

A MÁQUINA DE TURING

Oswaldo Antonio Pozza, Sérgio Penedo
Mestrado em Ciências da Computação 1º trimestre, 2002
CPGCC
Universidade Federal de Santa Catarina(UFSC), Brasil
Fone: (048)331 9738, Fax: (048)331 9566
oopozza@bol.com.br, beneto@besc.com.br

Resumo

O presente artigo tem por objetivo apresentar uma Simulação do funcionamento de uma máquina de Turing. Inicialmente, procurou-se situar o tema abordado no contexto da Teoria da Computação. Em seguida foi examinada a teoria da idéia de Turing sobre a computabilidade, culminando com um exemplo de demonstração.

Palavras-chave : Máquina de Turing, Teoria da Computação, Computabilidade.

Abstract

The present article has for objective to present a Simulation of the operation of a machine of Turing. Initially, he tried to locate the theme approached in the context of the Theory of the Computation. Soon after the theory of the idea of Turing was examined on the computability, culminating with a demonstration example.

Key-words : Machine of Turing, Theory of the Computation, Computability.

Introdução

1. **História:** Neste parágrafo é conhecido um pouco da história do computador.
2. **Sistemas Formais:** Neste parágrafo fala como são estabelecidas as regras que caracterizam os sistemas formais.
3. **Alan Mathison Turing:** Neste parágrafo fala da origem de Alan Mathison Turing, sua consagração como matemático e sua grande idéia, “a máquina de Turing”.
4. **A Máquina de Turing:** Neste parágrafo explica todo o processo de funcionamento e também algumas regras a ser executada para o funcionamento da máquina de Turing.

1. História

Os primeiros passos em direção aos computadores digitais foram dados no Egito e Babilônia, há mais de 4 milênios, com os sistemas de medidas de distâncias e previsão do curso das estrelas. Durante a florescente civilização grega, estas pré-ciências tomaram forma através dos sistemas axiomáticos.

Em um sistema axiomático parte-se de premissas aceitas como verdadeiras e regras ditas válidas, que irão conduzir a novas sentenças verdadeiras. As conclusões podem ser alcançadas manipulando-se símbolos de acordo com conjuntos de regras.

Um sistema axiomático é uma ferramenta para aumentar a capacidade humana de pensar. O ingrediente mágico no caso foi uma espécie de "receita de bolo" que fez o cálculo e que chamamos algoritmo. O que a publicação de Turing fez, e que tornou possível os computadores digitais, foi resultado de centenas de anos de esforço para reduzir os vários sistemas formais a um sistema básico subjacente neles.

2. Sistemas Formais

Um sistema formal pode ser visto como uma espécie de jogo rigorosamente definido, que especifica regras para manipulação de símbolos. O que caracteriza um sistema formal é muito semelhante às regras dispostas para um determinado jogo. Para dizer a alguém como jogar e para estabelecer as regras que qualificam de formal um sistema, três aspectos desse 'jogo' devem ser estabelecidos: a natureza dos símbolos, a descrição da situação inicial do jogo (ou o layout do 'tabuleiro') e uma lista de quais movimentos são permitidos a uma dada posição. Verificação de jogadas de xadrez, a lógica, a matemática são exemplos de sistemas formais que satisfazem estes critérios. Por volta da década de 1930, os esforços para reduzir a matemática a fundamentos lógicos seguros levou

a várias tentativas de se tratar a aritmética - o braço da matemática que lida com operações sobre números - como um sistema formal.

3. Alan Mathison Turing

Alan Mathison Turing nasceu em 23 de junho de 1912 em Londres, filho de um oficial britânico, Julius Mathison e Ethel Sara Turing. Seu interesse pela ciência começou cedo, logo que aprendeu a ler e escrever, distraia-se fatorando números de hinos religiosos e desenhando bicicletas anfíbias.

Em 1928, Alan começou a estudar a Teoria da Relatividade, conhecendo Christopher Morcom, que o influenciou profundamente. Morcom morreu em 1930 e Alan se motivou a fazer o que o amigo não teve tempo, durante anos trocou correspondências com a mãe de Morcom a respeito das idéias do amigo e se maravilhou com a possibilidade de resolver problemas com a teoria mecânica quântica. Chegou inclusive a escrever sobre a possibilidade do espírito sobreviver após a morte.

Em 1936, com a idade de 24 anos, Alan M. Turing consagrou-se como um dos maiores matemáticos do seu tempo quando fez antever aos seus colegas que era possível executar operações computacionais sobre a teoria dos números por meio de uma máquina que tivesse embutidas as regras de um sistema formal. Embora propriamente não existisse tal máquina, Turing enfatizou desde o início que tais mecanismos poderiam ser construídos. Sua descoberta abriu uma nova perspectiva no esforço de formalizar a matemática, e, ao mesmo tempo, marcou fortemente a história da computação.

