PODER EXECUTIVO
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

CONSTRUÇÃO DE COMPILADORES

Construção do CompilerExpressions

ALUNOS:
Pedro Aleph Gomes de Souza Vasconcelos – 2016.007150

Dezembro de 2020
Boa Vista/Roraima

Introdução

Este tem como objetivo relatar a construção feita detalhadamente do compilerExpress; para a disciplina construção de compiladores, semestre do (2020.2). É relatado a separação e rotulação; análise léxica, sintática e semântica; código intermediário; código em linguagem simbólica; e mensagens de erro na interface; junto ao funcionamento e comandos da linguagem fonte. O código a ser compilado foi baseado na linguagem C.

Desenvolvimento

Para desenvolver foi utilizado a linguagem python por ter ferramentas conhecidas que são convenientes para a construção do programa. Foram usadas, basicamente, estruturas de dados de lista e dicionário, e comandos básicos de condição e laços de repetição, dentro de funções. Foram desenvolvidos as etapas, separação de lexemas, análise léxica, análise sintática e análise semântica até o momento.

Separação de lexemas

O programa lê o arquivo de entrada, coloca cada sentença adicionando em um vetor(lexema) usando append(), separado os quando há um espaço, através do split(), também considera sinais que podem estar juntos das variáveis e os separa com espaço, usando replace().

```
entrada = open ('entrada.txt', 'r')
for linha in entrada:
   linha = linha.replace(';',' ;').replace(',',' ,').replace(']',' ] ').replace('"',' " ').replace('(',' ( ').replace(')',' ) ').split()
   lexema.append(linha)
entrada.close()
```

Depois o vetor lexema é reconstruído transformando-o em um matriz de forma a facilitar posteriormente a inserção de colunas para cada lexema do vetor.

```
lexaux = lexema
lexema = []
for x in lexaux:
   for y in x:
      aux.append(y)
      lexema.append(aux)
      # print (aux)
      aux = []
```

Depois cada linha da matriz lexema é lida, levando em consideração que a primeira coluna é a qual será rotulada. As rotulações são separadas em $, num, ‘sinais’, PR e ID; adicionando o determinado a coluna seguinte do lexema sendo rotulado.

No caso de ser $, é quando o lexema é ‘;’.

No caso de num, isso quer dizer que o lexema é um número, para isso usa se função que retorna quando é verdadeiro para int ou float:

```
def numero (num):
  try:
    int(num)
    return True
  except:
    try:
      float(num)
      return True
    except:
      return False
```

No caso de ser algum tipo de sinal, e verificado se está contido na lista de expressões:

```
exp = ['+', '-', '*', '/', '=', '<', '>', '>=', '<=','(', ')', '[', ']', '-=', '+=', '++', '--', '"', ',', '{', '}',';', '?']
```

(deve conter todas as expressões possíveis a serem rotuladas, considerando que suas correções serão feitas em outra etapa)

NO caso de PR, isto é para toda palavra reservada, é verificado se está contida na lista tipo:

```
tipo = ['int', 'float', 'char', 'string', 'double', 'long', 'if', 'for', 'in', 'do','while', 'else', 'printf', 'return','break', 'switch', 'case']
```

E no último caso a ser verificado,o ID, estando no final por conveniência de rotulação, pelos anteriores serem prioridade, neste somente é um possível nome de variável ou função a ser usado, Adicionalmente é colocado um número na coluna seguinte ao rótulo, o COD de cada lexema. E no final é dado um print na matriz para verificar se os lexemas foram separados e rotulados corretamente.

```
n = 1
for x in lexema:
  # caso " ; "
  if x[0] == ';':
    x.append('$')
  # caso num
  elif numero(x[0]):
    x.append('num')
  # caso expresão
  elif  x[0] in exp:
    x.append(x[0])
  #caso tipo de variável ou  funcao
  elif x[0] in tipo:
    x.append('PR')
  #caso ID
  else:
    y  = x[0]
    if  re.findall("[_|a-z]", y[0]) : # verificando se é valido
      x.append('ID')
    else:
      print ('lexema inválido')
  x.append(n)
  n-=-1
for rotulo in lexema:
  print (rotulo)
```

