قسمت نهم – تولید کد میانی

احمد خادم زاده (khademzadeh@mshdiau.ac.ir)

دانشگاه آزاد مشهد

اصول طراحی کامپایلر

چرا کد میانی

- چرا مستقیما کد نهائی تولید نمی کنیم؟
- برخی از ویژگی هائی مهم کد میانی
  - به سادگی به کد نهائی قابل ترجمه است.
  - به سادگی از کد مبدا قابل تولید است.
  - به راحتی قابل تفسیر و دستکاری است.
  - انجام عمل بهینه سازی روی آن راحت تر از کد نهائی انجام می گیرد.
  - موجب مستقل از بستر شدن زبان می شود.

مثالی از کد میانی – ماشین پشته ای

- کد میانی جاوا از این گونه است.
- این کد نسبتا کم حجم است.
- مثال

- **A / B + C * D**

  Push A
  Push B
  Div
  Push C
  Push D
  Mul
  Add

مثالی از کد میانی – کد سه آدرسه

- فرم نوشتاری آن گونه های متفاوتی دارد
- دستورات سه آدرسه دارای حداکثر سه عملوند و یک عملگر هستند (A = B op C)
- مثال :

- **S = B + C / D**

  t1= C / D

  S = B + t1

مثال هائی از کد سه آدرسه

- x = y
- x = op y
- x = y op z
- x = y[i]
- goto L
- if (x relop y) goto L
- y = call p(x1, x2, …, xn)
- x = &y
- x = *y

گرامر و اعمال مربوط به دستور انتساب

$S \rightarrow id = E$

```
{  p = lookup(id.name);
   if (p != NULL) S.code = gen(p '=' E.place);
   else error;
        S.code = nulllist;
}
```

$E \rightarrow E_1 + E_2$

```
{  E.place = newtemp();
   E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place '=' E1.place '+' E2.place);
}
```

$E \rightarrow E_1 * E_2$

```
{  E.place = newtemp();
   E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place '=' E1.place '*' E2.place);
}
```

$E \rightarrow - E_1$

```
{  E.place = newtemp();
   E.code = append(E1.code,gen(E.place '=' '-' E1.place));
}
```

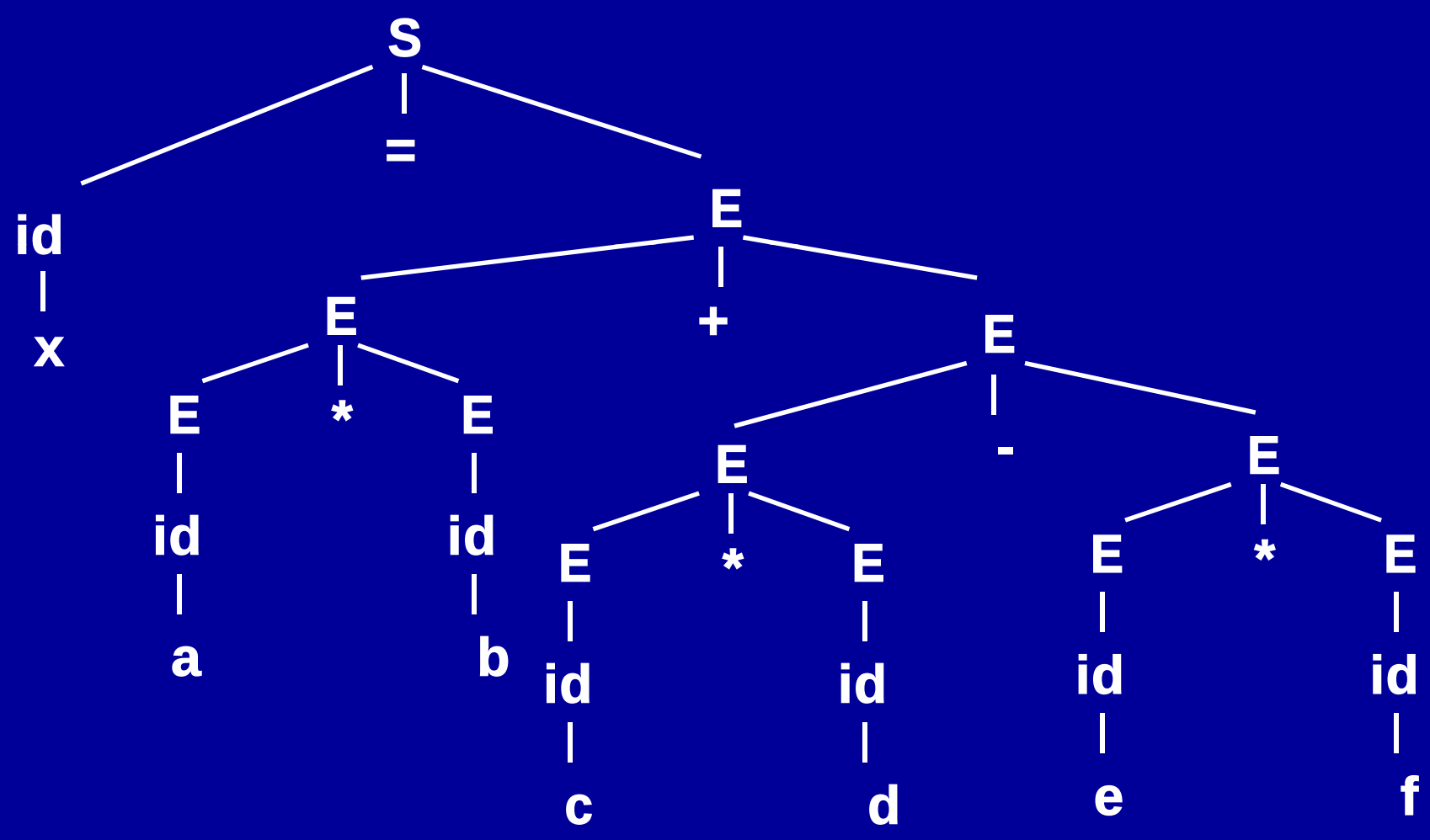
$E \rightarrow (E_1)$

```
{  E.place = E1.place; E.code = E1.code; }
```

