

Desenvolv. de Sistemas Embarcados em Tempo Real

Prof. Hermano Cabral

Departamento de Eletrônica e Sistemas — UFPE

18 de junho de 2024

Tema central

- Máquinas de estados

Tema central

- Máquinas de estados

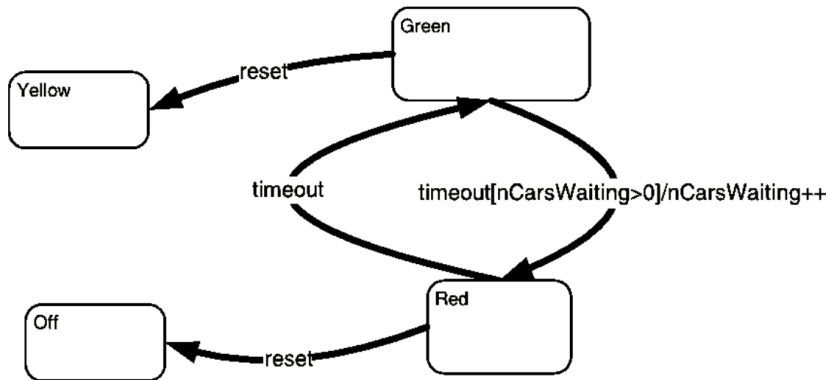
Objetivos

- Conhecer as características de uma máquina de estados hierárquica
- Programar uma máquina de estados hierárquica

Introdução

- Uma HSM é uma FSM com algumas características adicionais:
 - Condições
 - Hierarquia, ou estados aninhados
 - Concomitância, ou estados ortogonais
 - Ações vinculadas a estados
 - Histórico de estados

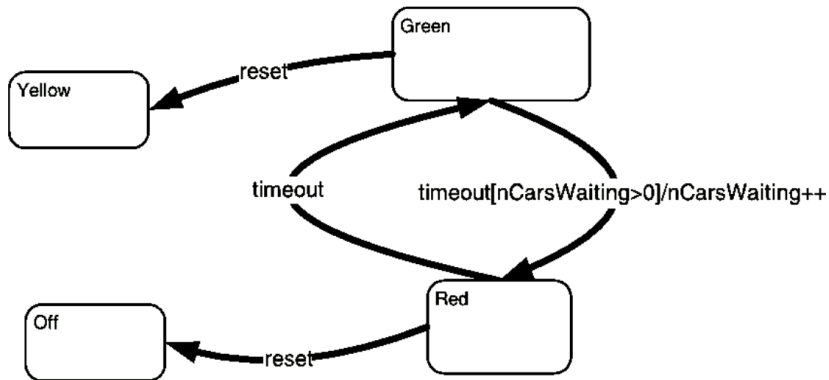
Máquina de estados hierárquica



Condições de guarda

- Cada transição em uma HSM é descrita por um evento, uma condição e uma ou mais ações.

Máquina de estados hierárquica

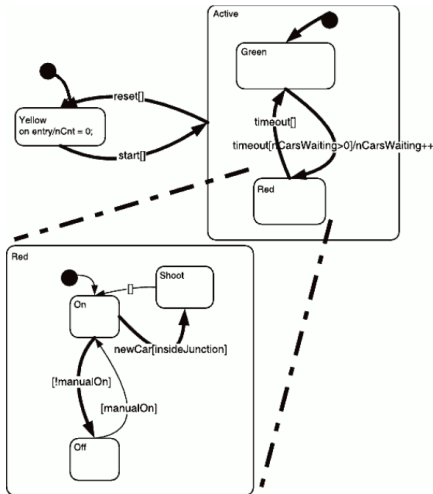


Condições de guarda

- Cada transição em uma HSM é descrita por um evento, uma condição e uma ou mais ações.
- A sintaxe para a transição é $Ev[cond] / ação$

