

# Alphi

Lissens Tobiah

15-01-2017

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Syntax(BNF)</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Semantiek</b>	<b>5</b>
3.1	Expressies . . . . .	5
3.1.1	Numeric . . . . .	5
3.1.2	Boolean . . . . .	5
3.2	Statements . . . . .	5
3.2.1	AssignStatement . . . . .	5
3.2.2	If . . . . .	5
3.2.3	While . . . . .	5
3.3	Commands . . . . .	6
3.3.1	Print . . . . .	6
3.3.2	MotorR/MotorL . . . . .	6
3.3.3	Led1/Led2 . . . . .	6
3.3.4	SensorL/SensorR . . . . .	6
3.3.5	Ultra . . . . .	6
3.3.6	OpenMBot/CloseMBot . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Programma's</b>	<b>6</b>
4.1	demo_police.alp . . . . .	7
4.2	demo_police.alp . . . . .	7
4.3	demo_ultra.alp . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Implementatie</b>	<b>7</b>
5.1	Parsen . . . . .	7
5.1.1	Base.hs . . . . .	7
5.1.2	Util.hs . . . . .	8
5.1.3	NumericalParser.hs/BooleanParser.h/StatementParser.hs . . . . .	8
5.2	Evalueren . . . . .	8
5.2.1	NumericEval.hs / BoolEval.hs . . . . .	8
5.2.2	StatementEval.hs . . . . .	8
5.3	RobotLib . . . . .	9
5.3.1	Robot.Base.hs . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Mogelijke Verbeteringen</b>	<b>9</b>
6.1	Taalaspecten . . . . .	9
6.2	Programmeeraspecten . . . . .	9
<b>7</b>	<b>Conclusie</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>Appendix Broncode</b>	<b>10</b>
8.1	AlphiExamples . . . . .	10
8.1.1	demo_police.alp . . . . .	10
8.1.2	demo_line.alp . . . . .	10
8.1.3	demo_ultra.alp . . . . .	11
8.2	SRC . . . . .	11
8.2.1	Main.hs . . . . .	11
8.2.2	Parser.Base.hs . . . . .	12
8.2.3	Parser.NumericParser.hs . . . . .	13
8.2.4	Parser.BoolParser.hs . . . . .	13
8.2.5	Parser.StatementParser.hs . . . . .	14
8.2.6	Parser.Util.hs . . . . .	15
8.2.7	Evaluator.NumericEval.hs . . . . .	17
8.2.8	Evaluator.BoolEval.hs . . . . .	18
8.2.9	Evaluator.StatementEval.hs . . . . .	18
8.2.10	Evaluator.Util.hs . . . . .	20
8.2.11	Data.Base.hs . . . . .	21
8.2.12	Robot.Base.hs . . . . .	23

# 1 Inleiding

In dit project wordt de eenvoudige programmeertaal Alphi opgesteld in Haskell. Hierbij is het de bedoeling verschillende basiselementen van een imperatieve programmeertaal te implementeren: zoals toekenning, variabelen en volgorde van bewerkingen. De taal die hieronder wordt uitgewerkt heet Alphi, wat staat voor alphanumeric. Deze taal maakt enkel gebruik van alphanumerische karakters met de uitzondering dat whitespace ook is toegestaan. Eerst zal de syntax worden vastgelegd. Vervolgens wordt de semantiek beschreven en worden enkele voorbeeldprogramma's gegeven. Hierna worden enkele implementatie-aspecten besproken. Als laatste worden nog enkele mogelijke verbeteringen of aanpassingen voorgesteld.

## 2 Syntax(BNF)

### notes:

Wat niet duidelijk gemaakt wordt in deze bnf notatie is dat tussen elk keyword minstens een whitespace karakter moet zitten

Soms wordt de [ ] notatie gebruikt om ranges aan te duiden.

bv :[1 - 3] voor 1,2,3

```
Pgm      ::= <Stmt>
Bool     ::= "True" | "False"
Num      ::= <Int> | <Float>
Int      ::= ["0" - "9"] +
Float    ::= <Int> "Point" <Int>
Var      ::= "NVar" | "BVar"
NVar     ::= "N" <Letter> +
BVar     ::= "B" <Letter> +
Letter   ::= ["a" - "Z"]

Stmt     ::= <Var> "Is" <Exp> "Stop"
          | "Command" <Output> <Exp> "Stop"
          | <Stmt> <Stmt>
          | "If" <Exp> "Begin" <Stmt> "End"
          | "While" <Exp> "Begin" <Stmt> "End"

Exp      ::= <BExp>
          | <NExp>
          | "Command" <Input>

NExp     ::= <Num>
          | <NVar>
          | <NExp> "Add" <NExp>
          | <NExp> "Sub" <NExp>
          | <NExp> "Mul" <NExp>
          | <NExp> "Div" <NExp>
          | "Open" <NExp> "Close"

BExp     ::= <Bool>
          | <BVar>
          | "Not" <BExp>
          | <NExp> "Gt" <NExp>
          | <NExp> "Lt" <NExp>
          | <NExp> "Eq" <NExp>
          | <BExp> "And" <BExp>
          | <BExp> "Or" <BExp>
          | "Open" <BExp> "Close"

Input    ::= "OpenMBot"
          | "CloseMBot"
          | "SensorR"
          | "SensorL"
          | "Ultra"

Output   ::= "Print"
          | "MotorR"
          | "MotorL"
          | "Led1"
          | "Led2"
```

## 3 Semantiek

### 3.1 Expressies

Volgorde van bewerkingen:

Voor bewerkingen op hetzelfde niveau wordt van links naar rechts geëvalueerd. Hoe hoger het niveau hoe eerder ze geëvalueerd worden.

