

# 编译器技术在边界扫描中的应用研究

李 洪, 颜学龙, 陈寿宏

(桂林电子科技大学 电子工程与自动化学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 根据研究对象 BSDL 文件以及 Protel 网表文件自身结构特点, 运用 flex 与 bison 实现词法分析、语法分析及信息储存等阶段, 构成一种优秀编译器, 对目标文件进行全面、快速、准确地解析; 预编译阶段采用正则表达式, 将目标文件的信息提取、划分, 存入逻辑关系清晰具有层次属性的关系型数据库, 节省再次编译时间, 有效提高应用效率; 测试结果表明, 该编译器不但可以准确、全面、快速提取编译信息, 而且具有设计简单精巧、容易维护、功能强大等优点。

**关键词:** 边界扫描; 网表编译; BSDL; flex; bison

## Application of Compiler Technology in Boundary Scan

Li Yang, Yan Xuelong, Chen Shouhong

(College of Electronic Engineering And Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

**Abstract:** According to the structural characteristics of BSDL file and Protel netlist file. Use of flex and bison to achieve lexical analysis, syntax analysis, information storage and so on and constitutes an excellent compiler. It is comprehensive, rapid and accurate that analytical target file. Precompiled stage using regular expressions to extract the information of the target file and stored in the database. Avoid build again to save compilation time and improve application efficiency. Test results show that it can extract the information quickly and accurately, it has the advantages that easy to design maintain and powerful function.

**Keywords:** boundary scan; netlist compilation; BSDL; flex; bison

## 0 引言

边界扫描技术作为一种新兴的测试技术, 已得到广泛的认可与使用<sup>[1]</sup>。它适应了由于微型化发展迅速, 器件安装密度骤增, 间距锐减, 器件结构和功能复杂性大大增加所带来的挑战。整个边界扫描系统主要包括硬件部分和软件部分。软件部分主要由测试矢量自动生成模块和测试故障诊断模块组成<sup>[2]</sup>, 编译技术是边界扫描测试矢量自动生成中的关键技术, 也是整个软件系统首要完成的工作。

在过往文献中对编译部分的对象 Protel 网表文件、BSDL 文件以及编译器进行过介绍, 但其对规则并未完全概括, 所使用的编译方法多为高级通用编程语言, 并未利用符合 BNF 的编译器工具。本编译部分采用 Flex 和 Bison 自动生成词法分析器以及语法分析器, 并将其集成到 VC++ 2008 开发环境下。与人工使用高级语言编写相比, 自动生成的编译器更加简化、稳定、完善, 易于修改与扩充, 实际效果良好。

本文通过对 BSDL 文件以及 Protel 网表文件的编译, 获取被测电路中扫描链的数量, 每条扫描链边界扫描器件的组成和它们之间的排列信息以及互连网络结构等, 所提取的数据通过分析找到最优的层次关系结构, 存入关系数据库, 这样不但方便生成粗链等相关矢量生成依据, 而且有助于我们观察分析其特点, 可以随时查看其数据, 更重要的是在编译对象相同的时候, 可以直接调用数据, 省去再次编译的过程, 节约宝贵

时间。

## 1 BSDL 以及 Protel 网表文件简介

BSDL (boundary scan description language) 文件是使用边界扫描进行电路板级和系统测试与在系统变成所必需的, 是硬件描述语言 (VHDL) 的一个子集, 是对边界扫描器件的边界扫描特性的描述<sup>[3]</sup>。

一个器件的 BSDL 描述主要包含下列要件<sup>[3-4]</sup>: 实体描述; 类型参数; 逻辑端口描述; Use 语句; 管脚映射; 扫描端口标识; 指令寄存器描述; 一寄存器访问描述; 一边界寄存器描述。

网表文件的描述: 主要分为两部分, 方括号里描述网表器件信息, 圆括号里描述器件连接关系<sup>[5-6]</sup>。

相关信息如下:

```
[
  第一行——U2
  第二行——DIP-24
  第三行——SN74BCT8374A
  ...
]
```

在方括号范围内, 第一行 U2 为电路中的器件名, 第二行 DIP-24 为器件封装信息, 第三行 SN74BCT837-4A 为该器件为 SN74BCT8374A 类型 (TI 公司的一个产品)。在 protel 网表文件中, 不限定器件个数。

```
(
  第一行——Net_14
  第二行——U7-19
  第三行——U8-7
  ...
)
```

收稿日期: 2014-01-19; 修回日期: 2014-03-20。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61102012); 广西教育厅项目 (YB2014119)。

作者简介: 李 洪 (1988-), 男, 工学硕士, 主要从事边界扫描测试技术方向的研究。

)

第一行为网络名称, 其后每行为一个节点, 连接了 U7 器件的 19 引脚和 U8 器件的第 7 引脚。

### 2 flex & bison

Flex 和 bison 分别是 lex (lexical Compiler) 和 yacc (Yet another Compiler Compiler) 两个软件工具的升级版。前者用于生成词法分析程序, 后者负责生成语法分析程序<sup>[7]</sup>。