Para os casos de teste, foram usadas simples operações:

```
x = y + 5;
int z;
while z < x;
int vet = [ 1, 2, 3];
printf("nada");
```

temos os casos de uso de vetor e comandos para o sistema com uso de strings, colocados para representar lexemas que requerem mais cuidado na correção em etapas posteriores.
a separação dos lexemas ocorreu da forma prevista dos casos testados.

lexema, rótulo e cod:

```
['x', 'ID', 1]
['=', '=', 2]
['y', 'ID', 3]
['+', '+', 4]
['5', 'num', 5]
[';', '$', 6]
['int', 'PR', 7]
['z', 'ID', 8]
[';', '$', 9]
['while', 'PR', 10]
['z', 'ID', 11]
['<', '<', 12]
['x', 'ID', 13]
[';', '$', 14]
['int', 'PR', 15]
['vet', 'ID', 16]
['=', '=', 17]
['[', '[', 18]
['1', 'num', 19]
[',', ',', 20]
['2', 'num', 21]
[',', ',', 22]
['3', 'num', 23]
[']', ']', 24]
[';', '$', 25]
['printf', 'PR', 26]
['(', '(', 27]
['"', '"', 28]
['nada', 'ID', 29]
['"', '"', 30]
[')', ')', 31]
[';', '$', 32]
```

Nos casos de uso de sinais como parênteses, colchetes, e indicação de texto, observa se que é rotulado separadamente dos dados de onde são usados, e a correção será feita posteriormente com uma estrutura de dados de pilha, no qual empilha um inicio desse tipo de sinal, e desempilha o quando caso sinal de fim; o sinal para desempilhar dever ser sempre do mesmo tipo do sinal do no topo da pilha, e retorna corretamente caso no fim a pilha esteja vazia, retorna falso caso contrário.

Análise léxica

A gramática regular usada identifica se um nome de variável é válida, assim usa somente os rótulos com ID da etapa anterior, o primeiro estado(Si) analisa se o primeiro caractere é uma letra ou o sinal especial "_", após isso o próximo estado já é o estado final(Sf) onde há um self-loop que aceita tanto o mesmo tipo de caractere do primeiro estado, quanto se este for um número.

alfabeto{a, b}, tal que a = [_] | [a-z] e b = [0-9]
L = a (a | b) *
matriz:

	Si	Sf
a	Sf	Sf
b		Sf

código:

```
alfabeto = {'a' : 0, 'b': 1}
def verifica(i):
    if re.findall("[_|a-z]", i):
        return 'a'
    elif re.findall("[0-9]", i):
        return 'b'
    return False
def automatov (L):
    '''matriz do automato de variáveis'''
    M = [[ 1, 1], [ -1, 1]]
    e = 0
    for i in L:
        l  = verifica(i)
        if l in alfabeto.keys():
            e = M[alfabeto[l]][e]
        else:
            return False
    '''Estado Final '''
    if e == 1:
        print ('reconhecido')
        return True
    else:
        return False
```

Análise sintática

È usado ambos os analisadores , preditivo e de precedência fraca; para o de precedência fraca, é usado a gramática G adaptada para reconhecer expressões como ‘-’ e ‘/’, neste caso eles são aceitos como equivalentes de ‘+’ e ‘*’; já o analisador preditivo é usada a gramática (A").

A gramática (A") faz um id (está como i) receber algo, que pode ser outro id (i = i), ou uma expressão complementando a gramática G (i = v). A gramática também aceita atribuições em sequência, neste caso, a expressão, se houver, deve estar somente na última atribuição (ex: i=i=v).

Gramática A’’
Vt = {i, =, v}, Vn = {A, B, I, J}, símbolo sentencial A
P = { P1: A -> iB,
P2: B -> =I,
P3: I->A,
P4: I -> vJ,
P5: B-> &,
P6: J-> &}

Tabela Sintática:

	i	=	v	$
A	P1			
B		P2		P5
I	P3		P4	
J				P6

Gramática no código:

```
gramatica_A = {
    'terminal' : {'i': 0, '=': 1, 'v': 2, '$': 3},
    'simbolos' : {'A': 0, 'B': 1, 'I': 2, 'J': 3},
    'producao' : {1: "Bi", 2: "I=", 3: "A", 4: "Jv", 5: "&", 6: "&"},
    'sentencial' : 'A',
    'M' : [[1, 0, 0, 0], [0, 2, 0, 5], [3, 0, 4, 0], [0, 0 , 0, 6]]
}
```