#### 3.1.1 Numeric

Niveau 1(literalen) Float, Int vb: 10,4 = 10Point4

Niveau 2 Add, Sub

Niveau 3 Mul, Div, Mod

Niveau 4 (haakjes) Open Close

```
vb: Enkele Numerical Expressies
4 Sub 4 Mul 4 = -12
4 Mul 4 Mul 2 Sub 3 = 29
```

#### 3.1.2 Boolean

Niveau 1 (literalen) True, False

Niveau 2 And, Or

Niveau 3 Gt, Lt , Eq

Niveau 4 Not

Niveau 5 (Haakjes) Open Close

```
vb: Enkele booleaanse expressies.
True And True = True
4 Lt 5 And False = False
4 Lt 5 And True = True
4 Lt 5 And False Or True = True
```

## 3.2 Statements

### 3.2.1 AssignStatement

Gebruik: Ken een waarde aan een variable toe.

```
vb: Zet variable Tobiah op 20.
NTobiah Is 20 Stop
```

### 3.2.2 If

Gebruik: Herhaalt de statements tussen Begin en End tot de Expression voor Begin naar False evalueert.

```
vb: Programma dat 10 print als Nx gelijk is aan 0.
Nx Is 0 Stop
If Nx Eq 0 Begin
    Command Print 10 Stop
End
```

### 3.2.3 While

Gebruik: Herhaalt de statements tussen Begin en End tot de Expression voor Begin naar False evalueert.

```
vb: Programma dat tot 10 telt.
Nx Is 0 Stop
While Nx Lt 10 Begin
    NX Is NX Add 1 Stop
End
```

### 3.3 Commands

#### 3.3.1 Print

Gebruik: Print één expressie uit naar standaard out.

```
vb: Toon 3.  
    Command Print 3 Stop
```

#### 3.3.2 MotorR/MotorL

Gebruik: Zet motor aan met snelheid [-255,...,255].

```
vb: Rij vooruit met snelheid 100.  
    Command MotorR 100 Stop  
    Command MotorL 100 Stop
```

#### 3.3.3 Led1/Led2

Gebruik: Geef Led1/Led2 kleur.

- 1 -> rood
- 2 -> groen
- 3 -> blauw

```
vb: Geef led1 kleur Groen  
    Command Led1 2 Stop
```

#### 3.3.4 SensorL/SensorR

Gebruik: Lees een booleaanse waarde uit de linkse/rechtse lichtsensoren.

- False = sensor ziet wit
- True = sensor ziet zwart

```
vb: lees waarde uit de linkse lichtsensoren.  
    Bvalue Is Command SensorL Stop
```

#### 3.3.5 Ultra

Gebruik: Lees een numerische waarde uit de ultrasonesensor.

- False = sensor ziet wit
- True = sensor ziet zwart

```
vb: lees waarde uit de ultrasonesensor.  
    Nvalue Is Command Ultra Stop
```

#### 3.3.6 OpenMBot/CloseMBot

Gebruik: Open/Sluit de connectie met de robot.

```
vb: Maak robot klaar voor communicatie.  
    Command OpenMBot Stop
```

## 4 Programma's

Korte beschrijvingen van de 3 voorbeeld programma's.

## 4.1 demo\_\_police.alp

(zie Appendix Broncode pagina 10 )

1. Start teller.
2. Indien teller even zet Led1 op rood en led 2 op blauw.
3. Indien teller oneven zet led2 op rood en led1 op blauw.
4. Verhoog Teller met 1.
5. Begin bij stap 2.

## 4.2 demo\_\_police.alp

(zie Appendix Broncode pagina 10)

1. Lees beide lichtsensoren uit.
2. Indien beide sensoren Zwart zien rij de robot rechtdoor.
3. Indien links wit ziet en rechts zwart draai alleen de linker motor.
4. Indien rechts wit ziet en links zwart draai alleen de rechter motor.
5. Indien Beide wit zien rij achteruit.
6. Begin terug bij stap 1.

## 4.3 demo\_\_ultra.alp

(zie Appendix Broncode pagina 11)

1. Lees Ultrasonesensor uit.
2. Indien afstand Groter dan 40 rij rechtdoor.
3. Indien afstand Kleiner dan 40 draai de linkermotor vooruit en de rechtermotor achteruit.
4. Begin terug bij stap 1.

# 5 Implementatie

Hier worden kort de interessante functies aangeraakt.

## 5.1 Parsen

### 5.1.1 Base.hs

Hier werd de Parser monad geïmplementeerd. Het grootste deel van de code komt uit de slides over monads. Wel belangrijk te noteren dat de option uit alternative en de mplus uit de monadplus anders geïmplementeerd zijn. Hierbij is er geopteerd om zoveel mogelijk mplus te gebruiken omdat hierbij de volgorde van argumenten niet van belang is terwijl die bij option wel zo is. Hier volgt een omschrijving van hun implementatie.

```
Monadplus :
Zie Parser.Base line 25
mzero = gefaalde parser .
mplus parser1 parser2 = probeer parser 1 en ook parser2 .
```

```
Alternative :
Zie Parser.Base line 30
empty = gefaalde parser .
option parser1 parser2 = indien parser 1 faalt probeer parser2 .
```

### 5.1.2 Util.hs

Hier werden alle Parser functies geïmplementeerd die nergens anders een plaats hadden. Twee interessante functies zijn `matchStr` en `chainl1`.

`matchStr` zorgt er voor dat commentaar en whitespace zo goed als automatisch geparsed wordt. Hierdoor moet er minder rekening gehouden worden met whitespace en commentaar tijdens de rest van het programma.

```
matchStr :
  Zie Parser.Util line 69
matchStr :: String -> Parser String
matchStr s = match een bepaalde string en minstens een whitespace karakter
              of commentaar.
```

`chainl1` is een functie die het implementeren van volgorde van bewerkingen met binaire operators enorm vergemakkelijkt.

```
chainl1 :
  Zie Parser.Util line 110
chainl1 :: Parser a -> Parser (a -> a -> a) -> Parser a
chainl1 p op = neemt 2 parsers binnen 1 gewone parser en 1 operator parser
              en zal de operator parser met laagste prioriteit toepassen.
```

### 5.1.3 NumericalParser.hs/BooleanParser.h/StatementParser.hs

Hier staan alle taal parsers. Deze brengen echter weinig nieuwigheden en combineren gewoon parsers met `mplus`, `<|>` en `chain` uit `base` of `util` om aan hun specifieke resultaat te komen.

## 5.2 Evalueren

Bij het evalueren wordt er gebruik gemaakt van een `StateT` monad transformer waarin een `IO` monad zit. Hierdoor kunnen we bij het evalueren statefull werken. Deze `State` zal de variabelen mappen naar waarden, zodat we later de waarden van variabelen kunnen opvragen. De `State` zal ook return waarden van expressies teruggeven.

