

Think Python

Πως να σκέφτεσαι σαν ένας επιστήμονας της πληροφορικής

Version 2.0.10

May 2013

Think Python

Πως να σκέφτεσαι σαν ένας επιστήμονας της πληροφορικής

Version 2.0.10

May 2013

Allen Downey

Green Tea Press

Needham, Massachusetts

Copyright © 2012 Allen Downey.

Green Tea Press
9 Washburn Ave
Needham MA 02492

Παραχωρείται η άδεια προς αντιγραφή, διανομή και/ή τροποποίηση αυτού του εγγράφου σύμφωνα με τους όρους της Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License, η οποία είναι διαθέσιμη στην διεύθυνση <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>.

Η αρχική μορφή αυτού βιβλίου είναι πηγαίος κώδικας σε L^AT_EX. Η μεταγλώττιση αυτού του πηγαίου κώδικα L^AT_EX έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μίας αναπαράστασης του βιβλίου ανεξαρτήτου συσκευής, το οποίο μπορεί να μετατραπεί σε άλλες μορφές και να τυπωθεί.

Ο πηγαίος κώδικας L^AT_EX για αυτό το βιβλίο είναι διαθέσιμος στην διεύθυνση <http://www.thinkpython.com>

Preface

The strange history of this book

In January 1999 I was preparing to teach an introductory programming class in Java. I had taught it three times and I was getting frustrated. The failure rate in the class was too high and, even for students who succeeded, the overall level of achievement was too low.

One of the problems I saw was the books. They were too big, with too much unnecessary detail about Java, and not enough high-level guidance about how to program. And they all suffered from the trap door effect: they would start out easy, proceed gradually, and then somewhere around Chapter 5 the bottom would fall out. The students would get too much new material, too fast, and I would spend the rest of the semester picking up the pieces.

Two weeks before the first day of classes, I decided to write my own book. My goals were:

- Keep it short. It is better for students to read 10 pages than not read 50 pages.
- Be careful with vocabulary. I tried to minimize the jargon and define each term at first use.
- Build gradually. To avoid trap doors, I took the most difficult topics and split them into a series of small steps.
- Focus on programming, not the programming language. I included the minimum useful subset of Java and left out the rest.

I needed a title, so on a whim I chose *How to Think Like a Computer Scientist*.

My first version was rough, but it worked. Students did the reading, and they understood enough that I could spend class time on the hard topics, the interesting topics and (most important) letting the students practice.

I released the book under the GNU Free Documentation License, which allows users to copy, modify, and distribute the book.

What happened next is the cool part. Jeff Elkner, a high school teacher in Virginia, adopted my book and translated it into Python. He sent me a copy of his translation, and I had the unusual experience of learning Python by reading my own book. As Green Tea Press, I published the first Python version in 2001.

In 2003 I started teaching at Olin College and I got to teach Python for the first time. The contrast with Java was striking. Students struggled less, learned more, worked on more interesting projects, and generally had a lot more fun.

Over the last nine years I continued to develop the book, correcting errors, improving some of the examples and adding material, especially exercises.

The result is this book, now with the less grandiose title *Think Python*. Some of the changes are:

- I added a section about debugging at the end of each chapter. These sections present general techniques for finding and avoiding bugs, and warnings about Python pitfalls.
- I added more exercises, ranging from short tests of understanding to a few substantial projects. And I wrote solutions for most of them.
- I added a series of case studies—longer examples with exercises, solutions, and discussion. Some are based on Swampy, a suite of Python programs I wrote for use in my classes. Swampy, code examples, and some solutions are available from <http://thinkpython.com>.
- I expanded the discussion of program development plans and basic design patterns.
- I added appendices about debugging, analysis of algorithms, and UML diagrams with Lumpy.

I hope you enjoy working with this book, and that it helps you learn to program and think, at least a little bit, like a computer scientist.

Allen B. Downey
Needham MA

Allen Downey is a Professor of Computer Science at the Franklin W. Olin College of Engineering.

Acknowledgments

Many thanks to Jeff Elkner, who translated my Java book into Python, which got this project started and introduced me to what has turned out to be my favorite language.

Thanks also to Chris Meyers, who contributed several sections to *How to Think Like a Computer Scientist*.

Thanks to the Free Software Foundation for developing the GNU Free Documentation License, which helped make my collaboration with Jeff and Chris possible, and Creative Commons for the license I am using now.

Thanks to the editors at Lulu who worked on *How to Think Like a Computer Scientist*.

Thanks to all the students who worked with earlier versions of this book and all the contributors (listed below) who sent in corrections and suggestions.

Contributor List

More than 100 sharp-eyed and thoughtful readers have sent in suggestions and corrections over the past few years. Their contributions, and enthusiasm for this project, have been a huge help.

If you have a suggestion or correction, please send email to feedback@thinkpython.com. If I make a change based on your feedback, I will add you to the contributor list (unless you ask to be omitted).

If you include at least part of the sentence the error appears in, that makes it easy for me to search. Page and section numbers are fine, too, but not quite as easy to work with. Thanks!

- Lloyd Hugh Allen sent in a correction to Section 8.4.
- Yvon Boulianne sent in a correction of a semantic error in Chapter 5.
- Fred Bremmer submitted a correction in Section 2.1.
- Jonah Cohen wrote the Perl scripts to convert the LaTeX source for this book into beautiful HTML.
- Michael Conlon sent in a grammar correction in Chapter 2 and an improvement in style in Chapter 1, and he initiated discussion on the technical aspects of interpreters.
- Benoit Girard sent in a correction to a humorous mistake in Section 5.6.
- Courtney Gleason and Katherine Smith wrote `horsebet.py`, which was used as a case study in an earlier version of the book. Their program can now be found on the website.
- Lee Harr submitted more corrections than we have room to list here, and indeed he should be listed as one of the principal editors of the text.
- James Kaylin is a student using the text. He has submitted numerous corrections.
- David Kershaw fixed the broken `catTwice` function in Section 3.10.
- Eddie Lam has sent in numerous corrections to Chapters 1, 2, and 3. He also fixed the `Makefile` so that it creates an index the first time it is run and helped us set up a versioning scheme.
- Man-Yong Lee sent in a correction to the example code in Section 2.4.
- David Mayo pointed out that the word “unconsciously” in Chapter 1 needed to be changed to “subconsciously”.
- Chris McAloon sent in several corrections to Sections 3.9 and 3.10.
- Matthew J. Moelter has been a long-time contributor who sent in numerous corrections and suggestions to the book.
- Simon Dicon Montford reported a missing function definition and several typos in Chapter 3. He also found errors in the `increment` function in Chapter 13.
- John Ouzts corrected the definition of “return value” in Chapter 3.
- Kevin Parks sent in valuable comments and suggestions as to how to improve the distribution of the book.
- David Pool sent in a typo in the glossary of Chapter 1, as well as kind words of encouragement.
- Michael Schmitt sent in a correction to the chapter on files and exceptions.

- Robin Shaw pointed out an error in Section 13.1, where the `printTime` function was used in an example without being defined.
- Paul Sleight found an error in Chapter 7 and a bug in Jonah Cohen's Perl script that generates HTML from LaTeX.
- Craig T. Snyder is testing the text in a course at Drew University. He has contributed several valuable suggestions and corrections.
- Ian Thomas and his students are using the text in a programming course. They are the first ones to test the chapters in the latter half of the book, and they have made numerous corrections and suggestions.
- Keith Verheyden sent in a correction in Chapter 3.
- Peter Winstanley let us know about a longstanding error in our Latin in Chapter 3.
- Chris Wrobel made corrections to the code in the chapter on file I/O and exceptions.
- Moshe Zadka has made invaluable contributions to this project. In addition to writing the first draft of the chapter on Dictionaries, he provided continual guidance in the early stages of the book.
- Christoph Zwerschke sent several corrections and pedagogic suggestions, and explained the difference between *gleich* and *selbe*.
- James Mayer sent us a whole slew of spelling and typographical errors, including two in the contributor list.
- Hayden McAfee caught a potentially confusing inconsistency between two examples.
- Angel Arnal is part of an international team of translators working on the Spanish version of the text. He has also found several errors in the English version.
- Tauhidul Hoque and Lex Berezhny created the illustrations in Chapter 1 and improved many of the other illustrations.
- Dr. Michele Alzetta caught an error in Chapter 8 and sent some interesting pedagogic comments and suggestions about Fibonacci and Old Maid.
- Andy Mitchell caught a typo in Chapter 1 and a broken example in Chapter 2.
- Kalin Harvey suggested a clarification in Chapter 7 and caught some typos.
- Christopher P. Smith caught several typos and helped us update the book for Python 2.2.
- David Hutchins caught a typo in the Foreword.
- Gregor Lingl is teaching Python at a high school in Vienna, Austria. He is working on a German translation of the book, and he caught a couple of bad errors in Chapter 5.
- Julie Peters caught a typo in the Preface.
- Florin Oprina sent in an improvement in `makeTime`, a correction in `printTime`, and a nice typo.
- D. J. Webre suggested a clarification in Chapter 3.
- Ken found a fistful of errors in Chapters 8, 9 and 11.
- Ivo Wever caught a typo in Chapter 5 and suggested a clarification in Chapter 3.
- Curtis Yanko suggested a clarification in Chapter 2.

- Ben Logan sent in a number of typos and problems with translating the book into HTML.
- Jason Armstrong saw the missing word in Chapter 2.
- Louis Cordier noticed a spot in Chapter 16 where the code didn't match the text.
- Brian Cain suggested several clarifications in Chapters 2 and 3.
- Rob Black sent in a passel of corrections, including some changes for Python 2.2.
- Jean-Philippe Rey at Ecole Centrale Paris sent a number of patches, including some updates for Python 2.2 and other thoughtful improvements.
- Jason Mader at George Washington University made a number of useful suggestions and corrections.
- Jan Gundtofte-Bruun reminded us that "a error" is an error.
- Abel David and Alexis Dinno reminded us that the plural of "matrix" is "matrices", not "matrixes". This error was in the book for years, but two readers with the same initials reported it on the same day. Weird.
- Charles Thayer encouraged us to get rid of the semi-colons we had put at the ends of some statements and to clean up our use of "argument" and "parameter".
- Roger Sperberg pointed out a twisted piece of logic in Chapter 3.
- Sam Bull pointed out a confusing paragraph in Chapter 2.
- Andrew Cheung pointed out two instances of "use before def."
- C. Corey Capel spotted the missing word in the Third Theorem of Debugging and a typo in Chapter 4.
- Alessandra helped clear up some Turtle confusion.
- Wim Champagne found a brain-o in a dictionary example.
- Douglas Wright pointed out a problem with floor division in `arc`.
- Jared Spindor found some jetsam at the end of a sentence.
- Lin Peiheng sent a number of very helpful suggestions.
- Ray Hagtvedt sent in two errors and a not-quite-error.
- Torsten Hübsch pointed out an inconsistency in Swampy.
- Inga Petuhhov corrected an example in Chapter 14.
- Arne Babenhauserheide sent several helpful corrections.
- Mark E. Casida is good at spotting repeated words.
- Scott Tyler filled in a that was missing. And then sent in a heap of corrections.
- Gordon Shephard sent in several corrections, all in separate emails.
- Andrew Turner spotted an error in Chapter 8.
- Adam Hobart fixed a problem with floor division in `arc`.

- Daryl Hammond and Sarah Zimmerman pointed out that I served up `math.pi` too early. And Zim spotted a typo.
- George Sass found a bug in a Debugging section.
- Brian Bingham suggested Exercise 11.10.
- Leah Engelbert-Fenton pointed out that I used `tuple` as a variable name, contrary to my own advice. And then found a bunch of typos and a “use before def.”
- Joe Funke spotted a typo.
- Chao-chao Chen found an inconsistency in the Fibonacci example.
- Jeff Paine knows the difference between space and spam.
- Lubos Pintes sent in a typo.
- Gregg Lind and Abigail Heithoff suggested Exercise 14.4.
- Max Hailperin has sent in a number of corrections and suggestions. Max is one of the authors of the extraordinary *Concrete Abstractions*, which you might want to read when you are done with this book.
- Chotipat Pornavalai found an error in an error message.
- Stanislaw Antol sent a list of very helpful suggestions.
- Eric Pashman sent a number of corrections for Chapters 4–11.
- Miguel Azevedo found some typos.
- Jianhua Liu sent in a long list of corrections.
- Nick King found a missing word.
- Martin Zuther sent a long list of suggestions.
- Adam Zimmerman found an inconsistency in my instance of an “instance” and several other errors.
- Ratnakar Tiwari suggested a footnote explaining degenerate triangles.
- Anurag Goel suggested another solution for `is_abecedarian` and sent some additional corrections. And he knows how to spell Jane Austen.
- Kelli Kratzer spotted one of the typos.
- Mark Griffiths pointed out a confusing example in Chapter 3.
- Roydan Ongie found an error in my Newton’s method.
- Patryk Wolowiec helped me with a problem in the HTML version.
- Mark Chonofsky told me about a new keyword in Python 3.
- Russell Coleman helped me with my geometry.
- Wei Huang spotted several typographical errors.
- Karen Barber spotted the the oldest typo in the book.

- Nam Nguyen found a typo and pointed out that I used the Decorator pattern but didn't mention it by name.
- Stéphane Morin sent in several corrections and suggestions.
- Paul Stoop corrected a typo in `uses_only`.
- Eric Bronner pointed out a confusion in the discussion of the order of operations.
- Alexandros Gezerlis set a new standard for the number and quality of suggestions he submitted. We are deeply grateful!
- Gray Thomas knows his right from his left.
- Giovanni Escobar Sosa sent a long list of corrections and suggestions.
- Alix Etienne fixed one of the URLs.
- Kuang He found a typo.
- Daniel Neilson corrected an error about the order of operations.
- Will McGinnis pointed out that `polyline` was defined differently in two places.
- Swarup Sahoo spotted a missing semi-colon.
- Frank Hecker pointed out an exercise that was under-specified, and some broken links.
- Animesh B helped me clean up a confusing example.
- Martin Caspersen found two round-off errors.
- Gregor Ulm sent several corrections and suggestions.
- Dimitrios Tsirigkas suggested I clarify an exercise.
- Carlos Tafur sent a page of corrections and suggestions.
- Martin Nordsletten found a bug in an exercise solution.
- Lars O.D. Christensen found a broken reference.
- Victor Simeone found a typo.
- Sven Hoexter pointed out that a variable named `input` shadows a build-in function.
- Viet Le found a typo.
- Stephen Gregory pointed out the problem with `cmp` in Python 3.
- Matthew Shultz let me know about a broken link.

Contents

Preface	v
1 Ο τρόπος του προγράμματος	1
1.1 Η γλώσσα προγραμματισμού	1
1.2 Τι είναι ένα πρόγραμμα	3
1.3 Τι είναι η αποσφαλμάτωση	3
1.4 Επίσημες και φυσικές γλώσσες	5
1.5 Το πρώτο πρόγραμμα	6
1.6 Αποσφαλμάτωση	7
1.7 Ορολογία	8
1.8 Ασκήσεις	9
2 Μεταβλητές, εκφράσεις ανδ δηλώσεις	11
2.1 Τιμές και τύποι	11
2.2 Μεταβλητές	12
2.3 Ονόματα μεταβλητών και λέξεις κλειδιά	13
2.4 Τελεστές και τελεστέοι	14
2.5 Εκφράσεις και δηλώσεις	14
2.6 Διαδραστική λειτουργία και λειτουργία σεναρίων	14
2.7 Η σειρά των πράξεων	15
2.8 Πράξεις συμβολοσειρών	16
2.9 Σχόλια	17
2.10 Αποσφαλμάτωση	17
2.11 Ορολογία	18
2.12 Ασκήσεις	19

3	Συναρτήσεις	21
3.1	Κλήσεις συναρτήσεων	21
3.2	Συναρτήσεις μετατροπής τύπων	21
3.3	Μαθηματικές Συναρτήσεις	22
3.4	Σύνταξη	23
3.5	Προσθέτοντας νέες συναρτήσεις	23
3.6	Ορισμοί και χρήσεις	25
3.7	Ροή εκτέλεσης	25
3.8	Παράμετροι και ορίσματα	26
3.9	Οι μεταβλητές και οι παράμετροι είναι τοπικές	27
3.10	Διαγράμματα στοίβας	27
3.11	Γόνιμες και κενές συναρτήσεις	28
3.12	Γιατί συναρτήσεις	29
3.13	Εισαγωγή από μονάδα λογισμικού	30
3.14	Αποσφαλμάτωση	30
3.15	Ορολογία	31
3.16	Ασκήσεις	32
4	Μελέτη περίπτωσης: σχεδίαση διεπαφής	35
4.1	TurtleWorld	35
4.2	Απλή επανάληψη	36
4.3	Ασκήσεις	37
4.4	Ενθυλάκωση	38
4.5	Γενίκευση	39
4.6	Σχεδίαση διεπαφής	39
4.7	Ανακατασκευή κώδικα	40
4.8	Ένα πλάνο ανάπτυξης	41
4.9	Συμβολοσειρά κειμένου	42
4.10	Αποσφαλμάτωση	42
4.11	Ορολογία	43
4.12	Ασκήσεις	43

5	Δηλώσεις υπό συνθήκη και αναδρομή	47
5.1	Τελεστής υπολογισμού υπολοίπου αέρας διαίρεσης	47
5.2	Λογικές εκφράσεις	47
5.3	Λογικοί τελεστές	48
5.4	Εκτέλεση υπό συνθήκη	48
5.5	Εναλλακτική εκτέλεση	49
5.6	Αλυσιδωτές συνθήκες	49
5.7	Εμφωλευμένες συνθήκες	50
5.8	Αναδρομή	50
5.9	Διαγράμματα στοίβας για αναδρομικές συναρτήσεις	52
5.10	Άπειρη αναδρομή	52
5.11	Είσοδος από το πληκτρολόγιο	53
5.12	Αποσφαλμάτωση	54
5.13	Ορολογία	55
5.14	Ασκήσεις	56
6	Γόνιμες Συναρτήσεις	59
6.1	Επιστρεφόμενες τιμές	59
6.2	Σταδιακή ανάπτυξη	60
6.3	Σύνθεση	62
6.4	Λογικές συναρτήσεις	63
6.5	Περισσότερη αναδρομή	64
6.6	Άλμα πίστης	66
6.7	Ένα ακόμα παράδειγμα	66
6.8	Έλεγχος τύπων	67
6.9	Αποσφαλμάτωση	68
6.10	Ορολογία	69
6.11	Ασκήσεις	69

7	Επανάληψη	73
7.1	Πολλαπλή εκχώρηση	73
7.2	Ενημέρωση μεταβλητών	74
7.3	Δηλώση <code>while</code>	74
7.4	<code>break</code>	76
7.5	Τετραγωνικές ρίζες	76
7.6	Αλγόριθμοι	78
7.7	Αποσφαλμάτωση	78
7.8	Ορολογία	79
7.9	Ασκήσεις	79
8	Συμβολοσειρές	81
8.1	Μία συμβολοσειρά είναι μία ακολουθία	81
8.2	<code>len</code>	82
8.3	Διασχισή με <code>for</code>	82
8.4	Τεμάχια συμβολοσειράς	83
8.5	Οι συμβολοσειρές είναι αμετάβλητες	84
8.6	Αναζήτηση	84
8.7	Επανάληψη και καταμέτρηση	85
8.8	Μέθοδοι συμβολοσειρών	86
8.9	τελεστής <code>in</code>	87
8.10	Σύγκριση συμβολοσειρών	87
8.11	Αποσφαλμάτωση	88
8.12	Γλοσσαρψ	89
8.13	Εξερσεις	90
9	άσε στυδψ: ωορδ πλαψ	93
9.1	Ρεαδινγ ωορδ λιστς	93
9.2	Εξερσεις	94
9.3	Σεαρση	95
9.4	Λοοπινγ ινδιες	96
9.5	Δεβυγγινγ	97
9.6	Γλοσσαρψ	97
9.7	Εξερσεις	98

10	Λιστς	99
10.1	Α λιστ ις α σεχυνενσε	99
10.2	Λιστς αρε μυταβλε	99
10.3	Τραερσινγ α λιστ	101
10.4	Λιστ οπερατιονς	101
10.5	Λιστ σλιζεσ	101
10.6	Λιστ μετηοδς	102
10.7	Μαπ, φιλτερ ανδ ρεδυσε	103
10.8	Δελετινγ ελεμεντς	104
10.9	Λιστς ανδ στρινγς	105
10.10	Οβθετς ανδ αλυεσ	105
10.11	Αλιασινγ	106
10.12	Λιστ αργυμεντς	107
10.13	Δεβυγγινγ	108
10.14	Γλοσσαρψ	109
10.15	Εξερσισεσ	110
11	Διστιοναριεσ	113
11.1	Διστιοναρψ ας α σετ οφ ζουντερς	114
11.2	Λοοπινγ ανδ διστιοναριεσ	116
11.3	Ρεερσε λοοκυπ	116
11.4	Διστιοναριεσ ανδ λιστς	117
11.5	Μεμοσ	118
11.6	Γλοβαλ αριαβλεσ	120
11.7	Λονγ ιντεγερς	121
11.8	Δεβυγγινγ	121
11.9	Γλοσσαρψ	122
11.10	Εξερσισεσ	123

12	Τυπλές	125
12.1	Τυπλές αρε ιμμουταβλε	125
12.2	Τυπλε ασσιγνμεντ	126
12.3	Τυπλές ας ρετυρν αλυες	127
12.4	Άριαβλε-λενγτη αργυμεντ τυπλές	127
12.5	Λιστς ανδ τυπλές	128
12.6	Διστιοναριες ανδ τυπλές	129
12.7	Θμπαρινγ τυπλές	130
12.8	Σεχυνες οφ σεχυνες	131
12.9	Δεβυγγινγ	132
12.10	Γλοσσαρψ	133
12.11	Εξεργισες	133
13	Άσε στυδψ: δατα στρυςτυρε σελεςτιον	135
13.1	Ωορδ φρεχυνεςψ αναλψσις	135
13.2	Ρανδομ νυμβερς	136
13.3	Ωορδ ηιστογραμ	137
13.4	Μοστ ζομμον ωορδς	138
13.5	Οπτιοναλ παραμετερς	138
13.6	Διστιοναρψ συβτραςτιον	139
13.7	Ρανδομ ωορδς	140
13.8	Μαρχο αναλψσις	140
13.9	Δατα στρυςτυρες	142
13.10	Δεβυγγινγ	143
13.11	Γλοσσαρψ	144
13.12	Εξεργισες	144
14	Φιλές	147
14.1	Περσιςτενζε	147
14.2	Ρεαδινγ ανδ ωριτινγ	147
14.3	Φορματ οπερατορ	148
14.4	Φιλεναμες ανδ πατης	149

14.5	ἀτσηινγ εξζεπιτιονς	150
14.6	Δαταβασες	151
14.7	Πιςχλινγ	151
14.8	Πιπες	152
14.9	Ωριτινγ μοδυλες	153
14.10	Δεβυγγινγ	154
14.11	Γλοσσαρψ	155
14.12	Εξερσιςες	155
15	᾿λασσες ανδ οβηθετς	157
15.1	Υσερ-δεφινεδ τψπες	157
15.2	Αττριβυτες	158
15.3	Ρεστανγλες	159
15.4	Ινστανζεες ας ρετυρν αλυες	160
15.5	Οβηθετς αρε μυταβλε	160
15.6	δπψινγ	161
15.7	Δεβυγγινγ	162
15.8	Γλοσσαρψ	163
15.9	Εξερσιςες	163
16	᾿λασσες ανδ φυνςτιονς	165
16.1	Τιμε	165
16.2	Πυρε φυνςτιονς	165
16.3	Μοδιφιερς	167
16.4	Προτοτψπινγ ερσυς πλαννινγ	168
16.5	Δεβυγγινγ	169
16.6	Γλοσσαρψ	170
16.7	Εξερσιςες	170

17	Ήλασσεσ ανδ μετηοδσ	171
17.1	Οβθεςτ-οριεντεδ φεατυρεσ	171
17.2	Πριντινγ οβθεςτς	172
17.3	Ανοτηερ εξαμπλε	173
17.4	Α μορε ζομπλισατεδ εξαμπλε	174
17.5	Τηε ινιτ μετηοδ	174
17.6	Τηε __στρ__ μετηοδ	175
17.7	Οπερατορ οερλοαδινγ	175
17.8	Τψπε-βασεδ δισπατση	176
17.9	Πολψμορπησιμ	177
17.10	Δεβυγγινγ	178
17.11	Ιντερφασε ανδ ιμπλεμεντατιον	178
17.12	Γλοσσαρψ	179
17.13	Εξερσισεσ	179
18	Ινθεριτανσε	181
18.1	Άρδ οβθεςτς	181
18.2	Ήλασς αττριβυτεσ	182
18.3	Θμπαρινγ ζαρδς	183
18.4	Δεσκς	184
18.5	Πριντινγ τηε δεσκ	185
18.6	Αδδ, ρεμοε, σηυφφλε ανδ σορτ	185
18.7	Ινθεριτανσε	186
18.8	Ήλασς διαγραμς	187
18.9	Δεβυγγινγ	188
18.10	Δατα ενζαψυλατιον	189
18.11	Γλοσσαρψ	190
18.12	Εξερσισεσ	191

19	ἄσε στυδψ: Τκιντερ	193
19.1	ΓΥΙ	193
19.2	Βυττονς ανδ ςαλλβαςκς	194
19.3	ἄνας ωιδγετς	195
19.4	δορδινατε σεχυνες	196
19.5	Μορε ωιδγετς	196
19.6	Παςκινγ ωιδγετς	197
19.7	Μενυς ανδ ἄλλαβλες	199
19.8	Βινδινγ	200
19.9	Δεβυγγινγ	202
19.10	Γλοσσαρφ	203
19.11	Εξερςισες	204
α΄	Δεβυγγινγ	207
α΄.1	Σψνταξ ερρορς	207
α΄.2	Ρυντιμε ερρορς	209
α΄.3	Σεμαντις ερρορς	212
β΄	Αναλψσις οφ Αλγοριτημς	215
β΄.1	Ορδερ οφ γρωτη	216
β΄.2	Αναλψσις οφ βασις Πψτηον οπερατιονς	218
β΄.3	Αναλψσις οφ σεαρση αλγοριτημς	219
β΄.4	Ηασηταβλες	220
γ΄	Λυμπψ	225
γ΄.1	Στατε διαγραμ	225
γ΄.2	Σταςκ διαγραμ	226
γ΄.3	Οβθεστ διαγραμς	227
γ΄.4	Φυνςτιον ανδ ςλαςς οβθεστς	229
γ΄.5	΄λαςς Διαγραμς	230

Κεφάλαιο 1

Ο τρόπος του προγράμματος

Στόχος αυτού του βιβλίου είναι να σας διδάξει πώς να σκέφτεστε σαν επιστήμονες της πληροφορικής. Αυτός ο τρόπος σκέψης συνδυάζει κάποια από τα καλύτερα χαρακτηριστικά των μαθηματικών, της μηχανικής και της φυσικής επιστήμης. Όπως οι μαθηματικοί, έτσι και οι επιστήμονες της πληροφορικής χρησιμοποιούν συγκεκριμένες γλώσσες για να υποδηλώσουν ιδέες (και ειδικότερα υπολογισμούς). Όπως οι μηχανικοί, σχεδιάζουν πράγματα, συνθέτουν επιμέρους μέρη σε συστήματα και αξιολογούν τις συμβιβαστικές λύσεις σε σχέση με τις εναλλακτικές. Όπως οι επιστήμονες, παρατηρούν την συμπεριφορά πολύπλοκων συστημάτων, διαμορφώνουν τις υποθέσεις, και εξετάζουν τις προβλέψεις.

Η πιο σημαντική ικανότητα για έναν επιστήμονα της πληροφορικής είναι η επίλυση προβλημάτων. Επίλυση προβλημάτων είναι η δυνατότητα να διατυπώνεις προβλήματα, να σκέφτεσαι δημιουργικά όσον αφορά τις λύσεις και να εκφράζεις μια λύση με σαφήνεια και ακρίβεια. Όπως προκύπτει, η διαδικασία του να μαθαίνεις να προγραμματίζεις είναι εξαιρετική ευκαιρία για να εξασκήσεις τις ικανότητές σου πάνω στην επίλυση προβλημάτων. Γι' αυτό το λόγο αυτό το κεφάλαιο ονομάζεται, 'Τρόπος προγραμματισμού.'

Ως ένα βαθμό, θα μάθεις να προγραμματίζεις, μία χρήσιμη ικανότητα από μόνη της. Ως έναν άλλο βαθμό, θα χρησιμοποιείς τον προγραμματισμό ως μέσο για ένα τέλος. Όσο προχωράμε, αυτό το τέλος θα γίνει πιο ξεκάθαρο.

1.1 Η γλώσσα προγραμματισμού

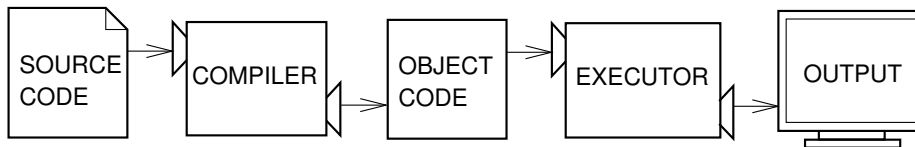
Η γλώσσα προγραμματισμού που θα μάθετε είναι η Python. Η Python είναι ένα παράδειγμα γλώσσας υψηλού επιπέδου, άλλες γλώσσες υψηλού επιπέδου που ενδεχομένως να έχετε ακούσει είναι η C, η C++, η Perl και η Java.

Επίσης υπάρχουν και γλώσσες χαμηλού επιπέδου, οι οποίες μερικές φορές αναφέρονται και ως 'γλώσσες μηχανής' ή 'συμβολικές γλώσσες.' Μιλώντας γενικά, οι υπολογιστές μπορούν να τρέξουν μόνο προγράμματα τα οποία είναι γραμμένα σε γλώσσες χαμηλού επιπέδου. Έτσι, προγράμματα τα οποία είναι γραμμένα σε μία γλώσσα υψηλού επιπέδου πρέπει πρώτα να επεξεργαστούν για να μπορούν να τρέξουν. Αυτή η επιπλέον επεξεργασία παίρνει κάποιο χρόνο, το οποίο είναι ένα μικρό μειονέκτημα των γλωσσών υψηλού επιπέδου.

Τα πλεονεκτήματα είναι τεράστια. Πρώτον, είναι πολύ ευκολότερο να προγραμματίζεις σε μία γλώσσα υψηλού επιπέδου. Προγράμματα γραμμένα σε μία γλώσσα υψηλού επιπέδου χρίζονται



Σχήμα 1.1: Ένας διερμηνέας επεξεργάζεται το πρόγραμμα λίγο κάθε φορά, αλλιώς διαβάζει γραμμές και εκτελεί υπολογισμούς.



Σχήμα 1.2: Ένας μεταγλωττιστής μετατρέπει τον πηγαίο κώδικα σε αντικειμενικό κώδικα, ο οποίος τρέχει από έναν εκτελεστή υλικού.

λιγότερο χρόνο για να γραφτούν, είναι μικρότερα και διαβάζονται ευκολότερα, και είναι πιο πιθανό να είναι σωστά. Δεύτερον, οι γλώσσες υψηλού επιπέδου είναι φορητές, που σημαίνει ότι μπορούν να τρέξουν σε διαφορετικά είδη υπολογιστών με μερικές ή καθόλου τροποποιήσεις. Προγράμματα χαμηλού επιπέδου μπορούν να τρέξουν μόνο σε ένα είδος υπολογιστή και πρέπει να ξαναγραφτούν για να τρέξουν σε κάποιον άλλο.

Λόγω αυτών των πλεονεκτημάτων, σχεδόν όλα τα προγράμματα γράφονται σε γλώσσες υψηλού επιπέδου. Οι γλώσσες χαμηλού επιπέδου χρησιμοποιούνται μόνο σε μερικές ειδικευμένες εφαρμογές. Δύο τύποι προγραμμάτων μετατρέπουν μία γλώσσα υψηλού επιπέδου σε μία γλώσσα χαμηλού επιπέδου: οι διερμηνείς και οι μεταγλωττιστές. Ένας διερμηνέας διαβάζει ένα πρόγραμμα υψηλού επιπέδου και το εκτελεί, αυτό σημαίνει ότι κάνει ό,τι λέει το πρόγραμμα. Επεξεργάζεται το πρόγραμμα λίγο κάθε φορά, αλλιώς διαβάζει γραμμές και εκτελεί υπολογισμούς.

Εικόνα 1.1 δείχνει τη δομή ενός διερμηνέα.

Ένας μεταγλωττιστής διαβάζει το πρόγραμμα και το μεταφράζει ολόκληρο πριν ξεκινήσει να τρέχει το πρόγραμμα. Σε αυτό το πλαίσιο, το πρόγραμμα υψηλού επιπέδου ονομάζεται πηγαίος κώδικας, και το μεταφρασμένο πρόγραμμα ονομάζεται αντικειμενικός κώδικας ή εκτελέσιμο. Όταν ένα πρόγραμμα μεταγλωττιστεί, μπορείτε να το εκτελέσετε επανειλημμένα χωρίς περαιτέρω μετάφραση.

Εικόνα 1.2 δείχνει τη δομή ενός μεταγλωττιστή.

Η Python θεωρείται μία διερμηνευμένη γλώσσα επειδή τα προγράμματά της εκτελούνται από έναν διερμηνέα. Υπάρχουν δύο τρόποι χρήσης του διερμηνέα: διαδραστική λειτουργία και σεναριακή λειτουργία. Στην διαδραστική λειτουργία, πληκτρολογούμε προγράμματα σε Python και ο διερμηνέας εμφανίζει το αποτέλεσμα:

```
>>> 1 + 1
2
```

Το σύμβολο, `>>>`, είναι ο προτροπέας που χρησιμοποιεί ο διερμηνέας για να υποδείξει ότι είναι έτοιμος. Αν πληκτρολογήσετε `1 + 1`, ο διερμηνέας απαντάει 2.

Εναλλακτικά, μπορείτε να αποθηκεύσετε κώδικα σε ένα φάκελο και να χρησιμοποιήσετε το

διερμηνέα για να εκτελέσει τα περιεχόμενα του φακέλου, το οποίο ονομάζεται ένα σενάριο. Κατά παράδοση, τα σενάρια της Python έχουν ονόματα τα οποία έχουν κατάληξη `.py`.

Για να εκτελεστεί το σενάριο, πρέπει να πείτε στο διερμηνέα το όνομα του φακέλου. Εάν έχετε ένα σενάριο με όνομα `dinsdale.py` και δουλεύετε σε ένα παράθυρο εντολών UNIX, πληκτρολογείτε `python dinsdale.py`. Σε άλλα περιβάλλοντα ανάπτυξης, οι λεπτομέρειες εκτέλεσης των σεναρίων είναι διαφορετικές. Μπορείτε να βρείτε οδηγίες για το περιβάλλον σας στην ιστοσελίδα της Python <http://python.org>.

Όταν δουλεύετε στην διαδραστική λειτουργία σας βοηθάει να εξετάζετε μικρά κομμάτια κώδικα επειδή μπορείτε να τα πληκτρολογήσετε και να εκτελεστούν άμεσα. Αλλά για κάτι παραπάνω από λίγες γραμμές, θα πρέπει να αποθηκεύσετε τον κώδικά σας σαν σενάριο ώστε να μπορείτε να τον τροποποιήσετε και να το εκτελέσετε στο μέλλον.

1.2 Τι είναι ένα πρόγραμμα

Ένα πρόγραμμα είναι μία ακολουθία εντολών η οποία προσδιορίζει πως θα εκτελεστεί ένας υπολογισμός. Αυτός ο υπολογισμός μπορεί να είναι κάτι μαθηματικό, όπως το να λύνεις ένα σύστημα εξισώσεων ή το να βρίσκεις τις ρίζες ενός πολυωνύμου, αλλά επίσης μπορεί να είναι ένας συμβολικός υπολογισμός, όπως το να ψάχνεις και να αντικαθιστάς κείμενο μέσα σε ένα έγγραφο ή (περιέργως) να μεταγλωττίζεις ένα πρόγραμμα.

Οι λεπτομέρειες είναι διαφορετικές σε κάθε γλώσσα, αλλά μερικές βασικές εντολές εμφανίζονται σχεδόν σε κάθε γλώσσα:

είσοδος: Εισάγονται δεδομένα από το πληκτρολόγιο, ένα αρχείο, ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή.

έξοδος: Εμφανίζονται δεδομένα στην οθόνη ή στέλνονται σε κάποιο αρχείο ή συσκευή.

μαθηματικά: Εκτελούνται βασικές μαθηματικές πράξεις όπως πρόσθεση και πολλαπλασιασμός.

εκτέλεση υπό συνθήκη: Ελέγχονται συγκεκριμένες συνθήκες και εκτελείται ο κατάλληλος κώδικας.

επανάληψη: Εκτελείται κάποια ενέργεια κατέπανάληψη, με κάποια παραλλαγή.