$E \rightarrow id$

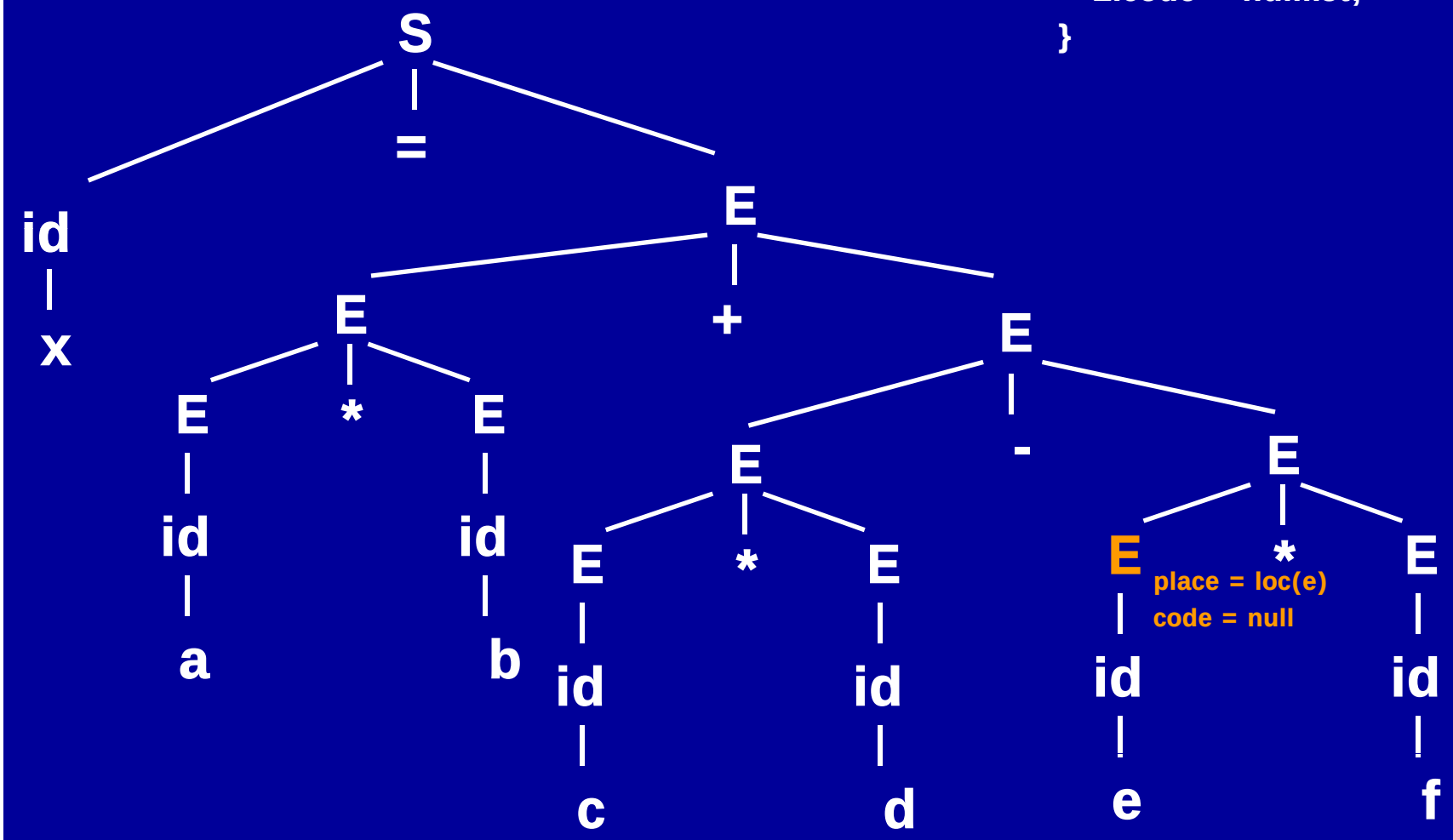
```
{  p = lookup(id.name);
   if (p != NULL)  E.place = p;
   else  error;
   E.code = nulllist;
}
```

