:

```
> r = /(\d[,.\d]|, (?=\S))/g
/(\d[,.\d]|, (?=\S))/g
```

Aproveche que el método `replace` puede recibir como segundo argumento una función (vea `replace`):

```
> z = "a,b,1,2,d, 3,4,e"
'a,b,1,2,d, 3,4,e'
> f = function(match, p1, p2, offset, string) { return (p1 || p2 + " "); }
[Function]
> z.replace(r, f)
'a, b, 1,2, d, 3,4, e'
```

## 1.8. Práctica: Palabras Repetidas

Se trata de producir una salida en las que las palabras repetidas consecutivas sean reducidas a una sola aparición. Rellena las partes que faltan.

Donde

```
[~/srcPLgrado/repeatedwords(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/repeatedwords
[~/srcPLgrado/repeatedwords(master)]$ git remote -v
origin ssh://git@bitbucket.org/casiano/pl-grado-repeated-words.git (fetch)
origin ssh://git@bitbucket.org/casiano/pl-grado-repeated-words.git (push)
```

Véase: <https://bitbucket.org/casiano/pl-grado-repeated-words>

Ejemplo de ejecución

Estructura

## index.html

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/repeatedwords(master)]$ cat index.html
<html>
 <head>
 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
 <title>File Input</title>
 <link href="global.css" rel="stylesheet" type="text/css">

 <script type="text/javascript" src="../../underscore/underscore.js"></script>
 <script type="text/javascript" src="../../jquery/starterkit/jquery.js"></script>
 <script type="text/javascript" src="repeated_words.js"></script>
 </head>
 <body>
 <h1>File Input</h1>
 <input type="file" id="fileinput" />
 <div id="out" class="hidden">
 <table>
 <tr><th>Original</th><th>Transformed</th></tr>
 <tr>
 <td>
 <pre class="input" id="initialinput"></pre>
 </td>
 <td>
 <pre class="output" id="finaloutput"></pre>
 </td>
 </tr>
 </table>
 </div>
 </body>
</html>
```

### 1. Tag input

## global.css

Rellena los estilos para hidden y unhidden:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/repeatedwords(master)]$ cat global.css
html *
{
 font-size: large;
 /* The !important ensures that nothing can override what you've set in this style
 (unless it is also important). */
 font-family: Arial;
}

.thumb {
 height: 75px;
 border: 1px solid #000;
 margin: 10px 5px 0 0;
}

h1
 { text-align: center; font-size: x-large; }
th, td
 { vertical-align: top; text-align: right; }
```

```

/* #finaltable * { color: white; background-color: black; } */

/* #finaltable table { border-collapse: collapse; } */
/* #finaltable table, td { border: 1px solid white; } */
#finaltable: hover td { background-color: blue; }
tr:nth-child(odd) { background-color: #eee; }
tr:nth-child(even) { background-color: #00FF66; }
input { text-align: right; border: none; } /* Align input to the right */
textarea { border: outset; border-color: white; }
table { border: inset; border-color: white; }
.hidden { display: none; }
.unhidden { display: inline-block; }
table.center { margin-left: auto; margin-right: auto; }
#result { border-color: red; }
tr.error { background-color: red; }
pre.output { background-color: white; }
span.repeated { background-color: red }

body
{
 background-color: #b0c4de; /* blue */

```

1. CSS display Property

2. Diferencias entre "Display" y "Visibility"

## repeated\_words.js

Rellena las expresiones regulares que faltan:

```

[~/srcPLgrado/repeatedwords(master)]$ cat repeated_words.js
"use strict"; // Use ECMAScript 5 strict mode in browsers that support it

$(document).ready(function() {
 $("#fileinput").change(calculate);
});

function generateOutput(contents) {
 return contents.replace(/_____/, '_____');
}

function calculate(evt) {
 var f = evt.target.files[0];
 var contents = '';

 if (f) {
 var r = new FileReader();
 r.onload = function(e) {
 contents = e.target.result;
 var escaped = escapeHtml(contents);
 var outdiv = document.getElementById("out");
 outdiv.className = 'unhidden';
 finaloutput.innerHTML = generateOutput(escaped);
 initialinput.innerHTML = escaped;
 }
 }
}

```

```

 }
 r.readAsText(f);
} else {
 alert("Failed to load file");
}
}

var entityMap = {
 "&": "&",
 "<": "<",
 ">": ">",
 "'": '"',
 '"': ''',
 "/": '/',
};

function escapeHtml(string) {
 return String(string).replace(/_____/g, function (s) {
 return _____;
 });
}

```

1. jQuery event.target
2. HTML 5 File API
3. HTML 5 File API: FileReader
4. HTML 5 File API: FileReader
5. element.className
6. HTML Entities
7. Tutorials:Getting Started with jQuery
8. Underscore: template

## Ficheros de Entrada

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/repeatedwords(master)]$ cat input2.txt
habia una vez
vez un viejo viejo
hidalgo que vivia
vivia
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/repeatedwords(master)]$ cat input.txt
one one
nothing rep
is two three
three four
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/repeatedwords(master)]$ cat inputhtml1.txt
habia => una vez
vez & un viejo viejo <puchum>
hidalgo & <pacham> que vivia
vivia </que se yo>

```

## 1.9. Ejercicios

El formato *INI* es un formato estandar para la escritura de ficheros de configuración. Su estructura básica se compone de "secciones" y "propiedades". Véase la entrada de la wikipedia INI.

```
; last modified 1 April 2001 by John Doe
[owner]
name=John Doe
organization=Acme Widgets Inc.

[database]
; use IP address in case network name resolution is not working
server=192.0.2.62
port=143
file = "payroll.dat"
```

1. Escriba un programa javascript que obtenga las cabeceras de sección de un fichero INI
2. Escriba un programa javascript que case con los bloques de un fichero INI (cabecera mas lista de pares `parámetro=valor`)
3. Se quieren obtener todos los pares nombre-valor, usando paréntesis con memoria para capturar cada parte.
4. ¿Que casa con cada paréntesis en esta regexp para los pares nombre-valor?

```
> x = "h = 4"
> r = /([^\s]*) (\s*)=(\s*)(.*)/
> r.exec(x)
>
```

## 1.10. Ejercicios

1. Escriba una expresión regular que reconozca las cadenas de doble comillas. Debe permitir la presencia de comillas y caracteres escapados.
2. ¿Cual es la salida?

```
> "bb".match(/b|bb/)

> "bb".match(/bb|b/)
```

## 1.11. Práctica: Ficheros INI

Donde

```
[~/srcPLgrado/ini(develop)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/ini
[~/srcPLgrado/ini(develop)]$ git remote -v
origin ssh://git@bitbucket.org/casiano/pl-grado-ini-files.git (fetch)
origin ssh://git@bitbucket.org/casiano/pl-grado-ini-files.git (push)
```

Véase

- Repositorio conteniendo el código (inicial) del analizador de ficheros `ini`: <https://github.com/crguezl/pl-grado-ini-files>
- Despliegue en GitHub pages: <http://crguezl.github.io/pl-grado-ini-files/>
- Repositorio privado del profesor: <https://bitbucket.org/casiano/pl-grado-ini-files/src>.

## index.html

```
[~/javascript/PLgrado/ini(master)]$ cat index.html
```

```
<html>
 <head>
 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
 <title>INI files</title>
 <link href="global.css" rel="stylesheet" type="text/css">
 <!--
 <link rel="shortcut icon" href="logo.png" />
 -->
 <link rel="shortcut icon" href="etsiiull.png" type="image/x-icon">

 <script type="text/javascript" src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/underscore.js/
 <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.10.2/jquery.min.js"></script>

 <script type="text/javascript" src="ini.js"></script>
 </head>
 <body>
 <h1>INI files</h1>
 <input type="file" id="fileinput" />
 <div id="out" class="hidden">
 <table>
 <tr><th>Original</th><th>Tokens</th></tr>
 <tr>
 <td>
 <pre class="input" id="initialinput"></pre>
 </td>
 <td>
 <pre class="output" id="finaloutput"></pre>
 </td>
 </tr>
 </table>
 </div>
 </body>
</html>
```

## Shortcut icon

```
<link rel="shortcut icon" href="etsiiull.png" type="image/x-icon">
```

Véase Favicon en la Wikipedia

## Ficheros

Vease

- Reading files in JavaScript using the File APIs by Eric Bidelman.  
Source code in files-in-javascript-tut
- W3C File API
- Ejemplo `FileList` en
  - github
  - en acción en gh-pages.

- Tambien en jsfiddle
- o bien

```
[~/src/javascript/fileapi/html5rocks]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/fileapi/html5rocks
[~/src/javascript/fileapi/html5rocks(master)]$ ls -l filelist.html
-rw-r--r-- 1 casiano staff 767 15 feb 17:21 filelist.html
```

- 
- After you've obtained a `File` reference, instantiate a `FileReader` object to read its contents into memory.

```
var reader = new FileReader();
```

to read the file we call one of the `readAs...` For example `readAsDataURL` is used to starts reading the contents of the specified `Blob` or `File`:

```
reader.readAsDataURL(f);
```

- Methods to remember:
  - `FileReader.abort()` Aborts the read operation. Upon return, the `readyState` will be `DONE`.
  - `FileReader.readAsArrayBuffer()` Starts reading the contents of the specified `Blob`, once finished, the `result` attribute contains an `ArrayBuffer` representing the file's data.
  - `FileReader.readAsBinaryString()` Starts reading the contents of the specified `Blob`, once finished, the `result` attribute contains the raw binary data from the file as a string.
  - `FileReader.readAsDataURL()` Starts reading the contents of the specified `Blob`. When the read operation is finished, the `readyState` becomes `DONE`, and the `loadend` is triggered. At that time, the `result` attribute contains a URL representing the file's data as base64 encoded string.
  - `FileReader.readAsText()` Starts reading the contents of the specified `Blob`, once finished, the `result` attribute contains the contents of the file as a text string.
- Once one of these read methods is called on your `FileReader` object, the
  - `onloadstart`
  - `onprogress`
  - `onload`
  - `onabort`
  - `onerror` and
  - `onloadend`

can be used to track its progress.

- When the load finishes, the reader's `onload` event is fired and its `result` attribute can be used to access the file data.

```
reader.onload = function(e) {
 var contents = e.target.result;

}
```



See

- Ejemplo con carga de imágenes: jsfiddle
- Ejemplo con carga de imágenes en GitHub
- Ejemplo con carga de imágenes ejecutándose en GitHub pages gh-pages
- Carpeta con el ejemplo con carga de imágenes

```
[~/src/javascript/fileapi/html5rocks]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/fileapi/html5rocks
[~/src/javascript/fileapi/html5rocks]$ ls -l readimages.html
-rw-r--r-- 1 casiano staff 1530 15 feb 21:00 readimages.html
```

## Fechas

- ```
> date = new Date(Date.UTC(2012, 11, 12, 3, 0, 0));
Wed Dec 12 2012 03:00:00 GMT+0000 (WET)
> date.toLocaleDateString()
"12/12/2012"
```
- `Date.prototype.toLocaleDateString()`

Drag and Drop/Arrastra y Suelta

- Ejemplo de Drag and Drop en

- GitHub
- gh-pages
- jsfiddle

o bien en:

```
[~/src/javascript/fileapi/html5rocks]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/fileapi/html5rocks
[~/src/javascript/fileapi/html5rocks]$ ls -l dragandrop.html
-rw-r--r--  1 casiano  staff   1535  15 feb 18:25 dragandrop.html
```

Propagación de Eventos

- ◦ `stopPropagation` stops the event from bubbling up the event chain. Suppose you have a table and within that table you have an anchor tag. Both the table and the anchor tag have code to handle mouse clicks. When the user clicks on the anchor tag, which HTML element should process the event first? Should it be the table then the anchor tag or vice versa? Formally, the event path is broken into three phases.
 - ◊ In the *capture phase*, the event starts at the top of the DOM tree, and propagates through to the parent of the target.
 - ◊ In the *target phase*, the event object arrives at its target. This is generally where you will write your event-handling code.
 - ◊ In the *bubble phase*, the event will move back up through the tree until it reaches the top. Bubble phase propagation happens in reverse order to the capture phase, with an event starting at the parent of the target and ending up back at the top of the DOM tree.
 - ◊ These days, there's a choice to register an event in either the *capture phase* or the *bubble phase*.

If you register an event in the capture phase, the parent element will process the event before the child element.

- ◊ jsfiddle
- `preventDefault` prevents the default action the browser makes on that event.

Registrando Manejadores de Eventos

- The `EventTarget.addEventListener()` method

```
target.addEventListener(type, listener[, useCapture]);
```

registers the specified listener on the `EventTarget` it's called on. The event target may be an `Element` in a document, the `Document` itself, a `Window`, or any other object that supports events (such as `XMLHttpRequest`).

Insertando Directamente una Imagen en HTML: ` <span class = "<%= token.type %>"> <%= match %> \n';

function tokensToString(tokens) {
 var r = '';
 for(var i=0; i < tokens.length; i++) {
 var t = tokens[i]
 var s = JSON.stringify(t, undefined, 2);
 s = _.template(temp, {token: t, match: s});
 r += s;
 }
 return '\n'+r+'';
}

function lexer(input) {
 var blanks = /^\\s+/;
 var iniheader = /^\\[[^\\]\\r\\n]+\\]/;
 var comments = /^\\[;#\\](.*)/;
 var nameEqualValue = /^\\([^=;\\r\\n]+\\)=\\([^;\\r\\n]*\\)/;
 var any = /^(\\.|\\n)+/;

 var out = [];
 var m = null;

 while (input != '') {
```

```

if (m = blanks.exec(input)) {
 input = input.substr(m.index+m[0].length);
 out.push({ type: 'blanks', match: m });
}
else if (m = iniheader.exec(input)) {
 input = input.substr(m.index+m[0].length);
 out.push({ type: 'header', match: m });
}
else if (m = comments.exec(input)) {
 input = input.substr(m.index+m[0].length);
 out.push({ type: 'comments', match: m });
}
else if (m = nameEqualValue.exec(input)) {
 input = input.substr(m.index+m[0].length);
 out.push({ type: 'nameEqualValue', match: m });
}
else if (m = any.exec(input)) {
 out.push({ type: 'error', match: m });
 input = '';
}
else {
 alert("Fatal Error!" + substr(input, 0, 20));
 input = '';
}
}
return out;
}

```

Véase la sección *JSON.stringify()* 1.4 para saber mas sobre `JSON.stringify`.

**Dudas sobre la Sintaxis del Formato INI** La sintaxis de INI no está bien definida. Se aceptan decisiones razonables para cada una de las expresiones regulares. Si quiere ver un parser en acción puede instalar la gema `inifile` (Ruby).

Una opción que no hemos contemplado en nuestro código es la posibilidad de hacer que una línea de asignación se expanda en varias líneas. En `inifile` el carácter `\` indica que la línea continúa en la siguiente:

```

[~/javascript/PLgrado/inifile(master)]$ cat test/data/good.ini
[section_one]
one = 1
two = 2

[section_two]
three = 3
multi = multiline \
support

; comments should be ignored
[section three]
four =4
five=5
six =6

[section_four]

```

```

[section_five]
seven and eight= 7 & 8

[~/javascript/PLgrado/inifile(master)]$ pry
[2] pry(main)> require 'inifile'
=> true

[3] pry(main)> p = IniFile.new(:filename => 'test/data/good.ini')
=> #<IniFile:0x007fba2f41a500
 @_line=" seven and eight= 7 & 8",
 @_section={"seven and eight"=>"7 & 8"},
 @comment=";",
 @content=
 "[section_one]\none = 1\ntwo = 2\n\n[section_two]\nthree = 3\nmulti = multiline \\\n
 @default="global",
 @encoding=nil,
 @escape=true,
 @filename="test/data/good.ini",
 @ini=
 {"section_one"=>{"one"=>"1", "two"=>"2"},
 "section_two"=>{"three"=>"3", "multi"=>"multiline support"},
 "section three"=>{"four"=>"4", "five"=>"5", "six"=>"6"},
 "section_four"=>{},
 "section_five"=>{"seven and eight"=>"7 & 8"}},
 @param="">

[4] pry(main)> p["section_two"]
=> {"three"=>"3", "multi"=>"multiline support"}
[5] pry(main)> p[:section_two]

```

## Tareas

Es conveniente que consiga estos objetivos:

- Pueden comenzar haciendo un fork del repositorio <https://github.com/crguezl/pl-grado-ini-files>.
- La entrada debería poder leerse desde un fichero. Añada drag and drop.
- Use Web Storage igual que en la anterior
- Escriba las pruebas
- Use templates externos `underscore` para estructurar la salida
- Añada soporte para multilíneas en las asignaciones (Véase la sección 1.11)

```

> s = 'a=b\\\nc'
'a=b\\\nc'
> n2 = /^(^=;#\r\n+)=((?:[^;#\r\n]*\\\n)*[^\r\n]*)/
/^(^=;#\r\n+)=((?:^;#\r\n]*\\\n)*[^\r\n]*)/
> m = n2.exec(s)
['a=b\\\nc', 'a', 'b\\\nc',
 index: 0, input: 'a=b\\\nc']
> d = m[2]
'b\\\nc'
> d.replace(/\\\n/g, ' ')
'b c'

```

## Véase

1. `JSON.stringify`
2. [www.json.org](http://www.json.org)
3. JSON in JavaScript
4. Underscore: template
5. Stackoverflow::how to use Underscore template

## 1.12. Práctica: Analizador Léxico para Un Subconjunto de JavaScript

**TDOP, Top Down Operator Precedence** Vamos a trabajar a partir de este repo de Douglas Crockford:

- <https://github.com/douglascrockford/TDOP>
- Autor: Douglas Crockford, [douglas@crockford.com](mailto:douglas@crockford.com)
- Fecha que figura en el repo: 2010-11-12
- Descripción:
  - `tdop.html` contains a description of Vaughn Pratt's Top Down Operator Precedence, and describes the parser whose lexer we are going to write in this lab. Is a simplified version of JavaScript.
  - The file `index.html` parses `parse.js` and displays its AST.
  - The page depends on `parse.js` and `tokens.js`.
  - The file `tdop.js` contains the Simplified JavaScript parser.
  - `tokens.js`. produces an array of token objects from a string. **This is the file we are going to work in this lab.**

### Objetivos de la Práctica

Douglas Crockford escribió su analizador léxico `tokens.js` sin usar expresiones regulares. Eso hace que sea extenso (268 líneas). Su analizador es un subconjunto de JS que no tiene - entre otras cosas - expresiones regulares ya que uno de sus objetivos era que el analizador se analizara a si mismo.

Reescriba el analizador léxico en `tokens.js`. usando expresiones regulares.

1. Evite que se hagan copias de la cadena siendo procesada. Muévase dentro de la misma cadena usando `lastIndex`. Parta de la solución dada por el profesor en <https://github.com/crguezl/ull-etsii-grado-pl-1>
2. **Añada botones/enlaces/menu de selección que permitan cargar un fichero específico** de una lista de ficheros en la `texarea` de entrada.

Vea el ejemplo en

- Express.JS: <https://github.com/crguezl/expressloadfileontotextarea>  
Instale las dependencias con:

```
~/javascript/jquery/loadfileontotextarea/expressloadfileontotextarea(master)]$ npm ins
```

Y ejecute el servidor:

```
[~/javascript/jquery/loadfileontotextarea/expressloadfileontotextarea(master)]$ node a
Example app listening at http://0.0.0.0:3000
```

3. Añada una zona de Drag-and-Drop a la que se pueda arrastrar el fichero a analizar. Tiene un ejemplo de como hacerlo en el fichero <https://github.com/crguezl/files-in-javascript-tut/draganddrop.html> en:
  - Repositorio: <https://github.com/crguezl/files-in-javascript-tut>
  - Despliegue en gh-pages: <http://crguezl.github.io/files-in-javascript-tut/>
4. Añada pruebas como en las prácticas anteriores.
  - En Travis tendrá que lanzar el servidor antes de la ejecución de las pruebas. Puede usar un `.travis.yml` parecido a este (esta escrito para Ruby):
 

```
[~/sinatra/sinatra-selenium/capybara-selenium(master)]$ cat .travis.yml
language: ruby
rvm: 2.1.2
before_script:
 - export DISPLAY=:99.0
 - sh -e /etc/init.d/xvfb start
 - sleep 3
 - bundle exec rake server &
 - sleep 1
```

Observe el ampersand en la línea `bundle exec rake server &` para poner el servidor en background.
5. Use los issues de GitHub. Lea Mastering Issues
6. Haga el despliegue de su aplicación en Heroku.
  - Para Express.JS véase:
    - La rama heroku del repo `how-jquery-works-tutorial`
    - El tutorial de Heroku `Getting Started with Node.js on Heroku`
    - El capítulo sobre Heroku en los apuntes de LPP
  - Para ver como hacerlo en Ruby/Sinatra siga las indicaciones en la sección *Heroku ??* en estos apuntes
7. Una primera solución de la que puede partir se encuentra en:
  - <https://github.com/crguezl/ull-etsii-grado-pl-minijavascript/tree/gh-pages> en github.
  - Veala en funcionamiento en GitHub Pages
  - `[~/srcPLgrado/lexical_analysis_top_down_operator_precedence(gh-pages)]$ pwd -P /Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/lexical_analysis_top_down_operator_precedence`
8. El método `tokens` original retorna el array de tokens. Puede encontrarlo en `tokens.js`.
9. Mejore la solución en <https://github.com/crguezl/ull-etsii-grado-pl-minijavascript/tree/gh-pages>
10. Para esta práctica es necesario familiarizarse con la forma en que funciona la OOP en JS. Vea este jsfiddle



## Capítulo 2

# Analizadores Descendentes Predictivos en JavaScript

### 2.1. Conceptos Básicos para el Análisis Sintáctico

Suponemos que el lector de esta sección ha realizado con éxito un curso en teoría de autómatas y lenguajes formales (computabilidad). Las siguientes definiciones repasan los conceptos mas importantes.

**Definición 2.1.1.** Dado un conjunto  $A$ , se define  $A^*$  el cierre de Kleene de  $A$  como:  $A^* = \bigcup_{n=0}^{\infty} A^n$ . Se admite que  $A^0 = \{\epsilon\}$ , donde  $\epsilon$  denota la palabra vacía, esto es la palabra que tiene longitud cero, formada por cero símbolos del conjunto base  $A$ .

**Definición 2.1.2.** Una gramática  $G$  es una cuaterna  $G = (\Sigma, V, P, S)$ .  $\Sigma$  es el conjunto de terminales.  $V$  es un conjunto (disjunto de  $\Sigma$ ) que se denomina conjunto de variables sintácticas o categorías gramaticales,  $P$  es un conjunto de pares de  $V \times (V \cup \Sigma)^*$ . En vez de escribir un par usando la notación  $(A, \alpha) \in P$  se escribe  $A \rightarrow \alpha$ . Un elemento de  $P$  se denomina producción. Por último,  $S$  es un símbolo del conjunto  $V$  que se denomina símbolo de arranque.

**Definición 2.1.3.** Dada una gramática  $G = (\Sigma, V, P, S)$  y  $\mu = \alpha A \beta \in (V \cup \Sigma)^*$  una frase formada por variables y terminales y  $A \rightarrow \gamma$  una producción de  $P$ , decimos que  $\mu$  deriva en un paso en  $\alpha \gamma \beta$ . Esto es, derivar una cadena  $\alpha A \beta$  es sustituir una variable sintáctica  $A$  de  $V$  por la parte derecha  $\gamma$  de una de sus reglas de producción. Se dice que  $\mu$  deriva en  $n$  pasos en  $\delta$  si deriva en  $n - 1$  pasos en una cadena  $\alpha A \beta$  la cual deriva en un paso en  $\delta$ . Se escribe entonces que  $\mu \xRightarrow{*} \delta$ . Una cadena deriva en 0 pasos en si misma.

**Definición 2.1.4.** Dada una gramática  $G = (\Sigma, V, P, S)$  se denota por  $L(G)$  o lenguaje generado por  $G$  al lenguaje:

$$L(G) = \{x \in \Sigma^* : S \xRightarrow{*} x\}$$

Esto es, el lenguaje generado por la gramática  $G$  esta formado por las cadenas de terminales que pueden ser derivados desde el símbolo de arranque.

**Definición 2.1.5.** Una derivación que comienza en el símbolo de arranque y termina en una secuencia formada por sólo terminales de  $\Sigma$  se dice completa.

Una derivación  $\mu \xRightarrow{*} \delta$  en la cual en cada paso  $\alpha A x$  la regla de producción aplicada  $A \rightarrow \gamma$  se aplica en la variable sintáctica mas a la derecha se dice una derivación a derechas

Una derivación  $\mu \xRightarrow{*} \delta$  en la cual en cada paso  $x A \alpha$  la regla de producción aplicada  $A \rightarrow \gamma$  se aplica en la variable sintáctica mas a la izquierda se dice una derivación a izquierdas

**Definición 2.1.6.** Observe que una derivación puede ser representada como un árbol cuyos nodos están etiquetados en  $V \cup \Sigma$ . La aplicación de la regla de producción  $A \rightarrow \gamma$  se traduce en asignar como hijos del nodo etiquetado con  $A$  a los nodos etiquetados con los símbolos  $X_1 \dots X_n$  que constituyen la frase  $\gamma = X_1 \dots X_n$ . Este árbol se llama árbol sintáctico concreto asociado con la derivación.

**Definición 2.1.7.** Observe que, dada una frase  $x \in L(G)$  una derivación desde el símbolo de arranque da lugar a un árbol. Ese árbol tiene como raíz el símbolo de arranque y como hojas los terminales  $x_1 \dots x_n$  que forman  $x$ . Dicho árbol se denomina árbol de análisis sintáctico concreto de  $x$ . Una derivación determina una forma de recorrido del árbol de análisis sintáctico concreto.

**Definición 2.1.8.** Una gramática  $G$  se dice ambigua si existe alguna frase  $x \in L(G)$  con al menos dos árboles sintácticos. Es claro que esta definición es equivalente a afirmar que existe alguna frase  $x \in L(G)$  para la cual existen dos derivaciones a izquierda (derecha) distintas.

### 2.1.1. Ejercicio

Dada la gramática con producciones:

```

program → declarations statements | statements
declarations → declaration ';' declarations | declaration ';'
declaration → INT idlist | STRING idlist
statements → statement ';' statements | statement
statement → ID '=' expression | P expression
expression → term '+' expression | term
term → factor '*' term | factor
factor → '(' expression ')' | ID | NUM | STR
idlist → ID ',' idlist | ID

```

En esta gramática,  $\Sigma$  está formado por los caracteres entre comillas simples y los símbolos cuyos identificadores están en mayúsculas. Los restantes identificadores corresponden a elementos de  $V$ . El símbolo de arranque es  $S = \text{program}$ .

Conteste a las siguientes cuestiones:

1. Describa con palabras el lenguaje generado.
2. Construya el árbol de análisis sintáctico concreto para cuatro frases del lenguaje.
3. Señale a que recorridos del árbol corresponden las respectivas derivaciones a izquierda y a derecha en el apartado 2.
4. ¿Es ambigua esta gramática?. Justifique su respuesta.

## 2.2. Análisis Sintáctico Predictivo Recursivo

La siguiente fase en la construcción del analizador es la fase de análisis sintáctico. Esta toma como entrada el flujo de terminales y construye como salida el árbol de análisis sintáctico abstracto.

El árbol de análisis sintáctico abstracto es una representación compactada del árbol de análisis sintáctico concreto que contiene la misma información que éste.

Existen diferentes métodos de análisis sintáctico. La mayoría caen en una de dos categorías: ascendentes y descendentes. Los ascendentes construyen el árbol desde las hojas hacia la raíz. Los descendentes lo hacen en modo inverso. El que describiremos aquí es uno de los mas sencillos: se denomina método de análisis predictivo descendente recursivo.

### 2.2.1. Introducción

En este método se asocia una subrutina con cada variable sintáctica  $A \in V$ . Dicha subrutina (que llamaremos  $A$ ) reconocerá el lenguaje generado desde la variable  $A$ :

$$L_A(G) = \{x \in \Sigma^* : A \xRightarrow{*} x\}$$

statements	→	statement ';' statements		statement
statement	→	ID '=' expression		P expression
expression	→	term '+' expression		term
term	→	factor '*' term		factor
factor	→	'(' expression ')'		ID   NUM

Cuadro 2.1: Una Gramática Simple

En este método se escribe una rutina **A** por variable sintáctica  $A \in V$ . Se le da a la rutina asociada el mismo nombre que a la variable sintáctica asociada.

La función de la rutina **A** asociada con la variable  $A \in V$  es reconocer el lenguaje  $L(A)$  generado por  $A$ .

La estrategia general que sigue la rutina **A** para reconocer  $L(A)$  es decidir en términos del terminal  $a$  en la entrada que regla de producción concreta  $A \rightarrow \alpha$  se aplica para a continuación comprobar que la entrada que sigue pertenece al lenguaje generado por  $\alpha$ .

En un analizador predictivo descendente recursivo (APDR) se asume que el símbolo que actualmente esta siendo observado (denotado habitualmente como **lookahead**) permite determinar unívocamente que producción de  $A$  hay que aplicar.

Una vez que se ha determinado que la regla por la que continuar la derivación es  $A \rightarrow \alpha$  se procede a reconocer  $L_\alpha(G)$ , el lenguaje generado por  $\alpha$ . Si  $\alpha = X_1 \dots X_n$ , las apariciones de terminales  $X_i$  en  $\alpha$  son emparejadas con los terminales en la entrada mientras que las apariciones de variables  $X_i = B$  en  $\alpha$  se traducen en llamadas a la correspondiente subrutina asociada con **B**.

## Ejemplo

Para ilustrar el método, simplificaremos la gramática presentada en el ejercicio 5.1.1 eliminando las declaraciones:

La secuencia de llamadas cuando se procesa la entrada mediante el siguiente programa construye **implícitamente** el *árbol de análisis sintáctico concreto*.

Escribiremos el analizador en CoffeeScript. Véase 14.

```

parse = (input) ->
 tokens = input.tokens()
 lookahead = tokens.shift()
 match = (t) ->
 if lookahead.type is t
 lookahead = tokens.shift()
 lookahead = null if typeof lookahead is "undefined"
 else # Error. Throw exception
 throw "Syntax Error. Expected #{t} found '" +
 lookahead.value + "' near '" +
 input.substr(lookahead.from) + "'"
 return

statements = ->
 result = [statement()]
 while lookahead and lookahead.type is ";"
 match ";"
 result.push statement()
 (if result.length is 1 then result[0] else result)

statement = ->
 result = null

```

```

if lookahead and lookahead.type is "ID"
 left =
 type: "ID"
 value: lookahead.value

 match "ID"
 match "="
 right = expression()
 result =
 type: "="
 left: left
 right: right
else if lookahead and lookahead.type is "P"
 match "P"
 right = expression()
 result =
 type: "P"
 value: right
else # Error!
 throw "Syntax Error. Expected identifier but found " +
 (if lookahead then lookahead.value else "end of input") +
 " near '#{input.substr(lookahead.from)}'"
result

expression = ->
 result = term()
 if lookahead and lookahead.type is "+"
 match "+"
 right = expression()
 result =
 type: "+"
 left: result
 right: right
 result

term = ->
 result = factor()
 if lookahead and lookahead.type is "*"
 match "*"
 right = term()
 result =
 type: "*"
 left: result
 right: right
 result

factor = ->
 result = null
 if lookahead.type is "NUM"
 result =
 type: "NUM"
 value: lookahead.value

```

```

 match "NUM"
else if lookahead.type is "ID"
 result =
 type: "ID"
 value: lookahead.value

 match "ID"
else if lookahead.type is "("
 match "("
 result = expression()
 match ")"
else # Throw exception
 throw "Syntax Error. Expected number or identifier or '(' but found " +
 (if lookahead then lookahead.value else "end of input") +
 " near '" + input.substr(lookahead.from) + "'"
result

tree = statements(input)
if lookahead?
 throw "Syntax Error parsing statements. " +
 "Expected 'end of input' and found '" +
 input.substr(lookahead.from) + "'"
tree

var parse = function(input) {
 var tokens = input.tokens();
 var lookahead = tokens.shift();

 var match = function(t) {
 if (lookahead.type === t) {
 lookahead = tokens.shift();
 if (typeof lookahead === 'undefined') {
 lookahead = null; // end of input
 }
 } else { // Error. Throw exception
 throw "Syntax Error. Expected '"+t+"' found '"+lookahead.value+
 "' near '"+input.substr(lookahead.from)+"'";
 }
 };

 var statements = function() {
 var result = [statement()];
 while (lookahead && lookahead.type === ';') {
 match(';');
 result.push(statement());
 }
 return result.length === 1? result[0] : result;
 };

 var statement = function() {
 var result = null;

 if (lookahead && lookahead.type === 'ID') {
 var left = { type: 'ID', value: lookahead.value };

```

```

 match('ID');
 match('=');
 right = expression();
 result = { type: '=', left: left, right: right };
} else if (lookahead && lookahead.type === 'P') {
 match('P');
 right = expression();
 result = { type: 'P', value: right };
} else { // Error!
 throw "Syntax Error. Expected identifier but found "+
 (lookahead? lookahead.value : "end of input")+
 " near '"+input.substr(lookahead.from)+"'";
}
return result;
};

var expression = function() {
 var result = term();
 if (lookahead && lookahead.type === '+') {
 match('+');
 var right = expression();
 result = {type: '+', left: result, right: right};
 }
 return result;
};

var term = function() {
 var result = factor();
 if (lookahead && lookahead.type === '*') {
 match('*');
 var right = term();
 result = {type: '*', left: result, right: right};
 }
 return result;
};

var factor = function() {
 var result = null;

 if (lookahead.type === 'NUM') {
 result = {type: 'NUM', value: lookahead.value};
 match('NUM');
 }
 else if (lookahead.type === 'ID') {
 result = {type: 'ID', value: lookahead.value};
 match('ID');
 }
 else if (lookahead.type === '(') {
 match('(');
 result = expression();
 match(')');
 }
 else { // Throw exception
 throw "Syntax Error. Expected number or identifier or '(' but found "+

```

```

 (lookahead? lookahead.value : "end of input")+
 " near '"+input.substr(lookahead.from)+"'";
 }
 return result;
};
var tree = statements(input);
if (lookahead != null) {
 throw "Syntax Error parsing statements. Expected end of input and found '"+
 input.substr(lookahead.from)+"'";
}
return tree;
}

```

**Caracterización de las Gramáticas Analizables** Como vemos en el ejemplo, el análisis predictivo confía en que, si estamos ejecutando la entrada del procedimiento **A**, el cuál está asociado con la variable  $A \in V$ , el símbolo terminal que esta en la entrada  $a$  determine de manera unívoca la regla de producción  $A \rightarrow a\alpha$  que debe ser procesada.