Είτε το πιστεύετε είτε όχι, λίγο πολύ αυτό είναι όλο. Κάθε πρόγραμμα που έχετε χρησιμοποιήσει, ανεξάρτητα από το πόσο περίπλοκο ήταν, απαρτίζεται από εντολές που μοιάζουν λίγο πολύ όπως αυτές. Έτσι μπορείτε να φανταστείτε τον προγραμματισμό σαν μία διαδικασία κατά την οποία σπάμε μία μεγάλη και πολύπλοκη εργασία σε όλο και μικρότερες υποδιεργασίες μέχρις ότου οι υποδιεργασίες να είναι αρκετά απλές για να εκτελεστούν με μία από αυτές τις βασικές εντολές. Αυτό μπορεί να είναι λίγο ασαφές, αλλά θα επανέλθουμε σε αυτό το θέμα όταν θα μιλήσουμε για αλγόριθμους.

1.3 Τι είναι η αποσφαλμάτωση

Ο προγραμματισμός είναι επιρρεπής σε λάθη. Για ανεξήγητους λόγους, τα λάθη στον προγραμματισμό ονομάζονται στα αγγλικά **bugs** ενώ στα ελληνικά σφάλματα και η διαδικασία εντοπισμού τους ονομάζεται **debugging** ή αποσφαλμάτωση στα ελληνικά.

Τρία είδη λαθών μπορεί να συμβούν σε ένα πρόγραμμα: συντακτικά λάθη, λάθη χρόνου εκτέλεσης, και λογικά λάθη. Είναι χρήσιμο να γίνει διάκριση μεταξύ τους προκειμένου να εντοπίζονται γρηγορότερα.

1.3.1 Συντακτικά λάθη

Η Python μπορεί να εκτελέσει ένα πρόγραμμα μόνο εάν έχει σωστή σύνταξη, διαφορετικά ο διερμηνέας εμφανίζει μήνυμα λάθους. Η σύνταξη αφορά τη δομή ενός προγράμματος και τους κανόνες αυτής της δομής. Για παράδειγμα, οι παρενθέσεις πρέπει να είναι πάντα ζεύγη, έτσι το $(1 + 2)$ είναι σωστό, αλλά το 8) είναι ένα συντακτικό λάθος.

Στα Αγγλικά οι αναγνώστες δέχονται τα περισσότερα συντακτικά λάθη, για αυτό μπορούμε να διαβάζουμε την ποίηση του e. e. cummings χωρίς να αραδιάζουμε μηνύματα λάθους. Η Python δεν είναι τόσο επιεικής. Εάν υπάρχει έστω και ένα συντακτικό λάθος οπουδήποτε μέσα στο πρόγραμμα, η Python θα εμφανίσει ένα μήνυμα λάθους και θα σταματήσει, και δεν θα μπορείτε να τρέξετε το πρόγραμμα. Κατά τη διάρκεια των πρώτων εβδομάδων της προγραμματιστικής σας καριέρας, πιθανότατα θα ξοδέψετε πολύ χρόνο στον εντοπισμό συντακτικών λαθών. Όσο αποκτάτε εμπειρία θα κάνετε λιγότερα λάθη και θα τα εντοπίζετε γρηγορότερα.

1.3.2 Λάθη χρόνου εκτέλεσης

Ο δεύτερος τύπος λάθους είναι τα λάθη χρόνου εκτέλεσης, ονομάζονται έτσι επειδή τα λάθη δεν εμφανίζονται μέχρις ότου αρχίσει το πρόγραμμα να τρέχει. Αυτά τα λάθη ονομάζονται επίσης εξαιρέσεις επειδή συνήθως υποδεικνύουν ότι κάτι σημαντικό (και κακό) έχει συμβεί.

Τα λάθη χρόνου εκτέλεσης είναι σπάνια στα απλά προγράμματα που θα δείτε στα πρώτα κεφάλαια, έτσι ίσως πάρει λίγο χρόνο μέχρι να συναντήσετε ένα.

1.3.3 Λογικά λάθη

Ο τρίτος τύπος λάθους είναι τα λογικά λάθη. Εάν υπάρχει ένα λογικό λάθος στο πρόγραμμά σας θα τρέξει επιτυχώς από την άποψη ότι ο υπολογιστής δεν θα παράξει κανένα μήνυμα λάθους, αλλά δεν θα κάνει το σωστό. Θα κάνει κάτι διαφορετικό. Συγκεκριμένα, θα κάνει αυτό που του είπατε να κάνει.

Το πρόβλημα είναι ότι το πρόγραμμα που γράψατε δεν είναι το πρόγραμμα που θέλατε να γράψετε. Το νόημα του προγράμματος (η σημασιολογία του) είναι λάθος. Η αναγνώριση λογικών λαθών μπορεί να είναι δύσκολη γιατί απαιτεί να δουλέψετε προς τα πίσω κοιτάζοντας την έξοδο του προγράμματος προσπαθώντας να καταλάβετε τι συμβαίνει.

1.3.4 Πειραματική αποσφαλμάτωση

Μία από τις πιο σημαντικές ικανότητες που θα αποκτήσετε είναι η αποσφαλμάτωση. Παρόλο που μπορεί να είναι μια επίπονη διαδικασία, η αποσφαλμάτωση είναι ένα από τα πιο πνευματικώς πλούσια, προκλητικά και ενδιαφέροντα μέρη του προγραμματισμού.

Υπό μία έννοια, η αποσφαλμάτωση είναι σαν την δουλειά του ντετέκτιβ. Έρχεστε αντιμέτωποι με ενδείξεις, και πρέπει να συμπεράνετε από ποιες διαδικασίες και συμβάντα προκύπτουν τα αποτελέσματα που βλέπετε.

Η αποσφαλμάτωση μοιάζει επίσης σαν μία πειραματική επιστήμη. Από τη στιγμή που έχετε μία ιδέα για το τι πηγαίνει λάθος, τροποποιείτε το πρόγραμμα και ξαναδοκιμάζετε. Εάν η υπόθεσή σας ήταν σωστή, τότε μπορείτε να προβλέψετε το αποτέλεσμα της τροποποίησης, και είστε ένα βήμα πιο κοντά σε ένα λειτουργικό πρόγραμμα. Εάν η υπόθεσή σας ήταν λανθασμένη, πρέπει

να κάνετε μία νέα υπόθεση. 'Όπως έχει τονίσει ο Sherlock Holmes, 'Όταν έχετε αποκλείσει το αδύνατο, οτιδήποτε μένει, όσο απίθανο και αν είναι, πρέπει να είναι η αλήθεια.' (A. Conan Doyle, *The Sign of Four*) Για μερικούς ανθρώπους, ο προγραμματισμός και η αποσφαλμάτωση είναι το ίδιο πράγμα. Δηλαδή, ο προγραμματισμός είναι η διαδικασία της σταδιακής αποσφαλμάτωσης ενός προγράμματος έως ότου κάνει αυτό που θέλετε. Η γενική ιδέα είναι ότι θα πρέπει να ξεκινάτε με ένα πρόγραμμα το οποίο κάνει 'κάτι' και να κάνετε μικρές τροποποιήσεις, αποσφαλματώνοντάς τις προχωρώντας, έτσι ώστε να έχετε πάντα ένα λειτουργικό πρόγραμμα. Για παράδειγμα, το Linux είναι ένα λειτουργικό σύστημα το οποίο περιέχει χιλιάδες γραμμές κώδικα, αλλά ξεκίνησε σαν ένα απλό πρόγραμμα το οποίο ο Linus Torvalds χρησιμοποιούσε για να εξερευνήσει το ολοκληρωμένο Intel 80386. Σύμφωνα με τον Larry Greenfield, "Μία από τις πρώτες εργασίες του Linus ήταν ένα πρόγραμμα το οποίο θα αντέστρεφε την εκτύπωση από AAAA σε BBBB. Αυτό αργότερα εξελίχθηκε στο Linux." (*The Linux Users' Guide Beta Version 1*).

Τα επόμενα κεφάλαια θα κάνουν περισσότερες υποδείξεις σχετικά με την αποσφαλμάτωση και άλλες προγραμματιστικές πρακτικές.

1.4 Επίσημες και φυσικές γλώσσες

Οι φυσικές γλώσσες είναι οι γλώσσες που μιλούν οι άνθρωποι, όπως τα Αγγλικά, τα Ισπανικά και τα Γαλλικά. Δεν έχουν σχεδιαστεί από τους ανθρώπους (παρόλο που οι άνθρωποι προσπαθούν να επιβάλουν κάποια τάξη σε αυτές), έχουν εξελιχθεί φυσικά.

Οι επίσημες γλώσσες είναι γλώσσες που έχουν σχεδιαστεί από ανθρώπους για συγκεκριμένες εφαρμογές. Για παράδειγμα, η σημειογραφία που χρησιμοποιούν οι μαθηματικοί είναι μια επίσημη γλώσσα η οποία είναι ειδοκότερα καλή στο να δείχνει τις σχέσεις μεταξύ αριθμών και συμβόλων. Οι χημικοί χρησιμοποιούν μία επίσημη γλώσσα για να αναπαραστήσουν τη χημική δομή των μορίων. Και το πιο σημαντικό:

Οι προγραμματιστικές γλώσσες είναι επίσημες γλώσσες οι οποίες έχουν σχεδιαστεί για να εκφράζουν υπολογισμούς.

Οι επίσημες γλώσσες τείνουν να έχουν αυστηρούς κανόνες σύνταξης. Για παράδειγμα, $3 + 3 = 6$ είναι μία συντακτικά σωστή μαθηματική έκφραση, αλλά αυτή $3+ = 3\$6$ δεν είναι. H_2O είναι ένας συντακτικά σωστός χημικός τύπος, αλλά αυτός $2Zz$ δεν είναι.

Οι κανόνες σύνταξης είναι δύο τύπων, οι οποίοι αφορούν τα σύμβολα και τη δομή. Τα σύμβολα είναι τα βασικά στοιχεία της γλώσσας, όπως λέξεις, αριθμοί και χημικά στοιχεία. Ένα από τα προβλήματα με το $3+ = 3\$6$ είναι ότι το $\$$ δεν είναι ένα έγκυρο σύμβολο στα μαθηματικά (τουλάχιστον όσο γνωρίζω). Παρομοίως, το $2Zz$ δεν είναι έγκυρο επειδή δεν υπάρχει στοιχείο με την συντομογραφία Zz .

Ο δεύτερος τύπος συντακτικού κανόνα αφορά τη δομή μίας έκφρασης, δηλαδή, τον τρόπο με τον οποίο έχουν διαταχθεί τα σύμβολα. Η έκφραση $3+ = 3$ είναι λάθος γιατί παρόλο που το $+$ και το $=$ είναι έγκυρα σύμβολα, δεν μπορείτε να έχετε το ένα ακριβώς μετά το άλλο. Παρομοίως, σε ένα χημικό τύπο ο δείκτης μπαίνει μετά το όνομα του στοιχείου, όχι πριν.

Εξερσισε 1.1. Γράψτε μία σωστά δομημένη Αγγλική πρόταση με άκυρα σύμβολα. Έπειτα γράψτε μία άλλη πρόταση με σωστά σύμβολα αλλά με λανθασμένη δομή.

Όταν διαβάσετε μία πρόταση στα Αγγλικά ή μία έκφραση σε μία επίσημη γλώσσα, πρέπει να καταλάβετε ποια είναι η δομή της πρότασης (παρόλο που σε μια φυσική γλώσσα το κάνετε υποσυνείδητα). Αυτή η διαδικασία ονομάζεται συντακτική ανάλυση.

Για παράδειγμα, όταν ακούτε την πρόταση, “Το νόμισμα έπεσε,” καταλαβαίνετε ότι “το νόμισμα” είναι το αντικείμενο και “έπεσε” είναι το κατηγορούμενο. Μόλις αναλύσετε μία πρόταση, μπορείτε να καταλάβετε τι σημαίνει, ή τη σημασιολογία της πρότασης. Υποθέτοντας ότι γνωρίζετε τι είναι το νόμισμα και τι σημαίνει το ότι πέφτει, θα καταλάβετε τον υπαινιγμό της πρότασης.

Παρόλο που οι επίσημες και οι φυσικές γλώσσες έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά—σύμβολα, δομή, συντακτικό και σημασιολογία—υπάρχουν κάποιες διαφορές:

ασάφεια: Οι φυσικές γλώσσες είναι γεμάτες ασάφεια, την οποία οι άνθρωποι αντιμετωπίζουν από τα συμφραζόμενα και άλλες πληροφορίες. Οι επίσημες γλώσσες έχουν σχεδιαστεί για να είναι σχεδόν ή πλήρως σαφείς, το οποίο σημαίνει ότι οποιαδήποτε έκφραση έχει ακριβώς μία ερμηνεία, ανεξαρτήτου περιεχομένου.

πλεονασμός: Προκειμένου να επιτύχουμε σαφήνεια και να μειώσουμε τις παρεξηγήσεις, οι φυσικές γλώσσες χρησιμοποιούν πολλούς πλεονασμούς. Σαν αποτέλεσμα, είναι συχνά φλύαρες. Οι επίσημες γλώσσες είναι λιγότερο πλεονάζουσες και περισσότερο συνοπτικές.

μεταφορά: Οι φυσικές γλώσσες είναι γεμάτες από ιδιωτισμούς και μεταφορές. Εάν πώ, “Το νόμισμα έπεσε,” πιθανώς δεν υπάρχει νόμισμα και τίποτα δεν έχει πέσει (αυτός ο ιδιωτισμός σημαίνει ότι κάποιος συνηθειοποίησε κάτι μετά από μία περίοδο συγχυσης). Οι επίσημες γλώσσες εννοούν αυτό ακριβώς που λένε.

Οι άνθρωποι που μεγάλωσαν μιλώντας μία φυσική γλώσσα—όλοι—τους είναι συχνά δύσκολο να εξοικειωθούν με τις επίσημες γλώσσες. Κατά κάποιον τρόπο, η διαφορά ανάμεσα στην επίσημη και στη φυσική γλώσσα είναι σαν τη διαφορά ανάμεσα στην ποίηση και στον πεζό λόγο, αλλά ειδικότερα:

Ποίηση: Οι λέξεις χρησιμοποιούνται τόσο για τους ήχους τους όσο και για τη σημασία τους, και ολόκληρο το ποίημα δημιουργεί μία συναισθηματική αντίδραση. Η ασάφεια δεν είναι μόνο σύνηθες φαινόμενο αλλά συχνά σκόπιμη.

Πεζός λόγος: Η κυριολεκτική έννοια των λέξεων είναι περισσότερο σημαντική, και η δομή συμβάλλει περισσότερο στο νόημα. Ο πεζός λόγος επιδέχεται περισσότερη ανάλυση από την ποίηση αλλά είναι συχνά διφορούμενος.

Προγράμματα: Το νόημα ενός υπολογιστικού προγράμματος είναι σαφές και κυριολεκτικό, και μπορεί να κατανοηθεί πλήρως μέσω της ανάλυσης των συμβόλων και της δομής.

Υπάρχουν κάποιες υποδείξεις για να διαβάσετε προγράμματα (και άλλες επίσημες γλώσσες). Πρώτον, να θυμάστε ότι οι επίσημες γλώσσες είναι περισσότερο πυκνογραμμένες από τις φυσικές γλώσσες, γι’ αυτό παίρνει περισσότερο να τις διαβάσουμε. Επίσης, η δομή είναι πολύ σημαντική, οπότε συνήθως δεν είναι καλή ιδέα να τις διαβάζουμε από την αρχή προς το τέλος, από αριστερά στα δεξιά. Αντί αυτού, πρέπει να μάθετε να αναλύετε το πρόγραμμα στο μυαλό σας, αναγνωρίζοντας τα σύμβολα και ερμηνεύοντας τη δομή. Τελικά, οι λεπτομέρειες μετρώνε. Μικρά λάθη στο συλλαβισμό και στη στίξη, τα οποία δεν δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα στις φυσικές γλώσσες, μπορούν να κάνουν μεγάλη διαφορά σε μία επίσημη γλώσσα.

1.5 Το πρώτο πρόγραμμα

Κατά παράδοση, το πρώτο πρόγραμμα που γράφετε σε μία νέα γλώσσα ονομάζεται “Hello, World!” επειδή το μόνο που κάνει είναι να εμφανίζει τις λέξεις “Hello, World”. Στην Python φαίνεται κάπως έτσι:

```
print 'Hello, World!'
```

Αυτό είναι ένα παράδειγμα μίας έκφρασης εκτύπωσης, η οποία στην πραγματικότητα δεν εκτυπώνει κάτι στο χαρτί. Εμφανίζει μία τιμή στην οθόνη. Σε αυτή την περίπτωση, το αποτέλεσμα είναι οι λέξεις

Hello, World!

Τα εισαγωγικά μέσα στο πρόγραμμα σηματοδοτούν την αρχή και το τέλος του κειμένου που θα εμφανιστεί, δεν φαίνονται στο αποτέλεσμα.

Στην Python 3, η σύνταξη για εκτύπωση είναι λίγο διαφορετική:

```
print('Hello, World!')
```

Οι παρενθέσεις υποδηλώνουν ότι το `print` είναι μία λειτουργία. Θα φτάσουμε στις λειτουργίες στο Κεφάλαιο 3.

Στη συνέχεια αυτού του βιβλίου, θα χρησιμοποιώ την έκφραση `print`. Εάν χρησιμοποιείτε την Python 3, θα πρέπει να την προσαρμόζετε. Αλλά πέρα από αυτό, υπάρχουν πολύ λίγες διαφορές για τις οποίες θα πρέπει να ανησυχούμε.

1.6 Αποσφαλμάτωση

Μια καλή ιδέα είναι να διαβάσετε αυτό το βιβλίο μπροστά από έναν υπολογιστή έτσι ώστε να μπορείτε να δοκιμάζετε τα παραδείγματα καθώς προχωράτε. Μπορείτε να τρέξετε τα περισσότερα από τα παραδείγματα σε διαδραστική λειτουργία, αλλά βάλτε τον κώδικα σε ένα σενάριο, είναι ευκολότερο να δοκιμάσετε παραλλαγές.

Όποτε πειραματίζεστε με ένα νέο χαρακτηριστικό, θα πρέπει να δοκιμάζετε να κάνετε λάθη. Για παράδειγμα, στο πρόγραμμα "Hello, world!", τι θα συμβεί αν δεν βάλτε ένα από τα εισαγωγικά; Εάν δεν βάλτε κανένα από τα δύο; Εάν γράψετε λάθος το `print`; Αυτό το είδος πειραματισμού σας βοηθάει να θυμάστε τι διαβάζετε, και επίσης σας βοηθάει στην αποσφαλμάτωση, επειδή θα μάθετε τι σημαίνουν τα μηνύματα λάθους. Είναι προτιμότερο να κάνετε εσκεμμένα λάθη τώρα παρά αργότερα κατά λάθος.

Ο προγραμματισμός, και ιδιαίτερα η αποσφαλμάτωση, μερικές φορές προκαλεί έντονα συναισθήματα. Εάν ταλαιπωρείστε με ένα δύσκολο σφάλμα, μπορεί να νιώσετε θυμωμένοι, αποθαρρυσμένοι ή ντροπισμένοι.

Υπάρχει απόδειξη ότι οι άνθρωποι ανταποκρίνονται φυσικά στους υπολογιστές σαν να ήταν άνθρωποι. Όταν λειτουργούν σωστά, τους βλέπουμε σαν συνεργάτες, και όταν είναι πεισματάρηδες ή αγενείς, συμπεριφερόμαστε σε αυτούς με τον ίδιο τρόπο που θα συμπεριφερόμασταν σε αγενείς και πεισματάρηδες ανθρώπους (Reeves and Nass, *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*). Το να είστε προετοιμασμένοι για αυτές τις αντιδράσεις μπορεί να σας βοηθήσει να τις αντιμετωπίσετε. Μία προσέγγιση είναι να σκέφτεστε τον υπολογιστή σαν ένα υπάλληλο με συγκεκριμένες δυνατότητες, όπως η ταχύτητα και η ακρίβεια και συγκεκριμένες αδυναμίες, όπως η έλλειψη συνείδησης και η ανικανότητά τους να κατανοήσουν το γενικό νόημα.

Η δουλειά σας είναι να είστε ένας καλός διευθυντής: βρείτε τρόπους να εκμεταλλευτείτε τις δυνατότητες και να μετριάσετε τις αδυναμίες. Επίσης, βρείτε τρόπους να χρησιμοποιήσετε τα

συναισθήματά σας ώστε να ασχοληθείτε με το πρόβλημα, χωρίς να αφήσετε τις αντιδράσεις σας να επηρεάσουν την ικανότητά σας να δουλεύετε αποδοτικά.

Το να μάθαιτε να αποσφαλματώνετε μπορεί να είναι απογοητευτικό, αλλά είναι μία σημαντική ικανότητα η οποία είναι χρήσιμη και για πολλές δραστηριότητες πέραν του προγραμματισμού. Στο τέλος κάθε κεφαλαίου υπάρχει μία ενότητα αποσφαλμάτωσης, όπως αυτή, με τις σχέψεις μου σχετικά με την αποσφαλμάτωση. Ελπίζω να βοηθήσουν!

1.7 Ορολογία

επίλυση προβλημάτων: Η διαδικασία τυποποίησης ενός προβλήματος, η εύρεση λύσης και η έκφραση της λύσης.

γλώσσα υψηλού επιπέδου: Μία γλώσσα προγραμματισμού όπως η Python που έχει σχεδιαστεί για να είναι εύκολη για τους ανθρώπους στην ανάγνωση και στη γραφή.

γλώσσα χαμηλού επιπέδου: Μία γλώσσα που έχει σχεδιαστεί για να είναι εύκολο να εκτελεστεί από έναν υπολογιστή, ονομάζεται επίσης 'γλώσσα μηχανής' ή 'συμβολική γλώσσα.'

φορητότητα: Η ιδιότητα ενός προγράμματος να μπορεί να τρέξει σε διαφορετικούς υπολογιστές.

διερμηνεία: Να εκτελείς ένα πρόγραμμα γλώσσας υψηλού επιπέδου μεταφράζοντάς μία γραμμή κάθε φορά.

μεταγλώττιση: Να μεταφράζεις ένα πρόγραμμα γραμμένο σε γλώσσα υψηλού επιπέδου σε γλώσσα χαμηλού επιπέδου κατευθείαν, προετοιμάζοντάς το για μετέπειτα εκτέλεση.

πηγαίος κώδικας: Ένα πρόγραμμα σε μία γλώσσα υψηλού επιπέδου προτού μεταγλωττιστεί.

αντικειμενικός κώδικας: Η έξοδος του μεταγλωττιστή αφού μετατρέψει το πρόγραμμα.

εκτελέσιμο: Μία άλλη ονομασία του αντικειμενικού κώδικα ο οποίος είναι έτοιμος για εκτέλεση.

προτροπέας: Οι χαρακτήρες που εμφανίζονται από το διερμηνέα για υποδηλώσουν ότι είναι έτοιμος να δεχτεί την είσοδο από το χρήστη.

σενάριο: Ένα πρόγραμμα αποθηκευμένο σε ένα αρχείο (συνήθως προς διερμηνεία).

διαδραστική λειτουργία: Ένας τρόπος χρήσης του διερμηνέα της Python πληκτρολογώντας εντολές και εκφράσεις στον προτροπέα.

λειτουργία σεναρίου: Ένας τρόπος χρήσης του διερμηνέα της Python που διαβάζει και εκτελεί εκφράσεις σε ένα σενάριο.

πρόγραμμα: Ένα σύνολο εντολών που ορίζει έναν υπολογισμό.

αλγόριθμος: Μία γενική διαδικασία για την επίλυση μιας κατηγορίας προβλημάτων.

σφάλμα: Ένα λάθος σε ένα πρόγραμμα.

αποσφαλμάτωση: Η διαδικασία της εύρεσης και αφαίρεσης οποιουδήποτε εκ των τριών τύπων προγραμματιστικών σφαλμάτων.

συντακτικό: Η δομή ενός προγράμματος.

συντακτικό λάθος: Ένα λάθος σε ένα πρόγραμμα το οποίο το καθιστά αδύνατο να αναλυθεί (και επομένως αδύνατον να διερμηνευτεί).

εξέρεση: Ένα λάθος το οποίο ανιχνεύεται ενώ το πρόγραμμα τρέχει.

σημασιολογία: Το νόημα ενός προγράμματος.

σημασιολογικό λάθος: Ένα λάθος σε ένα πρόγραμμα το οποίο το κάνει να κάνει κάτι διαφορετικό από αυτό που είχε σκοπό ο προγραμματιστής να κάνει.

φυσική γλώσσα: Οποιαδήποτε από τις γλώσσες που μιλούν οι άνθρωποι η οποία έχει εξελιχθεί φυσικά.

επίσημη γλώσσα: Οποιαδήποτε από τις γλώσσες που έχουν σχεδιάσει οι άνθρωποι για συγκεκριμένους σκοπούς, όπως αναπαράσταση μαθηματικών ιδεών ή προγραμμάτων υπολογιστών. Όλες οι γλώσσες προγραμματισμού είναι επίσημες γλώσσες.

σύμβολο: Ένα από τα βασικά στοιχεία της συντακτικής δομής ενός προγράμματος, ανάλογο με τη λέξη σε μια φυσική γλώσσα.

ανάλυση: Να εξετάζεις ένα πρόγραμμα και να αναλύεις την συντακτική του δομή.

εκτύπωση έκφρασης: Μία εντολή που προκαλεί τον διερμηνέα της Python να εμφανίσει μία τιμή στην οθόνη.

1.8 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 1η

Χρησιμοποιήστε ένα φυλλομετρητή για να επισκεφθείτε την ιστοσελίδα της Python <http://python.org>. Αυτή η σελίδα περιέχει πληροφορίες σχετικά με την Python και συνδέσμους οι οποίοι σχετίζονται με την Python, και σας δίνει την δυνατότητα να αναζητήσετε την τεκμηρίωση της Python. Για παράδειγμα, εάν πληκτρολογήσετε `print` στο πεδίο της αναζήτησης, ο πρώτος σύνδεσμος που εμφανίζεται είναι η τεκμηρίωση για αυτήν την έκφραση. Σε αυτό το σημείο, δεν θα βγάζει όλο αυτό νόημα σε εσάς, αλλά είναι καλό να ξέρετε που υπάρχει.

ΑΣΚΗΣΗ 2η

Εκκινήστε τον διερμηνέα της Python πληκτρολογήστε `help()` για να ξεκινήσει το διαδικτυακό εργαλείο βοήθειας. Ή μπορείτε να πληκτρολογήσετε `help('print')` για να πάρετε πληροφορίες σχετικές με την πρόταση `print`. Εάν αυτό το παράδειγμα δεν δουλεύει, ίσως χρειαστεί να εγκαταστήσετε επιπρόσθετη τεκμηρίωση της Python ή να θέσετε μία μεταβλητή περιβάλλοντος, οι λεπτομέρειες εξαρτώνται από το λειτουργικό σας σύστημα και την έκδοση της Python.

ΑΣΚΗΣΗ 3η

Εκκινήστε τον διερμηνέα της Python και χρησιμοποιήστε τον σαν αριθμομηχανή. Το συντακτικό της Python για μαθηματικές πράξεις είναι σχεδόν το ίδιο με την τυπική μαθηματική σημειογραφία. Για παράδειγμα, τα σύμβολα `+`, `-` και `/` δηλώνουν πρόσθεση, αφαίρεση και διαίρεση, όπως θα περιμένατε. Το σύμβολο του πολλαπλασιασμού είναι `*`. Εάν τρέξετε έναν αγώνα 10 χιλιομέτρων σε 43 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα, ποιός είναι ο μέσος χρόνος σας ανά μίλι; Ποιά είναι η μέση σας ταχύτητα σε μίλια ανά ώρα (Σημείωση: ένα μίλι είναι 1,61 χιλιόμετρα).

Κεφάλαιο 2

Μεταβλητές, εκφράσεις ανδ δηλώσεις

2.1 Τιμές και τύποι

Μία τιμή είναι ένα από τα βασικά πράγματα με τα οποία δουλεύει ένα πρόγραμμα, όπως ένα γράμμα ή ένας αριθμός. Οι τιμές που έχουμε δει μέχρι στιγμής είναι 1, 2, και 'Hello, World!'.

Αυτές οι τιμές ανήκουν σε διαφορετικούς τύπους: το 2 είναι ακέραιος, και το 'Hello, World!' είναι μία συμβολοσειρά, ονομάζεται έτσι επειδή περιέχει μια "σειρά" από γράμματα. Μπορείτε (και ο διερμηνέας) να αναγνωρίσετε συμβολοσειρές, επειδή περικλείονται σε εισαγωγικά.

Αν δεν είστε σίγουροι για τον τύπο μιας τιμής, μπορεί να σας πει ο διερμηνέας.

```
>>> type('Hello, World!')
<type 'str'>
>>> type(17)
<type 'int'>
```

Προφανώς, οι συμβολοσειρές ανήκουν στον τύπο `str` και οι ακέραιοι ανήκουν στον τύπο `int`. Λιγότερο προφανές είναι, ότι οι αριθμοί με δεκαδικά ψηφία ανήκουν σε ένα τύπο που ονομάζεται `float`, επειδή αυτοί οι αριθμοί παριστάνονται σε μία μορφή ονομαζόμενη **floating-point**.

```
>>> type(3.2)
<type 'float'>
```

Τι γίνεται με τιμές όπως η '17' και η '3.2'; Μοιάζουν με αριθμούς, αλλά περικλείονται σε εισαγωγικά όπως οι συμβολοσειρές.

```
>>> type('17')
<type 'str'>
>>> type('3.2')
<type 'str'>
```

Είναι συμβολοσειρές.

Όταν πληκτρολογείτε έναν μεγάλο ακέραιο, ίσως μπειτε στον πειρασμό να χρησιμοποιήσετε κόμματα ανά τρία ψηφία, όπως για παράδειγμα 1,000,000. Αυτός δεν είναι ένας έγκυρος ακέραιος στην Python, αλλά γενικότερα είναι έγκυρο:

```
>>> 1,000,000
(1, 0, 0)
```

<pre> message → 'And now for something completely different' n → 17 pi → 3.1415926535897932 </pre>
--

Σχήμα 2.1: Διάγραμμα Κατάστασης.

Λοιπόν, αυτό δεν έχει καμία σχέση με αυτό που περιμέναμε! Η Python ερμηνεύει το 1,000,000 σαν μία ακολουθία ακεραίων χωρισμένη με κόμματα. Αυτό είναι το πρώτο παράδειγμα σημασιολογικού λάθους που έχουμε δει: ο κώδικας τρέχει χωρίς να παράγει κανένα μήνυμα λάθους, αλλά δεν κάνει το "σωστο" πράγμα.

2.2 Μεταβλητές

Ένα από τα πιο δυνατά χαρακτηριστικά μιας γλώσσας προγραμματισμού είναι η ικανότητα να διαχειρίζεται μεταβλητές. Μία μεταβλητή είναι ένα όνομα που αναφέρεται σε μία τιμή.

Μία έκφραση εκχώρησης δημιουργεί νέες μεταβλητές και δίνει τιμές σε αυτές:

```
>>> message = 'And now for something completely different'
>>> n = 17
>>> pi = 3.1415926535897932
```

Σε αυτό το παράδειγμα κάνουμε τρεις εκχωρήσεις τιμής. Η πρώτη εκχωρεί μία συμβολοσειρά σε μία νέα μεταβλητή με όνομα `message`, η δεύτερη δίνει τον ακέραιο 17 στη `n`, και η τρίτη εκχωρεί την (κατά προσέγγιση) τιμή του π στην `pi`. Ένας σύνηθες τρόπος αναπαράστασης μεταβλητών σε χαρτί είναι να γράψετε το όνομα με ένα βελάκι το οποίο δείχνει την τιμή της μεταβλητής. Αυτός ο τρόπος απεικόνισης ονομάζεται διάγραμμα κατάστασης, γιατί δείχνει την κατάσταση της κάθε μεταβλητής. Το σχήμα 2.1 δείχνει το αποτέλεσμα του προηγούμενου παραδείγματος.

Ο τύπος της μεταβλητής είναι ο τύπος της τιμής στην οποία αναφέρεται.

```
>>> type(message)
<type 'str'>
>>> type(n)
<type 'int'>
>>> type(pi)
<type 'float'>
```

Άσκηση 2.1

Εάν πληκτρολογήσετε έναν ακέραιο που έχει στην αρχή μηδέν, ενδεχομένως να έχετε ένα λάθος λόγω σύγχυσης στο διερμηνέα:

```
>>> zipcode = 02492
~
SyntaxError: invalid token
```

Άλλα νούμερα φαίνεται να δουλεύουν, αλλά τα αποτελέσματα είναι παράξενα:

```
>>> zipcode = 02132
>>> zipcode
1114
```

Μπορείτε να καταλαβέτε τι συμβαίνει; Σημείωση: εμφανίστε τις τιμές 01, 010, 0100 και 01000.

2.3 Ονόματα μεταβλητών και λέξεις κλειδιά

Γενικά, οι προγραμματιστές επιλέγουν ονόματα για τις μεταβλητές τους τα οποία έχουν κάποιο νόημα—τεκμηριώνουν για ποιο λόγο χρησιμοποιείται η μεταβλητή.

Τα ονόματα των μεταβλητών μπορούν να είναι αυθαίρετα μεγάλα. Μπορούν να περιέχουν και γράμματα και νούμερα, αλλά πρέπει να ξεκινάνε με ένα γράμμα. Είναι έγκυρο να χρησιμοποιούμε κεφαλαία γράμματα αλλά είναι προτιμότερο να ξεκινάτε τα ονόματα των μεταβλητών με πεζά (θα δείτε αργότερα γιατί).

Η κάτω παύλα, `_` μπορεί να εμφανιστεί σε ένα όνομα. Συχνά χρησιμοποιείται σε ονόματα με πολλές λέξεις, όπως το `my_name` ή το `airspeed_of_unladen_swallow`.

Εάν δώσετε σε μία μεταβλητή λάθος όνομα θα πάρετε ένα συντακτικό λάθος.

```
>>> 76trombones = 'big parade'
SyntaxError: invalid syntax
>>> more@ = 1000000
SyntaxError: invalid syntax
>>> class = 'Advanced Theoretical Zymurgy'
SyntaxError: invalid syntax
```

Το `76trombones` είναι λάθος γιατί δεν ξεκινάει με γράμμα. Το `more@` είναι λάθος γιατί περιέχει ένα μη έγκυρο χαρακτήρα, `@`. Αλλά τι είναι λάθος με το `class`; Αποδεικνύεται ότι το `class` είναι μία από τις λέξεις κλειδιά της Python. Ο διερμηνέας χρησιμοποιεί λέξεις κλειδιά για να αναγνωρίσει τη δομή ενός προγράμματος, και για αυτόν το λόγο δεν μπορούν χρησιμοποιηθούν για ονόματα μεταβλητών.

Η Python 2 έχει 31 λέξεις κλειδιά.

<code>and</code>	<code>del</code>	<code>from</code>	<code>not</code>	<code>while</code>
<code>as</code>	<code>elif</code>	<code>global</code>	<code>or</code>	<code>with</code>
<code>assert</code>	<code>else</code>	<code>if</code>	<code>pass</code>	<code>yield</code>
<code>break</code>	<code>except</code>	<code>import</code>	<code>print</code>	
<code>class</code>	<code>exec</code>	<code>in</code>	<code>raise</code>	
<code>continue</code>	<code>finally</code>	<code>is</code>	<code>return</code>	
<code>def</code>	<code>for</code>	<code>lambda</code>	<code>try</code>	

Στην Python 3, το `exec` δεν είναι πλέον λέξη κλειδί, αλλά το `nonlocal` είναι.

Ίσως θα θέλατε να έχετε αυτή τη λίστα εύκαιρη. Εάν ο διερμηνέας παραπονιέται για μία από τις μεταβλητές σας και δεν ξέρετε γιατί, κοιτάξτε αν βρίσκεται σε αυτή τη λίστα.

2.4 Τελεστές και τελεστέοι

Οι τελεστές είναι ειδικά σύμβολα τα οποία αναπαριστούν υπολογισμούς όπως η πρόσθεση και ο πολλαπλασιασμός. Οι τιμές στις οποίες εφαρμόζεται ο τελεστής ονομάζονται τελεστέοι.

Οι τελεστές `+`, `-`, `*`, `/` και `**` εκτελούν πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό, διαίρεση και ύψωση σε δύναμη, όπως στα παραδείγματα που ακολουθούν:

```
20+32    hour-1    hour*60+minute    minute/60    5**2    (5+9)*(15-7)
```

Σε κάποιες άλλες γλώσσες, για την ύψωση σε δύναμη χρησιμοποιείται το σύμβολο `^`, αλλά στην Python είναι δυαδικός τελεστής και ονομάζεται XOR. Σε αυτό το βιβλίο δεν θα επεκταθούμε στους δυαδικούς τελεστές, αλλά μπορείτε να διαβάσετε για αυτούς στην διεύθυνση <http://wiki.python.org/moin/BitwiseOperators>. Στην Python, ο τελεστής της διαίρεσης μπορεί να μην κάνει αυτό που θα περιμένατε:

```
>>> minute = 59
>>> minute/60
0
```

Η τιμή του `minute` είναι 59, και στα συμβατικά μαθηματικά το 59 διαρούμενο με το 60 μας δίνει 0.98333, και όχι 0. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η Python εκτελεί ακέραια διαίρεση. Όταν και οι δύο τελεστέοι είναι ακέραιοι αριθμοί, το αποτέλεσμα είναι επίσης ακέραιος αριθμός, γιατί η ακέραια διαίρεση κόβει το κλασματικό τμήμα. Έτσι, σε αυτό το παράδειγμα, το αποτέλεσμα στρογγυλοποιείται στο μηδέν.