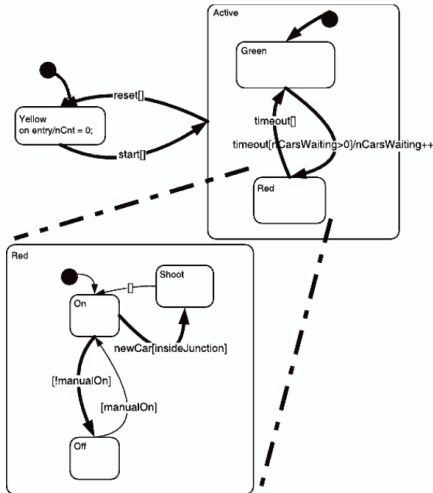
Hierarquia de Estados

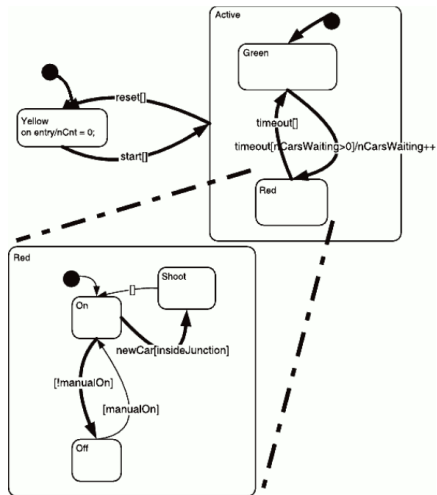
- Em uma HSM, um estado pode ser uma FSM completa.



Hierarquia de Estados

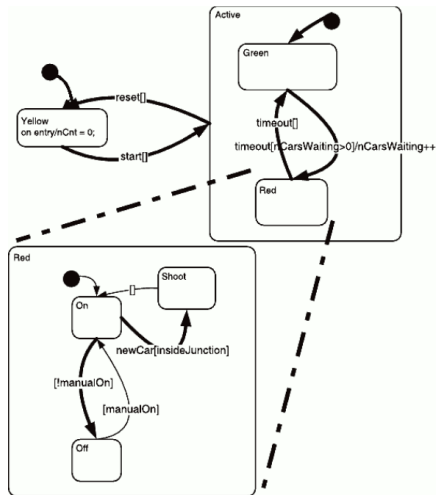
- Em uma HSM, um estado pode ser uma FSM completa.
- Cada um destes estados são denominados de super-estados





Hierarquia de Estados

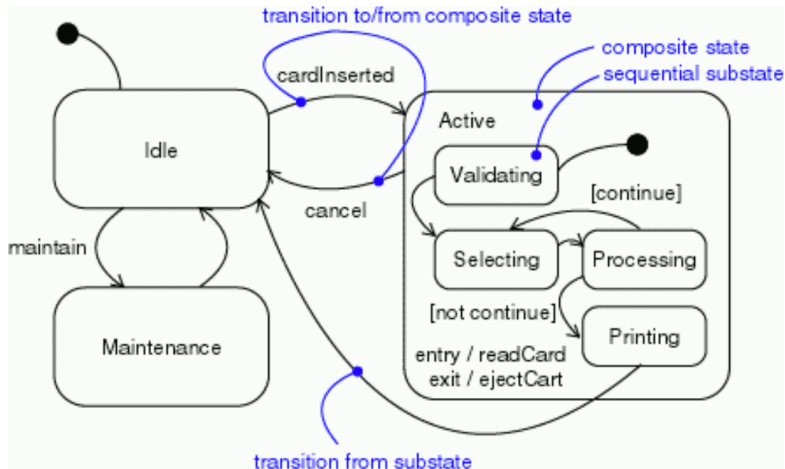
- Em uma HSM, um estado pode ser uma FSM completa.
- Cada um destes estados são denominados de super-estados
- Uma HSM sempre está em um estado comum



Hierarquia de Estados

- Em uma HSM, um estado pode ser uma FSM completa.
- Cada um destes estados são denominados de super-estados
- Uma HSM sempre está em um estado comum
- Dizemos que o estado em que a HSM está e todos aqueles que o englobam estão ativos

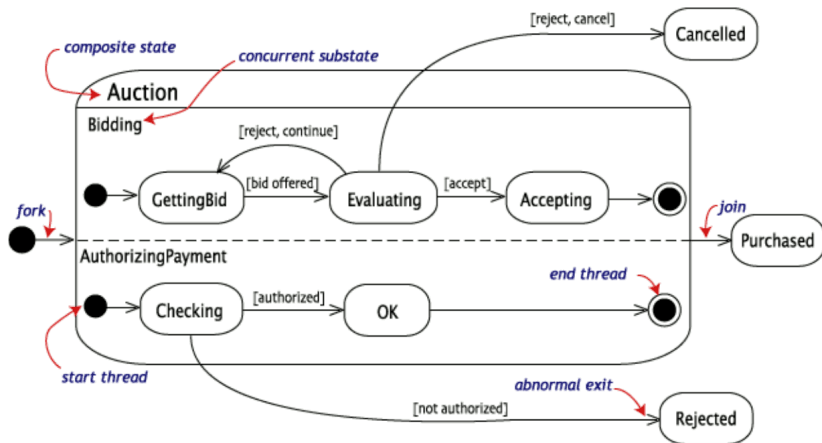
Máquina de estados hierárquica



Hierarquia de Estados

- A transição de estados pode ser entre super-estados.