### 5.2.1 NumericEval.hs / BoolEval.hs

Het idee hierbij is te pattern matchen op de datastructuur. Op deze manier kunnen we elk geval apart behandelen. Voor functies die veel voorkomen wordt een abstractere versie aangemaakt in `Evaluator.Util.hs`. Een mooi voorbeeld hiervan is de functie `EvalBOP` zie `Evaluator.Util.hs` line 8. `EvalBOP` is een functie die 6 argumenten neemt.

1. Functie die 2 a's binnen neemt en een a teruggeeft
2. `Expressie1` een expressie
3. `Expressie2` een expressie
4. `Evaluator1`
5. Unwrapper (`m a -> a`) functie die een return value unwrapped
6. Constructor Wrapper constructor

Deze functie zal de 2 expressies uitrekenen. Vervolgens zal deze de return waarden daarvan uitpakken en tenslotte de functie erop toepassen en als laatste deze terug wrappen en in een `MyState` steken.

### 5.2.2 StatementEval.hs

De `StatementEval` werkt op dezelfde manier als `NumericEval` en `BoolEval`. Maar bij het evalueren moet in onze `statemonad` aan `IO` gedaan worden. Dit omdat we met onze robot/standaardout willen kunnen communiceren. De functies `evalInput'` (line 47), `evalPrint` (line 50), `evalRobotFunction` (line 56) maken om dit te kunnen doen gebruik van `liftIO`.



## 5.3 RobotLib

### 5.3.1 Robot.Base.hs

Hier werd verder gewerkt op de gegeven library zodat er intuïtiever gewerkt kan worden met de MBot En zodat er een mooie scheiding kan blijven bestaan tussen de robotaansturing en de taal Alphi. Een interessante functie is de move functie. Hierbij wordt een device, snelheid en motor meegegeven zodat de motor makkelijker kan aangestuurd worden. De Implementatie kan gevonden worden onder Robot.Base.hs line 23.

## 6 Mogelijke Verbeteringen

### 6.1 Taalaspecten

Het gebruik van enkel alphanumerical karakters is niet aangeraden. Het is zowel voor de leesbaarheid als voor de moeilijkheid van het parsen beter om wel gebruik te maken van speciale karakters. Verder zou het leuk zijn moest de taal werkelijk statisch zijn. In de plaats van voor elke type variable een ID te zetten zoals N (Numerical) of B (Boolean). Dit kan gebeuren door tijdens het parsen ook een state van een environment bij te houden waarin elke variable gemapped zou worden op het type dat ze op dat moment zijn. Er zijn nog enkele kleine aspecten die de programmeertaal niet helemaal statisch maken zoals numerical expressions die kunnen staan als boolean in If/While Statement Deze worden dan at runtime opgelost door een error te smijten. Ook zou het leuk zijn moesten integers niet achterliggend worden geconverteerd naar doubles zoals nu het geval is. Als laatste Verbetering zouden multiple parameters voor bijvoorbeeld het aansturen van de leds van de robot ook handig zijn.

### 6.2 Programmeeraspecten

In de programmeertaal zit in de implementatie van de volgorde van bewerkingen werkelijk ook volgorde van bewerkingen. Wat ik hiermee bedoel is dat het omwisselen van 2 parsers hier er voor kan zorgen dat heel de parser niet meer werkt. Dit komt omdat er gebruik wordt gemaakt van de chain bewerking en mplus bewerking om de parsers te combineren. Het omwisselen van 2 parsers kan hierbij echter werkelijk heel de parser breken helpen. Hierdoor zou het misschien beter zijn de manier waarop de volgorde van bewerkingen gedaan wordt te herzien en robuuster te schrijven.

## 7 Conclusie

De Taal Alphi ondersteunt 2 Datatypes namelijk Booleans en Numericals. Hiermee kunnen Expressies gevormd worden. In deze expressies wordt een minimale vorm van volgorde van bewerkingen ondersteund. Verder is het ook mogelijk om toekenningen aan variabelen te doen. Er werden ook 2 controlestatements gemaakt namelijk de While en de If zodat op bepaalde voorwaarden een ander deel van de code uitgevoerd kan worden. Als laatste werd er ook nog support voor communicatie met een MBot voorzien. Hiervoor werden een aantal basiscommando's voorzien. Zoals OpenMBot, CloseMbot, MotorL,etc. Een alphanumerical taal maken leek in het begin een goed idee. Dit bracht echter enkele nadelen met zich mee. Het grootste nadeel hierbij is dat je geen speciale karakters hebt die kunnen instaan voor bijvoorbeeld het einde van een statement, haakjes etc. Verder wordt de taal ook enorm rap onduidelijk en onleesbaar doordat er weinig tot geen onderscheid gemaakt kan worden tussen keywords en Expressies of variabelen. Bij de syntax definitie zijn er soms onlogische samenstellingen mogelijk zoals een Numerical Expression in de IfConditie of WhileStatement. Hier zouden duidelijk alleen booleans toegelaten mogen zijn. Hierdoor moet dit opgevangen worden tijdens het evalueren. Dit is ongewild. Verder is de parseLibrary vrij onduidelijk geschreven. Er ontbreekt een mooie volgbare hierarchie die bijvoorbeeld wel aanwezig is bij het evalueren. Dit komt voornamelijk doordat er geen eenduidige manier is om dingen te parsen en er op ieder moment rekening met whitespace en commentaar gehouden moet worden.