Στην Python 3, το αποτέλεσμα της διαίρεσης είναι `float`. Ο νέος τελεστής για την ακέραια διαίρεση είναι `//`. Εάν κάποιος από τους τελεστέους είναι αριθμός κινητής υποδιαστολής, η Python εκτελεί κλασματική διαίρεση, και το αποτέλεσμα είναι `float`:

```
>>> minute/60.0
0.98333333333333328
```

2.5 Εκφράσεις και δηλώσεις

Μία έκφραση είναι ένας συνδιασμός από τιμές, μεταβλητές και τελεστές. Μία τιμή από μόνη της θεωρείται σαν μία έκφραση, το ίδιο και μία μεταβλητή. Έτσι, όλες οι ακόλουθες εκφράσεις είναι έγκυρες (υποθέτοντας ότι στη μεταβλητή `x` έχει ανατεθεί μία τιμή):

```
17
x
x + 17
```

Μία δήλωση είναι μία μονάδα κώδικα την οποία ο διερμηνέας της Python μπορεί να εκτελέσει. Έχουμε δει δύο τύπους δηλώσεων: την εκτύπωση και την εκχώρηση.

Πρακτικά, μία έκφραση είναι επίσης μία δήλωση, αλλά είναι ίσως πιο απλό να τα σκέφτεστε σαν δύο διαφορετικά πράγματα. Η σημαντική διαφορά είναι ότι μία έκφραση έχει μία τιμή, ενώ μία δήλωση όχι.

2.6 Διαδραστική λειτουργία και λειτουργία σεναρίων

Ένα από τα πλεονεκτήματα του να δουλεύεις με μια διερμηνευόμενη γλώσσα είναι ότι μπορείτε να ελέγχετε μικρά κομμάτια κώδικα στην διαδραστική λειτουργία πριν τα τοποθετήσετε σε ένα

σενάριο. Αλλά υπάρχουν διαφορές μεταξύ της διαδραστικής λειτουργίας και της λειτουργίας σεναρίων οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση.

Για παράδειγμα, εάν χρησιμοποιείτε την Python σαν αριθμομηχανή, μπορεί να πληκτρολογήσετε:

```
>>> miles = 26.2
>>> miles * 1.61
42.182
```

Στην πρώτη γραμμή εκχωρείται μία τιμή στην `miles`, αλλά δεν έχει κάποια ορατή επίδραση. Η δεύτερη γραμμή είναι μία έκφραση, επομένως ο διερμηνέας την αποτιμά και εμφανίζει το αποτέλεσμα. Μαθαίνουμε λοιπόν, ότι ένας μαραθώνιος είναι περίπου 42 χιλιόμετρα.

Αλλά αν πληκτρολογήσετε τον ίδιο κώδικα μέσα σε ένα σενάριο και το τρέξετε, δεν θα έχετε καμία έξοδο. Σε λειτουργία σεναρίων μία έκφραση, από μόνη της, δεν έχει καμία ορατή επίδραση. Η Python αποτιμά την έκφραση, αλλά δεν εμφανίζει την τιμή εκτός και αν της πείτε να το κάνει:

```
miles = 26.2
print miles * 1.61
```

Αυτή η συμπεριφορά μπορεί να σας μπερδεύει στην αρχή.

Ένα σενάριο συνήθως περιέχει μία ακολουθία από δηλώσεις. Εάν υπάρχουν περισσότερες από μία δηλώσεις, τα αποτελέσματα εμφανίζονται ένα κάθε φορά όπως εκτελούνται οι δηλώσεις.

Για παράδειγμα, το σενάριο

```
print 1
x = 2
print x
```

παράγει την έξοδο

```
1
2
```

Η δήλωση εκχώρησης δεν παράγει καμία έξοδο.

ΑΣΚΗΣΗ 2.1

Πληκτρολογήστε τις ακόλουθες δηλώσεις στον διερμηνέα της Python για να δείτε τι κάνουν:

```
5
x = 5
x + 1
```

Τώρα τοποθετήστε τις ίδιες δηλώσεις μέσα σε ένα σενάριο και τρέξτε το. Ποια είναι η έξοδος; Τροποποιήστε το σενάριο μετατρέποντας καθενιά από τις εκφράσεις σε μία δήλωση εκτύπωσης και μετά ξανατρέξτε το.

2.7 Η σειρά των πράξεων

Όταν περισσότεροι από έναν τελεστές εμφανίζονται σε μία έκφραση, η σειρά των πράξεων εξαρτάται από τους κανόνες προτεραιότητας. Για μαθηματικούς τελεστές, η Python ακολουθεί την πρότυπη μαθηματική προτεραιότητα. Ένας χρήσιμος τρόπος για να θυμάστε τους κανόνες είναι το αχρωνύμιο **PEMDAS**:

- Οι παρενθέσεις (**Parentheses**) έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξαναγκάσουν μια έκφραση να αποτιμηθεί με τη σειρά που θέλετε. Από τη στιγμή που εκφράσεις στις παρενθέσεις αξιολογούνται πρώτες, το $2 * (3-1)$ μας κάνει 4, και το $(1+1) ** (5-2)$ μας κάνει 8. Μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε τις παρενθέσεις για να κάνετε μία έκφραση πιο ευανάγνωστη, όπως την $(\text{minute} * 100) / 60$, ακόμα και αν δεν αλλάζει το αποτέλεσμα.
- Η ύψωση σε δύναμη (Εξπονεντίατιον) έχει την αμέσως υψηλότερη προτεραιότητα, έτσι $2**1+1$ κάνει 3, όχι 4, και $3*1**3$ κάνει 3, όχι 27.
- Ο πολλαπλασιασμός (**Multiplication**) και η διαίρεση (**Division**) έχουν την ίδια προτεραιότητα, η οποία είναι υψηλότερη από την πρόσθεση (**Addition**) και την αφαίρεση (**Subtraction**), οι οποίες έχουν επίσης την ίδια προτεραιότητα. Έτσι, $2*3-1$ μας κάνει 5, όχι 4, και $6+4/2$, κάνει 8, όχι 5.
- Οι τελεστές με την ίδια προτεραιότητα αξιολογούνται από τα αριστερά στα δεξιά (εκτός της ύψωσης σε δύναμη). Έτσι στην έκφραση $\text{degrees} / 2 * \pi$, πρώτα γίνεται η διαίρεση και το αποτέλεσμα της πολλαπλασιάζεται με π . Για να διαιρέσετε με 2π , μπορείτε να χρησιμοποιήσετε παρενθέσεις ή να γράψετε $\text{degrees} / 2 / \pi$.

Δεν προσπαθώ ιδιαίτερα να θυμάμαι τους κανόνες προτεραιότητας για άλλους τελεστές. Εάν δεν μπορώ να καταλάβω κοιτώντας την έκφραση, χρησιμοποιώ παρενθέσεις για να το κάνω ξεκάθαρο.

2.8 Πράξεις συμβολοσειρών

Γενικά, δεν μπορείτε να εκτελέσετε μαθηματικές πράξεις στις συμβολοσειρές, ακόμα και αν οι συμβολοσειρές μοιάζουν με αριθμούς, οπότε τα ακόλουθα είναι λάθος:

```
'2'-'1'      'eggs'/'easy'      'third'*'a charm'
```

Ο τελεστής `+` δουλεύει με συμβολοσειρές, αλλά μπορεί να μην κάνει αυτό που περιμένετε: εκτελεί συνένωση, το οποίο σημαίνει ότι ενώνει τις συμβολοσειρές τοποθετώντας στο τέλος της πρώτης την αρχή της δεύτερης. Για παράδειγμα:

```
first = 'throat'
second = 'warbler'
print first + second
```

Η έξοδος αυτού του προγράμματος είναι `throatwarbler`.

Ο τελεστής `*` λειτουργεί επίσης στις συμβολοσειρές, εκτελεί επανάληψη. Για παράδειγμα, το `'Spam'*3` είναι `'SpamSpamSpam'`. Εάν ένας από τους τελεστές είναι συμβολοσειρά, ο άλλος πρέπει να είναι ακέραιος.

Αυτή η χρήση του `+` και του `*` έχει ανάλογη σημασία με την πρόσθεση και τον πολλαπλασιασμό. Όπως το $4*3$ είναι ισοδύναμο με το $4+4+4$, περιμένουμε το `'Spam'*3` να είναι το ίδιο με το `'Spam'+'Spam'+'Spam'`, και έτσι είναι. Από την άλλη, υπάρχει μία συγκεκριμένη περίπτωση στην οποία η συνένωση και η επανάληψη συμβολοσειρών είναι διαφορετικές από την πρόσθεση και τον πολλαπλασιασμό ακεραίων. Μπορείτε να σκεφτείτε μία ιδιότητα την οποία έχει η πρόσθεση αλλά όχι η συνένωση συμβολοσειρών;

2.9 Σχόλια

Καθώς τα προγράμματα γίνονται μεγαλύτερα και πιο πολύπλοκα, γίνονται περισσότερο δυσανάγνωστα. Οι επίσημες γλώσσες είναι πυκνογραμμένες, και είναι συχνά δύσκολο να κοιτάξεις ένα κομμάτι του κώδικα και να καταλάβεις τι κάνει, ή γιατί.

Για αυτό το λόγο, είναι καλή ιδέα να προσθέτετε σημειώσεις στα προγράμματά σας για να εξηγείτε σε φυσική γλώσσα τι κάνει το πρόγραμμα. Αυτές οι σημειώσεις ονομάζονται σχόλια, και ξεκινάνε με το σύμβολο `#`:

```
# compute the percentage of the hour that has elapsed
percentage = (minute * 100) / 60
```

Σε αυτή τη περίπτωση, το σχόλιο εμφανίζεται σε μία γραμμή μόνο του. Μπορείτε επίσης να βάζετε σχόλια και στο τέλος μίας γραμμής:

```
percentage = (minute * 100) / 60      # percentage of an hour
```

Οτιδήποτε από το `#` μέχρι το τέλος της γραμμής αγνοείται και δεν έχει καμία επίδραση στο πρόγραμμα.

Τα σχόλια είναι περισσότερο χρήσιμα όταν τεκμηριώνουν μη προφανή χαρακτηριστικά του κώδικα. Είναι λογικό να υποθέσετε ότι ο αναγνώστης μπορεί να καταλάβει τι κάνει το πρόγραμμα αλλά είναι πολύ πιο χρήσιμο να εξηγήσετε το γιατί.

Αυτό το σχόλιο είναι περιττό για τον κώδικα και άχρηστο:

```
v = 5      # assign 5 to v
```

Αυτό το σχόλιο περιέχει χρήσιμη πληροφορία η οποία δεν είναι μέσα στον κώδικα:

```
v = 5      # velocity in meters/second.
```

Καλά ονόματα μεταβλητών μπορούν να μειώσουν την ανάγκη για σχόλια, αλλά μεγάλα ονόματα μπορεί να κάνουν δυσανάγνωστες τις σύνθετες εκφράσεις, άρα πρέπει να υπάρχει κάποιου είδους συμβιβασμός.

2.10 Αποσφαλμάτωση

Σε αυτό το σημείο, το συντακτικό λάθος που είναι πιθανότερο να κάνετε είναι ένα μη έγκυρο όνομα μεταβλητής, όπως το `class` και το `yield`, τα οποία είναι λέξεις-κλειδιά, ή το `odd~job` και το `US$`, τα οποία περιέχουν μη έγκυρους χαρακτήρες.

Εάν βάλετε ένα κενό μέσα σε ένα όνομα μεταβλητής, η Python νομίζει ότι είναι δύο τελεστές χωρίς τελεστή:

```
>>> bad_name = 5
SyntaxError: invalid syntax
```

Για συντακτικά λάθη, τα μηνύματα λάθους δεν βοηθούν πολύ. Τα συνηθέστερα μηνύματα είναι `SyntaxError: invalid syntax` και `SyntaxError: invalid token`, από τα οποία κανένα δεν παρέχει αρκετή πληροφορία.

Το λάθος χρόνου εκτέλεσης που είναι πιθανότερο να κάνετε είναι ένα “use before def;” δηλαδή να προσπαθείτε να χρησιμοποιείτε μία μεταβλητή προτού να της εκχωρήσετε κάποια τιμή. Αυτό μπορεί να συμβεί εάν πληκτρολογήσετε ένα όνομα μεταβλητής λάθος:

```
>>> principal = 327.68
>>> interest = principle * rate
NameError: name 'principle' is not defined
```

Τα ονόματα μεταβλητών είναι ευαίσθητα όσον αφορά το διαχωρισμό μικρών και κεφαλαίων γραμμάτων, έτσι το `LaTeX` είναι διαφορετικό από το `latex`.

Σε αυτό το σημείο, η πιθανότερη αιτία σημασιολογικού λάθους είναι η σειρά των πράξεων. Για παράδειγμα, για να υπολογίσετε $\frac{1}{2\pi}$, μπορεί να μπειτε στον πειρασμό να γράψετε:

```
>>> 1.0 / 2.0 * pi
```

Αλλά η διαίρεση συμβαίνει πρώτη, οπότε θα πάρετε $\pi/2$, το οποίο δεν είναι το ίδιο πράγμα! Δεν υπάρχει τρόπος να γνωρίζει η `Python` τι θέλατε να γράψετε, έτσι σε αυτή την περίπτωση δεν θα πάρετε ένα μήνυμα λάθους, απλώς θα πάρετε λάθος απάντηση.

2.11 Ορολογία

τιμή: Μία από τις βασικές μονάδες δεδομένων, όπως ένας αριθμός ή μία συμβολοσειρά, που ένα πρόγραμμα διαχειρίζεται.

τύπος: Μία κατηγορία τιμών. Οι τύποι οι οποίοι έχουμε συναντήσει μέχρι στιγμής είναι οι ακέραιοι (τύπος `int`), οι δεκαδικοί αριθμοί (τύπος `float`), και οι συμβολοσειρές (τύπος `str`).

ακέραιος: Ένας τύπος που αναπαριστά ολόκληρους αριθμούς.

δεκαδικός: Ένας τύπος ο οποίος αναπαριστά αριθμούς με κλασματικό μέρος (δεκαδικά ψηφία).

συμβολοσειρά: Ένας τύπος ο οποίος αναπαριστά μία ακολουθία χαρακτήρων.

μεταβλητή: Ένα όνομα το οποίο αναφέρεται σε μία τιμή.

δήλωση: Ένα τμήμα κώδικα το οποίο αναπαριστά μία εντολή ή πράξη. Μέχρι στιγμής, οι δηλώσεις που έχουμε δει είναι εκχωρήσεις (ανάθεση τιμής) και δηλώσεις εκτύπωσης.

εκχώρηση: Μία δήλωση η οποία εκχωρεί μία τιμή σε μια μεταβλητή.

διάγραμμα κατάστασης: Μία γραφική αναπαράσταση ενός συνόλου μεταβλητών και των τιμών στις οποίες αναφέρονται.

λέξη κλειδί: Μια δεσμευμένη λέξη η οποία χρησιμοποιείται από τον μεταγλωττιστή για να αναλύσει ένα πρόγραμμα. Δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε λέξεις κλειδιά όπως το `if`, το `def`, και το `while` σαν ονόματα μεταβλητών.

τελεστής: Ένα ειδικό σύμβολο το οποίο αναπαριστά ένα απλό υπολογισμό όπως η πρόσθεση, ο πολλαπλασιασμός, ή συνένωση συμβολοσειρών.

τελεστής: Μία από τις τιμές στις οποίες ενεργεί ο τελεστής.

ακέραια διαίρεση: Η πράξη η οποία διαίρει δύο αριθμούς και κόβει το δεκαδικό μέρος.

έκφραση: Ένας συνδυασμός μεταβλητών, τελεστών και τιμών ο οποίος έχει σαν αποτέλεσμα μία μοναδική τιμή.

αποτίμηση: Η απλοποίηση μίας εκφρασης εκτελώντας πράξεις προκειμένου να δώσει μία μόνο τιμή.

κανόνες προτεραιότητας: Το σύνολο των κανόνων βάσει των οποίων καθορίζεται η σειρά των πράξεων σε εκφράσεις που περιέχουν πολλούς τελεστές και τελεστέους.

συνένωση: Η σύνδεση δύο τελεστών σε μία νέα ενιαία τιμή.

σχόλιο: Πληροφορίες μέσα σε ένα πρόγραμμα που προορίζονται για άλλους προγραμματιστές (ή οποιονδήποτε διαβάζει τον πηγαίο κώδικα) και δεν επηρεάζει την εκτέλεση του προγράμματος.

2.12 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 2.1

Υποθέστε ότι εκτελούμε τις ακόλουθες δηλώσεις εκχώρησης:

```
width = 17
height = 12.0
delimiter = '.'
```

Για καθεμία από τις ακόλουθες εκφράσεις, γράψτε την τιμή και τον τύπο της τιμής της έκφρασης.

1. `width/2`
2. `width/2.0`
3. `height/3`
4. `1 + 2 * 5`
5. `delimiter * 5`

Χρησιμοποιήστε τον διερμηνέα της Python για να ελέγξετε τις απαντήσεις σας.

ΑΣΚΗΣΗ 2.2

Κάντε εξάσκηση χρησιμοποιώντας τον διερμηνέα της Python σαν αριθμομηχανή:

1. Ο όγκος μιας σφαίρας με ακτίνα r είναι $\frac{4}{3}\pi r^3$. Ποιος είναι ο όγκος μιας σφαίρας με ακτίνα 5; Σημείωση: το 392.7 είναι λάθος!
2. Υποθέστε ότι η αρχική τιμή ενός βιβλίου είναι \$24.95, αλλά τα βιβλιοπωλεία έχουν 40% έκπτωση. Τα έξοδα μεταφοράς είναι \$3 για το πρώτο αντίτυπο και 75 cents για κάθε επιπλέον αντίτυπο. Ποιο είναι το συνολικό κόστος για 60 αντίτυπα;
3. Εάν φύγω από το σπίτι μου στις 6:52 π.μ. και τρέξω 1 μίλι σε αργό ρυθμό (8:15 ανά μίλι), μετά 3 μίλια με ρυθμό (7:12 ανά μίλι) και ένα μίλι πάλι σε αργό ρυθμό, τι ώρα θα έχω γυρίσει σπίτι για πρωινό;

Κεφάλαιο 3

Συναρτήσεις

3.1 Κλήσεις συναρτήσεων

Στο πλαίσιο του προγραμματισμού, συνάρτηση είναι μία ακολουθία δηλώσεων, με ένα συγκεκριμένο όνομα, οι οποίες εκτελούν έναν υπολογισμό. Όταν ορίζεις μια συνάρτηση, δηλώνεις το όνομα και την ακολουθία των δηλώσεων. Αργότερα, μπορείς να καλέσεις την συνάρτηση με το όνομά της. Έχουμε ήδη δει ένα παράδειγμα κλήσης συνάρτησης:

```
>>> type(32)
<type 'int'>
```

Το όνομα της συνάρτησης είναι `type`. Η έκφραση μέσα στις παρενθέσεις ονομάζεται το όρισμα της συνάρτησης. Το αποτέλεσμα, γι αυτή την συνάρτηση, είναι ο τύπος του ορίσματος.

Είναι σύνηθες να λέμε πως η συνάρτηση "παίρνει" ένα όρισμα και "επιστρέφει" ένα αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα αυτό ονομάζεται επιστρεφόμενη τιμή.

3.2 Συναρτήσεις μετατροπής τύπων

Η Python παρέχει ενσωματωμένες συναρτήσεις οι οποίες μετατρέπουν τιμές από ένα τύπο σε έναν άλλο. Η `int` συνάρτηση δέχεται οποιαδήποτε τιμή και την μετατρέπει σε ακέραιο, εάν μπορεί, αλλιώς διαμαρτύρεται:

```
>>> int('32')
32
>>> int('Hello')
ValueError: invalid literal for int(): Hello
```

Η `int` μετατρέπει αριθμούς κινητής υποδιαστολής σε ακραίους, αλλά δεν κάνει στρογγυλοποίηση, παραλείπει το δεκαδικό μέρος:

```
>>> int(3.99999)
3
>>> int(-2.3)
-2
```

Η `float` μετατρέπει ακραίους και συμβολοσειρές σε δεκαδικούς αριθμούς:

```
>>> float(32)
32.0
>>> float('3.14159')
3.14159
```

Τέλος, το `str` μετατρέπει το όρισμά του σε μία συμβολοσειρά:

```
>>> str(32)
'32'
>>> str(3.14159)
'3.14159'
```

3.3 Μαθηματικές Συναρτήσεις

Η Python έχει μια μαθηματική μονάδα λογισμικού (`math module`) η οποία έχει τις περισσότερες γνωστές μαθηματικές συναρτήσεις. Η μονάδα λογισμικού είναι ένας φάκελος ο οποίος περιέχει μια συλλογή από σχετικές συναρτήσεις.

Προτού χρησιμοποιήσουμε μια μονάδα, πρέπει να την εισάγουμε:

```
>>> import math
```

Αυτή η δήλωση δημιουργεί μία μονάδα αντικειμένου που ονομάζεται `math`. Εάν πληκτρολογήσετε `"print math"` στο διερμηνέα, θα πάρετε κάποιες πληροφορίες σχετικά με αυτή:

```
>>> print math
<module 'math' (built-in)>
```

Η μονάδα αντικειμένου περιέχει συναρτήσεις και μεταβλητές οι οποίες έχουν οριστεί στην μονάδα. Για να έχετε πρόσβαση σε μία από τις συναρτήσεις, θα πρέπει να προσδιορίσετε το όνομα της μονάδας και το όνομα της συνάρτησης, χωρισμένα με μία τελεία. Αυτή η μορφή ονομάζεται "συμβολισμός με τελεία".

```
>>> ratio = signal_power / noise_power
>>> decibels = 10 * math.log10(ratio)
```

```
>>> radians = 0.7
>>> height = math.sin(radians)
```

Το πρώτο παράδειγμα χρησιμοποιεί την `log10` για να υπολογίσει το λόγο σήματος προς θόρυβο σε ντεσιμπέλ `dB` (θεωρούμε ότι οι μεταβλητές `signal_power` και `noise_power` έχουν οριστεί). Η μαθηματική μονάδα παρέχει επίσης τη συνάρτηση `log`, η οποία υπολογίζει λογαρίθμους βάσης `e`.

Το δεύτερο παράδειγμα βρίσκει το ημίτονο των ακτινίων (`radians`). Το όνομα της μεταβλητής υπαινίσσεται ότι η `sin` και οι άλλες τριγωνομετρικές συναρτήσεις (`cos`, `tan`, κλπ.) παίρνουν ακτίνια σαν ορίσματα. Για να μετατραπούν οι μοίρες σε ακτίνια, διαιρείτε με 360 και πολλαπλασιάζετε με 2π :

```
>>> degrees = 45
>>> radians = degrees / 360.0 * 2 * math.pi
>>> math.sin(radians)
0.707106781187
```

Η έκφραση `math.pi` παίρνει την μεταβλητή `pi` από τη μαθηματική μονάδα. Η τιμή της μεταβλητής είναι μια προσέγγιση του π , με ακρίβεια περίπου 15 ψηφίων.

Εάν γνωρίζετε τριγωνομετρία, μπορείτε να ελέγξετε το προηγούμενο αποτέλεσμα συγκρίνοντάς το με την τετραγωνική ρίζα του δύο διαιρούμενη με το δύο:

```
>>> math.sqrt(2) / 2.0
0.707106781187
```

3.4 Σύνταξη

Μέχρι στιγμής, έχουμε δει τα στοιχεία ενός προγράμματος (μεταβλητές, εκφράσεις και δηλώσεις) μεμονωμένα, χωρίς να έχουμε μιλήσει για το πως τα συνδυάζουμε.

Ένα από τα πιο χρήσιμα χαρακτηριστικά των γλωσσών προγραμματισμού είναι η ικανότητα τους να παίρνουν μικρά δομικά στοιχεία και να τα συνθέτουν. Για παράδειγμα, το όρισμα μιας συνάρτησης μπορεί να είναι οποιοδήποτε είδος έκφρασης, συμπεριλαμβανομένου των αριθμητικών τελεστών:

```
x = math.sin(degrees / 360.0 * 2 * math.pi)
```

Ακόμη και κλήσεις συναρτήσεων:

```
x = math.exp(math.log(x+1))
```

Σχεδόν οπουδήποτε όπου μπορείς να βάλεις μια τιμή, μπορείς να βάλεις μια οποιαδήποτε έκφραση, με μία εξαίρεση: το αριστερό μέρος μιας δήλωσης εκχώρησης πρέπει να είναι ένα όνομα μεταβλητής. Οποιαδήποτε άλλη έκφραση στο αριστερό μέρος είναι ένα συντακτικό λάθος (θα δούμε τις εξαιρέσεις γι αυτόν τον κανόνα αργότερα).

```
>>> minutes = hours * 60                # right
>>> hours * 60 = minutes                # wrong!
SyntaxError: can't assign to operator
```

3.5 Προσθέτοντας νέες συναρτήσεις

Μέχρι στιγμής, έχουμε χρησιμοποιήσει συναρτήσεις οι οποίες περιλαμβάνονται τη Python αλλά είναι επίσης εφικτό να προσθέσετε καινούργιες συναρτήσεις. Ο ορισμός της συνάρτησης προσδιορίζει το όνομα μιας νέας συνάρτησης και τη σειρά των δηλώσεων οι οποίες εκτελούνται όταν καλείται η συνάρτηση.

Να ένα παράδειγμα:

```
def print_lyrics():
    print "I'm a lumberjack, and I'm okay."
    print "I sleep all night and I work all day."
```

Το `def` είναι μία λέξη κλειδί η οποία υποδεικνύει ότι πρόκειται για ορισμό συνάρτησης. Το όνομα της συνάρτησης είναι το `print_lyrics`. Οι κανόνες για τα ονόματα των συναρτήσεων είναι ίδιοι με αυτούς των ονομάτων μεταβλητών: γράμματα, αριθμοί και κάποια σημεία στίξης είναι επιτρεπτά, αλλά ο πρώτος χαρακτήρας δεν μπορεί να είναι αριθμός. Δεν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε μία λέξη κλειδί σαν όνομα συνάρτησης και θα πρέπει να αποφεύγετε να έχετε μια μεταβλητή και μια συνάρτηση με το ίδιο όνομα.

Οι κένες παρενθέσεις μετά το όνομα υποδεικνύουν ότι αυτή η συνάρτηση δεν παίρνει κανένα όρισμα.

Η πρώτη γραμμή του ορισμού της συνάρτησης ονομάζεται επικεφαλίδα, το υπόλοιπο ονομάζεται σώμα της συνάρτησης. Η επικεφαλίδα θα πρέπει να τελειώνει με μία άνω κάτω τελεία και το σώμα θα πρέπει να είναι ενδοπαραγραφημένο. Εκ παραδοχής, η ενδοπαραγραφηποίηση είναι πάντα τέσσερα κενά διαστήματα (βλ. παράγραφο 3.14). Το σώμα μπορεί να περιέχει οποιοδήποτε πλήθος δηλώσεων.

Οι συμβολοσειρές στις δηλώσεις εκτύπωσης (`print`) γράφονται μέσα σε διπλά εισαγωγικά. Τα μονά εισαγωγικά κάνουν το ίδιο πράγμα με τα διπλά. Οι περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν μονά εισαγωγικά εκτός των περιπτώσεων όπως αυτή, όπου το μονό εισαγωγικό (το οποίο είναι επίσης και απόστροφος) εμφανίζονται στην συμβολοσειρά.

Εάν πληκτρολογήσετε τον ορισμό μιας συνάρτησης σε διαδραστική λειτουργία, ο διερμηνέας εμφανίζει στην οθόνη (...) για να σας ενημερώσει ότι ο ορισμός δεν είναι πλήρης:

```
>>> def print_lyrics():
...     print "I'm a lumberjack, and I'm okay."
...     print "I sleep all night and I work all day."
... 
```

Για να τερματίσετε τη συνάρτηση, θα πρέπει να εισάγετε μία κενή γραμμή (αυτό δεν είναι απαραίτητο σε ένα σενάριο).

Ορίζοντας μία συνάρτηση δημιουργείται μία μεταβλητή με το ίδιο όνομα.

```
>>> print print_lyrics
<function print_lyrics at 0xb7e99e9c>
>>> type(print_lyrics)
<type 'function'>
```

Η τιμή του `print_lyrics` είναι ένα αντικείμενο συνάρτησης, το οποίο έχει τύπο `'function'`. Η σύνταξη για τη κλήση της νέας συνάρτησης είναι η ίδια με αυτή των ενσωματωμένων συναρτήσεων:

```
>>> print_lyrics()
I'm a lumberjack, and I'm okay.
I sleep all night and I work all day.
```

Από τη στιγμή που έχετε ορίσει μια συνάρτηση, μπορείτε να την χρησιμοποιήσετε μέσα σε μια άλλη συνάρτηση. Για παράδειγμα, για να επαναλάβουμε το προηγούμενο ρεφραίν, μπορούμε να γράψουμε μία συνάρτηση ονομαζόμενη `repeat_lyrics`:

```
def repeat_lyrics():
    print_lyrics()
    print_lyrics()
```

Και μετά την καλούμε πληκτρολογώντας `repeat_lyrics`:

```
>>> repeat_lyrics()
I'm a lumberjack, and I'm okay.
I sleep all night and I work all day.
I'm a lumberjack, and I'm okay.
I sleep all night and I work all day.
```

Αλλά το τραγούδι δεν πηγαίνει στην πραγματικότητα έτσι.

3.6 Ορισμοί και χρήσεις

Συγκεντρώνοντας τα κομμάτια κώδικα από την προηγούμενη παράγραφο, το πρόγραμμα ολόκληρο φαίνεται κάπως έτσι:

```
def print_lyrics():  
    print "I'm a lumberjack, and I'm okay."  
    print "I sleep all night and I work all day."  
  
def repeat_lyrics():  
    print_lyrics()  
    print_lyrics()
```

`repeat_lyrics()`

Αυτό το πρόγραμμα περιέχει δύο ορισμούς συναρτήσεων: το `print_lyrics` και το `repeat_lyrics`. Οι ορισμοί των συναρτήσεων εκτελούνται ακριβώς όπως οι άλλες δηλώσεις, αλλά ο σκοπός είναι να δημιουργείτε αντικείμενα συναρτήσεων. Οι δηλώσεις μέσα στη συνάρτηση δεν εκτελούνται μέχρις ότου να καλεστεί η συνάρτηση, και ο ορισμός της συνάρτησης δεν παράγει καμία έξοδο.

Όπως ίσως θα περιμένατε, πρέπει να δημιουργήσετε μία συνάρτηση για να μπορείτε να την εκτελέσετε. Με άλλα λόγια, ο ορισμός της συνάρτησης θα πρέπει να έχει ήδη εκτελεστεί προτού τη καλέσετε για πρώτη φορά.

Άσκηση 3.1

Μετακινήστε την τελευταία γραμμή αυτού του προγράμματος στην κορυφή, έτσι ώστε η κλήση της συνάρτησης να εμφανίζεται πριν από τους ορισμούς. Τρέξτε το πρόγραμμα για να δείτε τι μήνυμα λάθους θα σας εμφανίσει.

Άσκηση 3.2 Μετακινήστε την κλήση της συνάρτησης ξανά στο τέλος του προγράμματος και μετακινήστε τον ορισμό της `print_lyrics` μετά τον ορισμό της `repeat_lyrics`. Τι συμβαίνει όταν τρέξετε αυτό το πρόγραμμα ;

3.7 Ροή εκτέλεσης

Για να είστε σίγουροι ότι μία συνάρτηση έχει οριστεί πριν την πρώτη χρήση της, θα πρέπει να γνωρίζετε τη σειρά με την οποία εκτελούνται οι δηλώσεις, η οποία ονομάζεται "ροή εκτέλεσης".

Η εκτέλεση ξεκινάει πάντα με την πρώτη δήλωση του προγράμματος. Οι δηλώσεις εκτελούνται μία τη φορά, με σειρά από πάνω προς τα κάτω.

Οι ορισμοί των συναρτήσεων δεν αλλάζουν την ροή εκτέλεσης του προγράμματος, αλλά να θυμάστε ότι οι δηλώσεις μέσα στη συνάρτηση δεν εκτελούνται προτού να καλεστεί η συνάρτηση.

Μία κλήση συνάρτησης είναι σαν μία παράκαμψη στη ροή της εκτέλεσης. Αντί να πάει στην επόμενη εντολή, η ροή πηδάει στο σώμα της συνάρτησης, εκτελεί όλες τις δηλώσεις εκεί και μετά επιστρέφει για να συνεχίσει από εκεί που σταμάτησε.

Αυτό φαίνεται αρκετά απλό, μέχρι να θυμηθείτε ότι μία συνάρτηση μπορεί να καλέσει μία άλλη. Στη μέση μιας συνάρτησης, το πρόγραμμα μπορεί να πρέπει να εκτελέσει τις δηλώσεις σε μια άλλη συνάρτηση. Αλλά καθώς εκτελεί αυτή τη νέα συνάρτηση, ίσως το πρόγραμμα χρειαστεί να εκτελέσει ακόμη μία συνάρτηση !

Ευτυχώς, η Python είναι καλή στο να ξέρει σε ποιο σημείο βρίσκεται. Έτσι, κάθε φορά που ολοκληρώνεται μία συνάρτηση, το πρόγραμμα επιστρέφει εκεί που σταμάτησε στη συνάρτηση που το κάλεσε. Όταν φτάσει στο τέλος του προγράμματος τερματίζει.

Ποιο είναι το ηθικό δίδαγμα αυτού του απεχθούς παραμυθιού; Όταν διαβάσετε ένα πρόγραμμα, δεν είναι βέλτιστο να το διαβάσετε από την κορυφή προς τα κάτω. Μερικές φορές, είναι προτιμότερο να ακολουθείτε την ροή της εκτέλεσης.

3.8 Παράμετροι και ορίσματα

Κάποιες από τις ενσωματωμένες συναρτήσεις που έχουμε δει απαιτούν ορίσματα. Για παράδειγμα, όταν καλείτε την `math.sin` περνάτε έναν αριθμό σαν όρισμα. Μερικές συναρτήσεις παίρνουν παραπάνω από ένα όρισμα: η `math.pow` παίρνει δύο, την βάση και τον εκθέτη.

Μέσα στην συνάρτηση, τα ορίσματα εκχωρούνται σε μεταβλητές οι οποίες ονομάζονται παράμετροι. Ένα παράδειγμα συνάρτησης οριζόμενης από το χρήστη η οποία παίρνει ένα όρισμα είναι:

```
def print_twice(bruce):
    print bruce
    print bruce
```

Αυτή η συνάρτηση εκχωρεί το όρισμα σε μία παράμετρο με όνομα `bruce`. Όταν καλείται η συνάρτηση, εμφανίζει την τιμή της παραμέτρου (όποια κι αν είναι) δύο φορές.

Αυτή η συνάρτηση δουλεύει με οποιαδήποτε τιμή μπορεί να εμφανιστεί.

```
>>> print_twice('Spam')
Spam
Spam
>>> print_twice(17)
17
17
>>> print_twice(math.pi)
3.14159265359
3.14159265359
```

Οι ίδιοι κανόνες σύνθεσης που εφαρμόζονται στις ενσωματωμένες συναρτήσεις, ισχύουν και στις οριζόμενες από το χρήστη συναρτήσεις. Έτσι, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε είδος έκφρασης σαν όρισμα για την `print_twice`:

```
>>> print_twice('Spam '*4)
Spam Spam Spam Spam
Spam Spam Spam Spam
>>> print_twice(math.cos(math.pi))
-1.0
-1.0
```

Το όρισμα αποτιμάται πριν την κλήση της συνάρτησης. Έτσι, οι εκφράσεις `'Spam '*4` και `math.cos(math.pi)`, στα παραδείγματα, αποτιμώνται μόνο μία φορά.

Μπορείτε επίσης να χρησιμοποιήσετε μεταβλητές σαν ορίσματα:


```
>>> michael = 'Eric, the half a bee.'
>>> print_twice(michael)
Eric, the half a bee.
Eric, the half a bee.
```

Το όνομα της μεταβλητής που περνάμε σαν όρισμα (`michael`) δεν έχει καμία σχέση με το όνομα της παραμέτρου (`bruce`). Δεν έχει σημασία τι τιμή επιστράφηκε πίσω σε αυτόν που την κάλεσε, στην `print_twice` τους φωνάζουμε όλους `bruce`.