x = a*b + c*d - e*f



x = a*b + c*d - e*f

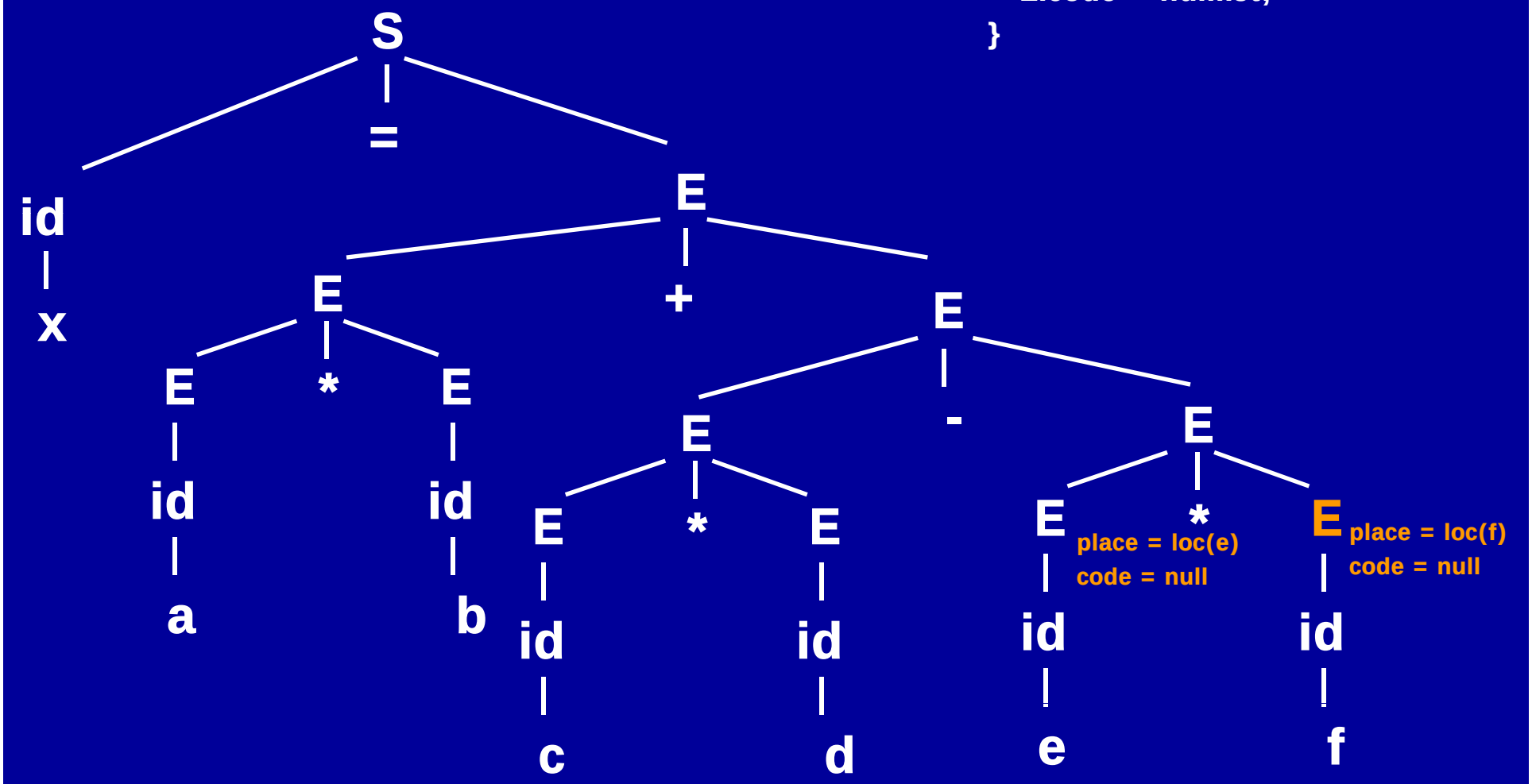
```
E → id
{  p = lookup(id.name);
   if (p != NULL)  E.place = p;
   else  error;
   E.code = nulllist;
}
```



x = a*b + c*d - e*f

E → id

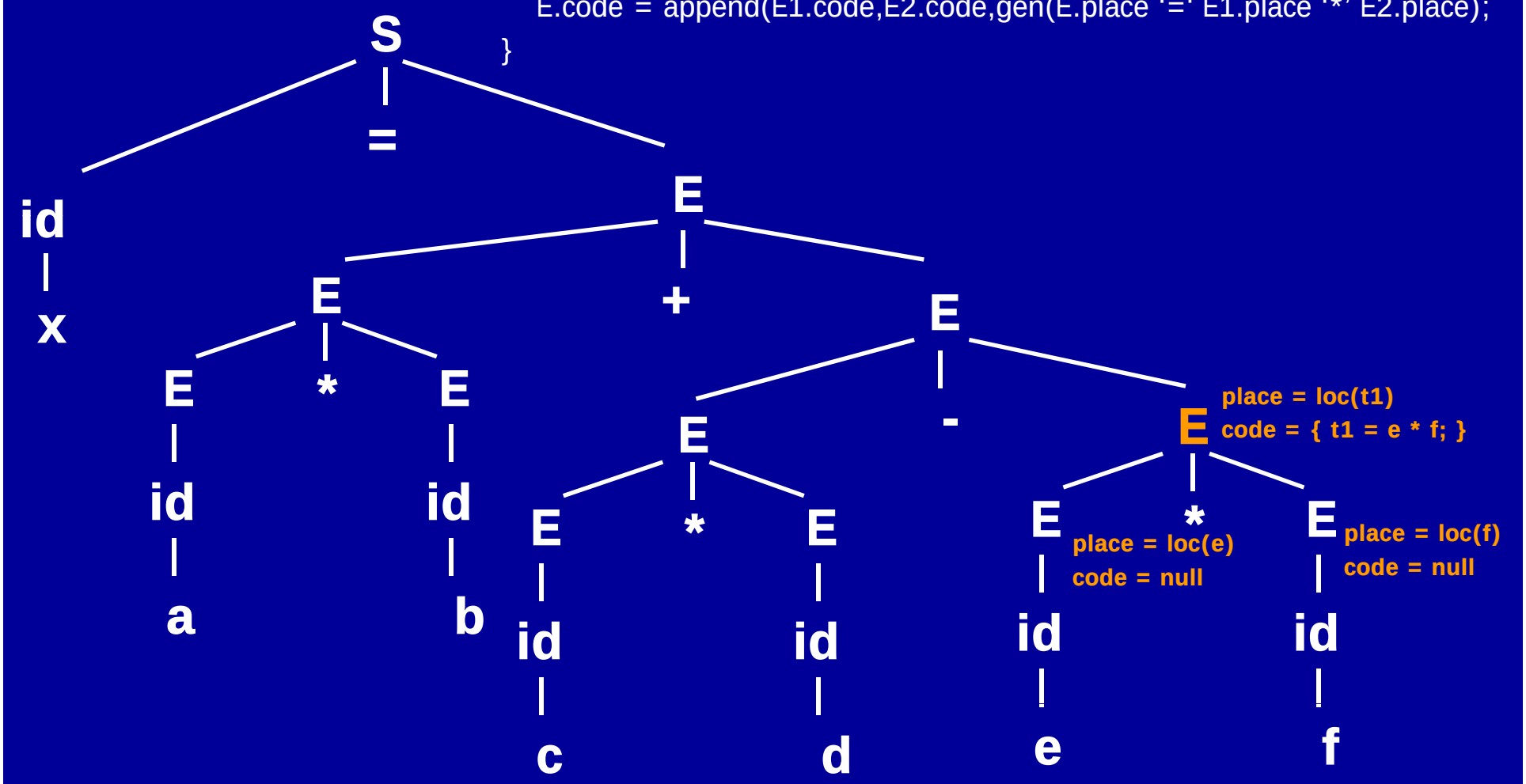
```
{  p = lookup(id.name);
   if (p != NULL)  E.place = p;
   else  error;
   E.code = nulllist;
}
```