## 8 Appendix Broncode

### 8.1 AlphiExamples

#### 8.1.1 demo\_police.alp

```
1 commentOpen
2
3 A simple police sirene program
4
5 commentClose
6
7
8 Command OpenMBot Stop
9
10 Ncount Is 0 Stop
11 While True Begin
12
13     If Ncount Mod 2 Eq 0 Begin
14         Command Led1 1 Stop
15         Command Led2 3 Stop
16     End
17
18     If Ncount Mod 2 Eq 1 Begin
19         Command Led1 3 Stop
20         Command Led2 1 Stop
21     End
22
23     Ncount Is Ncount Add 1 Stop
24
25 End
26 Command CloseMBot Stop
```

#### 8.1.2 demo\_line.alp

```
1 commentOpen
2
3 A simple linefollowing program
4
5 commentClose
6
7
8 Command OpenMBot Stop
9 While True Begin
10
11     Bleft Is Command SensorL Stop
12     Bright Is Command SensorR Stop
13
14     If Bleft And Bright Begin
15         Command MotorL 70 Stop
16         Command MotorR 70 Stop
17     End
18
19     If Bleft And Not Open Bright Close Begin
20         Command MotorL 0 Stop
21         Command MotorR 80 Stop
22     End
23
24     If Bright And Not Open Bleft Close Begin
25         Command MotorL 80 Stop
```

```

26     Command MotorR 0  Stop
27 End
28
29 If Not Open Bright Or Bleft Close Begin
30     Command MotorL 0 Sub 60 Stop
31     Command MotorR 0 Sub 60 Stop
32 End
33 End
34 Command CloseMBot Stop

```

### 8.1.3 demo\_ultra.alp

```

1 commentOpen
2
3 A simple wall evade program
4
5 commentClose
6
7
8 Command OpenMBot Stop
9
10 While True Begin
11     Ndistance Is Command Ultra Stop
12
13     If Ndistance Gt 40 Begin
14         Command MotorL 70 Stop
15         Command MotorR 70 Stop
16     End
17
18     If Ndistance Lt 39 Begin
19         Command MotorL 70 Stop
20         Command MotorR 0 Sub 70 Stop
21     End
22     Command Print Ndistance Stop
23 End

```

## 8.2 SRC

### 8.2.1 Main.hs

```

1 module Main where
2
3 import Data.Char
4 import Data.Base
5 import Parser.Base
6 import Control.Monad.State
7 import Parser.StatementParser
8 import Evaluator.StatementEval
9 import Parser.Util
10 import Control.Applicative
11 import System.Environment
12
13
14 — parses a string to a Statement
15 parseAll :: String -> Statement
16 parseAll = parseResult finalParse
17     where finalParse = parseLeadingSpace >> parseStatement
18
19 — parses and evaluates a given string

```

```

20 eval :: String -> IO (ReturnValue, Env ReturnValue)
21 eval = flip (runStateT . evalStatement . parseAll) emptyEnv
22
23 main :: IO (ReturnValue, Env ReturnValue)
24 main = getArgs >>= readFile . head >>= eval

```

### 8.2.2 Parser.Base.hs

```

1 module Parser.Base where
2 import Control.Applicative
3 import Control.Monad
4 import Data.Base
5 import Data.List
6
7 — Define new parser type
8 newtype Parser a = Parser (String -> [(a, String)])
9
10 — Functor of a parser
11 instance Functor Parser where
12     fmap = liftM
13
14 — Applicative of a parser
15 instance Applicative Parser where
16     pure    = return
17     (<*>) = ap
18
19 — monad Defenition parser
20 instance Monad Parser where
21     return x = Parser (\s -> [(x,s)])
22     m >>= k  = Parser (\s -> [ (y, u) | (x, t) <- apply m s, (y, u) <- apply (k x) t ])
23
24 — MonadPlus Defenition parser
25 instance MonadPlus Parser where
26     mzero      = Parser $ const []
27     mplus m n = Parser (\s -> apply m s ++ apply n s)
28
29 — Alternative of a parser
30 instance Alternative Parser where
31     empty      = mzero
32     (<|>)      = option
33
34
35 — Apply a parser.
36 apply :: Parser a -> String -> [(a, String)]
37 apply (Parser f) = f
38
39 — Implement option for an alternative
40 option :: Parser a -> Parser a -> Parser a
41 option p q = Parser $ \s -> case apply p s of
42     [] -> apply q s
43     xs -> xs
44
45
46 — Return the parse from a parser
47 parse :: Parser a -> String -> [(a, String)]
48 parse m s = [ (x,t) | (x,t) <- apply m s, t == "" ]
49
50 — Return parsed value, assuming at least one successful parse
51 parseResult :: Parser a -> String -> a
52 parseResult p s = one $ parse p s

```

```

53 | where
54 | one []           = error noParse
55 | one [x]         = fst x
56 | one _           = error ambiguousParse

```

### 8.2.3 Parser.NumericParser.hs

```

1 | module Parser.NumericParser (parseNumberExp) where
2 | import Control.Applicative
3 | import Control.Monad
4 | import Parser.Base
5 | import Data.Char
6 | import Parser.Util
7 | import Data.Base
8 |
9 | — Parser for a series of digits
10 | parseDigits :: Parser String
11 | parseDigits = plus $ spot isDigit
12 |
13 | — Parser for an integer
14 | parseInt :: Parser Int
15 | parseInt = fmap read parseDigits
16 |
17 | — Parser for doubles
18 | parseDouble :: Parser Double
19 | parseDouble = do x <- parseDigits;
20 |                 parseString floatSep;
21 |                 y <- parseDigits;
22 |                 return (read (x ++ "." ++ y) :: Double)
23 |
24 | — Parser for an numerical variable
25 | parseNumVar :: Parser NumericExp
26 | parseNumVar = token num >> fmap NVar parseAlpha
27 |
28 | — Parser for an numeral
29 | parseNumLiteral :: Parser NumericExp
30 | parseNumLiteral = parseTrailingSpace $ fmap LitInteger parseInt
31 |                 'mplus' fmap LitDouble parseDouble
32 |
33 |
34 | — Function to make order of expressions easier
35 | chainExp :: Parser NumericExp -> [(String, NumericBinaryOp)] -> Parser NumericExp
36 | chainExp acc xs = chainl1 acc $ parseFromTuple' f xs
37 |                 where f (s, cons) = createP1' s BinaryNumericOp cons
38 |
39 | — Parser for all numerical expressions
40 | parseNumberExp :: Parser NumericExp
41 | parseNumberExp = foldl chainExp base orderBNumOp
42 |                 where base = parseNumVar
43 |                         'mplus' parseNumLiteral
44 |                         'mplus' parseParens parseNumberExp

```

### 8.2.4 Parser.BoolParser.hs

```

1 | module Parser.BoolParser (parseBoolExp) where
2 | import Control.Applicative
3 | import Parser.NumericParser
4 | import Control.Monad
5 | import Parser.Base

