Big Oh

Big Oh คืออะไร

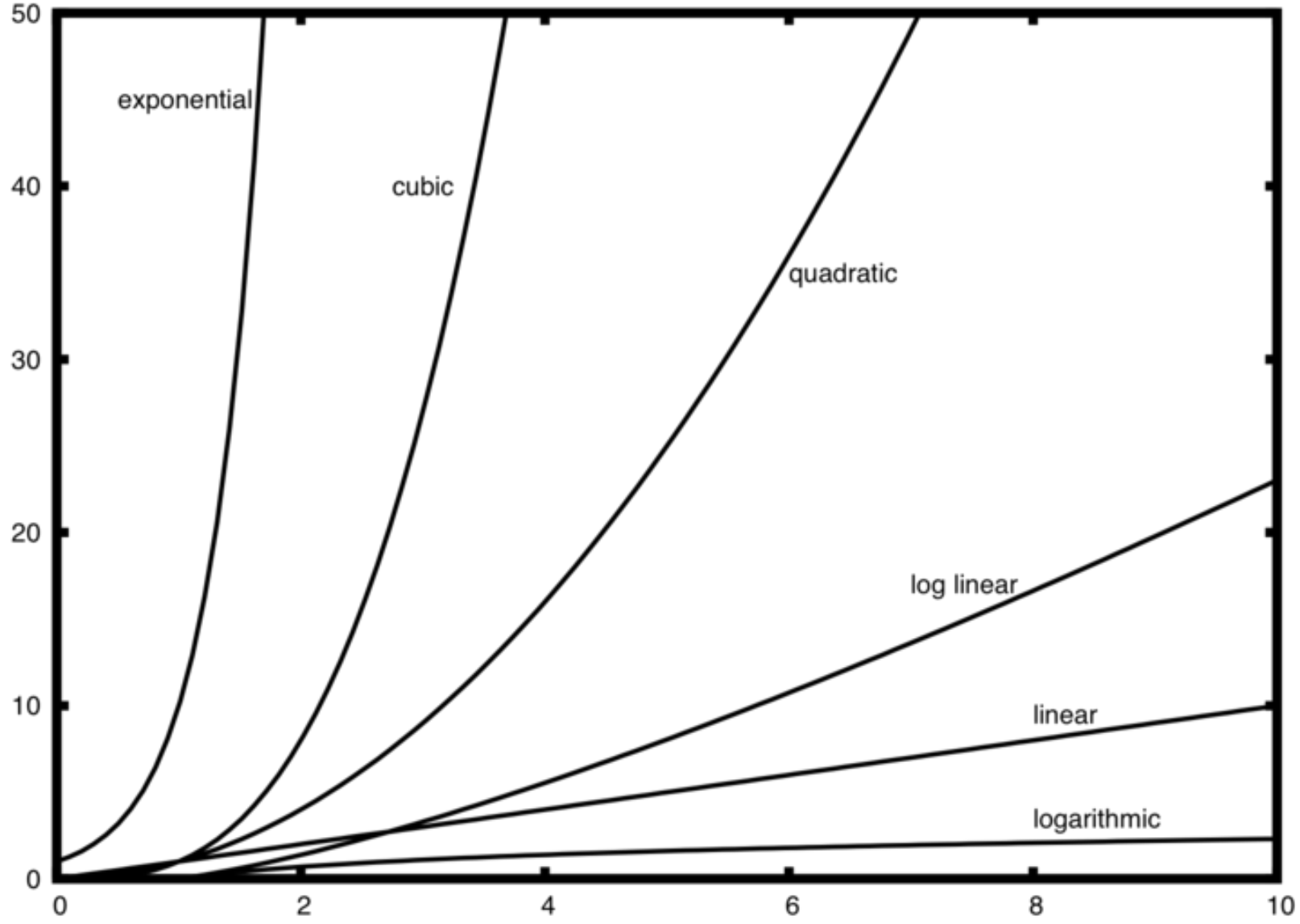
- ตัววัดประสิทธิภาพการทำงาน
- วัดตามจำนวนข้อมูล n
- ตัวอย่าง sum of n
  - จำนวน step ในการทำงาน $T(n) = 2 + n$
  - $O(n)$
  - ดูตัวที่ยกกำลังเยอะสุด
- $T(n) = 5n^2 + 3n$
  - $O(n^2)$
  - ดูตัวที่ยกกำลังเยอะสุดและไม่ต้องดูสัมประสิทธิ์

```
1 n = 10
2 thesum = 0
3 for i in range(1, n + 1) :
4     thesum = thesum + i
5 print(thesum)
```

ชื่อเรียก

f(n)	Name
1	Constant
log n	Logarithmic
n	Linear
n log n	Log Linear
n^2	Quadratic
n^3	Cubic
2^n	Exponential

กราฟอัตราการโต



Big Oh สำคัญอย่างไร?

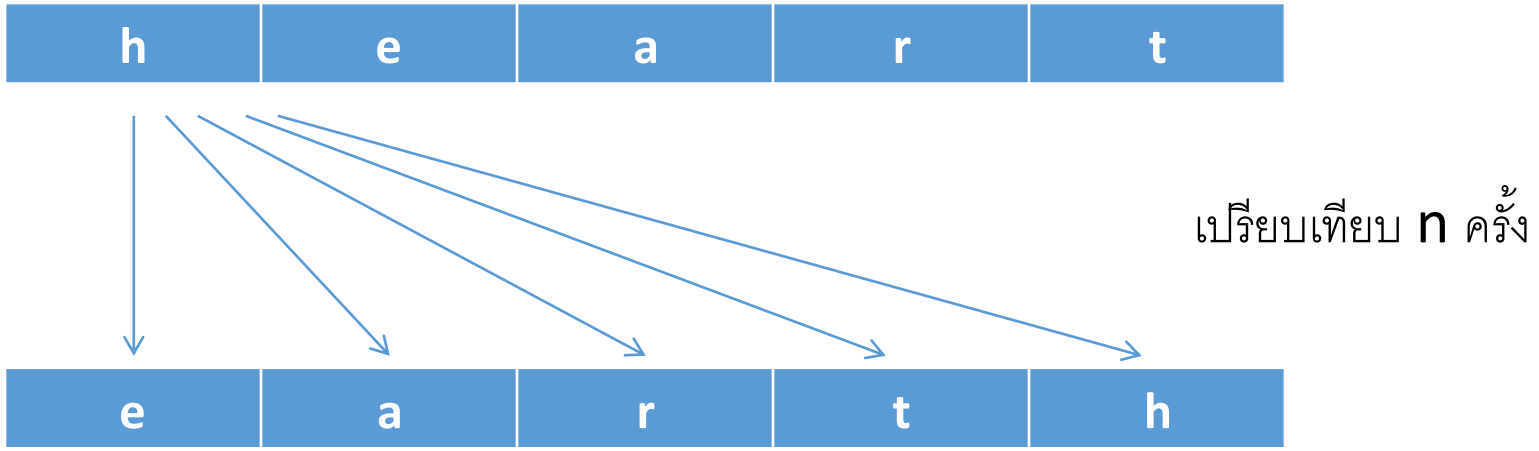
- รู้ว่าประสิทธิภาพของแต่ละ data structure เป็นอย่างไร
- เลือก data structure ที่มีประสิทธิภาพเหมาะกับปัญหา
- คิด algorithm ที่จะทำให้ใช้ data structure ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Anagram detection