Máquina de estados hierárquica



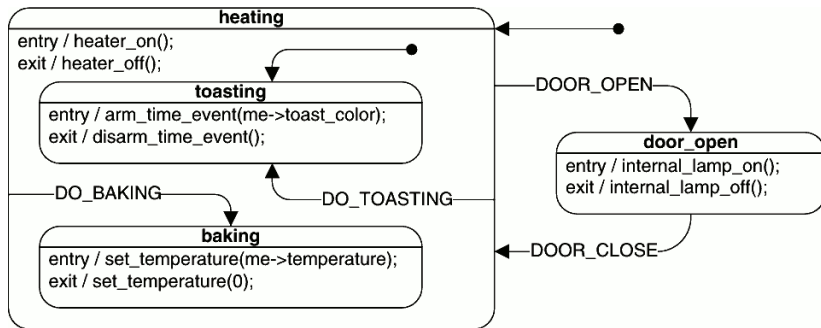
Concomitância

- Em uma HSM, 2 super-estados podem estar ativos ao mesmo tempo.

Ações associadas a estados

- Estados em uma HSM podem possuir ações associadas:
 - Ações de entrada
 - Ações de saída
 - Ações de inicialização
 - Ações de execução (transição interna)

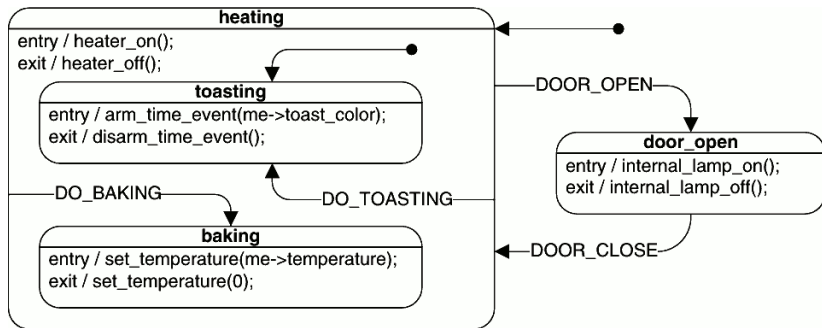
Máquina de estados hierárquica



Ações de entrada e saída

- Todo estado em uma HSM pode possuir ações de entrada e saída.

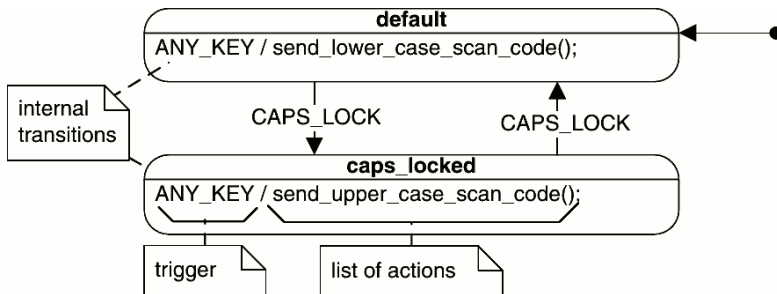
Máquina de estados hierárquica



Ações de entrada e saída

- Todo estado em uma HSM pode possuir ações de entrada e saída.
- Essas ações são executadas qualquer que seja a transição que chegue ou saia do estado.

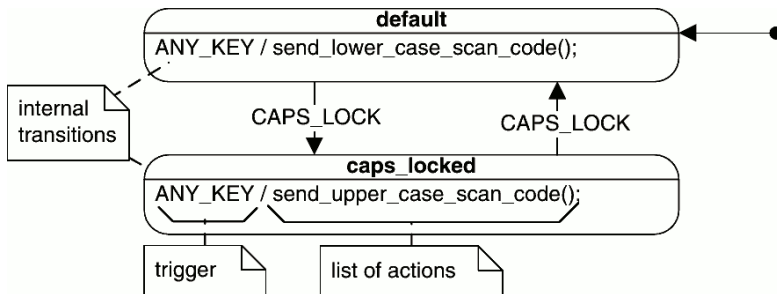
Máquina de estados hierárquica



Ações de transição interna

- Alguns eventos devem disparar ações que devem ser realizadas mas não mudanças de estado.