```

```

6 import Parser.Util
7 import Data.Base
8
9 — Parser for all boolean expressions
10 parseBoolExp :: Parser BooleanExp
11 parseBoolExp = base 'chainl1' parseBinOPBool binaryBoolOp
12     where base =      parseLitBool
13                   'mplus' parseBoolVar
14                   'mplus' parseParens parseBoolExp
15                   'mplus' parseAltBinOPBool binaryAltBoolOp
16                   'mplus' parseUOPBool uBoolOp
17
18 — Parser for a literal boolean
19 parseLitBool :: Parser BooleanExp
20 parseLitBool =      createP1 ' true LitBool True
21                   'mplus' createP1 ' false LitBool False
22
23 — Parser for a boolean variable
24 parseBoolVar :: Parser BooleanExp
25 parseBoolVar = token bool >> fmap BVar parseAlpha
26
27 — parser for an Unary operator
28 parseUOPBool :: [(String, UnaryBoolOp)] -> Parser BooleanExp
29 parseUOPBool = parseFromTuple ' parseU
30 parseU (s, cons) = fmap (UnaryBoolOp cons) (matchStr s >>
31                                     parseParens parseBoolExp
32                                     'mplus' parseLitBool
33                                     'mplus' parseBoolVar)
34
35
36 — Parser for a binary boolean operator
37 parseBinOPBool :: [(String, BinaryBoolOp)] -> Parser (BooleanExp -> BooleanExp ->
38     ↪ BooleanExp)
39 parseBinOPBool = parseFromTuple ' parseBin
40 parseBin (s, cons) = createP1 ' s BinaryBoolOp cons
41
42 — Parser for a numeral expression boolean operator
43 parseAltBinOPBool :: [(String, BinaryAltBoolOp)] -> Parser BooleanExp
44 parseAltBinOPBool = parseFromTuple ' parseAltBin
45 parseAltBin (s, cons) = do x <- parseNumberExp
46                             matchStr s
47                             y <- parseNumberExp
48                             return (BinaryAltBoolOp cons x y)

```

### 8.2.5 Parser.StatementParser.hs

```

1 module Parser.StatementParser (parseStatement) where
2 import Control.Applicative
3 import Parser.NumericParser
4 import Control.Monad
5 import Parser.Base
6 import Parser.Util
7 import Data.Base
8 import Parser.BoolParser
9
10 — Parser for an Expression
11 parseExp :: Parser Exp
12 parseExp =      fmap BExp parseBoolExp
13               'mplus' fmap NExp parseNumberExp
14               'mplus' parseINCommand sensorL LineLeft

```

```

15         'mplus' parseINCommand sensorR LineRight
16         'mplus' parseINCommand ultra ReadUltra
17         'mplus' parseINCommand openBot OpenBotConnection
18         'mplus' parseINCommand closeBot CloseBotConnection
19
20
21 — Parser for multiple Statements
22 parseStatementExp :: Parser Statement
23 parseStatementExp = matchEnd $ ExpStatement <$> parseExp
24
25 — Parser to easyfy structures like while loops and if expressions
26 parseStruct :: String -> (Exp -> Statement -> Statement) -> Parser Statement
27 parseStruct s c = do matchStr s
28                     x <- parseExp
29                     y <- parseBrackets $ parseStatement 'mplus' return Empty
30                     return $ c x y
31
32 — Parser for an output command
33 parseOUTCommand :: String -> OUTCommand -> Parser Statement
34 parseOUTCommand s c = matchEnd $ fmap (Output c) (matchStr command >> matchStr s >>
35     ↪ parseExp)
36
37 — Parser for an input command
38 parseINCommand :: String -> INCommand -> Parser Exp
39 parseINCommand s c = matchStr command >> matchStr s >> (return . Input) c
40
41 — Parser for assignment of an expression
42 parseAssign :: Parser Statement
43 parseAssign = matchEnd $ assign' bool 'mplus' assign' num
44     where assign' t = do token t
45                     s <- parseAlpha
46                     matchStr assign
47                     x <- parseExp
48                     return (Assign s x)
49
50 — Parser for a Statement
51 parseStatement :: Parser Statement
52 parseStatement = base 'chainl1' return Statements
53     where base = parseStatementExp
54             'mplus' parseAssign
55             'mplus' parseStruct if ' If
56             'mplus' parseStruct while While
57             'mplus' parseOUTCommand print' Print
58             'mplus' parseOUTCommand motorR MotorRight
59             'mplus' parseOUTCommand motorL MotorLeft
60             'mplus' parseOUTCommand led1 Led1
61             'mplus' parseOUTCommand led2 Led2

```

## 8.2.6 Parser.Util.hs

```

1 module Parser.Util where
2 import Control.Applicative
3 import Control.Monad
4 import Parser.Base
5 import Data.Base
6 import Data.Char
7
8 — match zero or more occurrences
9 star :: Parser a -> Parser [a]
10 star p = plus p 'mplus' return []

```

```

11
12 — match one or more occurrences
13 plus :: Parser a -> Parser [a]
14 plus p = do x <- p
15             xs <- star p
16             return (x:xs)
17
18 — parse a character satisfying a predicate (e.g., isDigit)
19 spot :: (Char -> Bool) -> Parser Char
20 spot p = do c <- char
21             guard (p c)
22             return c
23
24 — Match a given character
25 token :: Char -> Parser Char
26 token c = spot (== c)
27
28 — parse exactly one character
29 char :: Parser Char
30 char = Parser f
31     where
32         f "" = []
33         f (c:s) = [(c,s)]
34
35
36 parseString :: String -> Parser String
37 parseString "" = return ""
38 parseString (x:xs) = do y <- token x
39                        parseString xs
40                        return (y:xs)
41
42 parseAlpha :: Parser String
43 parseAlpha = parseTrailingSpace $ plus (spot isAlpha) >>= isKeyword
44     where isKeyword x | x `elem` keywords = mzero
45                  | otherwise = return x
46
47 — Parser that ignores whitespace and newlines
48 parseWhiteSpace :: Parser Char
49 parseWhiteSpace = spot isSpace <|> token '\n'
50
51 parseSpace :: Parser a -> Parser a
52 parseSpace = (= <<) $ \x -> plus parseWhiteSpace >> return x
53
54 parseSpaceAndComments :: Parser String
55 parseSpaceAndComments = parseSpace parseComments
56
57 — Creates a new parser that ignores newLines and whitespace
58 parseTrailingSpace :: Parser a -> Parser a
59 parseTrailingSpace p = parseSpace p 'mplus' do x <- parseSpace p
60                                                parseSpaceAndComments
61                                                return x
62
63
64 parseLeadingSpace :: Parser String
65 parseLeadingSpace = star parseWhiteSpace 'mplus' (star parseWhiteSpace >>
66     ↪ parseSpaceAndComments)
67
68 — Match a certain keyword and parse Whitespace or comments
69 matchStr :: String -> Parser String
70 matchStr = parseTrailingSpace . parseString