- String 2 ตัวประกอบด้วยชุดตัวอักษรเดียวกันหรือไม่
- heart กับ earth → true
- python กับ typhon → true
- แก้ปัญหาได้หลายวิธี O ต่างกัน

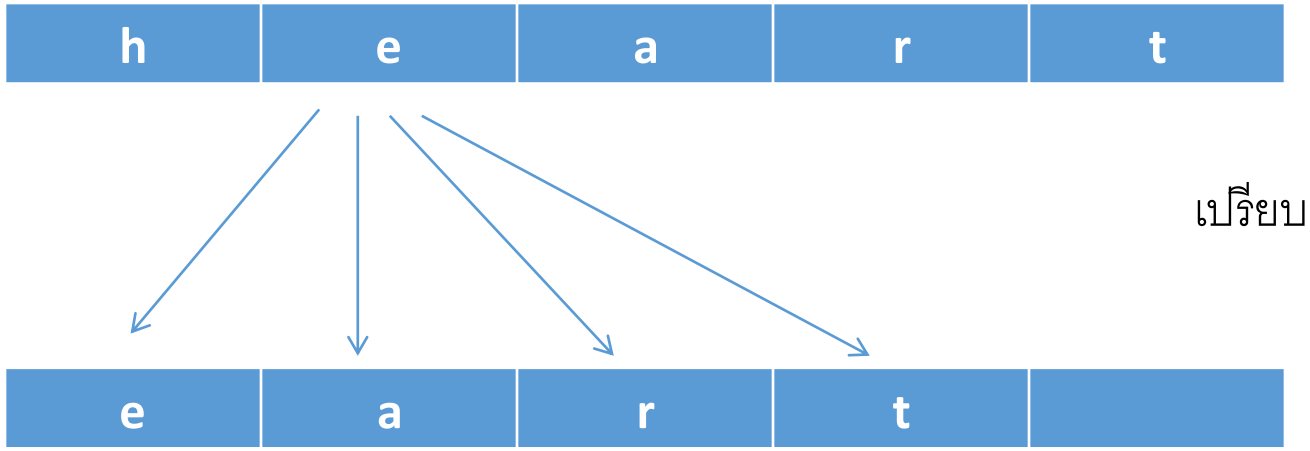
Check off

- ทดสอบทุกคู่



Check off

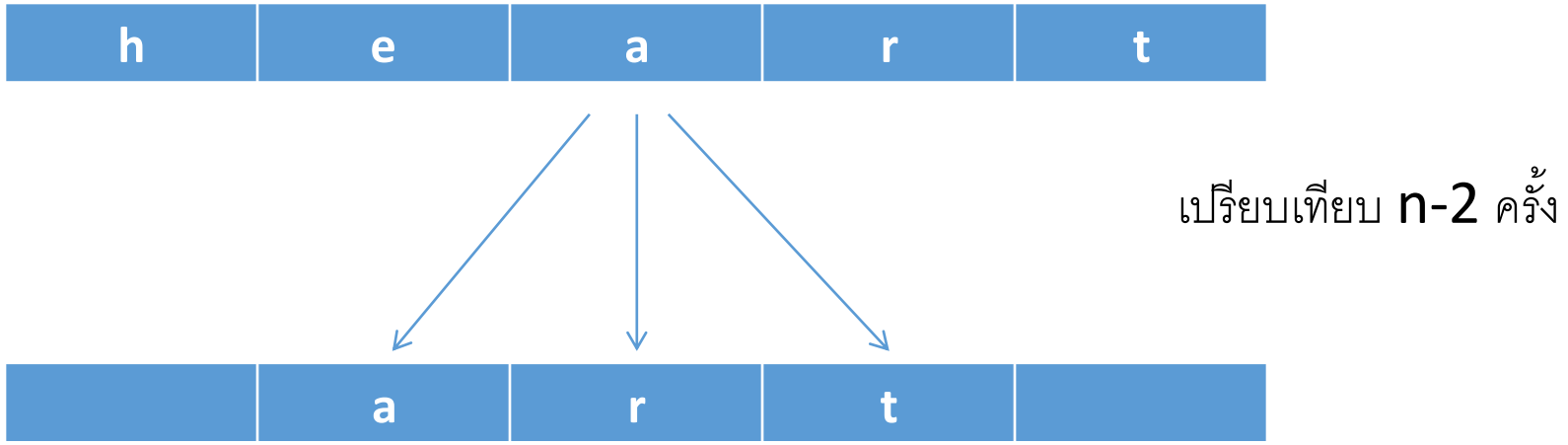
- ทดสอบทุกคู่



เปรียบเทียบ n-1 ครั้ง

Check off

- ทดสอบทุกคู่



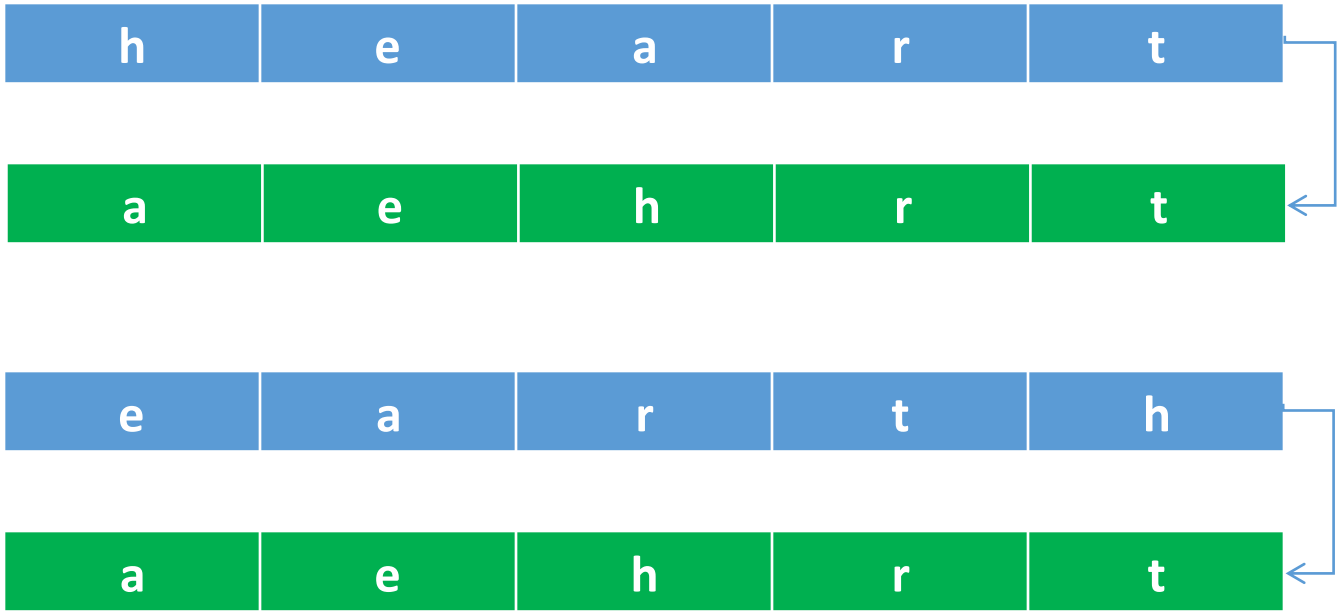
เปรียบเทียบ n-2 ครั้ง

Check off

- $n + (n - 1) + (n - 2) + \ldots + 1$
- อนุกรมเลขคณิต (ม. ปลาย)
- $n * (n + 1) / 2$
- $T(n) = ½ * n^2 + ½ * n = O(n^2)$