3.9 Οι μεταβλητές και οι παράμετροι είναι τοπικές

Όταν δημιουργείτε μια μεταβλητή μέσα σε μια συνάρτηση, είναι τοπική, το οποίο σημαίνει ότι υπάρχει μόνο μέσα στη συνάρτηση. Για παράδειγμα:

```
def cat_twice(part1, part2):
    cat = part1 + part2
    print_twice(cat)
```

Αυτή η συνάρτηση παίρνει δύο ορίσματα, τα συνενώνει και εμφανίζει το αποτέλεσμα δύο φορές. Ένα παράδειγμα στο οποίο την χρησιμοποιούμε:

```
>>> line1 = 'Bing tiddle '
>>> line2 = 'tiddle bang.'
>>> cat_twice(line1, line2)
Bing tiddle tiddle bang.
Bing tiddle tiddle bang.
```

Όταν η `cat_twice` τερματίσει, η μεταβλητή `cat` καταστρέφεται. Αν προσπαθούμε να την εμφανίσουμε, παίρνουμε μια εξαίρεση:

```
>>> print cat
NameError: name 'cat' is not defined
```

Επίσης, τοπικές είναι και οι παράμετροι. Για παράδειγμα, έξω από την `print_twice`, δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο της `bruce`.

3.10 Διαγράμματα στοίβας

Για να ξέρετε που χρησιμοποιείται κάθε μεταβλητή, είναι χρήσιμο κάποιες φορές να σχεδιάζετε ένα διάγραμμα στοίβας. Όπως και τα στατικά διαγράμματα, τα διαγράμματα στοίβας δείχνουν την τιμή της κάθε μεταβλητής, αλλά επίσης δείχνουν τη συνάρτηση στην οποία ανήκει η κάθε μεταβλητή.

Κάθε συνάρτηση αναπαριστάται από ένα πλαίσιο. Πλαίσιο είναι ένα κουτί δίπλα στο οποίο υπάρχει το όνομα μιας συνάρτησης και μέσα σε αυτό βρίσκονται οι παράμετροι και οι μεταβλητές. Το διάγραμμα στοίβας για το προηγούμενο παράδειγμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1.

Τα πλαίσια είναι διατεταγμένα σε μία στοίβα η οποία υποδεικνύει ποια συνάρτηση καλεί ποια, και ούτω καθεξής. Σε αυτό το παράδειγμα, η `print_twice` καλείται από την `cat_twice` και η `cat_twice` έχει καλεστεί από την `__main__`, η οποία είναι η συνάρτηση για το ανώτατο πλαίσιο. Όταν δημιουργείτε μία μεταβλητή έξω από οποιαδήποτε συνάρτηση, ανήκει στην `__main__`.

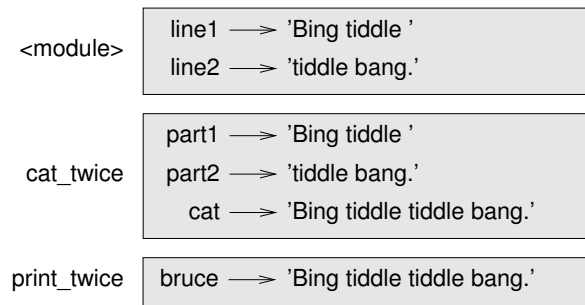


Figure 3.1: Stack diagram.

Κάθε παράμετρος αναφέρεται στην τιμή του αντίστοιχου ορίσματός της. Έτσι, η `part1` έχει την ίδια τιμή με την `line1`, η `part2` έχει την ίδια τιμή με την `line2` και η `bruce` έχει την ίδια τιμή με την `cat`.

Αν παρουσιαστεί ένα λάθος κατά την κλήση μιας συνάρτησης, η Python εμφανίζει το όνομα της συνάρτησης, το όνομα της συνάρτησης που την κάλεσε και το όνομα της συνάρτησης η οποία κάλεσε αυτήν, μέχρις ότου φτάσει στην `__main__`.

Για παράδειγμα, αν προσπαθήσετε να χρησιμοποιήσετε την `cat` μέσα στην `print_twice`, παίρνετε ένα μήνυμα λάθους `NameError`:

```
Traceback (innermost last):
  File "test.py", line 13, in __main__
    cat_twice(line1, line2)
  File "test.py", line 5, in cat_twice
    print_twice(cat)
  File "test.py", line 9, in print_twice
    print cat
NameError: name 'cat' is not defined
```

Αυτή η λίστα συναρτήσεων ονομάζεται αναδρομή προς τα πίσω. Σας πληροφορεί σε ποιο φάκελο του προγράμματος παρουσιάστηκε το λάθος, σε ποια γραμμή και ποιες συναρτήσεις εκτελούνταν εκείνη τη στιγμή. Σας δείχνει επίσης, τη γραμμή του κώδικα από την οποία προκλήθηκε το λάθος.

Η σειρά των συναρτήσεων στην αναδρομή είναι ίδια με την σειρά των πλαισίων στο στατικό διάγραμμα. Η συνάρτηση η οποία τρέχει αυτή τη στιγμή, βρίσκεται στο κάτω μέρος.

3.11 Γόνιμες και κενές συναρτήσεις

Κάποιες από τις συναρτήσεις που χρησιμοποιούμε, όπως οι συναρτήσεις μαθηματικών επιστρέφουν αποτελέσματα. Λόγω έλλειψης κάποιου καλύτερου ονόματος, τις ονομάζω γόνιμες συναρτήσεις. Άλλες συναρτήσεις, όπως η `print_twice`, εκτελούν μια ενέργεια αλλά δεν επιστρέφουν τιμή. Αυτές ονομάζονται κενές (void) συναρτήσεις.

Όταν καλείτε μία γόνιμη συνάρτηση, σχεδόν πάντα θέλετε να χρησιμοποιήσετε το αποτέλεσμα της. Για παράδειγμα, ίσως το εκχωρήσετε σε μία μεταβλητή ή να το χρησιμοποιήσετε ως μέρος μιας έκφρασης :

```
x = math.cos(radians)
golden = (math.sqrt(5) + 1) / 2
```

Όταν καλείτε μια συνάρτηση σε διαδραστική λειτουργία, η Python εμφανίζει το αποτέλεσμα:

```
>>> math.sqrt(5)
2.2360679774997898
```

Αλλά σε ένα σενάριο, αν καλέσετε μια γόνιμη συνάρτηση από μόνη της, η επιστρεφόμενη τιμή έχει χαθεί για πάντα !

```
math.sqrt(5)
```

Αυτό το σενάριο υπολογίζει την τετραγωνική ρίζα του 5, αλλά από την στιγμή που δεν αποθηκεύει ή εμφανίζει το αποτέλεσμα, δεν είναι και πολύ χρήσιμο.

Οι κενές (void) συναρτήσεις ίσως εμφανίσουν κάτι στην οθόνη ή έχουν κάποιο αποτέλεσμα, αλλά δεν έχουν επιστρεφόμενη τιμή. Αν προσπαθήσετε να εκχωρήσετε το αποτέλεσμα σε μία μεταβλητή, θα πάρετε μια ειδική τιμή την ονομαζόμενη None.

```
>>> result = print_twice('Bing')
Bing
Bing
>>> print result
None
```

Η τιμή None δεν είναι ίδια με την συμβολοσειρά 'None'. Είναι μια ειδική τιμή η οποία έχει τον δικό της τύπο:

```
>>> print type(None)
<type 'NoneType'>
```

Μέχρι στιγμής, οι συναρτήσεις οι οποίες έχουμε γράψει είναι όλες κενές (void). Θα ξεκινήσουμε να γράφουμε γόνιμες συναρτήσεις σε μερικά κεφάλαια.

3.12 Γιατί συναρτήσεις

Ίσως να μην είναι σαφές ο λόγος για τον οποίο αξίζει να χωρίζουμε ένα πρόγραμμα σε συναρτήσεις. Υπάρχουν αρκετοί λόγοι:

- Η δημιουργία μιας νέας συνάρτησης σας δίνει την δυνατότητα να ονομάσετε ένα σύνολο δηλώσεων, κάτι που κάνει το πρόγραμμα ευκολότερο στην ανάγνωση και στην αποσφαλμάτωση.
- Οι συναρτήσεις μπορούν να κάνουν ένα πρόγραμμα μικρότερο καταργώντας τον επαναλαμβανόμενο κώδικα. Αν κάνετε κάποια αλλαγή αργότερα, θα χρειαστεί να την κάνετε μόνο σε ένα σημείο.
- Η διαίρεση ενός μεγάλου προγράμματος σε συναρτήσεις σας επιτρέπει να αποσφαλματώσετε τα κομμάτια ένα τη φορά και μετά να τα συναθροίσετε σε ένα ολόκληρο λειτουργικό πρόγραμμα.
- Οι καλοσχεδιασμένες συναρτήσεις είναι συχνά χρήσιμες για πολλά προγράμματα. Μόλις γράψετε μία και την αποσφαλματώσετε, μπορείτε να την χρησιμοποιήσετε πολλές φορές.

3.13 Εισαγωγή από μονάδα λογισμικού

Η Python παρέχει δύο τρόπους εισαγωγής μονάδων λογισμικού. Έχουμε ήδη δει έναν:

```
>>> import math
>>> print math
<module 'math' (built-in)>
>>> print math.pi
3.14159265359
```

Αν εισάγετε την `math`, θα πάρετε ένα αντικείμενο μονάδας λογισμικού με όνομα `math`. Το αντικείμενο αυτό περιέχει σταθερές όπως η `pi` και συναρτήσεις όπως η `sin` και η `exp`.

Αλλά αν προσπαθήσετε να αποκτήσετε απευθείας πρόσβαση στην `pi`, θα πάρετε ένα μήνυμα λάθους.

```
>>> print pi
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
NameError: name 'pi' is not defined
```

Εναλλακτικά, μπορείτε να εισάγετε ένα αντικείμενο από μια μονάδα έτσι:

```
>>> from math import pi
```

Τώρα μπορείτε να έχετε απευθείας πρόσβαση στην `pi`, χωρίς τον συμβολισμό τελείας.

```
>>> print pi
3.14159265359
```

Η μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον τελεστή αστερίσκου για να τα εισάγετε όλα από την μονάδα:

```
>>> from math import *
>>> cos(pi)
-1.0
```

Το πλεονέκτημα του να εισάγουμε τα πάντα από τη μαθηματική μονάδα λογισμικού είναι ότι μπορεί ο κώδικάς σας να είναι πιο συνοπτικός. Το μειονέκτημα είναι ότι μπορεί ενδεχομένως, να υπάρξουν αντιφάσεις στα ονόματα που έχουν οριστεί σε διαφορετικές μονάδες, ή μεταξύ ενός ονόματος από μία μονάδα και μίας από τις μεταβλητές σας.

3.14 Αποσφαλμάτωση

Αν χρησιμοποιείτε έναν επεξεργαστή κειμένου για να γράψετε τα σενάρια σας, ίσως αντιμετωπίσετε προβλήματα με τα κενά διαστήματα και τις εσοχές κειμένου (`tabs`). Ο καλύτερος τρόπος για να αποφύγετε τέτοιου είδους προβλήματα είναι να χρησιμοποιείτε αποκλειστικά κενά διαστήματα (όχι εσοχές(`tabs`)). Οι περισσότεροι κειμενογράφοι που γνωρίζουν Python το κάνουν αυτό εξ ορισμού, αλλά κάποιοι άλλοι δεν το κάνουν.

Συνήθως, οι εσοχές και τα κενά διαστήματα είναι αόρατα, κάτι το οποίο δυσκολεύει την αποσφαλμάτωση, γι αυτό προσπαθήστε να βρείτε έναν επεξεργαστή που θα διαχειριστεί την ενδοπαράγραφοποίηση για εσάς.

Επίσης, μην ξεχνάτε να αποθηκεύετε το πρόγραμμά σας προτού το τρέξετε. Κάποια περιβάλλοντα ανάπτυξης το κάνουν αυτόματα, αλλά κάποια άλλα όχι. Σε αυτήν την περίπτωση, το πρόγραμμα που κοιτάτε στον επεξεργαστή δεν είναι το ίδιο με το πρόγραμμα που τρέχετε.

Η αποσφαλμάτωση μπορεί να είναι χρονοβόρα αν τρέχετε συνεχώς το ίδιο, εσφαλμένο πρόγραμμα ξανά και ξανά!

Σιγουρευτείτε πως ο κώδικας που κοιτάτε είναι ο κώδικας που τρέχετε. Αν δεν είστε σίγουροι, γράψτε κάτι όπως η `print 'hello'` στην αρχή του προγράμματός σας και τρέξτε το ξανά. Αν δεν δείτε την `hello`, δεν τρέχετε το σωστό πρόγραμμα!

3.15

3.15 Ορολογία

συνάρτηση: Μία ακολουθία δηλώσεων με συγκεκριμένη ονομασία η οποία εκτελεί κάποιες χρήσιμες λειτουργίες. Οι συναρτήσεις μπορούν ή δεν μπορούν να λάβουν ορίσματα και μπορούν ή όχι να παράγουν ένα αποτέλεσμα.

ορισμός συνάρτησης: Είναι μία δήλωση η οποία δημιουργεί μια νέα συνάρτηση, συγκεκριμενοποιώντας το όνομα της, τις παραμέτρους και τις δηλώσεις που εκτελεί.

αντικείμενο συνάρτησης: Μία τιμή η οποία δημιουργείται από τον ορισμό μιας συνάρτησης. Το όνομα της συνάρτησης είναι μία μεταβλητή η οποία αναφέρεται σε ένα αντικείμενο συνάρτησης.

επικεφαλίδα: Η πρώτη γραμμή του ορισμού μιας συνάρτησης.

σώμα: Η ακολουθία δηλώσεων μέσα σε έναν ορισμό συνάρτησης.

παραμέτρος: Ένα όνομα το οποίο χρησιμοποιείται μέσα σε μία συνάρτηση για να αναφερθεί στη τιμή που περνιέται σαν όρισμα.

κλήση συνάρτησης: Μία δήλωση η οποία εκτελεί μια συνάρτηση. Αποτελείται από το όνομα της συνάρτησης ακολουθούμενο από μία λίστα ορισμάτων.

όρισμα: Μία τιμή η οποία παρέχεται σε μια συνάρτηση όταν αυτή καλείται. Αυτή η τιμή εκχωρείται στην αντίστοιχη παράμετρο στη συνάρτηση.

τοπική μεταβλητή: Μία μεταβλητή οριζόμενη μέσα σε μια συνάρτηση. Μια τοπική μεταβλητή μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο μέσα στη συνάρτησή της.

επιστρεφόμενη τιμή: Το αποτέλεσμα μιας συνάρτησης. Αν μια κλήση συνάρτησης χρησιμοποιείται σαν μια έκφραση, η επιστρεφόμενη τιμή είναι η τιμή της έκφρασης.

γόνιμη συνάρτηση: Μία συνάρτηση η οποία επιστρέφει μια τιμή.

κενή (void) συνάρτηση: Μία συνάρτηση η οποία δεν επιστρέφει κάποια τιμή.

μονάδα λογισμικού(module): Ένας φάκελος ο οποίος περιέχει μία συλλογή σχετικών συναρτήσεων και άλλους ορισμούς.

δήλωση εισαγωγής: Μία δήλωση η οποία διαβάζει μια μονάδα λογισμικού και δημιουργεί ένα αντικείμενο μονάδας.

αντικείμενο μονάδας λογισμικού: Μία τιμή που δημιουργείται από την δήλωση `import` και παρέχει πρόσβαση στις τιμές που ορίστηκαν μέσα σε μία μονάδα λογισμικού.

συμβολισμός με τελεία: Η σύνταξη για να καλείτε μια συνάρτηση σε μια άλλη μονάδα λογισμικού προσδιορίζοντας το όνομα της μονάδας ακολουθούμενο από μία τελεία και το όνομα της συνάρτησης.

σύνθεση: Η χρήση μιας έκφρασης ως μέρος μιας μεγαλύτερης έκφρασης, ή μιας δήλωσης ως μέρος μιας μεγαλύτερης δήλωσης.

ροή εκτέλεσης: Η σειρά με την οποία εκτελούνται οι δηλώσεις κατά το τρέξιμο του προγράμματος.

διάγραμμα στοίβας: Μία γραφική αναπαράσταση μιας στοίβας συναρτήσεων, των μεταβλητών τους και των τιμών στις οποίες αναφέρονται.

πλαίσιο: Ένα κουτί σε ένα διάγραμμα στοίβας το οποίο αναπαριστά μια κλήση συνάρτησης. Περιέχει τις τοπικές μεταβλητές και τις παραμέτρους της συνάρτησης.

αναδρομή: Μία λίστα των συναρτήσεων που εκτελούνται, τυπώνεται όταν παρουσιαστεί μια εξαίρεση.

3.16 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 3.3

Η Python έχει ενσωματωμένες συναρτήσεις, οι οποίες ονομάζονται `len` και οι οποίες επιστρέφουν το μήκος μιας συμβολοσειράς, έτσι ώστε η τιμή της `len('allen')` να είναι 5.

Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `right_justify` η οποία παίρνει μία συμβολοσειρά με όνομα `s` σαν μία παράμετρο και να εκτυπώνει την συμβολοσειρά με αρκετά κενά διαστήματα έτσι ώστε το τελευταίο γράμμα της συμβολοσειράς να είναι στη στήλη 70 της οθόνης.

```
>>> right_justify('allen')
```

```
allen
```

ΑΣΚΗΣΗ 3.4

Ένα αντικείμενο συνάρτησης είναι μια τιμή την οποία, μπορείτε να εκχωρήσετε σε μία μεταβλητή ή να την περάσετε σαν ένα όρισμα. Για παράδειγμα, η `do_twice` είναι μία συνάρτηση η οποία παίρνει ένα αντικείμενο συνάρτησης σαν ένα όρισμα και το καλεί δύο φορές:

```
def do_twice(f):
    f()
    f()
```

Ένα παράδειγμα το οποίο χρησιμοποιεί την `do_twice` για να καλέσει μία συνάρτηση που ονομάζεται `print_spam` δύο φορές είναι:

```
def print_spam():
    print 'spam'
```

```
do_twice(print_spam)
```

1. Πληκτρολογήστε αυτό το παράδειγμα σε ένα σενάριο και ελέγξτε το.
2. Τροποποιήστε την `do_twice` έτσι ώστε να δέχεται δύο ορίσματα, ένα αντικείμενο συνάρτησης και μία τιμή και να καλεί την συνάρτηση δύο φορές, περνώντας την τιμή σαν όρισμα.

3. Γράψτε μία γενικότερη εκδοχή της `print_spam`, με όνομα `print_twice`, η οποία παίρνει μια συμβολοσειρά σαν παράμετρο και την εκτυπώνει δύο φορές.
4. Χρησιμοποιήστε την τροποποιημένη εκδοχή της `do_twice` για να καλέσετε την `print_twice` δύο φορές, περνώντας την `'spam'` σαν όρισμα.
5. Προσδιορίστε μία νέα συνάρτηση ονομαζόμενη `do_four` η οποία παίρνει ένα αντικείμενο συνάρτησης και μία τιμή και καλεί την συνάρτηση τέσσερις φορές, περνώντας την τιμή σαν μία παράμετρο. Πρέπει να υπάρχουν μόνο δύο δηλώσεις στο σώμα αυτής της συνάρτησης, όχι τέσσερις.

Λύση: http://thinkpython.com/code/do_four.py.

ΑΣΚΗΣΗ 3.5

Αυτή η άσκηση μπορεί να υλοποιηθεί με τη χρήση δηλώσεων και άλλων χαρακτηριστικών που έχουμε μάθει μέχρι στιγμής.

1. Γράψτε μία συνάρτηση η οποία σχεδιάζει ένα πλέγμα όπως το ακόλουθο:

```
+ - - - - + - - - - +
|           |           |
|           |           |
|           |           |
|           |           |
+ - - - - + - - - - +
|           |           |
|           |           |
|           |           |
|           |           |
+ - - - - + - - - - +
```

Σημείωση: Για να εμφανίσετε περισσότερες από μία τιμές σε μία γραμμή, μπορείτε να εμφανίσετε μία ακολουθία χωρισμένη με κόμματα:

```
print '+', '-'
```

Αν η ακολουθία τελειώνει με κόμμα, η Python αφήνει την γραμμή ημιτελή, έτσι ώστε η επόμενη εμφανιζόμενη τιμή να εμφανιστεί στην ίδια γραμμή.

```
print '+',
print '-'
```

Η έξοδος αυτών των δηλώσεων είναι `'+ -'`.

Μία δήλωση `print` από μόνη της ολοκληρώνει την τρέχουσα γραμμή και πηγαίνει στην επόμενη γραμμή.

2. Γράψτε μία συνάρτηση η οποία σχεδιάζει ένα παρόμοιο πλέγμα με τέσσερις σειρές και τέσσερις στήλες.

Λύση: <http://thinkpython.com/code/grid.py>. Αυτή η άσκηση είναι βασισμένη σε μία άσκηση του Oualline, *Practical C Programming, Third Edition*, O'Reilly Media, 1997.

Κεφάλαιο 4

Μελέτη περίπτωσης: σχεδίαση διεπαφής

Τα παραδείγματα κώδικα αυτού του κεφαλαίου είναι διαθέσιμα στην διεύθυνση <http://thinkpython.com/code/polygon.py>.

4.1 TurtleWorld

Για να συνοδεύσω αυτό το βιβλίο, έχω γράψει ένα πακέτο λογισμικού που λέγεται Swampy. Μπορείτε να κατεβάσετε το Swampy από τον σύνδεσμο <http://thinkpython.com/swampy> και ακολουθήστε τις οδηγίες εκεί για να εγκαταστήσετε το Swampy στον υπολογιστή σας.

Ένα πακέτο λογισμικού είναι μια συλλογή μονάδων λογισμικού. Μία από τις μονάδες του Swampy είναι η TurtleWorld η οποία παρέχει ένα σύνολο συναρτήσεων για τον σχεδιασμό γραμμών κατευθύνοντας χελώνες στην οθόνη.

Αν το Swampy έχει εγκατασταθεί σαν ένα πακέτο λογισμικού στον υπολογιστή σας, μπορείτε να εισάγετε την TurtleWorld με τον εξής τρόπο:

```
from swampy.TurtleWorld import *
```

Αν κατεβάσατε τις μονάδες του Swampy αλλά δεν τις εγκαταστήσατε σαν πακέτο, μπορείτε είτε να δουλέψετε στον κατάλογο ο οποίος περιέχει τα αρχεία του Swampy είτε να προσθέσετε αυτόν τον κατάλογο στην διαδρομή αναζήτησης της Python. Τότε μπορείτε να εισάγετε την TurtleWorld έτσι:

```
from TurtleWorld import *
```

Οι λεπτομέρειες της διαδικασίας εγκατάστασης και της προσθήκης της διαδρομής αναζήτησης στην Python εξαρτώνται από τον υπολογιστή σας, έτσι αντί να συμπεριλάβω αυτές τις λεπτομέρειες εδώ, θα προσπαθήσω να διατηρήσω τις παρούσες πληροφορίες για διάφορα συστήματα στην διεύθυνση <http://thinkpython.com/swampy>.

Δημιουργήστε ένα φάκελο με το όνομα mypolygon.py και πληκτρολογήστε τον ακόλουθο κώδικα:

```
from swampy.TurtleWorld import *
```

```
world = TurtleWorld()
bob = Turtle()
print bob
```

```
wait_for_user()
```

Η πρώτη γραμμή εισάγει ό,τι υπάρχει στην μονάδα `TurtleWorld` του πακέτου `swampy`.

Οι επόμενες γραμμές δημιουργούν την `TurtleWorld` η οποία εκχωρείται στην `world` και μία `Turtle` η οποία εκχωρείται στην `bob`. Εκτυπώνοντας την `bob` παράγεται κάτι όπως:

```
<TurtleWorld.Turtle instance at 0xb7bfbf4c>
```

Αυτό σημαίνει ότι η `bob` αναφέρεται σε ένα στιγμιότυπο της `Turtle` όπως ορίζεται στην μονάδα της `TurtleWorld`. Σε αυτό το πλαίσιο, το "στιγμιότυπο" ("instance") σημαίνει ένα τμήμα ενός συνόλου. Αυτή η `Turtle` είναι μία από το σύνολο των εφικτών `Turtles`.

Η `wait_for_user` λέει στην `TurtleWorld` να περιμένει από τον χρήστη να κάνει κάτι, παρόλο που σε αυτήν τη περίπτωση δεν υπάρχουν και πολλά που μπορεί να κάνει ο χρήστης εκτός από το να κλείσει το παράθυρο.

Η `TurtleWorld` παρέχει αρκετές "χελωνο-κατευθυνόμενες" συναρτήσεις: την `fd` και την `bk` για μπροστά και πίσω, την `lt` και την `rt` για στροφή στα αριστερά και στα δεξιά. Η κάθε χελώνα επίσης, κρατάει ένα στυλό, ο οποίος βρίσκεται είτε κάτω είτε πάνω. Αν το στυλό βρίσκεται κάτω, η χελώνα αφήνει μια γραμμή όταν κινείται. Οι συναρτήσεις `pu` και `pd` αντιπροσωπεύουν τα "pen up" και "pen down."

Για να σχεδιάσετε μια ορθή γωνία, προσθέστε αυτές τις γραμμές στο πρόγραμμα (αφού δημιουργήσετε την `bob` και προτού καλέσετε την `wait_for_user`):

```
fd(bob, 100)
lt(bob)
fd(bob, 100)
```

Η πρώτη γραμμή λέει στην `bob` να κάνει 100 βήματα μπροστά. Η δεύτερη γραμμή του λέει να στρίψει αριστερά.

Όταν τρέχετε αυτό το πρόγραμμα, θα πρέπει να δείτε την `bob` να μετακινείται ανατολικά και μετά βόρεια, αφήνοντας δύο ευθύγραμμα τμήματα πίσω.

Τροποποιήστε το πρόγραμμα για να σχεδιάσετε ένα τετράγωνο. Μη προχωρήσετε μέχρι να αρχίσει να δουλεύει.

4.2 Απλή επανάληψη

Σκεφτείτε να γράφατε κάτι τέτοιο (χωρίς τον κώδικα ο οποίος δημιουργεί την `TurtleWorld` και περιμένει τον χρήστη) :

```
fd(bob, 100)
lt(bob)
```

```
fd(bob, 100)
lt(bob)
```

```
fd(bob, 100)
lt(bob)
```

```
fd(bob, 100)
```

Μπορούμε να κάνουμε την ίδια διαδικασία πιο συνοπτικά με μία δήλωση `for`. Προσθέστε αυτό το παράδειγμα στην `mypolygon.py` και τρέξτε το ξανά:

```
for i in range(4):
    print 'Hello!'
```

Θα πρέπει να δείτε κάτι τέτοιο:

```
Hello!
Hello!
Hello!
Hello!
```

Αυτή είναι η πιο απλουστευμένη χρήση της δήλωσης `for`. Θα δούμε περισσότερες χρήσεις αργότερα. Αλλά αυτό είναι αρκετό ώστε να μπορείτε να ξαναγράψετε το πρόγραμμα σχεδιασμού τετραγώνων. Μην προχωρήσετε μέχρι να το κάνετε.

Μία δήλωση `for` που σχεδιάζει τετράγωνα είναι :

```
for i in range(4):
    fd(bob, 100)
    lt(bob)
```

Η σύνταξη μίας δήλωσης `for` είναι παρόμοια με τον ορισμό μιας συνάρτησης. Έχει μία επικεφαλίδα που τελειώνει με μία άνω και κάτω τελεία και ένα σώμα εμφωλευμένο. Το σώμα δεν έχει συγκεκριμένο αριθμό δηλώσεων.

Μία δήλωση `for` μερικές φορές ονομάζεται **loop** επειδή η ροή εκτέλεσης περνά μέσα από το σώμα και στη συνέχεια επιστρέφει βρογχοειδώς πίσω στην κορυφή. Σε αυτή την περίπτωση, τρέχει το σώμα τέσσερις φορές.

Αυτή η εκδοχή είναι στην πραγματικότητα λίγο διαφορετική από τον προηγούμενο κώδικα σχεδίασης τετραγώνων δεδομένου ότι κάνει ακόμη μία στροφή αφότου σχεδιάσει την τελευταία πλευρά του τετραγώνου. Η επιπλέον στροφή παίρνει λίγο περισσότερο χρόνο, αλλά απλοποιεί τον κώδικα αν κάνουμε το ίδιο πράγμα κάθε φορά μέσα στο βρόγχο. Αυτή η εκδοχή έχει επίσης ως αποτέλεσμα να αφήνει τη χελώνα στην αρχική θέση, με φορά προς την αρχική κατεύθυνση.

4.3 Ασκήσεις

Τα παρακάτω είναι μία σειρά ασκήσεων οι οποίες χρησιμοποιούν τη `TurtleWorld`. Προορίζονται για διασκέδαση, αλλά έχουν και κάποιο νόημα. Ενώ εργάζεστε σε αυτές, σκεφτείτε ποιο είναι το νόημα.

Οι παρακάτω ενότητες έχουν λύσεις στις ασκήσεις, γι αυτό μην τις κοιτάξετε μέχρι να τις λύσετε (ή τουλάχιστον προσπαθήστε).

1. Γράψτε μία συνάρτηση με το όνομα `square` που θα παίρνει μια παράμετρο με το όνομα `t`, η οποία είναι μία χελώνα. Θα πρέπει να χρησιμοποιήσει τη χελώνα για να σχεδιάσει ένα τετράγωνο.

Γράψτε μία κλήση συνάρτησης η οποία περνάει την `bob` σαν ένα όρισμα στην `square`, έπειτα ξανατρέξτε το πρόγραμμα.

2. Προσθέστε μία άλλη παράμετρο με όνομα `length`, στη `square`. Τροποποιήστε το σώμα ώστε το μήκος των πλευρών να είναι η `length`, μετά τροποποιήστε την κλήση της συνάρτησης για να δώσετε ένα δεύτερο όρισμα. Τρέξτε το πρόγραμμα ξανά. Ελέγξτε το πρόγραμμά σας για διάφορες τιμές για την `length`.
3. Οι συναρτήσεις `lt` και `rt` κάνουν στροφές 90 μοιρών από προεπιλογή, αλλά μπορείτε να δώσετε ένα δεύτερο όρισμα που να καθορίζει τον αριθμό των μοιρών. Για παράδειγμα, η `lt(bob, 45)` στρέφει τη `lt(bob, 45)` 45 μοίρες στα αριστερά.
Κάντε ένα αντίγραφο της `square` και αλλάξτε το όνομά της σε `polygon`. Προσθέστε μία παράμετρο με όνομα `n` και τροποποιήστε το σώμα ώστε να σχεδιάζει ένα κανονικό πολύγωνο `n` πλευρών. Σημείωση: Οι εξωτερικές γωνίες ενός κανονικού πολυγώνου `n` πλευρών είναι $360/n$ μοίρες.
4. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `circle` η οποία παίρνει μία χελώνα `t`, και τα ακτίνια `r` ως παράμετρος και σχεδιάζει έναν κατά προσέγγιση κύκλο επικαλούμενη τη `polygon` με ένα κατάλληλο μήκος και αριθμό πλευρών. Ελέγξτε τη συνάρτησή σας με ένα εύρος τιμών της `r`. Σημείωση 1η: Υπολογίστε την περίμετρο του κύκλου και σιγουρευτείτε πως `length * n = περίμετρος`. Σημείωση 2η: Αν η `bob` είναι πολύ αργή για σας, μπορείτε να την επιταχύνετε αλλάζοντας την `bob.delay`, η οποία είναι ο χρόνος μεταξύ των κινήσεων, σε δευτερόλεπτα. Η `bob.delay = 0.01` θα πρέπει να τον κάνει να κινείται γρηγορότερα.
5. Φτιάξτε μία πιο γενική έκδοση της `circle` με όνομα `arc` η οποία παίρνει μία επιπλέον παράμετρο την `angle`, η οποία καθορίζει ποιο τμήμα ενός κύκλου θα σχεδιαστεί. Η `angle` μετρείται σε μοίρες, έτσι όταν η `angle=360` η `arc` θα πρέπει να σχεδιάσει ένα πλήρες κύκλο.

4.4 Ενθυλάκωση

Η πρώτη άσκηση σας ζητάει να βάλετε τον κώδικα σχεδίασης τετραγώνων σε έναν ορισμό συνάρτησης και μετά να καλέσετε τη συνάρτηση, περνώντας τη χελώνα σαν μία παράμετρο. Αυτή είναι μία λύση:

```
def square(t):
    for i in range(4):
        fd(t, 100)
        lt(t)
```

```
square(bob)
```

Οι ενδότερες δηλώσεις `fd` και `lt` είναι διπλά εμφωλευμένες για να δείξουν ότι βρίσκονται εντός του βρόγχου `for`, ο οποίος βρίσκεται μέσα στον ορισμό της συνάρτησης. Η επόμενη γραμμή, `square(bob)`, βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με το αριστερό όριο, ώστε να είναι το τέλος του βρόγχου `for` και του ορισμού της συνάρτησης.

Μέσα στη συνάρτηση, η `t` αναφέρεται στην ίδια χελώνα που αναφέρεται και η `bob` έτσι, η `lt(t)` έχει το ίδιο αποτέλεσμα με τη `lt(bob)`. Οπότε γιατί να μην καλέσουμε την παράμετρο `bob`; Η γενική ιδέα είναι ότι η `t` μπορεί να είναι οποιαδήποτε χελώνα, όχι μόνο η `bob`, έτσι μπορείτε να δημιουργήσετε μία δεύτερη χελώνα και να την περάσετε ως όρισμα στη `square`:

```
ray = Turtle()
square(ray)
```

Το να συμπεριλάβετε ένα κομμάτι του κώδικα στη συνάρτηση ονομάζεται "ενθυλάκωση". Ένα από τα πλεονεκτήματα της ενθυλάκωσης είναι ότι προσδίδει ένα όνομα στον κώδικα, το οποίο χρησιμεύει ως ένα είδος τεκμηρίωσης. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι πως αν χρησιμοποιήσετε ξανά τον κώδικα, είναι πιο λακωνικό να καλέσετε δύο φορές μία συνάρτηση παρά να αντιγράψετε ολόκληρο το σώμα της!

4.5 Γενίκευση

Το επόμενο βήμα είναι να προσθέσουμε μία παράμετρο `length` στην `square`. Αυτή είναι η λύση:

```
def square(t, length):
    for i in range(4):
        fd(t, length)
        lt(t)
```

```
square(bob, 100)
```

Η προσθήκη μίας παραμέτρου σε μία συνάρτηση ονομάζεται "γενίκευση" διότι κάνει την συνάρτηση πιο γενική: στην προηγούμενη εκδοχή, το τετράγωνο έχει πάντα το ίδιο μέγεθος, ενώ σε αυτήν την εκδοχή μπορεί να έχει οποιοδήποτε μέγεθος.

Το επόμενο βήμα είναι επίσης μία γενίκευση. Αντί να σχεδιάζει τετράγωνα, η `polygon` σχεδιάζει κανονικά πολύγωνα με οποιονδήποτε αριθμό πλευρών. Αυτή είναι η λύση:

```
def polygon(t, n, length):
    angle = 360.0 / n
    for i in range(n):
        fd(t, length)
        lt(t, angle)
```

```
polygon(bob, 7, 70)
```

Αυτό σχεδιάζει ένα πολύγωνο 7 πλευρών με μήκος πλευράς 70. Αν έχετε περισσότερα από μερικά αριθμητικά ορίσματα, είναι εύκολο να ξεχάσετε τι είναι τι, ή σε ποια σειρά θα πρέπει να βρίσκονται. Είναι έγκυρο, και κάποιες φορές χρήσιμο, να συμπεριλάβετε τα ονόματα των παραμέτρων στη λίστα ορισμάτων:

```
polygon(bob, n=7, length=70)
```

Αυτά ονομάζονται "λέξεις-κλειδιά ορίσματα" επειδή περιέχουν τα ονόματα των παραμέτρων ως "λέξεις-κλειδιά" (δεν θα πρέπει να συγχέονται με τις λέξεις κλειδιά της Python όπως είναι η `while` και η `def`).

Αυτή η σύνταξη κάνει το πρόγραμμα πιο ευανάγνωστο. Είναι επίσης μία υπενθύμιση σχετικά με το πως λειτουργούν τα ορίσματα και οι παράμετροι: όταν καλείτε μία συνάρτηση τα ορίσματα εκχωρούνται στις παραμέτρους.

4.6 Σχεδίαση διεπαφής

Το επόμενο βήμα είναι να γράψετε τη `circle`, η οποία παίρνει μία ακτίνα, την `r`, ως παράμετρο. Μία απλή λύση η οποία χρησιμοποιεί τη `polygon` για να σχεδιάσει ένα πολύγωνο 50 πλευρών:

```
def circle(t, r):
    circumference = 2 * math.pi * r
    n = 50
    length = circumference / n
    polygon(t, n, length)
```

Η πρώτη γραμμή υπολογίζει την περίμετρο ενός κύκλου με ακτίνα r χρησιμοποιώντας τον τύπο $2\pi r$. Από τη στιγμή που χρησιμοποιούμε τη `math.pi`, θα πρέπει να εισάγουμε τη `math`. Κατά συνθήκη, οι δηλώσεις `import` είναι συνήθως στην αρχή του σεναρίου.