```



```

71
72 -- Match parentheses
73 parseParens :: Parser a -> Parser a
74 parseParens p = do matchStr parOpen
75                  x <- p
76                  matchStr parClosed
77                  return x
78
79
80 parseBrackets :: Parser a -> Parser a
81 parseBrackets p = do matchStr bracketsOpen
82                    x <- p
83                    matchStr bracketsClosed
84                    return x
85
86 matchEnd :: Parser a -> Parser a
87 matchEnd p = do x <- p
88               matchStr stop
89               return x
90
91 createP1 :: Parser a -> (b -> c) -> b -> Parser c
92 createP1 p c a1 = p >> (return . c) a1
93
94 createP1' :: String -> (a -> b) -> a -> Parser b
95 createP1' = createP1 . matchStr
96
97 -- parse comments
98 parseComments :: Parser String
99 parseComments = do parseString commentOpen
100                  findclose
101                  where findclose = parseString commentClose
102                           <|> (spot (const True) >> findclose)
103
104
105
106 parseFromTuple' :: (Functor t, Foldable t, MonadPlus m) => (a1 -> m a) -> t a1 -> m a
107 parseFromTuple' f xs = foldl1 mplus $ fmap f xs
108
109 -- creates a new parser from a parser and a parser of an operator
110 chainl1 :: Parser a -> Parser (a -> a -> a) -> Parser a
111 chainl1 p op = p >>= rest
112   where rest a = do f <- op
113                   b <- p
114                   rest (f a b)
115   'mplus' return a

```

### 8.2.7 Evaluator.NumericEval.hs

```

1 module Evaluator.NumericEval (evalNumExp) where
2 import Control.Monad.State
3 import Control.Monad
4 import Data.Maybe
5 import Parser.Base
6 import Control.Monad.Trans.Maybe
7 import Parser.NumericParser
8 import Parser.BoolParser
9 import Data.Base
10 import Parser.Util
11 import Parser.StatementParser
12 import Evaluator.Util

```

```

13
14 — evaluate boolean expressions
15 — Uses evalNumExp for binary operators this will evaluate both expressions
16 — apply the given function and return a value wrapped in a MyState
17 evalNumExp :: NumericExp -> MyState
18 — Just return the number wrapped in MyState
19 evalNumExp (LitDouble x) = (return . Num ) x
20 — Convert to a number and wrap it in a Mystate
21 evalNumExp (BinaryNumericOp Add x y) = evalBOP (+) x y evalNumExp getNum Num
22 evalNumExp (LitInteger x) = (return . Num . fromIntegral) x
23 evalNumExp (BinaryNumericOp Sub x y) = evalBOP (-) x y evalNumExp getNum Num
24 evalNumExp (BinaryNumericOp Mul x y) = evalBOP (*) x y evalNumExp getNum Num
25 evalNumExp (BinaryNumericOp Div x y) = evalBOP (/) x y evalNumExp getNum Num
26 evalNumExp (BinaryNumericOp Mod x y) = evalBOP mod'' x y evalNumExp getNum Num
27 —lookup the value in the environment and return it
28 evalNumExp (NVar x) = state $ \s -> (find x s,s)
29
30 — modulo for doubles what a stupid hack
31 mod'' :: Double -> Double -> Double
32 mod'' x y = fromIntegral $ mod (round x ) (round y)

```

### 8.2.8 Evaluator.BoolEval.hs

```

1 module Evaluator.BoolEval (evalBoolExp) where
2
3 import Control.Monad.State
4 import Data.Base
5 import Evaluator.Util
6 import Evaluator.NumericEval
7
8
9 — Evaluate boolean expressions
10 — Uses evalNumExp for binary operators this will evaluate both expressions
11 — apply the given function and return a value wrapped in a MyState
12 evalBoolExp :: BooleanExp -> MyState
13 — Just return the boolean in a MyState
14 evalBoolExp (LitBool x) = return (Boolean x)
15 — return the negation of the expression wrapped in MyState
16 evalBoolExp (UnaryBoolOp Not x) = fmap (Boolean . not . getBool) (
    ↪ evalBoolExp x)
17 evalBoolExp (BinaryBoolOp And x y) = evalBOP (&&) x y evalBoolExp getBool
    ↪ Boolean
18 evalBoolExp (BinaryBoolOp Or x y) = evalBOP (||) x y evalBoolExp getBool
    ↪ Boolean
19 evalBoolExp (BinaryAltBoolOp GreaterThan x y) = evalBOP (>) x y evalNumExp getNum
    ↪ Boolean
20 evalBoolExp (BinaryAltBoolOp SmallerThan x y) = evalBOP (<) x y evalNumExp getNum
    ↪ Boolean
21 evalBoolExp (BinaryAltBoolOp Equals x y ) = evalBOP (==) x y evalNumExp getNum
    ↪ Boolean
22 —lookup the value in the environment and return it
23 evalBoolExp (BVar x) = state $ \s -> (find x s, s)

```

### 8.2.9 Evaluator.StatementEval.hs

```

1 module Evaluator.StatementEval (evalStatement) where
2 import Data.Base
3 import Control.Monad.State
4 import Evaluator.Util