x = a*b + c*d - e*f

E → E * E

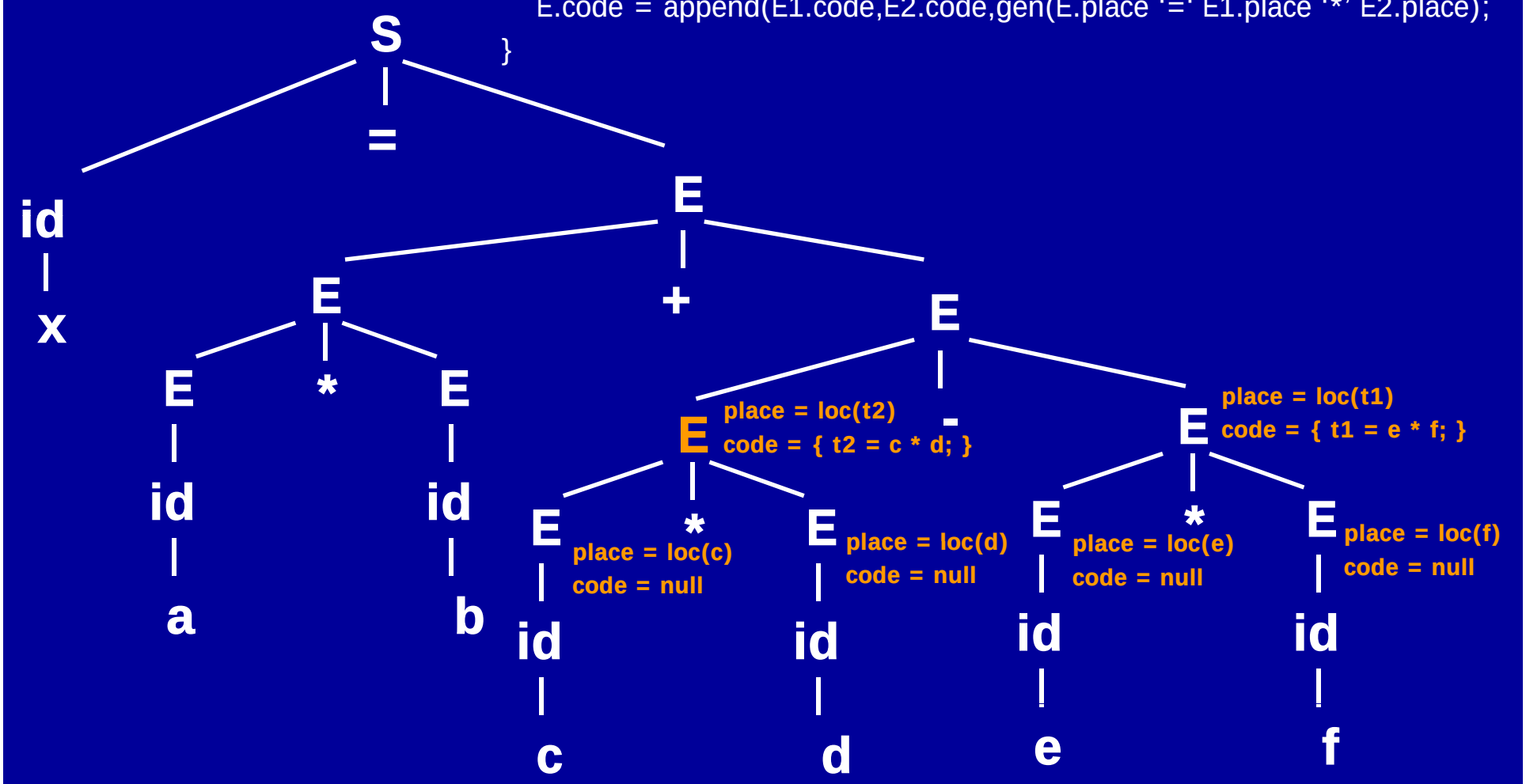
{ E.place = newtemp();
E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place '=' E1.place '*' E2.place);
}