Η n είναι το πλήθος των ευθύγραμων τμημάτων στον κατά προσέγγιση κύκλο μας, έτσι η `length` είναι το μήκος κάθε τμήματος. Επομένως, η `polygon` σχεδιάζει ένα πολύγωνο 50 πλευρών το οποίο προσεγγίζει ένα κύκλο με ακτίνα r .

Ένας από τους περιορισμούς αυτής της λύσης είναι ότι η n είναι μία σταθερά, το οποίο σημαίνει ότι για πολύ μεγάλους κύκλους, τα ευθύγραμμα τμήματα είναι πολύ μακριά, και για μικρούς κύκλους, σπαταλάμε χρόνο σχεδιάζοντας πολύ μικρά τμήματα. Μία λύση θα ήταν να γενικεύαμε τη συνάρτηση περνώντας την n σαν παράμετρο. Αυτό θα δώσει στο χρήστη (όταν καλεί την `circle`) περισσότερο έλεγχο, αλλά η διεπαφή θα γίνει λιγότερο ξεκάθαρη.

Η διεπαφή μίας συνάρτησης είναι μία σύνοψη του πως χρησιμοποιείται: ποιες είναι οι παράμετροι; τι κάνει η συνάρτηση; ποια είναι η επιστρεφόμενη τιμή; Μία διεπαφή είναι "ξεκάθαρη" εάν είναι "όσο το δυνατόν πιο απλή, αλλά όχι απλούστερη. (Αϊνστάιν) "

Σε αυτό το παράδειγμα, η r ανήκει στη διεπαφή επειδή προσδιορίζει τον κύκλο που θα σχεδιαστεί. Η n δεν είναι τόσο κατάλληλη επειδή αναφέρεται στις λεπτομέρειες του πως ο κύκλος θα πρέπει να καταστεί.

Αντί να υπερφορτώσουμε την διεπαφή, είναι καλύτερα να διαλέξουμε μία κατάλληλη τιμή για την n ανάλογα με την περιφέρεια:

```
def circle(t, r):
    circumference = 2 * math.pi * r
    n = int(circumference / 3) + 1
    length = circumference / n
    polygon(t, n, length)
```

Τώρα, ο αριθμός των τμημάτων είναι (περίπου) `circumference/3`, έτσι το μήκος κάθε τμήματος είναι (περίπου) 3, το οποίο είναι αρκετά μικρό ώστε ο κύκλος να φαίνεται καλός, αλλά και πολύ μεγάλο για να είναι αποδοτικό και κατάλληλο για οποιοδήποτε μέγεθος κύκλου.

4.7 Ανακατασκευή κώδικα

Όταν έγραψα τη `circle`, είχα την δυνατότητα να επαναχρησιμοποιήσω τη `polygon` επειδή ένα πολύπλευρο πολύγωνο είναι μία καλή προσέγγιση ενός κύκλου. Αλλά η `arc` δεν είναι τόσο συνεργάσιμη. Δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη `polygon` ή τη `circle` για να σχεδιάσουμε ένα τόξο.

Μία εναλλακτική λύση είναι να ξεκινήσουμε με ένα αντίγραφο της `polygon` και να το μετατρέψουμε σε `arc`. Το αποτέλεσμα θα μπορούσε να είναι κάπως έτσι:

```
def arc(t, r, angle):
    arc_length = 2 * math.pi * r * angle / 360
    n = int(arc_length / 3) + 1
```

```

step_length = arc_length / n
step_angle = float(angle) / n

for i in range(n):
    fd(t, step_length)
    lt(t, step_angle)

```

Το δεύτερο μισό αυτής της συνάρτησης μοιάζει με τη `polygon`, αλλά δεν μπορούμε να επαναχρησιμοποιήσουμε τη `polygon` χωρίς να αλλάξουμε τη διεπαφή. Θα μπορούσαμε να γενικεύσουμε τη `polygon` να παίρνει μία γωνία σαν ένα τρίτο όρισμα, αλλά τότε το `polygon` δεν θα είναι πλέον ένα κατάλληλο όνομα! Αντάυτου, ας καλέσουμε την πιο γενική συνάρτηση `polyline`:

```

def polyline(t, n, length, angle):
    for i in range(n):
        fd(t, length)
        lt(t, angle)

```

Τώρα μπορούμε να ξαναγράψουμε τη `polygon` και τη `arc` για να χρησιμοποιήσουμε τη `polyline`:

```

def polygon(t, n, length):
    angle = 360.0 / n
    polyline(t, n, length, angle)

def arc(t, r, angle):
    arc_length = 2 * math.pi * r * angle / 360
    n = int(arc_length / 3) + 1
    step_length = arc_length / n
    step_angle = float(angle) / n
    polyline(t, n, step_length, step_angle)

```

Τέλος, μπορούμε να ξαναγράψουμε τη `circle` για να χρησιμοποιήσουμε τη `arc`:

```

def circle(t, r):
    arc(t, r, 360)

```

Αυτή η διαδικασία αναδιάταξης ενός προγράμματος για τη βελτίωση των διεπαφών της συνάρτησης και τη διευκόλυνση της επαναχρησιμοποίησης του κώδικα ονομάζεται ανακατασκευή κώδικα (*refactoring*). Σε αυτήν την περίπτωση, παρατηρήσαμε ότι υπήρχε παρόμοιος κώδικας στη `arc` και στη `polygon`, και έτσι τον "ανακατασκευάσαμε" στη `polyline`.

Εάν το είχαμε προβλέψει, ίσως είχαμε γράψει τη `polyline` εξάρχής και θα αποφεύγαμε την ανακατασκευή, αλλά συχνά δεν ξέρετε αρκετά στην αρχή ενός έργου (*project*) για να σχεδιάσετε όλες τις διεπαφές. Μερικές φορές, η ανακατασκευή είναι ένα σημάδι ότι έχετε μάθει κάτι.

4.8 Ένα πλάνο ανάπτυξης

Ένα πλάνο ανάπτυξης είναι μία μέθοδος για να γράφουμε προγράμματα. Η μέθοδος που χρησιμοποιήσαμε σε αυτήν την περίπτωση είναι η "ενθυλάκωση" και η "γενίκευση". Τα βήματα αυτής της μεθόδου είναι :

1. Ξεκινήστε γράφοντας ένα μικρό πρόγραμμα χωρίς ορισμούς συναρτήσεων.
2. Από τη στιγμή που το πρόγραμμά σας δουλεύει, ενθυλακώστε το σε μία συνάρτηση και δώστε του ένα όνομα.

3. Γενικεύστε τη συνάρτηση προσθέτοντας κατάλληλες παραμέτρους.
4. Επαναλάβετε τα βήματα 1-3 μέχρι να έχετε ένα σύνολο από λειτουργικές συναρτήσεις. Αντιγράψτε τον λειτουργικό κώδικα για να αποφύγετε την επαναπληκτρολόγηση (και την επαναποσφαλμάτωση).
5. Ψάξτε για δυνατότητες βελτίωσης του προγράμματος μέσω της ανακατασκευής κώδικα. Για παράδειγμα, εάν έχετε παρόμοιο κώδικα σε αρκετά σημεία, σκεφτείτε να τον ανακατασκευάσετε σε μία καταλληλότερη γενική συνάρτηση.

Αυτή η διαδικασία έχει κάποια μειονεκτήματα. Θα δούμε εναλλακτικές λύσεις αργότερα, αλλά μπορεί να είναι χρήσιμη, εάν δεν γνωρίζετε εκ των προτέρων, πως να σπάτε ένα πρόγραμμα σε συναρτήσεις. Αυτή η προσέγγιση σας επιτρέπει να σχεδιάζετε όσο προχωράτε.

4.9 Συμβολοσειρά κειμένου

Συμβολοσειρά κειμένου (`docstring`) είναι μία συμβολοσειρά στην αρχή μιας συνάρτησης η οποία εξηγεί τη διεπαφή (το “doc” είναι συντομογραφία του “documentation”). Ένα παράδειγμα:

```
def polyline(t, n, length, angle):
    """Draws n line segments with the given length and
    angle (in degrees) between them. t is a turtle.
    """
    for i in range(n):
        fd(t, length)
        lt(t, angle)
```

Αυτή η συμβολοσειρά κειμένου είναι μια συμβολοσειρά με τριπλά εισαγωγικά, γνωστή και ως πολυγραμμική συμβολοσειρά επειδή τα τριπλά εισαγωγικά επιτρέπουν στη συμβολοσειρά να εκτείνεται σε περισσότερες από μία γραμμές.

Είναι λιτή, αλλά περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται κάποιος για να χρησιμοποιήσει αυτή τη συνάρτηση. Εξηγεί συνοπτικά τι κάνει η συνάρτηση (χωρίς να υπεισέρχεται σε λεπτομέρειες για το πως το κάνει). Εξηγεί τι επίδραση έχει κάθε παράμετρος στη συμπεριφορά της συνάρτησης και τι τύπο θα πρέπει να έχει η κάθε παράμετρος (αν δεν είναι προφανές).

Η συγγραφή αυτού του είδους τεκμηρίωσης είναι ένα σημαντικό κομμάτι του σχεδιασμού διεπαφής. Μία καλοσχεδιασμένη διεπαφή θα πρέπει να απλή στην εξήγηση. Αν δυσκολεύεστε να εξηγήσετε κάποια από τις συναρτήσεις σας, αυτό ίσως είναι ένα σημάδι ότι η διεπαφή θα μπορούσε να βελτιωθεί.

4.10 Αποσφαλμάτωση

Μία διεπαφή είναι σαν ένα συμφωνητικό μεταξύ μίας συνάρτησης και του καλούντος. Ο καλών δέχεται να παρέχει συγκεκριμένες παραμέτρους και η συνάρτηση δέχεται να κάνει μία συγκεκριμένη δουλειά.

Για παράδειγμα, η `polyline` απαιτεί τέσσερα ορίσματα: η `t` θα πρέπει να είναι μία χελώνα, η `n` είναι ο αριθμός των ευθύγραμμων τμημάτων, οπότε θα πρέπει να είναι ακέραιος. Η `length` θα πρέπει να είναι ένας θετικός αριθμός και η `angle` θα πρέπει να είναι αριθμός, εννοείται σε μοίρες.

Οι απαιτήσεις αυτές ονομάζονται προϋποθέσεις επειδή θα πρέπει να είναι αληθείς προτού αρχίσει να εκτελείται η συνάρτηση. Αντιστρόφως, οι συνθήκες στο τέλος της συνάρτησης ονομάζονται "μετα-συνθήκες". Οι "μετα-συνθήκες" περιλαμβάνουν το προβλεπόμενο αποτέλεσμα της συνάρτησης (όπως τη σχεδίαση ευθύγραμμων τμημάτων) και οποιεσδήποτε άλλες παράπλευρες ενέργειες (όπως η κίνηση της χελώνας ή άλλες αλλαγές στον κόσμο).

Οι προϋποθέσεις είναι ευθύνη του καλούντος. Αν ο καλών παραβιάσει μία (σωστά τεκμηριωμένη) προϋπόθεση και η συνάρτηση δε λειτουργεί σωστά, το λάθος είναι του καλούντα όχι της συνάρτησης.

4.11 Ορολογία

στιγμιότυπο: Ένα μέλος ενός συνόλου. Η TurtleWorld σε αυτό το κεφάλαιο είναι ένα μέλος του συνόλου της TurtleWorlds.

βρόχος: Ένα μέρος ενός προγράμματος που μπορεί να εκτελείται κατ' επανάληψη.

ενθυλάκωση: Η διαδικασία μετατροπής μίας ακολουθίας δηλώσεων σε ορισμό συνάρτησης.

γενίκευση: Η διαδικασία αντικατάστασης κάτι ασκόπως συγκεκριμενοποιημένου (όπως ένας αριθμός) με κάτι καταλληλότερα γενικευμένου (όπως μία μεταβλητή ή παράμετρος).

λέξη-κλειδί όρισμα: Ένα όρισμα το οποίο περιέχει το όνομα της παραμέτρου ως 'λέξη-κλειδί'.

διεπαφή: Μία περιγραφή του πώς χρησιμοποιείται μία συνάρτηση, συμπεριλαμβανομένου του ονόματος και των περιγραφών των ορισμάτων και της επιστρεφόμενης τιμής.

ανακατασκευή κώδικα: Η διαδικασία τροποποίησης ενός λειτουργικού προγράμματος για να βελτιωθούν οι διεπαφές της συνάρτησης και άλλες ιδιότητες του κώδικα.

πλάνο ανάπτυξης: Μία μέθοδος γραφής προγραμμάτων.

συμβολοσειρά κειμένου: Μία συμβολοσειρά η οποία εμφανίζεται σε ένα ορισμό συνάρτησης για να τεκμηριώσει τη διεπαφή της συνάρτησης.

προϋπόθεση: Μία συνθήκη που πρέπει να ικανοποιείται από τον καλούντα προτού ξεκινήσει η συνάρτηση.

μετά-συνθήκη : Μία συνθήκη η οποία πρέπει να ικανοποιηθεί από τη συνάρτηση προτού τελειώσει.

4.12 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 4.1

Κατεβάστε τον κώδικα σε αυτό το κεφάλαιο από το σύνδεσμο <http://thinkpython.com/code/polygon.py>.

1. Γράψτε κατάλληλες συμβολοσειρές κειμένου για τις `polygon`, `arc` και `circle`.
2. Σχεδιάστε ένα διάγραμμα στοίβας το οποίο δείχνει την κατάσταση του προγράμματος ενώ εκτελεί τη `circle(bob, radius)`. Μπορείτε να κάνετε τις πράξεις με το χέρι ή να προσθέσετε δηλώσεις `print` στον κώδικα.

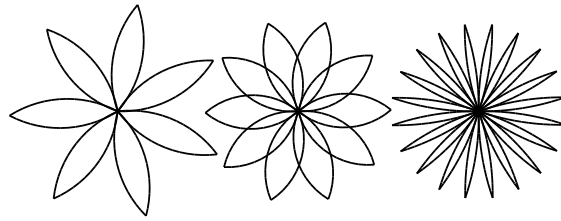


Figure 4.1: Turtle flowers.

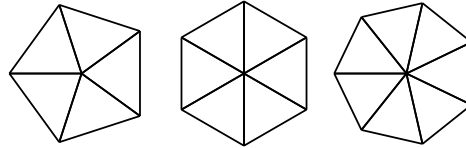


Figure 4.2: Turtle pies.

3. Η έκδοση της `arc` στην ενότητα 4.7 δεν είναι πολύ ακριβής επειδή η γραμμική προσέγγιση του κύκλου δεν είναι ποτέ ένας αληθινός κύκλος. Σαν αποτέλεσμα, η χελώνα τελειώνει λίγο πιο μακριά από τον σωστό προορισμό. Η δική μου λύση δείχνει έναν τρόπο να περιορίσουμε το φαινόμενο αυτού του λάθους. Διαβάστε τον κώδικα και δείτε αν μπορείτε να βγάλετε κάποιο νόημα. Εάν σχεδιάσετε ένα διάγραμμα, ίσως καταλάβετε πως δουλεύει. "Ανακατασκευή κώδικα"

ΑΣΚΗΣΗ 4.2

Γράψτε ένα σύνολο κατάλληλων γενικών συναρτήσεων οι οποίες θα μπορούν να σχεδιάσουν λουλούδια όπως αυτά στην Εικόνα 4.1.

Λύση: <http://thinkpython.com/code/flower.py>, απαιτεί επίσης <http://thinkpython.com/code/polygon.py>.

ΑΣΚΗΣΗ 4.3

Γράψτε ένα σύνολο κατάλληλων γενικών συναρτήσεων οι οποίες θα μπορούν να σχεδιάσουν σχήματα όπως στην Εικόνα 4.2.

Λύση: <http://thinkpython.com/code/pie.py>.

ΑΣΚΗΣΗ 4.4

Τα γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου μπορούν να σχεδιαστούν από ένα μέτριο αριθμό βασικών στοιχείων, όπως κάθετες και οριζόντιες γραμμές και μερικές καμπύλες. Σχεδιάστε μία γραμματοσειρά η οποία μπορεί να υλοποιηθεί με ένα μικρό αριθμό βασικών στοιχείων και στη συνέχεια γράψτε συναρτήσεις η οποίες θα σχεδιάζουν γράμματα του αγγλικού αλφαβήτου.

Πρέπει να γράψετε μία συνάρτηση για κάθε γράμμα, με ονόματα `draw_a`, `draw_b`, κτλ., και βάλτε της συναρτήσεις σε ένα φάκελο με όνομα `letters.py`. Μπορείτε να κατεβάσετε μία 'χελώνα δακτυλογράφο' από εδώ : <http://thinkpython.com/code/typewriter.py> για να σας βοηθήσει να ελέγξετε τον κώδικά σας.

Λύση: <http://thinkpython.com/code/letters.py>, απαιτεί επίσης : <http://thinkpython.com/code/polygon.py>.

ΑΣΚΗΣΗ 4.5

Διαβάστε σχετικά με τις σπείρες στο <http://en.wikipedia.org/wiki/Spiral>, και στη συνέχεια γράψτε ένα πρόγραμμα που θα σχεδιάζει μία Αρχιμήδεια σπείρα (ή ένα από τα υπόλοιπα είδη). Λύση: <http://thinkpython.com/code/spiral.py>.

Κεφάλαιο 5

Δηλώσεις υπό συνθήκη και αναδρομή

5.1 Τελεστής υπολογισμού υπολοίπου ακέραιας διαίρεσης

Ο τελεστής "υπόλοιπο" λειτουργεί σε ακέραιους αριθμούς και δίνει το υπόλοιπο όταν ο πρώτος τελεστέος διαιρείται από το δεύτερο. Στην Python, ο τελεστής "υπόλοιπο" είναι το σύμβολο επί τοις εκατό (%). Η σύνταξη είναι η ίδια όπως και με τους άλλους τελεστές:

```
>>> quotient = 7 / 3
>>> print quotient
2
>>> remainder = 7 % 3
>>> print remainder
1
```

Έτσι το 7 διαιρούμενο με το 3 μας δίνει υπόλοιπο 1.

Ο τελεστής "υπόλοιπο" αποδεικνύεται εκπληκτικά χρήσιμος. Για παράδειγμα, μπορείτε να ελέγξετε αν ένας αριθμός διαιρείται από έναν άλλο, εάν αυτό $x \% y$ είναι μηδέν, τότε ο x διαιρείται από τον y .

Επίσης, μπορείτε να εξαγάγετε το δεξιότερο ψηφίο ή ψηφία από έναν αριθμό. Για παράδειγμα, η $x \% 10$ δίνει το δεξιότερο ψηφίο της x (στη βάση του 10). Παρομοίως, η $x \% 100$ δίνει τα δύο τελευταία ψηφία.

5.2 Λογικές εκφράσεις

Μία λογική έκφραση είναι μία έκφραση η οποία είναι είτε αληθής ή ψευδής. Τα ακόλουθα παραδείγματα χρησιμοποιούν τον τελεστή `==`, ο οποίος συγκρίνει δύο τελεστέους και παράγει `True` αν είναι ίσοι και `False` σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση:

```
>>> 5 == 5
True
>>> 5 == 6
False
```

Η `True` και η `False` είναι ειδικές τιμές οι οποίες ανήκουν στον τύπο `bool`, δεν είναι συμβολοσειρές:

```
>>> type(True)
<type 'bool'>
>>> type(False)
<type 'bool'>
```

Ο τελεστής `==` είναι ένας από τους σχεσιακούς τελεστές, οι άλλοι είναι:

```
x != y          # x is not equal to y
x > y           # x is greater than y
x < y           # x is less than y
x >= y          # x is greater than or equal to y
x <= y          # x is less than or equal to y
```

Παρόλο που αυτές οι πράξεις σας είναι πιθανώς γνωστές, τα σύμβολα της Python είναι διαφορετικά από τα σύμβολα των μαθηματικών. Ένα σύννηθες λάθος είναι να χρησιμοποιείτε ένα μονό σύμβολο ισότητας (`=`) αντί για διπλό σύμβολο ισότητας (`==`). Να θυμάστε ότι το `=` είναι ένας τελεστής εκχώρησης και το `==` είναι ένας σχεσιακός τελεστής. Δεν υπάρχει κάτι αντίστοιχο των `=<` και `=>`.

5.3 Λογικοί τελεστές

Υπάρχουν τρεις λογικοί τελεστές: ο `and`, ο `or` και ο `not`. Η σημασιολογική ερμηνεία αυτών των τελεστών είναι παρόμοια με το νόημά τους στα Αγγλικά. Για παράδειγμα, η "`x > 0 and x < 10`" είναι αληθής μόνο αν το `x` είναι μεγαλύτερο του μηδενός και μικρότερο του 10.

Η "`n%2 == 0 or n%3 == 0`" είναι αληθείς αν οποιαδήποτε από τις συνθήκες είναι αληθής, αυτό συμβαίνει αν ο αριθμός διαιρείται με το 2 ή με το 3.

Τέλος, ο `not` τελεστής ακυρώνει μια λογική έκφραση, έτσι η "`not (x > y)`" είναι αληθής αν ο `x > y` είναι λάθος, αυτό συμβαίνει αν το `x` είναι μικρότερος ή ίσος του `y`.

Στην κυριολεξία, οι τελεστές των λογικών τελεστών θα πρέπει να είναι λογικές εκφράσεις, αλλά η Python δεν είναι τόσο αυστηρή. Κάθε μη μηδενικός αριθμός διερμηνεύεται ως "αληθής" ("`true`").

```
>>> 17 and True
True
```

Αυτή η ευελιξία μπορεί να είναι χρήσιμη, αλλά υπάρχουν κάποιες λεπτομέριες που μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση. Καλύτερα να το αποφύγετε (εκτός αν ξέρετε τι κάνετε).

5.4 Εκτέλεση υπό συνθήκη

Προκειμένου να γράψουμε χρήσιμα προγράμματα, σχεδόν πάντα χρειαζόμαστε τη δυνατότητα να ελέγχουμε συνθήκες και να αλλάζουμε αναλόγως τη συμπεριφορά του προγράμματος. Οι "δηλώσεις υπό συνθήκη" μας δίνουν αυτή τη δυνατότητα. Η απλούστερη μορφή είναι η δήλωση `if`:

```
if x > 0:
    print 'x is positive'
```

Η λογική έκφραση μετά την `if` ονομάζεται συνθήκη. Αν είναι αληθής, τότε η εμφωλευμένη δήλωση αρχίζει να εκτελείται. Αν όχι, δε γίνεται τίποτα.

Οι δηλώσεις `if` έχουν την ίδια δομή με τους ορισμούς συνάρτησης: μία επικεφαλίδα ακολουθούμενη από ένα εμφωλευμένο σώμα. Δηλώσεις όπως αυτές ονομάζονται σύνθετες δηλώσεις.

Δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των δηλώσεων που μπορούν να εμφανιστούν στο σώμα, αλλά πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον μία. Ενίοτε, είναι χρήσιμο να έχετε ένα σώμα χωρίς δηλώσεις (συνήθως σαν ένα κρατημένο μέρος για τον κώδικα που δεν έχετε γράψει ακόμη). Σε αυτή τη περίπτωση, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη δήλωση `pass`, η οποία δεν κάνει τίποτα.

```
if x < 0:
    pass                # need to handle negative values!
```

5.5 Εναλλακτική εκτέλεση

Μία δεύτερη μορφή της δήλωσης `if` είναι η εναλλακτική εκτέλεση, στην οποία υπάρχουν δύο ενδεχόμενα και η συνθήκη καθορίζει ποιο θα εκτελεστεί. Η σύνταξη μοιάζει κάπως έτσι:

```
if x%2 == 0:
    print 'x is even'
else:
    print 'x is odd'
```

Αν το υπόλοιπο της διαίρεσης του `x` με το 2 είναι 0, τότε καταλαβαίνουμε πως το `x` είναι άρτιος, και το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα γι αυτό το αποτέλεσμα. Αν η συνθήκη είναι ψευδής, εκτελείται το δεύτερο σύνολο δηλώσεων. Από τη στιγμή που η συνθήκη μπορεί να είναι αληθής ή ψευδής, ακριβώς μόνο μία από τις εναλλακτικές θα εκτελεστεί. Οι εναλλακτικές ονομάζονται κλάδοι, επειδή είναι κλάδοι (**branches**) στη ροή εκτέλεσης.

5.6 Αλυσιδωτές συνθήκες

Κάποιες φορές χρειαζόμαστε περισσότερους από δύο κλάδους γιατί υπάρχουν περισσότερες από δύο πιθανότητες. Ένας τρόπος για να εκφράσουμε έναν τέτοιο υπολογισμό είναι μία αλυσιδωτή συνθήκη:

```
if x < y:
    print 'x is less than y'
elif x > y:
    print 'x is greater than y'
else:
    print 'x and y are equal'
```

Η `elif` είναι μία συντομογραφία της “else if”. Και πάλι, ακριβώς ένας κλάδος θα εκτελεστεί. Δεν υπάρχει όριο στον αριθμό των `elif` δηλώσεων. Αν υπάρχει μία πρόταση `else`, θα πρέπει να βρίσκεται στο τέλος, αλλά δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει.

```
if choice == 'a':
    draw_a()
elif choice == 'b':
    draw_b()
elif choice == 'c':
    draw_c()
```

Η κάθε συνθήκη ελέγχεται με τη σειρά. Αν η πρώτη είναι λάθος, ελέγχεται η δεύτερη και ούτω καθεξής. Αν μία από αυτές είναι αληθής, εκτελείται ο αντίστοιχος κλάδος και η δήλωση τερματίζει. Ακόμη κι αν περισσότερες από μία συνθήκη είναι αληθείς, μόνο ο πρώτος αληθής κλάδος εκτελείται.

5.7 Εμφωλευμένες συνθήκες

Ένας όρος μπορεί επίσης να είναι εμφωλευμένος μέσα σε έναν άλλο. Επομένως, θα μπορούσαμε να είχαμε γράψει το παράδειγμα της τριχοτόμησης κάπως έτσι:

```
if x == y:
    print 'x and y are equal'
else:
    if x < y:
        print 'x is less than y'
    else:
        print 'x is greater than y'
```

Η εξωτερική συνθήκη περιέχει δύο κλάδους. Ο πρώτος κλάδος περιέχει μία απλή δήλωση. Ο δεύτερος κλάδος περιέχει μία άλλη δήλωση `if` η οποία έχει δύο κλάδους από μόνη της. Αυτοί οι δύο κλάδοι είναι απλές δηλώσεις, παρόλο που θα μπορούσαν επίσης να είναι δηλώσεις υπό συνθήκη.

Παρόλο που η ενδοπααραγραφοποίηση των δηλώσεων κάνει τη δομή εμφανή, οι εμφωλευμένες συνθήκες δεν είναι εύκολο να διαβαστούν γρήγορα. Γενικά, είναι καλή ιδέα να τις αποφεύγετε όποτε μπορείτε.

Οι λογικοί τελεστές παρέχουν συχνά ένα τρόπο για την απλοποίηση των εμφωλευμένων δηλώσεων υπό συνθήκη. Για παράδειγμα, μπορούμε να γράψουμε ξανά τον ακόλουθο κώδικα χρησιμοποιώντας μία απλή υπόθεση:

```
if 0 < x:
    if x < 10:
        print 'x is a positive single-digit number.'
```

Η δήλωση `print` εκτελείται μόνο αν είναι αληθείς και οι δυο συνθήκες, έτσι μπορούμε να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα με τον τελεστή `and`:

```
if 0 < x and x < 10:
    print 'x is a positive single-digit number.'
```

5.8 Αναδρομή

Είναι έγκυρο μία συνάρτηση να καλεί μία άλλη αλλά είναι επίσης έγκυρο μία συνάρτηση να καλεί τον εαυτό της. Ίσως να μην είναι προφανές για ποιο λόγο αυτό είναι χρήσιμο, αλλά αποδεικνύεται ένα από τα πιο μαγικά πράγματα που μπορεί να κάνει ένα πρόγραμμα. Για παράδειγμα, δείτε την ακόλουθη συνάρτηση:

```
def countdown(n):
    if n <= 0:
        print 'Blastoff!'
    else:
        print n
        countdown(n-1)
```


Αν η n είναι 0 ή αρνητική, στην έξοδο πέρνουμε τη λέξη “Blastoff!” Αλλιώς, η έξοδος είναι η τιμή της n και στη συνέχεια καλείται μία συνάρτηση με όνομα `countdown`, η οποία από μόνη της περνάει τη έκφραση $n-1$ σαν όρισμα.

Τί συμβαίνει αν καλέσουμε αυτή τη συνάρτηση με αυτό τον τρόπο:

```
>>> countdown(3)
```

Η εκτέλεση της `countdown` ξεκινάει με $n=3$, και από τη στιγμή που η n είναι μεγαλύτερη του 0, έχει σαν έξοδο την τιμή 3 και έπειτα καλεί τον εαυτό της...

Η εκτέλεση της `countdown` ξεκινάει με $n=2$, και από τη στιγμή που η n είναι μεγαλύτερη του 0, έχει σαν έξοδο την τιμή 2 και έπειτα καλεί τον εαυτό της...

Η εκτέλεση της `countdown` ξεκινάει με $n=1$, και από τη στιγμή που η n είναι μεγαλύτερη του 0, έχει σαν έξοδο την τιμή 1 και έπειτα καλεί τον εαυτό της...

Η εκτέλεση της `countdown` ξεκινάει με τη $n=0$, και από τη στιγμή που η n δεν είναι μεγαλύτερη του 0, έχει σαν έξοδο τη λέξη “Blastoff!” και έπειτα επιστρέφει.

Η `countdown` που πήρε $n=1$ επιστρέφει.

Η `countdown` που πήρε $n=2$ επιστρέφει.

Η `countdown` που πήρε $n=3$ επιστρέφει.

Και έπειτα βρίσκεστε πίσω στη `__main__`. Έτσι, η συνολική έξοδος είναι κάπως έτσι:

```
3
2
1
Blastoff!
```

Μία συνάρτηση η οποία καλεί τον εαυτό της ονομάζεται αναδρομική συνάρτηση και η διαδικασία ονομάζεται αναδρομή.

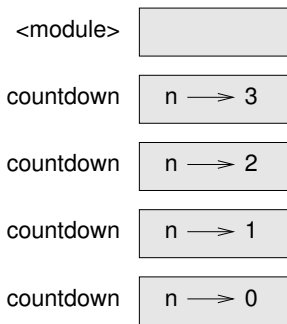
Σαν άλλο παράδειγμα, μπορούμε να γράψουμε μία συνάρτηση η οποία εμφανίζει μία συμβολοσειρά n φορές.

```
def print_n(s, n):
    if n <= 0:
        return
    print s
    print_n(s, n-1)
```

Αν $n \leq 0$ η δήλωση `return` τερματίζει τη συνάρτηση. Η ροή εκτέλεσης επιστρέφει αμέσως στην συνάρτηση που την κάλεσε, και οι υπόλοιπες γραμμές της συνάρτησης δεν εκτελούνται.

Η υπόλοιπη συνάρτηση είναι παρόμοια με τη `countdown`: εάν η n είναι μεγαλύτερη του 0, εμφανίζει τη s και μετά καλεί τον εαυτό της για να εμφανίσει την “ s ” $n - 1$ επιπλέον φορές. Έτσι ο αριθμός γραμμών της εξόδου είναι $1 + (n - 1)$, ο οποίος είναι ίσος με n .

Για απλά παραδείγματα όπως αυτά, είναι πιθανώς ευκολότερο να χρησιμοποιήσετε ένα βρόγχο `for`. Αλλά θα δούμε αργότερα παραδείγματα τα οποία είναι δύσκολο να γραφούν με ένα βρόγχο `for` και εύκολο να γραφούν με αναδρομή, γι αυτό το λόγο είναι καλό να ξεκινήσετε νωρίς.



Σχήμα 5.1: Διάγραμμα στοίβας.

5.9 Διαγράμματα στοίβας για αναδρομικές συναρτήσεις

Στην παράγραφο 3.10, χρησιμοποιήσαμε ένα διάγραμμα στοίβας για να αναπαραστήσουμε τη κατάσταση του προγράμματος κατά τη διάρκεια μιας κλήσης συνάρτησης. Το ίδιο είδος διαγράμματος μπορεί να βοηθήσει για να ερμηνεύσουμε μια αναδρομική συνάρτηση.

Κάθε φορά που καλείται μία συνάρτηση, η Python δημιουργεί ένα καινούργιο πλαίσιο συνάρτησης, το οποίο περιέχει τις τοπικές μεταβλητές και τις παραμέτρους της συνάρτησης. Για μία αναδρομική συνάρτηση, μπορεί να υπάρχουν την ίδια στιγμή, περισσότερα από ένα πλαίσια στη στοίβα.

Εικόνα 5.1 δείχνει ένα διάγραμμα στοίβας για τη `countdown` η οποία έχει καλεστεί με `n = 3`.

Ως συνήθως, στη κορυφή της στοίβας είναι το πλαίσιο για τη `__main__`. Είναι άδαιο γιατί δε δημιουργήσαμε μεταβλητές στη `__main__` ούτε της περάσαμε κάποιο όρισμα.

Τα τέσσερα πλαίσια `countdown` έχουν διαφορετικές τιμές για την παράμετρο `n`. Στο κάτω μέρος της στοίβας, όπου `n=0`, ονομάζεται περίπτωση βάσης. Δεν κάνει αναδρομική κλήση, γι αυτό δεν υπάρχουν άλλα πλαίσια.

ΑΣΚΗΣΗ 5.1

Σχεδιάστε ένα διάγραμμα στοίβας για τη `print_n` η οποία θα καλείται με `s = 'Hello'` και `n=2`.

ΑΣΚΗΣΗ 5.2

Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `do_n` η οποία παίρνει ένα αντικείμενο συνάρτησης και έναν αριθμό `n` ως ορίσματα και καλεί τη δοθείσα συνάρτηση `n` φορές.

5.10 Άπειρη αναδρομή

Αν μία αναδρομή δε φτάνει ποτε σε μία περίπτωση βάσης, συνεχίζει κάνοντας αναδρομικές κλήσεις για πάντα και αυτό το πρόγραμμα δεν τερματίζει ποτέ. Είναι γνωστή ως άπειρη αναδρομή, και δεν είναι καλή ιδέα γενικώς. Αυτό είναι ένα πολύ μικρό πρόγραμμα με άπειρη αναδρομή:

```
def recurse():
    recurse()
```

Στα περισσότερα προγραμματιστικά περιβάλλοντα, ένα πρόγραμμα με άπειρη αναδρομή δεν τρέχει για πάντα. Η Python αναφέρει ένα μήνυμα λάθους αν φτάσει στο μέγιστο βάθος αναδρομής:

```
File "<stdin>", line 2, in recurse
File "<stdin>", line 2, in recurse
File "<stdin>", line 2, in recurse
.
.
.
File "<stdin>", line 2, in recurse
RuntimeError: Maximum recursion depth exceeded
```

Αυτή η αναδρομή είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή που είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Όταν συμβεί το λάθος, υπάρχουν 1000 αναδρομικά πλαίσια στη στοίβα!

5.11 Είσοδος από το πληκτρολόγιο

Τα προγράμματα που έχουμε γράψει μέχρι στιγμής είναι λίγο αγενή με την έννοια ότι δε δέχονται καμία είσοδο από το χρήστη. Απλώς κάνουν το ίδιο πράγμα κάθε φορά.

Η Python 2 παρέχει μία ενσωματωμένη συνάρτηση με όνομα `raw_input` η οποία παίρνει είσοδο από το πληκτρολόγιο. Στην Python 3, έχει όνομα `input`. Όταν καλείται αυτή η συνάρτηση, το πρόγραμμα σταματάει και περιμένει το χρήστη να πληκτρολογήσει κάτι. Όταν ο χρήστης πατάει Return ή Enter, το πρόγραμμα συνεχίζει και η `raw_input` επιστρέφει ότι πληκτρολόγησε ο χρήστης σαν μία συμβολοσειρά.

```
>>> text = raw_input()
What are you waiting for?
>>> print text
What are you waiting for?
```

Πριν το πρόγραμμα πάρει την είσοδο από το χρήστη, είναι καλό να εμφανίζει ένα μήνυμα προτροπής το οποίο θα λέει στο χρήστη τι να εισάγει. Η `raw_input` μπορεί να πάρει σαν όρισμα ένα τέτοιο μήνυμα:

```
>>> name = raw_input('What...is your name?\n')
What...is your name?
Arthur, King of the Britons!
>>> print name
Arthur, King of the Britons!
```

Το `\n` στο τέλος του μηνύματος αναπαριστά μία **newline**, ο οποίος είναι ένας ειδικός χαρακτήρας που προκαλεί αλλαγή γραμμής. Για αυτό η είσοδος του χρήστη εμφανίζεται κάτω από το μήνυμα προτροπής.