```

```

5 import Evaluator.BoolEval
6 import Evaluator.NumericEval
7 import Robot.Base
8 import System.HIDAPI (Device)
9 import MBot hiding (Command)
10
11
12 — Evaluate expressions
13 evalExp :: Exp -> MyState
14 evalExp (BExp e) = evalBoolExp e
15 evalExp (NExp e) = evalNumExp e
16 evalExp (Input c) = evalInput c
17
18 — Evaluate input commands
19 evalInput :: INCommand -> MyState
20 evalInput ReadUltra = evalInput' readUltra Num
21 evalInput LineLeft = evalInput' (readLine SensorL) Boolean
22 evalInput LineRight = evalInput' (readLine SensorR) Boolean
23 evalInput OpenBotConnection = fmap Dev (liftIO openMBot) >>= insert device
24 evalInput CloseBotConnection = returnDevice >>= liftIO . closeMBot . getDevice >> return
    ↪ Void
25
26 — Evaluate statements
27 evalStatement :: Statement -> MyState
28 evalStatement (ExpStatement e) = evalExp e
29 evalStatement (Statements s1 s2) = evalStatement s1 >> evalStatement s2
30 evalStatement (If b s) = evalStruct b s $ evalStatement s
31 evalStatement (While b s) = evalStruct b s $ evalStatement s >> evalStatement (
    ↪ While b s)
32 evalStatement (Assign s e) = evalAssign s e
33 evalStatement (Output t e) = evalCommand t e
34 evalStatement Empty = return Void
35
36 — Evaluate output commands
37 evalCommand :: OUTCommand -> Exp -> MyState
38 evalCommand Print (BExp e) = evalPrint (evalBoolExp e) getBool
39 evalCommand Print (NExp e) = evalPrint (evalNumExp e) getNum
40 evalCommand MotorRight e = evalRobotFunction e MotorR move
41 evalCommand MotorLeft e = evalRobotFunction e MotorL move
42 evalCommand Data.Base.Led1 e = evalRobotFunction e Robot.Base.Led1 led
43 evalCommand Data.Base.Led2 e = evalRobotFunction e Robot.Base.Led2 led
44
45
46 — Evaluate input
47 evalInput' :: (Device -> IO a) -> (a -> ReturnValue) -> MyState
48 evalInput' f c = fmap c (returnDevice >>= liftIO . f . getDevice)
49 — Evaluate print commands
50 evalPrint :: (Show a) => MyState -> (ReturnValue -> a) -> MyState
51 evalPrint e f = e >>= (liftIO . print . f) >> return Void
52
53 — evaluates a robot instruction
54 — e is the expression
55 — f is a function that returns an IO
56 evalRobotFunction :: Integral c => Exp -> t -> (c -> t -> Device -> IO a) -> StateT (Env
    ↪ ReturnValue) IO ReturnValue
57 evalRobotFunction e l f = do x <- evalExp e
58                             d <- returnDevice;
59                             liftIO (f ((floor . getNum) x) l (getDevice d))
60                             return Void
61
62 — Evaluate structures like while and if

```

```

63 evalStruct :: Exp -> Statement -> MyState -> MyState
64 evalStruct b s f = evalExp b >>= check
65     where check (Boolean True)  = f
66           check (Boolean False) = return Void
67           check x                = error impossibleState
68
69 — Evaluate assignment
70 evalAssign :: String -> Exp -> MyState
71 evalAssign st e = evalExp e >>= insert st

```

### 8.2.10 Evaluator.Util.hs

```

1 module Evaluator.Util where
2 import Control.Monad.State
3 import Data.Base
4 import Data.Maybe
5 import System.HIDAPI hiding (error)
6
7 — evaluate 2 expressions apply a function and return a MyState with the evaluated
8   ↪ expression as result
9 evalBOP :: Monad m => (t3 -> t3 -> t2) -> t -> t -> (t -> m t1) -> (t1 -> t3) -> (t2 -> b)
10   ↪ -> m b
11 evalBOP f x y e g c = do x' <- e x
12                          y' <- e y
13                          return (c (f (g x') (g y')))
14
15 — find a value in a environment
16 find :: (Eq a) => a -> [(a,b)] -> b
17 find x env = fromMaybe (error varNotFound) (lookup x env)
18
19 insertVar :: String -> a -> Env a -> Env a
20 insertVar s a env = (s,a):remove s env
21     where remove s = filter (\(s1,a) -> (s1 /= s))
22
23 — Insert a return value
24 insert :: String -> ReturnValue -> MyState
25 insert st x = state $ \s -> (x, insertVar st x s)
26
27 — Get a variable
28 getVar :: String -> Env a -> (a -> b) -> b
29 getVar s env f = f $ find s env
30
31 — Return the device from the state
32 returnDevice :: MyState
33 returnDevice = state $ \s -> (find device s, s)
34
35
36 getDevice :: ReturnValue -> Device
37 getDevice (Dev d) = d
38 getDevice x       = error impossibleState
39
40 — Extract a double from a return value
41 getNum :: ReturnValue -> Double
42 getNum (Num x)     = x
43 getNum x           = error impossibleState
44
45 — Extract a boolean from a return value
46 getBool :: ReturnValue -> Bool

```

```

47 getBool (Boolean x) = x
48 getBool x           = error impossibleState

```

### 8.2.11 Data.Base.hs

```

1 module Data.Base where
2 import Data.Map
3 import System.HIDAPI hiding (error)
4 import Control.Monad.State
5
6 type Var          = String           — typedef for variable
7 type Env a        = [(Var, a)]       — environment declaration
8 type MyState      = StateT (Env ReturnValue) IO ReturnValue — rename this long type
9 emptyEnv         = []               — create empty
10    ↪ environment
11
12 — variables that can be stored in the environment and returned by a mystate
13 data ReturnValue  = Num      Double
14                  | Boolean Bool
15                  | Dev      Device
16                  | Void
17
18 — little numerical language
19 data NumericExp   = LitInteger      Int
20                  | LitDouble       Double
21                  | NVar             Var
22                  | BinaryNumericOp NumericBinaryOp NumericExp NumericExp
23                  deriving (Show, Eq)
24
25 — operations used in the numerical language
26 data NumericBinaryOp = Add
27                    | Sub
28                    | Mul
29                    | Div
30                    | Mod
31                    deriving (Show, Eq)
32
33 — little boolean language based using the numerical language
34 data BooleanExp    = LitBool        Bool
35                  | BVar            Var
36                  | UnaryBoolOp     UnaryBoolOp BooleanExp
37                  | BinaryBoolOp     BinaryBoolOp BooleanExp BooleanExp
38                  | BinaryAltBoolOp BinaryAltBoolOp NumericExp NumericExp
39                  deriving (Show, Eq)
40
41 — unary operator for boolean expressions
42 data UnaryBoolOp   = Not deriving (Show, Eq)
43
44 — binary operator for boolean expressions
45 data BinaryBoolOp  = And
46                  | Or
47                  deriving (Show, Eq)
48
49 data BinaryAltBoolOp = GreaterThan
50                  | SmallerThan
51                  | Equals
52                  deriving (Show, Eq)
53
54 — combination of multiple expressions
55 data Exp           = BExp BooleanExp