Si se piensa, esta condición requiere que todas las partes derechas  $\alpha$  de las reglas  $A \rightarrow \alpha$  de  $A$  **comiencen** por diferentes símbolos. Para formalizar esta idea, introduciremos el concepto de conjunto  $FIRST(\alpha)$ :

**Definición 2.2.1.** Dada una gramática  $G = (\Sigma, V, P, S)$  y un símbolo  $\alpha \in (V \cup \Sigma)^*$  se define el conjunto  $FIRST(\alpha)$  como:

$$FIRST(\alpha) = \{b \in \Sigma : \alpha \xRightarrow{*} b\beta\} \cup N(\alpha)$$

donde:

$$N(\alpha) = \begin{cases} \{\epsilon\} & \text{si } \alpha \xRightarrow{*} \epsilon \\ \emptyset & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Podemos reformular ahora nuestra afirmación anterior en estos términos: Si  $A \rightarrow \gamma_1 \mid \dots \mid \gamma_n$  y los conjuntos  $FIRST(\gamma_i)$  son disjuntos podemos construir el procedimiento para la variable  $A$  siguiendo este pseudocódigo:

```

A = function() {
 if (lookahead in FIRST(gamma_1)) { imitar gamma_1 }
 else if (lookahead in FIRST(gamma_2)) { imitar gamma_2 }
 ...
 else (lookahead in FIRST(gamma_n)) { imitar gamma_n }
}

```

Donde si  $\gamma_j$  es  $X_1 \dots X_k$  el código **gamma\_j** consiste en una secuencia  $i = 1 \dots k$  de llamadas de uno de estos dos tipos:

- Llamar a la subrutina **X\_i** si  $X_i$  es una variable sintáctica
- Hacer una llamada a **match(X\_i)** si  $X_i$  es un terminal

### 2.2.2. Ejercicio: Recorrido del árbol en un ADPR

¿En que forma es recorrido el árbol de análisis sintáctico concreto en un analizador descendente predictivo recursivo? ¿En que orden son visitados los nodos?

## 2.3. Recursión por la Izquierda

**Definición 2.3.1.** Una gramática es recursiva por la izquierda cuando existe una derivación  $A \xRightarrow{*} A\alpha$ .

En particular, es recursiva por la izquierda si contiene una regla de producción de la forma  $A \rightarrow A\alpha$ . En este caso se dice que la recursión por la izquierda es directa.

Cuando la gramática es *recursiva por la izquierda*, el método de análisis recursivo descendente predictivo no funciona. En ese caso, el procedimiento A asociado con A ciclaría para siempre sin llegar a consumir ningún terminal.

## 2.4. Esquemas de Traducción

**Definición 2.4.1.** Un esquema de traducción es una gramática independiente del contexto en la cual se han insertado fragmentos de código en las partes derechas de sus reglas de producción. Los fragmentos de código así insertados se denominan acciones semánticas. Dichos fragmentos actúan, calculan y modifican los atributos asociados con los nodos del árbol sintáctico. El orden en que se evalúan los fragmentos es el de un recorrido primero-profundo del árbol de análisis sintáctico.

Obsérvese que, en general, para poder aplicar un esquema de traducción hay que construir el árbol sintáctico y después aplicar las acciones empotradas en las reglas en el orden de recorrido primero-profundo. Por supuesto, si la gramática es ambigua una frase podría tener dos árboles y la ejecución de las acciones para ellos podría dar lugar a diferentes resultados. Si se quiere evitar la multiplicidad de resultados (interpretaciones semánticas) es necesario precisar de que árbol sintáctico concreto se esta hablando.

Por ejemplo, si en la regla  $A \rightarrow \alpha\beta$  insertamos un fragmento de código:

$$A \rightarrow \alpha\{action\}\beta$$

La acción  $\{action\}$  se ejecutará después de todas las acciones asociadas con el recorrido del subárbol de  $\alpha$  y antes que todas las acciones asociadas con el recorrido del subárbol  $\beta$ .

El siguiente esquema de traducción recibe como entrada una expresión en infijo y produce como salida su traducción a postfijo para expresiones aritmeticas con sólo restas de números:

$$\begin{array}{ll} expr \rightarrow expr_1 - NUM & \{ \text{expr.TRA} = \text{expr}[1].\text{TRA} + " + \text{NUM.VAL} + " - " \} \\ expr \rightarrow NUM & \{ \text{expr.TRA} = \text{NUM.VAL} \} \end{array}$$

Las apariciones de variables sintácticas en una regla de producción se indexan como se ve en el ejemplo, para distinguir de que nodo del árbol de análisis estamos hablando. Cuando hablemos del atributo de un nodo utilizaremos el punto (.). Aquí VAL es un atributo de los nodos de tipo NUM denotando su valor numérico y para accederlo escribiremos NUM.VAL. Análogamente expr.TRA denota el atributo **traducción** de los nodos de tipo expr.

**Ejercicio 2.4.1.** Muestre la secuencia de acciones a la que da lugar el esquema de traducción anterior para la frase 7 -5 -4.

En este ejemplo, el cómputo del atributo expr.TRA depende de los atributos en los nodos hijos, o lo que es lo mismo, depende de los atributos de los símbolos en la parte derecha de la regla de producción. Esto ocurre a menudo y motiva la siguiente definición:

**Definición 2.4.2.** Un atributo tal que su valor en todo nodo del árbol sintáctico puede ser computado en términos de los atributos de los hijos del nodo se dice que es un atributo sintetizado.

## 2.5. Eliminación de la Recursión por la Izquierda en un Esquema de Traducción

La eliminación de la recursión por la izquierda es sólo un paso: debe ser extendida a esquemas de traducción, de manera que no sólo se preserve el lenguaje sino la secuencia de acciones. Supongamos que tenemos un esquema de traducción de la forma:



$$\begin{aligned} A &\rightarrow A\alpha \quad \{ \text{alpha\_action} \} \\ A &\rightarrow A\beta \quad \{ \text{beta\_action} \} \\ A &\rightarrow \gamma \quad \{ \text{gamma\_action} \} \end{aligned}$$

para una sentencia como  $\gamma\beta\alpha$  la secuencia de acciones será:

`gamma_action beta_action alpha_action`

¿Cómo construir un esquema de traducción para la gramática resultante de eliminar la recursión por la izquierda que ejecute las acciones asociadas en el mismo orden?. Supongamos para simplificar, que las acciones no dependen de atributos ni computan atributos, sino que actúan sobre variables globales. En tal caso, la siguiente ubicación de las acciones da lugar a que se ejecuten en el mismo orden:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \gamma \{ \text{gamma\_action} \} R \\ R &\rightarrow \beta \{ \text{beta\_action} \} R \\ R &\rightarrow \alpha \{ \text{alpha\_action} \} R \\ R &\rightarrow \epsilon \end{aligned}$$

Si hay atributos en juego, la estrategia para construir un esquema de traducción equivalente para la gramática resultante de eliminar la recursividad por la izquierda se complica.

## 2.6. Práctica: Analizador Descendente Predictivo Recursivo

Partiendo del analizador sintáctico descendente predictivo recursivo para la gramática descrita en la sección 2.2.1

**Donde** Puede encontrar la versión de la que partir en

- Despliegue en Heroku: <http://predictiveparser.herokuapp.com/>
- Repositorio en GitHub: <https://github.com/crguezl/prdcalc>
- ```
[~/javascript/PLgrado/predictiveRD/prdcalc(develop)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/predictiveRD/prdcalc
[~/javascript/PLgrado/predictiveRD/prdcalc(develop)]$ git remote -v
heroku git@heroku.com:predictiveparser.git (fetch)
heroku git@heroku.com:predictiveparser.git (push)
origin git@github.com:crguezl/prdcalc.git (fetch)
origin git@github.com:crguezl/prdcalc.git (push)
```

Tareas Añada:

- Extienda y modifique el analizador para que acepte el lenguaje descrito por la gramática EBNF del lenguaje PL/0 que se describe en la entrada de la Wikipedia [Recursive descent parser](#). **Procure que el árbol generado refleje la asociatividad correcta para las diferencias y las divisiones**. No es necesario que el lenguaje sea **exactamente igual** pero debería ser parecido. Tener los mismos constructos.
-
- Use CoffeeScript para escribir el código (archivo `views/main.coffee`)
- Use Jade para las vistas
 - <http://jade-lang.com/tutorial/>
 - <http://jade-lang.com/reference/>
 - Learning the Jade Templating Engine Syntax

- New way to inline css Jade StackOverflow
- Usa Sass para las hojas de estilo
- Despliegue la aplicación en Heroku
- Añada pruebas

Express.JS

- <http://expressjs.com/>

Sass

Véase el fichero views/styles.scss.

1. Sass
2. Sass Basics
3. css2sass en GitHub (<https://github.com/jpablobr/css2sass>) y despliegue en Heroku (<http://css2sass.herokuapp.com>)

Jade

- <http://jade-lang.com/>

CoffeeScript

1. CoffeeScript
2. CoffeeScript Cookbook
3. js2coffee.org

Construyendo Árboles con la Asociatividad Correcta Añadamos el operador `-` al código de nuestra práctica. Para ello, podemos extender nuestra gramática con una regla de producción:

$$| \text{ expression } \rightarrow \text{ term ' + ' expression } | \text{ term ' - ' expression } | \text{ term } |$$

que da lugar a un código como el que sigue:

```
expression = ->
  result = term()
  if lookahead and lookahead.type is "+"
    ....
  if lookahead and lookahead.type is "-"
    match "-"
    right = expression()
    result =
      type: "-"
      left: result
      right: right
```

Cuando le damos como entrada `a = 4-2-1` produce el siguiente AST:

```

{
  "type": "=",
  "left": {
    "type": "ID",
    "value": "a"
  },
  "right": {
    "type": "-",
    "left": {
      "type": "NUM",
      "value": 4
    },
    "right": {
      "type": "-",
      "left": {
        "type": "NUM",
        "value": 2
      },
      "right": {
        "type": "NUM",
        "value": 1
      }
    }
  }
}

```

que se corresponde con esta parentización: $a = (4 - (2 - 1))$

Este árbol no se corresponde con la asociatividad a izquierdas del operador $-$. Es un árbol que refleja una asociación a derechas ($a = 3$).

Ahora bien, el lenguaje generado por dos reglas de la forma:

$$\begin{array}{ll}
 A \rightarrow A\alpha & \{ \text{alpha_action} \} \\
 A \rightarrow \gamma & \{ \text{gamma_action} \}
 \end{array}
 \quad \text{Es}$$

$\gamma\alpha^*$. Por tanto el método asociado con A podría reescribirse como sigue:

```

A = () ->
  gamma() # imitar gamma
  gamma_action() # acción semántica asociada con gamma
  while lookahead and lookahead.type belongs to FIRST(alpha)
    alpha() # imitar alpha
    alpha_action()

```

Capítulo 3

Análisis Sintáctico Mediante Precedencia de Operadores en JavaScript

3.1. Ejemplo Simple de Intérprete: Una Calculadora

1. How to write a simple interpreter in JavaScript

3.2. Análisis Top Down Usando Precedencia de Operadores

1. Véase el libro [2] Beautiful Code: Leading Programmers Explain How They Think, Capítulo 9.
2. Top Down Operator Precedence por Douglas Crockford
3. Top Down Operator Precedence demo por Douglas Crockford
4. jslint
5. David Majda - Easy parsing with PEG.js

3.2.1. Gramática de JavaScript

1. Especificación de JavaScript 1997
2. NQLL(1) grammar (Not Quite LL(1)) for JavaScript 1997
3. Postscript con la especificación de JavaScript 1997
4. Mozilla JavaScript Language Resources
5. JavaScript 1.4 LR(1) Grammar 1999.
6. Apple JavaScript Core Specifications
7. Creating a JavaScript Parser Una implementación de ECMAScript 5.1 usando Jison disponible en GitHub en <https://github.com/cjihrig/jsparser>.

Capítulo 4

Análisis Descendente mediante Parsing Expresion Grammars en JavaScript

4.1. Introducción a los PEGs

In computer science, a *parsing expression grammar*, or *PEG*, is a type of analytic formal grammar, i.e. it describes a formal language in terms of a set of rules for recognizing strings in the language.

The formalism was introduced by Bryan Ford in 2004 and is closely related to the family of top-down parsing languages introduced in the early 1970s.

Syntactically, PEGs also look similar to context-free grammars (CFGs), but they have a different interpretation:

- the choice operator selects the first match in PEG, while it is ambiguous in CFG.
- This is closer to how string recognition tends to be done in practice, e.g. by a recursive descent parser.

Unlike CFGs, PEGs cannot be ambiguous; *if a string parses, it has exactly one valid parse tree*.

It is conjectured that there exist context-free languages that cannot be parsed by a PEG, but this is not yet proven.

4.1.1. Syntax

Formally, a parsing expression grammar consists of:

- A finite set N of nonterminal symbols.
- A finite set Σ of terminal symbols that is disjoint from N .
- A finite set P of parsing rules.
- An expression e_S termed the starting expression.

Each parsing rule in P has the form $A \leftarrow e$, where A is a nonterminal symbol and e is a *parsing expression*.

A parsing expression is a hierarchical expression similar to a regular expression, which is constructed in the following fashion:

1. An atomic parsing expression consists of:
 - a) any terminal symbol,
 - b) any nonterminal symbol, or
 - c) the empty string ϵ .

2. Given any existing parsing expressions e , e_1 , and e_2 , a new parsing expression can be constructed using the following operators:

- a) Sequence: e_1e_2
- b) Ordered choice: e_1/e_2
- c) Zero-or-more: e^*
- d) One-or-more: e^+
- e) Optional: $e?$
- f) And-predicate: $\&e$
- g) Not-predicate: $!e$

4.1.2. Semantics

The fundamental difference between context-free grammars and parsing expression grammars is that the PEG's choice operator is **ordered**:

1. If the first alternative succeeds, the second alternative is ignored.
2. Thus ordered choice is not commutative, unlike unordered choice as in context-free grammars.
3. The consequence is that if a CFG is transliterated directly to a PEG, any ambiguity in the former is resolved by deterministically picking one parse tree from the possible parses.
4. By carefully choosing the order in which the grammar alternatives are specified, a programmer has a great deal of control over which parse tree is selected.
5. PEGs can **look ahead** into the input string without actually consuming it
6. The and-predicate expression $\&e$ invokes the sub-expression e , and then succeeds if e succeeds and fails if e fails, *but in either case never consumes any input*.
7. The not-predicate expression $!e$ succeeds if e fails and fails if e succeeds, *again consuming no input in either case*.

4.1.3. Implementing parsers from parsing expression grammars

Any parsing expression grammar can be converted directly into a *recursive descent parser*.

Due to the unlimited lookahead capability that the grammar formalism provides, however, the resulting parser **could exhibit exponential time performance in the worst case**.

It is possible to obtain better performance for any parsing expression grammar by converting its recursive descent parser into **a packrat parser, which always runs in linear time**, at the cost of substantially greater storage space requirements.

*A packrat parser is a form of parser similar to a recursive descent parser in construction, except that during the parsing process **it memoizes** the intermediate results of all invocations of the mutually recursive parsing functions, ensuring that each parsing function is only invoked at most once at a given input position.*

Because of this memoization, a packrat parser has the ability to parse many context-free grammars and any parsing expression grammar (including some that do not represent context-free languages) in linear time.

Examples of memoized recursive descent parsers are known from at least as early as 1993.

Note that this analysis of the performance of a packrat parser **assumes that enough memory is available to hold all of the memoized results**; in practice, if there were not enough memory, some parsing functions might have to be invoked more than once at the same input position, and consequently the parser could take more than linear time.

It is also possible to build LL parsers and LR parsers from parsing expression grammars, with better worst-case performance than a recursive descent parser, but the unlimited lookahead capability of the grammar formalism is then lost. Therefore, not all languages that can be expressed using parsing expression grammars can be parsed by LL or LR parsers.

4.1.4. Lexical Analysis

Parsers for languages expressed as a CFG, such as LR parsers, require a separate tokenization step to be done first, which breaks up the input based on the location of spaces, punctuation, etc.

The tokenization is necessary because of the way these parsers use lookahead to parse CFGs that meet certain requirements in linear time.

PEGs do not require tokenization to be a separate step, and tokenization rules can be written in the same way as any other grammar rule.

4.1.5. Left recursion

PEGs cannot express left-recursive rules where a rule refers to itself without moving forward in the string. For example, the following left-recursive CFG rule:

```
string-of-a -> string-of-a 'a' | 'a'
```

can be rewritten in a PEG using the plus operator:

```
string-of-a <- 'a'+
```

The process of rewriting indirectly left-recursive rules is complex in some packrat parsers, especially when semantic actions are involved.

4.1.6. Referencias y Documentación

- Véase Parsing Expression Grammar
- PEG.js documentation
- Testing PEG.js Online
- Michael's Blog: JavaScript Parser Generators. The PEG.js Tutorial
- The Packrat Parsing and Parsing Expression Grammars Page
- PL101: Create Your Own Programming Language. Véanse [3] y [4]
- PL101: Create Your Own Programming Language: Parsing

4.2. PEGJS

What is

PEG.js is a parser generator for JavaScript that produces parsers.

PEG.js generates a parser from a Parsing Expression Grammar describing a language.

We can specify what the parser returns (using semantic actions on matched parts of the input).

Installation

To use the pegjs command, install PEG.js globally:

```
$ npm install -g pegjs
```

To use the JavaScript API, install PEG.js locally:

```
$ npm install pegjs
```

To use it from the browser, download the PEG.js library (regular or minified version).

El compilador de línea de comandos

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pegjs --help
Usage: pegjs [options] [--] [<input_file>] [<output_file>]
```

Generates a parser from the PEG grammar specified in the <input_file> and writes it to the <output_file>.

If the <output_file> is omitted, its name is generated by changing the <input_file> extension to ".js". If both <input_file> and <output_file> are omitted, standard input and output are used.

Options:

| | |
|--|---|
| <code>-e, --export-var <variable></code> | name of the variable where the parser object will be stored (default: "module.exports") |
| <code>--cache</code> | make generated parser cache results |
| <code>--allowed-start-rules <rules></code> | comma-separated list of rules the generated parser will be allowed to start parsing from (default: the first rule in the grammar) |
| <code>-o, --optimize <goal></code> | select optimization for speed or size (default: speed) |
| <code>--plugin <plugin></code> | use a specified plugin (can be specified multiple times) |
| <code>--extra-options <options></code> | additional options (in JSON format) to pass to PEG.buildParser |
| <code>--extra-options-file <file></code> | file with additional options (in JSON format) to pass to PEG.buildParser |
| <code>-v, --version</code> | print version information and exit |
| <code>-h, --help</code> | print help and exit |

Using it

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ node
> PEG = require("pegjs")
{ VERSION: '0.8.0',
  GrammarError: [Function],
  parser:
    { SyntaxError: [Function: SyntaxError],
      parse: [Function: parse] },
  compiler:
    { passes:
        { check: [Object],
          transform: [Object],
          generate: [Object] },
      compile: [Function] },
  buildParser: [Function] }

> parser = PEG.buildParser("start = ('a' / 'b')+")
{ SyntaxError: [Function: SyntaxError],
  parse: [Function: parse] }
```

Using the generated parser is simple — just call its `parse` method and pass an input string as a parameter.

The method will return

- a parse result or
- throw an **exception** if the input is invalid.

You can tweak parser behavior by passing a second parameter with an **options** object to the **parse** method.

Only one option is currently supported:

startRule which is the name of the rule to start parsing from.

```
> parser.parse("abba");  
[ 'a', 'b', 'b', 'a' ]  
>
```

Opciones: allowedStartRules Specifying **allowedStartRules** we can set the rules the parser will be allowed to start parsing from (default: the first rule in the grammar).

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat allowedstartrules.js  
var PEG = require("pegjs");  
var grammar = "a = 'hello' b\nb = 'world'"; //"a = 'hello' b\nb='world';  
console.log(grammar);
```

```
var parser = PEG.buildParser(grammar,{ allowedStartRules: ['a', 'b'] });  
var r = parser.parse("helloworld", { startRule: 'a' });  
console.log(r); // [ 'hello', 'world' ]  
r = parser.parse("helloworld")  
console.log(r); // [ 'hello', 'world' ]
```

```
r = parser.parse("world", { startRule: 'b' })  
console.log(r); // 'world'
```

```
try {  
  r = parser.parse("world"); // Throws an exception  
}  
catch(e) {  
  console.log("Error!!!!");  
  console.log(e);  
}
```

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ node allowedstartrules.js  
a = 'hello' b  
b = 'world'  
[ 'hello', 'world' ]  
[ 'hello', 'world' ]  
world  
Error!!!!  
{ message: 'Expected "hello" but "w" found.',  
  expected: [ { type: 'literal', value: 'hello', description: '"hello"' } ],  
  found: 'w',  
  offset: 0,  
  line: 1,  
  column: 1,  
  name: 'SyntaxError' }
```

The **exception** contains

- message
- expected,
- found
- offset,
- line,
- column,
- name

and properties with more details about the error.

Opciones: output

When **output** is set to **parser**, the method will return generated parser object; if set to **source**, it will return parser source code as a string (default: **parser**).

```
> PEG = require("pegjs")
> grammar = "a = 'hello' b\nb='world'"
'a = \'hello\' b\nb=\'world\''
> console.log(grammar)
a = 'hello' b
b='world'
undefined
> parser = PEG.buildParser(grammar,{ output: "parse"})
undefined
> parser = PEG.buildParser(grammar,{ output: "source"})
> typeof parser
'string'
> console.log(parser.substring(0,100))
(function() {
  /*
   * Generated by PEG.js 0.8.0.
   *
   * http://pegjs.majda.cz/
   */
```

Opciones: plugin La opción **plugins** indica que plugin se van a usar.

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat plugin.coffee
#!/usr/bin/env coffee
PEG = require 'pegjs'
coffee = require 'pegjs-coffee-plugin'
grammar = """
a = 'hello' _ b { console.log 1 }
b = 'world'      { console.log 2 }
_ = [ \t]+       { console.log 3 }
"""

parser = PEG.buildParser grammar, plugins: [coffee]
r = parser.parse "hello world"

[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ ./plugin.coffee
3
2
1
```

cache

If **true**, makes the parser cache results, avoiding exponential parsing time in pathological cases but making the parser slower (default: **false**).

optimize

Selects between optimizing the generated parser for parsing speed (**speed**) or code size (**size**) (default: **speed**).

4.3. Un Ejemplo Sencillo

Donde

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ git remote -v
dmajda  https://github.com/dmajda/pegjs.git (fetch)
dmajda  https://github.com/dmajda/pegjs.git (push)
origin  git@github.com:crguezl/pegjs.git (fetch)
origin  git@github.com:crguezl/pegjs.git (push)

https://github.com/crguezl/pegjs/blob/master/examples/arithmetics.pegjs
```

arithmetics.pegjs

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat arithmetics.pegjs
/*
 * Classic example grammar, which recognizes simple arithmetic expressions like
 * "2*(3+4)". The parser generated from this grammar then computes their value.
 */

start
  = additive

additive
  = left:multiplicative PLUS right:additive { return left + right; }
  / left:multiplicative MINUS right:additive { return left - right; }
  / multiplicative

multiplicative
  = left:primary MULT right:multiplicative { return left * right; }
  / left:primary DIV right:multiplicative { return left / right; }
  / primary

primary
  = integer
  / LEFTPAR additive:additive RIGHTPAR { return additive; }

integer "integer"
  = NUMBER

_ = $[ \t\n\r]*

PLUS = _"+"_
MINUS = _"-"_
```

```

MULT = _"*_ "_
DIV = _"/"/ _
LEFTPAR = _"(_ _
RIGHTPAR = _")" _
NUMBER = _ digits:[0-9]+ _ { return parseInt(digits, 10); }

```

There are several types of parsing expressions, some of them containing subexpressions and thus forming a recursive structure:

- **expression ***

Match zero or more repetitions of the expression and **return their match results in an array**. The matching is greedy, i.e. the parser tries to match the expression as many times as possible.

- **expression +**

Match one or more repetitions of the expression and **return their match results in an array**. The matching is greedy, i.e. the parser tries to match the expression as many times as possible.

- **\$ expression**

Try to match the expression. If the match succeeds, **return the matched string instead of the match result**.

main.js

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat main.js
var PEG = require("../arithmetics.js");
var r = PEG.parse("(2+9-1)/2");
console.log(r);

```

Rakefile

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat Rakefile
PEGJS = "../bin/pegjs"
task :default => :run

desc "Compile arithmetics.pegjs"
task :compile do
  sh "#{PEGJS} arithmetics.pegjs"
end

desc "Run and use the parser generated from arithmetics.pegjs"
task :run => :compile do
  sh "node main.js"
end

```

Compilación

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ rake
../bin/pegjs arithmetics.pegjs
node main.js
5

```

4.3.1. Asociación Incorrecta para la Resta y la División

Definición 4.3.1. Una gramática es recursiva por la izquierda cuando existe una derivación $A \xRightarrow{*} A\alpha$.

En particular, es recursiva por la izquierda si contiene una regla de producción de la forma $A \rightarrow A\alpha$. En este caso se dice que la recursión por la izquierda es directa.

Cuando la gramática es *recursiva por la izquierda*, el método de análisis recursivo descendente predictivo no funciona. En ese caso, el procedimiento A asociado con A ciclaría para siempre sin llegar a consumir ningún terminal.

Es por eso que hemos escrito las reglas de la calculadora con recursividad a derechas,

```
additive
= left:multiplicative PLUS right:additive { return left + right; }
/ left:multiplicative MINUS right:additive { return left - right; }
/ multiplicative

multiplicative
= left:primary MULT right:multiplicative { return left * right; }
/ left:primary DIV right:multiplicative { return left / right; }
/ primary
```

pero eso da lugar a árboles hundidos hacia la derecha y a una aplicación de las reglas semánticas errónea:

```
[~/pegjs/examples(master)]$ cat main.js
var PEG = require("./arithmetics.js");
var r = PEG.parse("5-3-2");
console.log(r);

[~/pegjs/examples(master)]$ node main.js
4
```

4.4. Acciones Intermedias

Supongamos que queremos poner una acción semántica intermedia en un programa PEG.js :

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat direct_intermedia.pegjs
a = 'a'+ { console.log("acción intermedia"); } 'b'+ {
    console.log("acción final");
    return "hello world!";
}
```

Al compilar nos da un mensaje de error:

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pegjs direct_intermedia.pegjs
1:48: Expected "/", ";", end of input or identifier but "" found.
```

La solución consiste en introducir una variable sintáctica en medio que derive a la palabra vacía y que tenga asociada la correspondiente acción semántica:

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat intermedia.pegjs
a = 'a'+ temp 'b'+ {
    console.log("acción final");
    return "hello world!";
}
temp = { console.log("acción intermedia"); }
```

Este es el programa que usa el parser generado:

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat main_intermedia.js
var parser = require("intermedia");
var input = process.argv[2] || 'aabb';
var result = parser.parse(input);
console.log(result);

al ejecutar tenemos:

[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pegjs intermedia.pegjs
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ node main_intermedia.js
acción intermedia
acción final
hello world!
```

4.5. PegJS en los Browser

Donde

- `~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples`
- `[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ git remote -v`
`dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (fetch)`
`dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (push)`
`origin git@github.com:criguezl/pegjs.git (fetch)`
`origin git@github.com:criguezl/pegjs.git (push)`
- `https://github.com/criguezl/pegjs/tree/master/examples`
-

Versiones para Browser Podemos usar directamente las versiones para los browser:

- PEG.js — minified
- PEG.js — development

La opción -e de pegjs

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison]$ pegjs --help
Usage: pegjs [options] [--] [<input_file>] [<output_file>]
```

Generates a parser from the PEG grammar specified in the `<input_file>` and writes it to the `<output_file>`.

If the `<output_file>` is omitted, its name is generated by changing the `<input_file>` extension to `".js"`. If both `<input_file>` and `<output_file>` are omitted, standard input and output are used.

Options:

- | | |
|--|---|
| <code>-e, --export-var <variable></code> | name of the variable where the parser object will be stored (default: <code>"module.exports"</code>) |
| <code>--cache</code> | make generated parser cache results |
| <code>--track-line-and-column</code> | make generated parser track line and column |
| <code>-v, --version</code> | print version information and exit |
| <code>-h, --help</code> | print help and exit |

Compilación

Le indicamos que el parser se guarde en calculator:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ rake web
../bin/pegjs -e calculator arithmetics.pegjs
```

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ head -5 arithmetics.js
calculator = (function() {
  /*
   * Generated by PEG.js 0.7.0.
   *
   * http://pegjs.majda.cz/
```

calc.js Ahora, desde el JavaScript que llama al parser accedemos al objeto mediante la variable calculator:

```
[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat calc.js
$(document).ready(function() {
  $('#eval').click(function() {
    try {
      var result = calculator.parse($('#input').val());
      $('#output').html(result);
    } catch (e) {
      $('#output').html('<div class="error"><pre>\n' + String(e) + '\n</pre></div>');
    }
  });

  $("#examples").change(function(ev) {
    var f = ev.target.files[0];
    var r = new FileReader();
    r.onload = function(e) {
      var contents = e.target.result;

      input.innerHTML = contents;
    }
    r.readAsText(f);
  });
});
```

arithmetric.pegjs El PEG describe una calculadora:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat arithmetics.pegjs
/*
 * Classic example grammar, which recognizes simple arithmetic expressions like
 * "2*(3+4)". The parser generated from this grammar then computes their value.
 */

start
  = additive

additive
  = left:multiplicative PLUS right:additive { return left + right; }
  / left:multiplicative MINUS right:additive { return left - right; }
  / multiplicative
```

```

multiplicative
  = left:primary MULT right:multiplicative { return left * right; }
  / left:primary DIV right:multiplicative { return left / right; }
  / primary

```

```

primary
  = integer
  / LEFTPAR additive:additive RIGHTPAR { return additive; }

```

```

integer "integer"
  = NUMBER

```

```

_ = $[ \t\n\r]*

```

```

PLUS = _"+"_
MINUS = _"-"_
MULT = _"*"_
DIV = _"/"_
LEFTPAR = _"("_
RIGHTPAR = _")"_
NUMBER = _ digits:[0-9]+ _ { return parseInt(digits, 10); }

```

calculator.html

```

[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat calculator.html
<!DOCTYPE HTML>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>pegjs</title>
    <link rel="stylesheet" href="global.css" type="text/css" media="screen" charset="utf-8" />
  </head>
  <body>
    <h1>pegjs</h1>
    <div id="content">
      <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.10.2/jquery.min.js"></script>
      <script src="arithmetics.js"></script>
      <script src="calc.js"></script>

      <p>
        Load an example:
        <input type="file" id="examples" />
      </p>

      <p>
        <table>
          <tr>
            <td>
              <textarea id="input" autofocus cols = "40" rows = "4">2+3*4</textarea>
            </td>
            <td class="output">
              <pre>
                <span id="output"></span> <!-- Output goes here! -->
              </pre>
            </td>
          </tr>
        </table>
      </p>
    </div>
  </body>
</html>

```



```

    </pre>
  </td>
  <td><button id="eval" type="button">eval</button></td>
</tr>
</table>
</p>
</div>
</body>
</html>

```



Figura 4.1: pegjs en la web

4.6. Eliminación de la Recursividad por la Izquierda en PEGs

Donde

- `[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples`
- `[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ git remote -v`
`dignifiedquire git@github.com:Dignifiedquire/pegjs-coffee-plugin.git (fetch)`
`dignifiedquire git@github.com:Dignifiedquire/pegjs-coffee-plugin.git (push)`
`origin git@github.com:crguezl/pegjs-coffee-plugin.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/pegjs-coffee-plugin.git (push)`
- <https://github.com/crguezl/pegjs-coffee-plugin/tree/master/examples>

PEGjs Coffee Plugin PEGjs Coffee Plugin is a plugin for PEG.js to use CoffeeScript in actions.