词法分析程序从左到右一个字符一个字符地读入源程序, 即对构成源程序的字符流进行扫描然后根据构词规则识别单词(也称单词符号或符号)。

```

%{
C 声明部分
}%
flex 程序的定义部分
%%
规则部分
%%
用户子程序部分

```

语法分析的任务是在词法分析的基础上将单词序列组合成各类语法短语, 如“程序”, “语句”, “表达式”等等<sup>[7]</sup>。语法分析程序判断源程序在结构上是否正确。源程序的结构由上下文无关文法描述。

```

%{
C 声明部分
}%
bison 程序的定义部分
%%
规则部分
%%
用户子程序部分

```

### 3 编译器设计

利用 Linux 系统, 编写 flex 源文件 (\* \*.l) 与 bison 源文件 (\* \*.y), 通过终端编译, 分别对应生成词法分析程序和语法分析程序, 将两者加入 vs2008, 对目标文件进行编译, 将得到的数据存入相应数据库, 供矢量生成调用, 其流程如图 1 所示。

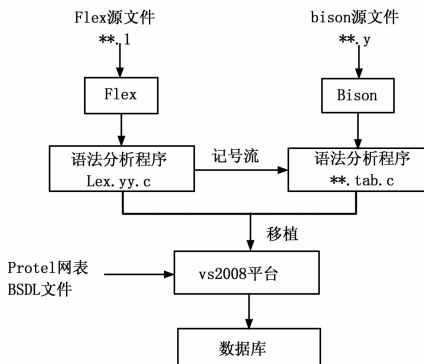


图 1 软件总体设计图

#### 3.1 词法分析

BSDL 文件中拥有自己的注释、关键字、命名规则以及限

定字符。

注释以“—”为标记开始, 以行结尾符为终点, 在“—”后面直到本行结束, 所有的字符都不会被处理, 允许出现任何字符形式。

其形式为:

```

-- this is an example

```

关键字按照 flex 工具的正则表达式匹配, 形成一个 token 字符流, 供给语法分析使用。

关键字处理如下:

```

entity {return ENTITY;}

```

BSDL 文件允许出现除关键字以外的其他字符串, 其拥有自己的命名规则, 命名中可以包括数字、字母以及下划线, 但不能以下划线结尾, 所有字符串必须遵守这项规则, 否则会出现错误。BSDL 文件的书写并不自由, 仅有部分字符可以出现在非注释区, 其限定符号包括 a - z A - Z 0 - 9 “ ” & . ‘ ’ ( ) \* , - . : ; < = > \_ [ ] 以及空格, 出现其他符号将会视为错误。

Protel 网表文件相对简单, 并没有标明关键字等。

在词法分析中最关键的是字符的匹配, 有时会碰到二义性的问题, 词法分析器会尽力匹配更多的字符串, 如 abcd 会匹配 abc 而不选择 ab; 如果一个字符串符合多个模式的匹配规则, 则会选择匹配更先出现的模式。

#### 3.2 语法分析

语法分析阶段首先要根据 BSDL 文件以及 Protel 网表文件标准来编写语法规则, 这些语句是由关键字所构造的, 有效信息填充的规则。然后要结合 bison 基于上述所提到的语法来生成一个可以识别这个语法中有效“语句”的语法分析器。语法分析中要特别注意移近/规约分析, 移近/规约冲突以及二义性和冲突, 一旦出现二义性整个编译器将无法工作。

语法分析借助词法分析返回的部分 token 流, 构建相关规则, 现在以 BSDL 文件封装形式为例:

```

constant JT_PACKAGE : PIN_MAP_STRING :=
“ CLK:1,” &
“ 1Q:2, 2Q:3, 3Q:4, 4Q:5,” &
“ NC(1,8,15,22)”;

```

首先分析语法结构, 我们可以确定基本的语法构成为 constant 封装名: PIN\_MAP\_STRING := “

```

管脚名: 管脚号, 管脚名: 管脚号…….”;

```

我们可以将”&.”为连接符号, 在词法分析过程中将其返回空格:”&.” return {;}

```

[0-9_a-zA-Z]+ return {NAMES;}

```

```

[0-9]+ return {NUMBERS;}

```

constant PIN\_MAP\_STRING 作为关键字, 在词法分析中的处理为:

```

constant return { CONSTANT;}

```

```

PIN_MAP_STRING return {PIN_MAP_STRING;}

```

这样两个关键字的 token 流就可以被语法分析器所应用。

管脚名: 管脚号是个递归形式, 要以多种方式考虑; 管脚名: (管脚号) 也要考虑多种情况。

```

GUIZE;CONSTANT NAMES PIN_MIP_STRING ‘.’ ‘=’ ‘‘’
GUIZE1 ‘’’ ‘;’

```

```

;
GUIZE1 : GUIZE2

```

```
|GUIZE2 ',' GUIZE1
;
GUIZE2: NAMES ':' NUMBERS{ ; }
|NAMES ':' ('GUIZE3')
;
GUIZE3 :NUMBERS',' NUMBERS{ ; }
|NUMBERS','GUIZE3
;
```