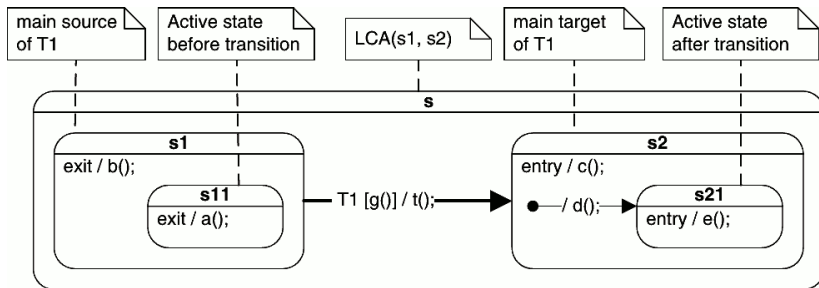
Máquina de estados hierárquica



Ações de transição interna

- Alguns eventos devem disparar ações que devem ser realizadas mas não mudanças de estado.
- Denominamos esta situação de transição interna.

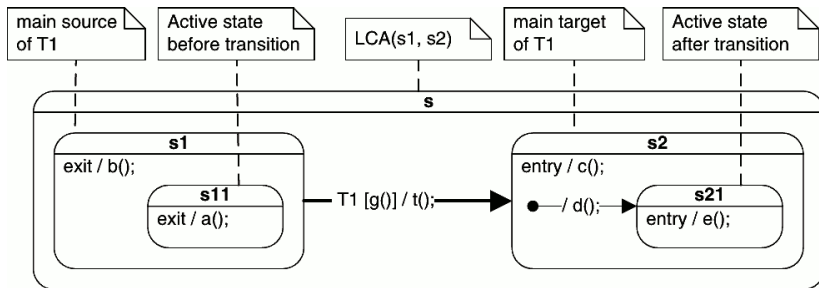
Máquina de estados hierárquica



Sequência de execução de ações

- Os vários tipos de ação são executados na seguinte ordem, depois de verificada a condição de guarda:
 - Ação da transição

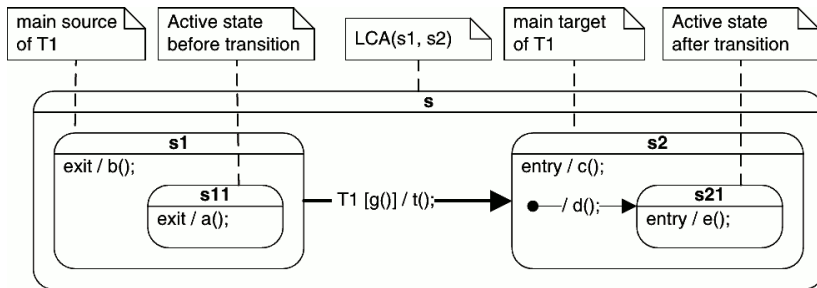
Máquina de estados hierárquica



Sequência de execução de ações

- Os vários tipos de ação são executados na seguinte ordem, depois de verificada a condição de guarda:
 - Ação da transição

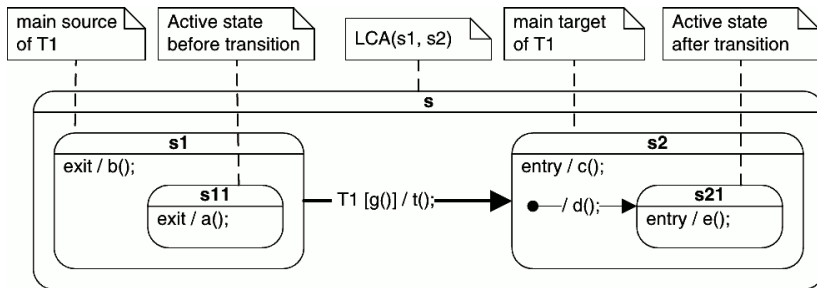
Máquina de estados hierárquica



Sequência de execução de ações

- Os vários tipos de ação são executados na seguinte ordem, depois de verificada a condição de guarda:
 - Ação da transição
 - Ações de saída dos estados de onde saímos