O analisador de procedência fraca foi implementado adaptando o código do analisador sintático disponibilizado. O Analisador de precedência fraca começa dado um while que percorre uma sentença até esta terminar, sendo desempilhando quando um caractere é analisado, e a verificação termina com sucesso caso a símbolo no topo da pilha seja o sentencial e o símbolo do topo da sentença seja $

```
        if pilha[-1] == g['sentencial'] and s[-1] == '$':
                        return True
```

Após ter identificado os símbolos da sentença com sucesso, o analisador verifica qual produção será executada, caso seja D, o analisador irá para o próximo símbolo da sentença, mas caso R, ele primeiro verificar se os três primeiros símbolos do topo da pilha formam alguma produção a direita, e assim os colocará na mesma produção para que não haja ambiguidade a seguir, e depois é feita a análise do símbolo do topo transformando no símbolo da produção a direita.

```
    while True:
                l = g['simbolo'][pilha[-1]]
                '''producao conforme a tabela'''
                prod = M[l][c]
                if prod == 'R':
                    if len(pilha) > 3:
                        if pilha[-1] in g['nterminal']:
                            r = pilha.copy()
                            q = ""
                            while len(q) < 3:
                                q = q + r.pop()
                            if q in g['producao'].keys():
                                r.append(q)
                                pilha = r
                    p = pilha.pop()
                    pilha.append(g['producao'][p])
                else:
                    if prod == 'D':
                        break
                     else:
                       print("erro na producao da tabela sintatica")
                         return False
```

Para a árvore sintática do analisador de precedência fraca, é usando uma lista A que aramazena as producoes de direita e eesquerda pela qual analisador passou até chegar no sentencial. E assim percorre em loop até que a lista A esteja vazia, de modo que quando ele encontra um símbolo sentencial, este é movido para a lista de árvore, e segue para o próximo; quando um símbolo da lista da árvore e um símbolo da lista A se combinarem em alguma produção, o símbolo do topo da lista A é movido para árvore e seu símbolo anterior se torna nodo do novo top. Nesta fase é verificado primeiramente que os três primeiros símbolos no topo da árvore formam alguma produção, assim resolvendo a ambiguidade; e também trata caso seja uma produção com parentes.

```
    def arvore_sintatica(a):
        a = a[::-1]
        p = []
        while a != []:
            if a[-1] in terminais:
                p.append(a.pop())
            else:
                q = ""
                if len(p) > 2:
                    r = p.copy()
                    while len(q) < 3:
                        q = q + r[-1][0]
                        r.pop()
                if (p[-1][0]==')')or(a[-1]==producao[p[-1][0]]):
                    nodo = []
                    nodo.append(a.pop())
                    if q in producao.keys():
                        t = []
                        t.append(p.pop())
                        t.append(p.pop())
                        t.append(p.pop())
                        nodo.append(t[::-1])
                    else:
                        nodo.append(p.pop())
                    p.append(nodo)
        return p[0]
```

Depois de gerada, a árvore pode ser simplificada em uma função recursiva que retorna caso chegue num símbolo terminal; caso encontre parênteses a recursão é retornada para o símbolo do meio, assim eliminando o parênteses na árvore simplificada, e logo abaixo verifica o se o nodo tem mais de um símbolo, o tratando recebendo a recursão para cada nodo, caso seja o tenha; caso não, a recursão é recebida só pelo único nodo.

```
    def simplifica(a):
        if a[1] in terminais:
            return a[1]
        else:
            if a[1][0] == '(':
                return simplifica(a[1][1])
```

```
            if len(a[1]) > 2:
                t = a[1]
                a = []
                a.append(t[1])
                a.append(simplifica(t[0]))
                a.append(simplifica(t[2]))
            else:
                a = simplifica(a[1])
        return a
```