Εάν περιμένετε ο χρήστης να πληκτρολογήσει έναν ακέραιο, μπορείτε να δοκιμάσετε να μετατρέψετε την επιστρεφόμενη τιμή σε `int`:

```
>>> prompt = 'What...is the airspeed velocity of an unladen swallow?\n'
>>> speed = raw_input(prompt)
What...is the airspeed velocity of an unladen swallow?
17
>>> int(speed)
17
```

Αλλά αν ο χρήστης πληκτρολογήσει κάτι διαφορετικό από μία σειρά ψηφίων, θα πάρετε ένα μήνυμα λάθους:

```
>>> speed = raw_input(prompt)
What...is the airspeed velocity of an unladen swallow?
What do you mean, an African or a European swallow?
>>> int(speed)
ValueError: invalid literal for int()
Θα δούμε πώς χειριζόμαστε τέτοιου είδους λάθη αργότερα.
```

5.12 Αποσφαλμάτωση

Η Python εμφανίζει αναδρομικά πολλές πληροφορίες όταν συμβεί κάποιο λάθος, κάτι το οποίο μπορεί να είναι υπερβολικό, ειδικά όταν υπάρχουν πολλά πλαίσια στη στοίβα. Τα πιο χρήσιμα σημεία είναι συνήθως:

- What kind of error it was, and
- Where it occurred.

Τα συντακτικά λάθη είναι συνήθως εύκολο να τα βρέθούν, αλλά υπάρχουν μερικές παγίδες. Τα λάθη λευκού κενού διαστήματος (whitespace errors) μπορεί να είναι δυσεπίλυτα γιατί τα κενά διαστήματα(spaces) και οι στήλοθέτες(tabs) είναι αόρατα και συνηθίζουμε να τα αγνοούμε.

```
>>> x = 5
>>> y = 6
File "<stdin>", line 1
    y = 6
    ^
```

SyntaxError: invalid syntax

Σε αυτό το παράδειγμα, το πρόβλημα είναι ότι η δεύτερη γραμμή έχει εσοχή ενός κενού διαστήματος. Αλλά το μήνυμα λάθους δείχνει το y, το οποίο είναι παραπλανητικό. Σε γενικές γραμμές, τα μηνύματα λάθους υποδεικνύουν που ανακαλύφθηκε το πρόβλημα, αλλά το πραγματικό λάθος μπορεί να είναι νωρίτερα στον κώδικα, ακόμη και σε μία προηγούμενη γραμμή.

Το ίδιο ισχύει και για τα λάθη χρόνου εκτέλεσης.

Υποθέστε ότι προσπαθείτε να υπολογίσετε ένα σηματοθυροβικό λόγο σε ντεσιμπέλ (dB). Ο τύπος είναι $SNR_{db} = 10 \log_{10}(P_{signal}/P_{noise})$. Στην Python, ίσως το γράφατε κάπως έτσι:

```
import math
signal_power = 9
noise_power = 10
ratio = signal_power / noise_power
decibels = 10 * math.log10(ratio)
print decibels
```

Αλλά όταν το τρέχετε στην Python 2, παίρνετε ένα μήνυμα λάθους.

```
Traceback (most recent call last):
  File "snr.py", line 5, in ?
    decibels = 10 * math.log10(ratio)
OverflowError: math range error
```

Το μήνυμα λάθους υποδεικνύει την γραμμή 5, αλλά δεν υπάρχει κάτι λάθος σε αυτήν τη γραμμή. Για να βρούμε το πραγματικό λάθος, ίσως θα ήταν χρήσιμο να εμφανίζαμε την τιμή της `ratio`, η οποία αποδεικνύεται ότι είναι 0. Το πρόβλημα είναι στη γραμμή 4, επειδή όταν διαιρούμε δύο ακέραιους αριθμούς έχουμε ακέραια διαίρεση. Η λύση είναι να αναπαραστήσουμε την ισχύ του σήματος και την ισχύ του θορύβου με αριθμούς κινητής υποδιαστολής.

Γενικά, τα μηνύματα λάθους σας λένε που ανακαλύφθηκε το πρόβλημα, αλλά συχνά αυτό δεν είναι και το που προκλήθηκε.

Στην Python 3, αυτό το παράδειγμα δεν προκαλεί σφάλμα, γιατί ο τελεστής της διαίρεσης εκτελεί δεκαδική διαίρεση ακόμα και με ακέραιους τελεστέους.

5.13 Ορολογία

τελεστής υπολογισμού υπολοίπου ακεραίας διαίρεσης: Ένας τελεστής, ο οποίος συμβολίζεται με το επί της εκατό συμβολο (%). Δουλεύει με ακεραίους και επιστρέφει το υπόλοιπο όταν διαιρέσουμε έναν αριθμό με κάποιον άλλον.

λογική έκφραση: Μία έκφραση της οποίας η τιμή είναι είτε αληθής (True) είτε ψευδής (False).

σχεσιακός τελεστής: Ένας τελεστής ο οποίος συγκρίνει δύο τελεστέους: `==`, `!=`, `>`, `<`, `>=`, και `<=`.

λογικός τελεστής: Ένας τελεστής ο οποίος συνενώνει δύο λογικές εκφράσεις: `and`, `or` και `not`.

δηλώσεις υπό συνθήκη: Μία δήλωση η οποία ελέγχει τη ροή εκτέλεσης ανάλογα με κάποια συνθήκη.

συνθήκη: Η λογική έκφραση σε μία υπό συνθήκη δήλωση η οποία καθορίζει ποιος κλάδος θα εκτελεστεί.

σύνθετη δήλωση: Μία δήλωση η οποία αποτελείται από μία επικεφαλίδα και ένα σώμα. Η επικεφαλίδα τελιώνει με μία άνω και κάτω τελεία (:). Και το σώμα είναι γραμμένο σε εσοχή σχετικά με την επικεφαλίδα.

κλάδος: Μία από τις εναλλακτικές ακολουθίες εντολών σε μία υπό συνθήκη δήλωση.

αλυσιδωτές συνθήκες: Μία υπό συνθήκη δήλωση με μια σειρά εναλλακτικών κλάδων.

εμφωλευμένη συνθήκη: Μία υπό συνθήκη δήλωση η οποία εμφανίζεται σε έναν από τους κλάδους μίας άλλης υπό συνθήκης δήλωσης.

αναδρομή: Η διαδικασία κατά την οποία καλείται η συνάρτηση η οποία τρέχει αυτή τη στιγμή.

περίπτωση βάσης: Ένας υπό συνθήκη κλάδος σε μία αναδρομική συνάρτηση ο οποίος δεν κάνει καμία αναδρομική κλήση.

άπειρη αναδρομή: Μία αναδρομή η οποία δεν έχει περίπτωση βάσης ή δεν την φτάνει ποτέ (δηλαδή δεν την επαληθεύει). Και τελικά, μία άπειρη αναδρομή προκαλεί ένα λάθος χρόνου εκτέλεσης.

5.14 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 5.1

Το τελευταίο θεώρημα του Fermat λέει ότι δεν υπάρχουν ακέραιοι a , b , και c τέτοιοι ώστε

$$a^n + b^n = c^n$$

για οποιαδήποτε τιμή του n μεγαλύτερη του 2.

1. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `check_fermat` η οποία θα παίρνει 4 παραμέτρους, a , b , c και n , και θα ελέγχει αν ισχύει το θεώρημα του Fermat. Αν το n είναι μεγαλύτερο του 2 και αποδεικνύεται ότι η σχέση

$$a^n + b^n = c^n$$

είναι αληθής, το πρόγραμμα θα πρέπει να εμφανίζει το μήνυμα: "Holy smokes, Fermat was wrong!" Αλλιώς θα εμφανίζει: "No, that doesn't work."

2. Γράψτε μία συνάρτηση η οποία ζητάει από το χρήστη να εισάγει τιμές για τις a , b , c και n , τις μετατρέπει σε ακέραιους και χρησιμοποιεί την `check_fermat` για να ελέγξει αν παραβιάζουν το θεώρημα του Fermat.

ΑΣΚΗΣΗ 5.2

Αν σας δωθούν τρία ξυλάκια, ίσως μπορείτε να σχηματίσετε ένα τρίγωνο με αυτά, ίσως και όχι. Για παράδειγμα, εάν ένα από τα ξυλάκια είναι 12 εκατοστά και τα άλλα δύο είναι 1 εκατοστό το καθένα, είναι προφανές ότι δεν θα είστε σε θέση να ενώσετε τα κοντά ξυλάκια μεταξύ τους. Μπορούμε να κάνουμε μία απλή δοκιμή για οποιαδήποτε τριάδα μηκών, ούτως ώστε να δούμε αν είναι εφικτό να σχηματίσουν ένα τρίγωνο:

Εάν ένα από τα τρία μήκη είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των άλλων δύο, τότε δεν μπορείτε να σχηματίσετε ένα τρίγωνο, αλλιώς μπορείτε. (Αν το άθροισμα δύο μηκών είναι ίσο με το τρίτο, σχηματίζουν ένα "εκφυλισμένο" τρίγωνο.)

1. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `is_triangle` η οποία θα παίρνει τρεις ακέραιους σαν ορίσματα και θα εμφανίζει στην έξοδο είτε "Yes" είτε "No," ανάλογα με το αν μπορείτε ή όχι να σχηματίσετε ένα τρίγωνο με τα ξυλάκια των δοθέντων μηκών.
2. Γράψτε μία συνάρτηση η οποία ζητάει από το χρήστη να εισάγει τρία μήκη για ξυλάκια, τα μετατρέπει σε ακέραιους και χρησιμοποιεί την `is_triangle` για να ελέγξει εάν τα ξυλάκια με τα δοθέντα μήκη μπορούν να σχεδιάσουν ένα τρίγωνο.

Οι ακόλουθες ασκήσεις χρησιμοποιούν την TurtleWorld από το Κεφάλαιο 4:

ΑΣΚΗΣΗ 5.3

Διαβάστε την παρακάτω συνάρτηση και δείτε αν μπορείτε να καταλάβετε τι κάνει. Στη συνέχεια τρέξτε την (δείτε τα παραδείγματα στο Κεφάλαιο 4).

```
def draw(t, length, n):
    if n == 0:
        return
```



Figure 5.2: A Koch curve.

```

angle = 50
fd(t, length*n)
lt(t, angle)
draw(t, length, n-1)
rt(t, 2*angle)
draw(t, length, n-1)
lt(t, angle)
bk(t, length*n)

```

ΑΣΚΗΣΗ 5.4

Η καμπύλη του Koch είναι ένα φράκταλ το οποίο είναι όπως αυτό στην Εικόνα 5.2. Για να σχεδιάσετε μία καμπύλη του Koch με μήκος q , το μόνο που έχετε να κάνετε είναι:

1. Σχεδιάστε μία καμπύλη του Koch με μήκος $x/3$.
2. Στρίψτε αριστερά 60 μοίρες.
3. Σχεδιάστε μία καμπύλη του Koch με μήκος $x/3$.
4. Στρίψτε δεξιά 120 μοίρες.
5. Σχεδιάστε μία καμπύλη του Koch με μήκος $x/3$.
6. Στρίψτε αριστερά 60 μοίρες.
7. Σχεδιάστε μία καμπύλη του Koch με μήκος $x/3$.

Η εξαίρεση είναι εάν το x είναι μικρότερο του 3: σε αυτήν την περίπτωση μπορείτε απλά να σχεδιάσετε μία ευθεία γραμμή με μήκος x .

1. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `koch` η οποία θα παίρνει μία χελώνα και ένα μήκος σαν παραμέτρους, και χρησιμοποιεί τη χελώνα για να σχεδιάσει μία καμπύλη του Koch με το δοθέν μήκος.
2. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `snowflake` η οποία θα σχεδιάζει τρεις καμπύλες του Koch για να φτιάξει το περίγραμμα μίας νιφάδας χιονιού.

Λύση: <http://thinkpython.com/code/koch.py>.

3. Η καμπύλη του Koch μπορεί να γενικευθεί με διάφορους τρόπους. Δείτε εδώ: http://en.wikipedia.org/wiki/Koch_snowflake κάποια παραδείγματα και υλοποιήστε όποιο σας αρέσει.

Κεφάλαιο 6

Γόνιμες Συναρτήσεις

6.1 Επιστρεφόμενες τιμές

Μερικές από τις ενσωματωμένες συναρτήσεις που έχουμε χρησιμοποιήσει, όπως οι μαθηματικές συναρτήσεις, παράγουν αποτελέσματα. Καλώντας τη συνάρτηση δημιουργείται μία τιμή, την οποία συνήθως την εκχωρούμε σε μία μεταβλητή ή τη χρησιμοποιούμε ως μέρος μίας έκφρασης.

```
e = math.exp(1.0)
height = radius * math.sin(radians)
```

Όλες οι συναρτήσεις που έχουμε γράψει μέχρι τώρα είναι κενές (**void**). Εμφανίζουν κάτι στην έξοδο ή μετακινούν χελώνες, αλλά η επιστρεφόμενη τιμή τους είναι **None**.

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα γράψουμε (επιτέλους) γόνιμες (**fruitful**) συναρτήσεις. Το πρώτο παράδειγμα είναι η **area**, η οποία επιστρέφει το εμβαδόν ενός κύκλου με τη δοθείσα ακτίνα:

```
def area(radius):
    temp = math.pi * radius**2
    return temp
```

Έχουμε ξαναδεί τη δήλωση **return** και νωρίτερα, αλλά σε μία γόνιμη συνάρτηση η δήλωση **return** περιλαμβάνει μία έκφραση. Αυτή η δήλωση σημαίνει: "Επέστρεψε αμέσως από αυτή τη συνάρτηση και χρησιμοποίησε την ακόλουθη έκφραση σαν επιστρεφόμενη τιμή." Η έκφραση μπορεί να είναι αυθαίρετα πολύπλοκη, έτσι θα μπορούσαμε να είχαμε γράψει αυτή τη συνάρτηση πιο συνοπτικά:

```
def area(radius):
    return math.pi * radius**2
```

Από την άλλη πλευρά, οι προσωρινές μεταβλητές όπως η **temp** κάνουν συχνά την αποσφαλμάτωση ευκολότερη.

Μερικές φορές είναι χρήσιμο να έχουμε πολλαπλές δηλώσεις επιστροφής, μία για κάθε κλάδο μίας συνθήκης:

```
def absolute_value(x):
    if x < 0:
        return -x
    else:
        return x
```

Από τη στιγμή που αυτές οι δηλώσεις επιστροφής είναι μέσα σε μία εναλλακτική συνθήκη, μόνο μία θα εκτελεσθεί.

Αμέσως μόλις εκτελεσθεί μία δήλωση επιστροφής, η συνάρτηση τερματίζει χωρίς να εκτελεσθεί καμία από τις επόμενες δηλώσεις. Ο κώδικας που βρίσκεται μετά από μία δήλωση επιστροφής `return` ή σε οποιοδήποτε άλλο μέρος που δεν φτάνει ποτέ η ροή εκτέλεσης, ονομάζεται νεκρός κώδικας (**dead code**).

Σε μία γόνιμη συνάρτηση, καλό θα ήταν, για κάθε δυνατό μονοπάτι διά μέσου του κώδικα να υπάρχει και μία δήλωση `return`. Για παράδειγμα:

```
def absolute_value(x):
    if x < 0:
        return -x
    if x > 0:
        return x
```

αυτή η συνάρτηση είναι λάθος γιατί εάν το `x` είναι 0, τότε καμία από τις συνθήκες δεν είναι επαληθεύεται, και η συνάρτηση τερματίζει χωρίς να έχει "πετύχει" κάποια δήλωση `return`. Εάν η ροή εκτέλεσης φτάσει στο τέλος μίας συνάρτησης, η επιστρεφόμενη τιμή είναι `None`, η οποία δεν είναι η απόλυτη τιμή του 0.

```
>>> print absolute_value(0)
None
```

Παρεμπιπτόντως, η Python παρέχει μία ενσωματωμένη συνάρτηση με όνομα `abs` η οποία υπολογίζει απόλυτες τιμές.

ΑΣΚΗΣΗ 6.1.

Γράψτε μία συνάρτηση `compare` η οποία θα επιστρέφει 1 αν `x > y`, 0 αν `x == y`, και -1 αν `x < y`.

6.2 Σταδιακή ανάπτυξη

Όσο θα γράφετε όλο και μεγαλύτερες συναρτήσεις, ίσως διαπιστώσετε ότι αφιερώνετε περισσότερο χρόνο για αποσφαλμάτωση.

Για την αντιμετώπιση όλο και πιο πολύπλοκων προγραμμάτων, ίσως θα θέλατε να δοκιμάσετε μία διαδικασία που ονομάζεται σταδιακή ανάπτυξη. Στόχος αυτής της διαδικασίας είναι η αποφυγή μεγάλων διαστημάτων αποσφαλμάτωσης προσθέτοντας και δοκιμάζοντας μικρά κομμάτια κώδικα κάθε φορά.

Σαν παράδειγμα, υποθέστε ότι θέλετε να βρείτε την απόσταση μεταξύ δύο σημείων, δοθέντων των συντεταγμένων (x_1, y_1) και (x_2, y_2) . Βάση του Πυθαγόρειου θεωρήματος, η απόσταση δίνεται από τον τύπο:

$$\text{distance} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Το πρώτο βήμα είναι να εξετάσετε πως θα πρέπει να μοιάζει μία συνάρτηση απόστασης στην Python. Με άλλα λόγια, ποιες θα είναι οι είσοδοι (παράμετροι) και ποια θα είναι η έξοδος (επιστρεφόμενη τιμή).

Σε αυτήν τη περίπτωση, οι είσοδοι είναι δύο σημεία, τα οποία μπορείτε να αναπαραστήσετε χρησιμοποιώντας τέσσερις αριθμούς, και η επιστρεφόμενη τιμή είναι η απόσταση, η οποία είναι μία τιμή κινητής υποδιαστολής.

Είστε ήδη σε θέση να γράψετε ένα πρωτότυπο της συνάρτησης:

```
def distance(x1, y1, x2, y2):
    return 0.0
```

Προφανώς, αυτή η έκδοση δεν υπολογίζει αποστάσεις, επιστρέφει πάντα μηδέν. Αλλά συντακτικά είναι σωστή και τρέχει, το οποίο σημαίνει ότι μπορείτε να την δοκιμάσετε πριν την κάνετε πιο πολύπλοκη.

Για να δοκιμάσετε την συνάρτηση, καλέστε την με κάποια τυχαία ορίσματα:

```
>>> distance(1, 2, 4, 6)
0.0
```

Επέλεξα αυτές τις τιμές ούτως ώστε η οριζόντια απόσταση να είναι 3 και η κάθετη απόσταση να είναι 4. Με αυτόν τον τρόπο το αποτέλεσμα βγαίνει 5 (η υποτείνουσα ενός 3-4-5 τριγώνου). Όταν δοκιμάζουμε μία συνάρτηση, είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε τη σωστή απάντηση εκ των προτέρων.

Σε αυτό το σημείο, έχουμε επιβεβαιώσει ότι η συνάρτηση είναι συντακτικά σωστή, και μπορούμε να αρχίσουμε να προσθέτουμε κώδικα στο σώμα της. Το επόμενο λογικό βήμα είναι να βρούμε τις διαφορές $x_2 - x_1$ και $y_2 - y_1$. Η επόμενη έκδοση αποθηκεύει αυτές τις τιμές σε προσωρινές μεταβλητές και τις εμφανίζει στην έξοδο.

```
def distance(x1, y1, x2, y2):
    dx = x2 - x1
    dy = y2 - y1
    print 'dx is', dx
    print 'dy is', dy
    return 0.0
```

Εάν η συνάρτηση δουλεύει, θα πρέπει να εμφανίσει 'dx is 3' και 'dy is 3'. Εάν ναι, ξέρουμε ότι η συνάρτηση πέρνει τα σωστά ορίσματα και εκτελεί σωστά τον πρώτο υπολογισμό. Εάν όχι, πρέπει να ελέγξουμε μόνο μερικές γραμμές κώδικα.

Στη συνέχεια, υπολογίζουμε το άθροισμα των τετραγώνων των dx και dy :

```
def distance(x1, y1, x2, y2):
    dx = x2 - x1
    dy = y2 - y1
    dsquared = dx**2 + dy**2
    print 'dsquared is: ', dsquared
    return 0.0
```

Σε αυτό το στάδιο θα πρέπει να εκτελέσετε πάλι το πρόγραμμα και να ελέγξετε την έξοδο (η οποία θα πρέπει να είναι 25). Εν τέλει, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την `math.sqrt` για να υπολογίσετε και να επιστρέψετε το αποτέλεσμα:

```
def distance(x1, y1, x2, y2):
    dx = x2 - x1
    dy = y2 - y1
    dsquared = dx**2 + dy**2
    result = math.sqrt(dsquared)
    return result
```

Εάν αυτό δουλεύει σωστά, έχετε τελειώσει. Αλλιώς, καλό θα ήταν να εμφανίσετε την τιμή της `result` πριν τη δήλωση επιστροφής.

Η τελική έκδοση της συνάρτησης δεν εμφανίζει τίποτα όταν τρέχει, επιστρέφει μόνο μία τιμή. Οι δηλώσεις `print` που γράψαμε είναι χρήσιμες μόνο για αποσφαλμάτωση, αλλά από τη στιγμή που έχετε μία λειτουργική συνάρτηση, καλό θα ήταν να τις αφαιρέσετε. Ένας τέτοιος κώδικας ονομάζεται "σκαλωσιά" γιατί είναι χρήσιμο για την κατασκευή του προγράμματος αλλά δεν είναι μέρος του τελικού προϊόντος.

Για αρχή, καλό θα ήταν να προσθέσετε μία ή δύο γραμμές κώδικα κάθε φορά. Όσο όμως αποκτάτε περισσότερη εμπειρία, ίσως διαπιστώσετε ότι θα γράφετε και θα αποσφαλματώνετε μεγαλύτερα κομμάτια κώδικα. Σε κάθε περίπτωση, η σταδιακή ανάπτυξη μπορεί να σας γλυτώσει από περιττό χρόνο αποσφαλμάτωσης.

Οι βασικές πτυχές της διαδικασίας είναι:

1. Ξεκινήστε με ένα λειτουργικό πρόγραμμα και κάντε μικρές και σταδιακές αλλαγές. Έτσι, αν υπάρχει κάποιο λάθος σε οποιοδήποτε σημείο, θα ξέρετε που περίπου είναι.
2. Χρησιμοποιείτε προσωρινές μεταβλητές για να κρατάτε τις ενδιάμεσες τιμές ούτως ώστε να είστε σε θέση να τις εμφανίσετε και να τις ελέγξετε.
3. Μόλις το πρόγραμμα γίνει λειτουργικό, ίσως θελήσετε να αφαιρέσετε τη σκαλωσιά ή ακόμα και να συνενώσετε πολλαπλές δηλώσεις σε σύνθετες εκφράσεις, αλλά μόνο εάν δεν επηρεάζουν αρνητικά την ανάγνωση του προγράμματος.

ΑΣΚΗΣΗ 6.2.

Χρησιμοποιώντας τη σταδιακή ανάπτυξη, γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `hypotenuse` η οποία θα επιστρέφει το μήκος της υποτείνουσας ενός ορθογωνίου τριγώνου περνώντας τα μήκη των δύο κάθετων πλευρών σαν ορίσματα. Καταγράψτε κάθε στάδιο της ανάπτυξης όσο προχωράτε.

6.3 Σύνθεση

Όπως ήδη γνωρίζετε, μπορείτε να καλέσετε μία συνάρτηση μέσα από μία άλλη. Αυτή η δυνατότητα ονομάζεται σύνθεση (**composition**).

Σαν παράδειγμα, θα γράψουμε μία συνάρτηση η οποία παίρνει δύο σημεία, το κέντρο του κύκλου και ένα σημείο της περιφέρειας, και υπολογίζει το εμβαδόν του κύκλου.

Ας υποθέσουμε ότι το κέντρικό σημείο αποθηκεύεται στις μεταβλητές `xc` και `yc`, και το σημείο της περιφέρειας στις `xp` και `yp`. Το πρώτο βήμα είναι να βρούμε την ακτίνα του κύκλου, η οποία είναι ίση με την απόσταση των δύο σημείων. Αυτό το κάνει η προηγούμενη συνάρτηση, `distance`, που γράψαμε:

```
radius = distance(xc, yc, xp, yp)
```

Το επόμενο βήμα είναι να βρούμε το εμβαδόν του κύκλου με αυτήν την ακτίνα, το οποίο έχουμε γράψει επίσης νωρίτερα:

```
result = area(radius)
```

Εμπερικλείοντας αυτά τα βήματα σε μία συνάρτηση, παίρνουμε:

```
def circle_area(xc, yc, xp, yp):
    radius = distance(xc, yc, xp, yp)
    result = area(radius)
    return result
```

Οι προσωρινές μεταβλητές `radius` και `result` είναι χρήσιμες για ανάπτυξη και αποσφαλμάτωση, αλλά από τη στιγμή που το πρόγραμμα είναι λειτουργικό, μπορούμε να το κάνουμε πιο συνοπτικό συνθέτοντας τις κλήσεις συναρτήσεων:

```
def circle_area(xc, yc, xp, yp):
    return area(distance(xc, yc, xp, yp))
```

6.4 Λογικές συναρτήσεις

Οι συναρτήσεις μπορούν να επιστρέφουν και λογικές τιμές, το οποίο συχνά είναι βολικό για να κρύβουμε πολύπλοκους ελέγχους μέσα σε συναρτήσεις. Για παράδειγμα:

```
def is_divisible(x, y):
    if x % y == 0:
        return True
    else:
        return False
```

Στις λογικές συναρτήσεις, δίνουμε συνήθως ονόματα τα οποία μοιάζουν με ερωτήσεις μονολεκτικής απάντησης (ναι ή όχι). Η `is_divisible` επιστρέφει `True` ή `False` για να υποδείξει εάν το `x` διαιρείται από το `y` ή όχι.

Παράδειγμα:

```
>>> is_divisible(6, 4)
False
>>> is_divisible(6, 3)
True
```

Το αποτέλεσμα του τελεστή `==` είναι λογική τιμή. Έτσι, μπορούμε να γράψουμε την προηγούμενη συνάρτηση πιο συνοπτικά επιστρέφοντας κατευθείαν αυτήν την τιμή:

```
def is_divisible(x, y):
    return x % y == 0
```

Οι λογικές συναρτήσεις χρησιμοποιούνται συχνά σε δηλώσεις υπό συνθήκη:

```
if is_divisible(x, y):
    print 'x is divisible by y'
```

Ήσως μπείτε στον πειρασμό να γράψετε κάτι τέτοιο:

```
if is_divisible(x, y) == True:
    print 'x is divisible by y'
```

Αλλά η επιπλέον σύγκριση είναι περιττή.

ΑΣΚΗΣΗ 6.3.

Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `is_between(x, y, z)` η οποία θα επιστρέφει `True` αν $x \leq y \leq z$ ή αλλιώς `False`.

6.5 Περισσότερη αναδρομή

Έχουμε καλύψει μόνο ένα μικρό υποσύνολο της Python, αλλά αυτό το υποσύνολο είναι μία πλήρης γλώσσα προγραμματισμού, το οποίο σημαίνει ότι οτιδήποτε μπορεί να υπολογιστεί μπορεί να εκφραστεί σε αυτή τη γλώσσα. Κάθε πρόγραμμα που έχει γραφτεί ποτέ, θα μπορούσε να ξαναγραφτεί χρησιμοποιώντας μόνο τα χαρακτηριστικά της γλώσσας που έχετε μάθει μέχρι τώρα (στην πραγματικότητα, χρειάζεστε μερικές εντολές ακόμα για να ελέγχετε συσκευές όπως το πληκτρολόγιο, το ποντίκι, τους δίσκους, κλπ., αλλά αυτό είναι όλο).

Η απόδειξη αυτού του ισχυρισμού είναι μία τετριμμένη άσκηση, η λύση της οποίας επιτεύχθηκε πρώτη φορά από τον Alan Turing, έναν από τους πρώτους επιστήμονες της πληροφορικής (κάποιοι ισχυρίζονται ότι ήταν ένας μαθηματικός, αλλά πολλοί από τους πρώτους επιστήμονες της πληροφορικής ξεκίνησαν σαν μαθηματικοί). Επομένως, είναι γνωστή ως Διατριβή Turing. Για μία πιο ολοκληρωμένη (και ακριβή) ανάλυση της Διατριβής Turing, προτείνω το βιβλίο του Michael Sipser *Introduction to the Theory of Computation*.

Για να σας δώσω μία ιδέα του τι μπορείτε να κάνετε με όσα μάθατε μέχρι τώρα, θα αξιολογήσουμε μερικές αναδρομικά οριζόμενες μαθηματικές συναρτήσεις. Ένας αναδρομικός ορισμός είναι παρόμοιος με κυκλικό ορισμό, με την έννοια ότι ο ορισμός περιέχει μία αναφορά σε κάτι το οποίο έχει ήδη οριστεί. Ένας πραγματικά κυκλικός ορισμός δεν είναι και πολύ χρήσιμος:

θανάσιμο: Ένας επιθετικός προσδιορισμός που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ότι κάτι είναι θανάσιμο.

Μάλλον θα σας ενοχλούσε αν βλέπατε αυτόν τον ορισμό σε ένα λεξικό. Από την άλλη μεριά, αν κοιτάξετε τον ορισμό της παραγοντικής συνάρτησης, η οποία συμβολίζεται με θαυμαστικό !, ίσως βλέπατε κάτι τέτοιο:

$$\begin{aligned}0! &= 1 \\ n! &= n(n-1)!\end{aligned}$$

Αυτός ο ορισμός λέει ότι το παραγοντικό του 0 είναι 1, και το παραγοντικό οποιουδήποτε άλλου αριθμού, n είναι το n πολλαπλασιαζόμενο με το παραγοντικό του $n-1$.

Έτσι, το $3!$ είναι 3 φορές το $2!$, το οποίο είναι 2 φορές το $1!$, το οποίο είναι 1 φορά το $0!$. Βάζοντάς τα όλα μαζί, προκύπτει ότι το $3!$ είναι ίσο με 3 φορές το 2 φορές το 1 φορά το 1, το οποίο είναι 6.

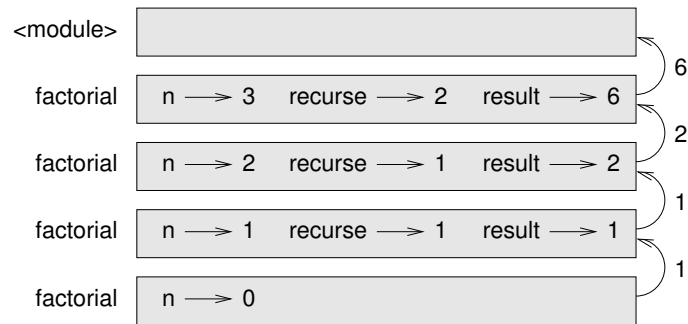
Αν μπορείτε να γράψετε κάποιον αναδρομικό ορισμό, τότε συνήθως μπορείτε να γράψετε και ένα πρόγραμμα σε Python για να τον υπολογίσει. Το πρώτο βήμα είναι να αποφασίσουμε ποιές πρέπει να είναι οι παράμετροι. Σε αυτήν την περίπτωση είναι ξεκάθαρο ότι η συνάρτηση `factorial` παίρνει έναν ακέραιο:

```
def factorial(n):
```

Εάν το όρισμα είναι 0, τότε το μόνο που πρέπει να κάνουμε είναι να επιστρέψουμε 1:

```
def factorial(n):
    if n == 0:
        return 1
```

Αλλιώς, και αυτό είναι το ενδιαφέρον κομμάτι, πρέπει να κάνουμε μία αναδρομική κλήση για να βρούμε το παραγοντικό του $n-1$ και μετά να το πολλαπλασιάσουμε με το n :



Σχήμα 6.1: Διάγραμμα Στοιβάς.

```
def factorial(n):
    if n == 0:
        return 1
    else:
        recurse = factorial(n-1)
        result = n * recurse
        return result
```

Η ροή εκτέλεσης αυτού του προγράμματος είναι παρόμοια με τη ροή της `countdown` στην Ενότητα 5.8. Αν καλέσουμε την `factorial` με τιμή 3:

Αφού το 3 δεν είναι 0, παίρνουμε το δεύτερο κλάδο και υπολογίζουμε το παραγοντικό του $n-1$...

Αφού το 2 δεν είναι 0, παίρνουμε το δεύτερο κλάδο και υπολογίζουμε το παραγοντικό του $n-1$...

Αφού το 1 δεν είναι 0, παίρνουμε το δεύτερο κλάδο και υπολογίζουμε το παραγοντικό του $n-1$...

Αφού το 0 είναι 0, παίρνουμε τον πρώτο κλάδο και επιστρέφουμε 1 χωρίς να κάνουμε άλλες αναδρομικές κλήσεις.

Η επιστρεφόμενη τιμή (1) πολλαπλασιάζεται με n , το οποίο είναι 1, και το αποτέλεσμα επιστρέφεται.

Η επιστρεφόμενη τιμή (1) πολλαπλασιάζεται με n , το οποίο είναι 2, και το αποτέλεσμα επιστρέφεται.

Η επιστρεφόμενη τιμή (2) πολλαπλασιάζεται με n , το οποίο είναι 3, και το αποτέλεσμα (6), γίνεται η επιστρεφόμενη τιμή της κλήσης συνάρτησης η οποία ξεκίνησε όλη τη διαδικασία.

Η εικόνα 6.1 δείχνει πως είναι το διάγραμμα στοιβάς για αυτή τη σειρά των κλήσεων συναρτήσεων.

Οι επιστρεφόμενες τιμές εμφανίζονται να περνάνε προς τα πίσω στη στοιβά. Σε κάθε πλαίσιο, η επιστρεφόμενη τιμή είναι η τιμή της `result`, η οποία είναι το γινόμενο της n και της `recurse`.

Στο τελευταίο πλαίσιο, οι τοπικές μεταβλητές `recurse` και `result` δεν υπάρχουν, γιατί ο κλάδος που τις δημιουργεί δεν εκτελείται.

6.6 Άλμα πίστης

Ένας τρόπος να διαβάζουμε προγράμματα είναι να ακολουθούμε τη ροή εκτέλεσης, κάτι το οποίο μπορεί να γίνει γρήγορα λαβύρινθος. Ένας εναλλακτικός τρόπος είναι αυτό που εγώ ονομάζω "άλμα πίστης" (leap of faith). Όταν βρεθείτε σε μία κλήση συνάρτησης, αντί να ακολουθήσετε τη ροή της εκτέλεσης, υποθέστε ότι η συνάρτηση δουλεύει σωστά και επιστρέφει το σωστό αποτέλεσμα.

Στην πραγματικότητα, εφαρμόζετε ήδη αυτό το άλμα πίστης όταν χρησιμοποιείτε τις ενσωματωμένες συναρτήσεις. Όταν καλείτε την `math.cos` ή `math.exp`, δεν εξετάζετε τα σώματα αυτών των συναρτήσεων. Απλώς θεωρείτε ότι δουλεύουν επειδή οι άνθρωποι που γράψανε τις ενσωματωμένες συναρτήσεις ήταν καλοί προγραμματιστές.

Το ίδιο ισχύει και όταν καλείτε μία από τις δικές σας συναρτήσεις. Για παράδειγμα, στην Ενότητα 6.4, γράψαμε μία συνάρτηση με όνομα `is_divisible` η οποία προσδιορίζει εάν ένας αριθμός διαιρείται από έναν άλλο. Από τη στιγμή που πειστήκαμε ότι αυτή η συνάρτηση είναι σωστή, εξετάζοντας και δοκιμάζοντας τον κώδικα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνάρτηση χωρίς να ξανακοιτάζουμε το σώμα της.

Το ίδιο ισχύει και για τα αναδρομικά προγράμματα. Όταν βρεθείτε σε μία αναδρομική κλήση, αντί να ακολουθήσετε τη ροή της εκτέλεσης, θεωρήστε ότι η αναδρομική κλήση δουλεύει (παράγει το σωστό αποτέλεσμα) και στη συνέχεια αναρωτηθείτε, "Θεωρώντας ότι μπορώ να βρω το παραγοντικό του $n - 1$, μπορώ να υπολογίσω το παραγοντικό του n ; Σε αυτή την περίπτωση, είναι ξεκάθαρο ότι μπορείτε, πολλαπλασιάζοντας με n .

Φυσικά, είναι λίγο περίεργο να θεωρούμε ότι η συνάρτηση δουλεύει σωστά από τη στιγμή που δεν έχουμε τελειώσει το γράψιμό της, αλλά για αυτό ονομάζεται άλμα πίστης!

6.7 Ένα ακόμα παράδειγμα

Το επόμενο σύνθημα παράδειγμα, μετά το παραγοντικό, αναδρομικά οριζόμενης μαθηματικής συνάρτησης είναι το `fibonacci`, του οποίου ο ορισμός είναι (βλ. http://en.wikipedia.org/wiki/Fibonacci_number):

$$\begin{aligned} \text{fibonacci}(0) &= 0 \\ \text{fibonacci}(1) &= 1 \\ \text{fibonacci}(n) &= \text{fibonacci}(n-1) + \text{fibonacci}(n-2) \end{aligned}$$

Γραμμένο σε Python, μοιάζει κάπως έτσι:

```
def fibonacci (n):
    if n == 0:
        return 0
    elif n == 1:
        return 1
    else:
        return fibonacci(n-1) + fibonacci(n-2)
```

Αν προσπαθήσετε να ακολουθήσετε τη ροή της εκτέλεσης εδώ, ακόμα και για αρκετά μικρές τιμές του n , το κεφάλι σας θα εκραγεί. Αλλά σύμφωνα με το άλμα πίστης, εάν υποθέσετε ότι οι δύο αναδρομικές κλήσεις δουλεύουν σωστά, τότε είναι σαφές ότι αν τις προσθέσετε θα πάρετε το σωστό αποτέλεσμα.