x = a*b + c*d - e*f

E → E * E

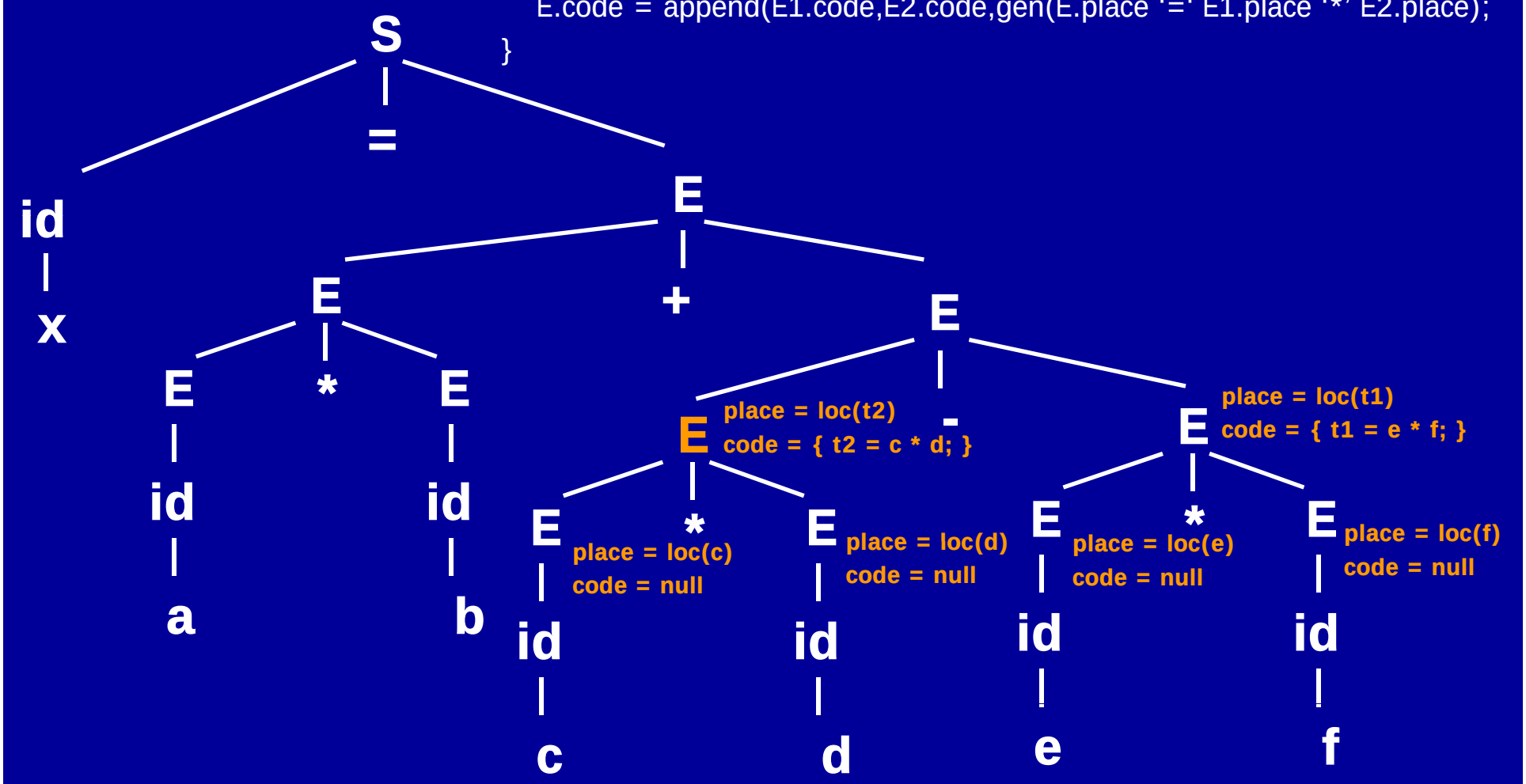
{ E.place = newtemp();
E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place '=' E1.place '*' E2.place);
}



x = a*b + c*d - e*f

E → E * E

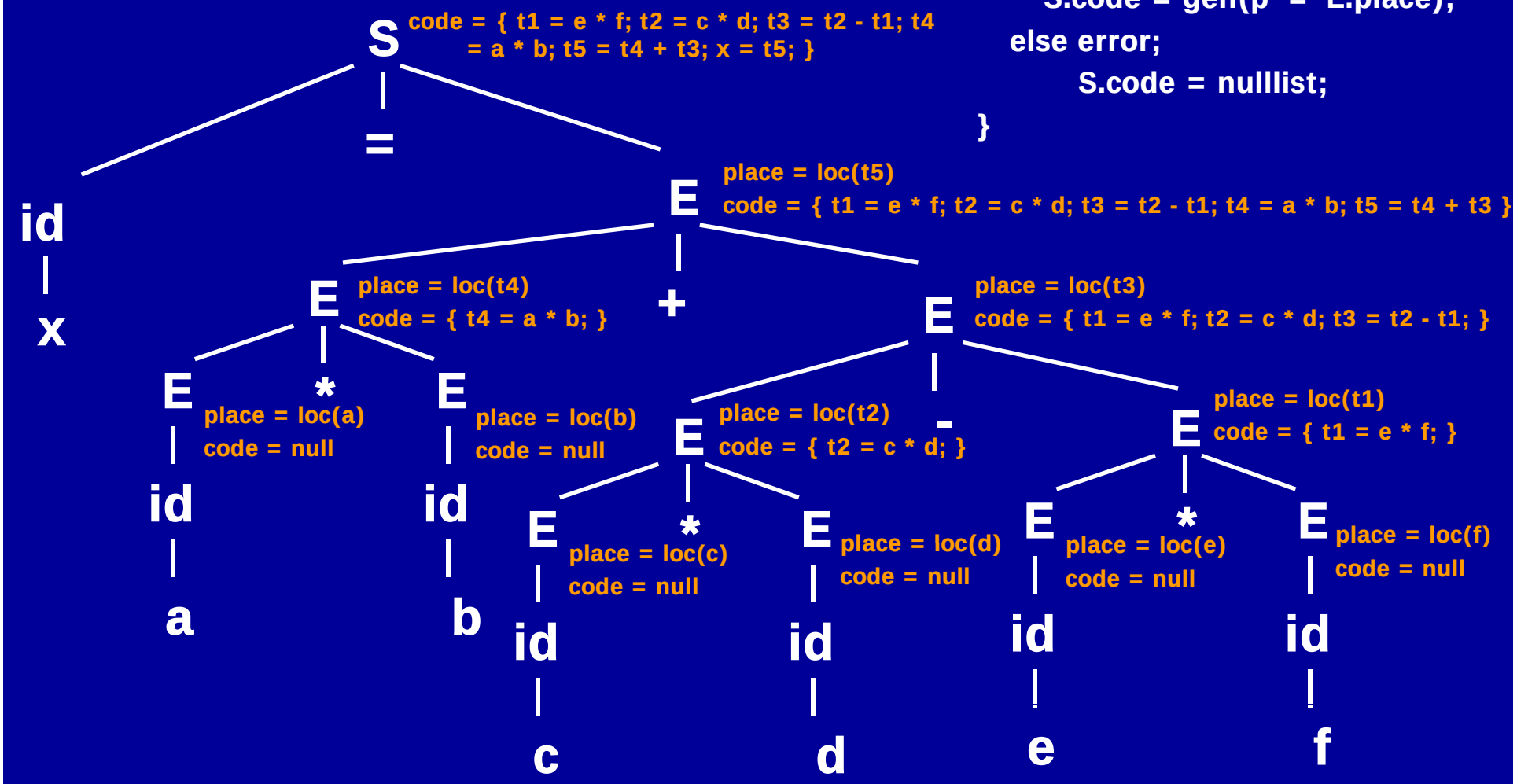
{ E.place = newtemp();
E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place '=' E1.place '*' E2.place);
}