Para a árvore sintática do analisador preditivo, da mesma forma, também utiliza uma lista A com cada produção gerada pela análise da sentença. Mas desta vez a árvore precisa ser criada de forma precedente, sendo assim utiliza se a estratégia de recursão, onde partindo do símbolo sentencial, cria se um nodo para cada símbolo, e o próximo símbolo da lista são tidos como filho de deste nodo, e é invocado a recursão destes, até que encontre um símbolo terminal, desta forma cada filho é retornado para o nodo anterior, assim formando a árvore. É usando uma pilha auxiliar para percorrer a lista, e desempilhar caso o símbolo no topo seja um terminal, assim os nodos folhas são conectados corretamente na árvore.

```
    def arvore_sintatica(a):
        p = []
        q = [0]
        def add_nodo(n):
            nodo = []
            nodo.append(n)
            if n not in terminais:
                q[0] = q[0] + 1
                p.append(a[q[0]])
                for i in p[-1]:
                    nodo.append(add_nodo(i[0]))
            else:
                p.pop()
            return nodo
        A = []
        p.append(a[q[0]])
        A.append(add_nodo(a[q[0]]))
        print(A[0])
        return A[0]
```

Já para a sua simplificação, é usado duas funções recursivas. Primeiramente, procura se remover toda subárvore que termine na folha com símbolo &, que no caso quando a folha é retornada, verifica se ela é contém este símbolo, e junto com o nodo pai, o símbolo é removido; e trata os casos com parênteses, no caso, retorna somente símbolo entre os parentes; e nodos com mais de um filho, eles são adicionado ao nodo pai como seus irmãos.

```
    def simplifica(a):
        print(a)
        if  len(a) == 2:
            if a[1][0] == '&':
                return '&'
        else:
            if a[1][0] == '(':
                    return simplifica(a[2])
            elif a[1][0] in terminais:
                a = a[::-1]
                a.pop()
                a = a[::-1]
            a[1] = simplifica(a[1])
            a[2] = simplifica(a[2])
            if(a[2]) == '&':
                a.pop()
            else:
                t = a.pop()
                a.extend(t)
        return a
```

Com as subárvores com os nodos folhas &, removidos, agora a árvore passa para uma função de simplificação semelhante a simplificação da árvore sintática do analisador de precedência fraca. Adaptando não precisar tratar parênteses, por já ter sido tratado, e também as propriedades da árvore sintática preditiva.

```
    def ar_sim(a):
        if a[1][0] in terminais:
            return a[1][0]
        else:
            if len(a) > 2:
                t = a[::-1]
```

```
                t.pop()
                a = []
                a.append(t[1][0])
                a.append(ar_sim(t[2]))
                a.append(ar_sim(t[0]))
            else:
                a = ar_sim(a[1])
        return a
```

Análise semântica

Nesta etapa , foi feita a verificação de tipos, levando em consideração que o código da entrada já esteja adaptado para ser percorrido por esta verificação. Para verificar, utiliza se estrutura de dados lista para identificar sinais básicos, e dicionário para verificação do tipo na variável.

```
# tipos de variaveis
tipo = {'int': int, 'float': float, 'double': float, 'char': str,
'void': None}
sinais = ['+', '-', '*', '/', '%', '=']
```

(Também é usando um dicionário que armazenará as variáveis declaradas, além da lista que conterá cada elemento de cada linha do código)

A seguir a lista que contém cada trecho do código da entrada é percorrida, para identificar as declarações, para então serem adicionadas ao dicionário de declarações; estas são identificadas a partir do reconhecimento de um elemento em tipo, obtendo assim a variável e seu tipo, é armazenando também a linha do código onde ela foi declarada; também é adicionado ao dicionário de declarações, funções e suas variáveis invocadas; a forma de como elas são identificadas é tratado posteriormente, para as funções é adicionado a posição onde termina uma função , quando o símbolo ‘}’ é identificado; estando esta posição, igual a posição de início quando foi identificado inicialmente, isto para toda declaração; é usado uma pilha auxiliar para identificar a função.

Após uma declaração de variável ser reconhecida, ela é removida da lista dos trechos; esta lista posteriormente é usada para analisar expressões e usa o dicionário de declarações para reconhecer as variáveis. Nesta parte também é tratado os casos de declaração com atribuição na mesma linha, neste caso usa se uma pilha auxiliar que adiciona na lista a atribuição após a declaração ser removida, na mesma posição da lista.

```
    for t in trechos:
        if t[0] in tipo.keys():
            # declaracao com atribuicao
            t[0] = tipo[t[0]]
            dt = []
            declaracoes[t[1]] = [t[0], t[-1], t[-1]]
            if t[2] == '=':
                dt = t
                dt.pop(0)
            elif len(t) > 4:
                isFunc.append(t[1])
                n = 3
                while 1:
                    if (t[n] in tipo) and (is_var(t[n+1])):
                        t[n] = tipo[t[n]]
                        declaracoes[t[n+1]] = [t[n], t[-1], t[-1]]
                        n+=2
                    elif (t[n] == ','):
                            n+=1
                    else:
                        break
            if dt != []:
                t = dt
            else:
                t.clear()
        elif len(t) == 2:
            if t[0] == '}':
                declaracoes[isFunc[-1]][2] = t[1]
                isFunc.pop()
                t.clear()
```