Veamos un ejemplo de uso via la API:

```

[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat plugin.coffee
#!/usr/bin/env coffee
PEG = require 'pegjs'
coffee = require 'pegjs-coffee-plugin'
grammar = """
a = 'hello' _ b { console.log 1; "hello world!" }
b = 'world'      { console.log 2 }
_ = [ \t]+       { console.log 3 }

```

```

"""
parser = PEG.buildParser grammar, plugins: [coffee]
r = parser.parse "hello world"
console.log(r)

[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ coffee plugin.coffee
3
2
1
hello world!

```

Un Esquema de Traducción Recursivo por la Izquierda Consideremos el siguiente esquema de traducción implementado en Jison :

```

[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ cat leftrec.jison
/*
Exercise: Find a PEG equivalent to the following left-recursive
grammar:
*/
%lex
%%

\s+          { /* skip whitespace */ }
y            { return 'y'; }
.            { return 'x'; }

/lex

%{
  do_y = function(y) { console.log("A -> 'y' do_y("+y+")"); return y; }
  do_x = function(a, x){ console.log("A -> A 'x' do_x("+a+", "+x+")"); return a+x; }
%}

%%
A : A 'x' { $$ = do_x($1, $2); }
  | 'y'   { $$ = do_y($1); }
;

[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ jison leftrec.jison
[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ ls -ltr leftrec.j*
-rw-r--r--  1 casiano  staff    441 18 mar 20:22 leftrec.jison
-rw-r--r--  1 casiano  staff  20464 18 mar 20:34 leftrec.js

[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ cat main_leftrec.js
var parser = require('./leftrec');
input = "y x x x";
var r = parser.parse(input);

[~/srcPLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ node main_leftrec.js
A -> 'y' do_y(y)
A -> A 'x' do_x(y, x)
A -> A 'x' do_x(yx, x)
A -> A 'x' do_x(yxx, x)

```

Métodología

Es posible modificar la gramática para eliminar la recursión por la izquierda. En este apartado nos limitaremos al caso de recursión por la izquierda directa. La generalización al caso de recursión por la izquierda no-directa se reduce a la iteración de la solución propuesta para el caso directo.

Consideremos una variable A con dos producciones:

$$A \rightarrow A\alpha \mid \beta$$

donde $\alpha, \beta \in (V \cup \Sigma)^*$ no comienzan por A . Estas dos producciones pueden ser sustituidas por:

$$A \rightarrow \beta\alpha^*$$

eliminando así la recursión por la izquierda.

Solución

```
[~/pegjs-coffee-remove-left(master)]$ cat -n remove_left_recursive.pegjs
```

```
1  /*
2
3  Exercise: Find a PEG equivalent to the following left-recursive
4  grammar:
5
6  A : A 'x' { $$ = do_x($1, $2); } | 'y' { $$ = do_y($1); }
7
8  */
9
10 {
11     @do_y = (y)    -> console.log("do_y({y})"); y
12     @do_x = (a, x)-> console.log("do_x({a}, #{x})"); a+x
13 }
14
15 A = y:'y' xs:('x'*)
16     {
17         a = @do_y(y)
18         for x in xs
19             a = @do_x(a, x)
20         a
21     }
```

```
[~/pegjs-coffee-remove-left(master)]$ pegjs --plugin pegjs-coffee-plugin remove_left_recursive
```

```
[~/pegjs-coffee-remove-left(master)]$ ls -ltr | tail -1
```

```
-rw-rw-r-- 1 casiano staff 8919 3 jun 10:42 remove_left_recursive.js
```

```
[~/pegjs-coffee-remove-left(master)]$ cat use_remove_left.coffee
```

```
PEG = require("./remove_left_recursive.js")
```

```
inputs = [
  "yxx"
  "y"
  "yxxx"
]
```

```
for input in inputs
  console.log("input = #{input}")
  r = PEG.parse input
  console.log("result = #{r}\n")
```

```
[~/pegjs-coffee-remove-left(master)]$ coffee use_remove_left.coffee
input = yxx
do_y(y)
do_x(y, x)
do_x(yx, x)
result = yxx

input = y
do_y(y)
result = y

input = yxxx
do_y(y)
do_x(y, x)
do_x(yx, x)
do_x(yxx, x)
result = yxxx
```

4.7. Eliminando la Recursividad por la Izquierda en la Calculadora

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat simple.pegjs
/* From the Wikipedia
Value  ← [0-9]+ / '(' Expr ')'
Product ← Value (('*' / '/' / '-') Value)*
Sum     ← Product (('+' / '-' / '^') Product)*
Expr    ← Sum
*/
{
  function reduce(left, right) {
    var sum = left;
    // console.log("sum = "+sum);
    for(var i = 0; i < right.length;i++) {
      var t = right[i];
      var op = t[0];
      var num = t[1];
      switch(op) {
        case '+' : sum += num; break;
        case '-' : sum -= num; break;
        case '*' : sum *= num; break;
        case '/' : sum /= num; break;
        default : console.log("Error! "+op);
      }
      // console.log("sum = "+sum);
    }
    return sum;
  }
}

sum  = left:product right:($[+-] product)* { return reduce(left, right); }
product = left:value right:($[*/] value)*   { return reduce(left, right); }
value  = number:$[0-9]+                      { return parseInt(number,10); }
      / '(' sum:sum ')'                      { return sum; }
```

Es posible especificar mediante llaves un código que este disponible dentro de las acciones semánti-

cas.

Ejecución:

```
[~/pegjs/examples(master)]$ cat use_simple.js
var PEG = require("./simple.js");
var r = PEG.parse("2-3-4");
console.log(r);
```

```
[~/pegjs/examples(master)]$ node use_simple.js
-5
```

Veamos otra ejecución:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat use_simple.js
var PEG = require("./simple.js");
var r = PEG.parse("2+3*(2+1)-10/2");
console.log(r);
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ ../bin/pegjs simple.pegjs
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ node use_simple.js
6
```

4.8. Eliminación de la Recursividad por la Izquierda y Atributos Heredados

La sección anterior da una forma sencilla de resolver el problema respetando la semántica. Si no se dispone de operadores de repetición la cosa se vuelve mas complicada. Las siguientes secciones muestran una solución para transformar un esquema de traducción recursivo por la izquierda en otro no recursivo por la izquierda respetando el orden en el que se ejecutan las acciones semánticas. Por último se ilustra como se puede aplicar esta técnica en `pegjs` (aunque obviamente es mucho mejor usar la ilustrada anteriormente).

4.8.1. Eliminación de la Recursión por la Izquierda en la Gramática

Es posible modificar la gramática para eliminar la recursión por la izquierda. En este apartado nos limitaremos al caso de recursión por la izquierda directa. La generalización al caso de recursión por la izquierda no-directa se reduce a la iteración de la solución propuesta para el caso directo.

Consideremos una variable A con dos producciones:

$$A \rightarrow A\alpha \mid \beta$$

donde $\alpha, \beta \in (V \cup \Sigma)^*$ no comienzan por A . Estas dos producciones pueden ser sustituidas por:

$$\begin{aligned} A &\rightarrow \beta R \\ R &\rightarrow \alpha R \mid \epsilon \end{aligned}$$

eliminando así la recursión por la izquierda.

Definición 4.8.1. La producción $R \rightarrow \alpha R$ se dice recursiva por la derecha.

Las producciones recursivas por la derecha dan lugar a árboles que se hunden hacia la derecha. Es mas difícil traducir desde esta clase de árboles operadores como el menos, que son asociativos a izquierdas.

Ejercicio 4.8.1. Elimine la recursión por la izquierda de la gramática

$expr \rightarrow expr - NUM$
 $expr \rightarrow NUM$

4.8.2. Eliminación de la Recursión por la Izquierda en un Esquema de Traducción

La eliminación de la recursión por la izquierda es sólo un paso: debe ser extendida a esquemas de traducción, de manera que no sólo se preserve el lenguaje sino la secuencia de acciones. Supongamos que tenemos un esquema de traducción de la forma:

$A \rightarrow A\alpha \quad \{ \text{alpha_action} \}$
 $A \rightarrow A\beta \quad \{ \text{beta_action} \}$
 $A \rightarrow \gamma \quad \{ \text{gamma_action} \}$

para una sentencia como $\gamma\beta\alpha$ la secuencia de acciones será:

`gamma_action beta_action alpha_action`

¿Cómo construir un esquema de traducción para la gramática resultante de eliminar la recursión por la izquierda que ejecute las acciones asociadas en el mismo orden?. Supongamos para simplificar, que las acciones no dependen de atributos ni computan atributos, sino que actúan sobre variables globales. En tal caso, la siguiente ubicación de las acciones da lugar a que se ejecuten en el mismo orden:

$A \rightarrow \gamma \{ \text{gamma_action} \} R$
 $R \rightarrow \beta \{ \text{beta_action} \} R$
 $R \rightarrow \alpha \{ \text{alpha_action} \} R$
 $R \rightarrow \epsilon$

Si hay atributos en juego, la estrategia para construir un esquema de traducción equivalente para la gramática resultante de eliminar la recursividad por la izquierda se complica. Consideremos de nuevo el esquema de traducción de infijo a postfijo de expresiones aritméticas de restas:

$expr \rightarrow expr_1 - NUM \quad \{ \$expr\{T\} = \$expr[1]\{T\} "." ".\$NUM\{VAL\}." - " \}$
 $expr \rightarrow NUM \quad \{ \$expr\{T\} = \$NUM\{VAL\} \}$

En este caso introducimos un atributo H para los nodos de la clase r el cuál acumula la traducción a postfijo hasta el momento. Observe como este atributo se computa en un nodo r a partir del correspondiente atributo del el padre y/o de los hermanos del nodo:

$expr \rightarrow NUM \{ \$r\{H\} = \$NUM\{VAL\} \} r \{ \$expr\{T\} = \$r\{T\} \}$
 $r \rightarrow -NUM \{ \$r_1\{H\} = \$r\{H\} "." ".\$NUM\{VAL\}." - " \} r_1 \{ \$r\{T\} = \$r_1\{T\} \}$
 $r \rightarrow \epsilon \{ \$r\{T\} = \$r\{H\} \}$

El atributo H es un ejemplo de atributo heredado.

4.8.3. Eliminación de la Recursividad por la Izquierda en PEGJS

PegJS no permite acciones intermedias. Tampoco se puede acceder al atributo de la parte izquierda. Por eso, a la hora de implantar la solución anterior debemos introducir variables sintácticas temporales que produzcan la palabra vacía y que vayan acompañadas de la acción semántica correspondiente.

Además nos obliga a usar variables visibles por todas las reglas semánticas para emular el acceso a los atributos de la parte izquierda de una regla de producción.

El siguiente ejemplo ilustra como eliminar la recursión por la izquierda respetando la asociatividad de la operación de diferencia:

```

[~/pegjs/examples(master)]$ cat inherited.pegjs
{
  var h = 0, number = 0;
}
e = NUMBER aux1 r      { return h; }
aux1 = /* empty */     { h = number; }

r =  '-' NUMBER  aux2 r { return h; }
    / /* empty */
aux2 = /* empty */     { h -= number; }

NUMBER = _ digits:[0-9]+ _ { number = parseInt(digits, 10); return number; }

_ = $[ \t\n\r]*

[~/pegjs/examples(master)]$ cat use_inherited.js
var PEG = require("./inherited.js");
var r = PEG.parse("2-1-1");
console.log(r);

var r = PEG.parse("4-2-1");
console.log(r);

var r = PEG.parse("2-3-1");
console.log(r);

[~/pegjs/examples(master)]$ pegjs inherited.pegjs
Referenced rule "$" does not exist.
[~/pegjs/examples(master)]$ ../bin/pegjs inherited.pegjs
[~/pegjs/examples(master)]$ node use_inherited.js
0
1
-2

```

4.9. **Dangling else:** Asociando un else con su if mas cercano

The dangling else is a problem in computer programming in which an optional `else` clause in an `If{then({else})}` statement results in nested conditionals being ambiguous.

Formally, the reference context-free grammar of the language is ambiguous, meaning there is more than one correct parse tree.

In many programming languages one may write conditionally executed code in two forms: the `if-then` form, and the `if-then-else` form – the `else` clause is optional:

```

if a then s
if a then s1 else s2

```

This gives rise to an ambiguity in interpretation when there are nested statements, specifically whenever an `if-then` form appears as `s1` in an `if-then-else` form:

```

if a then if b then s else s2

```

In this example, `s` is unambiguously executed when `a` is `true` and `b` is `true`, but one may interpret `s2` as being executed when `a` is `false`

- (thus attaching the `else` to the first `if`) or when

- a is true and b is false (thus attaching the else to the second if).

In other words, one may see the previous statement as either of the following expressions:

```
if a then (if b then s) else s2
```

or

```
if a then (if b then s else s2)
```

This is a problem that often comes up in compiler construction, especially scannerless parsing.

The convention when dealing with the dangling else is to attach the else to the nearby if statement.

Programming languages like Pascal and C follow this convention, so there is no ambiguity in the semantics of the language, though the use of a parser generator may lead to ambiguous grammars. In these cases **alternative grouping is accomplished by explicit blocks**, such as `begin...end` in Pascal and `{...}` in C.

Here follows a solution in PEG.js:

danglingelse.pegjs

```
$ cat danglingelse.pegjs
/*
S ← 'if' C 'then' S 'else' S / 'if' C 'then' S
*/

S =   if C:C then S1:S else S2:S { return [ 'ifthenelse', C, S1, S2 ]; }
      / if C:C then S:S           { return [ 'ifthen', C, S ]; }
      / 0                         { return '0'; }
_ = ' '*
C = _'c'_                         { return 'c'; }
0 = _'o'_                         { return 'o'; }
else = _'else'_
if = _'if'_
then = _'then'_
```

use_danglingelse.js

```
$ cat use_danglingelse.js
var PEG = require("./danglingelse.js");
var r = PEG.parse("if c then if c then o else o");
console.log(r);
```

Ejecución

```
$ ../bin/pegjs danglingelse.pegjs
$ node use_danglingelse.js
[ 'ifthen', 'c', [ 'ifthenelse', 'c', '0', '0' ] ]
```

Donde

- `[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples`

- `[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ git remote -v`
`dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (fetch)`
`dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (push)`
`origin git@github.com:crguezl/pegjs.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/pegjs.git (push)`
- `https://github.com/crguezl/pegjs/tree/master/examples`

4.10. Not Predicate: Comentarios Anidados

The following recursive PEG.js program matches Pascal-style nested comment syntax:

`(* which can (* nest *) like this *)`

Pascal_comments.pegjs

```
$ cat pascal_comments.pegjs
/* Pascal nested comments */
```

```
P      = prog:N+                { return prog; }
N      = chars:$(!Begin ANY)+   { return chars;}
      / C
C      = Begin chars:T* End      { return chars.join(''); }
T      = C
      / (!Begin !End char:ANY)   { return char;}
Begin  = '(*'
End    = '*)'
ANY    = 'z' /* any character */ { return 'z'; }
      / char:[^z]               { return char; }
```

use_pascal_comments.js

```
$ cat use_pascal_comments.js
var PEG = require("../pascal_comments.js");
var r = PEG.parse(
  "not bla bla (* pascal (* nested *) comment *)"+
  " pum pum (* another comment *)");
console.log(r);
```

Ejecución

```
$ ../bin/pegjs pascal_comments.pegjs
$ node use_pascal_comments.js
[ 'not bla bla ',
  ' pascal nested comment ',
  ' pum pum ',
  ' another comment ' ]
```

Donde

- `[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples`

- `[~/srcPLgrado/pegjs/examples(master)]$ git remote -v`
`dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (fetch)`
`dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (push)`
`origin git@github.com:crguezl/pegjs.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/pegjs.git (push)`
- `https://github.com/crguezl/pegjs/tree/master/examples`

4.11. Un Lenguaje Dependiente del Contexto

El lenguaje $\{a^n b^n c^n / n \in \mathcal{N}\}$ no puede ser expresado mediante una gramática independiente del contexto.

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat anbncn.pegjs
/*
The following parsing expression grammar describes the classic
non-context-free language :
    { anbncn / n >= 1 }

    S ← &(A 'c') 'a'+ B !('a'/'b'/'c')
    A ← 'a' A? 'b'
    B ← 'b' B? 'c'
*/

S = &(A 'c') 'a'+ B !('a'/'b'/'c')
A = 'a' A? 'b'
B = 'b' B? 'c'
```

Este ejemplo puede ser obtenido desde GitHub:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ git remote -v
dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (fetch)
dmajda https://github.com/dmajda/pegjs.git (push)
origin git@github.com:crguezl/pegjs.git (fetch)
origin git@github.com:crguezl/pegjs.git (push)
```

Veamos un ejemplo de uso:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ cat use_anbncn.js
var PEG = require("./anbncn.js");
var r = PEG.parse("aabbcc");
console.log(r);

try {
  r = PEG.parse("aabbcc");
  console.log(r);
}
catch (e) {
  console.log("Grr...."+e);
}
```

Ejecución:

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ ../bin/pegjs anbncn.pegjs
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ node use_anbncn.js
```

```
[ '', [ 'a', 'a' ], [ 'b', [ 'b', '', 'c' ], 'c' ], '' ]
```

```
Grr....SyntaxError: Expected "c" but end of input found.
```

4.12. Usando Pegjs con CoffeeScript

Instalación de pegjs-coffee-plugin

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs/examples(master)]$ sudo npm install -g pegjs-coffee-plugin
```

Ejemplo Sencillo

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ cat simple.pegjs
```

```
{
  @reduce = (left, right)->
    sum = left
    for t in right
      op = t[0]
      num = t[1]
      switch op
        when '+' then sum += num; break
        when '-' then sum -= num; break
        when '*' then sum *= num; break
        when '/' then sum /= num; break
        else console.log("Error! "+op)
    sum
}

sum = left:product right:([+-] product)* { @reduce(left, right); }
product = left:value right:([*/] value)* { @reduce(left, right); }
value = number:[0-9]+ { parseInt(number.join(''),10) }
/ '(' sum:sum ')' { sum }
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ cat use_simple.coffee
```

```
PEG = require("./simple.js")
r = PEG.parse("2+3*(2+1)-10/2")
console.log(r)
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ cat Rakefile
```

```
task :default do
  sh "pegcoffee simple.pegjs"
end

task :run do
  sh "coffee use_simple.coffee"
end
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ rake
pegcoffee simple.pegjs
```

```
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ rake run
coffee use_simple.coffee
```

6

Véase También

- pegjs-coffee-plugin en GitHub

4.13. Práctica: Analizador de PL0 Ampliado Usando PEG.js

Reescriba el analizador sintáctico del lenguaje PL0 realizado en la práctica 2.6 usando PEG.js .

Donde

- Repositorio en GitHub
- Despliegue en Heroku
- ```
[~/srcPLgrado/pegjscalc(master)]$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/pegjscalc
```
- ```
[~/srcPLgrado/pegjscalc(master)]$ git remote -v
heroku  git@heroku.com:pegjspl0.git (fetch)
heroku  git@heroku.com:pegjspl0.git (push)
origin  git@github.com:crguezl/pegjscalc.git (fetch)
origin  git@github.com:crguezl/pegjscalc.git (push)
```

Tareas

- Modifique `block` y `statement` para que los `procedure` reciban argumentos y las llamadas a procedimiento puedan pasar argumentos. Añada `if ... then ... else`
- Actualice la documentación de la gramática para que refleje la gramática ampliada
- Limite el número de programas que se pueden salvar a un número prefijado, por ejemplo 10. Si se intenta salvar uno se suprime uno al azar y se guarda el nuevo.
- Las pruebas deben comprobar que la asociatividad a izquierdas funciona bien y probar todos los constructos del lenguaje así como alguna situación de error

Referencias para esta Práctica

- Véase el capítulo *Heroku ??*
- Heroku Postgres
- Véase el capítulo *DataMapper ??*

4.14. Práctica: Ambigüedad en C++

This lab illustrates a problem that arises in C++. The C++ syntax does not disambiguate between expression statements (`stmt`) and declaration statements (`decl`). The ambiguity arises when an expression statement has a function-style cast as its left-most subexpression. Since C does not support function-style casts, this ambiguity does not occur in C programs. For example, the phrase

```
int (x) = y+z;
```

parses as either a `decl` or a `stmt`.

The disambiguation rule used in C++ is that *if the statement can be interpreted both as a declaration and as an expression, the statement is interpreted as a declaration statement*.

The following examples disambiguate into *expression* statements when the potential *declarator* is followed by an operator different from equal or semicolon (`type_spec` stands for a type specifier):

| expr | dec |
|--|---|
| <code>type_spec(i)++;</code>
<code>type_spec(i,3)<<d;</code>
<code>type_spec(i)->l=24;</code> | <code>type_spec(*i)(int);</code>
<code>type_spec(j)[5];</code>
<code>type_spec(m) = { 1, 2 };</code>
<code>type_spec(a);</code>
<code>type_spec(*b)();</code>
<code>type_spec(c)=23;</code>
<code>type_spec(d),e,f,g=0;</code>
<code>type_spec(h)(e,3);</code> |

Regarding to this problem, Bjarne Stroustrup remarks:

Consider analyzing a statement consisting of a sequence of tokens as follows:

`type_spec (dec_or_exp) tail`

Here `dec_or_exp` must be a declarator, an expression, or both for the statement to be legal. This implies that `tail` must be a semicolon, something that can follow a parenthesized declarator or something that can follow a parenthesized expression, that is, an initializer, `const`, `volatile`, `(`, `[`, or a postfix or infix operator. The general cases cannot be resolved without backtracking, nested grammars or similar advanced parsing strategies. In particular, the lookahead needed to disambiguate this case is not limited.

The following grammar depicts an oversimplified version of the C++ ambiguity:

```
$ cat CplusplusNested.y
%token ID INT NUM

%right '='
%left '+'

%%
prog:
    /* empty */
    | prog stmt
    ;

stmt:
    expr ';'
    | decl
    ;

expr:
    ID
    | NUM
    | INT '(' expr ')' /* typecast */
    | expr '+' expr
    | expr '=' expr
    ;

decl:
    INT declarator ';'
    ;
```

```

    | INT declarator '=' expr ';'
;

declarator:
    ID
    | '(' declarator ')'
;

%%

```

Escriba un programa PegJS en CoffeeScript que distinga correctamente entre declaraciones y sentencias. Este es un ejemplo de un programa que usa una solución al problema:

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/pegjs-coffee-plugin/examples(master)]$ cat use_cplusplus.coffee
PEG = require("./cplusplus.js")
input = "int (a); int c = int (b);"

r = PEG.parse(input)
console.log("input = '#{input}'\noutput="+JSON.stringify r)

input = "int b = 4+2 ; "
r = PEG.parse(input)
console.log("input = '#{input}'\noutput="+JSON.stringify r)

input = "bum = caf = 4-1;\n"
r = PEG.parse(input)
console.log("input = '#{input}'\noutput="+JSON.stringify r)

input = "b2 = int(4);"
r = PEG.parse(input)
console.log("input = '#{input}'\noutput="+JSON.stringify r)

input = "int(4);"
r = PEG.parse(input)
console.log("input = '#{input}'\noutput="+JSON.stringify r)

```

Y este un ejemplo de salida:

```

$ pegcoffee cplusplus.pegjs
$ coffee use_cplusplus.coffee
input = 'int (a); int c = int (b);'
output=["decl","decl"]
input = 'int b = 4+2 ; '
output=["decl"]
input = 'bum = caf = 4-1;'
,
output=["stmt"]
input = 'b2 = int(4);'
output=["stmt"]
input = 'int(4);'
output=["stmt"]

```

4.15. Práctica: Inventando un Lenguaje: Tortoise

El objetivo de esta práctica es crear un lenguaje de programación imperativa sencillo de estilo LOGO. Para ello lea el capítulo *Inventing a Language - Tortoise* del curso PL101: Create Your Own Programming

de Nathan Whitehead. Haga todos los ejercicios e implemente el lenguaje descrito.

Puede encontrar una solución a la práctica en GitHub en el repositorio pl101 de Dave Ingram. Úsela como guía cuando se sienta desorientado.

Recursos

- [Inventing a Language - Tortoise](#) por Nathan Whitehead
- Repositorio [dingram / pl101](#) en GitHub con las soluciones a esta práctica.
 - [Blog de dingram](#) (Dave Ingram)
- Repositorio [PatricxCR / PL101](#) en GitHub con las soluciones a esta práctica.
- Repositorio [Clinton N. Dreisbach / PL101](#) en GitHub con contenidos del curso PL101
- [Foro](#)
- Sobre Nathan Whitehead
 - [Nathan's Lessons](#)
 - [Nathan Whitehead](#) en GitHub
 - [Nathan](#) in YouTube

Capítulo 5

Análisis Sintáctico Ascendente en JavaScript

5.1. Conceptos Básicos para el Análisis Sintáctico

Suponemos que el lector de esta sección ha realizado con éxito un curso en teoría de autómatas y lenguajes formales. Las siguientes definiciones repasan los conceptos mas importantes.

Definición 5.1.1. Dado un conjunto A , se define A^* el cierre de Kleene de A como: $A^* = \bigcup_{n=0}^{\infty} A^n$. Se admite que $A^0 = \{\epsilon\}$, donde ϵ denota la palabra vacía, esto es la palabra que tiene longitud cero, formada por cero símbolos del conjunto base A .

Definición 5.1.2. Una gramática G es una cuaterna $G = (\Sigma, V, P, S)$. Σ es el conjunto de terminales. V es un conjunto (disjunto de Σ) que se denomina conjunto de variables sintácticas o categorías gramaticales, P es un conjunto de pares de $V \times (V \cup \Sigma)^*$. En vez de escribir un par usando la notación $(A, \alpha) \in P$ se escribe $A \rightarrow \alpha$. Un elemento de P se denomina producción. Por último, S es un símbolo del conjunto V que se denomina símbolo de arranque.

Definición 5.1.3. Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ y $\mu = \alpha A \beta \in (V \cup \Sigma)^*$ una frase formada por variables y terminales y $A \rightarrow \gamma$ una producción de P , decimos que μ deriva en un paso en $\alpha \gamma \beta$. Esto es, derivar una cadena $\alpha A \beta$ es sustituir una variable sintáctica A de V por la parte derecha γ de una de sus reglas de producción. Se dice que μ deriva en n pasos en δ si deriva en $n - 1$ pasos en una cadena $\alpha A \beta$ la cual deriva en un paso en δ . Se escribe entonces que $\mu \xRightarrow{*} \delta$. Una cadena deriva en 0 pasos en si misma.

Definición 5.1.4. Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ se denota por $L(G)$ o lenguaje generado por G al lenguaje:

$$L(G) = \{x \in \Sigma^* : S \xRightarrow{*} x\}$$

Esto es, el lenguaje generado por la gramática G esta formado por las cadenas de terminales que pueden ser derivados desde el símbolo de arranque.

Definición 5.1.5. Una derivación que comienza en el símbolo de arranque y termina en una secuencia formada por sólo terminales de Σ se dice completa.

Una derivación $\mu \xRightarrow{*} \delta$ en la cual en cada paso $\alpha A x$ la regla de producción aplicada $A \rightarrow \gamma$ se aplica en la variable sintáctica mas a la derecha se dice una derivación a derechas

Una derivación $\mu \xRightarrow{*} \delta$ en la cual en cada paso $x A \alpha$ la regla de producción aplicada $A \rightarrow \gamma$ se aplica en la variable sintáctica mas a la izquierda se dice una derivación a izquierdas

Definición 5.1.6. Observe que una derivación puede ser representada como un árbol cuyos nodos están etiquetados en $V \cup \Sigma$. La aplicación de la regla de producción $A \rightarrow \gamma$ se traduce en asignar como hijos del nodo etiquetado con A a los nodos etiquetados con los símbolos $X_1 \dots X_n$ que constituyen la frase $\gamma = X_1 \dots X_n$. Este árbol se llama árbol sintáctico concreto asociado con la derivación.

Definición 5.1.7. Observe que, dada una frase $x \in L(G)$ una derivación desde el símbolo de arranque da lugar a un árbol. Ese árbol tiene como raíz el símbolo de arranque y como hojas los terminales $x_1 \dots x_n$ que forman x . Dicho árbol se denomina árbol de análisis sintáctico concreto de x . Una derivación determina una forma de recorrido del árbol de análisis sintáctico concreto.

Definición 5.1.8. Una gramática G se dice ambigua si existe alguna frase $x \in L(G)$ con al menos dos árboles sintácticos. Es claro que esta definición es equivalente a afirmar que existe alguna frase $x \in L(G)$ para la cual existen dos derivaciones a izquierda (derecha) distintas.

5.1.1. Ejercicio

Dada la gramática con producciones:

```

program → declarations statements | statements
declarations → declaration ';' declarations | declaration ';'
declaration → INT idlist | STRING idlist
statements → statement ';' statements | statement
statement → ID '=' expression | P expression
expression → term '+' expression | term
term → factor '*' term | factor
factor → '(' expression ')' | ID | NUM | STR
idlist → ID ',' idlist | ID

```

En esta gramática, Σ esta formado por los caracteres entre comillas simples y los símbolos cuyos identificadores están en mayúsculas. Los restantes identificadores corresponden a elementos de V . El símbolo de arranque es $S = \text{program}$.

Conteste a las siguientes cuestiones:

1. Describa con palabras el lenguaje generado.
2. Construya el árbol de análisis sintáctico concreto para cuatro frases del lenguaje.
3. Señale a que recorridos del árbol corresponden las respectivas derivaciones a izquierda y a derecha en el apartado 2.
4. ¿Es ambigua esta gramática?. Justifique su respuesta.

5.2. Ejemplo Simple en Jison

Jison es un generador de analizadores sintácticos LALR. Otro analizador LALR es JS/CC.

Gramática

%%

```

S      : A
      ;
A      : /* empty */
      | A x
      ;

```

basic2_lex.jison

```

[~/jison/examples/basic2_lex(develop)]$ cat basic2_lex.jison
/* description: Basic grammar that contains a nullable A nonterminal. */

```

```
%lex
%%

\s+          { /* skip whitespace */}
[a-zA-Z_]\w*  {return 'x';}

/lex
```

```
%%

S  : A
    { return $1+" identifiers"; }
;
A  : /* empty */
    {
        console.log("starting");
        $$ = 0;
    }
  | A x {
        $$ = $1 + 1;
        console.log($$)
    }
;

```

index.html

```
$ cat basic2_lex.html
<!DOCTYPE HTML>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Jison</title>
    <link rel="stylesheet" href="global.css" type="text/css" media="screen" charset="utf-8" />
  </head>
  <body>
    <h1>basic2_lex demo</h1>
    <div id="content">
      <script src="jquery/jquery.js"></script>
      <script src="basic2_lex.js"></script>
      <script src="main.js"></script>
      <p>
        <input type="text" value="x x x x" /> <button>parse</button>
        <span id="output"></span> <!-- Output goes here! -->
      </p>
    </div>
  </body>
</html>
```

Rakefile

```
$ cat Rakefile
# install package:
#   sudo npm install beautifier
#
```

```
# more about beautifier:
#      https://github.com/rickeyski/node-beautifier

dec "compile the grammar basic2_lex_ugly.jison"
task :default => %w{basic2_lex_ugly.js} do
  sh "mv basic2_lex.js basic2_lex_ugly.js"
  sh "jsbeautify basic2_lex_ugly.js > basic2_lex.js"
  sh "rm -f basic2_lex_ugly.js"
end

file "basic2_lex_ugly.js" => %w{basic2_lex.jison} do
  sh "jison basic2_lex.jison -o basic2_lex.js"
end
```

1. node-beautifier

Véase También

1. JISON
2. Try Jison Examples
3. JavaScript 1.4 LR(1) Grammar 1999.
4. Creating a JavaScript Parser Una implementación de ECMAScript 5.1 usando Jison disponible en GitHub en <https://github.com/cjihrig/jsparser>. Puede probarse en: <http://www.cjihrig.com/development>
5. Bison on JavaScript por Rolando Perez
6. Slogo a language written using Jison
7. List of languages that compile to JS
8. Prototype of a Scannerless, Generalized Left-to-right Rightmost (SGLR) derivation parser for JavaScript

global.css