Máquina de estados hierárquica

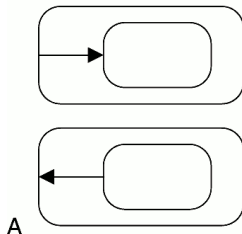


Sequência de execução de ações

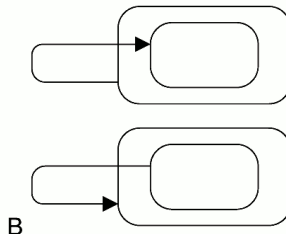
- Os vários tipos de ação são executados na seguinte ordem, depois de verificada a condição de guarda:
 - Ação da transição
 - Ações de saída dos estados de onde saímos
 - Ações de entrada e de transição inicial nos novos estados

Máquina de estados hierárquica

Local transition



External transitions

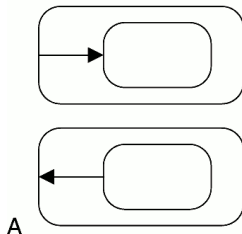


Transições locais

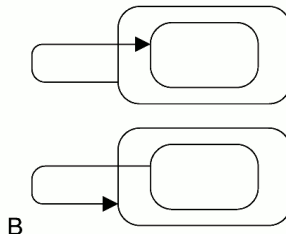
- Transições locais são transições entre estados que não disparam as rotinas de saída ou de entrada.

Máquina de estados hierárquica

Local transition



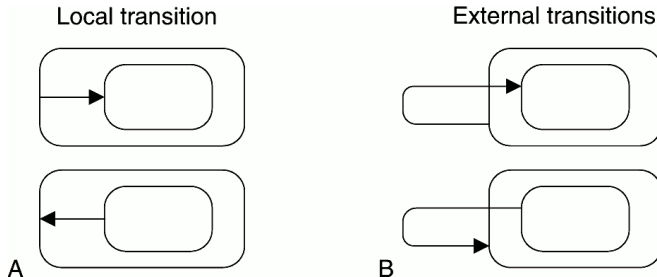
External transitions



Transições locais

- Transições locais são transições entre estados que não disparam as rotinas de saída ou de entrada.
 - No caso de uma transição de um estado para um subestado, a rotina de saída do super-estado não é chamada.

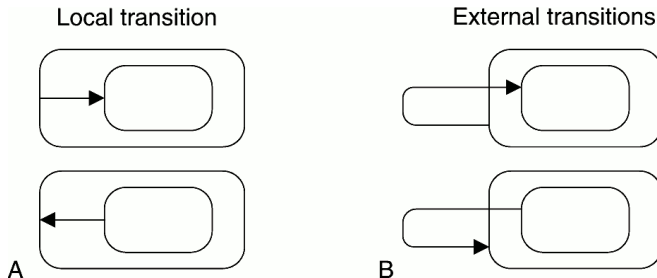
Máquina de estados hierárquica



Transições locais

- Transições locais são transições entre estados que não disparam as rotinas de saída ou de entrada.
 - No caso de uma transição de um estado para um subestado, a rotina de saída do super-estado não é chamada.
 - No outro caso, a rotina de entrada e saída do super-estado não é chamada.

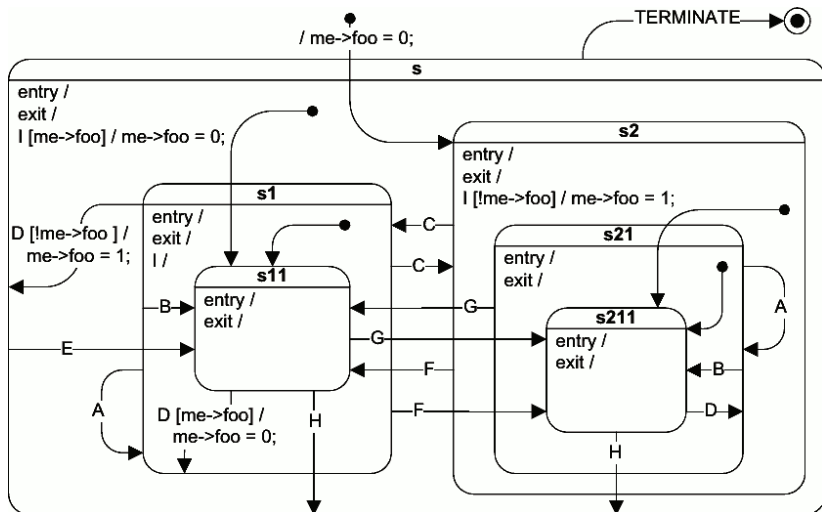
Máquina de estados hierárquica



Transições locais

- Apesar de ambos os tipos de transição serem definidos pela UML, nesta disciplina só usaremos transições locais.