A seguir é tratado as declarações obtidas, de forma a determinar até onde uma declaração é válida no código; para isso, variáveis com a posição inicial declarada antes, e que já possui a posição final diferente da inicial, no caso as funções, são usadas para reconhecer as próximas se as declarações, se estas estão dentro ou fora; são consideradas dentro caso a posição de declaração for maior que a posição do início da função mas for menor que a posição de termino da função. O dicionário é percorrido usando uma lista auxiliar que recebe as chaves do dicionário de forma inversa; isso é necessário para que não e haja ambiguidade das posições no caso de função dentro de outra função, sendo o dicionário percorrido de forma inversa, a prioridade da declaração será da função interna, a função maior não identifica por já ter sua posição final alterada.

```
    # tratando declaracoes nas funcoes
    r = list(declaracoes.keys())
    b = r[::-1]
    for f in b:
        i = declaracoes[f]
        if (i[1] != i[2]):
            for g in b:
                j = declaracoes[g]
                if (j[1] == j[2]):
                    if (i[1] <= j[1]):
                        if i[2] > j[2] :
                            declaracoes[g][2] = i[2]
```

Na próxima etapa, é analisado se nas expressões dos trechos, cada variável foi declarada previamente; para tanto, cada linha dos trechos é percorrida, e reconhece se um elemento pode ser uma variável com função auxiliar; caso seja, depois é verificado se está em alguma chave do dicionário de declarações, após isso suas posições serão analisadas; no caso se a posição inicial da declaração for menor que a posição da linha do elemento , então ela foi declarada previamente; e também analisa o caso dela estar sendo usada dentro da função, se a posição da função for maior que a posição onde a variável é usada, caso contrário, erro da declaração ser usada fora do escopo de onde foi declarada.

```
    # analisando variaveis nas expressoes
    for t in trechos:
        for d in t:
            if is_var(d):
                if d in declaracoes.keys():
                    i = declaracoes[d][1]
                    f = declaracoes[d][2]
                    if (t[-1] >= i):
                        if (i == f) or (t[-1] < f):
                            print("variavel ", d, " foi declarada")
                        else:
                           print("variavel ", d, " nao foi declarada
previamente no escopo")
                    else:
                          print("variavel ", d, " nao foi declarada
previamente")
                        break
                else:
                    print("variavel ", d, " nao foi declarada")
                    break
```

Analisa se aqui se os sinais nas expressões são usados corretamente, para isso, quando identificado na expressão percorrida, o sinal é analisado a partir dos elementos esquerda e direita do sinal; para isso é usando uma variável auxiliar que conta os elementos, logo após isso os elementos são reconhecidos, retornando o tipo da variável ou tipo de elemento através de uma função auxiliar(convertendo_) e recebem seu valor de tipo, e assim, a partir deste momento, só será usada os tipos dos elementos para cada sinal:

```
    for e in trechos:
        n = 0
        for v in e:
            if v in sinais:
                x = e[n-1]
                y = e[n+1]
                if x in declaracoes.keys():
                    x = declaracoes[x][0]
                else:
                    x = convertendo_(x)
                if y in declaracoes.keys():
                    y = declaracoes[y][0]
                else:
                    y = convertendo_(y)
```

Para o sinal ‘%’ só são aceitos elementos do tipo int:

```
    if v == '%':
                if (x is int) and (y is int):
                    print("operacao de tipos valida para '%'")
                else:
                    print("operacao invalida para '%' ", x, "e", y)
```

Para o sinal ‘=’, o elemento a esquerda precisa ser igual direta, se este último for int ou char; no caso do elemento da direita ser tipo char, este é convertido, levando em conta que será recebido o seu valor numérico; e o mesmo é feito de o elemento a direita for int e o da esquerda for float:

```
    elif v == '=':
                    if (x is int) and (y is not int):
                        print("atribuicao invalida, ", x, "e", y)
                    if (x is str) and (y is not str):
                        print("atribuicao invalida, ", x, "e", y)
                    if x is float:
                        y = declaracoes[x][0]
```