```
[~/jison/examples/basic2_lex(develop)]$ cat global.css
html *
{
  font-size: large;
  /* The !important ensures that nothing can override what you've set in this style (unless i
  font-family: Arial;
}

.thumb {
  height: 75px;
  border: 1px solid #000;
  margin: 10px 5px 0 0;
}

h1          { text-align: center; font-size: x-large; }
th, td      { vertical-align: top; text-align: left; }
/* #finaltable * { color: white; background-color: black; } */

/* #finaltable table { border-collapse: collapse; } */
```

```

/* #finaltable table, td { border:1px solid white; } */
#finaltable:hover td { background-color: blue; }
tr:nth-child(odd)    { background-color:#eee; }
tr:nth-child(even)   { background-color:#00FF66; }
input               { text-align: right; border: none;          } /* Align input to the right */
textarea           { border: outset; border-color: white;      }
table              { border: inset; border-color: white; }
.hidden            { display: none; }
.unhidden          { display: block; }
table.center       { margin-left:auto; margin-right:auto; }
#result            { border-color: red; }
tr.error           { background-color: red; }
pre.output         { background-color: white; }
span.repeated      { background-color: red }
span.header        { background-color: blue }
span.comments      { background-color: orange }
span.blanks        { background-color: green }
span.nameEqualValue { background-color: cyan }
span.error         { background-color: red }

body
{
  background-color:#b0c4de; /* blue */
}

```

5.2.1. Véase También

1. JISON
2. Try Jison Examples
3. JavaScript 1.4 LR(1) Grammar 1999.
4. Creating a JavaScript Parser Una implementación de ECAMScript 5.1 usando Jison disponible en GitHub en <https://github.com/cjihrig/jsparser>. Puede probarse en: <http://www.cjihrig.com/development>
5. Slogo a language written using Jison
6. List of languages that compile to JS
7. Prototype of a Scannerless, Generalized Left-to-right Rightmost (SGLR) derivation parser for JavaScript

5.2.2. Práctica: Secuencia de Asignaciones Simples

Modifique este ejemplo para que el lenguaje acepte una secuencia de sentencias de asignación de la forma `ID = NUM` separadas por puntos y comas, por ejemplo `a = 4; b = 4.56; c = -8.57e34`. El analizador retorna un hash/objeto cuyas claves son los identificadores y cuyos valores son los números. Clone el repositorio en <https://github.com/crguezl/jison-basic2>.

Modifique los analizadores léxico y sintáctico de forma conveniente.

Añada acciones semánticas para que el analizador devuelva una tabla de símbolos con los identificadores y sus valores.

5.3. Ejemplo en Jison: Calculadora Simple

1. Enlace al fork del proyecto jison de crguezl (GitHub)

calculator.json

```
[~/jison/examples/html_calc_example(develop)]$ cat calculator.json

/* description: Parses and executes mathematical expressions. */

/* lexical grammar */
%lex
%%

\s+                /* skip whitespace */
[0-9]+("."[0-9]+)?\b return 'NUMBER'
"*"               return '*'
"/"              return '/'
"_"              return '-'
"+"             return '+'
"^"             return '^'
"!"             return '!'
"%"             return '%'
"("             return '('
")"            return ')'
"PI"            return 'PI'
"E"            return 'E'
<<EOF>>        return 'EOF'
.              return 'INVALID'

/lex

/* operator associations and precedence */

%left '+' '-'
%left '*' '/'
%left '^'
%right '!'
%right '%'
%left UMINUS

%start expressions

%% /* language grammar */

expressions
: e EOF
    { typeof console !== 'undefined' ? console.log($1) : print($1);
      return $1; }
;

e
: e '+' e
    { $$ = $1+$3; }
| e '-' e
    { $$ = $1-$3; }
| e '*' e
    { $$ = $1*$3; }
```

```

| e '/' e
    {$$ = $1/$3;}
| e '^' e
    {$$ = Math.pow($1, $3);}
| e '!'
    {{
        $$ = (function fact (n) { return n==0 ? 1 : fact(n-1) * n } )($1);
    }}
| e '%'
    {$$ = $1/100;}
| '-' e %prec UMINUS
    {$$ = -$2;}
| '(' e ')'
    {$$ = $2;}
| NUMBER
    {$$ = Number(yytext);}
| E
    {$$ = Math.E;}
| PI
    {$$ = Math.PI;}
;

```

main.js

```

[~/jison/examples/html_calc_example(develop)]$ cat main.js
$(document).ready(function () {
    $("button").click(function () {
        try {
            var result = calculator.parse($("#input").val())
            $("#span").html(result);
        } catch (e) {
            $("#span").html(String(e));
        }
    });
});

```

calculator.html

```

[~/jison/examples/html_calc_example(develop)]$ cat calculator.html
<!DOCTYPE HTML>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Calc</title>
    <link rel="stylesheet" href="global.css" type="text/css" media="screen" charset="utf-8" />
  </head>
  <body>
    <h1>Calculator demo</h1>
    <div id="content">
      <script src="jquery/jquery.js"></script>
      <script src="calculator.js"></script>
      <script src="main.js"></script>
      <p>
        <input type="text" value="PI*4^2 + 5" /> <button>equals</button>
      </p>
    </div>
  </body>
</html>

```

```

        <span></span> <!-- Output goes here! -->
    </p>
</div>
</body>
</html>

```

Rakefile

```

[~/jisoncalc(clase)]$ cat Rakefile
task :default => %w{calcugly.js} do
  sh "jsbeautify calcugly.js > calculator.js"
  sh "rm -f calcugly.js"
end

file "calcugly.js" => %w{calculator.jison} do
  sh "jison calculator.jison calculator.l -o calculator.js; mv calculator.js calcugly.js"
end

task :testf do
  sh "open -a firefox test/test.html"
end

task :tests do
  sh "open -a safari test/test.html"
end

```

global.css

```

[~/jison/examples/html_calc_example(develop)]$ cat global.css
html *
{
    font-size: large;
    /* The !important ensures that nothing can override what you've set in this style (unless i
    font-family: Arial;
}

.thumb {
    height: 75px;
    border: 1px solid #000;
    margin: 10px 5px 0 0;
}

h1          { text-align: center; font-size: x-large; }
th, td      { vertical-align: top; text-align: left; }
/* #finaltable * { color: white; background-color: black; } */

/* #finaltable table { border-collapse: collapse; } */
/* #finaltable table, td { border: 1px solid white; } */
#finaltable: hover td { background-color: blue; }
tr:nth-child(odd)     { background-color: #eee; }
tr:nth-child(even)    { background-color: #00FF66; }
input                { text-align: right; border: none; } /* Align input to the right */
textarea            { border: outset; border-color: white; }
table                { border: inset; border-color: white; }

```

```
.hidden      { display: none; }
.unhidden    { display: block; }
table.center { margin-left:auto; margin-right:auto; }
#result      { border-color: red; }
tr.error     { background-color: red; }
pre.output   { background-color: white; }
span.repeated { background-color: red }
span.header  { background-color: blue }
span.comments { background-color: orange }
span.blanks  { background-color: green }
span.nameEqualValue { background-color: cyan }
span.error   { background-color: red }
```

```
body
{
  background-color:#b0c4de; /* blue */
}
```

test/assert.html

```
$ cat test/assert.js
var output = document.getElementById('output');

function assert( outcome, description) {
  var li = document.createElement('li');
  li.className = outcome ? 'pass' : 'fail';
  li.appendChild(document.createTextNode(description));

  output.appendChild(li);
};
```

test/test.css

```
~/jisoncalc(clase)]$ cat test/test.css
.pass:before {
  content: 'PASS: ';
  color: blue;
  font-weight: bold;
}

.fail:before {
  content: 'FAIL: ';
  color: red;
  font-weight: bold;
}
```

test/test.html

```
[~/jisoncalc(clase)]$ cat test/test.html
<!DOCTYPE HTML>
<html lang="en">
  <head>
    <meta charset="UTF-8">
```



```

<title>Testing Our Simple Calculator</title>
<link rel="stylesheet" href="test.css" />
<script type="text/javascript" src="../calculator.js"></script>

</head>
<body>
  <h1>Testing Our Simple Calculator
  </h1>

  <ul id="output"></ul>
  <script type="text/javascript" src="_____.js"></script>

  <script type="text/javascript">
    var r = _____.parse("a = 4*8");
    assert(_____, "a is 4*8");
    assert(_____, "32 == 4*8");
    r = calculator.parse("a = 4;\nb=a+1;\nc=b*2");
    assert(_____, "4 is the first computed result ");
    assert(_____, "a is 4");
    assert(_____, "b is 5");
    assert(_____, "c is 10");
  </script>
  See the NetTuts+ tutorial at <a href="http://net.tutsplus.com/tutorials/javascript-ajax/"
</body>
</html>

```

5.3.1. Práctica: Calculadora con Listas de Expresiones y Variables

Modifique la calculadora vista en la sección anterior 5.3 para que el lenguaje cumpla los siguientes requisitos:

- Extienda el lenguaje de la calculadora para que admita expresiones de asignación $a = 2*3$
- Extienda el lenguaje de la calculadora para que admita listas de sentencias $a = 2; b = a + 1$
- El analizador devuelve la lista de expresiones evaluadas y la tabla de símbolos (con las parejas variable-valor).
- Emita un mensaje de error específico si se intentan modificar las constantes π y e .
- Emita un mensaje de error específico si se intenta una división por cero
- Emita un mensaje de error específico si se intenta acceder para lectura a una variable no inicializada $a = c$
- El lenguaje debería admitir expresiones vacías, estos es secuencias consecutivas de puntos y comas sin producir error ($a = 4;;; b = 5$)
- Introduzca pruebas unitarias como las descritas en la sección ?? (*Quick Tip: Quick and Easy JavaScript Test*

5.4. Conceptos Básicos del Análisis LR

Los analizadores generados por `jison` entran en la categoría de analizadores *LR*. Estos analizadores construyen una derivación a derechas inversa (o *antiderivación*). De ahí la *R* en *LR* (del inglés *rightmost derivation*). El árbol sintáctico es construido de las hojas hacia la raíz, siendo el último paso en la antiderivación la construcción de la primera derivación desde el símbolo de arranque.

Empezaremos entonces considerando las frases que pueden aparecer en una derivación a derechas. Tales frases constituyen el *lenguaje de las formas sentenciales a derechas FSD*:

Definición 5.4.1. Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ no ambigua, se denota por *FSD* (*lenguaje de las formas Sentenciales a Derechas*) al lenguaje de las sentencias que aparecen en una derivación a derechas desde el símbolo de arranque.

$$FSD = \left\{ \alpha \in (\Sigma \cup V)^* : \exists S \xRightarrow[RM]{*} \alpha \right\}$$

Donde la notación *RM* indica una derivación a derechas (rightmost). Los elementos de *FSD* se llaman “formas sentenciales derechas”.

Dada una gramática no ambigua $G = (\Sigma, V, P, S)$ y una frase $x \in L(G)$ el proceso de antiderivación consiste en encontrar la última derivación a derechas que dió lugar a x . Esto es, si $x \in L(G)$ es porque existe una derivación a derechas de la forma

$$S \xRightarrow{*} yAz \Rightarrow ywz = x.$$

El problema es averiguar que regla $A \rightarrow w$ se aplicó y en que lugar de la cadena x se aplicó. En general, si queremos antiderivar una forma sentencial derecha $\beta\alpha w$ debemos averiguar por que regla $A \rightarrow \alpha$ seguir y en que lugar de la forma (después de β en el ejemplo) aplicarla.

$$S \xRightarrow{*} \beta Aw \Rightarrow \beta\alpha w.$$

La pareja formada por la regla y la posición se denomina *handle*, *mango* o *manecilla* de la forma. Esta denominación viene de la visualización gráfica de la regla de producción como una mano que nos permite escalar hacia arriba en el árbol. Los “dedos” serían los símbolos en la parte derecha de la regla de producción.

Definición 5.4.2. Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ no ambigua, y dada una forma sentencial derecha $\alpha = \beta\gamma x$, con $x \in \Sigma^*$, el mango o handle de α es la última producción/posición que dió lugar a α :

$$S \xRightarrow[RM]{*} \beta Bx \Rightarrow \beta\gamma x = \alpha$$

Escribiremos: $handle(\alpha) = (B \rightarrow \gamma, \beta\gamma)$. La función *handle* tiene dos componentes: $handle_1(\alpha) = B \rightarrow \gamma$ y $handle_2(\alpha) = \beta\gamma$

Si dispusiéramos de un procedimiento que fuera capaz de identificar el mango, esto es, de detectar la regla y el lugar en el que se posiciona, tendríamos un mecanismo para construir un analizador. Lo curioso es que, a menudo es posible encontrar un autómata finito que reconoce el lenguaje de los prefijos $\beta\gamma$ que terminan en el mango. Con mas precisión, del lenguaje:

Definición 5.4.3. El conjunto de prefijos viables de una gramática G se define como el conjunto:

$$PV = \left\{ \delta \in (\Sigma \cup V)^* : \exists S \xRightarrow[RM]{*} \alpha = \beta\gamma x \text{ y } \delta \text{ es un prefijo de } handle_2(\alpha) = \beta\gamma \right\}$$

Esto es, el lenguaje de los prefijos viables es el conjunto de frases que son prefijos de $handle_2(\alpha) = \beta\gamma$, siendo α una forma sentencial derecha ($\alpha \in FSD$). Los elementos de *PV* se denominan prefijos viables.

Obsérvese que si se dispone de un autómata que reconoce *PV* entonces se dispone de un mecanismo para investigar el lugar y el aspecto que pueda tener el mango. Si damos como entrada la sentencia $\alpha = \beta\gamma x$ a dicho autómata, el autómata aceptará la cadena $\beta\gamma$ pero rechazará cualquier extensión del prefijo. Ahora sabemos que el mango será alguna regla de producción de G cuya parte derecha sea un sufijo de $\beta\gamma$.

Definición 5.4.4. *El siguiente autómata finito no determinista puede ser utilizado para reconocer el lenguaje de los prefijos viables PV:*

- *Alfabeto = $V \cup \Sigma$*
- *Los estados del autómata se denominan $LR(0)$ items. Son parejas formadas por una regla de producción de la gramática y una posición en la parte derecha de la regla de producción. Por ejemplo, $(E \rightarrow E + E, 2)$ sería un $LR(0)$ item para la gramática de las expresiones.*

Conjunto de Estados:

$$Q = \{(A \rightarrow \alpha, n) : A \rightarrow \alpha \in P, n \leq |\alpha|\}$$

La notación $|\alpha|$ denota la longitud de la cadena $|\alpha|$. En vez de la notación $(A \rightarrow \alpha, n)$ escribiremos: $A \rightarrow \beta \uparrow \gamma = \alpha$, donde la flecha ocupa el lugar indicado por el número $n = |\beta|$:

- *La función de transición intenta conjeturar que partes derechas de reglas de producción son viables. El conjunto de estados actual del NFA representa el conjunto de pares (regla de producción, posición en la parte derecha) que tienen alguna posibilidad de ser aplicadas de acuerdo con la entrada procesada hasta el momento:*

$$\delta(A \rightarrow \alpha \uparrow X \beta, X) = A \rightarrow \alpha X \uparrow \beta \quad \forall X \in V \cup \Sigma$$

$$\delta(A \rightarrow \alpha \uparrow B \beta, \epsilon) = B \rightarrow \uparrow \gamma \quad \forall B \rightarrow \gamma \in P$$

- *Estado de arranque: Se añade la “superregla” $S' \rightarrow S$ a la gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$. El $LR(0)$ item $S' \rightarrow \uparrow S$ es el estado de arranque.*
- *Todos los estados definidos (salvo el de muerte) son de aceptación.*

Denotaremos por $LR(0)$ a este autómata. Sus estados se denominan $LR(0)$ – items. La idea es que este autómata nos ayuda a reconocer los prefijos viables PV.

Una vez que se tiene un autómata que reconoce los prefijos viables es posible construir un analizador sintáctico que construye una antiderivación a derechas. La estrategia consiste en “alimentar” el autómata con la forma sentencial derecha. El lugar en el que el autómata se detiene, rechazando indica el lugar exacto en el que termina el *handle* de dicha forma.

Ejemplo 5.4.1. *Consideremos la gramática:*

$$\begin{aligned} S &\rightarrow a S b \\ S &\rightarrow \epsilon \end{aligned}$$

El lenguaje generado por esta gramática es $L(G) = \{a^n b^n : n \geq 0\}$ Es bien sabido que el lenguaje $L(G)$ no es regular. La figura 5.1 muestra el autómata finito no determinista con ϵ -transiciones (NFA) que reconoce los prefijos viables de esta gramática, construido de acuerdo con el algoritmo 5.4.4.

Véase <https://github.com/crguezl/jison-aSb> para una implementación en Jison de una variante de esta gramática.

Ejercicio 5.4.1. *Simule el comportamiento del autómata sobre la entrada aabb. ¿Donde rechaza? ¿En que estados está el autómata en el momento del rechazo?. ¿Qué etiquetas tienen? Haga también las trazas del autómata para las entradas aaSbb y aSb. ¿Que antiderivación ha construido el autómata con sus sucesivos rechazos? ¿Que terminales se puede esperar que hayan en la entrada cuando se produce el rechazo del autómata?*



Figura 5.1: NFA que reconoce los prefijos viables

5.5. Construcción de las Tablas para el Análisis SLR

5.5.1. Los conjuntos de Primeros y Siguietes

Repasemos las nociones de conjuntos de *Primeros* y *siguietes*:

Definición 5.5.1. Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ y una frase $\alpha \in (V \cup \Sigma)^*$ se define el conjunto $FIRST(\alpha)$ como:

$$FIRST(\alpha) = \{b \in \Sigma : \alpha \xRightarrow{*} b\beta\} \cup N(\alpha)$$

donde:

$$N(\alpha) = \begin{cases} \{\epsilon\} & \text{si } \alpha \xRightarrow{*} \epsilon \\ \emptyset & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Definición 5.5.2. Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ y una variable $A \in V$ se define el conjunto $FOLLOW(A)$ como:

$$FOLLOW(A) = \{b \in \Sigma : \exists S \xRightarrow{*} \alpha Ab\beta\} \cup E(A)$$

donde

$$E(A) = \begin{cases} \{\$ \} & \text{si } S \xRightarrow{*} \alpha A \\ \emptyset & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Algoritmo 5.5.1. Construcción de los conjuntos $FIRST(X)$

1. Si $X \in \Sigma$ entonces $FIRST(X) = X$
2. Si $X \rightarrow \epsilon$ entonces $FIRST(X) = FIRST(X) \cup \{\epsilon\}$
3. Si $X \in V$ y $X \rightarrow Y_1 Y_2 \cdots Y_k \in P$ entonces

$i = 1;$

do

$FIRST(X) = FIRST(X) \cup FIRST(Y_i) - \{\epsilon\};$

$i++;$

mientras $(\epsilon \in FIRST(Y_i) \text{ and } (i \leq k))$

si $(\epsilon \in FIRST(Y_k) \text{ and } i > k)$ $FIRST(X) = FIRST(X) \cup \{\epsilon\}$

Este algoritmo puede ser extendido para calcular $FIRST(\alpha)$ para $\alpha = X_1 X_2 \cdots X_n \in (V \cup \Sigma)^*$.

Algoritmo 5.5.2. *Construcción del conjunto $FIRST(\alpha)$*

```

 $i = 1;$ 
 $FIRST(\alpha) = \emptyset;$ 
do
     $FIRST(\alpha) = FIRST(\alpha) \cup FIRST(X_i) - \{\epsilon\};$ 
     $i ++;$ 
mientras  $(\epsilon \in FIRST(X_i) \text{ and } (i \leq n))$ 
si  $(\epsilon \in FIRST(X_n) \text{ and } i > n)$   $FIRST(\alpha) = FIRST(X) \cup \{\epsilon\}$ 

```

Algoritmo 5.5.3. *Construcción de los conjuntos $FOLLOW(A)$ para las variables sintácticas $A \in V$: Repetir los siguientes pasos hasta que ninguno de los conjuntos $FOLLOW$ cambie:*

1. $FOLLOW(S) = \{\$ \}$ ($\$$ representa el final de la entrada)
2. Si $A \rightarrow \alpha B \beta$ entonces

$$FOLLOW(B) = FOLLOW(B) \cup (FIRST(\beta) - \{\epsilon\})$$

3. Si $A \rightarrow \alpha B$ o bien $A \rightarrow \alpha B \beta$ y $\epsilon \in FIRST(\beta)$ entonces

$$FOLLOW(B) = FOLLOW(B) \cup FOLLOW(A)$$

5.5.2. Construcción de las Tablas

Para la construcción de las tablas de un analizador SLR se construye el *autómata finito determinista* (DFA) (Q, Σ, δ, q_0) equivalente al NFA presentado en la sección 5.4 usando el *algoritmo de construcción del subconjunto*.

Como recordará, en la construcción del subconjunto, partiendo del estado de arranque q_0 del NFA con ϵ -transiciones se calcula su *clausura* $\overline{\{q_0\}}$ y las clausuras de los conjuntos de estados $\delta(\overline{\{q_0\}}, a)$ a los que transita. Se repite el proceso con los conjuntos resultantes hasta que no se introducen nuevos conjuntos-estado.

La clausura \overline{A} de un subconjunto de estados del autómata A esta formada por todos los estados que pueden ser alcanzados mediante transiciones etiquetadas con la palabra vacía (denominadas ϵ transiciones) desde los estados de A . Se incluyen en \overline{A} , naturalmente los estados de A .

$$\overline{A} = \{q \in Q / \exists q' \in A : \hat{\delta}(q', \epsilon) = q\}$$

Aquí $\hat{\delta}$ denota la *función de transición del autómata* extendida a cadenas de Σ^* .

$$\hat{\delta}(q, x) = \begin{cases} \delta(\hat{\delta}(q, y), a) & \text{si } x = ya \\ q & \text{si } x = \epsilon \end{cases} \quad (5.1)$$

En la práctica, y a partir de ahora así lo haremos, se prescinde de diferenciar entre δ y $\hat{\delta}$ usándose indistintamente la notación δ para ambas funciones.

La clausura puede ser computada usando una estructura de pila o aplicando la expresión recursiva dada en la ecuación 5.1.

Para el NFA mostrado en el ejemplo 5.4.1 el DFA construido mediante esta técnica es el que se muestra en la figura 5.3. Se ha utilizado el símbolo $\#$ como marcador. Se ha omitido el número 3 para que los estados coincidan en numeración con los generados por `jison` (véase el cuadro ??).



Figura 5.2: DFA equivalente al NFA de la figura 5.1

Un analizador sintáctico LR utiliza una tabla para su análisis. Esa tabla se construye a partir de la tabla de transiciones del DFA. De hecho, la tabla se divide en dos tablas, una llamada *tabla de saltos* o *tabla de gotos* y la otra *tabla de acciones*.

La tabla *goto* de un analizador *SLR* no es más que la tabla de transiciones del autómata DFA obtenido aplicando la construcción del subconjunto al NFA definido en 5.4.4. De hecho es la tabla de transiciones restringida a V (recuerde que el alfabeto del autómata es $V \cup \Sigma$, i denota al i -ésimo estado resultante de aplicar la construcción del subconjunto y que I_i denota al conjunto de LR(0) item asociado con dicho estado):

$$\delta_{|V \times Q} : V \times Q \rightarrow Q.$$

donde se define $goto(i, A) = \delta(A, I_i)$

La parte de la función de transiciones del DFA que corresponde a los terminales que no producen rechazo, esto es, $\delta_{|\Sigma \times Q} : \Sigma \times Q \rightarrow Q$ se adjunta a una tabla que se denomina *tabla de acciones*. La tabla de acciones es una tabla de doble entrada en los estados y en los símbolos de Σ . Las acciones de transición ante terminales se denominan *acciones de desplazamiento* o (*acciones shift*):

$$\delta_{|\Sigma \times Q} : \Sigma \times Q \rightarrow Q$$

donde se define $action(i, a) = shift \delta(a, I_i)$

Cuando un estado s contiene un LR(0)-item de la forma $A \rightarrow \alpha \uparrow$, esto es, el estado corresponde a un posible rechazo, ello indica que hemos llegado a un final del prefijo viable, que hemos visto α y que, por tanto, es probable que $A \rightarrow \alpha$ sea el *handle* de la forma sentencial derecha actual. Por tanto, añadiremos en entradas de la forma (s, a) de la tabla de acciones una acción que indique que hemos encontrado el mango en la posición actual y que la regla asociada es $A \rightarrow \alpha$. A una acción de este tipo se la denomina *acción de reducción*.

La cuestión es, ¿para que valores de $a \in \Sigma$ debemos disponer que la acción para (s, a) es de reducción?

Se define $action(i, a) = reduce A \rightarrow \alpha$ ¿Pero, para que $a \in \Sigma$?

Podríamos decidir que ante cualquier terminal $a \in \Sigma$ que produzca un rechazo del autómata, pero podemos ser un poco mas selectivos. No cualquier terminal puede estar en la entrada en el momento en el que se produce la antiderivación o reducción. Observemos que si $A \rightarrow \alpha$ es el *handle* de γ es porque:

$$\begin{array}{ccc} & * & * \\ \exists S & \xRightarrow{RM} & \beta A b x \xRightarrow{RM} \beta \alpha b x = \gamma \end{array}$$

Por tanto, cuando estamos reduciendo por $A \rightarrow \alpha$ los únicos terminales legales que cabe esperar en una reducción por $A \rightarrow \alpha$ son los terminales $b \in FOLLOW(A)$.

Se define $action(i, b) = reduce\ A \rightarrow \alpha$ Para $b \in FOLLOW(A)$

Dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$, podemos construir las tablas de acciones (*action table*) y transiciones (*gotos table*) mediante el siguiente algoritmo:

Algoritmo 5.5.4. *Construcción de Tablas SLR*

1. Utilizando el Algoritmo de Construcción del Subconjunto, se construye el Autómata Finito Determinista (DFA) $(Q, V \cup \Sigma, \delta, I_0, F)$ equivalente al Autómata Finito No Determinista (NFA) definido en 5.4.4. Sea $C = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ el conjunto de estados del DFA. Cada estado I_i es un conjunto de $LR(0)$ -items o estados del NFA. Asociemos un índice i con cada conjunto I_i .
2. La tabla de gotos no es más que la función de transición del autómata restringida a las variables de la gramática:

$$goto(i, A) = \delta(I_i, A) \text{ para todo } A \in V$$

3. Las acciones para el estado I_i se determinan como sigue:

a) Si $A \rightarrow \alpha \uparrow a \beta \in I_i$, $\delta(I_i, a) = I_j$, $a \in \Sigma$ entonces:

$$action[i][a] = shift\ j$$

b) Si $S' \rightarrow S \uparrow \in I_i$ entonces

$$action[i][\$] = accept$$

c) Para cualquier otro caso de la forma $A \rightarrow \alpha \uparrow \in I_i$ distinto del anterior hacer

$$\forall a \in FOLLOW(A) : action[i][a] = reduce\ A \rightarrow \alpha$$

4. Las entradas de la tabla de acción que queden indefinidas después de aplicado el proceso anterior corresponden a acciones de “error”.

Definición 5.5.3. Si alguna de las entradas de la tabla resulta multievaluada, decimos que existe un conflicto y que la gramática no es SLR.

1. En tal caso, si una de las acciones es de “reducción” y la otra es de “desplazamiento”, decimos que hay un conflicto shift-reduce o conflicto de desplazamiento-reducción.
2. Si las dos reglas indican una acción de reducción, decimos que tenemos un conflicto reduce-reduce o de reducción-reducción.

Ejemplo 5.5.1. Al aplicar el algoritmo 5.5.4 a la gramática 5.4.1

1	$S \rightarrow a S b$
2	$S \rightarrow \epsilon$

partiendo del autómata finito determinista que se construyó en la figura 5.3 y calculando los conjuntos de primeros y siguientes

	<i>FIRST</i>	<i>FOLLOW</i>
<i>S</i>	<i>a</i> , ϵ	<i>b</i> , $\$$

obtenemos la siguiente tabla de acciones SLR:

	<i>a</i>	<i>b</i>	$\$$
0	<i>s2</i>	<i>r2</i>	<i>r2</i>
1			aceptar
2	<i>s2</i>	<i>r2</i>	<i>r2</i>
4		<i>s5</i>	
5		<i>r1</i>	<i>r1</i>

Las entradas denotadas con *s n* (*s* por shift) indican un desplazamiento al estado *n*, las denotadas con *r n* (*r* por reduce o reducción) indican una operación de reducción o antiderivación por la regla *n*. Las entradas vacías corresponden a acciones de error.

El método de análisis *LALR* usado por `jison` es una extensión del método SLR esbozado aquí. Supone un compromiso entre potencia (conjunto de gramáticas englobadas) y eficiencia (cantidad de memoria utilizada, tiempo de proceso). Veamos como `jison` aplica la construcción del subconjunto a la gramática del ejemplo 5.4.1. Para ello construimos el siguiente programa `jison`:

```
[~/srcPLgrado/aSb(develop)]$ cat -n aSb.jison
 1 %lex
 2 %%
 3 .          { return yytext; }
 4 /lex
 5 %%
 6 P: S        { return $1; }
 7 ;
 8 S: /* empty */ { console.log("empty"); $$ = ''; }
 9   | 'a' S 'b' { console.log("S -> aSb"); $$ = $1+$2+$3; }
10 ;
11 %%
```

y lo compilamos con `jison`. Estas son las opciones disponibles:

```
nereida:[~/PLgradoBOOK(eps)]$ jison --help
```

```
Usage: jison [file] [lexfile] [options]
```

```
file          file containing a grammar
lexfile       file containing a lexical grammar
```

Options:

```
-o FILE, --outfile FILE      Filename and base module name of the generated parser
-t, --debug                  Debug mode
-t TYPE, --module-type TYPE  The type of module to generate (commonjs, amd, js)
-V, --version                 print version and exit
```

Desafortunadamente carece de la típica opción `-v` que permite generar las tablas de análisis. Podemos intentar usar `bison`, pero, obviamente, `bison` protesta ante la entrada:


```
[~/srcPLgrado/aSb(develop)]$ bison -v aSb.jison
aSb.jison:1.1-4: invalid directive: '%lex'
aSb.jison:3.1: syntax error, unexpected identifier
aSb.jison:4.1: invalid character: '/'
```

El error es causado por la presencia del analizador léxico empotrado en el fichero aSb.jison. Si suprimimos provisionalmente las líneas del analizador léxico empotrado, bison es capaz de analizar la gramática:

```
[~/srcPLgrado/aSb(develop)]$ bison -v aSb.jison
[~/srcPLgrado/aSb(develop)]$ ls -ltr | tail -1
-rw-rw-r-- 1 casiano staff 926 19 mar 13:29 aSb.output
```

Que tiene los siguientes contenidos:

```
[~/srcPLgrado/aSb(develop)]$ cat -n aSb.output
 1 Grammar
 2
 3     0 $accept: P $end
 4
 5     1 P: S
 6
 7     2 S: /* empty */
 8     3 | 'a' S 'b'
 9
10
11 Terminals, with rules where they appear
12
13 $end (0) 0
14 'a' (97) 3
15 'b' (98) 3
16 error (256)
17
18
19 Nonterminals, with rules where they appear
20
21 $accept (5)
22     on left: 0
23 P (6)
24     on left: 1, on right: 0
25 S (7)
26     on left: 2 3, on right: 1 3
27
28
29 state 0
30
31     0 $accept: . P $end
32
33     'a' shift, and go to state 1
34
35     $default reduce using rule 2 (S)
36
37     P go to state 2
38     S go to state 3
39
```