上面程序描述了如何编写一个 bison 可以处理的封装结构规则，包含了规则的递归与嵌套；GUIZE 是整个封装规则的总体，GUIZE1 嵌套在总体规则内，是对管脚映射的总体描述，GUIZE2 是对管脚映射的描述，通过递归方式扩展管脚映射数量，GUIZE3 主要是对同一管脚名映射多管脚号的情况进行分析，{ ; } 用来填写语义动作，语义动作主要是用来传递一些参数，标记相关信息以及将所需要的内容装入目标数据库。

### 4 编译器验证

利用 Linux 系统下的 flex 和 bison 对 xx.l 以及 xx.y 文件进行编译。

- 1) bison -d xx.y
- 2) flex xx.l
- 3) gcc -o ww xx.tab.c lex.yy.c -lf

通过 1 将得到的，xx.tab.h，xx.tab.c 两个文件，通过 2 得到 lex.yy.c，通过 3 得到应用程序 ww。通过调用应用程序可以实现编译器功能。

此外，可将上述 3 个文件添加到 vs2008 工程中，进而在 Windows 系统下运行，更方便地应用于实践活动中。为测试整个编译器的功能，将分别以 Protel 网表文件和 BSDL 文件为目标文件，进行编译验证。

编译验证结果：

- 1) Protel 网表文件：

```
[
U2
DIP24-1
SN74BCT8244A
]
```

通过编译，将信息装入相应的数据库得到的内容如图 2 所示。

ID	Nmme	PackageForm	AttributeClass
* 3	U2	DIP24-1	SN74BCT8374A

图 2 Protel 网表信息

从图 2 可以得到，名为 U2 的器件是 Protel 网表文件中第三个器件，它的封装信息为 DIP24 - 1，属性信息为 SN74BCT8374A。如果一个器件是可测性器件，那么属性信息一般为其对应的 BSDL 文件名。

- 2) BSDL 文件：

以 Bct8244 为例，其部分封装如下：

```
constant JT_PACKAGE ; PIN_MAP_STRING := "1GN;1, 1Y;
(2,3,4,5)," &
```

```
"2Y;(7,8,9,10), 1A;(23,22,21,20)," &-
"2A;(19,17,16,15), 2GN;24, GND;6," &-
"VCC;18, TDO;11, TDI;14, TMS;12, TCK;13";
```

通过编译，将信息装入相应的数据库得到以下内容：

ID	3SDLDeviceTypeII	PackageType	PackagePinNum
1 1	1	JT_PACKAGE	24
2 2	1	DW_PACKAGE	24
3 3	1	NT_PACKAGE	24
4 4	1	FK_PACKAGE	28

图 3 BSDL 封装信息

ID	DeviceTypePacka	PinName	PinID	PinNameOrder
1 1	1	1GN	1	0
2 2	1	1Y	2	1
3 3	1	1Y	3	2
4 4	1	1Y	4	3
5 5	1	1Y	5	4
6 6	1	2Y	7	1
7 7	1	2Y	8	2

图 4 BSDL 管脚信息

图 3 表示目标器件 Bct8244 拥有 4 种封装形式，前 3 种封装形式管脚数为 24，FK \_ PACKGE 封装形式有 28 个管脚。图 4 以第一种封装形式为例（其 BSDL 描述形式如上述代码），可知各个管脚所对应的管脚号，以及其是否为复合形式。

### 5 结论

本文基于 flex 和 Bison 设计关于 Protel 网表文件以及 BSDL 文件的编译器，其自动生成的词法分析器以及语法分析器更加的简洁，易于维护，规则更加完善，能快速准确地提取被测电路的相关信息，并划分类别存储在相应的数据库中。该编译器充分体现了其快速、准确、全面的特点，使用效果良好。如果在信息存储过程中采用事件处理，将进一步节约时间，将应用程序结合 MFC 等，可形成单独软件，便于研究编译对象。编译器错误恢复还需加强，以便于提高效率。

#### 参考文献：

- [1] 陈光禡，潘中良. 可测性设计技术 [M]. 北京：电子工业出版社，1997.
- [2] 张 甜，王祖强，蔡 琴. 边界扫描测试的软件实现 [J]. 计算机工程，2007，33 (7)：220 - 222.
- [3] 罗秋明. 基于 BSDL 和 Protel 网表的 BST 向量生成软件 [J]. 计算机应用与软件，2008，25 (1)：66 - 69.
- [4] IEEE. IEEE Standard Test Access Port and Boundary - Scan Architecture [S]. 2001.
- [5] 何 锋，雷 加. 边界扫描测试矢量自动生成中的网表编译技术研究 [A]. 中国仪器仪表与测控技术交流大会论文集 (二) [C]. 成都：2007：103 - 107.
- [6] 王 宁，李桂祥，张尊泉. 边界扫描器件 BSDL 描述在测试中的应用 [J]. 半导体技术，2003，28 (10)：42 - 45，50.
- [7] Levine J. Flex 与 bison [M]. 南京：东南大学出版社，2011.