Em sua brilhante solução para um dos problemas chave discutidos pelos formalistas, Alan Turing descreveu em termos matematicamente precisos como um sistema formal automático, com regras muito simples de operação, pode ser poderoso. Um sistema formal automático é um dispositivo físico que manipula automaticamente os símbolos de um sistema formal de acordo com as regras dele. A máquina teórica de Turing era tanto um exemplo da sua teoria da computação como uma prova de que certos tipos de máquinas computacionais poderiam, de fato, serem construídas.

Quando ele uniu matemática e lógica na forma de uma máquina, Turing tornou possíveis sistemas processadores de símbolos. Propôs ainda que a grande maioria dos problemas inteligíveis poderiam ser convertidos para a forma "encontre um número n tal que ...". E, mais importante do que esta ligação entre as abstrações do nosso sistema cognoscitivo e a realidade concreta dos números - buscada pelos pesquisadores do campo da inteligência artificial -, foi a descoberta feita por Turing de que os números eram elementos mais importantes como símbolos, neste caso, do que como elementos de cálculo.

O que faz o raciocínio humano quando executa um cálculo, perguntou Turing. Ele definiu que os cálculos mentais consistem de operações para transformar números em uma série de estados intermediários que progridem de um para outro de acordo com um conjunto fixo de regras, até que uma resposta seja encontrada. Algumas vezes usamos papel e lápis para não perdermos o estado dos nossos cálculos. As regras da matemática exigem definições mais rígidas que aquelas descritas nas discussões metafísicas sobre os estados da mente humana, e Turing concentrou-se na definição destes estados de tal maneira que fossem claros e sem ambiguidades, para que tais definições pudessem ser usadas para comandar as operações da máquina.

Turing começou com uma descrição precisa de um sistema formal, na forma de "tabela de instruções" que descreviam quais movimentos a fazer para qualquer configuração possível dos estados no sistema. Ele então provou que a descrição destas informações, que os passos de

um sistema axiomático formal semelhante à lógica, e o estados da máquina que fazem os "movimentos" em um sistema formal automático são equivalentes entre si. Estes conceitos estão todos subjacentes na tecnologia atual dos computadores digitais, que foram possíveis somente uma década depois da publicação de Turing.

Quando a II Guerra Mundial eclodiu, Turing foi trabalhar no Departamento de Comunicações da Gran Bretanha (Government Code and Cypher School) em Buckinghamshire, com o intuito de quebrar o código das comunicações alemãs, produzido por um tipo de computador chamado Enigma. Este código era constantemente trocado, obrigando os inimigos a tentar decodificá-lo correndo contra o relógio. Turing e seus colegas cientistas trabalharam num sistema que foi chamado de Colossus, um enorme emaranhado de servo-motores e metal, considerado um precursor dos computadores digitais.

Durante a guerra, Turing foi enviado aos EUA a fim de estabelecer códigos seguros para comunicações transatlânticas entre os aliados. Supõe-se que foi em Princeton, NJ, que conheceu Von Neumann e daí ter participado no projeto do ENIAC na universidade da Pensilvânia.

Terminada a guerra, Alan se juntou ao National Physical Laboratory para desenvolver um computador totalmente inglês que seria chamado de ACE (automatic computing engine). Decepcionado com a demora da construção, Turing mudou-se para Manchester e no dia 7 de junho de 1954, suicidou-se durante uma crise de depressão, comendo uma maçã envenenada com cianureto de potássio.

4. A Máquina de Turing

O processo computacional foi graficamente mostrado no artigo de Turing quando ele pediu ao leitor que considerasse em dispositivo que pudesse ler e escrever símbolos em uma fita que estava dividida em quadrados. Uma cabeça de leitura/gravação se moveria em qualquer direção ao longo da fita, um quadrado por vez, e uma

unidade de controle poderia interpretar uma lista de instruções simples sobre leitura e gravação de símbolos nos quadrados, movendo-se ou não para a direita ou esquerda. O quadrado que é "lido" em cada etapa é conhecido como "quadrado ativo". A regra que está sendo executada determina o que se convencionou chamar 'estado' da máquina. A fita é potencialmente infinita.

Imagine os símbolos "I" e "-"(**branco**). Suponha que o dispositivo possa limpar qualquer um deles quando ele os lê em um quadrado ativo e trocá-lo por outro (i.é., apagar "I" e substituir por "-" e vice-versa). O dispositivo pode mover a cabeça de leitura e de gravação para a direita ou esquerda, de acordo com instruções interpretadas pela unidade de controle. As instruções podem limpar um símbolo, escrevê-lo ou deixá-lo como está, de acordo com o símbolo lido.

Qualquer tipo de jogo pode ser elaborado usando estas regras, não tendo necessariamente algum significado. Uma das primeiras coisa que Alan Turing demonstrou foi que alguns jogos construídos sob estas regras podem ser sofisticados, considerando a simplicidade destas operações primitivas.