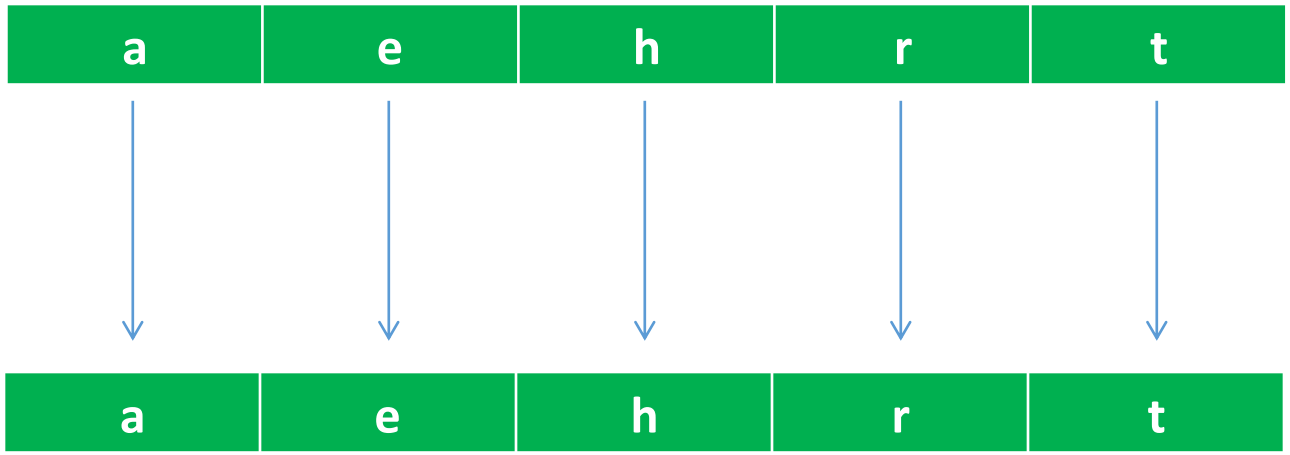
Sort & compare

- เรียงลำดับแล้วเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ



Sort & compare

- เรียงลำดับแล้วเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ



Sort & compare

- เรียงลำดับ
  - O(n log n)
  - $O(n^2)$
- เปรียบเทียบเป็นคู่ๆ
  - O(n)
- รวม O(n log n) + O(n) → O(n log n)

Count & compare

- นับแล้วเปรียบเทียบ
- ตัวอักษรมีทั้งหมด 26 ตัว

a	**b**	**c**	**d**	**e**	**f**	**g**	**h**	**i**	**j**
k	**l**	**m**	**n**	**o**	**p**	**q**	**r**	**s**	**t**
u	**v**	**w**	**x**	**y**	**z**				

Count & compare

- นับว่าแต่ละ string มีตัวอักษรตัวไหนเท่าไหร่
- นับ heart

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

- นับ earth

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

Count & compare

- เปรียบเทียบตัวอักษรเป็นคู่ๆ

heart

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

earth

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

Count & compare

- เปรียบเทียบตัวอักษรเป็นคู่ๆ

heart

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

earth

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

Count & compare

- เปรียบเทียบตัวอักษรเป็นคู่ๆ

heart

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

earth

a(1)	b	c	d	e(1)	f	g	h(1)	i	j
k	l	m	n	o	p	q	r(1)	s	t(1)
u	v	w	x	y	z				

Count & compare

- นับตัวอักษร
  - T(n) = n * 2
- เปรียบเทียบตัวอักษรเป็นคู่ๆ
  - T(n) = 26
- รวม T(n) = n * 2 + 26 → O(n)

แบบฝึกหัด

- http://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/AlgorithmAnalysis/AnAnagramDetectionExample.html

List

Operation	Big-O Efficiency
index []	O(1)
index assignment	O(1)
append	O(1)
pop()	O(1)
pop(i)	O(n)
insert(i,item)	O(n)
del operator	O(n)
iteration	O(n)
contains (in)	O(n)
get slice [x:y]	O(k)
del slice	O(n)
set slice	O(n+k)
reverse	O(n)
concatenate	O(k)
sort	O(n log n)
multiply	O(nk)

slice

```
1 L = ['a','b','c','d','e','f']
2 print(L[3:5])
3 L[3:5] = []
4 print(L)
```

```
['d', 'e']
['a', 'b', 'c', 'f']
```

Dictionary

operation	Big-O Efficiency
copy	O(n)
get item	O(1)
set item	O(1)
delete item	O(1)
contains (in)	O(1)
iteration	O(n)

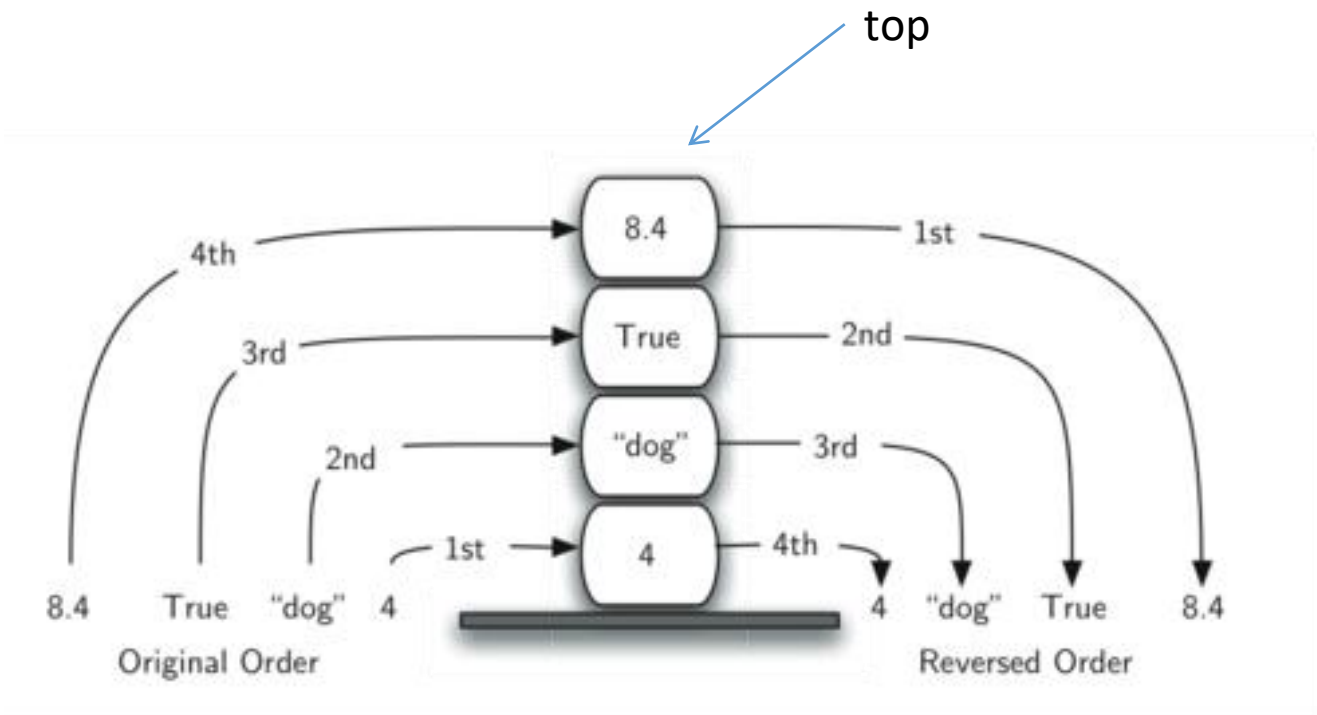
Linear structure

Linear structure คือ?