```

40
41 state 1
42
43     3 S: 'a' . S 'b'
44
45     'a' shift, and go to state 1
46
47     $default reduce using rule 2 (S)
48
49     S go to state 4
50
51
52 state 2
53
54     0 $accept: P . $end
55
56     $end shift, and go to state 5
57
58
59 state 3
60
61     1 P: S .
62
63     $default reduce using rule 1 (P)
64
65
66 state 4
67
68     3 S: 'a' S . 'b'
69
70     'b' shift, and go to state 6
71
72
73 state 5
74
75     0 $accept: P $end .
76
77     $default accept
78
79
80 state 6
81
82     3 S: 'a' S 'b' .
83
84     $default reduce using rule 3 (S)

```

Observe que el final de la entrada se denota por `$end` y el marcador en un LR-item por un punto. Fíjese en el estado 1: En ese estado están también los items

$$S \rightarrow . 'a' S 'b' \text{ y } S \rightarrow .$$

sin embargo no se explicitan por que se entiende que su pertenencia es consecuencia directa de aplicar la operación de clausura. Los LR items cuyo marcador no está al principio se denominan *items núcleo*.

5.6. Práctica: Analizador de PL0 Usando Jison

Reescriba el analizador sintáctico del lenguaje PL0 realizado en las prácticas 2.6 y 4.13 usando Jison .

Donde

- Repositorio en GitHub
- Despliegue en Heroku
- `[~/jison/jisoncalc(develop)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/jison/jisoncalc`
- `[~/jison/jisoncalc(develop)]$ git remote -v`
`heroku git@heroku.com:jisoncalc.git (fetch)`
`heroku git@heroku.com:jisoncalc.git (push)`
`origin git@github.com:crguezl/ull-etsii-grado-pl-jisoncalc.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/ull-etsii-grado-pl-jisoncalc.git (push)`

Tareas

- La salida debe ser el AST del programa de entrada
- Modifique `block` y `statement` para que los `procedure` reciban argumentos y las llamadas a procedimiento puedan pasar argumentos.
- Añada `if ... then ... else`
- Actualice la documentación de la gramática para que refleje la gramática ampliada
- Limite el número de programas que se pueden salvar a un número prefijado, por ejemplo 10. Si se intenta salvar uno se suprime uno al azar y se guarda el nuevo.
- Las pruebas deben comprobar que los AST generados reflejan la semántica del lenguaje así como alguna situación de error
- Sólo usuarios autenticados pueden salvar sus programas en la base de datos.
- Extienda la autenticación `OAuth` para que además de Google pueda hacerse con Twitter ó GitHub ó Facebook ó ... Sólo debe implementar una.
- Método de Entrega:
 - Use un repositorio privado en BitBucket o bien solicite al administrador del Centro de Cálculo un repositorio privado en GitHub.
 - Comparta dicho repositorio con sus colaboradores y con el profesor.
 - Suba la práctica al workshop/taller antes de la fecha límite
 - Cuando el taller pase a la fase de evaluación haga público su repositorio

Referencias para esta Práctica

- Véase el capítulo *OAuth: Google, Twitter, GitHub, Facebook ??*
- Véase *Intridea Omniauth* y *omniauth* en GitHub
- La gema *omniauth-google-oauth2*
- Google Developers Console

- Revoking Access to an App in Google
- La gema sinatra-flash
- Véase el capítulo *Heroku ??*
- Heroku Postgres
- Véase el capítulo *DataMapper ??*

5.7. Práctica: Análisis de Ámbito en PL0

Objetivos

- Modifique la práctica anterior para que cada nodo del tipo **PROCEDURE** disponga de una tabla de símbolos en la que se almacenan todos las constantes, variables y procedimientos declarados en el mismo.
- Existirá además una tabla de símbolos asociada con el nodo raíz que representa al programa principal.
- Las declaraciones de constantes y variables no crean nodo, sino que se incorporan como información a la tabla de símbolos del procedimiento actual
- Para una entrada de la tabla de símbolos `sym["a"]` se guarda que clase de objeto es: constante, variable, procedimiento, etc.
- Si es un procedimiento se guarda el número de argumentos
- Si es una constante se guarda su valor
- Cada uso de un identificador (constante, variable, procedimiento) tiene un atributo `declared_in` que referencia en que nodo se declaró
- Si un identificador es usado y no fué declarado es un error
- Si se trata de una llamada a procedimiento (se ha usado **CALL** y el identificador corresponde a un **PROCEDURE**) se comprobará que el número de argumentos coincide con el número de parámetros declarados en su definición
- Si es un identificador de una constante, es un error que sea usado en la parte izquierda de una asignación (que no sea la de su declaración)
- Base de Datos
 1. Guarde en una tabla el nombre de usuario que guardó un programa. Provea una ruta para ver los programas de un usuario.
 2. Un programa **belongs_to** un usuario. Un usuario **has** *n* programas. Vea la sección *DataMapper Association*
- Use la sección **issues** de su repositorio en GitHub para coordinarse así como para llevar un histórico de las incidencias y la forma en la que se resolvieron. Repase el tutorial *Mastering Issues*

5.8. Práctica: Traducción de Infijo a Postfijo

Modifique el programa Jison realizado en la práctica 5.3.1 para traducir de infijo a postfijo. Añada los operadores de comparación e igualdad. Por ejemplo

Infijo	Postfijo
a = 3+2*4	3 2 4 * + &a =
b = a == 11	a 11 == &b =

En estas traducciones la notación &a indica la dirección de la variable a y a indica el valor almacenado en la variable a.

Añada sentencias `if ... then` e `if ... then ... else`

Para realizar la traducción de estas sentencias añada instrucciones `jmp label` y `jmpz label` (por *jump if zero*) y etiquetas:

Infijo	Postfijo
a = (2+5)*3;	2 5 + 3 * &a = a 0 == jmpz else1
if a == 0 then b = 5 else b = 3;	5 &b = jmp endif0 :else1
c = b + 1;	3 &b = :endif0 b 1 + &c =

Parta del repositorio <https://github.com/crguezl/jison-simple-html-calc>.

5.9. Práctica: Calculadora con Funciones

Añada funciones y sentencias de llamada a función a la práctica de traducción de infijo a postfijo 5.8. Sigue un ejemplo de traducción:

```
def f(x) { x + 1 }
def g(a, b) { a * f(b) }
c = 3;
f(1+c);
g(3, 4)
```

```
:f      args :x
        $x
        1
        +
        return
:g      args :a,:b
        $a
        $b
        call :f
        *
        return
:main:
        3
        &c
        =
        1
        c
        +
        call :f
        3
        4
        call :g
```

- Las funciones retornan la última expresión evaluada
- Es un error llamar a una función con un número de argumentos distinto que el número de parámetros con el que fue declarada
- En la llamada, los argumentos se empujan en la pila. Después la instrucción `call :etiqueta` llama a la función con el nombre dado por la *etiqueta*
- Dentro de la función los argumentos se sitúan por encima del puntero base. La pseudo-instrucción `args`, `p1`, `p2`, ... da nombre a los parámetros empujados. Dentro del cuerpo de la función nos referimos a ellos prefijándolos con `$`.
- La instrucción `return` limpia la pila dejándola en su estado anterior y retorna la última expresión evaluada

5.10. Práctica: Calculadora con Análisis de Ámbito

Extienda la práctica anterior para que haga un análisis completo del ámbito de las variables.

- Añada declaraciones de variable con `var x`, `y = 1`, `z`. Las variables podrán opcionalmente ser inicializadas. Se considerará un error usar una variable no declarada.
- Modifique la gramática para que permita el anidamiento de funciones: funciones dentro de funciones.

```
var c = 4, d = 1, e;
def g(a, b) {
  var d, e;
  def f(u, v) { a + u + v + d }
  a * f(b, 2) + d + c
}
```

- Una declaración de variable en un ámbito anidado tapa a una declaración con el mismo nombre en el ámbito exterior.

<pre> var c = 4, d = 1, e; def g(a, b) { var d, e; # esta "d" tapa la d anterior def f(u, v) { a + u + v + d } a * f(b, 2) + d + c } </pre>	<pre> # global: var c,d,e :g.f \$a, 1 \$u, 0 + \$v, 0 + d, 1 + return :g \$a, 0 \$b, 0 2 call :g.f * d, 0 # acceder a la d en el ámbito actual + c, 1 + return </pre>
---	--

- Los nombres de funciones se traducen por una secuencia anidada de nombres que indican su ámbito. Así la función `f` anidada en `g` es traducida a la función con nombre `g.f`. Una función `h` anidada en una función `f` anidada en `g` es traducida a la función con nombre `g.f.h`
- Las variables además de su nombre (dirección/offset) reciben un entero adicional 0,1,2, ... que indica su nivel de anidamiento. El número de stack frames que hay que recorrer para llegar a la variable

```

$a, 1
$u, 0
+
$v, 0
+
d, 1
+

```

Así `$a, 1` significa acceder al parámetro `a` que está a distancia 1 del stack frame/ámbito actual y `$v, 0` es el parámetro `v` en el ámbito/stack frame actual

- El frame pointer o base pointer BP indica el nivel de anidamiento estático (en el fuente) de la rutina. Así cuando se va a buscar una variable local declarada en la rutina que anida la actual se recorre la lista de frames via BP o frame pointer tantas veces como el nivel de anidamiento indique.
- 1. Esto es lo que dice la Wikipedia sobre la implementación de llamadas a subrutinas anidadas:

Programming languages that support nested subroutines also have a field in the call frame that points to the stack frame of the latest activation of the procedure that most closely encapsulates the callee, i.e. the immediate scope of the callee. This is

called an access link or static link (as it keeps track of static nesting during dynamic and recursive calls) and provides the routine (as well as any other routines it may invoke) access to the local data of its encapsulating routines at every nesting level.

2. Esto es lo que dice sobre las ventajas de tener una pila y de almacenar la dirección de retorno y las variables locales:

When a subroutine is called, the location (address) of the instruction at which it can later resume needs to be saved somewhere. Using a stack to save the return address has important advantages over alternatives. One is that each task has its own stack, and thus the subroutine can be *reentrant*, that is, can be active simultaneously for different tasks doing different things. Another benefit is that *recursion* is automatically supported. When a function calls itself recursively, a return address needs to be stored for each activation of the function so that it can later be used to return from the function activation. This capability is automatic with a stack.

3. Almacenamiento local:

A subroutine frequently needs memory space for storing the values of local variables, the variables that are known only within the active subroutine and do not retain values after it returns. It is often convenient to allocate space for this use by simply moving the top of the stack by enough to provide the space. This is very fast compared to heap allocation. Note that each separate activation of a subroutine gets its own separate space in the stack for locals.

4. Parámetros:

Subroutines often require that values for parameters be supplied to them by the code which calls them, and it is not uncommon that space for these parameters may be laid out in the call stack.

The call stack works well as a place for these parameters, especially since each call to a subroutine, which will have differing values for parameters, will be given separate space on the call stack for those values.

5. Pila de Evaluación

Operands for arithmetic or logical operations are most often placed into registers and operated on there. However, in some situations the operands may be stacked up to an arbitrary depth, which means something more than registers must be used (this is the case of *register spilling*). The stack of such operands, rather like that in an RPN calculator, is called an *evaluation stack*, and may occupy space in the call stack.

6. Puntero a la instancia actual

Some object-oriented languages (e.g., C++), store the **this** pointer along with function arguments in the call stack when invoking methods. The **this pointer** points to the object instance associated with the method to be invoked.

- Los parámetros se siguen prefijando de \$ como en la práctica anterior

- Sigue un ejemplo de traducción:

<pre> var c = 4, d = 1, e; def f(x) { var y = 1; x + y } def g(a, b) { var d, e; def f(u, v) { a + u + v + d } a * f(b, 2) + d + c } c = 3; f(1+c); g(3, 4) </pre>	<pre> # global: var c, # f: args x # f: var y :f 1 &y, 0 = \$x, 0 y, 0 + return # g: args a,b # g: var d,e # g.f: args u,v :g.f \$a, 1 \$u, 0 + \$v, 0 + d, 1 + return :g \$a, 0 \$b, 0 2 call :g.f * d, 0 + c, 1 + return :main: 4 &c, 0 = 1 &d, 0 = 3 &c, 0 = 1 c, 0 + call :f 3 4 call :g </pre>
--	--

- Puede comenzar haciendo un fork del proyecto ull-etsii-grado-pl-infix2postfix en GitHub. Esta incompleto. Rellene las acciones semánticas que faltan; la mayoría relacionadas con el análisis de ámbito.
- - Una solución completa se encuentra en el proyecto `crguezl/jisoninfix2postfix`.
 - `[~/jison/jisoninfix2postfix(gh-pages)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/jison/jisoninfix2postfix`
 - `[~/jison/jisoninfix2postfix(gh-pages)]$ git remote -v`
`bitbucket ssh://git@bitbucket.org/casiano/jisoninfix2postfix.git (fetch)`
`bitbucket ssh://git@bitbucket.org/casiano/jisoninfix2postfix.git (push)`
`origin git@github.com:crguezl/jisoninfix2postfix.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/jisoninfix2postfix.git (push)`
- Veanse:
 - Véase COMP 3290 Compiler Construction Fall 2008 Notes/Symbol Tables
 - El capítulo Symbol Table Structure del libro de Muchnick Advanced Compiler Design Implementation [5]
 - El capítulo Symbol Table Structure del libro de Basics of Compiler Design de Torben Ægidius Mogensen [6]

5.11. Algoritmo de Análisis LR

Así pues la tabla de transiciones del autómata nos genera dos tablas: la tabla de acciones y la de saltos. El algoritmo de análisis sintáctico *LR* en el que se basa *jison* utiliza una pila y dos tablas para analizar la entrada. Como se ha visto, la tabla de acciones contiene cuatro tipo de acciones:

1. Desplazar (*shift*)
2. Reducir (*reduce*)
3. Aceptar
4. Error

El algoritmo utiliza una pila en la que se guardan los estados del autómata. De este modo se evita tener que “comenzar” el procesado de la forma sentencial derecha resultante después de una reducción (antiderivación).

Algoritmo 5.11.1. *Análizador LR*

```

push(s0);
b = yylex();
for( ; ; ) {
  s = top(0); a = b;
  switch (action[s][a]) {
    case "shift t" :
      t.attr = a.attr;
      push(t);
      b = yylex();
      break;
    case "reduce A ->alpha" :
      eval(Sem{A -> alpha}(top(|alpha|-1).attr, ... , top(0).attr));
      pop(|alpha|);
      push(goto[top(0)][A]);
      break;
  }
}

```

```

    case "accept" : return (1);
    default : yyerror("syntax error");
  }
}

```

- Como es habitual, $|x|$ denota la longitud de la cadena x .
- La función `top(k)` devuelve el elemento que ocupa la posición k desde el *top* de la pila (esto es, está a profundidad k).
- La función `pop(k)` extrae k elementos de la pila.
- La notación `state.attr` hace referencia al atributo asociado con cada estado, el cual desde el punto de vista del programador esta asociado con el correspondiente símbolo de la parte derecha de la regla. Nótese que cada estado que está en la pila es el resultado de una transición con un símbolo. El atributo de ese símbolo es guardado en el objeto estado cada vez que ocurre una transición.
- Denotamos por `Sem {reduce A -> alpha}` el código de la acción semántica asociada con la regla $A \rightarrow \alpha$.

Todos los analizadores LR comparten, salvo pequeñas excepciones, el mismo algoritmo de análisis. Lo que más los diferencia es la forma en la que construyen las tablas. En `jison` la construcción de las tablas de *acciones* y *gotos* se realiza por defecto mediante el algoritmo *LALR*.

5.12. El módulo Generado por `jison`

5.12.1. Version

En esta sección estudiamos el analizador generado por `Jison`:

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb(develop)]$ jison --version
0.4.2

```

5.12.2. Gramática Inicial

Veamos el módulo generado por `jison` para esta gramática:

```

[~/srcPLgrado/aSb(develop)]$ cat aSb.jison
%lex
%%
.          { return yytext; }
/lex
%%
S: /* empty */ { console.log("empty"); }
  | 'a' S 'b' { console.log("S -> aSb"); }
;
%%

```

5.12.3. Tablas

Esta es la primera parte del parser generado:

```

/* parser generated by jison 0.4.2 */
var aSb = (function() {
  var parser = {
    trace: function trace() {},

```

```

yy: {},
symbols_: {
    "$accept": 0, /* super-arranque $accept -> S */
    "$end": 1     /* end of input */
    "error": 2, /* numero para el símbolo 'error' */
    "S": 3,      /* numero para el símbolo 'S' */
    "a": 4,
    "b": 5,
},
/* array inverso de terminales */
terminals_: { /* numero -> terminal */
    2: "error",
    4: "a",
    5: "b"
},
productions_:
[0,
/* 1 */      [3, 0], /* S : vacio          simbolo,longitud de la parte derecha */
/* 2 */      [3, 3] /* S : a S b          simbolo,longitud */
],

```

5.12.4. Acciones Semánticas

Cada vez que se produce una acción de reducción esta función es llamada:

```

performAction: function anonymous(yytext, yyleng, yylineno, yy, yystate, $$, _$) {

    var $0 = $.length - 1;
    switch (yystate) { /* yystate: numero de regla de producción */
        case 1:
            console.log("empty");
            break;
        case 2:
            console.log("S -> aSb");
            break;
    }
},

```

- Parece que cuando se llama a este método **this** refiere a un objeto **yyval**. Este es el punto de llamada a la acción semántica dentro del parser generado por Jison. Puede encontrarse dentro del parser en el caso de un **switch** que corresponde a la acción de reducción:

```
r = this.performAction.call(yyval, yytext, yyleng, yylineno, this.yy, action[1], vstack, 1);
```

El método **call** nos permite invocar una función como si fuera un método de algún otro objeto. Véase la sección ??.

Este objeto **yyval** tiene dos atributos: **\$** y **_\$**.

- El atributo **\$** se corresponde con **\$\$** de la gramática (atributo de la variable sintactica en la parte izquierda)
 - El atributo **_\$** guarda información sobre la posición del último token leído.
- **yytext** parece contener el texto asociado con el token actual



Figura 5.3: DFA construido por Jison

- `yyleng` es la longitud del token actual
- `yylineno` es la línea actual (empezando en 0)
- `yy` es un objeto con dos atributos `lexer` y `parser`
- `yystate` es el estado actual
- `$$` parece ser un array/pila conteniendo los valores de los atributos asociados con los estados de la pila (`vstack` ¿Por value stack?)
- Así pues `$0` es el índice en `$0` del último elemento de `$$`. Por ejemplo, una acción semántica asociada con una regla `A : B C D` con tres elementos como:

`$$ = $1 + $2 + $3;`

Se traduce por:

```
this.$ = $$[$0 - 2] + $$[$0 - 1] + $$[$0];
```

- `_`\$ Es un array con la información sobre la localización de los símbolos (`lstack` ¿Por location stack?)

5.12.5. Tabla de Acciones y GOTOs

```
table: [{
/* 0 */    1: [2, 1],    /* En estado 0 viendo $end(1) reducir por S : vacio */
           3: 1,        /* En el estado 0 viendo S(3) ir al estado 1 */
           4: [1, 2]    /* Estado 0 viendo a(4) shift(1) al estado 2 */
        }, {
/* 1 */    1: [3]        /* En 1 viendo $end(1) aceptar */
        }, {
/* 2 */    3: 3,        /* En 2 viendo S ir a 3 */
           4: [1, 2],    /* En 2 viendo a(4) shift a 2 */
           5: [2, 1]    /* En 2 viendo b(5) reducir por regla 1: S -> vacio */
        }, {
/* 3 */    5: [1, 4]    /* En 3 viendo b(5) shift a 4 */
        }, {
/* 4 */    1: [2, 2],    /* En 4 viendo $end(1) reducir(2) por la 2: S -> aSb */
           5: [2, 2]    /* En 4 viendo b(5) reducir por la 2: S-> aSb */
        }
    ]
},
```

- La tabla es un array de objetos
- El índice de la tabla es el estado. En el ejemplo tenemos 5 estados
- El objeto/hash que es el valor contiene las acciones ante los símbolos.
 1. Los atributos/claves son los símbolos, los valores las acciones
 2. Las acciones son de dos tipos:
 - a) El número del estado al que se transita mediante la tabla `goto` cuando el símbolo es una variable sintáctica
 - b) Un par [`tipo de acción`, `estado o regla`]. Si el `tipo de acción` es 1 indica un `shift` al `estado` con ese número. Si el `tipo de acción` es 2 indica una reducción por la `regla` con ese número.
 3. Por ejemplo `table[0]` es

```
{
    1: [2, 1],    /* En estado 0 viendo $end(1) reducir(2) por S : vacio */
    3: 1,        /* En el estado 0 viendo S(3) ir (goto) al estado 1 */
    4: [1, 2]    /* Estado 0 viendo a(4) shift(1) al estado 2 */
}
```

5.12.6. defaultActions

```
defaultActions: {},
```

- `defaultActions` contiene las acciones por defecto.
- Después de la construcción de la tabla, Jison identifica para cada estado la reducción que tiene el conjunto de `lookaheads` mas grande. Para reducir el tamaño del parser, Jison puede decidir suprimir dicho conjunto y asignar esa reducción como acción del parser por defecto. Tal reducción se conoce como *reducción por defecto*.

- Esto puede verse en este segmento del código del parser:

```

while (true) {
    state = stack[stack.length - 1];
    if (this.defaultActions[state]) {
        action = this.defaultActions[state];
    } else {
        if (symbol === null || typeof symbol == "undefined") {
            symbol = lex();
        }
        action = table[state] && table[state][symbol];
    }
    ...
}

```

5.12.7. Reducciones

```

parse: function parse(input) {
    ...
    while (true) {
        state = stack[stack.length - 1];
        if (this.defaultActions[state]) {
            action = this.defaultActions[state];
        } else {
            if (symbol === null || typeof symbol == "undefined") {
                symbol = lex(); /* obtener siguiente token */
            }
            action = table[state] && table[state][symbol];
        }
        if (typeof action === "undefined" || !action.length || !action[0]) {
            ... // error
        }
        if (action[0] instanceof Array && action.length > 1) {
            throw new Error("Parse Error: multiple actions possible at state: ...")
        }
        switch (action[0]) {
            case 1:
                // shift
                ...
                break;
            case 2:
                // reduce
                len = this productions_[action[1]][1]; // longitud de la producción
                yyval.$ = vstack[vstack.length - len];
                yyval._$ = {
                    // datos de la posición
                    first_line: lstack[lstack.length - (len || 1)].first_line,
                    last_line: lstack[lstack.length - 1].last_line,
                    first_column: lstack[lstack.length - (len || 1)].first_column,
                    last_column: lstack[lstack.length - 1].last_column
                };
                ...
                r = this.performAction.call(yyval, yytext, yyleng, yylineno, this.yy, action[1]
                if (typeof r !== "undefined") {
                    return r; /* un return de algo distinto de undefined nos saca del parser */
                }
                if (len) {
                    /* retirar de las pilas */

```

```

        stack = stack.slice(0, - 1 * len * 2); /* simbolo, estado, simbolo, estad
        vstack = vstack.slice(0, - 1 * len);    /* retirar atributos */
        lstack = lstack.slice(0, - 1 * len);    /* retirar localizaciones */
    }
    stack.push(this productions_[action[1]][0]); /* empujemos el símbolo */
    vstack.push(yyval.$);                      /* empujemos valor semantico */
    lstack.push(yyval._$);                     /* empujemos localización */
    newState = table[stack[stack.length - 2]][stack[stack.length - 1]];
    stack.push(newState);                      /* empujemos goto[top][A]*/
    break;
case 3: // accept
    return true;
}
}
return true;
}

```

5.12.8. Desplazamientos/Shifts

```

parse: function parse(input) {
    ...
    while (true) {
        state = stack[stack.length - 1]; /* estado en el top de la pila */
        if (this.defaultActions[state]) { /* definida la acción por defecto? */
            action = this.defaultActions[state];
        } else {
            if (symbol === null || typeof symbol == "undefined") {
                symbol = lex(); /* obtener token */
            }
            action = table[state] && table[state][symbol]; /* obtener la acción para el estado */
        }
        if (typeof action === "undefined" || !action.length || !action[0]) {
            ... /* error */
        }
        if (action[0] instanceof Array && action.length > 1) {
            throw new Error("Parse Error: multiple actions possible at state: " + state + ", t
        }
        switch (action[0]) {
            case 1:
                stack.push(symbol); /* empujamos token */
                vstack.push(this.lexer.yytext); /* empujamos el atributo del token */
                lstack.push(this.lexer.yylloc); /* salvamos la localización del token */
                stack.push(action[1]); /* salvamos el estado */
                symbol = null;
                if (!preErrorSymbol) { /* si no hay errores ... */
                    yyleng = this.lexer.yyleng; /* actualizamos los atributos */
                    yytext = this.lexer.yytext; /* del objeto */
                    yylineno = this.lexer.yylineno;
                    yyloc = this.lexer.yylloc;
                    if (recovering > 0) recovering--; /* las cosas van mejor si hubieron error
                } else {
                    symbol = preErrorSymbol;
                    preErrorSymbol = null;
                }
            }
        }
    }
}

```



```

        break;
    case 2:
        ...
        break;
    case 3:
        return true;
    }
}
return true;
}

```

5.12.9. Manejo de Errores

```

while (true) {
    state = stack[stack.length - 1];
    if (this.defaultActions[state]) { action = this.defaultActions[state]; }
    else {
        if (symbol === null || typeof symbol == "undefined") { symbol = lex(); }
        action = table[state] && table[state][symbol];
    }
    if (typeof action === "undefined" || !action.length || !action[0]) {
        var errStr = "";
        if (!recovering) { /* recovering = en estado de recuperación de un error */
            expected = []; /* computemos los tokens esperados */
            for (p in table[state]) /* si el estado "state" transita con p */
                if (this.terminals_[p] && p > 2) { /* y "p" es un terminal no especial */
                    expected.push("'" + this.terminals_[p] + "'"); /* entonces es esperado */
                }
            if (this.lexer.showPosition) { /* si esta definida la función showPosition */
                errStr = "Parse error on line " + (yylineno + 1) +
                    ":\n" + this.lexer.showPosition() +
                    "\nExpecting " + expected.join(", ") +
                    ", got '" +
                    (this.terminals_[symbol] || symbol) + /* terminals_ es el array invertido */
                    "'"; /* numero -> terminal
            } else { /* ¡monta la cadena como puedas! */
                errStr = "Parse error on line " + (yylineno + 1) +
                    ": Unexpected " +
                    (symbol == 1 ? "end of input" : "'" +
                    (this.terminals_[symbol] || symbol) + "'");
            }
            this.parseError(errStr, { /* genera la excepción */
                text: this.lexer.match, /* hash/objeto conteniendo los detalles del */
                token: this.terminals_[symbol] || symbol, /* error */
                line: this.lexer.yylineno,
                loc: yyloc,
                expected: expected
            });
        }
    }
    if (action[0] instanceof Array && action.length > 1) {
        throw new Error("Parse Error: multiple actions possible at state: " + state + ", token: " + symbol);
    }
    ...
}

```

```
}
```

La función `parseError` genera una excepción:

```
parseError: function parseError(str, hash) {  
    throw new Error(str); /* El hash contiene info sobre el error: token, linea, etc.  
},
```

- `parseError` es llamada cada vez que ocurre un error sintáctico. `str` contiene la cadena con el mensaje de error del tipo: `Expecting something, got other thing`. `hash` contiene atributos como `expected`: el array de tokens esperados; `line` la línea implicada, `loc` una descripción de la localización detallada del punto/terminal en el que ocurre el error; etc.

5.12.10. Analizador Léxico

El analizador léxico:

```
/* generated by jison-lex 0.1.0 */  
var lexer = (function() {  
    var lexer = {  
        EOF: 1,  
        parseError: function parseError(str, hash) { /* manejo de errores léxicos */ },  
        setInput: function(input) { /* inicializar la entrada para el analizadorléxico */},  
        input: function() { /* ... */ },  
        unput: function(ch) { /* devolver al flujo de entrada */ },  
        more: function() { /* ... */ },  
        less: function(n) { /* ... */ },  
        pastInput: function() { /* ... */ },  
        upcomingInput: function() { /* ... */ },  
        showPosition: function() { /* ... */ },  
        next: function() {  
            if (this.done) { return this.EOF; }  
            if (!this._input) this.done = true;  
  
            var token, match, tempMatch, index, col, lines;  
            if (!this._more) { this.yytext = ''; this.match = ''; }  
            var rules = this._currentRules();  
            for (var i = 0; i < rules.length; i++) {  
                tempMatch = this._input.match(this.rules[rules[i]]);  
                if (tempMatch && (!match || tempMatch[0].length > match[0].length)) {  
                    match = tempMatch;  
                    index = i;  
                    if (!this.options.flex) break;  
                }  
            }  
            if (match) {  
                lines = match[0].match(/(?:\r\n?|\n).*/g);  
                if (lines) this.yylineno += lines.length;  
                this.yylloc = {  
                    first_line: this.yylloc.last_line,  
                    last_line: this.yylineno + 1,  
                    first_column: this.yylloc.last_column,  
                    last_column:  
                        lines ? lines[lines.length - 1].length -  
                            lines[lines.length - 1].match(/\r?\n?/)[0].length
```

```

        :
        this.yylloc.last_column + match[0].length
    };
    this.yytext += match[0];
    this.match += match[0];
    this.matches = match;
    this.yyleng = this.yytext.length;
    if (this.options.ranges) {
        this.yylloc.range = [this.offset, this.offset += this.yyleng];
    }
    this._more = false;
    this._input = this._input.slice(match[0].length);
    this.matched += match[0];
    token = this.performAction.call(
        this,
        this.yy,
        this,
        rules[index],
        this.conditionStack[this.conditionStack.length - 1]
    );
    if (this.done && this._input) this.done = false;
    if (token) return token;
    else return;
}
if (this._input === "") { return this.EOF; }
else {
    return this.parseError(
        'Lexical error on line ' + (this.yylineno + 1) +
        '. Unrecognized text.\n' + this.showPosition(),
        { text: "", token: null, line: this.yylineno }
    );
}
},
lex: function lex() {
    var r = this.next();
    if (typeof r !== 'undefined') {
        return r;
    } else {
        return this.lex();
    }
},
begin: function begin(condition) { },
popState: function popState() { },
_currentRules: function _currentRules() { },
topState: function() { },
pushState: function begin(condition) { },
options: {},
performAction: function anonymous(yy, yy_, $avoiding_name_collisions, YY_START)
{
    var YYSTATE = YY_START;
    switch ($avoiding_name_collisions) {
        case 0:
            return yy_.yytext;
    }
}

```

```

        break;
    }
},
rules: [/^(?:.)/], /* lista de expresiones regulares */
conditions: { /* ... */ }
}
};

```

5.12.11. Exportación

Si no ha sido exportado ya ...

```

if (typeof require !== 'undefined' && typeof exports !== 'undefined') {
    exports.parser = aSb;          /* hacemos accesible el objeto aSb */
    exports.Parser = aSb.Parser;
}

```

El objeto `aSb.Parser` representa al parser. Este es el código que lo crea.

```

function Parser() {
    this.yy = {};
}
Parser.prototype = parser;
parser.Parser = Parser;
return new Parser;
})();

```

También se exporta una función `parse`:

```

exports.parse = function() {
    return aSb.parse.apply(aSb, arguments);
};

```

y una función `main`:

```

exports.main = function commonjsMain(args) {
    if (!args[1]) {
        console.log('Usage: ' + args[0] + ' FILE');
        process.exit(1);
    }
    var source = require('fs').readFileSync(require('path').normalize(args[1]), "utf8");
    return exports.parser.parse(source);
};
if (typeof module !== 'undefined' && require.main === module) {
    exports.main(process.argv.slice(1));
}
}

```

Esto permite ejecutar el módulo directamente:

```

[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb(develop)]$ node aSb.js input.ab
empty
S -> aSb
S -> aSb
[~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb(develop)]$ cat input.ab
aabb

```

```

~/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb(develop)]$ node debug aSb.js input.ab
< debugger listening on port 5858
connecting... ok
break in aSb.js:2
  1 /* parser generated by jison 0.4.2 */
  2 var aSb = (function() {
  3     var parser = {
  4         trace: function trace() {},
debug> n
break in aSb.js:390
 388     return new Parser;
 389 })();
 390 if (typeof require !== 'undefined' && typeof exports !== 'undefined') {
 391     exports.parser = aSb;
 392     exports.Parser = aSb.Parser;

debug> repl
Press Ctrl + C to leave debug repl
>
> typeof require
'function'
> typeof exports
'object'
> aSb
{ yy: {} }
> aSb.Parser
[Function]
^C
debug> sb(396)
 395     };
debug> c
break in aSb.js:396
 394     return aSb.parse.apply(aSb, arguments);
 395     };
*396     exports.main = function commonjsMain(args) {
 397         if (!args[1]) {
 398             console.log('Usage: ' + args[0] + ' FILE');
debug> n
break in aSb.js:404
 402     return exports.parser.parse(source);
 403     };
 404     if (typeof module !== 'undefined' && require.main === module) {
 405         exports.main(process.argv.slice(1));
 406     }
debug> repl
Press Ctrl + C to leave debug repl
> process.argv.slice(1)
[ '/Users/casiano/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb/aSb.js',
  'input.ab' ]
> typeof module
'object'
> require.main
{ id: '.',
  exports:

```

```

    { parser: { yy: {} },
      Parser: [Function],
      parse: [Function],
      main: [Function] },
    parent: null,
    filename: '/Users/casiano/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb/aSb.js',
    loaded: false,
    children: [],
    paths:
      [ '/Users/casiano/Dropbox/src/javascript/PLgrado/jison-aSb/node_modules',
        '/Users/casiano/Dropbox/src/javascript/PLgrado/node_modules',
        '/Users/casiano/Dropbox/src/javascript/node_modules',
        '/Users/casiano/Dropbox/src/node_modules',
        '/Users/casiano/Dropbox/node_modules',
        '/Users/casiano/node_modules',
        '/Users/node_modules',
        '/node_modules' ] }
^C
debug> n
break in aSb.js:405
403     };
404     if (typeof module !== 'undefined' && require.main === module) {
405         exports.main(process.argv.slice(1));
406     }
407 }
debug> n
< empty
< S -> aSb
< S -> aSb
break in aSb.js:409
407 }
408
409 });
debug> c
program terminated
debug>

```

5.13. Precedencia y Asociatividad

Recordemos que si al construir la tabla LALR, alguna de las entradas de la tabla resulta multievaluada, decimos que existe un conflicto. Si una de las acciones es de ‘reducción’ y la otra es de ‘desplazamiento’, se dice que hay un *conflicto shift-reduce* o *conflicto de desplazamiento-reducción*. Si las dos reglas indican una acción de reducción, decimos que tenemos un *conflicto reduce-reduce* o de *reducción-reducción*. En caso de que no existan indicaciones específicas *jison* resuelve los conflictos que aparecen en la construcción de la tabla utilizando las siguientes reglas:

1. Un conflicto *reduce-reduce* se resuelve eligiendo la producción que se listó primero en la especificación de la gramática.
2. Un conflicto *shift-reduce* se resuelve siempre en favor del *shift*

Las declaraciones de precedencia y asociatividad mediante las palabras reservadas `%left`, `%right`, `%nonassoc` se utilizan para modificar estos criterios por defecto. La declaración de `token s` mediante

la palabra reservada `%token` no modifica la precedencia. Si lo hacen las declaraciones realizadas usando las palabras `left`, `right` y `nonassoc`.