```

```

55 | NExp    NumericExp
56 | Input   INCommand
57 | deriving (Show, Eq)
58
59 — statements
60 data Statement = Empty
61 | Assign      Var      Exp
62 | Statements  Statement Statement
63 | If          Exp      Statement
64 | While       Exp      Statement
65 | ExpStatement Exp
66 | Output      OUTCommand Exp
67 | deriving (Show, Eq)
68
69 — Output -> results in an action
70 data OUTCommand = Print
71 | MotorRight
72 | MotorLeft
73 | Led1
74 | Led2
75
76 | deriving (Show, Eq)
77 — Input -> results in an
78 data INCommand = LineLeft
79 | LineRight
80 | ReadUltra
81 | OpenBotConnection
82 | CloseBotConnection
83 | deriving (Show, Eq)
84
85 — keywords —
86 parOpen      = "Open "      — eq (      —
87 parClosed    = "Close "     — eq )      —
88 bracketsOpen = "Begin "     — eq {      —
89 bracketsClosed = "End "     — eq }      —
90 commentOpen  = "commentOpen " — eq /*    —
91 commentClose = "commentClose" — eq */    —
92 assign       = "Is "        — eq =      —
93 floatSep     = "Point "     — eq .      —
94 true         = "True "      — eq true   —
95 false        = "False "     — eq false  —
96 while        = "While "     — eq while  —
97 if '         = "If "        — eq if     —
98 stop         = "Stop "      — eq ;      —
99 command      = "Command"
100 print '      = "Print "
101 motorR       = "MotorR "
102 motorL       = "MotorL "
103 sensorL      = "SensorL "
104 sensorR      = "SensorR "
105 led1         = "Led1 "
106 led2         = "Led2 "
107 ultra        = "Ultra "
108 device       = "Device "
109 openBot      = "OpenMBot "
110 closeBot     = "CloseMBot "
111
112 —types—
113 num          = 'N' — eq double
114 bool         = 'B' — eq bool
115

```

```

116 -- binary numeric operators --
117 add          = "Add"  ---eq +
118 sub          = "Sub"  ---eq -
119 mul          = "Mul"  ---eq *
120 div '        = "Div"  ---eq /
121 mod'         = "Mod"  ---eq %
122
123 -- unary boolean operators --
124 not '        = "Not"  --- eq !
125
126 -- binary boolean operators --
127 and '        = "And"
128 or '         = "Or"
129 gt          = "Gt"
130 lt          = "Lt"
131 eq          = "Eq"
132
133 -- keywords that cannot be used as variables
134 keywords = [parOpen, parClosed, bracketsOpen, bracketsClosed, assign, floatSep
135             , command, print ', motorR, motorL, sensorL , sensorR, ultra, true
136             , false, if ', add, sub, mul, div ', mod', not ', and', or ', gt, lt
137             , eq]
138
139 orderBNumOp      = [(mul, Mul),
140                    (div ', Div),
141                    (mod', Mod)],
142                    [(add, Add),
143                    (sub, Sub)]
144
145 boolLit          = [(true, True), (false, False)]
146 uBoolOp          = [(not ', Not)]
147 binaryBoolOp     = [(and ', And), (or ', Or)]
148 binaryAltBoolOp  = [(gt, GreaterThan), (lt, SmallerThan), (eq, Equals)]
149
150 -- errors
151 noParse          = "No parse was found!!!!!!"
152 ambiguousParse   = "Parse is ambiguous!!!!!!"
153 evalerror        = "something went wrong when evaluating"
154 varNotFound      = "var was not found"
155 impossibleState  = "state not possible"

```

### 8.2.12 Robot.Base.hs

```

1 -- A more intuitive library
2 module Robot.Base where
3 import System.HIDAPI hiding (error)
4 import MBot
5 import qualified Data.Base as Data
6 import Data.Bits
7 import Evaluator.Util
8 import GHC.Float
9
10 motors      = [(MotorR, 0xa), (MotorL, 0x9)]
11 linesensor  = [(SensorL, LEFTB), (SensorR, RIGHTB)]
12 leds        = [(Led1, 1), (Led2, 2)]
13 stops       = 0
14
15 data Motor   = MotorL | MotorR deriving (Eq)
16 data LineSensor = SensorL | SensorR deriving (Eq)
17 data Led     = Led1 | Led2 deriving (Eq)

```

```

18
19
20 — Note I have no clue how this works !!!!!
21 — A more generic and intuitive implementation to control the motors —
22 — Speed range [-255,255]
23 move :: Int -> Motor -> Device -> IO ()
24 move s m d | m == MotorR && s > 0 = move' s stops
25             | m == MotorR          = move' (complement (-s)) (complement stops)
26             | m == MotorL && s > 0 = move' (complement s) (complement stops)
27             | m == MotorL          = move' (-s) stops
28             | otherwise             = error Data.impossibleState
29             where move' s x = sendCommand d $ setMotor (find m motors) s x
30
31 {-
32 1 -> Red
33 2 -> Green
34 3 -> Blue
35 -}
36
37 led :: Int -> Led -> Device -> IO()
38 led x l d | x == 0    = f 0 0 0
39             | x == 1    = f 100 0 0
40             | x == 2    = f 0 100 0
41             | x == 3    = f 0 0 100
42             | otherwise = error Data.impossibleState
43             where f r g b = sendCommand d $ setRGB (find l leds) b g r
44
45 —Read out the ultrasonic sensor and convert it to a IO(Double) —
46 readUltra :: Device -> IO Double
47 readUltra d = fmap float2Double (readUltraSonic d)
48
49 — check if the sensor sees white or black —
50 readLine :: LineSensor -> Device -> IO Bool
51 readLine s d = readLineFollower d >>= match
52             where match LEFTB  = return $ find s linesensor == LEFTB
53                   match RIGHTB = return $ find s linesensor == RIGHTB
54                   match BOTHB  = return True
55                   match BOTHW  = return False

```