Para os demais sinais, levando em conta a lista de sinais, estes não requerem um tratamento especial, somente trata os elementos do tipo char, se necessário:

```
    else:
                if (number(x) and (y is str)):
                    y = declaracoes[x][0]
                elif (number(y) and (x is str)):
                    x = declaracoes[y][0]
```

Ainda no mesmo percorrer dos sinais, caso o elemento não seja um sinal, mas seja um início de parênteses ‘(‘, então quer dizer que o elemento anterior é uma função, e verifica se foi usada corretamente com seus parâmetros. Para reconhecer se os parâmetros estão corretos, são usadas duas lista, a primeira pega os valores dentro dos parênteses; adicionando o tipo do elemento ou da variável :

```
            if v == '(':
                x = e[n-1]
                v1 = []
                n += 1
                while e[n] != ')':
                    if (e[n] in declaracoes.keys()):
                        v1.append(declaracoes[e[n]][0])
                    elif(e[n] != ','):
                        v1.append(convertendo_(e[n]))
                    n += 1
```

Para a segunda lista, é adicionado o tipo da variável onde a posição inicial é igual a posição da função, não está sendo a própria função, assim identificado como seu parâmetro:

```
                v2 = []
                for d in declaracoes:
                    z = declaracoes[d][1]
                    if d != x:
                        if z == declaracoes[x][1]:
                            v2.append(declaracoes[x][0])
```

Agora a duas lista são comparadas e a função foi usada corretamente quando são iguais, já que elas têm o mesmo número de parâmetros e tipo de cada:

```
                if v1 == v2:
                     print("variaveis    em    ",    x,    "    estao
corretas",v1,v2)
                else:
                    print("variaveis em ", x, " incorretas",v1, v2)
```

```
            n += 1
```

Código Intermediário

O código intermediário começa separando cada sentença encontrada, separando as partes de atribuição e de operação, visando aplicar a gramática de atribuições e de expressões e cada uma cada. Quando há uma sentença com atribuição e expressão, na atribuição o último símbolo antes de um operador é substituído por um ‘<’(considerando que deve ser um símbolo não aceito em variáveis para não haver ambiguidade no uso), e a expressão é analisada, dessa forma, a expressão anterior a uma atribuição com ‘<’ na lista, indica que esta expressão é atribuída a próxima a atribuição. Depois das sentenças serem separadas, elas são analisadas e cria se outra lista onde as variáveis são substituídas, para serem aceitas quando forem analisadas por cada gramática, e assim cada sentença vai para sua respectiva gramática.

```
for a in V:
        if a[0] == 'i':
            if (asp.automatoM(a, asp.gramatica_A)):
                a = []
                a = asp.arv
                a = arsp.arvore_sintatica(a)
                a = arsp.ar_simp(a)
                A.append(a)
            else:
                 ms.showerror('ERRO!', 'sentenca invalida na gramatica
de atribuicoes')
                return False
        elif (a[0] == 'v') or (a[0] == '('):
            if(apf.automatoM(a, apf.gramatica_G)):
                a = []
                a = apf.arv
                a = arpf.arvore_sintatica(a)
                a = arpf.simplifica(a)
                A.append(a)
            else:
                 ms.showerror('ERRO!', 'sentenca invalida na gramatica
de expressoes')
                return False
```

Após ocorrer tudo certo na análise das sentenças, seus valores originais são colocados novamente, levando em consideração as propriedades da árvore, e retirando parênteses, caso haja, já que na árvore simplificada,eles não são mais utilizados.

A optimização usada, é que diminui os trechos do código retirado e substitui partes iguais. Para isso, leva se em consideração que cada optimização não deve comprometer o código no geral, então as retiradas de trechos repetidos só é feita dentro de uma mesma árvore. Nesta etapa cada árvore é percorrida criando uma variáveis temporárias que recebem cada nodo desta; e assim verifica se cada uma destas temporárias; as que atribuem a mesma expressão são retiradas, e substituídas por uma só da mesma.

```
    def is_equal(cod_in):
            for c in cod_in:
                #print (c)
                igual = c
                for cod in cod_in:
                    if cod != igual:
                        if cod[1] == igual[1]:
                            for con in cod_in:
                                if con[1][0] == cod[0]:
                                    con[1][0] = igual[0]
                                elif con[1][2] == cod[0]:
                                    con[1][2] = igual[0]
                            cod_in.pop(cod_in.index(cod))
```

Após isso, a lista é tratada para então ser inserida no arquivo do código intermediário.