1. Los *tokens* declarados en la misma línea tienen igual precedencia e igual asociatividad. La precedencia es mayor cuanto mas abajo su posición en el texto. Así, en el ejemplo de la calculadora en la sección ??, el *token* `*` tiene mayor precedencia que `+` pero la misma que `/`.
2. La precedencia de una regla $A \rightarrow \alpha$ se define como la del terminal mas a la derecha que aparece en α . En el ejemplo, la producción

$$\text{expr} : \text{expr} \text{ '+' } \text{expr}$$

tiene la precedencia del *token* `+`.

3. Para decidir en un conflicto *shift-reduce* se comparan la precedencia de la regla con la del terminal que va a ser desplazado. Si la de la regla es mayor se reduce si la del *token* es mayor, se desplaza.
4. Si en un conflicto *shift-reduce* ambos la regla y el terminal que va a ser desplazado tiene la misma precedencia *jison* considera la asociatividad, si es asociativa a izquierdas, reduce y si es asociativa a derechas desplaza. Si no es asociativa, genera un mensaje de error.
Obsérvese que, en esta situación, la asociatividad de la regla y la del *token* han de ser por fuerza, las mismas. Ello es así, porque en *jison* los *tokens* con la misma precedencia se declaran en la misma línea y sólo se permite una declaración por línea.
5. Por tanto es imposible declarar dos tokens con diferente asociatividad y la misma precedencia.
6. Es posible modificar la precedencia “natural” de una regla, calificándola con un *token* específico. para ello se escribe a la derecha de la regla `prec token`, donde `token` es un *token* con la precedencia que deseamos. Vea el uso del *token dummy* en el siguiente ejercicio.

Para ilustrar las reglas anteriores usaremos el siguiente programa *jison*:

```
[~/jison/jison-prec(ast)]$ cat -n precedencia.jison
1  %token NUMBER
2  %left '@'
3  %right '&' dummy
4  %%
5  s
6      : list      { console.log($list); }
7      ;
8
9  list
10     :
11         {
12             $$ = [];
13         }
14     | list '\n'
15         {
16             $$ = $1;
17         }
18     | list e
19         {
20             $$ = $1;
21             $$ .push($e);
22         }
```

```

23      ;
24
25  e : NUMBER
26      {
27      $$ = "NUMBER (" + yytext + ")";
28      }
29  | e '&' e
30      {
31      $$ = [ "&", $e1, $e2 ];
32      }
33  | e '@' e %prec dummy
34      {
35      $$ = ["@", $e1, $e2 ];
36      }
37      ;
38
39  %%

```

Obsérvese la siguiente ejecución:

```

[~/jison/jison-prec(ast)]$ cat input.txt
2@3@4
2&3&4
[~/jison/jison-prec(ast)]$ node precedencia.js input.txt
[ [ '@', [ '@', 'NUMBER (2)', 'NUMBER (3)' ], 'NUMBER (4)' ],
  [ '&', 'NUMBER (2)', [ '&', 'NUMBER (3)', 'NUMBER (4)' ] ] ]

```

Compilamos a continuación con `bison` usando la opción `-v` para producir información sobre los conflictos y las tablas de salto y de acciones:

```

[~/jison/jison-prec(ast)]$ bison -v precedencia.jison
precedencia.jison:6.31: warning: stray '$'
precedencia.jison:21.27: warning: stray '$'
precedencia.jison:31.31: warning: stray '$'
precedencia.jison:31.36: warning: stray '$'
precedencia.jison:35.30: warning: stray '$'
precedencia.jison:35.35: warning: stray '$'

```

La opción `-v` genera el fichero `Precedencia.output` el cual contiene información detallada sobre el autómata:

```

[~/jison/jison-prec(ast)]$ cat precedencia.output
Grammar

0 $accept: s $end

1 s: list

2 list: /* empty */
3     | list '\n'
4     | list e

5 e: NUMBER
6   | e '&' e
7   | e '@' e

```


Terminals, with rules where they appear

```
$end (0) 0
'\n' (10) 3
'&' (38) 6
'@' (64) 7
error (256)
NUMBER (258) 5
dummy (259)
```

Nonterminals, with rules where they appear

```
$accept (8)
    on left: 0
s (9)
    on left: 1, on right: 0
list (10)
    on left: 2 3 4, on right: 1 3 4
e (11)
    on left: 5 6 7, on right: 4 6 7
```

state 0

```
0 $accept: . s $end

$default  reduce using rule 2 (list)

s      go to state 1
list   go to state 2
```

state 1

```
0 $accept: s . $end

$end  shift, and go to state 3
```

state 2

```
1 s: list .
3 list: list . '\n'
4      | list . e

NUMBER  shift, and go to state 4
'\n'    shift, and go to state 5

$default  reduce using rule 1 (s)
```

e go to state 6

state 3

0 \$accept: s \$end .

\$default accept

state 4

5 e: NUMBER .

\$default reduce using rule 5 (e)

state 5

3 list: list '\n' .

\$default reduce using rule 3 (list)

state 6

4 list: list e .

6 e: e . '&' e

7 | e . '@' e

'@' shift, and go to state 7

'&' shift, and go to state 8

\$default reduce using rule 4 (list)

state 7

7 e: e '@' . e

NUMBER shift, and go to state 4

e go to state 9

state 8

6 e: e '&' . e

NUMBER shift, and go to state 4

e go to state 10

state 9

```
6 e: e . '&' e
7 | e . '@' e
7 | e '@' e .
```

'&' shift, and go to state 8

\$default reduce using rule 7 (e)

state 10

```
6 e: e . '&' e
6 | e '&' e .
7 | e . '@' e
```

'&' shift, and go to state 8

\$default reduce using rule 6 (e)

La presencia de conflictos, aunque no siempre, en muchos casos es debida a la introducción de ambigüedad en la gramática. Si el conflicto es de desplazamiento-reducción se puede resolver explicitando alguna regla que rompa la ambigüedad. Los conflictos de reducción-reducción suelen producirse por un diseño erróneo de la gramática. En tales casos, suele ser mas adecuado modificar la gramática.

5.14. Esquemas de Traducción

Un *esquema de traducción* es una gramática independiente del contexto en la cuál se han asociado atributos a los símbolos de la gramática. Un atributo queda caracterizado por un identificador o nombre y un tipo o clase. Además se han insertado acciones, esto es, código JavaScript/Perl/Python/C, ... en medio de las partes derechas. En ese código es posible referenciar los atributos de los símbolos de la gramática como variables del lenguaje subyacente.

Recuerde que el orden en que se evalúan los fragmentos de código es el de un recorrido primero-profundo del árbol de análisis sintáctico. Mas específicamente, considerando a las acciones como hijos-hoja del nodo, el recorrido que realiza un esquema de traducción es:

```
1 function esquema_de_traduccion(node) {
2
3     for(c in node.children) { # de izquierda a derecha
4         child = node.children[i];
5         if (child instanceof 'SemanticAction') { # si es una acción semántica
6             child.execute;
7         }
8         else { esquema_de_traduccion(child) }
9     }
10 }
```

Obsérvese que, como el bucle recorre a los hijos de izquierda a derecha, se debe dar la siguiente condición para que un esquema de traducción funcione:

Para cualquier regla de producción aumentada con acciones, de la forma

$$A \rightarrow X_1 \dots X_j \{ \text{action}(A\{b\}, X_1\{c\} \dots X_n\{d\}) \} X_{j+1} \dots X_n$$

debe ocurrir que los atributos evaluados en la acción insertada después de X_j dependan de atributos y variables que fueron computadas durante la visita de los hermanos izquierdos o de sus ancestros. En particular no deberían depender de atributos asociados con las variables $X_{j+1} \dots X_n$. Ello no significa que no sea correcto evaluar atributos de $X_{j+1} \dots X_n$ en esa acción.

Por ejemplo, el siguiente esquema no satisface el requisito:



porque cuando vas a ejecutar la acción $\{ \text{console.log}(A.in) \}$ el atributo $A.in$ no ha sido computado.

Los atributos de cada símbolo de la gramática $X \in V \cup \Sigma$ se dividen en dos grupos disjuntos: *atributos sintetizados* y *atributos heredados*:

- Un atributo de X es un *atributo heredado* si depende de atributos de su padre y hermanos en el árbol.
- Un *atributo sintetizado* es aquél tal que el valor del atributo depende de los valores de los atributos de los hijos, es decir en tal caso X ha de ser una variable sintáctica y los atributos en la parte derecha de la regla semántica deben ser atributos de símbolos en la parte derecha de la regla de producción asociada.

5.15. Manejo en jison de Atributos Heredados

Supongamos que **jison** esta inmerso en la construcción de la antiderivación a derechas y que la forma sentencial derecha en ese momento es:

$$X_m \dots X_1 X_0 Y_1 \dots Y_n a_1 \dots a_0$$

y que el mango es $B \rightarrow Y_1 \dots Y_n$ y en la entrada quedan por procesar $a_1 \dots a_0$.

No es posible acceder en **jison** a los valores de los atributos de los estados en la pila del analizador que se encuentran “por debajo” o si se quiere “a la izquierda” de los estados asociados con la regla por la que se reduce.

Vamos a usar un pequeño hack para acceder a los atributos asociados con símbolos vistos en el pasado remoto”:

```
[~/jison/jison-inherited(grammar)]$ cat inherited.jison
%lex
%%
```

```

\s+                {}
(global|local|integer|float) { return yytext; }
[a-zA-Z_]\w*       { return 'id'; }
.                  { return yytext; }
/lex
%%
D
  : C T L
  ;

C
  : global
  | local
  ;

T
  : integer
  | float
  ;

L
  : L ',' id {
      console.log("L -> L ',' id (" + yytext + ")");
      var s = eval('$$');
      console.log(s);
    }
  | id {
      console.log("L -> id (" + yytext + ")");
      var s = eval('$$');
      console.log(s);
    }
  ;
%%

```

Veamos un ejemplo de ejecución:

```

[~/jison/jison-inherited(grammar)]$ cat input.txt
global integer a, b, c
[~/jison/jison-inherited(grammar)]$ node inherited.js input.txt
L -> id (a)
[ null, 'global', 'integer', 'a' ]
L -> L ',' id (b)
[ null, 'global', 'integer', 'a', ',', 'b' ]
L -> L ',' id (c)
[ null, 'global', 'integer', 'a', ',', 'c' ]

```

Esta forma de acceder a los atributos es especialmente útil cuando se trabaja con *atributos heredados*. Esto es, cuando un atributo de un nodo del árbol sintáctico se computa en términos de valores de atributos de su padre y/o sus hermanos. Ejemplos de atributos heredados son la clase y tipo en la declaración de variables.

Es importante darse cuenta que en cualquier derivación a derechas desde D , cuando se reduce por una de las reglas

$$L \rightarrow \text{id} \mid L_1 \text{ ',' id}$$

el símbolo a la izquierda de L es T y el que esta a la izquierda de T es C. Considere, por ejemplo la derivación a derechas:

$$\begin{aligned} D \Rightarrow C T L \Rightarrow C T L, id \Rightarrow C T L, id, id \Rightarrow C T id, id, id \Rightarrow \\ \Rightarrow C float id, id, id \Rightarrow local float id, id, id \end{aligned}$$

Observe que el orden de recorrido de `jison` es:

$$\begin{aligned} local float id, id, id \Leftarrow C float id, id \Leftarrow C T id, id, id \Leftarrow \\ \Leftarrow C T L, id, id \Leftarrow C T L, id \Leftarrow C T L \Leftarrow D \end{aligned}$$

en la antiderivación, cuando el mango es una de las dos reglas para listas de identificadores, $L \rightarrow id$ y $L \rightarrow L, id$ es decir durante las tres ultimas antiderivaciones:

$$C T L, id, id \Leftarrow C T L, id \Leftarrow C T L \Leftarrow D$$

las variables a la izquierda del mango son T y C. Esto ocurre siempre. Estas observaciones nos conducen al siguiente programa `jison`:

```
[~/jison/jison-inherited(deepstack)]$ cat inherited.jison
%lex
%%
\s+          {}
(global|local|integer|float) { return yytext; }
[a-zA-Z_]\w*  { return 'id'; }
.             { return yytext; }
/lex
%%
D
  : C T L
  ;

C
  : global
  | local
  ;

T
  : integer
  | float
  ;

L
  : L ',' id    {
                    var s = eval('$$');
                    var b0 = s.length - 3;

                    console.log("L -> L ',' id (" + yytext + ")");
                    console.log($id + ' is of type ' + s[b0-1]);
                    console.log(s[b0] + ' is of class ' + s[b0-2]);
                }
  | id          {
                    var s = eval('$$');
                    var b0 = s.length - 1;
```

```

        console.log("L -> id (" + yytext + ")");
        console.log($id + ' is of type ' + s[b0-1]);
        console.log(s[b0] + ' is of class ' + s[b0-2]);
    }
;
%%

```

A continuación sigue un ejemplo de ejecución:

```

[~/jison/jison-inherited(deepstack)]$ node inherited.js input.txt
L -> id (a)
a is of type integer
a is of class global
L -> L ', ' id (b)
b is of type integer
a is of class global
L -> L ', ' id (c)
c is of type integer
a is of class global

```

En este caso, existen varias alternativas simples a esta solución:

- Montar la lista de identificadores en un array y ponerles el tipo y la clase de "golpe".^{en} la regla de producción superior $D : C T L$;
- usar variables visibles (globales o atributos del objeto parser, por ejemplo) como `current_type`, `current_class`

```

C
: global { current_class = 'global'; }
| local { current_class = 'local'; }

```

y después accederlas en las reglas de L

- La que posiblemente sea la mejor estrategia general: construir el árbol de análisis sintáctico. Posteriormente podemos recorrer el árbol como queramos y tantas veces como queramos.

5.16. Definición Dirigida por la Sintáxis

Una *definición dirigida por la sintáxis* es un pariente cercano de los esquemas de traducción. En una definición dirigida por la sintáxis una gramática $G = (V, \Sigma, P, S)$ se aumenta con nuevas características:

- A cada símbolo $S \in V \cup \Sigma$ de la gramática se le asocian cero o mas atributos. Un atributo queda caracterizado por un identificador o nombre y un tipo o clase. A este nivel son *atributos formales*, como los parámetros formales, en el sentido de que su realización se produce cuando el nodo del árbol es creado.
- A cada regla de producción $A \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n \in P$ se le asocian un conjunto de *reglas de evaluación de los atributos* o *reglas semánticas* que indican que el atributo en la parte izquierda de la regla semántica depende de los atributos que aparecen en la parte derecha de la regla. El atributo que aparece en la parte izquierda de la regla semántica puede estar asociado con un símbolo en la parte derecha de la regla de producción.

- Los atributos de cada símbolo de la gramática $X \in V \cup \Sigma$ se dividen en dos grupos disjuntos: *atributos sintetizados* y *atributos heredados*. Un atributo de X es un *atributo heredado* si depende de atributos de su padre y hermanos en el árbol. Un *atributo sintetizado* es aquél tal que el valor del atributo depende de los valores de los atributos de los hijos, es decir en tal caso X ha de ser una variable sintáctica y los atributos en la parte derecha de la regla semántica deben ser atributos de símbolos en la parte derecha de la regla de producción asociada.
- Los atributos predefinidos se denominan *atributos intrínsecos*. Ejemplos de atributos intrínsecos son los atributos sintetizados de los terminales, los cuáles se han computado durante la fase de análisis léxico. También son atributos intrínsecos los atributos heredados del símbolo de arranque, los cuales son pasados como parámetros al comienzo de la computación.

La diferencia principal con un esquema de traducción está en que no se especifica el orden de ejecución de las reglas semánticas. Se asume que, bien de forma manual o automática, se resolverán las dependencias existentes entre los atributos determinadas por la aplicación de las reglas semánticas, de manera que serán evaluados primero aquellos atributos que no dependen de ningún otro, después los que dependen de estos, etc. siguiendo un esquema de ejecución que viene guiado por las dependencias existentes entre los datos.

Aunque hay muchas formas de realizar un evaluador de una definición dirigida por la sintaxis, conceptualmente, tal evaluador debe:

1. Construir el árbol de análisis sintáctico para la gramática y la entrada dadas.
2. Analizar las reglas semánticas para determinar los atributos, su clase y las dependencias entre los mismos.
3. Construir el *grafo de dependencias* de los atributos, el cual tiene un nodo para cada ocurrencia de un atributo en el árbol de análisis sintáctico etiquetado con dicho atributo. El grafo tiene una arista entre dos nodos si existe una dependencia entre los dos atributos a través de alguna regla semántica.
4. Supuesto que el grafo de dependencias determina un *orden parcial* (esto es cumple las propiedades reflexiva, antisimétrica y transitiva) construir un *orden topológico* compatible con el orden parcial.
5. Evaluar las reglas semánticas de acuerdo con el orden topológico.

Una definición dirigida por la sintaxis en la que las reglas semánticas no tienen efectos laterales se denomina una *gramática atribuída*.

Si la definición dirigida por la sintaxis puede ser realizada mediante un esquema de traducción se dice que es *L-atribuída*. Para que una definición dirigida por la sintaxis sea L-atribuída deben cumplirse que cualquiera que sea la regla de producción $A \rightarrow X_1 \dots X_n$, los atributos heredados de X_j pueden depender únicamente de:

1. Los atributos de los símbolos a la izquierda de X_j
2. Los atributos heredados de A

Nótese que las restricciones se refieren a los atributos heredados. El cálculo de los atributos sintetizados no supone problema para un esquema de traducción. Si la gramática es LL(1), resulta fácil realizar una definición L-atribuída en un analizador descendente recursivo predictivo.

Si la definición dirigida por la sintaxis sólo utiliza atributos sintetizados se denomina *S-atribuída*. Una definición S-atribuída puede ser fácilmente trasladada a un programa `jison`.

Ejercicio 5.16.1. *El siguiente es un ejemplo de definición dirigida por la sintaxis:*

$S \rightarrow a A C$	$\$C\{i\} = \$A\{s\}$
$S \rightarrow b A B C$	$\$C\{i\} = \$A\{s\}$
$C \rightarrow c$	$\$C\{s\} = \$C\{i\}$
$A \rightarrow a$	$\$A\{s\} = "a"$
$B \rightarrow b$	$\$B\{s\} = "b"$

Determine un orden correcto de evaluación de la anterior definición dirigida por la sintaxis para la entrada `b a b c`.

Ejercicio 5.16.2.

Lea el artículo *Are Attribute Grammars used in Industry?* por Josef Grosch

I am observing a lack of education and knowledge about compiler construction in industry. When I am asking the participants of our trainings or the employees we met in our projects then only few people have learned about compiler construction during their education. For many of them compiler construction has a bad reputation because of what and how they have learned about this topic. Even fewer people have a usable knowledge about compilers. Even fewer people know about the theory of attribute grammars. And even fewer people know how to use attribute grammars for solving practical problems. Nevertheless, attribute grammars are used in industry. However, in many cases the people in industry do not know about this fact. They are running prefabricated subsystems constructed by external companies such as ours. These subsystems are for example parsers which use attribute grammar technology.

5.17. Ejercicios: Casos de Estudio

Véase nuestro proyecto Grammar Repository en [GoogleCode](#).

5.17.1. Un mal diseño

Ejercicio 5.17.1. *This grammar*

```
%token D S

%%
p: ds ';' ss | ss ;
ds: D ';' ds
   | D
;
ss: S ';' ss | S ;
%%
```

illustrates a typical LALR conflict due to a bad grammar design.

- Reescriba la gramática para que no existan conflictos
- Escriba las acciones semánticas necesarias para imprimir la lista de `Ds` seguida de la lista de `Ss`

Donde

- `[~/jison/jison-decs-sts(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/jison/jison-decs-sts`
- `[~/jison/jison-decs-sts(master)]$ git remote -v`
`origin git@github.com:criguezl/jison-decs-sts.git (fetch)`
`origin git@github.com:criguezl/jison-decs-sts.git (push)`
- <https://github.com/criguezl/jison-decs-sts>

5.17.2. Gramática no LR(1)

La siguiente gramática no es LR(1).

```
[~/srcPLgrado/jison/jison-nolr]$ cat confusingsolvedppcr.y
%%
A:
    B 'c' 'd'
  | E 'c' 'f'
;
B:
    'x' 'y'
;
E:
    'x' 'y'
;

%%
```

Encuentre una gramática sin conflictos equivalente a la anterior.

Donde

- `[~/jison/jison-nolr(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/jison/jison-nolr`
- `[~/jison/jison-nolr(master)]$ git remote -v`
`origin git@github.com:crguezl/jison-nolr.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/jison-nolr.git (push)`
- <https://github.com/crguezl/jison-nolr>

5.17.3. Un Lenguaje Intrínsecamente Ambiguo

Ejercicio 5.17.2. *A context-free language is inherently ambiguous if all context-free grammars generating that language are ambiguous. While some context-free languages have both ambiguous and unambiguous grammars, there are context-free languages for which no unambiguous context-free grammar can exist. An example of an inherently ambiguous language is the set*

$$\{ a^n b^n c^m : n \geq 0, m \geq 0 \} \cup \{ a^n b^m c^m : n \geq 0, m \geq 0 \}$$

Esto es: Concatenaciones de repeticiones de as seguidas de repeticiones de bs y seguidas de repeticiones de cs donde el número de as es igual al número de bs o bien el número de bs es igual al número de cs.

- *Escriba una gramática que genere dicho lenguaje*

```
s: aeqb | beqc ;
aeqb: ab cs ;
ab: /* empty */ | 'a' ab 'b' ;
cs: /* empty */ | cs 'c' ;
beqc: as bc ;
bc: /* empty */ | 'b' bc 'c' ;
as: /* empty */ | as 'a' ;
```

The symbol aeqb correspond to guess that there are the same number of as than bs. In the same way, beqc starts the subgrammar for those phrases where the number of bs is equal to the number of cs. The usual approach to eliminate the ambiguity by changing the grammar to an unambiguous one does not work.

- *Escriba un programa Jison que reconozca este lenguaje.*

Donde

- `[~/jison/jison-ambiguouslanguage(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/jison/jison-ambiguouslanguage`
- `[~/jison/jison-ambiguouslanguage(master)]$ git remote -v`
`origin git@github.com:criguez1/jison-ambiguouslanguage.git (fetch)`
`origin git@github.com:criguez1/jison-ambiguouslanguage.git (push)`
- `https://github.com/criguez1/jison-ambiguouslanguage`

5.17.4. Conflicto reduce-reduce

La siguiente gramática presenta conflictos reduce-reduce:

Ejercicio 5.17.3. `[~/srcPLgrado/jison/jison-reducereduceconflict]$ cat reducereduceconflictPPCR2`
`%token ID`

`%%`

`def: param_spec return_spec ','`
`;`

`param_spec:`
`type`
`| name_list ':' type`
`;`

`return_spec:`
`type`
`| name ':' type`
`;`

`type:`
`ID`
`;`

`name:`
`ID`
`;`

`name_list:`
`name`
`| name ',' name_list`
`;`

`%%`

Este es el diagnóstico de Jison:

```
~/srcPLgrado/jison/jison-reducereduceconflict]$ jison reducereduceconflictPPCR2.y
Conflict in grammar: multiple actions possible when lookahead token is ID in state 5
- reduce by rule: name -> ID
- reduce by rule: type -> ID
Conflict in grammar: multiple actions possible when lookahead token is : in state 5
- reduce by rule: name -> ID
- reduce by rule: type -> ID
Conflict in grammar: multiple actions possible when lookahead token is , in state 5
- reduce by rule: name -> ID
- reduce by rule: type -> ID
```

States with conflicts:

State 5

```
type -> ID . #lookaheads= ID : ,
name -> ID . #lookaheads= ID : ,
```

Este es el resultado de compilar con bison -v:

```
[~/jison/jison-reducereducerreduceconflict(master)]$ bison -v reducereducerreduceconflictPPCR2.y
reducereducerreduceconflictPPCR2.y: conflicts: 1 reduce/reduce
```

El fichero reducereducerreduceconflictPPCR2.output queda así:

```
[~/jison/jison-reducereducerreduceconflict(master)]$ cat reducereducerreduceconflictPPCR2.output
State 1 conflicts: 1 reduce/reduce
```

Grammar

```
0 $accept: def $end

1 def: param_spec return_spec ','

2 param_spec: type
3             | name_list ':' type

4 return_spec: type
5              | name ':' type

6 type: ID

7 name: ID

8 name_list: name
9           | name ',' name_list
```

Terminals, with rules where they appear

```
$end (0) 0
',' (44) 1 9
':' (58) 3 5
error (256)
ID (258) 6 7
```

Nonterminals, with rules where they appear

```
$accept (6)
  on left: 0
def (7)
  on left: 1, on right: 0
param_spec (8)
  on left: 2 3, on right: 1
return_spec (9)
```

```

    on left: 4 5, on right: 1
type (10)
    on left: 6, on right: 2 3 4 5
name (11)
    on left: 7, on right: 5 8 9
name_list (12)
    on left: 8 9, on right: 3 9

```

state 0

```
0 $accept: . def $end
```

```
ID shift, and go to state 1
```

```

def          go to state 2
param_spec   go to state 3
type         go to state 4
name         go to state 5
name_list    go to state 6

```

state 1

```
6 type: ID .
```

```
7 name: ID .
```

```

','          reduce using rule 6 (type)
','          [reduce using rule 7 (name)]
':'          reduce using rule 7 (name)
$default     reduce using rule 6 (type)

```

state 2

```
0 $accept: def . $end
```

```
$end shift, and go to state 7
```

state 3

```
1 def: param_spec . return_spec ','
```

```
ID shift, and go to state 1
```

```

return_spec  go to state 8
type         go to state 9
name         go to state 10

```

state 4

```

2 param_spec: type .

$default reduce using rule 2 (param_spec)

state 5

8 name_list: name .
9         | name . ',' name_list

',' shift, and go to state 11

$default reduce using rule 8 (name_list)

state 6

3 param_spec: name_list . ':' type

':' shift, and go to state 12

state 7

0 $accept: def $end .

$default accept

state 8

1 def: param_spec return_spec . ','

',' shift, and go to state 13

state 9

4 return_spec: type .

$default reduce using rule 4 (return_spec)

state 10

5 return_spec: name . ':' type

':' shift, and go to state 14

state 11

9 name_list: name ',' . name_list

```

ID shift, and go to state 15

name go to state 5

name_list go to state 16

state 12

3 param_spec: name_list ':' . type

ID shift, and go to state 17

type go to state 18

state 13

1 def: param_spec return_spec ',' .

\$default reduce using rule 1 (def)

state 14

5 return_spec: name ':' . type

ID shift, and go to state 17

type go to state 19

state 15

7 name: ID .

\$default reduce using rule 7 (name)

state 16

9 name_list: name ',' name_list .

\$default reduce using rule 9 (name_list)

state 17

6 type: ID .

\$default reduce using rule 6 (type)

```
state 18

    3 param_spec: name_list ':' type .

    $default reduce using rule 3 (param_spec)
```

```
state 19

    5 return_spec: name ':' type .

    $default reduce using rule 5 (return_spec)
```

Encuentre una gramática equivalente a la anterior sin conflictos.

Solución When the problem arises, you can often fix it by identifying the two parser states that are being confused, and adding something to make them look distinct. In the above example, adding one rule to `return_spec` as follows makes the problem go away:

```
%token BOGUS
...
%%
...
return_spec:
    type
    | name ':' type
    /* This rule is never used. */
    | ID BOGUS
    ;
```

This corrects the problem because it introduces the possibility of an additional active rule in the context after the ID at the beginning of `return_spec`. This rule is not active in the corresponding context in a `param_spec`, so the two contexts receive distinct parser states. As long as the token BOGUS is never generated by yylex, the added rule cannot alter the way actual input is parsed.