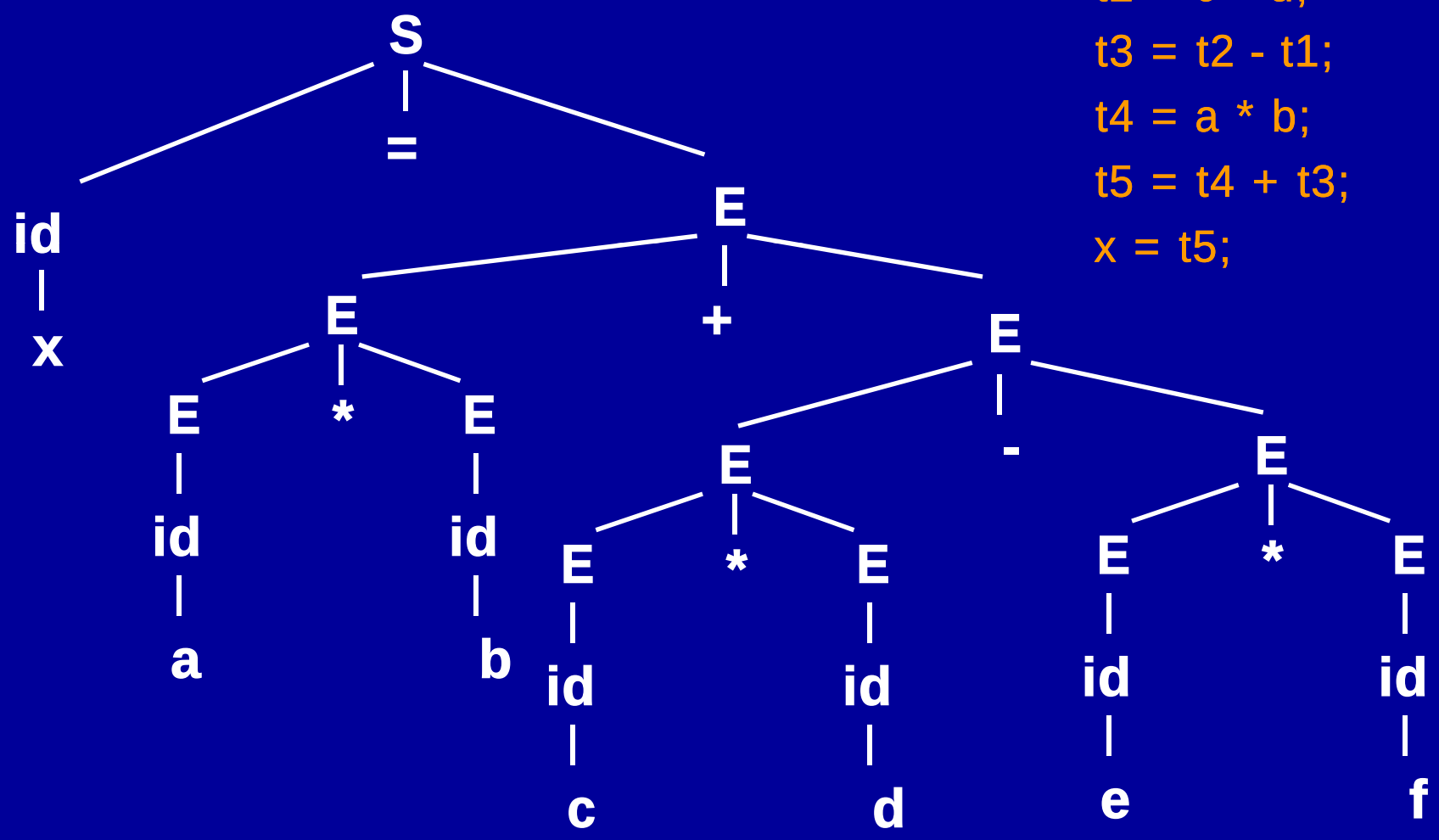
x = a*b + c*d - e*f

S → id = E

```
{
   p = lookup(id.name);
   if (p != NULL)
      S.code = gen(p '=' E.place);
   else error;
         S.code = nulllist;
}
```