Máquina de estados hierárquica



Exemplo de uma HSM complexa

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:
 - Top:Init – S:Entry – S2:Entry – S2:Init – S21:Entry – S211:Entry

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:
 - Top:Init – S:Entry – S2:Entry – S2:Init – S21:Entry – S211:Entry
 - S21:G – S211:Exit – S21:Exit – S2:Exit – S1:Entry – S11:Entry

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:
 - Top:Init – S:Entry – S2:Entry – S2:Init – S21:Entry – S211:Entry
 - S21:G – S211:Exit – S21:Exit – S2:Exit – S1:Entry – S11:Entry
 - S1:I

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:
 - Top:Init – S:Entry – S2:Entry – S2:Init – S21:Entry – S211:Entry
 - S21:G – S211:Exit – S21:Exit – S2:Exit – S1:Entry – S11:Entry
 - S1:I
 - S1:A – S11:Exit – S1:Exit – S1:Entry – S1:Init – S11:Entry

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:
 - Top:Init – S:Entry – S2:Entry – S2:Init – S21:Entry – S211:Entry
 - S21:G – S211:Exit – S21:Exit – S2:Exit – S1:Entry – S11:Entry
 - S1:I
 - S1:A – S11:Exit – S1:Exit – S1:Entry – S1:Init – S11:Entry
 - S1:D – S11:Exit – S1:Exit – S1:Init – S1:Entry – S11:Entry

Ações de uma máquina de estados

- Se a máquina anterior receber a sequência de eventos G-I-A-D-D, a sequência de ações será:
 - Top:Init – S:Entry – S2:Entry – S2:Init – S21:Entry – S211:Entry
 - S21:G – S211:Exit – S21:Exit – S2:Exit – S1:Entry – S11:Entry
 - S1:I
 - S1:A – S11:Exit – S1:Exit – S1:Entry – S1:Init – S11:Entry
 - S1:D – S11:Exit – S1:Exit – S1:Init – S1:Entry – S11:Entry
 - S11:D – S11:Exit – S1:Init – S11:Entry

Máquina de estados hierárquica



Exemplo — calculadora

- Queremos implementar uma calculadora onde o usuário entra um operando, seguido de um operador, seguido de um operando e do sinal "=".

Máquina de estados hierárquica



Exemplo — calculadora

- Queremos implementar uma calculadora onde o usuário entra um operando, seguido de um operador, seguido de um operando e do sinal "=".
- Os operandos são números de ponto flutuante com no máximo 8 dígitos, enquanto a resposta é um número com no máximo 16 dígitos.

Máquina de estados hierárquica



Exemplo — calculadora

- Queremos implementar uma calculadora onde o usuário entra um operando, seguido de um operador, seguido de um operando e do sinal "=".
- Os operandos são números de ponto flutuante com no máximo 8 dígitos, enquanto a resposta é um número com no máximo 16 dígitos.
- Os operadores são +, -, * e /.

Exemplo — calculadora

- Se o primeiro operando não for inserido e houver uma conta anterior, o resultado desta conta é usado como o primeiro operando.

Exemplo — calculadora

- Se o primeiro operando não for inserido e houver uma conta anterior, o resultado desta conta é usado como o primeiro operando.
- Os números podem ser negativos.

Exemplo — calculadora

- Se o primeiro operando não for inserido e houver uma conta anterior, o resultado desta conta é usado como o primeiro operando.
- Os números podem ser negativos.
- A calculadora tem uma tecla "C" que limpa os dados já entrados e qualquer resultado anterior obtido.

Máquina de estados hierárquica

```
expression ::= operand1 operator operand2 '='  
operand1   ::= expression | ['+' | '-'] number  
operand2   ::= ['+' | '-'] number  
number     ::= {'0' | '1' | ... '9'}* ['.' {'0' | '1' | ... '9'}*]  
operator   ::= '+' | '-' | '*' | '/'
```

Exemplo — calculadora

- Uma técnica formal de detalhar estes requisitos é através da notação BNF, mostrada acima.