6.8 Έλεγχος τύπων

Τι θα συμβεί αν καλέσουμε την `factorial` και της δώσουμε σαν όρισμα 1.5;

```
>>> factorial(1.5)
RuntimeError: Maximum recursion depth exceeded
```

Μοιάζει με μία άπειρη αναδρομή. Αλλά πως γίνεται αυτό αφού υπάρχει μία περίπτωση βάσης, όταν $n == 0$. Αλλά αν το n δεν είναι ένας ακέραιος, μπορεί να "χάσουμε" την περίπτωση βάσης και να έχουμε αναδρομή επ' άπειρον.

Στην πρώτη αναδρομική κλήση, η τιμή του n είναι 0.5. Στην επόμενη, είναι -0.5. Και από εκεί και πέρα, γίνεται όλο και μικρότερη (πιο αρνητική), αλλά ποτέ δεν θα γίνει 0.

Έχουμε δύο επιλογές. Μπορούμε να γενικεύσουμε την συνάρτηση `factorial` για να δουλεύει και με αριθμούς κινητής υποδιαστολής, ή να την μετατρέψουμε ούτως ώστε να ελέγχει τον τύπο του ορίσματος της. Η πρώτη επιλογή ονομάζεται συνάρτηση γάμμα και είναι εκτός του σκοπού αυτού του βιβλίου. Επομένως θα πάμε στη δεύτερη επιλογή.

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την ενσωματωμένη συνάρτηση `isinstance` για να επαληθεύσουμε τον τύπο του ορίσματος. Αφού το κάνουμε αυτό, μπορούμε επίσης να σιγουρευτούμε ότι το όρισμα είναι θετικό:

```
def factorial (n):
    if not isinstance(n, int):
        print 'Factorial is only defined for integers.'
        return None
    elif n < 0:
        print 'Factorial is not defined for negative integers.'
        return None
    elif n == 0:
        return 1
    else:
        return n * factorial(n-1)
```

Η πρώτη περίπτωση βάσης χειρίζεται τους μη-ακέραιους και η δεύτερη "συλλαμβάνει" τους αρνητικούς ακέραιους. Και στις δύο περιπτώσεις, το πρόγραμμα εμφανίζει ένα μήνυμα λάθους και επιστρέφει `None` για να υποδηλώσει ότι κάτι πήγε στραβά:

```
>>> factorial('fred')
Factorial is only defined for integers.
None
>>> factorial(-2)
Factorial is not defined for negative integers.
None
```

Εάν περάσουμε και τους δύο ελέγχους, τότε ξέρουμε ότι το n είναι θετικός ή μηδέν, και άρα μπορούμε να αποδείξουμε ότι η αναδρομή τερματίζει.

Αυτό το πρόγραμμα επιδεικνύει ένα πρότυπο το οποίο μερικές φορές ονομάζεται "φύλακας". Οι πρώτες δύο συνθήκες λειτουργούν σαν φύλακες, προστατεύοντας τον κώδικα που ακολουθεί από τιμές οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν σφάλμα. Οι φύλακες καθιστούν δυνατή την αποδειξη της ορθότητας του κώδικα.

Στην ενότητα 11.3 θα δούμε μία πιο ευέλικτη εναλλακτική λύση για να εμφανίζουμε ένα μήνυμα λάθους εγείροντας μία εξαίρεση.

6.9 Αποσφαλμάτωση

Σπάζοντας ένα μεγάλο πρόγραμμα σε μικρότερες συναρτήσεις δημιουργούνται φυσικά σημεία ελέγχου για αποσφαλμάτωση. Αν μία συνάρτηση δε δουλεύει, τότε πρέπει να εξετάσετε τρία ενδεχόμενα:

- Κάτι πήγε στραβά με τα ορίσματα που παίρνει η συνάρτηση. Δηλαδή, μία προϋπόθεση παραβιάστηκε.
- Υπάρχει κάποιο λάθος στη συνάρτηση. Δηλαδή, μία μετασυνθήκη παραβιάστηκε.
- Κάτι είναι λάθος με την επιστρεφόμενη τιμή ή με τον τρόπο που χρησιμοποιήθηκε.

Για να αποκλείσετε το πρώτο εδεχόμενο, μπορείτε να προσθέσετε μία δήλωση `print` στην αρχή της συνάρτησης και να εμφανίσετε τις τιμές των παραμέτρων (και τους τύπους τους). Ή μπορείτε να γράψετε κώδικα ο οποίος θα ελέγχει ρητά τις προϋποθέσεις.

Εάν οι παράμετροι φαίνονται εντάξει, προσθέστε μία δήλωση `print` πριν από κάθε δήλωση `return` η οποία θα εμφανίζει την επιστρεφόμενη τιμή. Εάν είναι εφικτό, ελέγξτε το αποτέλεσμα με το χέρι. Δοκιμάστε να καλέσετε τη συνάρτηση με τιμές που κάνουν εύκολο τον έλεγχο του αποτελέσματος (όπως στην Ενότητα 6.2).

Αν φαίνεται ότι η συνάρτηση δουλεύει, εξετάστε την κλήση συνάρτησης για να σιγουρευτείτε ότι η τιμή που επιστράφηκε χρησιμοποιείται σωστά (ή αν χρησιμοποιείτε γενικά!)

Προσθέτοντας δηλώσεις `print` στην αρχή και στο τέλος μίας συνάρτησης μπορεί να βοηθήσει να γίνει η ροή εκτέλεσης πιο ορατή. Για παράδειγμα, αυτή είναι μία έκδοση της `factorial` με δηλώσεις `print`:

```
def factorial(n):
    space = ' ' * (4 * n)
    print space, 'factorial', n
    if n == 0:
        print space, 'returning 1'
        return 1
    else:
        recurse = factorial(n-1)
        result = n * recurse
        print space, 'returning', result
        return result
```

Το `space` είναι μία συμβολοσειρά από κενούς χαρακτήρες για τη ρύθμιση των εσοχών της εξόδου. Αυτό είναι το αποτέλεσμα της `factorial(5)` :

```
        factorial 5
      factorial 4
    factorial 3
  factorial 2
factorial 1
factorial 0
returning 1
  returning 1
    returning 2
      returning 6
        returning 24
          returning 120
```

Αν είστε μπερδεμένοι με την ροή της εκτέλεσης, αυτού του είδους η έξοδος μπορεί να είναι χρήσιμη. Χρειάζεται κάποιο χρόνο για να αναπτυχθεί μία "σκαλωσιά", αλλά λίγη σκαλωσιά μπορεί να μας γλιτώσει από πολύ αποσφαλμάτωση.

6.10 Ορολογία

προσωρινή μεταβλητή: Μία μεταβλητή η οποία χρησιμοποιείτε για να αποθηκεύεται μία ενδιάμεση τιμή σε έναν σύνθετο υπολογισμό.

νεκρός κώδικας: Μέρος του κώδικα το οποίο δεν μπορεί να εκτελεστεί ποτέ, επειδή συνήθως εμφανίζεται μετά από μία δήλωση `return`.

None: Μία ειδική τιμή η οποία επιστρέφεται από συναρτήσεις οι οποίες δεν έχουν καθόλου δήλωση επιστροφής ή έχουν δήλωση επιστροφής αλλά χωρίς κανένα όρισμα.

σταδιακή ανάπτυξη: Ένα πλάνο ανάπτυξης προγραμμάτων που στοχεύει στην αποφυγή της αποσφαλμάτωσης προσθέτοντας και δοκιμάζοντας μικρά κομμάτια κώδικα κάθε φορά.

σκαλωσιά: Κώδικας ο οποίος χρησιμοποιείται κατά την ανάπτυξη ενός προγράμματος αλλά δεν είναι μέρος της τελικής έκδοσης.

φύλλακας: Ένα προγραμματιστικό πρότυπο το οποίο χρησιμοποιεί δηλώσεις υπό συνθήκη για να ελέγξει και να διαχειριστεί περιπτώσεις οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν κάποιο σφάλμα.

6.11 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 6.4

Σχεδιάστε ένα διάγραμμα στοίβας για το ακόλουθο πρόγραμμα. Τι εμφανίζει το πρόγραμμα; Λύση: http://thinkpython.com/code/stack_diagram.py.

```
def b(z):
    prod = a(z, z)
    print z, prod
    return prod

def a(x, y):
    x = x + 1
    return x * y

def c(x, y, z):
    total = x + y + z
    square = b(total)**2
    return square

x = 1
y = x + 1
print c(x, y+3, x+y)
```

ΑΣΚΗΣΗ 6.5

Η συνάρτηση Άκερμαν, $A(m, n)$, ορίζεται:

$$A(m, n) = \begin{cases} n + 1 & \text{if } m = 0 \\ A(m - 1, 1) & \text{if } m > 0 \text{ and } n = 0 \\ A(m - 1, A(m, n - 1)) & \text{if } m > 0 \text{ and } n > 0. \end{cases}$$

Βλ. http://en.wikipedia.org/wiki/Ackermann_function. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `ack` υπολογίζει τη συνάρτηση του Άκερμαν. Χρησιμοποιήστε τη συνάρτησή σας για να υπολογίσετε το `ack(3, 4)`, το οποίο θα πρέπει να βγεί 125. Τι συμβαίνει για μεγαλύτερες τιμές του `m` και του `n`; Λύση: <http://thinkpython.com/code/ackermann.py>.

ΑΣΚΗΣΗ 6.6

Παλίνδρομο είναι μία λέξη η οποία συλλαβίζεται το ίδιο προς τα πίσω και προς τα εμπρός, όπως είναι η “noon” και η “redivider”. Αναδρομικά, μία λέξη είναι παλίνδρομο αν το πρώτο και το τελευταίο γράμμα είναι ίδια και τα μεσαία είναι παλίνδρομο.

Οι ακόλουθες, είναι συναρτήσεις οι οποίες παίρνουν μία συμβολοσειρά σαν όρισμα και επιστρέφουν το πρώτο, το τελευταίο και τα μεσαία γράμματα:

```
def first(word):
    return word[0]

def last(word):
    return word[-1]

def middle(word):
    return word[1:-1]
```

Θα δούμε πως δουλεύουν στο Κεφάλαιο 8.

1. Πληκτρολογήστε αυτές τις συναρτήσεις μέσα σε ένα αρχείο με όνομα `palindrome.py` και δοκιμάστε τις. Τι συμβαίνει αν καλέσετε τη `middle` με μία συμβολοσειρά με δύο γράμματα; Με ένα γράμμα; Τι γίνεται με μία κενή συμβολοσειρά, η οποία γράφεται έτσι `''` και δεν περιέχει καθόλου γράμματα;
2. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `is_palindrome` η οποία θα παίρνει σαν όρισμα μία συμβολοσειρά και θα επιστρέφει `True` εάν είναι παλίνδρομο και `False` αλλιώς. Θυμηθείτε ότι μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την ενσωματωμένη συνάρτηση `len` για να ελέγξετε το μήκος μίας συμβολοσειράς.

Λύση: http://thinkpython.com/code/palindrome_soln.py.

ΑΣΚΗΣΗ 6.7

Ένας αριθμός a , είναι μία δύναμη του b εάν διαιρείται από το b και το a/b είναι μία δύναμη του b . Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `is_power` η οποία θα παίρνει σαν παραμέτρους το `a` και το `b` και θα επιστρέφει `True` αν το `a` είναι μία δύναμη του `b`. Σημείωση: θα πρέπει να σκεφτείτε την περίπτωση βάσης.

ΑΣΚΗΣΗ 6.8

Ο μέγιστος κοινός διαιρέτης (GCD) του a και του b είναι ο μεγαλύτερος αριθμός που διαιρεί και τους δύο χωρίς να αφήνει υπόλοιπο.

Ένας τρόπος για να βρούμε τον GCD δύο αριθμών είναι ο αλγόριθμος του Ευκλείδη, ο οποίος βασίζεται παρατήρηση ότι αν το r είναι το υπόλοιπο όταν το a διαιρείται από το b , τότε $\gcd(a, b) = \gcd(b, r)$. Σαν περίπτωση βάσης, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την $\gcd(a, 0) = a$.

Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `gcd` η οποία παίρνει σαν παραμέτρους το a και το b και θα επιστρέφει τον μέγιστο κοινό διαιρέτη τους. Αν χρειαστείτε βοήθεια, δείτε εδώ: http://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean_algorithm.

Αναφορά: Αυτή η άσκηση βασίζεται σε ένα παράδειγμα του βιβλίου *Structure and Interpretation of Computer Programs* των Άμπελσον και Σούσμαν.

Κεφάλαιο 7

Επανάληψη

7.1 Πολλαπλή εκχώρηση

Ίσως να έχετε ανακαλύψει, ότι είναι εύκολο να κάνουμε περισσότερες από μία εκχωρήσεις στην ίδια μεταβλητή. Μία νέα εκχώρηση κάνει μία μεταβλητή να αναφέρεται σε μία νέα τιμή (και παύει η αναφορά στην παλιά τιμή).

```
bruce = 5
print bruce,
bruce = 7
print bruce
```

Η έξοδος αυτού του προγράμματος είναι 5 7, επειδή τη πρώτη φορά που τυπώνεται η `bruce` η τιμή της είναι 5, ενώ τη δεύτερη φορά η τιμή της είναι 7. Το κόμμα στο τέλος της πρώτης δήλωσης `print` καταστέλλει τη νέα γραμμή, γι' αυτό και οι δύο έξοδοι εμφανίζονται στην ίδια γραμμή.

Η εικόνα 7.1 δείχνει πως φαίνεται η πολλαπλή εκχώρηση σε ένα διάγραμμα κατάστασης.

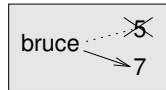
Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, στην πολλαπλή εκχώρηση, να γίνει διάκριση μεταξύ μίας εκχώρησης τιμής και μίας δήλωσης ισότητας. Επειδή η `Python` χρησιμοποιεί το σύμβολο της ισότητας (`=`) για εκχώρηση, είναι σύνηθες φαινόμενο να ερμηνεύουμε μία τέτοια δήλωση `a = b` σαν μία δήλωση ισότητας. Αλλά δεν είναι!

Πρώτον, η ισότητα είναι μία συμμετρική σχέση ενώ η εκχώρηση όχι. Για παράδειγμα, στα μαθηματικά, εάν $a = 7$ τότε και $7 = a$. Αλλά στην `Python`, ενώ η δήλωση `a = 7` είναι έγκυρη, η `7 = a` δεν είναι.

Επί πλέον, στα μαθηματικά, μία δήλωση ισότητας είναι είτε αληθής είτε ψευδής για πάντα. Αν $a = b$ τώρα, τότε το a θα είναι πάντα ίσο με το b . Στην `Python`, μία δήλωση εκχώρησης μπορεί να κάνει δύο μεταβλητές ίσες, αλλά δεν είναι απαραίτητο να μείνουν έτσι:

```
a = 5
b = a    # a and b are now equal
a = 3    # a and b are no longer equal
```

Η τρίτη γραμμή αλλάζει την τιμή της `a` αλλά δεν αλλάζει την τιμή της `b`, και επομένως δεν είναι πλέον ίσες.



Σχήμα 7.1: Διάγραμμα κατάστασης.

Παρόλο που η πολλαπλή εκχώρηση είναι συχνά χρήσιμη, θα πρέπει να τη χρησιμοποιείτε με προσοχή. Αν οι τιμές των μεταβλητών αλλάζουν συχνά, μπορεί να κάνει την ανάγνωση και την αποσφαλμάτωση του κώδικα δύσκολη.

7.2 Ενημέρωση μεταβλητών

Μία από τις συχνότερες μορφές της πολλαπλής εκχώρησης είναι η ενημέρωση, όπου η νέα τιμή της μεταβλητής εξαρτάται από την παλιά.

```
x = x+1
```

Αυτό σημαίνει: "πάρε την τιμή του `x`, πρόσθεσε ένα και μετά ενημέρωσε το `x` με τη νέα τιμή".

Αν προσπαθήσετε να ενημερώσετε μία μεταβλητή η οποία δεν υπάρχει, θα πάρετε μήνυμα λάθους, επειδή η Python υπολογίζει πρώτα το δεξιό μέρος πριν εκχωρήσει μία τιμή στο `x`:

```
>>> x = x+1
NameError: name 'x' is not defined
```

Για να είστε σε θέση να ενημερώσετε μία μεταβλητή, πρέπει πρώτα να την αρχικοποιήσετε, συνήθως με μία απλή εκχώρηση:

```
>>> x = 0
>>> x = x+1
```

Η ενημέρωση μίας μεταβλητής προσθέτοντας της 1 ονομάζεται προσαύξηση, ενώ αφαιρώντας 1 ονομάζεται μείωση μεταβλητής.

7.3 Δήλωση while

Οι υπολογιστές χρησιμοποιούνται συχνά για την αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών. Η επανάληψη πανομοιότυπων ή παρόμοιων εργασιών χωρίς λάθη είναι μία εύκολη υπόθεση για τους υπολογιστές αλλά όχι και για τους ανθρώπους.

Έχουμε δει δύο προγράμματα, το `countdown` και το `print_n`, τα οποία χρησιμοποιούν αναδρομή για να εκτελέσουν επανάληψη. Επειδή η επανάληψη χρησιμοποιείται συχνά, η Python παρέχει διάφορες δυνατότητες για να την κάνει ευκολότερη. Η μία είναι η δήλωση `for` που είδαμε στην Ενότητα 4.2. Θα επανέλθουμε σε αυτήν αργότερα.

Μία άλλη είναι η δήλωση `while`. Αυτή είναι μία έκδοση της `countdown` η οποία χρησιμοποιεί μία δήλωση `while`:

```
def countdown(n):
    while n > 0:
        print n
        n = n-1
    print 'Blastoff!'
```


Η δήλωση `while` διαβάζεται σχεδόν σαν να μία πρόταση στα Αγγλικά. Αυτό σημαίνει ότι: "Όσο το `n` είναι μεγαλύτερο του 0, εμφάνισε την τιμή του `n` και στη συνέχεια μείωσε την τιμή του κατά 1. Όταν φτάσεις στο 0, εμφάνισε τη λέξη `Blastoff`!".

Πιο επίσημα, αυτή είναι η ροή εκτέλεσης για μία δήλωση `while`:

1. Αξιολόγησε τη συνθήκη, επέστρεψε `True` ή `False`.
2. Αν η συνθήκη είναι ψευδής, βγες από τη δήλωση `while` και συνέχισε με την εκτέλεση της επόμενης δήλωσης.
3. Αν η συνθήκη είναι αληθής, εκτέλεσε το σώμα και μετά επέστρεψε στο πρώτο βήμα.

Αυτός ο τύπος ροής ονομάζεται βρόχος (**loop**) επειδή το τρίτο βήμα επιστρέφει τη ροή στην αρχή.

Το σώμα του βρόγχου θα πρέπει να αλλάζει την τιμή ενός ή περισσότερων μεταβλητών έτσι ώστε τελικά η συνθήκη να γίνει ψευδής και να τερματίσει ο βρόχος, αλλιώς ο βρόχος θα επαναλαμβάνεται επ' αείρον. Ένας τέτοιος βρόχος ονομάζεται ατέρμων βρόχος. Μία ατέλειωτη πηγή διασκέδασης για τους επιστήμονες της πληροφορικής είναι η παρατήρηση ότι οι οδηγίες για ένα σαμπουάν, "Σαπουνίστε, ξεπλύνετε, επαναλάβετε," αποτελούν έναν ατέρμων βρόχο.

Στην περίπτωση της `countdown`, μπορούμε να αποδείξουμε ότι ο βρόχος τερματίζει επειδή ξέρουμε ότι η τιμή του `n` είναι πεπερασμένη, και μπορούμε να δούμε ότι η τιμή του μειώνεται σε κάθε επανάληψη του βρόγχου, έτσι ώστε τελικά να πάρει την τιμή 0. Σε άλλες περιπτώσεις όμως δεν είναι τόσο εύκολο:

```
def sequence(n):
    while n != 1:
        print n,
        if n%2 == 0:           # n is even
            n = n/2
        else:                  # n is odd
            n = n*3+1
```

Η συνθήκη για αυτό το βρόχο είναι `n != 1`, άρα ο βρόχος συνεχίζει να εκτελείται μέχρι το `n` να γίνει 1, το οποίο κάνει τη συνθήκη ψευδή.

Σε κάθε επανάληψη, το πρόγραμμα εμφανίζει την τιμή του `n` και ελέγχει εάν είναι άρτιος ή περιττός. Αν είναι άρτιος, το `n` διαιρείται με το 2. Αν είναι περιττός, η τιμή του `n` αντικαθίσταται με `n*3+1`. Για παράδειγμα, αν περάσουμε το 3 σαν όρισμα στην `sequence`, η σειρά των αποτελεσμάτων θα είναι: 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1.

Από τη στιγμή που το `n` άλλες φορές αυξάνεται και άλλες φορές μειώνεται, δεν υπάρχει κάποια προφανής απόδειξη ότι το `n` θα γίνει ποτέ ίσο με 1, ή ότι το πρόγραμμα τερματίζει. Για κάποιες συγκεκριμένες τιμές του `n`, μπορούμε να αποδείξουμε τον τερματισμό του προγράμματος. Για παράδειγμα, αν η αρχική τιμή του `n` είναι μία δύναμη του δύο, τότε η τιμή του `n` σε κάθε επανάληψη θα είναι άρτια μέχρι να γίνει ίση με 1. Το προηγούμενο παράδειγμα τελειώνει με μία τέτοια ακολουθία, ξεκινώντας με 16.

Το δύσκολο είναι να αποδείξουμε ότι το πρόγραμμα τερματίζει για οποιαδήποτε θετική τιμή του `n`. Μέχρι στιγμής, κανείς δεν μπόρεσε να το αποδείξει ή να το διαψεύσει! (Βλ. http://en.wikipedia.org/wiki/Collatz_conjecture).

ΑΣΚΗΣΗ 7.1.

Ξαναγράψτε τη συνάρτηση `print_n` της ενότητας 5.8 χρησιμοποιώντας επανάληψη αντί για αναδρομή.

7.4 break

Μερικές φορές δεν ξέρετε ότι ήρθε η ώρα για να τελειώσει ένας βρόγχος μέχρι να φτάσετε στη μέση του σώματός του. Σε αυτήν την περίπτωση μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τη δήλωση `break` για να βγείτε έξω από το βρόγχο.

Για παράδειγμα, υποθέστε ότι θέλετε να δέχεστε είσοδο από το χρήστη μέχρις ότου πληκτρολογήσει `done`. Μπορείτε να γράψετε:

```
while True:
    line = raw_input('> ')
    if line == 'done':
        break
    print line

print 'Done!'
```

Η συνθήκη τερματισμού του βρόγχου είναι η `True`, η οποία είναι πάντα αληθής, και άρα ο βρόγχος εκτελείται μέχρι να φτάσει στην δήλωση `break`.

Σε κάθε επανάληψη, ζητάει είσοδο από το χρήστη με το σύμβολο `>`. Αν ο χρήστης πληκτρολογήσει `done`, τότε βγαίνει από το βρόγχο με τη δήλωση `break`. Αλλιώς, το πρόγραμμα εμφανίζει ότι πληκτρολογεί ο χρήστης και επιστρέφει στην αρχή του βρόγχου. Αυτό είναι ένα δείγμα εκτέλεσης:

```
> not done
not done
> done
Done!
```

Αυτός ο τρόπος γραφής `while` βρόγχων είναι πολύ κοινός επειδή μπορείτε να ελέγξετε τη συνθήκη οπουδήποτε μέσα στο βρόγχο (όχι μόνο στην αρχή) και επίσης μπορείτε να εκφράσετε τη συνθήκη τερματισμού καταφατικά (σταμάτα όταν συμβεί αυτό) αντί για αρνητικά (συνέχισε μέχρι να συμβεί αυτό).

7.5 Τετραγωνικές ρίζες

Οι βρόγχοι χρησιμοποιούνται συχνά σε προγράμματα τα οποία υπολογίζουν αριθμητικά αποτελέσματα αρχίζοντας με μία κατά προσέγγιση απάντηση την οποία βελτιώνουν σε κάθε επανάληψη.

Για παράδειγμα, ένας τρόπος υπολογισμού της τετραγωνικής ρίζας ενός αριθμού είναι η μέθοδος του Νιούτον. Υποθέστε ότι θέλετε να υπολογίσετε την τετραγωνική ρίζα του a . Αν ξεκινήσετε με, σχεδόν, οποιαδήποτε εκτίμηση x , τότε μπορείτε να υπολογίσετε μία καλύτερη εκτίμηση με τον ακόλουθο τύπο:

$$y = \frac{x + a/x}{2}$$

Για παράδειγμα, αν το a είναι 4 και το x είναι 3:

```
>>> a = 4.0
>>> x = 3.0
>>> y = (x + a/x) / 2
>>> print y
2.16666666667
```

Το οποίο είναι πιο κοντά στη σωστή απάντηση ($\sqrt{4} = 2$). Αν επαναλάβουμε τη διαδικασία με τη νέα εκτίμηση, τότε πλησιάζουμε ακόμα περισσότερο:

```
>>> x = y
>>> y = (x + a/x) / 2
>>> print y
2.00641025641
```

Μετά από μερικές ακόμα ενημερώσεις, η εκτίμηση είναι σχεδόν ακριβής:

```
>>> x = y
>>> y = (x + a/x) / 2
>>> print y
2.00001024003
>>> x = y
>>> y = (x + a/x) / 2
>>> print y
2.00000000003
```

Σε γενικές γραμμές δεν γνωρίζουμε εκ των προτέρων πόσα βήματα θα χρειαστούμε για να φτάσουμε στη σωστή απάντηση, αλλά ξέρουμε ότι φτάσαμε όταν η εκτίμηση σταματήσει να αλλάζει:

```
>>> x = y
>>> y = (x + a/x) / 2
>>> print y
2.0
>>> x = y
>>> y = (x + a/x) / 2
>>> print y
2.0
```

Όταν $y == x$, μπορούμε να σταματήσουμε. Ακολουθεί ένας βρόγχος ο οποίος ξεκινάει με μία αρχική εκτίμηση, x , και τη βελτιώνει μέχρι να σταματήσει να αλλάζει:

```
while True:
    print x
    y = (x + a/x) / 2
    if y == x:
        break
    x = y
```

Για τις περισσότερες τιμές του a δουλεύει καλά, αλλά γενικά είναι επίφοβο να ελέγχουμε την ισότητα δεκαδικών αριθμών. Οι τιμές των αριθμών κινητής υποδιαστολής είναι σωστές μόνο κατά προσέγγιση. Οι περισσότεροι ρητοί όπως το $1/3$ και άρρητοι αριθμοί όπως η $\sqrt{2}$ δεν μπορούν να αναπαρασταθούν με ακρίβεια από ένα δεκαδικό αριθμό.

Αντί να ελέγχουμε αν το x και το y είναι ακριβώς ίσα, είναι ασφαλέστερο να χρησιμοποιούμε την ενσωματωμένη συνάρτηση `abs` για υπολογίσουμε την απόλυτη τιμή ή το μέγεθος της διαφοράς τους:

```
if abs(y-x) < epsilon:
    break
```

Όπου το `epsilon` έχει μία τιμή όπως η 0.0000001 η οποία καθορίζει πόσο κοντά είναι αρκετά κοντά.

ΑΣΚΗΣΗ 7.2.

Ενθυλακώστε αυτό το βρόγχο σε μία συνάρτηση με όνομα `square_root` η οποία θα παίρνει το `a` σαν μία παράμετρο, θα διαλέγει μία λογική τιμή του `x` και θα επιστρέφει μία εκτίμηση της τετραγωνικής ρίζας του `a`.

7.6 Αλγόριθμοι

Η μέθοδος του Νιούτον αποτελεί ένα παράδειγμα ενός αλγορίθμου: μία μηχανική διαδικασία για την επίλυση μίας κατηγορίας προβλημάτων (σε αυτήν την περίπτωση, ο υπολογισμός της τετραγωνικής ρίζας ενός αριθμού).

Δεν είναι εύκολο να οριστεί ένας αλγόριθμος. Θα σας βοηθούσε εάν ξεκινούσατε με κάτι το οποίο δεν είναι αλγόριθμος. Όταν μάθατε να πολλαπλασιάζετε μονοψήφιους αριθμούς, τότε μάλλον απομνημονεύσατε και την προπαίδεια. Και έτσι, απομνημονεύσατε 100 συγκεκριμένες λύσεις. Αυτού του τύπου η γνώση δεν είναι αλγόριθμος.

Αλλά αν ήσασταν "τεμπέληδες" τότε μάλλον κλέψατε μαθαίνοντας μερικά κόλπα. Για παράδειγμα, για να βρείτε το γινόμενο του n με το 9, μπορείτε να γράψετε $n - 1$ για το πρώτο ψηφίο και $10 - n$ για το δεύτερο. Αυτό το κόλπο είναι μία γενική λύση για τον πολλαπλασιασμό ενός οποιουδήποτε μονοψήφιου αριθμού με το 9. Αυτό είναι ένας αλγόριθμος!

Ομοίως, οι τεχνικές που μάθατε για την πρόσθεση με κρατούμενο, την αφαίρεση με δανεισμό και τη διαίρεση είναι όλες αλγόριθμοι. Ένα από τα χαρακτηριστικά των αλγορίθμων είναι ότι δεν απαιτούν ευφυΐα για να εκτελεστούν. Είναι μηχανικές διαδικασίες στις οποίες κάθε βήμα απορρέει από το προηγούμενο με βάση ένα απλό σύνολο κανόνων.

Κατά τη γνώμη μου, είναι πολύ δυσάρεστο το γεγονός ότι οι άνθρωποι ξοδεύουν τόσο πολύ χρόνο στα σχολεία για να μάθουν να εκτελούν αλγόριθμους το οποίο, στην κυριολεξία, δεν χρειάζεται καθόλου ευφυΐα.

Από την άλλη πλευρά, η διαδικασία του σχεδιασμού αλγορίθμων είναι μία ενδιαφέρουσα πνευματική πρόκληση η οποία αποτελεί βασικό μέρος αυτού που ονομάζουμε προγραμματισμό.

Μερικά από τα πράγματα τα οποία οι άνθρωποι κάνουν φυσικά, χωρίς δυσκολία ή συνειδητή σκέψη, είναι πολύ δύσκολο να εκφραστούν αλγοριθμικά. Ένα καλό παράδειγμα είναι η κατανόηση μίας φυσικής γλώσσας. Αυτό το κάνουμε όλοι, αλλά μέχρι στιγμής κανένας δεν ήταν σε θέση να εξηγήσει "πως" το κάνουμε, ή τουλάχιστον όχι με τη μορφή αλγορίθμου.

7.7 Αποσφαλμάτωση

Όσο θα γράφετε όλο και μεγαλύτερα προγράμματα, ίσως διαπιστώσετε ότι αφιερώνετε περισσότερο χρόνο για αποσφαλμάτωση. Γράφοντας περισσότερο κώδικα αυξάνονται οι πιθανότητες να κάνετε κάποιο λάθος μιας και υπάρχει περισσότερος χώρος για να κρυφτούν τα σφάλματα.

Ένας τρόπος για να μειώσετε το χρόνο αποσφαλμάτωσης είναι η "αποσφαλμάτωση με διχοτόμηση". Για παράδειγμα, αν υπάρχουν 100 γραμμές στο πρόγραμμά σας και εσείς τις ελέγχετε όλες μία μία, θα χρειαζόσασταν 100 βήματα.

Αντ' αυτού, δοκιμάστε να σπάσετε το πρόγραμμα στη μέση. Ψάξτε στη μέση του προγράμματος, ή κάπου κοντά σε αυτήν, για μία ενδιάμεση τιμή την οποία μπορείτε να ελέγξετε. Προσθέστε μία δήλωση `print` (ή κάτι άλλο το οποίο θα έχει επαληθεύσιμη επίδραση) και τρέξτε το πρόγραμμα.

Εάν το αυτό το σημείο ελέγχου στη μέση είναι εσφαλμένο, τότε πρέπει να υπάρχει λάθος στο πρώτο μισό του προγράμματος. Αν είναι σωστό, τότε το πρόβλημα είναι στο δεύτερο μισό.

Κάθε φορά που εκτελείτε έναν τέτοιο έλεγχο, μειώνετε κατά το ήμισυ τις γραμμές που πρέπει να ψάξετε για να βρείτε το λάθος. Θεωρητικά, μετά από έξι βήματα (τα οποία είναι λιγότερα από 100) θα είστε στη μία ή δύο γραμμές του κώδικα που βρίσκετε το λάθος.

Στην πράξη, δεν είναι πάντα ξεκάθαρο ποια είναι η "μέση του προγράμματος" και δεν ίσως να μην είναι και δυνατόν να να τη βρούμε. Δεν έχει νόημα να μετράμε γραμμές για να βρούμε ακριβώς το σημείο της μέσης. Αντ' αυτού, ψάξτε για περιοχές στο κώδικα που μπορεί να υπάρχουν λάθη και σημεία που είναι εύκολο να βάλετε έναν έλεγχο. Και στη συνέχεια διαλέξτε ένα σημείο όπου οι πιθανότητες, για το σφάλμα να είναι πριν ή μετά του σημείου ελέγχου, είναι περίπου ίδιες.

7.8 Ορολογία

πολλαπλή εκχώρηση: Το να γίνονται περισσότερες από μία εκχωρήσεις τιμής στην ίδια μεταβλητή κατά την εκτέλεση του προγράμματος.

ενημέρωση: Μία εκχώρηση όπου η νέα τιμή της μεταβλητής εξαρτάται από την παλιά.

αρχικοποίηση: Μία εκχώρηση η οποία δίνει αρχική τιμή σε μία μεταβλητή η οποία θα ενημερωθεί.

προσαύξηση: Μία ενημέρωση η οποία αυξάνει την τιμή μίας μεταβλητής (συνήθως κατά ένα).

μείωση: Μία ενημέρωση η οποία μειώνει την τιμή μίας μεταβλητής.

επανάληψη: Επαναλαμβανόμενη εκτέλεση ενός συνόλου δηλώσεων χρησιμοποιώντας είτε μία αναδρομική συνάρτηση είτε έναν βρόγχο.

ατέρμων βρόγχος: Ένας βρόγχος στον οποίο η συνθήκη τέλους δεν ικανοποιείται ποτέ.

7.9 Ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ 7.3.

Για να ελέγξετε τον αλγόριθμο υπολογισμού τετραγωνικής ρίζας αυτού του κεφαλαίου, μπορείτε να το συγκρίνετε με τη `math.sqrt`. Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `test_square_root` η οποία θα εμφανίζει στην οθόνη έναν τέτοιο πίνακα:

1.0	1.0	1.0	0.0
2.0	1.41421356237	1.41421356237	2.22044604925e-16
3.0	1.73205080757	1.73205080757	0.0
4.0	2.0	2.0	0.0

```

5.0 2.2360679775 2.2360679775 0.0
6.0 2.44948974278 2.44948974278 0.0
7.0 2.64575131106 2.64575131106 0.0
8.0 2.82842712475 2.82842712475 4.4408920985e-16
9.0 3.0 3.0 0.0

```

Η πρώτη στήλη είναι ένας αριθμός a , η δεύτερη είναι η τετραγωνική ρίζα του a υπολογισμένη με τη συνάρτηση από την Ενότητα 7.5, η τρίτη στήλη είναι η τετραγωνική ρίζα υπολογισμένη από τη `math.sqrt`, και η τέταρτη στήλη είναι η απόλυτη τιμή της διαφοράς μεταξύ των δύο υπολογισθέντων τιμών.

ΑΣΚΗΣΗ 7.4.

Η ενσωματωμένη συνάρτηση `eval` παίρνει μία συμβολοσειρά σαν όρισμα και την υπολογίζει χρησιμοποιώντας τον διερμηνέα της Python. Για παράδειγμα:

```

>>> eval('1 + 2 * 3')
7
>>> import math
>>> eval('math.sqrt(5)')
2.2360679774997898
>>> eval('type(math.pi)')
<type 'float'>

```

Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `eval_loop` η οποία προτρέπει επαναληπτικά τον χρήστη, παίρνει την είσοδο και την υπολογίζει χρησιμοποιώντας την `eval` και μετά εμφανίζει το αποτέλεσμα.

Θα πρέπει να συνεχίζει μέχρι ο χρήστης να πληκτρολογήσει `'done'` και στη συνέχεια να επιστρέφει την τελευταία έκφραση που υπολόγισε.

ΑΣΚΗΣΗ 7.5.