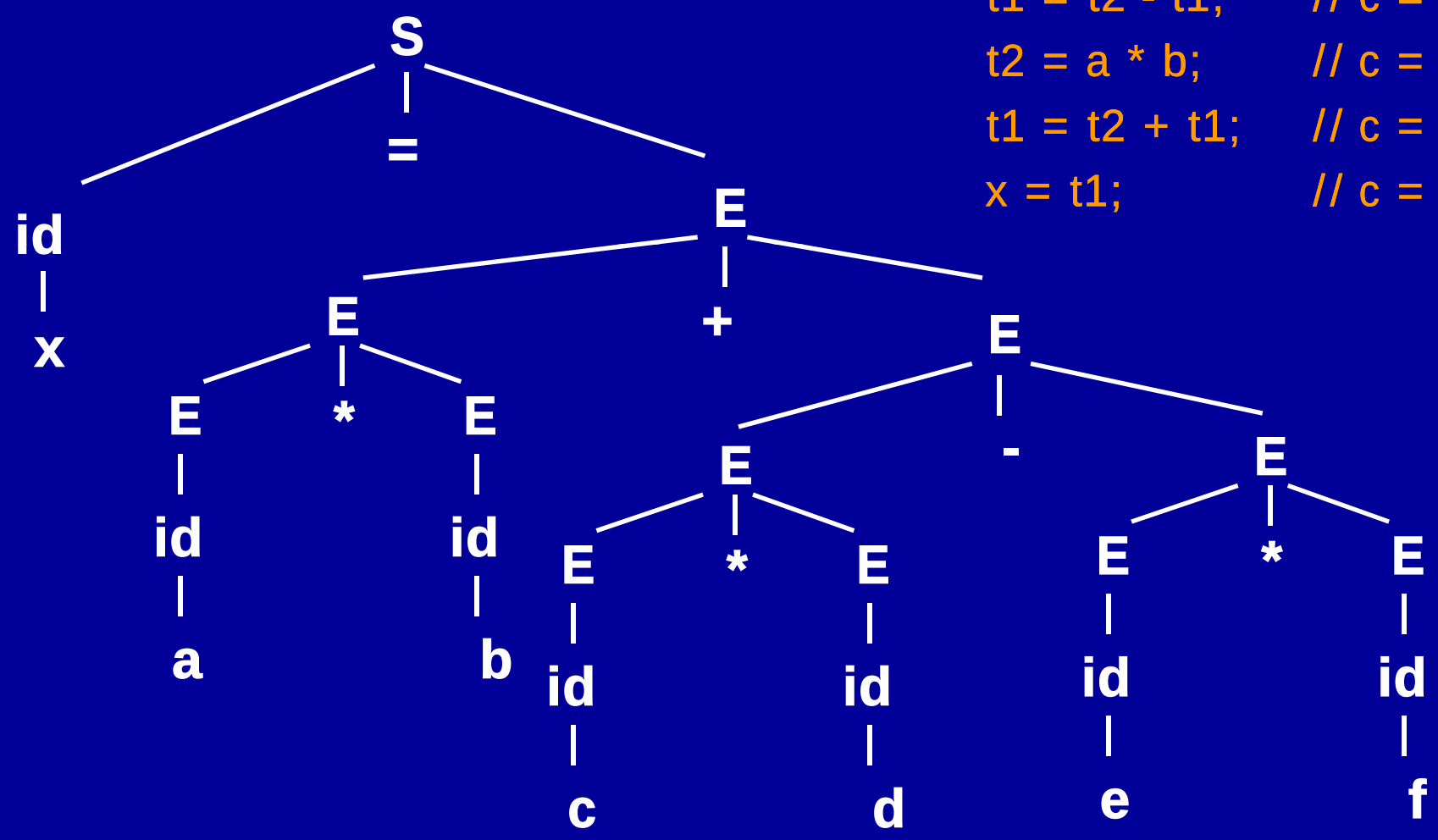
x = a*b + c*d - e*f



t1 = e * f;
t2 = c * d;
t3 = t2 - t1;
t4 = a * b;
t5 = t4 + t3;
x = t5;

x = a*b + c*d - e*f

	// c = 0
t1 = e * f;	// c = 1
t2 = c * d;	// c = 2
t1 = t2 - t1;	// c = 1
t2 = a * b;	// c = 2
t1 = t2 + t1;	// c = 1
x = t1;	// c = 0



دسترسی به عناصر آرایه

- آرایه سطری دو بعدی $A[low_1..high_1, low_2..high_2]$ با آدرس شروع S و اندازهٔ عناصر W
- آدرس عنصر A[i,j] :
- $S + (i-low_1)(high_2-low_2+1) \times w + (j - low_2) \times w$
  - $Length_2 = (high_2-low_2+1)$
- $S + i \times Length_2 \times w + j \times w - (low_1 \times Length_2 \times w) + (low_2 \times w)$
  - $S_0 = S - (low_1 \times Length_2 \times w) + low_2 \times w$
- $S_0 + (i \times Length_2 + j) \times w$

دسترسی به عناصر آرایه

L → Elist]

```
{   L.place = newtemp();
    L.offset = newtemp();
    code1 = gen(L.place '=' constTerm(Elist.array));
    code2 = gen(L.offset '=' Elist.place
                                *sizeof(baseType(Elist.array)));
    L.code = append(Elist.code,code1,code2);
}
```

Elist → Elist1 , E

```
{   t = newtemp();
    m = Elist1.ndim + 1;
    code1 = gen(t = Elist1.place * numElem(Elist1.array,m));
    code2 = gen(t = t + E.place);
    Elist.array = Elist1.array;
    Elist.place = t;
    Elist.ndim = m;
    Elist.code = append(Elist1.code,E.code,code1,code2);
}
```

Elist → id [E

```
{   Elist.array = id.place;
    Elist.place = E.place;
    Elist.ndim = 1;
    Eist.code = E.code;
}
```