In this particular example, there is another way to solve the problem: rewrite the rule for `return_spec` to use ID directly instead of via name. This also causes the two confusing contexts to have different sets of active rules, because the one for `return_spec` activates the altered rule for `return_spec` rather than the one for name.

```
param_spec:
    type
    | name_list ':' type
    ;
return_spec:
    type
    | ID ':' type
    ;
```

Donde

- `[~/jison/jison-reducereduceconflict(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/jison/jison-reducereduceconflict`
- `[~/jison/jison-reducereduceconflict(master)]$ git remote -v`
`origin git@github.com:crguezl/ull-etsii-grado-PL-reducereduce.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/ull-etsii-grado-PL-reducereduce.git (push)`

- <https://github.com/crguezl/ull-etsii-grado-PL-reducereduce>

Véase Véase Mysterious Reduce/Reduce Conflicts

5.18. Recuperación de Errores

La recuperación de errores no parece estar implementada en Jison. véase

- la sección Error Recovery de la documentación
- Pullreq 5 - parser built-in grammar error recovery was completely broken

```
[~/srcPLgrado/jison/jison-aSb(error)]$ cat aSb.jison
%lex
%%
\s+          {}
[ab]         { return yytext; }
.            { return "INVALID"; }
/lex
%%
S: /* empty */ { $$ = ''; console.log("empty"); }
  | 'a' S 'b'  { $$ = $1 + $2 + $3; console.log("S -> aSb"); }
  | 'a' S error
;
%%

    parse: function parse(input) {
        var self = this,
            stack = [0],
            vstack = [null], // semantic value stack
            lstack = [], // location stack
            ...
            recovering = 0,
            ERROR = 2,
            EOF = 1;
        while (true) {
            // retrieve state number from top of stack
            state = stack[stack.length - 1];

            ...

            // handle parse error
>> _handle_error: if (typeof action === 'undefined' || !action.length || ! ...

                var errStr = '';
                if (!recovering) {
```

5.19. Depuración en jison

5.20. Construcción del Árbol Sintáctico

El siguiente ejemplo usa jison para construir el árbol sintáctico de una expresión en infijo:

5.21. Consejos a seguir al escribir un programa jison

Cuando escriba un programa `jison` asegúrese de seguir los siguientes consejos:

1. Coloque el punto y coma de separación de reglas en una línea aparte. Un punto y coma “pegado” al final de una regla puede confundirse con un terminal de la regla.
2. Si hay una regla que produce vacío, colóquela en primer lugar y acompáñela de un comentario resaltando ese hecho.
3. Nunca escriba dos reglas de producción en la misma línea.
4. Sangre convenientemente todas las partes derechas de las reglas de producción de una variable, de modo que queden alineadas.
5. Ponga nombres representativos a sus variables sintácticas. No llame `Z` a una variable que representa el concepto “lista de parámetros”, llámela `ListaDeParametros`.
6. Es conveniente que declare los terminales simbólicos, esto es, aquellos que llevan un identificador asociado. Si no llevan prioridad asociada o no es necesaria, use una declaración `%token`. De esta manera el lector de su programa se dará cuenta rápidamente que dichos identificadores no se corresponden con variables sintácticas. Por la misma razón, si se trata de terminales asociados con caracteres o cadenas no es tan necesario que los declare, a menos que, como en el ejemplo de la calculadora para `'+'` y `'*'`, sea necesario asociarles una precedencia.
7. Es importante que use la opción `-v` para producir el fichero `.output` conteniendo información detallada sobre los conflictos y el autómata. Cuando haya un conflicto *shift-reduce* no resuelto busque en el fichero el estado implicado y vea que LR(0) items $A \rightarrow \alpha \uparrow$ y $B \rightarrow \beta \uparrow \gamma$ entran en conflicto.
8. Si según el informe de `jison` el conflicto se produce ante un terminal a , es porque $a \in FOLLOW(A)$ y $a \in FIRST(\gamma)$. Busque las causas por las que esto ocurre y modifique su gramática con vistas a eliminar la presencia del terminal a en uno de los dos conjuntos implicados o bien establezca reglas de prioridad entre los terminales implicados que resuelvan el conflicto.
9. Nótese que cuando existe un conflicto de desplazamiento reducción entre $A \rightarrow \alpha \uparrow$ y $B \rightarrow \beta \uparrow \gamma$, el programa `jison` contabiliza un error por cada terminal $a \in FOLLOW(A) \cap FIRST(\gamma)$. Por esta razón, si hay 16 elementos en $FOLLOW(A) \cap FIRST(\gamma)$, el analizador `jison` informará de la existencia de 16 conflictos *shift-reduce*, cuando en realidad se trata de uno sólo. No desespere, los conflictos “auténticos” suelen ser menos de los que `jison` anuncia.
10. Si necesita declarar variables globales, inicializaciones, etc. que afectan la conducta global del analizador, escriba el código correspondiente en la cabecera del analizador, protegido por los delimitadores `%{` y `%}`. Estos delimitadores deberán aparecer en una línea aparte. Por ejemplo:

```
%{  
our contador = 0;  
%}  
  
%token NUM  
...  
%%
```

Capítulo 6

Análisis Sintáctico Ascendente en Ruby

6.1. La Calculadora

6.1.1. Uso desde Línea de Comandos

```
[~/src/PL/rexical/sample(master)]$ racc --help
Usage: racc [options] <input>
  -o, --output-file=PATH      output file name [<input>.tab.rb]
  -t, --debug                  Outputs debugging parser.
  -g                           Equivalent to -t (obsolete).
  -v, --verbose                Creates <filename>.output log file.
  -O, --log-file=PATH          Log file name [<input>.output]
  -e, --executable [RUBYPATH] Makes executable parser.
  -E, --embedded               Embeds Racc runtime in output.
      --line-convert-all       Converts line numbers of user codes.
  -l, --no-line-convert        Never convert line numbers.
  -a, --no-omit-actions         Never omit actions.
      --superclass=CLASSNAME    Uses CLASSNAME instead of Racc::Parser.
      --runtime=FEATURE          Uses FEATURE instead of 'racc/parser'
  -C, --check-only              Checks syntax and quit immediately.
  -S, --output-status           Outputs internal status time to time.
  -P                            Enables generator profile
  -D flags                      Flags for Racc debugging (do not use).
      --version                  Prints version and quit.
      --runtime-version          Prints runtime version and quit.
      --copyright                Prints copyright and quit.
      --help                     Prints this message and quit.
```

```
[~/Dropbox/src/PL/rexical/sample(master)]$ cat -n Rakefile
 1 task :default => %W{racc rex} do
 2   sh "ruby calc3.tab.rb"
 3 end
 4
 5 task :racc do
 6   sh "racc calc3.racc"
 7 end
 8
 9 task :rex do
10   sh "rex calc3.rex"
11 end
```

6.1.2. Análisis Léxico con rexical

```
[~/Dropbox/src/PL/rexical/sample(master)]$ cat -n calc3.rex
 1 #
 2 # calc3.rex
 3 # lexical scanner definition for rex
 4 #
 5
 6 class Calculator3
 7 macro
 8   BLANK      \s+
 9   DIGIT      \d+
10 rule
11   {BLANK}
12   {DIGIT}    { [:NUMBER, text.to_i] }
13   .|\n      { [text, text] }
14 inner
15 end
```

6.1.3. Análisis Sintáctico

```
[~/Dropbox/src/PL/rexical/sample(master)]$ cat -n calc3.racc
 1 #
 2 # A simple calculator, version 3.
 3 #
 4
 5 class Calculator3
 6   prehigh
 7     nonassoc UMINUS
 8     left '*' '/'
 9     left '+' '-'
10   preclow
11   options no_result_var
12 rule
13   target : exp
14           | /* none */ { 0 }
15
16   exp    : exp '+' exp { val[0] + val[2] }
17           | exp '-' exp { val[0] - val[2] }
18           | exp '*' exp { val[0] * val[2] }
19           | exp '/' exp { val[0] / val[2] }
20           | '(' exp ')' { val[1] }
21           | '-' NUMBER =UMINUS { -(val[1]) }
22           | NUMBER
23 end
24
25 ---- header ----
26 #
27 # generated by racc
28 #
29 require 'calc3.rex'
30
31 ---- inner ----
32
```

```

33 ---- footer ----
34
35 puts 'sample calc'
36 puts '"q" to quit.'
37 calc = Calculator3.new
38 while true
39   print '>>> '; $stdout.flush
40   str = $stdin.gets.strip
41   break if /q/i === str
42   begin
43     p calc.scan_str(str)
44   rescue ParseError
45     puts 'parse error'
46   end
47 end

```

Precedencias right is yacc's %right, left is yacc's %left.
 = SYMBOL means yacc's %prec SYMBOL:

```

prehigh
  nonassoc '++'
  left    '*' '/'
  left    '+' '-'
  right   '='
preclow

rule
  exp: exp '*' exp
      | exp '-' exp
      | '-' exp    =UMINUS    # equals to "%prec UMINUS"
      :
      :

```

Atributos You can use following special local variables in action.

1. **result (\$\$)**
 The value of left-hand side (lhs). A default value is `val[0]`.
2. **val (\$1,\$2,\$3...)**
 An array of value of right-hand side (rhs).
3. **_values (...\$-2,\$-1,\$0)**
 A stack of values. DO NOT MODIFY this stack unless you know what you are doing.

Declaring Tokens By declaring tokens, you can avoid bugs.

```
token NUM ID IF
```

Opciones

You can write options for yacc command in your yacc file.

```
options OPTION OPTION ...
```

Options are:

1. `omit_action_call`
omit empty action call or not.
2. `result_var`
use/does not use local variable result"

You can use `no_` prefix to invert its meanings.

User Code Block

User Code Block is a Ruby source code which is copied to output. There are three user code block, "header", "inner", and "footer".

Format of user code is like this:

```
---- header
  ruby statement
  ruby statement
  ruby statement

---- inner
  ruby statement
  :
  :
```

If four - exist on line head, racc treat it as beginning of user code block. A name of user code must be one word.

6.2. Véase También

- Racc en GitHub
-
- Racc User's Manual
- Martin Fowler Hello Racc
- Rexical en GitHub

Capítulo 7

Transformaciones Árbol

7.1. Árbol de Análisis Abstracto

Un *árbol de análisis abstracto* (denotado *AAA*, en inglés *abstract syntax tree* o *AST*) porta la misma información que el árbol de análisis sintáctico pero de forma mas condensada, eliminándose terminales y producciones que no aportan información.

Alfabeto con Aridad o Alfabeto Árbol

Definición 7.1.1. Un alfabeto con función de aridad es un par (Σ, ρ) donde Σ es un conjunto finito y ρ es una función $\rho : \Sigma \rightarrow \mathbb{N}_0$, denominada función de aridad. Denotamos por $\Sigma_k = \{a \in \Sigma : \rho(a) = k\}$.

Lenguaje de los Arboles Definimos el lenguaje árbol homogéneo $B(\Sigma)$ sobre Σ inductivamente:

- Todos los elementos de aridad 0 están en $B(\Sigma)$: $a \in \Sigma_0$ implica $a \in B(\Sigma)$
- Si $b_1, \dots, b_k \in B(\Sigma)$ y $f \in \Sigma_k$ es un elemento k -ario, entonces $f(b_1, \dots, b_k) \in B(\Sigma)$

Los elementos de $B(\Sigma)$ se llaman árboles o términos.

Ejemplo 7.1.1. Sea $\Sigma = \{A, CONS, NIL\}$ con $\rho(A) = \rho(NIL) = 0$, $\rho(CONS) = 2$. Entonces $B(\Sigma) = \{A, NIL, CONS(A, NIL), CONS(NIL, A), CONS(A, A), CONS(NIL, NIL), \dots\}$

Ejemplo 7.1.2. Una versión simplificada del alfabeto con aridad en el que estan basados los árboles contruidos por el compilador de Tutu es:

$\Sigma = \{ID, NUM, LEFTVALUE, STR, PLUS, TIMES, ASSIGN, PRINT\}$

$\rho(ID) = \rho(NUM) = \rho(LEFTVALUE) = \rho(STR) = 0$

$\rho(PRINT) = 1$

$\rho(PLUS) = \rho(TIMES) = \rho(ASSIGN) = 2$.

Observe que los elementos en $B(\Sigma)$ no necesariamente son árboles “correctos”. Por ejemplo, el árbol $ASSIGN(NUM, PRINT(ID))$ es un elemento de $B(\Sigma)$.

Gramática Árbol

Definición 7.1.2. Una gramática árbol regular es una cuadrupla $((\Sigma, \rho), N, P, S)$, donde:

- (Σ, ρ) es un alfabeto con aricidad $\rho : \Sigma \rightarrow \mathbb{N}$
- N es un conjunto finito de variables sintácticas o no terminales
- P es un conjunto finito de reglas de producción de la forma $X \rightarrow s$ con $X \in N$ y $s \in B(\Sigma \cup N)$
- $S \in N$ es la variable o símbolo de arranque

Lenguaje Generado por una Gramática Árbol

Definición 7.1.3. Dada una gramática (Σ, N, P, S) , se dice que un árbol $t \in B(\Sigma \cup N)$ es del tipo (X_1, \dots, X_k) si el j -ésimo noterminal, contando desde la izquierda, que aparece en t es $X_j \in N$.

Si $p = X \rightarrow s$ es una producción y s es de tipo (X_1, \dots, X_n) , diremos que la producción p es de tipo $(X_1, \dots, X_n) \rightarrow X$.

Definición 7.1.4. Consideremos un árbol $t \in B(\Sigma \cup N)$ que sea del tipo (X_1, \dots, X_n) , esto es las variables sintácticas en el árbol leídas de izquierda a derecha son (X_1, \dots, X_n) .

- Si $X_i \rightarrow s_i \in P$ para algún i , entonces decimos que el árbol t deriva en un paso en el árbol t' resultante de sustituir el nodo X_i por el árbol s_i y escribiremos $t \Rightarrow t'$. Esto es, $t' = t\{X_i/s_i\}$
- Todo árbol deriva en cero pasos en si mismo $t \xRightarrow{0} t$.
- Decimos que un árbol t deriva en n pasos en el árbol t' y escribimos $t \xRightarrow{n} t'$ si t deriva en un paso en un árbol t'' el cuál deriva en $n - 1$ pasos en t' . En general, si t deriva en un cierto número de pasos en t' escribiremos $t \xRightarrow{*} t'$.

Definición 7.1.5. Se define el lenguaje árbol generado por una gramática $G = (\Sigma, N, P, S)$ como el lenguaje $L(G) = \{t \in B(\Sigma) : \exists S \xRightarrow{*} t\}$.

Ejemplo 7.1.3. Sea $G = (\Sigma, V, P, S)$ con $\Sigma = \{A, CONS, NIL\}$ y $\rho(A) = \rho(NIL) = 0$, $\rho(CONS) = 2$ y sea $V = \{exp, list\}$. El conjunto de producciones P es:

$$P_1 = \{list \rightarrow NIL, list \rightarrow CONS(exp, list), exp \rightarrow A\}$$

La producción $list \rightarrow CONS(exp, list)$ es del tipo $(exp, list) \rightarrow list$.

El lenguaje generado por G se obtiene realizando sustituciones sucesivas (derivando) desde el símbolo de arranque hasta producir un árbol cuyos nodos estén etiquetados con elementos de Σ . En este ejemplo, $L(G)$ es el conjunto de arboles de la forma:

$$L(G) = \{NIL, CONS(A, NIL), CONS(A, CONS(A, NIL)), \dots\}$$

Ejercicio 7.1.1. Construya una derivación para el árbol $CONS(A, CONS(A, NIL))$. ¿De que tipo es el árbol $CONS(exp, CONS(A, CONS(exp, L)))$?

Cuando hablamos del AAA producido por un analizador sintáctico, estamos en realidad hablando de un lenguaje árbol cuya definición precisa debe hacerse a través de una gramática árbol regular. Mediante las gramáticas árbol regulares disponemos de un mecanismo para describir formalmente el lenguaje de los AAA que producirá el analizador sintáctico para las sentencias Tutu.

Ejemplo 7.1.4. Sea $G = (\Sigma, V, P, S)$ con

$$\begin{aligned} \Sigma &= \{ID, NUM, LEFTVALUE, STR, PLUS, TIMES, ASSIGN, PRINT\} \\ \rho(ID) &= \rho(NUM) = \rho(LEFTVALUE) = \rho(STR) = 0 \\ \rho(PRINT) &= 1 \\ \rho(PLUS) &= \rho(TIMES) = \rho(ASSIGN) = 2 \\ V &= \{st, expr\} \end{aligned}$$

y las producciones:

$$P = \left\{ \begin{array}{ll} st & \rightarrow ASSIGN(LEFTVALUE, expr) \\ st & \rightarrow PRINT(expr) \\ expr & \rightarrow PLUS(expr, expr) \\ expr & \rightarrow TIMES(expr, expr) \\ expr & \rightarrow NUM \\ expr & \rightarrow ID \\ expr & \rightarrow STR \end{array} \right\}$$

Entonces el lenguaje $L(G)$ contiene árboles como el siguiente:

```

ASSIGN (
  LEFTVALUE,
  PLUS (
    ID,
    TIMES (
      NUM,
      ID
    )
  )
)

```

El cual podría corresponderse con una sentencia como $a = b + 4 * c$.

El lenguaje de árboles descrito por esta gramática árbol es el lenguaje de los AAA de las sentencias de Tutu.

Ejercicio 7.1.2. Redefina el concepto de árbol de análisis concreto dado en la definición 5.1.7 utilizando el concepto de gramática árbol. Con mas precisión, dada una gramática $G = (\Sigma, V, P, S)$ defina una gramática árbol $T = (\Omega, N, R, U)$ tal que $L(T)$ sea el lenguaje de los árboles concretos de G . Puesto que las partes derechas de las reglas de producción de P pueden ser de distinta longitud, existe un problema con la aricidad de los elementos de Ω . Discuta posibles soluciones.

Ejercicio 7.1.3. ¿Cómo son los árboles sintácticos en las derivaciones árbol? Dibuje varios árboles sintácticos para las gramáticas introducidas en los ejemplos ?? y ??.

Intente dar una definición formal del concepto de árbol de análisis sintáctico asociado con una derivación en una gramática árbol

Notación de Dewey o Coordenadas de un Árbol

Definición 7.1.6. La notación de Dewey es una forma de especificar los subárboles de un árbol $t \in B(\Sigma)$. La notación sigue el mismo esquema que la numeración de secciones en un texto: es una palabra formada por números separados por puntos. Así $t/2.1.3$ denota al tercer hijo del primer hijo del segundo hijo del árbol t . La definición formal sería:

- $t/\epsilon = t$
- Si $t = a(t_1, \dots, t_k)$ y $j \in \{1 \dots k\}$ y n es una cadena de números y puntos, se define inductivamente el subárbol $t/j.n$ como el subárbol n -ésimo del j -ésimo subárbol de t . Esto es: $t/j.n = t_j/n$

Ejercicio 7.1.4. Sea el árbol:

```

t = ASSIGN (
  LEFTVALUE,
  PLUS (
    ID,
    TIMES (
      NUM,
      ID
    )
  )
)

```

Calcule los subárboles t/ϵ , $t/2.2.1$, $t/2.1$ y $t/2.1.2$.

7.2. Selección de Código y Gramáticas Árbol

La generación de código es la fase en la que a partir de la *Representación intermedia* o *IR* se genera una secuencia de instrucciones para la máquina objeto. Esta tarea conlleva diversas subtarefas, entre ellas destacan tres:

- La selección de instrucciones o selección de código,
- La asignación de registros y
- La planificación de las instrucciones.

El problema de la *selección de código* surge de que la mayoría de las máquinas suelen tener una gran variedad de instrucciones, habitualmente cientos y muchas instrucciones admiten mas de una decena de modos de direccionamiento. En consecuencia,

There Is More Than One Way To Do It (The Translation)

Es posible asociar una gramática árbol con el juego de instrucciones de una máquina. Las partes derechas de las reglas de producción de esta gramática vienen determinadas por el conjunto de árboles sintácticos de las instrucciones. La gramática tiene dos variables sintácticas que denotan dos tipos de recursos de la máquina: los registros representados por la variable sintáctica R y las direcciones de memoria representadas por M . Una instrucción deja su resultado en cierto lugar, normalmente un registro o memoria. La idea es que las variables sintácticas en los lados izquierdos de las reglas representan los lugares en los cuales las instrucciones dejan sus resultados.

Ademas, a cada instrucción le asociamos un coste:

Gramática Arbol Para un Juego de Instrucciones Simple		
Producción	Instrucción	Coste
$R \rightarrow \text{NUM}$	LOADC R, NUM	1
$R \rightarrow M$	LOADM R, M	3
$M \rightarrow R$	STOREM M, R	3
$R \rightarrow \text{PLUS}(R,M)$	PLUSM R, M	3
$R \rightarrow \text{PLUS}(R,R)$	PLUSR R, R	1
$R \rightarrow \text{TIMES}(R,M)$	TIMESM R, M	6
$R \rightarrow \text{TIMES}(R,R)$	TIMESR R, R	4
$R \rightarrow \text{PLUS}(R, \text{TIMES}(\text{NUM}, R))$	PLUSCR R, NUM, R	4
$R \rightarrow \text{TIMES}(R, \text{TIMES}(\text{NUM}, R))$	TIMESCR R, NUM, R	5

Consideremos la IR consistente en el AST generado por el front-end del compilador para la expresión $x+3*(7*y)$:

$\text{PLUS}(M[x], \text{TIMES}(N[3], \text{TIMES}(N[7], M[y])))$

Construyamos una derivación a izquierdas para el árbol anterior:

Una derivación árbol a izquierdas para $P(M, T(N, T(N, M)))$			
Derivación	Producción	Instrucción	Coste
$R \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{PLUS}(R,R)$	PLUSR R, R	1
$P(R, R) \Rightarrow$	$R \rightarrow M$	LOADM R, M	3
$P(M, R) \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{TIMES}(R,R)$	TIMESR R, R	4
$P(M, T(R, R)) \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{NUM}$	LOADC R, NUM	1
$P(M, T(N, R)) \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{TIMES}(R,R)$	TIMESR R, R	4
$P(M, T(N, T(R, R))) \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{NUM}$	LOADC R, NUM	1
$P(M, T(N, T(N, R))) \Rightarrow$	$R \rightarrow M$	LOADM R, M	3
$P(M, T(N, T(N, M)))$			Total: 17

Obsérvese que, si asumimos por ahora que hay suficientes registros, la secuencia de instrucciones resultante en la tercera columna de la tabla si se lee en orden inverso (esto es, si se sigue el orden de instrucciones asociadas a las reglas de producción en orden de anti-derivación) y se hace una asignación correcta de registros nos da una traducción correcta de la expresión $x+3*(7*y)$:

```
LOADM R, M      # y
LOADC R, NUM     # 7
TIMESR R, R      # 7*y
LOADC R, NUM     # 3
TIMESR R, R      # 3*(7*y)
LOADM R, M      # x
PLUSR R, R       # x+3*(7*y)
```

La gramática anterior es ambigua. El árbol de $x+3*(7*y)$ puede ser generado también mediante la siguiente derivación a izquierdas:

Otra derivación árbol a izquierdas para $P(M, T(N, T(N, M)))$			
Derivación	Producción	Instrucción	Coste
$R \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{PLUS}(R, \text{TIMES}(\text{NUM}, R))$	PLUSCR R, NUM, R	4
$P(R, T(N, R)) \Rightarrow$	$R \rightarrow M$	LOADM R, M	3
$P(M, T(N, R)) \Rightarrow$	$R \rightarrow \text{TIMES}(R, M)$	TIMESM R, M	6
$P(M, T(N, T(R, M)))$	$R \rightarrow \text{NUM}$	LOADC R, NUM	1
$P(M, T(N, T(N, M)))$			Total: 14

La nueva secuencia de instrucciones para $x+3*(7*y)$ es:

```
LOADC R, NUM     # 7
TIMESM R, M      # 7*y
LOADM R, M      # x
PLUSCR R, NUM, R # x+3*(7*y)
```

Cada antiderivación a izquierdas produce una secuencia de instrucciones que es una traducción legal del AST de $x+3*(7*y)$.

El problema de la selección de código óptima puede aproximarse resolviendo el problema de encontrar la derivación árbol óptima que produce el árbol de entrada (en representación intermedia IR)

Definición 7.2.1. *Un generador de generadores de código es una componente software que toma como entrada una especificación de la plataforma objeto -por ejemplo mediante una gramática árbol- y genera un módulo que es utilizado por el compilador. Este módulo lee la representación intermedia (habitualmente un árbol) y retorna código máquina como resultado.*

Un ejemplo de generador de generadores de código es iburg [7].

Véase también el libro Automatic Code Generation Using Dynamic Programming Techniques y la página <http://www.bytelabs.org/hburg.html>

Ejercicio 7.2.1. *Responda a las siguientes preguntas:*

- Sea G_M la gramática árbol asociada segun la descripción anterior con el juego de instrucciones de la máquina M . Especifique formalmente las cuatro componentes de la gramática $G_M = (\Sigma_M, V_M, P_M, S_M)$
- ¿Cual es el lenguaje árbol generado por G_M ?
- ¿A que lenguaje debe pertenecer la representación intermedia IR para que se pueda aplicar la aproximación presentada en esta sección?

7.3. Patrones Árbol y Transformaciones Árbol

Una transformación de un programa puede ser descrita como un conjunto de *reglas de transformación* o *esquema de traducción árbol* sobre el árbol abstracto que representa el programa.

En su forma mas sencilla, estas reglas de transformación vienen definidas por ternas $(p, e, action)$, donde la primera componente de la terna p es un *patrón árbol* que dice que árboles deben ser seleccionados. La segunda componente e dice cómo debe transformarse el árbol que casa con el patrón p . La acción $action$ indica como deben computarse los atributos del árbol transformado a partir de los atributos del árbol que casa con el patrón p . Una forma de representar este esquema sería:

$$p \implies e \{ \text{action} \}$$

Por ejemplo:

$$PLUS(NUM_1, NUM_2) \implies NUM_3 \{ \$NUM_3\{VAL\} = \$NUM_1\{VAL\} + \$NUM_2\{VAL\} \}$$

cuyo significado es que dondequiera que haya un nódo del AAA que case con el *patrón de entrada* $PLUS(NUM, NUM)$ deberá sustituirse el subárbol $PLUS(NUM, NUM)$ por el subárbol NUM . Al igual que en los esquemas de traducción, enumeramos las apariciones de los símbolos, para distinguirlos en la parte semántica. La acción indica como deben recomputarse los atributos para el nuevo árbol: El atributo VAL del árbol resultante es la suma de los atributos VAL de los operandos en el árbol que ha casado. La transformación se repite hasta que se produce la *normalización del árbol*.

Las reglas de “casamiento” de árboles pueden ser mas complejas, haciendo alusión a propiedades de los atributos, por ejemplo

$$ASSIGN(LEFTVALUE, x) \text{ and } \{ \text{notlive}(\$LEFTVALUE\{VAL\}) \} \implies NIL$$

indica que se pueden eliminar aquellos árboles de tipo asignación en los cuáles la variable asociada con el nodo $LEFTVALUE$ no se usa posteriormente.

Otros ejemplos con variables S_1 y S_2 :

$$\begin{aligned} IFELSE(NUM, S_1, S_2) \text{ and } \{ \$NUM\{VAL\} \neq 0 \} &\implies S_1 \\ IFELSE(NUM, S_1, S_2) \text{ and } \{ \$NUM\{VAL\} == 0 \} &\implies S_2 \end{aligned}$$

Observe que en el patrón de entrada $ASSIGN(LEFTVALUE, x)$ aparece un “comodín”: la variable-árbol x , que hace que el árbol patrón $ASSIGN(LEFTVALUE, x)$ case con cualquier árbol de asignación, independientemente de la forma que tenga su subárbol derecho.

Las siguientes definiciones formalizan una aproximación simplificada al significado de los conceptos *patrones árbol* y *casamiento de árboles*.

Patrón Árbol

Definición 7.3.1. Sea (Σ, ρ) un alfabeto con función de aridad y un conjunto (puede ser infinito) de variables $V = \{x_1, x_2, \dots\}$. Las variables tienen aridad cero:

$$\rho(x) = 0 \quad \forall x \in V.$$

Un elemento de $B(V \cup \Sigma)$ se denomina patrón sobre Σ .

Patrón Lineal

Definición 7.3.2. Se dice que un patrón es un patrón lineal si ninguna variable se repite.

Definición 7.3.3. Se dice que un patrón es de tipo (x_1, \dots, x_k) si las variables que aparecen en el patrón leídas de izquierda a derecha en el árbol son x_1, \dots, x_k .

Ejemplo 7.3.1. Sea $\Sigma = \{A, CONS, NIL\}$ con $\rho(A) = \rho(NIL) = 0, \rho(CONS) = 2$ y sea $V = \{x\}$. Los siguientes árboles son ejemplos de patrones sobre Σ :

$$\{x, CONS(A, x), CONS(A, CONS(x, NIL)), \dots\}$$

El patrón $CONS(x, CONS(x, NIL))$ es un ejemplo de patrón no lineal. La idea es que un patrón lineal como éste “fuerza” a que los árboles t que casen con el patrón deben tener iguales los dos correspondientes subárboles $t/1$ y $t/2$.¹ situados en las posiciones de las variables

Ejercicio 7.3.1. Dado la gramática árbol:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow S_1(a, S, b) \\ S &\rightarrow S_2(NIL) \end{aligned}$$

la cuál genera los árboles concretos para la gramática

$$S \rightarrow aSb \mid \epsilon$$

¿Es $S_1(a, X(NIL), b)$ un patrón árbol sobre el conjunto de variables $\{X, Y\}$? ¿Lo es $S_1(X, Y, a)$? ¿Es $S_1(X, Y, Y)$ un patrón árbol?

Ejemplo 7.3.2. Ejemplos de patrones para el AAA definido en el ejemplo ?? para el lenguaje Tutu son:

$$x, y, PLUS(x, y), ASSIGN(x, TIMES(y, ID)), PRINT(y) \dots$$

considerando el conjunto de variables $V = \{x, y\}$. El patrón $ASSIGN(x, TIMES(y, ID))$ es del tipo (x, y) .

Sustitución

Definición 7.3.4. Una sustitución árbol es una aplicación θ que asigna variables a patrones $\theta : V \rightarrow B(V \cup \Sigma)$.

Tal función puede ser naturalmente extendida de las variables a los árboles: los nodos (hoja) etiquetados con dichas variables son sustituidos por los correspondientes subárboles.

$$\begin{aligned} \theta &: B(V \cup \Sigma) \rightarrow B(V \cup \Sigma) \\ t\theta &= \begin{cases} x\theta & \text{si } t = x \in V \\ a(t_1\theta, \dots, t_k\theta) & \text{si } t = a(t_1, \dots, t_k) \end{cases} \end{aligned}$$

Obsérvese que, al revés de lo que es costumbre, la aplicación de la sustitución θ al patrón se escribe por detrás: $t\theta$.

También se escribe $t\theta = t\{x_1/x_1\theta, \dots, x_k/x_k\theta\}$ si las variables que aparecen en t de izquierda a derecha son x_1, \dots, x_k .

Ejemplo 7.3.3. Si aplicamos la sustitución $\theta = \{x/A, y/CONS(A, NIL)\}$ al patrón $CONS(x, y)$ obtenemos el árbol $CONS(A, CONS(A, NIL))$. En efecto:

$$CONS(x, y)\theta = CONS(x\theta, y\theta) = CONS(A, CONS(A, NIL))$$

Ejemplo 7.3.4. Si aplicamos la sustitución $\theta = \{x/PLUS(NUM, x), y/TIMES(ID, NUM)\}$ al patrón $PLUS(x, y)$ obtenemos el árbol $PLUS(PLUS(NUM, x), TIMES(ID, NUM))$:

$$PLUS(x, y)\theta = PLUS(x\theta, y\theta) = PLUS(PLUS(NUM, x), TIMES(ID, NUM))$$

¹Repase la notación de Dewey introducida en la definición ??

Casamiento Árbol

Definición 7.3.5. Se dice que un patrón $\tau \in B(V \cup \Sigma)$ con variables x_1, \dots, x_k casa con un árbol $t \in B(\Sigma)$ si existe una sustitución de τ que produce t , esto es, si existen $t_1, \dots, t_k \in B(\Sigma)$ tales que $t = \tau\{x_1/t_1, \dots, x_k/t_k\}$. También se dice que τ casa con la sustitución $\{x_1/t_1, \dots, x_k/t_k\}$.

Ejemplo 7.3.5. El patrón $\tau = \text{CONS}(x, \text{NIL})$ casa con el árbol $t = \text{CONS}(\text{CONS}(A, \text{NIL}), \text{NIL})$ y con el subárbol $t.1$. Las respectivas sustituciones son $t\{x/\text{CONS}(A, \text{NIL})\}$ y $t.1\{x/A\}$.

$$\begin{aligned} t &= \tau\{x/\text{CONS}(A, \text{NIL})\} \\ t.1 &= \tau\{x/A\} \end{aligned}$$

Ejercicio 7.3.2. Sea $\tau = \text{PLUS}(x, y)$ y $t = \text{TIMES}(\text{PLUS}(\text{NUM}, \text{NUM}), \text{TIMES}(\text{ID}, \text{ID}))$. Calcule los subárboles t' de t y las sustituciones $\{x/t_1, y/t_2\}$ que hacen que τ case con t' .

Por ejemplo es obvio que para el árbol raíz t/ϵ no existe sustitución posible:

$t = \text{TIMES}(\text{PLUS}(\text{NUM}, \text{NUM}), \text{TIMES}(\text{ID}, \text{ID})) = \tau\{x/t_1, y/t_2\} = \text{PLUS}(x, y)\{x/t_1, y/t_2\}$ ya que un término con raíz TIMES nunca podrá ser igual a un término con raíz PLUS .

El problema aquí es equivalente al de las expresiones regulares en el caso de los lenguajes lineales. En aquellos, los autómatas finitos nos proveen con un mecanismo para reconocer si una determinada cadena “casa” o no con la expresión regular. Existe un concepto análogo, el de *autómata árbol* que resuelve el problema del “casamiento” de patrones árbol. Al igual que el concepto de autómata permite la construcción de software para la búsqueda de cadenas y su posterior modificación, el concepto de autómata árbol permite la construcción de software para la búsqueda de los subárboles que casan con un patrón árbol dado.