- โครงสร้างมีลำดับ
- มีหัว มีท้าย หรือ มีบน มีล่าง
- list, stack, queue
  - ต่างกันตรงวิธีเพิ่มและลบข้อมูล

Stack

- มีลำดับแบบ last-in-first-out
- ลำดับที่สำคัญคือ top



Stack ADT

- stack มีการทำงานอย่างไร ควรจะมี method อะไรบ้าง
- Stack() สร้าง stack ว่างๆ และ return stack มาให้
- push(item) เพิ่ม item และไม่ return
- pop() เอา item ที่อยู่บนสุดออกมาและ return item นั้น
- peek() return item ที่อยู่บนสุด
- isEmpty() return ค่าว่า stack ว่างหรือไม่
- size() return จำนวน item ใน stack

Stack ADT

Stack Operation	Stack Contents	Return Value
s.isEmpty()	[]	True
s.push(4)	[4]	
s.push('dog')	[4,'dog']	
s.peek()	[4,'dog']	'dog'
s.push(True)	[4,'dog',True]	
s.size()	[4,'dog',True]	3
s.isEmpty()	[4,'dog',True]	False
s.push(8.4)	[4,'dog',True,8.4]	
s.pop()	[4,'dog',True]	8.4
s.pop()	[4,'dog']	True
s.size()	[4,'dog']	2

Stack’s implementation

```
1  class Stack:
2      def __init__(self):
3          self.items = []
4
5      def isEmpty(self):
6          return self.items == []
7
8      def push(self, item):
9          self.items.append(item)
10
11     def pop(self):
12         return self.items.pop()
13
14     def peek(self):
15         return self.items[len(self.items)-1]
16
17     def size(self):
18         return len(self.items)
19
```

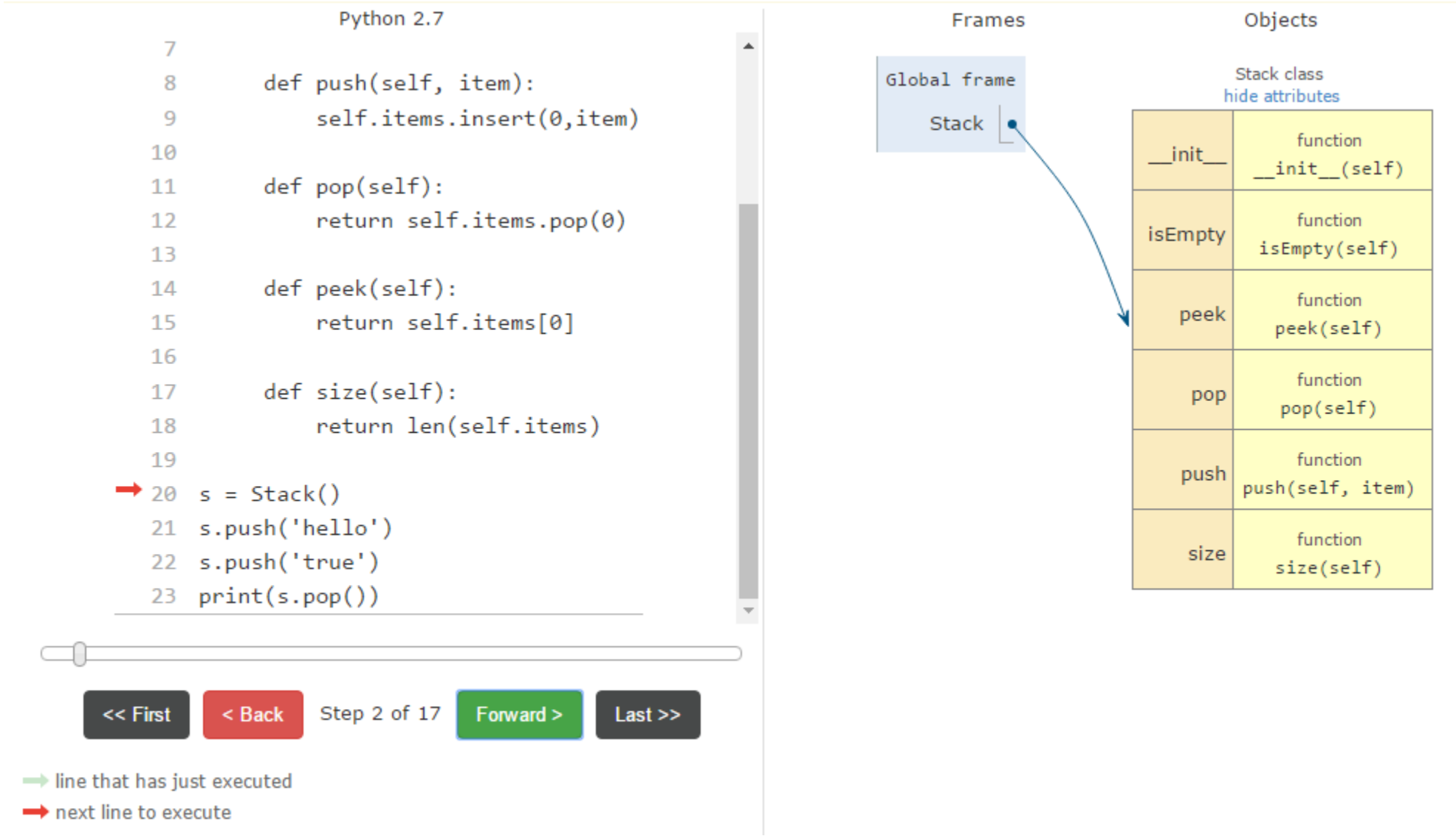
การใช้งาน stack

Run

```
1  from pythonds.basic.stack import Stack
2
3  s=Stack()
4
5  print(s.isEmpty())
6  s.push(4)
7  s.push('dog')
8  print(s.peek())
9  s.push(True)
10 print(s.size())
11 print(s.isEmpty())
12 s.push(8.4)
13 print(s.pop())
14 print(s.pop())
15 print(s.size())
16
```

```
True
dog
3
False
8.4
True
2
```

Stack in action



Balanced parentheses

- วงเล็บเปิดวงเล็บปิดถูกหรือไม่ (สมมติว่ามีแค่วงเล็บ)
- ตัวอย่างที่ถูก
  - (( ) ( ) ( ) ( ))
  - (((( ))))
  - (( ) ((( )) ( )))
- ตัวอย่างที่ผิด
  - (((((((())
  - ()))
  - (()()(()

Implementation

```
1  from pythonds.basic.stack import Stack
2
3  def parChecker(symbolString):
4      s = Stack()
5      balanced = True
6      index = 0
7      while index < len(symbolString) and balanced:
8          symbol = symbolString[index]
9          if symbol == "(":
10             s.push(symbol)
11         else:
12             if s.isEmpty():
13                 balanced = False
14             else:
15                 s.pop()
16
17         index = index + 1
18
19     if balanced and s.isEmpty():
20         return True
21     else:
22         return False
```

เจอ (ยัดเข้า stack

stack ว่างเจอ) ไม่ balanced แน่นอน

เจอ) pop (ออก

Balanced symbols

- [{ ( ] }) ถูกหรือไม่
- ตัวอย่างที่ถูก
  - { { ([ ] [ ]) } ( ) }
  - [[{ { (( )) } }]]
  - [ ] [ ] [ ] ( ) { }
- ตัวอย่างที่ผิด
  - ([ )]
  - ((( )]))
  - [{ ( )]