Código em Linguagem Simbólica

Para o código simbólica, usa se a linguagem assembly x86, uma máquina de dois endereços; será explicado o seu uso para operações aritméticas; têm se os registradores especiais para essas operações:

AX , BX, CX e DX; cada um pode ter uma específica funcionalidade para se auxiliarem, e será apresentada no seu uso; cada um possui 16 bits de dados, e podem se dividir em duas partes (AX por exemplo por se dividir em AL e AH, 8 bits cada), mas nesta utilização, nos restritaremos ao uso geral.

AX, pode ser usado como porta de entrada é saída, para para operações aritméticas, e este será o seu uso.

BX, pode ser usado como registrador auxiliar para operações aritméticas em AX, como multiplicação e divisão, e assim será utilizado. (EX.: a operação' mul BX ', irá dividir o valor em AX pelo dividendo em BX.

CX, a sua principal função é como contador em laços de repetição e operações de deslocamento, não terá uso em particular para estas operações básicas.

DX, também pode ser usado em operações aritméticas, guardando por exemplo (e será sua utilização neste), o resto de uma operação de divisão, enquanto o valor dividido estará em AX.

Além destes registradores gerais, utilizamos as declarações de variáveis da linguagem x86, que funciona da seguinte forma:

{nome da variável} {tamanho da word} {valor}

para seu uso geral utilizaremos o tamanho da word com DW (double word, our seja com 16 bits), e assim fica, no exemplo com nome da variável 'V' com valor '0': V DW 0

Além das operações básicas: ADD,SUB, MUL e DIV, para utilizamos a instrução MOV para auxiliar o uso das variáveis com os registradores gerais, de forma que os registradores primeiro são carregados com os valores das variáveis; os registradores executam a operação, e carregam o resultado nas respectivas variáveis. As instruções funcionam da seguinte forma:

ADD e SUB, {instrução} {registrador}, {registrador/ variável/valor}

MUL e DIV, {instrução} {registrador}

MOV, {instrução} {registrador/variável}, {registrador/valor}

Vale ressaltar que para atribuições de outra variável, é preciso, primeiro, que a segunda variável seja carregada para um registrador, e depois carregar esta a primeira variável.

A estrutura do arquivo com a linguagem simbólica, é feita de forma para, se esta for compilada, então, funcionar minimamente. Começando em ‘org 100h’, um padrão para o funcionamento em geral, e terminar em ‘ret’, que delimitada o fim do código.

Primeiro é identificado as variáveis usadas no código intermediário para serem declaradas na código simbólico.

```
        variaveis = []
        for line in codigo:
            n = 0
            while n < len(line):
                if line[n] not in variaveis:
                    variaveis.append(line[n])
                n += 1
```

Depois cria-se a parte no código simbólico onde as operações são realizadas, para cada linha do código simbólico; levando em consideração, o uso das instruções já explicadas.

```
        def operation(line):
            tamanho = len(line)
            m = ""
            if tamanho == 3:
                if line[2] in variaveis:
                    m = '\nmov ax,' + line[2] + '\n'
                    m += 'mov ' + line[0] + ', ax\n'
                else:
                    m = '\nmov ' + line[0] + ', '+ line[2] + '\n'
            else:
                if line[3] in mul.keys():
                    m = '\nmov ax, ' + line[2] + '\n'
                    m += 'mov bx, ' + line[4] + '\n'
                    m += operadores[line[3]] + ' bx\n'
                       m += 'mov ' + line[0] + ', '+ mul[line[3]] +
'\n'
                else:
                    m = '\nmov ax, ' + line[2] + '\n'
                      m += operadores[line[3]] + ' ax, ' + line[4] +
'\n'
                    m += 'mov ' + line[0] + ', ax\n'
            return m
```

E assim as declarações e operações são inseridas no código símbolo de forma a funcionar minimamente.

```
        saida = open('codigo_simbolico.txt', 'w')
        saida.write('org 100h\n\n')
        saida.write('; variaveis\n\n')
        for var in variaveis:
            saida.write(var + ' DW ' + '0\n')

        saida.write('\n; expressoes\n')

        for line in codigo:
            saida.write(operation(line))

        saida.write('\nret')
        saida.close()
```