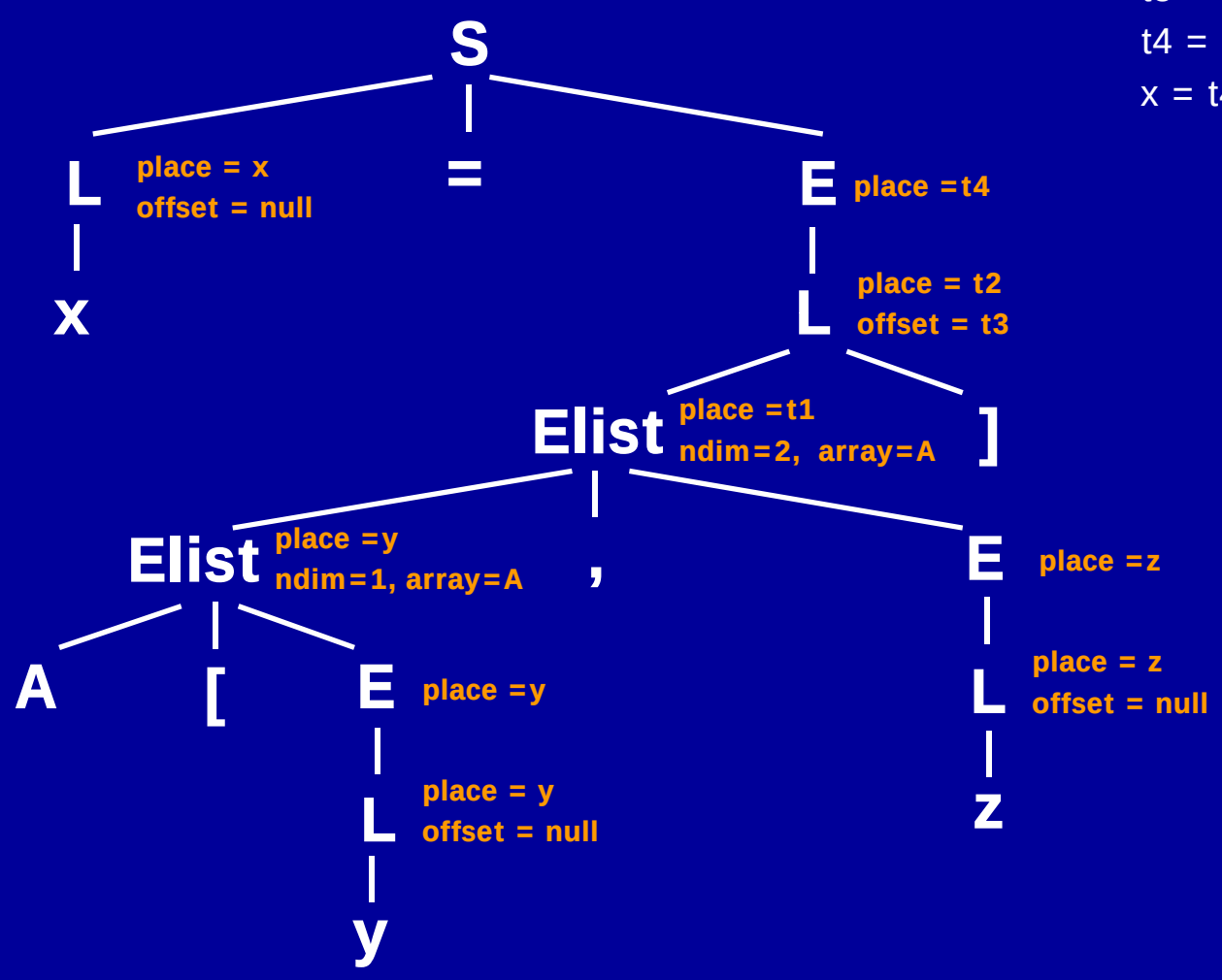
دسترسی به عناصر آرایه

```
E → L        { if (L.offset = NULL) then E.place = L.place;
               else E.place = newtemp;
                    E.code = gen(E.place = L.place[L.offset]);
             }
S → L = E    { if L.offset = NULL then E.code = gen(L.place = E.place);
               else  S.code = append(E.code,gen(L.place[L.offset] = E.place);
             }
L → id       { L.place = id.place;
               L.offset = null;
             }
```

- مثال : آرایهٔ A[1..10,1..20] که اندازهٔ عناصر آن چهار بایت است؛ تولید کد برای x=A[y,z] را انجام می دهیم.

x=A[y,z]

t1 = y * 20
t1 = t1 + z
t2 = c
t3 = t1 * 4
t4 = t2[t3]
x = t4



عبارات منطقی و رابطه ای

E → false	{ E.place = newtemp() E.code = {gen(E.place = 0)} E.laststat = E.nextstat + 1 }
E → true	{ E.place = newtemp() E.code = {gen(E.place = 1)} E.laststat = E.nextstat + 1 }
E → (E_1)	{ E.place = E1.place; E.code = E1.code; E1.nextstat = E.nextstat E.laststat = E1.laststat }
E → not E_1	{ E.place = newtemp() E.code = append(E1.code,gen(E.place = not E1.place)) E1.nextstat = E.nextstat E.laststat = E1.laststat + 1 }

- if(x!=0 && y/x>2) then …

- orElse or
- andThen and

عبارات منطقی و رابطه ای

E → E1 or E2

```
{ E.place = newtemp()
  E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place = E1.place or E2.place)
  E1.nextstat = E.nexstat
  E2.nextstat = E1.laststat
  E.laststat = E2.laststat + 1
}
```

E → E1 and E2

```
{ E.place = newtemp()
  E.code = append(E1.code,E2.code,gen(E.place = E1.place and E2.place)
  E1.nextstat = E.nexstat
  E2.nextstat = E1.laststat
  E.laststat = E2.laststat + 1
}
```

E → id1 relop id2

```
{ E.place = newtemp()
  E.code = gen(if id1.place relop id2.place goto E.nextstat+3)
  E.code = append(E.code,gen(E.place = 0))
  E.code = append(E.code,gen(goto E.nextstat+2))
  E.code = append(E.code,gen(E.place = 1))
  E.laststat = E.nextstat + 4
}
```

مثال

- برای عبارت منطقی زیر کد تولید کنید:

M < N and P < Q or R < S

دستورات شرطی و حلقهٔ while

$S \rightarrow$ if E then S_1

{ E.true = newlabel
E.false = S.next
S_1.next = S.next
S.code = append(E.code,gen(E.true:),S_1.code)
}

$S \rightarrow$ if E then S_1 else S_2

{ E.true = newlabel
E.false = newlabel
S_1.next = S.next
S_2.next = S.next
S.code = append(E.code,gen(E.true:),S_1.code,
gen(goto S.next),gen(E.false :),S_2.code)
}

$S \rightarrow$ while E do S_1

{ S.begin = newlabel
E.true = newlabel
E.false = S.next
S_1.next = S.begin
S.code = append(gen(S.begin:),E.code,gen(E.true:),S_1.code,
gen(goto S.begin)
}