Implementation

```
def parChecker(symbolString):
    s = Stack()
    balanced = True
    index = 0
    while index < len(symbolString) and balanced:
        symbol = symbolString[index]
        if symbol in "([{":
            s.push(symbol)
        else:
            if s.isEmpty():
                balanced = False
            else:
                top = s.pop()
                if not matches(top,symbol):
                        balanced = False
        index = index + 1
    if balanced and s.isEmpty():
        return True
    else:
        return False
```

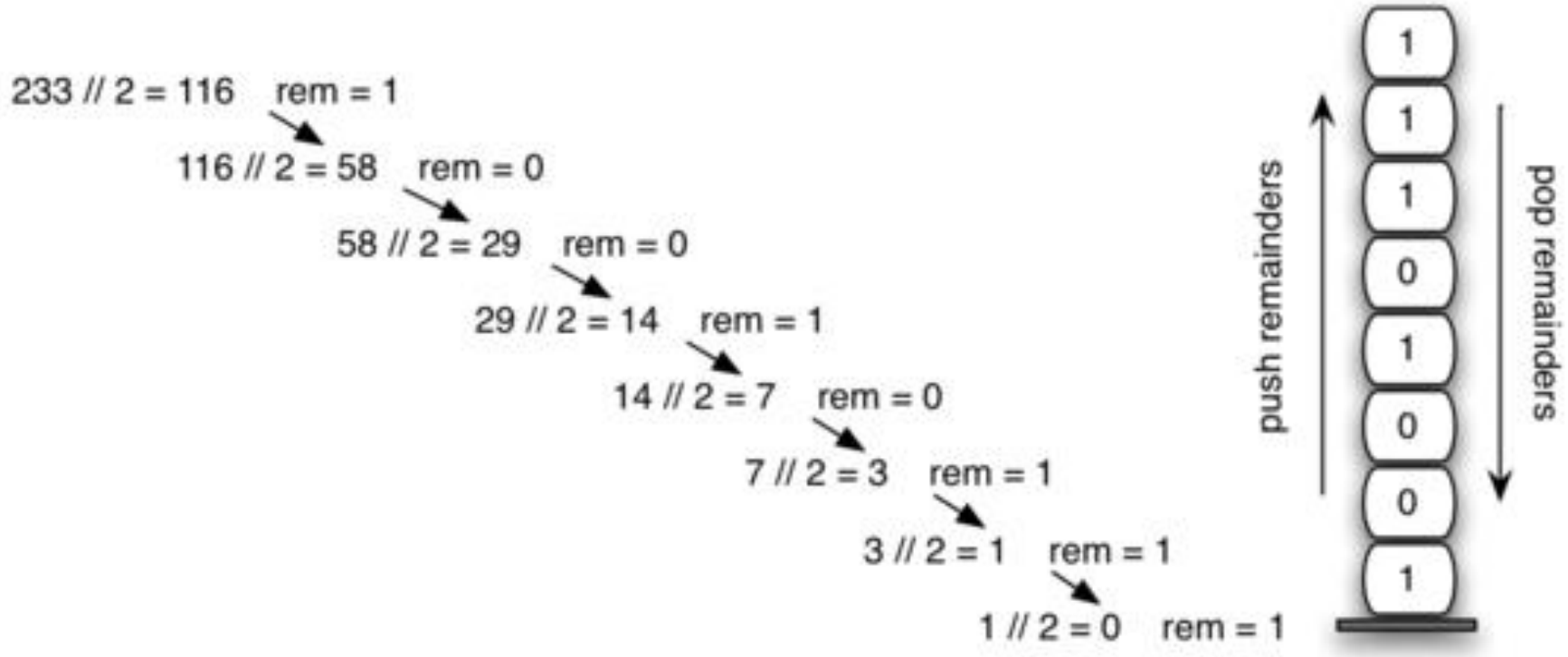
```
def matches(open,close):
    opens = "([{"
    closers = ")]}"
    return opens.index(open) == closers.index(close)
```

แปลงเลขฐาน 2

- แปลงจากฐาน 10 ไปเป็นฐาน 2
- ตัวอย่างฐาน 10 แยกหลัก
  - 512 หาร 10 เศษ 2 ยัดลง stack
  - ผลหาร 51 หาร 10 เศษ 1 ยัดลง stack
  - ผลหาร 5 หาร 10 เศษ 5 ยัดลง stack
  - pop ออกมาจนหมด

5
1
2

แปลงเลขฐาน 2



Implementation

```
1  from pythonds.basic.stack import Stack
2
3  def divideBy2(decNumber):
4      remstack = Stack()
5
6      while decNumber > 0:
7          rem = decNumber % 2
8          remstack.push(rem)
9          decNumber = decNumber // 2
10
11     binString = ""
12     while not remstack.isEmpty():
13         binString = binString + str(remstack.pop())
14
15     return binString
16
17 print(divideBy2(42))
```

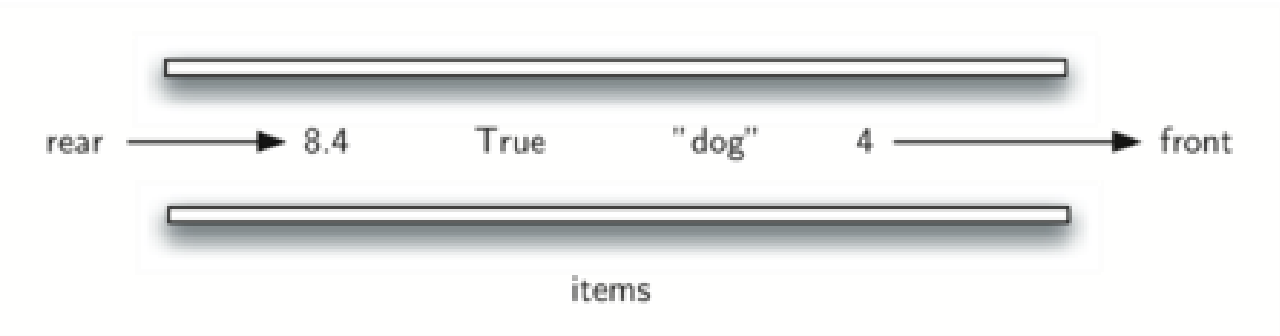
หาร 2 ยัดเศษลง stack

แปลงเลขฐานอื่นๆ

- ลองทำดู
- เฉลย
  - http://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/BasicDS/ConvertingDecimalNumberstoBinaryNumbers.html

Queue

- มีลำดับแบบ first-in-first-out
- ลำดับที่สำคัญคือ rear กับ front



Queue ADT

- Queue() สร้าง queue ว่างๆ และ return queue มาให้
- enqueue(item) เพิ่ม item และไม่ return
- dequeue() เอา item ที่อยู่บนหน้าออกมาและ return item นั้น
- isEmpty() return ค่าว่า queue ว่างหรือไม่
- size() return จำนวน item ใน queue