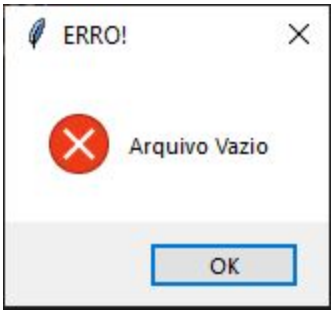
Mensagens de erro na interface gráfica

Para emitir as mensagens de erro foi utilizado o `import tkinter.messagebox as ms`,que mensagens no sistema; e usando especificamente, o método `ms.showerror(title, message)`, para emitir mensagens de erro.

Como demonstração de uso, será usado a mensagem de erro, de quando tenta se salvar um arquivo com nada escrito dentro:

```
    data = texto.get('1.0', 'end-1c')
        if len(data) == 0:
            ms.showerror('ERRO!', 'Arquivo Vazio')
```

A seguinte aba será aberta caso este erro seja detectado:



E assim é feito para cada funcionalidade do código fonte (retornando False em seguida).

Na análise léxica:

Erro na transição de estado:

```
ms.showerror('ERRO!', 'variavel nao declarada corretamente\n' + L)
```

Erro de caractere não aceito pela linguagem:

```
ms.showerror('ERRO!', 'simbolo nao aceito\n'+ i + ' em ' + L)
```

Erro quando de não chega ao estado final apos toda a sentenca ser percorrida:

```
ms.showerror('ERRO!', 'variavel nao reconhecida: ' + L)
```

Na análise sintática:

Erro em cada gramática:

```
ms.showerror('ERRO!', 'sentenca invalida na gramatica de atribuicoes')
```

```
ms.showerror('ERRO!', 'sentenca invalida na gramatica de expressoes')
```

Na análise semântica:

Para cada tipo de erro em declaração de variável:

```
ms.showerror('ERRO!',"variavel "+ str(d) + " nao foi declarada previamente no escopo")
```

```
ms.showerror('ERRO!',"variavel " + str(d) + " nao foi declarada previamente")
```

```
ms.showerror('ERRO!',"variavel " + str(d) + " nao foi declarada")
```

Erro de tipo das variáveis no uso em operações:

```
ms.showerror('ERRO!',"operacao invalida para '%' " + str(x) + "e" + str(y))
```

```
ms.showerror('ERRO!',"atribuicao invalida, " + str(x) + "e" + str(y))
```

Erro de quando os parâmetros na função estão incorretos, em tipo e/ou em número.

```
ms.showerror('ERRO!', "variaveis em "+ x + " incorretas" + str(v1) + str(v2))
```

Considerações finais

Este Trabalho está sendo foi boa experiência e vou continuar desenvolvê-lo mesmo após apresentá-lo na disciplina. Mesmo trabalhando em desenvolvê-lo por muitos dias, percebi que não foi tempo suficiente, pois mesmo tendo tempo, em cada parte feita é necessário um intervalo, para então prosseguir para a próxima etapa, este é um trabalho que merece um foco maior em detrimento com outras disciplinas. A maior parte dos problemas em fazer, é em tratar cada caso de entrada do código; é a parte que mais levou tempo para mim, e depois decidi me focar em fazer as demais partes para fazê-lo funcionar minimamente; mas por isso mesmo eu estou motivado a depois continuar desenvolvendo para que funcione para todo caso de entrada aceito possível.

Referências

http://excript.com/python/iterando-listas-em-python.html
https://docs.python.org/pt-br/3.8/howto/regex.html
https://www.w3schools.com/python/python_regex.asp
https://www.geeksforgeeks.org/python-remove-empty-list-from-list/
https://www.w3schools.com/python/python_ref_list.asp
https://www.geeksforgeeks.org/python-tkinter-scrolledtext-widget/
https://dev.to/eshleron/how-to-convert-py-to-exe-step-by-step-guide-3cfi
https://pythonbasics.org/tkinter-messagebox/
https://www.w3schools.com/python/python_ref_string.asp
https://www.w3schools.com/python/python_ref_list.asp
https://www.w3schools.com/python/python_ref_dictionary.asp
https://knowpapa.com/text-editor/