Dado um quadrado que seja uma posição inicial de uma seção da fita preenchida por quaisquer caracteres ou brancos, o dispositivo executa ações especificadas por uma lista de regras, seguindo-as uma por vez até chegar àquela que force sua parada (se não há uma instrução explícita na tabela para uma determinada configuração da fita, então não há nada que a máquina possa fazer quando alcança aquela configuração, encerrando a execução portanto). Cada instrução - ou regra - estabelece uma ação a ser executada se houver determinado símbolo no quadrado ativo no tempo em que é lido. No nosso caso vamos estabelecer 4 diferentes tipos de regra:

- Substituir -(branco) por símbolo
- Substituir símbolo por -(branco)
- Ir um quadrado para a direita
- Ir um quadrado para a esquerda

Um exemplo de instrução seria:"Se houver um I no quadrado ativo, substitua-o por -". Esta instrução faz a máquina executar a segunda ação da lista acima. Para se elaborar um "jogo" nós necessitamos fazer uma lista que especifique o número da regra que se deve observar no momento atual, e, de alguma forma, qual será a próxima. Cada regra desta lista será composta pela seguinte sequência: o número da regra - **estado** da máquina -, um caracter/branco para comparação, próximo estado e ação (novo símbolo que irá para o quadrado ou movimentar para direita(>)/esquerda(<)) cabeça de leitura/gravação).

Segue abaixo uma lista de regras - código e descrição - que dirão a uma máquina de Turing como desenvolver um determinado "jogo":

1 I 2 -

Estado 1: se há um I no quadrado ativo, substitua-o por - e vá para estado 2;

2 - 3 >

Estado 2: se há um - no quadrado ativo, vá para estado 3 e ande um quadrado a direita;

3 I 3 >

Estado 3: se há um I no quadrado ativo, vá para estado 3 e ande um quadrado a direita;

3 - 4 >

Estado 3: se há um - no quadrado ativo, vá para estado 4 e ande um quadrado a direita;

4 I 4 >

Estado 4: se há um I no quadrado ativo, vá para estado 4 e ande um quadrado a direita;

4 - 5 I

Estado 4: se há um - no quadrado ativo, substitua-o por I vá para estado 5;

5 I 5 >

Estado 5: se há um I no quadrado ativo, vá para estado 5 e ande um quadrado a direita;

5 - 6 I

Estado 5: se há um - no quadrado ativo, substitua-o por I vá para estado 6;

6 I 6 <

Estado 6: se há um I no quadrado ativo, vá para estado 6 e ande um quadrado a esquerda;

6 - 7 <

Estado 6: se há um - no quadrado ativo, vá para estado 7 e ande um quadrado a esquerda;

7 I 8 <

Estado 7: se há um I no quadrado ativo, vá para estado 8 e ande um quadrado a esquerda;

8 I 8 <

Estado 8: se há um I no quadrado ativo, vá para estado 8 e ande um quadrado a esquerda;

8 - 1 >

Estado 8: se há um - no quadrado ativo, vá para estado 1 e ande um quadrado a direita;

Note que se houver um branco no quadrado ativo quando os estados forem 1 ou 7, ou se há um I no quadrado ativo quando o estado da máquina é 2, ela pára, pois não saberia o que fazer.

O jogo neste caso é duplicar uma sequência de Is que estejam na fita. Se a fita contiver I I I I, no final conterà I I I I I I I I. Para se jogar (em termos mais técnicos diríamos executar o programa descrito na lista de regras) é necessário especificar uma configuração inicial na fita, qual o quadrado inicial ativo e o estado inicial da máquina. Quando a máquina começar a executar, ela, a partir do estado inicial e do quadrado ativo seguirá a sequência (lógica) de regras que darão o produto final.

Em sua essência, toda máquina de Turing move-se ou move símbolos, de uma posição para outra em uma fita, da mesma maneira que no exemplo dado acima ou visto no applet. Nos dias de hoje estes símbolos podem ser impulsos eletrônicos em um microcircuito e a fita uma série de endereços de memória em um chip, mas a idéia é a mesma. Turing provou que sua hipotética máquina é uma versão automatizada de um sistema formal especificado por uma combinação

inicial de símbolos (o conjunto de "I"s na fita no início do processo) e as regras (aquelas instruções escritas). Os movimentos são mudanças de 'estado' da máquina que correspondem a específicos passos de computação.

Turing provou que para qualquer sistema formal existe uma máquina de Turing que pode ser programada para imitá-lo. Era este sistema formal genérico, com a habilidade de imitar qualquer outro sistema formal, o que Turing procurava. Tais sistemas chamam-se Máquinas de Turing Universais. A teoria foi estabelecida pela primeira vez em um 'paper' que tinha o título "On Computable Numbers, with an application on the Entscheidungsproblem".

5. Conclusão

A Máquina de Turing era a resposta de Alan Turing à questão metamatemática de Hilbert. Turing estabeleceu um modelo formal de algoritmo e um pouco depois Church proporia que qualquer procedimento efetivo poderia ser realizado por uma Máquina de Turing (Tese de Church). Quer dizer, qualquer processo aceito por nós homens como um algoritmo é precisamente o que uma Máquina de Turing pode fazer.

6. Referência

[1] www.cic.unb.br/tutores/turing/untroduc.html

[2] **Hodges, Andew**

Turing Um Filósofo da Natureza
1ª Edição

[3] **Barreto, Jorge Muniz**

Inteligência Artificial
3ª Edição