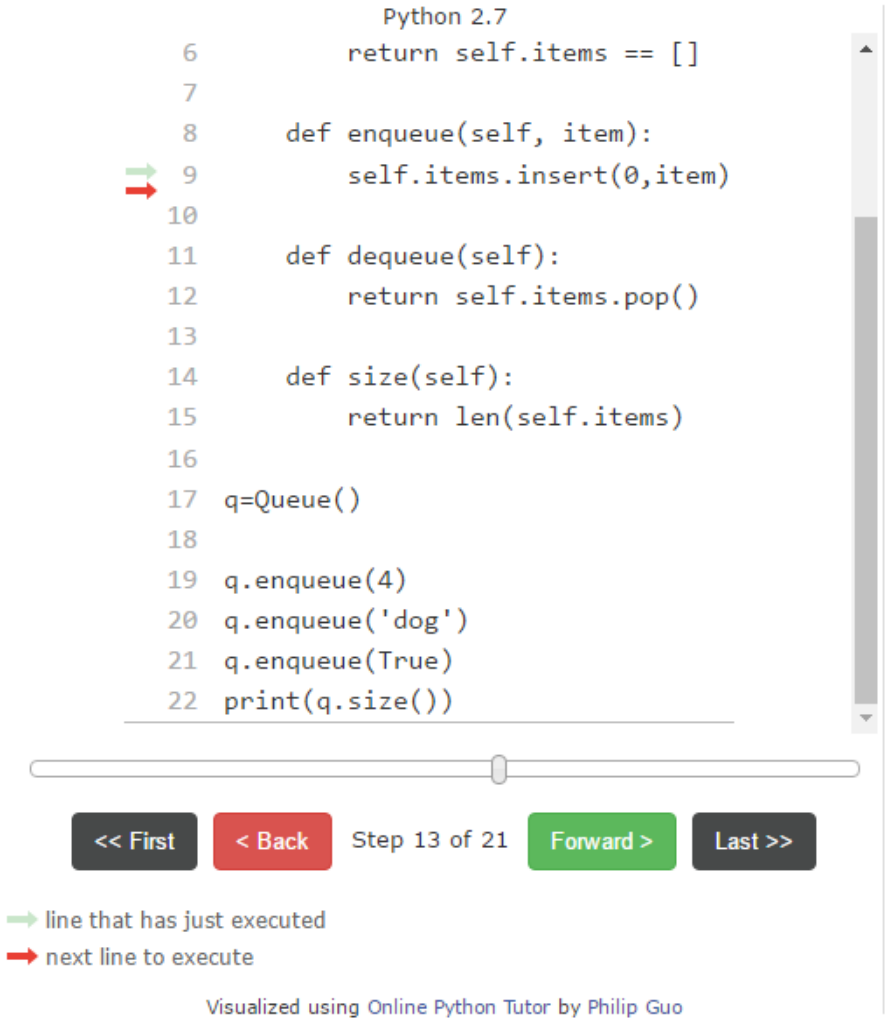
Queue ADT

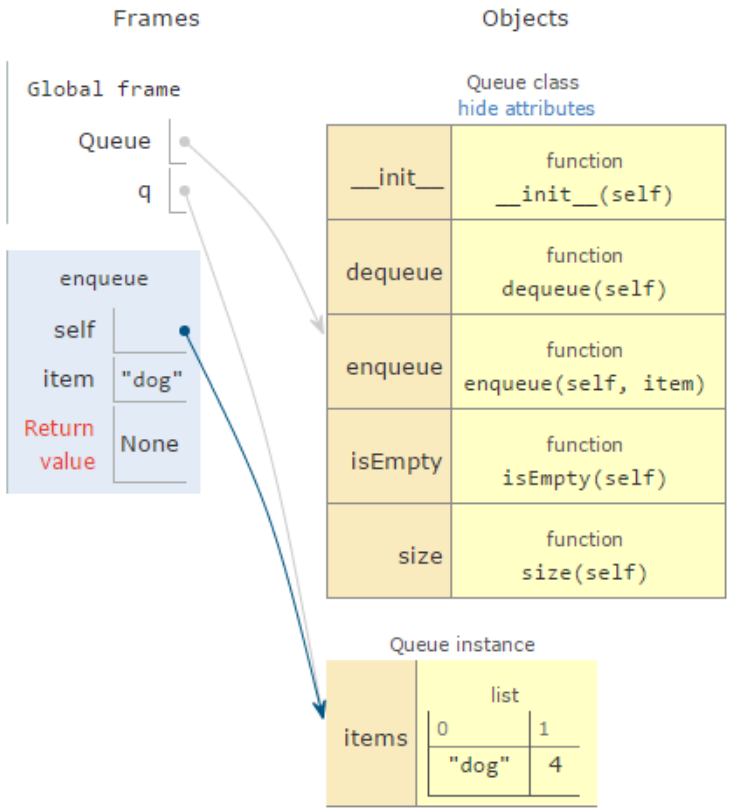
Queue Operation	Queue Contents	Return Value
q.isEmpty()	[]	True
q.enqueue(4)	[4]	
q.enqueue('dog')	['dog',4]	
q.enqueue(True)	[True,'dog',4]	
q.size()	[True,'dog',4]	3
q.isEmpty()	[True,'dog',4]	False
q.enqueue(8.4)	[8.4,True,'dog',4]	
q.dequeue()	[8.4,True,'dog']	4
q.dequeue()	[8.4,True]	'dog'
q.size()	[8.4,True]	2

Queue’s implementation

```
class Queue:
    def __init__(self):
        self.items = []

    def isEmpty(self):
        return self.items == []

    def enqueue(self, item):
        self.items.insert(0,item)

    def dequeue(self):
        return self.items.pop()

    def size(self):
        return len(self.items)
```