7.4. Ejemplo de Transformaciones Árbol: Parse::Eyapp::TreeRegexp

Instalación

```
[~/jison/jison-aSb(master)]$ sudo cpan Parse::Eyapp
```

Donde

- [~/src/perl/parse-eyapp/examples/MatchingTrees]\$ pwd -P
/Users/casiano/local/src/perl/parse-eyapp/examples/MatchingTrees
- Parse::Eyapp
- Ejemplo de uso de Parse::Eyapp::Treeregexp
- Tree Matching and Tree Substitution
- Node.pm (Véase el método `s`)

La gramática: Expresiones

```
my $grammar = q{
  %lexer {
    m{\G\s+}gc;
    m{\G([0-9]+(?:\.[0-9]+)?)}gc and return('NUM', $1);
    m{\G([A-Za-z][A-Za-z0-9_]*)}gc and return('VAR', $1);
    m{\G(.)}gcs and return($1, $1);
  }

  %right '='      # Lowest precedence
```

```

%left  '-' '+' # + and - have more precedence than = Disambiguate a-b-c as (a-b)-c
%left  '*' '/' # * and / have more precedence than + Disambiguate a/b/c as (a/b)/c
%left  NEG      # Disambiguate -a-b as (-a)-b and not as -(a-b)
%tree      # Let us build an abstract syntax tree ...

%%
line:
    exp <%name EXPRESSION_LIST + ';'>
        { $_[1] } /* list of expressions separated by ';' */
;

/* The %name directive defines the name of the
   class to which the node being built belongs */
exp:
    %name NUM
    NUM
    | %name VAR
    VAR
    | %name ASSIGN
    VAR '=' exp
    | %name PLUS
    exp '+' exp
    | %name MINUS
    exp '-' exp
    | %name TIMES
    exp '*' exp
    | %name DIV
    exp '/' exp
    | %name UMINUS
    '-' exp %prec NEG
    | '(' exp ')'
        { $_[2] } /* Let us simplify a bit the tree */
;

%%
}; # end grammar

```

Ejecución

El trozo de código:

```

\begin{verbatim}
$parser->input("\"2*-3+b*0;--2\n");      # Set the input
my $t = $parser->YYParse;

```

da lugar a este árbol:

```

[~/src/perl/parse-eyapp/examples/MatchingTrees]$ ./synopsis.pl
Syntax Tree:
EXPRESSION_LIST(
  PLUS(
    TIMES(
      NUM( TERMINAL[2]),
      UMINUS( NUM( TERMINAL[3])) # UMINUS
    ) # TIMES,
    TIMES( VAR( TERMINAL[b]), NUM( TERMINAL[0])) # TIMES

```

```

) # PLUS,
UMINUS(
  UMINUS( NUM( TERMINAL[2])) # UMINUS
) # UMINUS
) # EXPRESSION_LIST

```

Al aplicar las transformaciones:

```

# Let us transform the tree. Define the tree-regular expressions ..
my $p = Parse::Eyapp::Treeregexp->new( STRING => q{
  { # Example of support code
    my %Op = (PLUS=>'+', MINUS => '-', TIMES=>*', DIV => '/');
  }
  constantfold: /TIMES|PLUS|DIV|MINUS/:bin(NUM($x), NUM($y))
    => {
      my $op = $Op{ref($bin)};
      $x->{attr} = eval "$x->{attr} $op $y->{attr}";
      $_[0] = $NUM[0];
    }
  uminus: UMINUS(NUM($x)) => { $x->{attr} = -$x->{attr}; $_[0] = $NUM }
  zero_times_whatever: TIMES(NUM($x), .) and { $x->{attr} == 0 } => { $_[0] = $NUM }
  whatever_times_zero: TIMES(., NUM($x)) and { $x->{attr} == 0 } => { $_[0] = $NUM }
},
OUTPUTFILE=> 'main.pm'
);
$p->generate(); # Create the transformations

```

```

$t->s($uminus); # Transform UMINUS nodes
$t->s(@all);    # constant folding and mult. by zero

```

Obtenemos el árbol:

```

Syntax Tree after transformations:
EXPRESSION_LIST(NUM(TERMINAL[-6]),NUM(TERMINAL[2]))

```

synopsis.pl

```

[~/src/perl/parse-eyapp/examples/MatchingTrees]$ cat synopsis.pl
#!/usr/bin/perl -w
use strict;
use Parse::Eyapp;
use Parse::Eyapp::Treeregexp;

sub TERMINAL::info {
  $_[0]{attr}
}

my $grammar = q{
  %lexer {
    m{\G\s+}gc;
    m{\G([0-9]+(?:\.[0-9]+)?)}gc and return('NUM',$1);
    m{\G([A-Za-z][A-Za-z0-9_]*)}gc and return('VAR',$1);
    m{\G(.)}gcs and return($1,$1);
  }

```



```

%right  '='      # Lowest precedence
%left   '- ' '+' # + and - have more precedence than = Disambiguate a-b-c as (a-b)-c
%left   '* ' '/' # * and / have more precedence than + Disambiguate a/b/c as (a/b)/c
%left   NEG      # Disambiguate -a-b as (-a)-b and not as -(a-b)
%tree   # Let us build an abstract syntax tree ...

%%
line:
    exp <%name EXPRESSION_LIST + ';'>
        { $_[1] } /* list of expressions separated by ';' */
;

/* The %name directive defines the name of the
   class to which the node being built belongs */
exp:
    %name NUM
    NUM
    | %name VAR
    VAR
    | %name ASSIGN
    VAR '=' exp
    | %name PLUS
    exp '+' exp
    | %name MINUS
    exp '-' exp
    | %name TIMES
    exp '*' exp
    | %name DIV
    exp '/' exp
    | %name UMINUS
    '-' exp %prec NEG
    | '(' exp ')'
        { $_[2] } /* Let us simplify a bit the tree */
;

%%
}; # end grammar

our (@all, $uminus);

Parse::Eyapp->new_grammar( # Create the parser package/class
    input=>$grammar,
    classname=>'Calc', # The name of the package containing the parser
);
my $parser = Calc->new();          # Create a parser
$parser->input("\2*-3+b*0;--2\n"); # Set the input
my $t = $parser->YYParse;          # Parse it!
local $Parse::Eyapp::Node::INDENT=2;
print "Syntax Tree:",$t->str;

# Let us transform the tree. Define the tree-regular expressions ..
my $p = Parse::Eyapp::Treeregexp->new( STRING => q{
    { # Example of support code

```

```

    my %Op = (PLUS=>'+', MINUS => '-', TIMES=>'*', DIV => '/');
}
constantfold: /TIMES|PLUS|DIV|MINUS/:bin(NUM($x), NUM($y))
=> {
    my $Op = $Op{ref($bin)};
    $x->{attr} = eval "$x->{attr} $Op $y->{attr}";
    $_[0] = $NUM[0];
}
uminus: UMINUS(NUM($x)) => { $x->{attr} = -$x->{attr}; $_[0] = $NUM }
zero_times_whatever: TIMES(NUM($x), .) and { $x->{attr} == 0 } => { $_[0] = $NUM }
whatever_times_zero: TIMES(., NUM($x)) and { $x->{attr} == 0 } => { $_[0] = $NUM }
},
OUTPUTFILE=> 'main.pm'
);
$p->generate(); # Create the transformations

$t->s($uminus); # Transform UMINUS nodes
$t->s(@all);    # constant folding and mult. by zero

local $Parse::Eyapp::Node::INDENT=0;
print "\nSyntax Tree after transformations:\n",$t->str,"\n";

```

El método s

El código de s está en lib/Parse/Eyapp/Node.pm:

```

sub s {
    my @patterns = @_[1..$#_];

    # Make them Parse::Eyapp::YATW objects if they are CODE references
    @patterns = map { ref($_) eq 'CODE'?
        Parse::Eyapp::YATW->new(
            PATTERN => $_,
            #PATTERN_ARGS => [],
        )
        :
        $_
    }
    @patterns;

    my $changes;
    do {
        $changes = 0;
        foreach (@patterns) {
            $_->{CHANGES} = 0;
            $_->s($_[0]);
            $changes += $_->{CHANGES};
        }
    } while ($changes);
}

```

Véase

- Parse::Eyapp
- Ejemplo de uso de Parse::Eyapp::Treeregexp

- Tree Matching and Tree Substitution
- Node.pm (Véase el método s)

7.5. Treehugger

Donde

- `[~/srcPLgrado/treehugger(master)]$ pwd -P`
`/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/treehugger`
- `[~/srcPLgrado/treehugger(master)]$ git remote -v`
`origin git@github.com:crguezl/treehugger.git (fetch)`
`origin git@github.com:crguezl/treehugger.git (push)`
- <https://github.com/crguezl/treehugger>

learning.html

```
[~/srcPLgrado/treehugger(master)]$ cat learning.html
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>treehugger.js demo</title>
    <script data-main="lib/demo" src="lib/require.js"></script>
    <link rel="stylesheet" href="examples/style.css" type="text/css" />
  </head>
  <body>
    <h1>Treehugger.js playground</h1>
    <table>
      <tr>
        <th>Javascript</th>
        <th>AST</th>
      </tr>
      <tr>
        <td><textarea id="code" rows="15" cols="42">var a = 10, b;
console.log(a, b, c);</textarea></td>
        <td><textarea id="ast" rows="15" cols="42" readonly style="background-color: #eee;"></te
      </tr>
      <tr>
        <th>Analysis code <button id="runbutton">Run</button></th>
        <th>Output</th>
      </tr>
      <tr>
        <td><textarea id="analysis" rows="15" cols="42">var declared = {console: true};
ast.traverseTopDown(
  'VarDecl(x)', function(b) {
    declared[b.x.value] = true;
  },
  'VarDeclInit(x, _)', function(b) {
    declared[b.x.value] = true;
  },
  'Var(x)', function(b) {
    if(!declared[b.x.value])
```

```

        log("Variable " + b.x.value + " is not declared.");
    }
};
</textarea></td>
    <td><textarea id="output" rows="15" cols="42" readonly style="background-color: #eee;"><
</tr>
</table>
</body>
</html>

```

lib/demo.js

```

[~/srcPLgrado/treehugger(master)]$ cat lib/demo.js
require({ baseUrl: "lib" },
    ["treehugger/tree",
     "treehugger/traverse",
     "treehugger/js/parse",
     "jquery",
     "treehugger/js/acorn", // Acorn is a JavaScript parser
     "treehugger/js/acorn_loose" // This module provides an alternative
                                // parser with the same interface as
                                // 'parse', but will try to parse
                                // anything as JavaScript, repairing
                                // syntax error the best it can.
    ], function(tree, traverse, parsejs, jq, acorn, acorn_loose) {
    window.acorn_loose = acorn_loose

    function log(message) {
        $("#output").val($("#output").val() + message + "\n");
    }

    function exec() {
        var js = $("#code").val();
        var analysisJs = $("#analysis").val();
        $("#output").val("");

        // https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Performance.now()
        var t = performance.now();
        var ast = parsejs.parse(js);
        t -= performance.now();
        $("#ast").val(t + "\n" + ast.toPrettyString());
        try {
            eval(analysisJs);
        } catch(e) {
            $("#output").val("JS Error");
            console.log(e.message)
        }
    }

    tree.Node.prototype.log = function() {
        $("#output").val(this.toPrettyString());
    }

    require.ready(function() {

```

```

        $("#code").keyup(exec);
        $("#runbutton").click(exec);
        exec();
    });
}
);

```

Véase

- treehugger.js is a Javascript library for program processing. It has generic means to represent and manipulate ASTs.
- You can see treehugger.js in action in this simple demo.
- Avoiding JavaScript Pitfalls Through Tree Hugging YouTube. Slides.
- AST traversal javascript libraries
- RequireJS

7.6. Práctica: Transformaciones en Los Árboles del Analizador PL0

Partimos del código realizado en la práctica *Análisis de Ámbito en PL0* 5.7.

Modifique el árbol generado por el código de esa práctica usando las transformaciones de *constant folding* o *plegado de las constantes*:

$$PLUS(NUM_1, NUM_2) \implies NUM_3 \{ \text{\$NUM_3\{VAL\}} = \text{\$NUM_1\{VAL\}} + \text{\$NUM_2\{VAL\}} \} MINUS(NUM_1, NUM_2) \implies NUM_3 \{ \text{\$NUM_3\{VAL\}} = \text{\$NUM_1\{VAL\}} - \text{\$NUM_2\{VAL\}} \}$$

$$TIMES(NUM_1, NUM_2) \implies NUM_3 \{ \text{\$NUM_3\{VAL\}} = \text{\$NUM_1\{VAL\}} * \text{\$NUM_2\{VAL\}} \}$$

$$DIV(NUM_1, NUM_2) \implies NUM_3 \{ \text{\$NUM_3\{VAL\}} = \text{\$NUM_1\{VAL\}} / \text{\$NUM_2\{VAL\}} \}$$

etc.

Opcionalmente si lo desea puede considerar otras transformaciones: $TIMES(X, NUM_2)$ and $\{ \text{\$NUM_2\{VAL\}} = 2^s \text{ para algún } s \} \implies SHIFTLEFT(X; NUM_3) \{ \text{\$NUM_3\{VAL\}} = s \}$

Parte II

PARTE: CREATE YOUR OWN PROGRAMMING LANGUAGE

A course by Nathan Whitehead.

- Nathan Whitehead en YouTube

Repositorios relacionados:

- <https://github.com/crguezl/nathanuniversityexercisesPL>

Capítulo 8

JavaScript Review

<http://nathansuniversity.com/jsreview.html>

8.1. Closures

<http://nathansjslessons.appspot.com/>

Capítulo 9

Your First Compiler

<http://nathansuniversity.com/music.html>

Capítulo 10

Parsing

<http://nathansuniversity.com/pegs.html>

Capítulo 11

Scheem Interpreter

<http://nathansuniversity.com/scheem.html>

11.1. Scheem Interpreter

11.2. Variables

11.3. Setting Values

11.4. Putting Things Together

11.4.1. Unit Testing: Mocha

Introducción

Mocha is a feature-rich JavaScript test framework running on node.js and the browser, making asynchronous testing simple and fun. Mocha tests run serially, allowing for flexible and accurate reporting, while mapping uncaught exceptions to the correct test cases.

- <http://mochajs.org/>
- <https://github.com/visionmedia/mocha>
- - An example setup for unit testing JavaScript in the browser with the Mocha testing framework and Chai assertions: <https://github.com/ludovicofischer/mocha-chai-browser-demo>
 - Karma - a test runner

mocha init

```
[~/srcPLgrado/mocha-chai-browser-demo(master)]$ mocha --help
```

```
Usage: _mocha [debug] [options] [files]
```

Commands:

```
init <path>           initialize a client-side mocha setup at <path>
```

Options:

-h, --help	output usage information
-V, --version	output the version number
-r, --require <name>	require the given module
-R, --reporter <name>	specify the reporter to use

-u, --ui <name>	specify user-interface (bdd tdd exports)
-g, --grep <pattern>	only run tests matching <pattern>
-i, --invert	inverts --grep matches
-t, --timeout <ms>	set test-case timeout in milliseconds [2000]
-s, --slow <ms>	"slow" test threshold in milliseconds [75]
-w, --watch	watch files for changes
-c, --colors	force enabling of colors
-C, --no-colors	force disabling of colors
-G, --growl	enable growl notification support
-d, --debug	enable node's debugger, synonym for node --debug
-b, --bail	bail after first test failure
-A, --async-only	force all tests to take a callback (async)
-S, --sort	sort test files
--recursive	include sub directories
--debug-brk	enable node's debugger breaking on the first line
--globals <names>	allow the given comma-delimited global [names]
--check-leaks	check for global variable leaks
--interfaces	display available interfaces
--reporters	display available reporters
--compilers <ext>:<module>,...	use the given module(s) to compile files
--inline-diffs	display actual/expected differences inline within each str
--no-exit	require a clean shutdown of the event loop: mocha will not

```
[~/srcPLgrado]$ mocha init chuchu
```

```
[~/srcPLgrado]$ ls -ltr
```

```
total 16
```

```
....
```

```
drwxr-xr-x  6 casiano  staff  204 20 ene 11:16 chuchu
```

```
[~/srcPLgrado]$ tree chuchu/
```

```
chuchu/
|-- index.html
|-- mocha.css
|-- mocha.js
'-- tests.js
```

```
[~/srcPLgrado/mocha-tutorial]$ cat test/test.js
```

```
var assert = require("assert")
describe('Array', function(){
  describe('#indexOf()', function(){
    it('should return -1 when the value is not present', function(){
      assert.equal(-1, [1,2,3].indexOf(5));
      assert.equal(-1, [1,2,3].indexOf(0));
      assert.equal( 0, [1,2,3].indexOf(99));
    })
  })
})
```

```
[~/srcPLgrado/mocha-tutorial]$ mocha
```

```
.
0 passing (5ms)
1 failing
```

```
1) Array #indexOf() should return -1 when the value is not present:
```

```
AssertionError: 0 == -1
```

```
at Context.<anonymous> (/Users/casiano/local/src/javascript/PLgrado/mocha-tutorial/test/
```

Mocha allows you to use any assertion library you want, if it throws an error, it will work! This means you can utilize libraries such as `should.js`, node's regular `assert` module, or others.

Browser support

Mocha runs in the browser.

- Every release of Mocha will have new builds of `./mocha.js` and `./mocha.css` for use in the browser.
- To setup Mocha for browser use all you have to do is include the script, stylesheet,
- Tell Mocha which interface you wish to use, and then
- Run the tests.

A typical setup might look something like the following, where we call `mocha.setup('bdd')` to use the BDD interface before loading the test scripts, running them on load with `mocha.run()`.

```
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Mocha Tests</title>
  <link rel="stylesheet" href="mocha.css" />
</head>
<body>
  <div id="mocha"></div>
  <script src="jquery.js"></script>
  <script src="expect.js"></script>
  <script src="mocha.js"></script>

  <script>mocha.setup('bdd')</script>

  <script src="test.array.js"></script>
  <script src="test.object.js"></script>
  <script src="test.xhr.js"></script>

  <script>
    mocha.checkLeaks();
    mocha.globals(['jQuery']);
    mocha.run();
  </script>
</body>
</html>
```

- Mocha "interface" system allows developers to choose their style of DSL. Shipping with BDD, TDD, and exports flavoured interfaces.
- `mocha.globals([names ...])`
A list of accepted global variable names. For example, suppose your app deliberately exposes a global named `app` and `YUI`
- `mocha.checkLeaks()`

By default Mocha will not check for global variables leaked while running tests

TDD

The *Mocha TDD interface* provides `suite()`, `test()`, `setup()`, and `teardown()`.

```
suite('Array', function(){
  setup(function(){
    // ...
  });

  suite('#indexOf()', function(){
    test('should return -1 when not present', function(){
      assert.equal(-1, [1,2,3].indexOf(4));
    });
  });
});
```

Véase

- <https://github.com/crguezl/nathanuniversityexercisesPL/tree/master/scheem8>

11.4.2. Grunt

<http://gruntjs.com/getting-started>

```
npm install -g grunt-cli
```

A typical setup will involve adding two files to your project: `package.json` and the `Gruntfile`.

- `package.json`: This file is used by `npm` to store metadata for projects published as `npm` modules. You will list `grunt` and the Grunt plugins your project needs as *devDependencies* in this file.
- `Gruntfile`: This file is named `Gruntfile.js` or `Gruntfile.coffee` and is used to configure or define tasks and load Grunt plugins.

`package.json`

- The `package.json` file belongs in the root directory of your project, next to the `Gruntfile`, and should be committed with your project source.
- Running `npm install` in the same folder as a `package.json` file will install the correct version of each dependency listed therein.
- There are a few ways to create a `package.json` file for your project:
 - Most `grunt-init` templates will automatically create a project-specific `package.json` file.
 - The `npm init` command will create a basic `package.json` file.
 - Start with the example below, and expand as needed, following this specification.

```
{
  "name": "my-project-name",
  "version": "0.1.0",
  "devDependencies": {
    "grunt": "~0.4.2",
    "grunt-contrib-jshint": "~0.6.3",
    "grunt-contrib-nodeunit": "~0.2.0",
    "grunt-contrib-uglify": "~0.2.2"
  }
}
```

Gruntfile

The Gruntfile.js or Gruntfile.coffee file is a valid JavaScript or CoffeeScript file that belongs in the root directory of your project, next to the package.json file, and should be committed with your project source.

A Gruntfile is comprised of the following parts:

- The "wrapper" function
- Project and task configuration
- Loading Grunt plugins and tasks
- Custom tasks

An example Gruntfile

In the following Gruntfile, project metadata is imported into the Grunt config from the project's package.json file and the

grunt-contrib-uglify

plugin's uglify task is configured to minify a source file and generate a banner comment dynamically using that metadata.

When grunt is run on the command line, the uglify task will be run by default.

```
module.exports = function(grunt) {

  // Project configuration.
  grunt.initConfig({
    pkg: grunt.file.readJSON('package.json'),
    uglify: {
      options: {
        banner: '/*! <%= pkg.name %> <%= grunt.template.today("yyyy-mm-dd") %> */\n',
      },
      build: {
        src: 'src/<%= pkg.name %>.js',
        dest: 'build/<%= pkg.name %>.min.js'
      }
    }
  });

  // Load the plugin that provides the "uglify" task.
  grunt.loadNpmTasks('grunt-contrib-uglify');

  // Default task(s).
  grunt.registerTask('default', ['uglify']);

};
```

Now that you've seen the whole Gruntfile, let's look at its component parts.

The "wrapper" function

Every Gruntfile (and gruntplugin) uses this basic format, and all of your Grunt code must be specified inside this function:

```
module.exports = function(grunt) {
  // Do grunt-related things in here
};
```

Project and task configuration

Most Grunt tasks rely on configuration data defined in an object passed to the `grunt.initConfig` method.

In this example, `grunt.file.readJSON('package.json')` imports the JSON metadata stored in `package.json` into the grunt config. Because `<% %>` template strings may reference any config properties, configuration data like filepaths and file lists may be specified this way to reduce repetition.

You may store any arbitrary data inside of the configuration object, and as long as it doesn't conflict with properties your tasks require, it will be otherwise ignored. Also, because this is JavaScript, you're not limited to JSON; you may use any valid JS here. You can even programmatically generate the configuration if necessary.

Like most tasks, the `grunt-contrib-uglify` plugin's `uglify` task expects its configuration to be specified in a property of the same name. Here, the `banner` option is specified, along with a single `uglify` target named `build` that minifies a single source file to a single destination file.

```
// Project configuration.
grunt.initConfig({
  pkg: grunt.file.readJSON('package.json'),
  uglify: {
    options: {
      banner: '/*! <%= pkg.name %> <%= grunt.template.today("yyyy-mm-dd") %> */\n'
    },
    build: {
      src: 'src/<%= pkg.name %>.js',
      dest: 'build/<%= pkg.name %>.min.js'
    }
  }
});
```

A simple Grunt.js example

<https://github.com/UWMadisonUcomm/grunt-simple-example>

```
[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ pwd
/Users/casiano/srcPLgrado/grunt-simple-example
[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ git remote -v
origin  git@github.com:UWMadisonUcomm/grunt-simple-example.git (fetch)
origin  git@github.com:UWMadisonUcomm/grunt-simple-example.git (push)
[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ ls
Gruntfile.js  Readme.md    assets       index.html   node_modules package.json src
```

```
[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ cat Gruntfile.js
module.exports = function(grunt){
  grunt.initConfig({
    uglify: {
      main: {
        files: {
          'assets/app.min.js': [
            'src/javascripts/jquery-1.10.2.min.js',
            'src/javascripts/bootstrap.js',
            'src/javascripts/application.js'
          ]
        }
      }
    },
    less: {
```



```

    application: {
      options: {
        yuicompress: true
      },
      files: {
        "assets/app.min.css": "src/stylesheets/application.less"
      }
    }
  },
  watch: {
    javascripts: {
      files: ['src/javascripts/**/*.js'],
      tasks: ['uglify']
    },
    stylesheets: {
      files: ['src/stylesheets/**/*.less'],
      tasks: ['less']
    }
  }
});

// Load plugins
grunt.loadNpmTasks('grunt-contrib-less');
grunt.loadNpmTasks('grunt-contrib-uglify');
grunt.loadNpmTasks('grunt-contrib-watch');

// Register tasks
grunt.registerTask('default', ['uglify', 'less']);
}

[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ cat package.json
{
  "name": "grunt-simple-example",
  "version": "0.0.1",
  "main": "index.js",
  "devDependencies": {
    "grunt": "~0.4.1",
    "grunt-contrib-cssmin": "~0.6.2",
    "grunt-contrib-less": "~0.7.0",
    "grunt-contrib-uglify": "~0.2.4",
    "grunt-contrib-watch": "~0.5.3"
  },
  "author": "Bryan Shelton",
  "license": "BSD-2-Clause"
}

[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ npm install
npm WARN package.json grunt-simple-example@0.0.1 No repository field.
[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$

[~/srcPLgrado/grunt-simple-example(master)]$ grunt watch
Running "watch" task
Waiting...OK

```

```
>> File "src/javascripts/application.js" changed.
```

```
Running "uglify:main" (uglify) task  
File "assets/app.min.js" created.
```

```
Done, without errors.
```

```
Completed in 3.897s at Mon Jan 20 2014 19:02:03 GMT+0000 (WET) - Waiting...
```

11.4.3. GitHub Project Pages

Project Pages are kept in the same repository as the project they are for.

These pages are similar to User and Org Pages, with a few slight differences:

- The `gh-pages` branch is used to build and publish from.
- A custom domain on user/org pages will apply the same domain redirect to all project pages hosted under that account, unless the project pages use their own custom domain.
- If no custom domain is used, the project pages are served under a subpath of the user pages:

`username.github.io/projectname`

Por ejemplo, mi usuario es `crguezl`. Si el proyecto se llama `nathanuniversityexercisesPL`, la dirección será:

`http://crguezl.github.io/nathanuniversityexercisesPL/`

- Custom 404s will only work if a custom domain is used, otherwise the User Pages 404 is used.
- Creating Project Pages manually

1. Setting up Pages on a project requires a new `.orphan` branch in your repository. The safest way to do this is to start with a fresh clone.

```
git clone https://github.com/user/repository.git  
# Clone our repository  
# Cloning into 'repository'...  
remote: Counting objects: 2791, done.  
remote: Compressing objects: 100% (1225/1225), done.  
remote: Total 2791 (delta 1722), reused 2513 (delta 1493)  
Receiving objects: 100% (2791/2791), 3.77 MiB | 969 KiB/s, done.  
Resolving deltas: 100% (1722/1722), done.
```

2. Now that we have a clean repository, we need to create the new branch and remove all content from the working directory and index.

```
cd repository
```

```
git checkout --orphan gh-pages  
# Creates our branch, without any parents (it's an orphan!)  
# Switched to a new branch 'gh-pages'
```

```
git rm -rf .  
# Remove all files from the old working tree  
# rm '.gitignore'
```

3. Now we have an empty working directory. We can create some content in this branch and push it to GitHub. For example:

```
echo "My GitHub Page" > index.html
git add index.html
git commit -a -m "First pages commit"
git push origin gh-pages
```

Capítulo 12

Functions and all that

<http://nathansuniversity.com/funcs.html>

Capítulo 13

Inventing a language for turtle graphics

<http://nathansuniversity.com/turtle.html>

Parte III

PARTE: HERRAMIENTAS

Capítulo 14

CoffeeScript

14.1. Introducción

1. CoffeeScript book
2. vim plugin para CoffeeScript
3. js2coffee: Compile JavaScript to CoffeeScript
4. A CoffeeScript Intervention. Five Things You Thought You Had to Live with in JavaScript por Trevor Burnham en PragPub
5. A taste of CoffeeScript (part 2)
6. Some real world examples of Coffescript and jQuery por Stefan Bleibinhaus
7. I can't write multiline codes in Coffeescript Interactive Mode(REPL): ctrl-V
8. Railcast: CoffeeScript

14.2. CoffeeScript y JQuery

Es posible instalar JQuery en Node.js. Tuve algún problema para instalar jquery con algunas versiones de Node pero funcionó con la 0.10.10:

```
~/sinatra/rockpaperscissors(master)]$ n
* 0.10.10
  0.11.2
  0.8.17
```

El programa n es un gestor de versiones de Node.js. Otro gestor de versiones del intérprete es nvm.

Una vez instalado, podemos usarlo desde coffeescript via node.js:

```
coffee> $ = require 'jquery'; null
null
coffee> $("<h1>test passes</h1>").appendTo "body" ; null
null
coffee> console.log $("body").html()
<h1>test passes</h1>
undefined
coffee>
coffee> $.each [4,3,2,1], (i,v)-> console.log "index: #{i} -> value: #{v}"
index: 0 -> value: 4
index: 1 -> value: 3
```

```
index: 2 -> value: 2  
index: 3 -> value: 1  
[ 4, 3, 2, 1 ]
```

14.3. Ambito/Scope

- Lexical Scope in CoffeeScript por Reg Braithwaite raganwald
- Reg Braithwaite raganwald
- ristrettolo.gy, CoffeeScript Ristretto Online

Índice general

Índice de figuras

Índice de cuadros

Índice alfabético

- árbol de análisis abstracto, 182
- árbol de análisis sintáctico concreto, 82
- árbol sintáctico concreto, 80, 119
- árboles, 182

- AAA, 182
- abstract syntax tree, 182
- access link, 143
- acción de reducción, 133
- acciones de desplazamiento, 133
- acciones semánticas, 87
- acciones shift, 133
- alfabeto con función de aridad, 182
- algoritmo de construcción del subconjunto, 132
- antiderivación, 128
- assert style, 22
- AST, 182
- atributo heredado, 163, 167
- atributo sintetizado, 87, 163, 167
- atributos formales, 166
- atributos heredados, 163, 164, 167
- atributos intrínsecos, 167
- atributos sintetizados, 163, 167
- autómata árbol, 189
- autómata finito determinista, 132
- autómata finito no determinista con ϵ -transiciones, 130

- BDD, 21
- block, 16
- Border, 15
- box model, 15
- bubble phase, 72

- callback, 45
- capture phase, 72
- casa con la sustitución, 189
- casa con un árbol, 189
- casamiento de árboles, 187
- Cascading Style Sheets, 11
- Chai should, 22
- clausura, 132
- conflicto de desplazamiento-reducción, 134, 157
- conflicto reduce-reduce, 134, 157
- conflicto shift-reduce, 134, 157
- constant folding, 196

- Content, 15
- CSS, 11
- CSS reset document, 14

- declaration, 12
- declaration block, 12
- definición dirigida por la sintaxis, 166
- deriva en un paso en el árbol, 183
- devDependencies, 205
- DFA, 132
- DOM storage, 54

- Ejercicio
 - Recorrido del árbol en un ADPR, 86
- esquema de traducción, 87, 162
- esquema de traducción árbol, 187
- etiquetas, 61
- evaluation stack, 143
- expect interface, 22

- favicon, 62
- Favorite icon, 62
- función de aridad, 182
- función de transición del autómata, 132

- generador de generadores de código, 186
- goto, 133
- grafo de dependencias, 167
- gramática árbol regular, 182
- gramática atribuída, 167
- gramática es recursiva por la izquierda, 86, 100

- handle, 129

- INI, 69
- inline, 16
- IR, 185
- items núcleo, 137

- JavaScript Object Notation, 51
- jQuery, 40
- JSON, 51

- Karma, 27

- L-atribuída, 167
- LALR, 135
- lenguaje árbol generado por una gramática, 183

- lenguaje árbol homogéneo, 182
- lenguaje de las formas sentenciales a rderechas, 129
- local storage, 54
- LR, 128
- manecilla, 129
- mango, 129
- Margin, 15
- milestones, 61
- Mocha TDD interface, 205
- NFA, 130
- normalización del árbol, 187
- orden parcial, 167
- orden topológico, 167
- Padding, 15
- parsing expression, 92
- parsing expression grammar, 92
- patrón, 187
- patrón árbol, 187
- patrón de entrada, 187
- patrón lineal, 187
- patrones árbol, 187
- pattern matching, 56
- PEG, 92
- plegado de las constantes, 196
- Práctica
 - Ambigüedad en C++, 115
 - Análisis de Ámbito en PL0, 139
 - Analizador de PL0 Ampliado Usando PEG.js, 115
 - Analizador de PL0 Usando Jison, 138
 - Analizador Descendente Predictivo Recursivo, 88
 - Analizador Léxico para Un Subconjunto de JavaScript, 78
 - Calculadora con Análisis de Ámbito, 141
 - Calculadora con Funciones, 140
 - Calculadora con Listas de Expresiones y Variables, 128
 - Comma Separated Values. CSV, 35
 - Comma Separated Values. CSV usando Ajax, 58
 - Conversor de Temperaturas, 9
 - Conversor de Temperaturas con Karma y Travis, 26
 - Ficheros INI, 69
 - Inventando un Lenguaje: Tortoise, 117
 - Palabras Repetidas, 65
 - Secuencia de Asignaciones Simples, 123
 - Traducción de Infijo a Postfijo, 140
 - Transformaciones en Los Árboles del Analizador PL0, 196
- Primeros, 131
- property, 12
- pseudo-clase, 14
- recursion, 143
- recursiva por la derecha, 108
- recursiva por la izquierda, 87, 100
- recursive descent parser, 93
- reducción por defecto, 149
- reducción-reducción, 134, 157
- reentrant, 143
- register spilling, 143
- reglas de evaluación de los atributos, 166
- reglas de transformación, 187
- reglas semánticas, 166
- Representación intermedia, 185
- rightmost derivation, 128
- rule set, 12
- S-atribuída, 167
- selección de código, 185
- selector, 12
- session storage, 54
- shortcut, 62
- shorthand property, 15
- siguientes, 131
- SLR, 133, 134
- static link, 143
- sustitución árbol, 188
- términos, 182
- tabla de acciones, 133
- tabla de gotos, 133
- tabla de saltos, 133
- target phase, 72
- task runner, 23
- text area, 54
- value, 12
- Web storage, 54

Bibliografía

- [1] Mark Pilgrim. *Dive into HTML5*. <http://diveinto.html5doctor.com/index.html>, 2013.
- [2] G. Wilson and A. Oram. *Beautiful Code: Leading Programmers Explain How They Think*. O'Reilly Media, 2008.
- [3] Nathan Whitehead. *Create Your Own Programming Language*. <http://nathansuniversity.com/>. 2012.
- [4] Nathan Whitehead. *What's a Closure?*. <http://nathansjslessons.appspot.com/>. 2012.
- [5] Steven S. Muchnick. *Advanced compiler design and implementation*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1997.
- [6] T. Mogensen and T.A. Mogensen. *Introduction to compiler design*. Undergraduate topics in computer science. Springer London, Limited, 2011.
- [7] Todd A. Proebsting. Burg, iburg, wburg, gburg: so many trees to rewrite, so little time (*invited talk*). In *ACM SIGPLAN Workshop on Rule-Based Programming*, pages 53–54, 2002.