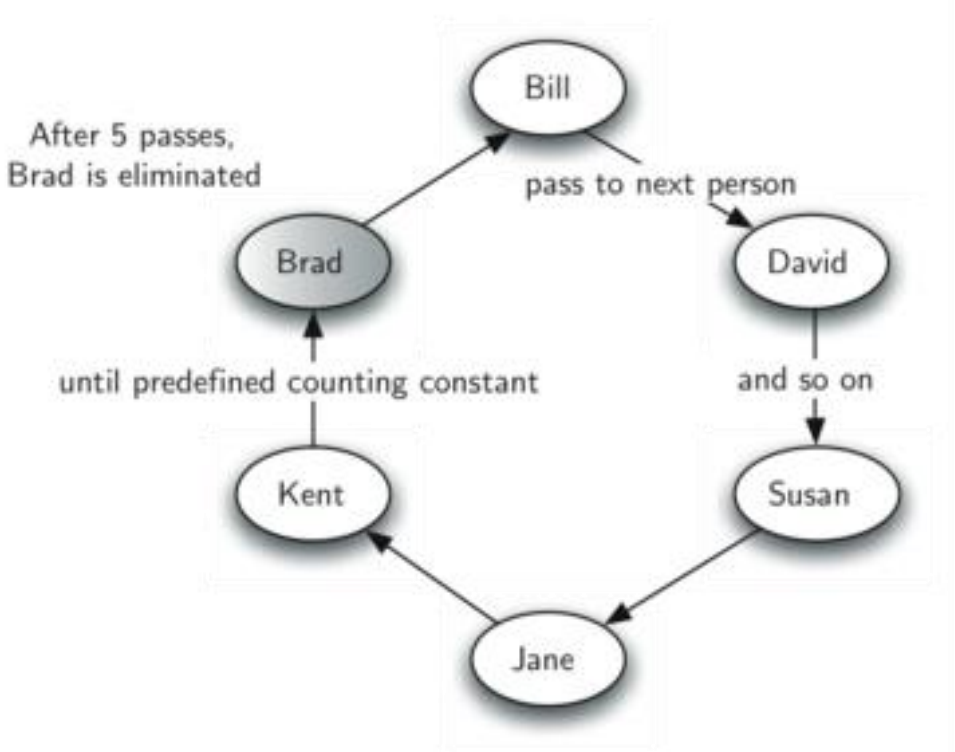
Queue in action





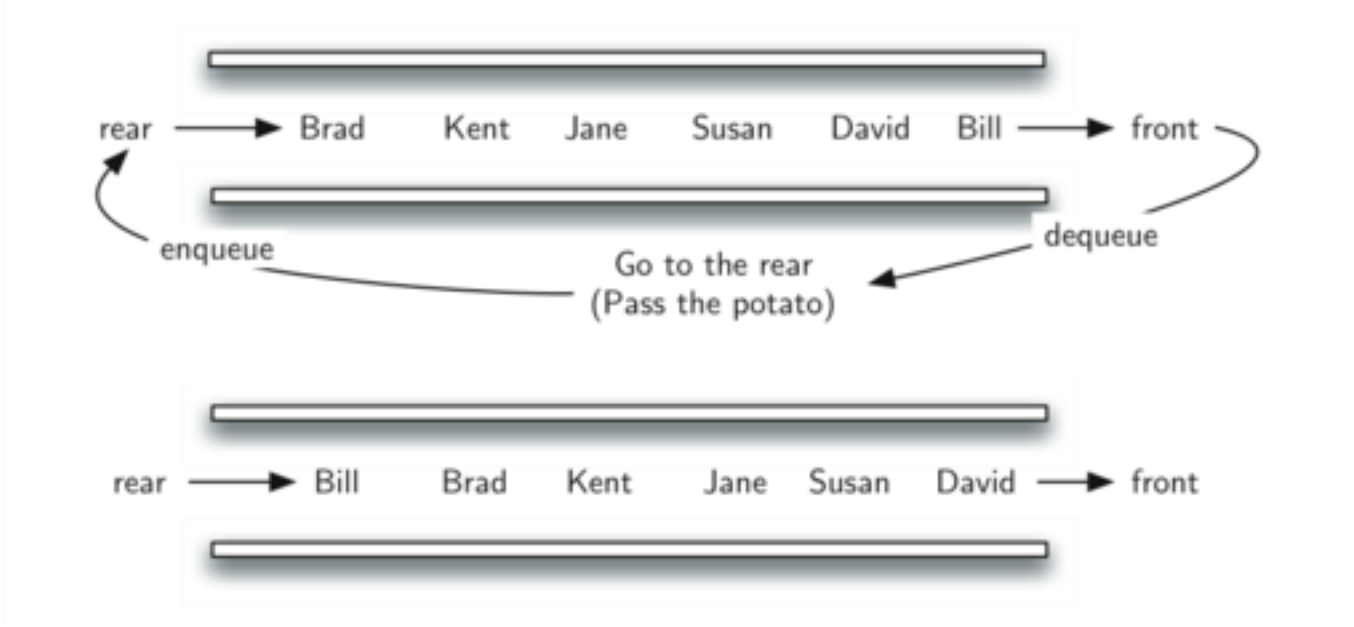
Hot potato

- ส่ง **potato** ไปให้คนข้างๆ หยุดที่ใครคนนั้นออกจากเกม คนสุดท้ายชนะ
- เล่นแบบง่ายๆ ส่งเป็นจำนวนครั้งแล้วหยุด
  - ในตัวอย่างนี้ส่ง **5** ครั้ง



คิดแบบ queue

- คนที่อยู่หัว queue คือคนที่ถือ potato
- เมื่อส่ง potato ให้คนข้างๆ ก็ไปต่อท้าย queue



Implementation

```
1  from pythonds.basic.queue import Queue
2
3  def hotPotato(namelist, num):
4      simqueue = Queue()
5      for name in namelist:
6          simqueue.enqueue(name)
7
8      while simqueue.size() > 1:
9          for i in range(num):
10             simqueue.enqueue(simqueue.dequeue())
11
12         simqueue.dequeue()
13
14     return simqueue.dequeue()
15
16 print(hotPotato(["Bill","David","Susan","Jane","Kent","Brad"],7))
17
```

เริ่มใส่ชื่อคนเล่น

ส่งเป็นจำนวนครั้ง คนที่ส่งแล้วไปต่อท้าย

ครบจำนวนใครอยู่หน้า queue (ถือ potato) ถูกกำจัด

เหลือคนสุดท้ายคือผู้ชนะ

Printing task

- จำลองสถานการณ์เพื่อคำนวณเวลารอในการพิมพ์
- ความสามารถของ printer คือ จำนวนหน้าต่อนาที (ppm)
- ความน่าจะเป็นของการเกิด task = 1 งานใน 180 วินาที
  - สุ่ม 1 ใน 180 ทุกๆ 1 วินาที (tick)
- จำนวนหน้าในแต่ละงาน 1 – 20 หน้าโอกาสเท่ากันหมด

Printer class

- Variables
  - ppm
  - Task ปัจจุบัน
  - เวลาที่เหลือในการทำ task ปัจจุบัน
- Methods
  - ตรวจสอบการทำงานทุกๆ 1 tick
  - Printer ทำงานอยู่หรือไม่ (busy)
  - เริ่ม task ใหม่

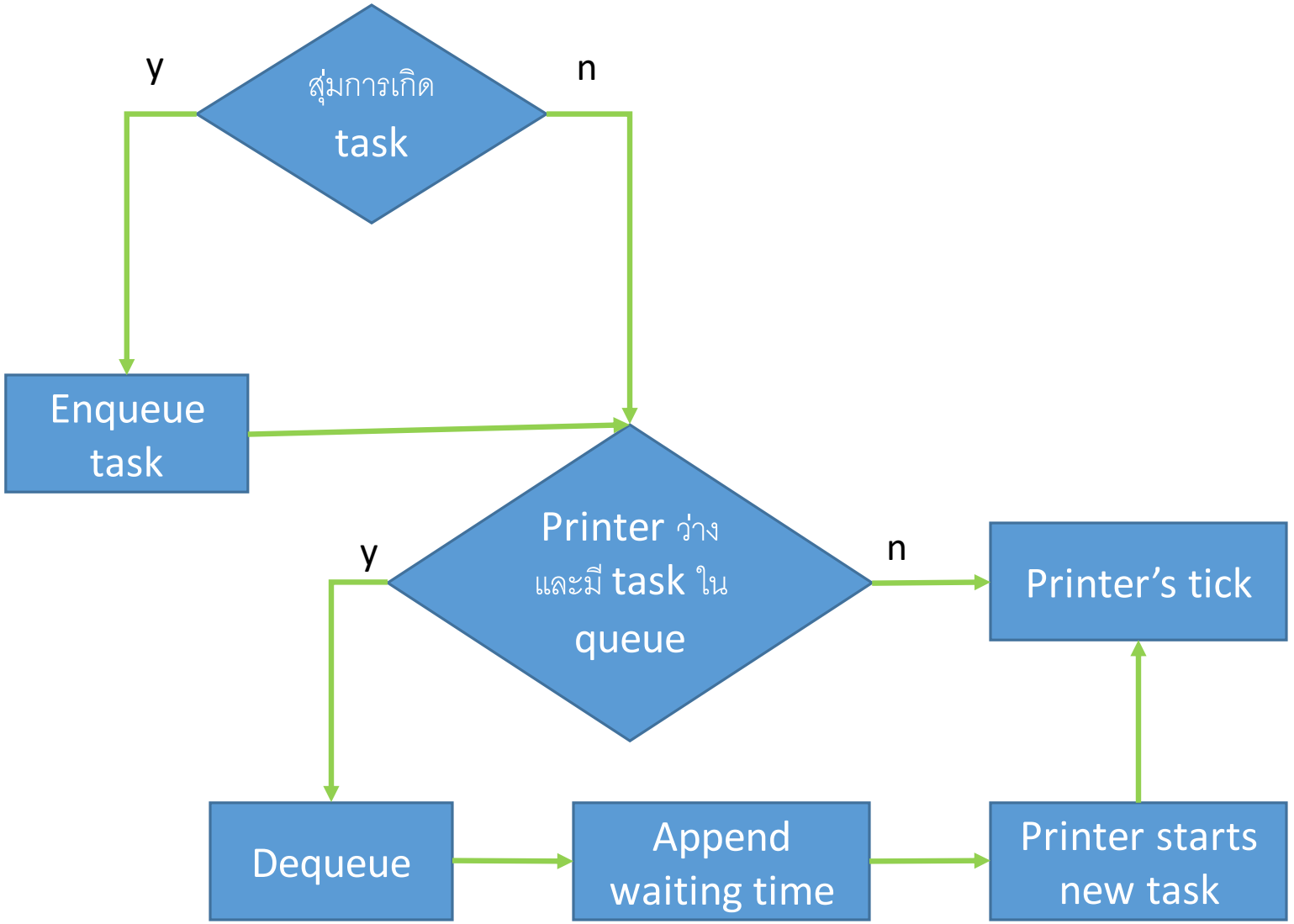
Task class

- Variables
  - เวลาที่สั่งงานเข้า queue
  - จำนวนหน้า
- Method
  - คำนวณเวลาที่รอ queue

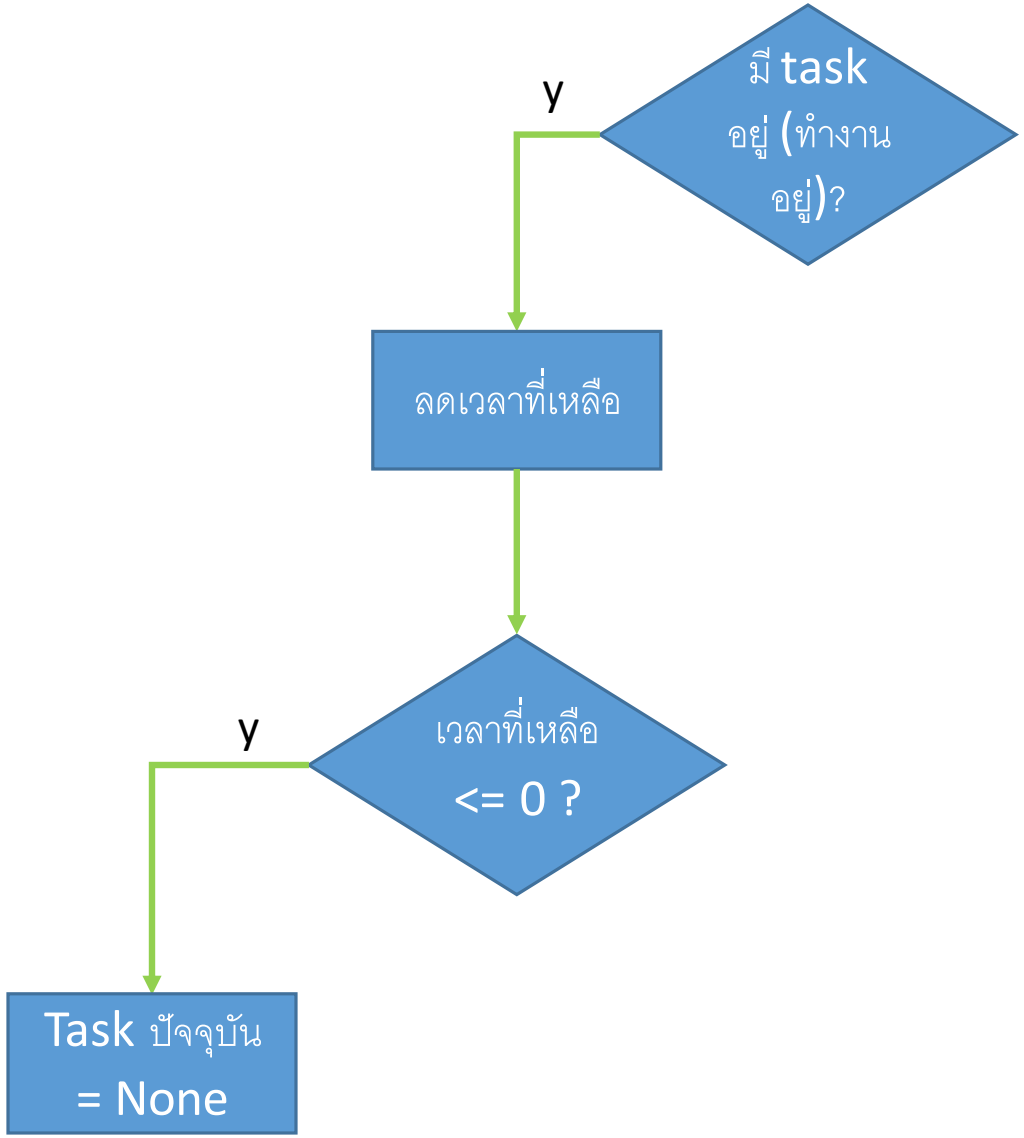
Random

- สุ่มตัวเลข
- random.randrange(n, m)
  - สุ่มจำนวนเต็มระหว่าง n ถึง m - 1

Simulation


y
สุ่มการเกิด task
n
Enqueue task
y
Printer ว่าง และมี task ใน queue
n
Printer's tick
Dequeue
Append waiting time
Printer starts new task

Printer’s tick



Printer class implementation

```
class Printer:
    def __init__(self, ppm):
        self.pagerate = ppm
        self.currentTask = None
        self.timeRemaining = 0

    def tick(self):
        if self.currentTask != None:
            self.timeRemaining = self.timeRemaining - 1
            if self.timeRemaining <= 0:
                self.currentTask = None

    def busy(self):
        if self.currentTask != None:
            return True
        else:
            return False

    def startNext(self,newtask):
        self.currentTask = newtask
        self.timeRemaining = newtask.getPages() * 60/self.pagerate
```

Task class implementation

```
import random

class Task:
    def __init__(self,time):
        self.timestamp = time
        self.pages = random.randrange(1,21)

    def getStamp(self):
        return self.timestamp

    def getPages(self):
        return self.pages

    def waitTime(self, currenttime):
        return currenttime - self.timestamp
```

Simulation และ สุ่มการเกิด task

```
from pythonds.basic.queue import Queue

import random

def simulation(numSeconds, pagesPerMinute):

    labprinter = Printer(pagesPerMinute)
    printQueue = Queue()
    waitingtimes = []

    for currentSecond in range(numSeconds):

      if newPrintTask():
         task = Task(currentSecond)
         printQueue.enqueue(task)

      if (not labprinter.busy()) and (not printQueue.isEmpty()):
        nexttask = printQueue.dequeue()
        waitingtimes.append(nexttask.waitTime(currentSecond))
        labprinter.startNext(nexttask)

      labprinter.tick()

    averageWait=sum(waitingtimes)/len(waitingtimes)
    print("Average Wait %6.2f secs %3d tasks remaining."%(averageWait,printQueue.size()))

def newPrintTask():
    num = random.randrange(1,181)
    if num == 180:
        return True
    else:
        return False
```