Ο μαθηματικός Σρινιβάσα Ραμανούτζαν βρήκε μία άπειρη σειρά η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παράγει μία αριθμητική προσέγγιση του π :

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!(1103 + 26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}$$

Γράψτε μία συνάρτηση με όνομα `estimate_pi` η οποία θα χρησιμοποιεί αυτόν τον τύπο για να υπολογίσει και να επιστρέψει μία εκτίμηση του π . Θα πρέπει να χρησιμοποιεί έναν βρόγχο `while` για να υπολογίζει τους όρους της άθροισης μέχρι ο τελευταίος όρος να είναι μικρότερος του $1e-15$ (ο οποίος είναι τρόπος συμβολισμού του 10^{-15} στην Python). Μπορείτε να ελέγξετε το αποτέλεσμα συγκρίνοντάς το με την `math.pi`.

Λύση: <http://thinkpython.com/code/pi.py>.

Κεφάλαιο 8

Συμβολοσειρές

8.1 Μία συμβολοσειρά είναι μία ακολουθία

Μία συμβολοσειρά είναι μία ακολουθία χαρακτήρων. Μπορείτε να έχετε πρόσβαση στους χαρακτήρες (έναν τη φορά) με τους τελεστές αγκύλης:

```
>>> fruit = 'banana'
>>> letter = fruit[1]
```

Η δεύτερη δήλωση επιλέγει το χαρακτήρα νούμερο 1 από τη μεταβλητή `fruit` και τον εκχωρεί στη μεταβλητή `letter`.

Η έκφραση μέσα στις αγκύλες ονομάζεται δείκτης (*index*). Ο δείκτης υποδεικνύει ποιον χαρακτήρα της ακολουθίας θέλετε (εξού και το όνομα).

Αλλά ενδεχμένως να μην πάρετε αυτό που θα περιμένατε:

```
>>> print letter
a
```

Για τους περισσότερους ανθρώπους, το πρώτο γράμμα της λέξης `'banana'` είναι το `b`, όχι το `a`. Αλλά για τους επιστήμονες των υπολογιστών, ο δείκτης δείχνει την απόκλιση από την αρχή της συμβολοσειράς, και η απόκλιση του πρώτου γράμματος είναι μηδέν.

```
>>> letter = fruit[0]
>>> print letter
b
```

Άρα το `b` είναι το 0ο γράμμα της λέξης `'banana'`, το `a` είναι το 1ο γράμμα και το `n` είναι το 2ο γράμμα.

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε οποιαδήποτε έκφραση, συμπεριλαμβανομένων μεταβλητών και τελεστών, σαν ένα δείκτη αλλά η τιμή του δείκτη πρέπει να είναι ακέραιος αριθμός. Αλλιώς θα πάρετε:

```
>>> letter = fruit[1.5]
TypeError: string indices must be integers
```

8.2 len

Η συνάρτηση `len` είναι μία ενσωματωμένη συνάρτηση η οποία επιστρέφει το πλήθος των χαρακτήρων μίας συμβολοσειράς:

```
>>> fruit = 'banana'
>>> len(fruit)
6
```

Εάν θέλατε να πάρετε το τελευταίο γράμμα μίας συμβολοσειράς, ίσως μπαίνατε στον πειρασμό να δοκιμάσετε κάτι τέτοιο:

```
>>> length = len(fruit)
>>> last = fruit[length]
IndexError: string index out of range
```

Το σφάλμα `IndexError` οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχει κανένα γράμμα στη λέξη 'banana' με δείκτη 6. Από τη στιγμή που ξεκινήσαμε να μετράμε από το μηδέν, τα έξι γράμματα αριθμούνται από το 0 ως το 5. Για να πάρετε τον τελευταίο χαρακτήρα πρέπει να αφαιρέσουμε 1 από την `length`:

```
>>> last = fruit[length-1]
>>> print last
a
```

Εναλλακτικά, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε αρνητικούς δείκτες, οι οποίοι μετρούν προς τα πίσω από το τέλος της συμβολοσειράς. Η έκφραση `fruit[-1]` επιστρέφει το τελευταίο γράμμα, η `fruit[-2]` το προτελευταίο και ούτω καθεξής.

8.3 Διασχιση με for

Πολλοί υπολογισμοί περιλαμβάνουν επεξεργασία συμβολοσειράς ενός χαρακτήρα τη φορά. Συνήθως ξεκινάμε από την αρχή επιλέγοντας και χρησιμοποιώντας κάθε χαρακτήρα με τη σειρά μέχρι το τέλος. Αυτό το πρότυπο επεξεργασίας ονομάζεται "διάσχιση" **traversal**. Ένας τρόπος για να γραφτεί μία διάσχιση είναι με ένα βρόγχο `while`:

```
index = 0
while index < len(fruit):
    letter = fruit[index]
    print letter
    index = index + 1
```

Αυτός ο βρόγχος διασχίζει τη συμβολοσειρά και εμφανίζει κάθε γράμμα της σε μία γραμμή. Η συνθήκη του βρόγχου είναι η `index < len(fruit)`, έτσι όταν ο δείκτης `index` γίνει ίσος με το μήκος της συμβολοσειράς η συνθήκη γίνεται ψευδής και παύει να εκτελείται το σώμα του βρόγχου. Ο τελευταίος χαρακτήρας που προσπελάστηκε είναι αυτός με δείκτη `len(fruit)-1`, και ο οποίος είναι ο τελευταίος χαρακτήρας της συμβολοσειράς.

ΑΣΚΗΣΗ 8.1.

Γράψτε μία συνάρτηση η οποία θα παίρνει μία συμβολοσειρά σαν όρισμα και θα εμφανίζει όλα τα γράμματά της με τη σειρά, ένα σε κάθε γραμμή, ξεκινώντας από το τελευταίο.

Ένας άλλος τρόπος για να γράψουμε μία διάσχιση είναι με έναν βρόγχο `for`:

```
for char in fruit:
    print char
```


Σε κάθε επανάληψη του βρόγχου, ο επόμενος χαρακτήρας της συμβολοσειράς εκχωρείται στη μεταβλητή `char`. Ο βρόγχος εκτελείται μέχρις ότου να μην υπάρχουν άλλοι χαρακτήρες.

Το παρακάτω παράδειγμα δείχνει πως χρησιμοποιείται η συνένωση (πρόσθεση συμβολοσειρών) και ένας βρόγχος `for` για να παραχθεί μία αλφαβητικά ταξινομημένη σειρά. Στο βιβλίο του Ρόμπερτ ΜακΚλάσκι *Make Way for Ducklings*, τα ονόματα από τα παπάκια είναι Jack, Kack, Lack, Mack, Nack, Ouack, Pack, and Quack. Αυτός ο βρόγχος έχει σαν έξοδο αυτά τα ονόματα με τη σειρά:

```
prefixes = 'JKLMNOPQ'
suffix = 'ack'

for letter in prefixes:
    print letter + suffix
```

Η έξοδος είναι:

```
Jack
Kack
Lack
Mack
Nack
Ouack
Pack
Quack
```

Αυτά φυσικά δεν είναι και πολύ σωστό επειδή το “Ouack” και το “Quack” έχουν ορθογραφικό λάθος.

ΑΣΚΗΣΗ 8.2.

Τροποποιήστε το πρόγραμμα για να διορθώσετε αυτό το λάθος.

8.4 Τεμάχια συμβολοσειράς

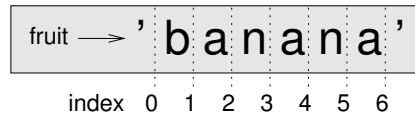
Ένα τμήμα μίας συμβολοσειράς ονομάζεται τεμάχιο (slice). Η επιλογή ενός τεμαχίου είναι παρόμοια με την επιλογή ενός χαρακτήρα:

```
>>> s = 'Monty Python'
>>> print s[0:5]
Monty
>>> print s[6:12]
Python
```

Ο τελεστής `[n:m]` επιστρέφει το τμήμα της συμβολοσειράς από το `n`ιστό έως το `m`ιστό χαρακτήρα, συμπεριλαμβανομένου τον πρώτο αλλά όχι και τον τελευταίο. Αυτή η συμπεριφορά είναι αντιφατική, αλλά ίσως σας βοηθήσει να φανταστείτε πως δείχνουν οι δείκτες ανάμεσα στους χαρακτήρες, όπως στην Εικόνα 8.1.

Εάν παραλείψετε τον πρώτο δείκτη (πριν την άνω κάτω τελεία), το τεμάχιο θα ξεκινήσει από την αρχή της συμβολοσειράς. Αν παραλείψετε τον δεύτερο δείκτη, το τεμάχιο θα φτάσει μέχρι το τέλος της συμβολοσειράς:

```
>>> fruit = 'banana'
>>> fruit[:3]
```



Σχήμα 8.1: Δείκτες τεμαχίων.

```
'ban'
>>> fruit[3:]
'ana'
```

Αν ο πρώτος δείκτης είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το δεύτερο το αποτέλεσμα θα είναι μία κενή συμβολοσειρά, η οποία αναπαριστάται από δύο μονά εισαγωγικά:

```
>>> fruit = 'banana'
>>> fruit[3:3]
''
```

Μία άδεια συμβολοσειρά δεν περιέχει κανένα χαρακτήρα και το μήκος της είναι 0, αλλά εκτός από αυτό είναι ίδια με οποιαδήποτε άλλη συμβολοσειρά.

ΑΣΚΗΣΗ 8.3.

Δοθέντος ότι η `fruit` είναι μία συμβολοσειρά, τι σημαίνει η έκφραση `fruit[:]`;

8.5 Οι συμβολοσειρές είναι αμετάβλητες

Ίσως μπίτε στον πειρασμό να χρησιμοποιήσετε τον τελεστή `[]` στο αριστερό μέρος μίας εκχώρησης, με σκοπό να αλλάξετε κάποιο χαρακτήρα σε μία συμβολοσειρά. Για παράδειγμα:

```
>>> greeting = 'Hello, world!'
>>> greeting[0] = 'J'
TypeError: object does not support item assignment
```

Το "αντικείμενο" στην προκειμένη περίπτωση είναι η συμβολοσειρά και το "στοιχείο" είναι ο χαρακτήρας που προσπαθήσαμε να εκχωρήσουμε. Για την ώρα, φανταστείτε ένα αντικείμενο σαν μία τιμή, αλλά αργότερα θα βελτιώσουμε αυτόν τον ορισμό. Ένα στοιχείο είναι μία από τις τιμές μέσα σε μία ακολουθία.

Το λάθος οφείλεται στο ότι οι συμβολοσειρές είναι αμετάβλητες, το οποίο σημαίνει ότι δεν μπορείτε να αλλάξετε μία υπάρχουσα συμβολοσειρά. Το καλύτερο που μπορείτε να κάνετε είναι να δημιουργήσετε μία νέα συμβολοσειρά η οποία θα είναι μία παραλλαγή της αρχικής:

```
>>> greeting = 'Hello, world!'
>>> new_greeting = 'J' + greeting[1:]
>>> print new_greeting
Jello, world!
```

Αυτό το παράδειγμα συνενώνει ένα νέο πρώτο γράμμα με ένα τεμάχιο της `greeting`, χωρίς να επηρεάζει καθόλου την αρχική συμβολοσειρά.

8.6 Αναζήτηση

Τι κάνει η ακόλουθη συνάρτηση;

```
def find(word, letter):
    index = 0
    while index < len(word):
        if word[index] == letter:
            return index
        index = index + 1
    return -1
```

Κατά μία έννοια, η `find` είναι το αντίθετο του τελεστή `[]`. Αντί να παίρνει ένα δείκτη και να εξάγει τον αντίστοιχο χαρακτήρα, παίρνει έναν χαρακτήρα και βρίσκει το δείκτη στον οποίο εμφανίζεται αυτός ο χαρακτήρας. Αν ο χαρακτήρας δεν βρεθεί, η συνάρτηση επιστρέφει `-1`.

Αυτό είναι το πρώτο παράδειγμα που βλέπουμε με μία δήλωση `return` μέσα σε ένα βρόγχο. Αν η συνθήκη `word[index] == letter` γίνει αληθής τότε η συνάρτηση "σπάει" (βγαίνει από το βρόγχο) και επιστρέφει αμέσως.

Αν ο χαρακτήρας δε βρεθεί μέσα στη συμβολοσειρά, το πρόγραμμα βγαίνει ομαλά από το βρόγχο και επιστρέφει `-1`.

Αυτό το πρότυπο υπολογισμού, διάσχιση μιας συμβολοσειράς και επιστροφή όταν βρούμε αυτό που ψάχνουμε, ονομάζεται αναζήτηση.

ΑΣΚΗΣΗ 8.4.

Τροποποιήστε τη `find` έτσι ώστε να έχει μία τρίτη παράμετρο, το δείκτη από όπου πρέπει να ξεκινήσει να ψάχνει μέσα στη `word`.

8.7 Επανάληψη και καταμέτρηση

Το ακόλουθο πρόγραμμα μετράει πόσες φορές εμφανίζεται το γράμμα `a` μέσα σε μία συμβολοσειρά:

```
word = 'banana'
count = 0
for letter in word:
    if letter == 'a':
        count = count + 1
print count
```

Αυτό το πρόγραμμα επιδεικνύει ένα άλλο πρότυπο υπολογισμού με όνομα "μετρητής". Η μεταβλητή `count` αρχικοποιείται στο 0 και προσauξάνεται κάθε φορά που βρίσκουμε ένα `a`. Όταν ο βρόγχος τερματίσει, η `count` περιέχει το αποτέλεσμα, το πλήθος δηλαδή των `a`.

ΑΣΚΗΣΗ 8.5.

Ενθυλακώστε αυτόν τον κώδικα μέσα σε μία συνάρτηση με όνομα `count`, και γενικεύστε την ούτως ώστε να δέχεται τη συμβολοσειρά και το γράμμα σαν ορίσματα.

ΑΣΚΗΣΗ 8.6.

Ξαναγράψτε αυτή τη συνάρτηση έτσι ώστε αντί να διασχίζει τη συμβολοσειρά, να χρησιμοποιεί την τριών-παραμέτρων έκδοση της `find` από την προηγούμενη ενότητα.

8.8 Μέθοδοι συμβολοσειρών

Μία μέθοδος είναι παρόμοια με μία συνάρτηση, παίρνει ορίσματα και επιστρέφει μία τιμή, αλλά έχουν διαφορετική σύνταξη. Για παράδειγμα, η μέθοδος `upper` παίρνει μία συμβολοσειρά και επιστρέφει μία νέα συμβολοσειρά με όλα τα γράμματα κεφαλαία: Αντί για την σύνταξη συνάρτησης `upper(word)`, χρησιμοποιεί τη σύνταξη μεθόδου `word.upper()`.

```
>>> word = 'banana'
>>> new_word = word.upper()
>>> print new_word
BANANA
```

Αυτός ο τρόπος συμβολισμού με τελεία προσδιορίζει το όνομα της μεθόδου, `upper`, και το όνομα της συμβολοσειράς στην οποία θα εφαρμοστεί η μέθοδος, `word`. Οι κενές παρενθέσεις υποδηλώνουν ότι η μέθοδος δεν παίρνει κανένα όρισμα.

Μία κλήση μεθόδου ονομάζεται "επίκληση". Σε αυτήν την περίπτωση, θα λέγαμε ότι επικαλούμε την `upper` στη `word`.

Αποδεικνύεται επίσης, ότι υπάρχει και μία μέθοδος συμβολοσειρών με όνομα `find` η οποία εξαιρετικά παρόμοια με την συνάρτηση που γράψαμε:

```
>>> word = 'banana'
>>> index = word.find('a')
>>> print index
1
```

Σε αυτό το παράδειγμα, επικαλούμε τη `find` στη `word` και περνάμε το γράμμα που ψάχνουμε σαν μία παράμετρο.

Στην πραγματικότητα, η μέθοδος `find` είναι πιο γενική από την δική μας συνάρτηση γιατί εκτός από χαρακτήρες μπορεί να βρει και "υποσυμβολοσειρές":

```
>>> word.find('na')
2
```

Μπορεί να πάρει σαν δεύτερο όρισμα το δείκτη από όπου θα πρέπει να ξεκινήσει:

```
>>> word.find('na', 3)
4
```

Και σαν ένα τρίτο όρισμα, το δείκτη όπου πρέπει να σταματήσει:

```
>>> name = 'bob'
>>> name.find('b', 1, 2)
-1
```

Αυτή η αναζήτηση αναζήτηση αποτυγχάνει επειδή το `b` δεν εμφανίζεται πουθενά μέσα στο εύρος των δεικτών από 1 έως 2 (μη συμπεριλαμβανομένου του 2).

ΑΣΚΗΣΗ 8.7.

Υπάρχει μία μέθοδος συμβολοσειρών με όνομα `count` η οποία είναι παρόμοια με τη συνάρτηση της προηγούμενης άσκησης. Διαβάστε στην τεκμηρίωση αυτής της μεθόδου και γράψτε μία επίκληση η οποία θα μετράει το πλήθος των `a` στην λέξη `'banana'`.

ΑΣΚΗΣΗ 8.8.

Διαβάστε την τεκμηρίωση των μεθόδων συμβολοσειρών στην διεύθυνση <http://docs.python.org/2/library/stdtypes.html#string-methods>. Ίσως θελήσετε να πειραματιστείτε με κάποιες από αυτές για να βεβαιωθείτε ότι καταλάβατε πως δουλεύουν. Η `strip` και η `replace` είναι ιδιαίτερα χρήσιμες.

Η τεκμηρίωση χρησιμοποιεί μία σύνταξη η οποία να σας δυσκολεύει. Για παράδειγμα, στην `find(sub[, start[, end]])`, οι αγκύλες υποδηλώνουν τα προαιρετικά ορίσματα. Άρα το `sub` είναι απαραίτητο αλλά το `start` είναι προαιρετικό, και αν συμπεριλάβετε το `start` τότε το `end` είναι προαιρετικό.

8.9 τελεστής in

Η λέξη `in` είναι ένας τελεστής αληθείας (`boolean`) ο οποίος παίρνει δύο συμβολοσειρές και επιστρέφει `True` αν η πρώτη εμφανίζεται σαν μία υποσυμβολοσειρά μέσα στη δεύτερη:

```
>>> 'a' in 'banana'
True
>>> 'seed' in 'banana'
False
```

Για παράδειγμα, η ακόλουθη συνάρτηση εμφανίζει όλα τα γράμματα της `word1` τα οποία υπάρχουν και στη `word2`:

```
def in_both(word1, word2):
    for letter in word1:
        if letter in word2:
            print letter
```

Με καλά επιλεγμένα ονόματα μεταβλητών, ένα πρόγραμμα σε Python διαβάζεται μερικές φορές όπως ένα κείμενο στα αγγλικά. Θα μπορούσατε να διαβάσετε αυτόν το βρόχο, “for (each) letter in (the first) word, if (the) letter (appears) in (the second) word, print (the) letter.”

Παρακάτω βλέπετε τι θα παίρνατε αν συγκρίνατε μήλα (`apples`) και πορτοκάλια (`oranges`):

```
>>> in_both('apples', 'oranges')
a
e
s
```

8.10 Σύγκριση συμβολοσειρών

Οι σχεσιακοί τελεστές δουλεύουν και με τις συμβολοσειρές. Για να δούμε αν δύο συμβολοσειρές είναι ίδιες:

```
if word == 'banana':
    print 'All right, bananas.'
```

Άλλοι σχεσιακοί τελεστές μας βοηθάνε να να βάζουμε λέξεις σε αλφαβητική σειρά:

```
if word < 'banana':
    print 'Your word,' + word + ', comes before banana.'
elif word > 'banana':
    print 'Your word,' + word + ', comes after banana.'
else:
    print 'All right, bananas.'
```

Η Python δεν μπορεί να χειριστεί τα κεφαλαία και τα πεζά με τον ίδιο τρόπο που το κάνουμε οι άνθρωποι. Όλα τα κεφαλαία γράμματα προηγούνται όλων των πεζών γραμμάτων, επομένως:

```
Your word, Pineapple, comes before banana.
```

Ένας κοινός τρόπος χειρισμού αυτού του προβλήματος είναι να μετατρέπουμε τις συμβολοσειρές σε μία προκαθορισμένη μορφή, όπως για παράδειγμα όλα κεφαλαία, πριν εκτελέσουμε τη σύγκριση. Κρατήστε το αυτό κατά νου σε περίπτωση που χρειαστεί να υπερασπιστείτε τον εαυτό σας ενάντια σε έναν άνδρα οπλισμένο με έναν Ανανά (Pineapple) (αμερικάνικη στρατιωτική αργκό όπου ο ανανάς σημαίνει χειροβομβίδα).

8.11 Αποσφαλμάτωση

Όταν χρησιμοποιείτε δείκτες για να διασχίσετε τις τιμές σε μία ακολουθία, είναι περίπλοκο να πάρετε σωστά την αρχή και το τέλος της διάσχισης. Ακολουθεί μία συνάρτηση η οποία υποτίθεται ότι συγκρίνει δύο λέξεις και επιστρέφει `True` αν η μία είναι η αντίστροφη της άλλης, αλλά έχει δύο λάθη:

```
def is_reverse(word1, word2):
    if len(word1) != len(word2):
        return False

    i = 0
    j = len(word2)

    while j > 0:
        if word1[i] != word2[j]:
            return False
        i = i+1
        j = j-1

    return True
```

Η πρώτη δήλωση `if` ελέγχει εάν οι λέξεις έχουν το ίδιο μήκος. Αν όχι, τότε μπορούμε να επιστρέψουμε `False` αμέσως, και για το υπόλοιπο της συνάρτησης μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι λέξεις έχουν το ίδιο μήκος. Αυτό είναι ένα παράδειγμα πρότυπου φύλακα της Ενότητας 6.8.

Το `i` και το `j` είναι δείκτες. Ο πρώτος διασχίζει τη `word1` προς τα μπρος όσο ο δεύτερος διασχίζει τη `word2` προς τα πίσω. Αν βρούμε δύο γράμματα το οποία δεν ταιριάζουν τότε μπορούμε να επιστρέψουμε `False` αμέσως. Αν τελειώσει ολόκληρη η επανάληψη και όλα τα γράμματα ταιριάζουν μπορούμε να επιστρέψουμε `True`.

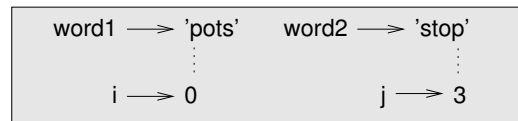
Αν δοκιμάσουμε αυτήν τη συνάρτηση με τις λέξεις `"pots"` και `"stop"`, περιμένουμε η επιστρεφόμενη τιμή να είναι `True` αλλά παίρνουμε ένα σφάλμα (`IndexError`):

```
>>> is_reverse('pots', 'stop')
...
File "reverse.py", line 15, in is_reverse
    if word1[i] != word2[j]:
IndexError: string index out of range
```

Η πρώτη μου κίνηση για αποσφαλμάτωση είναι να εμφανίσω τις τιμές των δεικτών ακριβώς πριν από τη γραμμή που εμφανίζεται το σφάλμα.

```
while j > 0:
    print i, j          # print here

    if word1[i] != word2[j]:
```



Σχήμα 8.2: Διάγραμμα κατάστασης.

```

    return False
    i = i+1
    j = j-1

```

Αν ξανατρέξω τώρα το πρόγραμμα θα πάρω περισσότερες πληροφορίες:

```

>>> is_reverse('pots', 'stop')
0 4
...

```

`IndexError: string index out of range`

Στην πρώτη επανάληψη του βρόγχου, η τιμή του `j` είναι 4, η οποία είναι εκτός εύρους για τη συμβολοσειρά `'pots'`. Ο δείκτης για τον τελευταίο χαρακτήρα είναι 3, άρα η αρχική τιμή για το `j` θα πρέπει να είναι `len(word2)-1`.

Αν φτιάξω αυτό το σφάλμα και τρέξω ξανά το πρόγραμμα παίρνω:

```

>>> is_reverse('pots', 'stop')
0 3
1 2
2 1
True

```

Αυτή τη φορά παίρνουμε τη σωστή απάντηση, αλλά φαίνεται σαν να εκτελείτε μόνο τρεις φορές η επανάληψη, το οποίο είναι ύποπτο. Για να έχουμε μια καλύτερη ιδέα του τι συμβαίνει, είναι χρήσιμο να σχεδιάσουμε ένα διάγραμμα κατάστασης. Κατά τη διάρκεια της πρώτης επανάληψης, το πλαίσιο για την `is_reverse` εμφανίζεται στο σχήμα 8.2.

Τοποθέτησα τις μεταβλητές μέσα στο πλαίσιο και πρόσθεσα διακεκομμένες λίγο αυθαίρετα για να δείξω ότι οι τιμές του `i` και του `j` δείχνουν χαρακτήρες στην `word1` και στην `word2`.

ΑΣΚΗΣΗ 8.9.

Ξεκινώντας με αυτό το διάγραμμα, εκτελέστε το πρόγραμμα στο χαρτί, αλλάζοντας τις τιμές των `i` και `j` σε κάθε επανάληψη. Βρείτε και διορθώστε το δεύτερο λάθος σε αυτήν τη συνάρτηση.

8.12 Γλωσσαρψ

οβθεεεε: Σομετηνιγ α αριαβλε εαν ρεφερ το. Φορ νοω, ψου εαν υσε ‘οβθεεεε’ ανδ ‘αλυε’ ιντε-
ρηανγεαβλψ.

σεχυνεεε: Αν ορδερεδ σεεε τηατ ιε, α σεε οφ αλυεε ωηερε εαεη αλυε ιε ιδεντιφιεδ βψ αν ιντεγεε
ινδεεε.

ιτεμ: Ονε οφ τηε αλυεε ιν α σεχυνεεε.

ινδεεε: Αν ιντεγεε αλυε υσεδ το σελεεε αν ιτεμ ιν α σεχυνεεε, συεη αε α εηαρεεεε ιν α στρινγ.

σλίζει: Α παρτ οφ α στρινγ σπεσιφιεδ βψ α ρανγε οφ ινδices.

εμπτψ στρινγ: Α στρινγ ωιτη νο ζηαρχαστερς ανδ λενγτη 0, ρεπρεσεντεδ βψ τωο χυοτατιον μαρχς.

ιμμουαβλε: Τηε προπερτψ οφ α σεχυνενζε ωηοσε ιτεμς ζαννοτ βε ασσιγνεδ.

τραερσε: Το ιτερατε τηρουγη τηε ιτεμς ιν α σεχυνενζε, περφορμινγ α σιμιλαρ οπερατιον ον εαση.

σεαρχη: Α παττερν οφ τραερσαλ τηατ στοπς ωην ιτ φινδς ωηατ ιτ ις λοοκινγ φορ.

ζουντερ: Α αριαβλε υσεδ το ζουντ σομετηινγ, υσυαλλψ ινιτιαλιζεδ το ζερο ανδ τηεν ινζρεμεντεδ.

μετηοδ: Α φυνςτιον τηατ ις ασσοσιατεδ ωιτη αν οβθεςτ ανδ ζαλλεδ υσινγ δοτ νοτατιον.

ινοζατιον: Α στατεμεντ τηατ ζαλλς α μετηοδ.

8.13 Εξερσιςες

Εξερσιςε 8.1. Α στρινγ σλίζει ζαν ταχε α τηιρδ ινδεξ τηατ σπεσιφιες τηε 'στεπ σιζε·' τηατ ις, τηε νυμβερ οφ σπαςες βετωεεν συςζεσσιε ζηαρχαστερς. Α στεπ σιζε οφ 2 μεανς εερψ οτηερ ζηαρχαστερ· 3 μεανς εερψ τηιρδ, ετς.

```
''' φρυιτ = 'βανανα'
''' φρυιτ[0:5:2]
'βνν'
```

Α στεπ σιζε οφ -1 γοες τηρουγη τηε ωορδ βαζχωαρδς, σο τηε σλίζει [::-1] γενερατες α ρεερσεδ στρινγ.

Υσε τηις ιδιομ το ωριτε α ονε-λινε ερσιον οφ ισ·παλινδρομε φρομ Εξερσιςε 6.11.

Εξερσιςε 8.2. Τηε πολλοωινγ φυνςτιονς αρε αλλ ιντενδεδ το ζηεσχ ωηετηερ α στρινγ ζονταινς ανψ λωερσασε λεττερς, βυτ ατ λεαστ σομε οφ τηεμ αρε ωρονγ. Φορ εαση φυνςτιον, δεσςριβε ωηατ τηε φυνςτιον αςτυαλλψ δοες (ασσυμινγ τηατ τηε παραμετερ ις α στρινγ).

δεφ ανψ*λωερσασε1(ς):

```
φορ ς ιν ς:
    ιφ ς.ιςλωερ():
        ρετυρν True
ελσε:
    ρετυρν False
```

δεφ ανψ*λωερσασε2(ς):

```
φορ ς ιν ς:
    ιφ 'ς'.ιςλωερ():
        ρετυρν 'True'
ελσε:
    ρετυρν 'False'
```

δεφ ανψ*λωερσασε3(ς):

```
φορ ς ιν ς:
    φλαγ = ς.ιςλωερ()
```



```

    ρετυρν φλαγ

δεφ ανψ`λωερσασε4(ς):
    φλαγ = φάλσε
    φορ ς ιν ς:
        φλαγ = φλαγ ορ ς.ισλωερ()
    ρετυρν φλαγ

```

```

δεφ ανψ`λωερσασε5(ς):
    φορ ς ιν ς:
        ιφ νοτ ς.ισλωερ():
            ρετυρν φάλσε
    ρετυρν Τρυε

```

Εξercises 8.3. ROT13 is a weak form of encryption that involves 'rotating' each letter in a word by 13 places. To rotate a letter means to shift it through the alphabet, wrapping around to the beginning if necessary. For example, the letter 'A' rotated by 3 is 'D' and 'Z' rotated by 1 is 'A'.

Write a function called `rot13` that takes a string and returns a new string that contains the letters from the original string 'rotated' by 13 places. This function is called a Caesar cipher.

For example, 'cheer' rotated by 7 is 'jhuwv' and 'melon' rotated by -10 is 'zcyvob'.

You might want to use the built-in function `ord`, which converts a character to a numeric code, and `chr`, which converts a numeric code to a character.

Potential pitfall: When using the Internet, be careful of encoding in ROT13. If you are not careful, you might find a link that says `http://tinyurl.com/rotae.ps`.

Κεφάλαιο 9

Άσε στυδψ: ωορδ πλαψ

9.1 Ρεαδινγ ωορδ λιστς

Φορ της εξερσιςες ιν της ζηαπτερ ωε νεεδ α λιστ οφ Ενγλιση ωορδς. Τηρε αρε λoτς οφ ωορδ λιστς αιιλαβλε ον της Ωεβ, βυτ της ονε μοστ σιιταβλε φορ ουρ πυρποσε ις ονε οφ της ωορδ λιστς ζoλλεστεδ ανδ ζοντριβυτεδ το της πυβλις δομαιν βψ Γραδψ Ωαρδ ας παρτ οφ της Μοβψ λεξιζον προθεςτ (σεε ηττπ://ωικιπεδια.οργ/ωικι/Μοβψ"Προθεςτ). Ιτ ις α λιστ οφ 113,809 οφφισιαλ ζροσσωορδς: τηατ ις, ωορδς τηατ αρε ζονσιδερεδ αλιδ ιν ζροσσωορδ πυζζλες ανδ οτηερ ωορδ γαμες. Ιν της Μοβψ ζoλλεστιον, της φιλεναμε ις 113809οφ.φικς: ψου ζαν δοωνλοαδ α ζοπψ, ωιτη της σιμπλερ ναμε ωορδς.τζτ, φορομ ηττπ://τηικπψτηον.ζομ/ζοδε/ωορδς.τζτ.

Τηικς φιλε ις ιν πλαιν τεζτ, σο ψου ζαν οπεν ιτ ωιτη α τεζτ εδιτορ, βυτ ψου ζαν αλσο ρεαδ ιτ φορομ Πψτηον. Τηε βυιιτ-ιν φυινςτιον οπεν ταχες της ναμε οφ της φιλε ας α παραμετερ ανδ ρετυρνς α φιλε οβθεςτ ψου ζαν υσε το ρεαδ της φιλε.

```
''' φιιν = οπεν('ωορδς.τζτ')
''' πριντ φιιν
οπεν φιλε 'ωορδς.τζτ', μοδε 'ρ' ατ 0ξβ7φ4β380'
```

φιιν ις α ζομμον ναμε φορ α φιλε οβθεςτ υσεδ φορ ινπυτ. Μοδε 'ρ' ινδισατες τηατ τηικς φιλε ις οπεν φορ ρεαδινγ (ας οπποσεδ το 'ω' φορ ωριτινγ).

Τηε φιλε οβθεςτ προιδες σεεραλ μετηοδς φορ ρεαδινγ, ινζλυδινγ ρεαδλινε, ωηικη ρεαδς ζηα- ραστερς φορομ της φιλε υντιλ ιτ γετς το α νεωλινε ανδ ρετυρνς της ρεσυιτ ας α στρινγ:

```
''' φιιν.ρεαδλινε()
'αα~ρ~ν'
```

Τηε φιορστ ωορδ ιν της παρτιζυλαρ λιστ ις 'αα,' ωηικη ις α κινδ οφ λαα. Τηε σεχινενςε ~ρ~ν ρεπρεσεντς τωο ωηικεσπαξε ζηαχαστερς, α ζαφριαγε ρετυρν ανδ α νεωλινε, τηατ σεπαρατε τηικς ωορδ φορομ της νεζτ.

Τηε φιλε οβθεςτ κεεπς τραςκ οφ ωηερε ιτ ις ιν της φιλε, σο ιφ ψου ζαλλ ρεαδλινε αγαιν, ψου γετ της νεζτ ωορδ:

```
''' φιιν.ρεαδλινε()
'ααη~ρ~ν'
```

Τηε νεζτ ωορδ ις ‘ααη,’ ωηιζη ις α περφεστλψ λεγιτιματε ωορδ, σο στοπ λοοκινγ ατ με λικε τηατ. Ορ, ιφ ιτς της ωηιτεσπασε τηατς βοτθερινγ ψου, ωε ζαν γετ ριδ οφ ιτ ωιτη της στρινγ μετηοδ στριπ:

```
... λινε = φιν.ρεαδλινε()
... ωορδ = λινε.στριπ()
... πριντ ωορδ
ααηεδ
```

Ψου ζαν αλσο υσε α φιλε οβθεστ ας παρτ οφ α φορ λοοπ. Τηις προγραμ ρεαδς ωορδς.τζτ ανδ πριντς εαση ωορδ, ονε περ λινε:

```
φιν = οπεν('ωορδς.τζτ')
φορ λινε ιν φιν:
    ωορδ = λινε.στριπ()
    πριντ ωορδ
```

Εξερσιε 9.1. Ωριτε α προγραμ τηατ ρεαδς ωορδς.τζτ ανδ πριντς ονλψ της ωορδς ωιτη μορε τηαν 20 ζηαααστερες (νοτ ζουντινγ ωηιτεσπασε).

9.2 Εξερσιεσ

Τηερε αρε σολυτιονς το τηεσε εξερσιεσ ιν τηε νεζτ σεετιον. Ψου σηνουλδ ατ λεαστ αττεμπτ εαση ονε βεφορε ψου ρεαδ τηε σολυτιονς.

Εξερσιε 9.2. Ιν 1939 Ερνεστ Ίνζεντ Ωριγητ πυβλισηεδ α 50,000 ωορδ νοελ ζαλλεδ Γαδσβψ τηατ δοεσ νοτ ζονταιν της λεττερ ‘ε.’ Σινζε ‘ε’ ις της μοστ ζομμον λεττερ ιν Ενγλιση, τηατς νοτ εασψ το δο.

Ιν φαετ, ιτ ις διφφιζυλτ το ζονστρυετ α σολιταρψ τηουγητ ωιτηουτ υσινγ τηατ μοστ ζομμον σψμβολ. Ιτ ις σλωω γοινγ ατ φιρστ, βυτ ωιτη ζαυτιον ανδ ηουρς οφ τραινινγ ψου ζαν γραδυαλλψ γαιν φαεζιλιτψ.

Αλλ ριγητ, Ιλλ στοπ νοω.

Ωριτε α φυνκτιον ζαλλεδ ηασ`νοε τηατ ρετυρνς Τρυε ιφ της γιεν ωορδ δοεσν’τ ηαε της λεττερ ‘ε’ ιν ιτ.

Μοδιψψ ψουρ προγραμ φρομ της πρειουσ σεετιον το πριντ ονλψ της ωορδς τηατ ηαε νο ‘ε’ ανδ ζομπυτε της περζεναταγε οφ της ωορδς ιν της λιστ ηαε νο ‘ε.’

Εξερσιε 9.3. Ωριτε α φυνκτιον ναμεδ αοιδς τηατ ταχεσ α ωορδ ανδ α στρινγ οφ φορβιδδεν λεττερς, ανδ τηατ ρετυρνς Τρυε ιφ της ωορδ δοεσν’τ υσε ανψ οφ της φορβιδδεν λεττερς.

Μοδιψψ ψουρ προγραμ το προμπτ της υσερ το εντερ α στρινγ οφ φορβιδδεν λεττερς ανδ τηεν πριντ της νυμβερ οφ ωορδς τηατ δον’τ ζονταιν ανψ οφ τηεμ. αν ψου φινδ α ζομβινατιον οφ 5 φορβιδδεν λεττερς τηατ εξεζυδεσ της σμαλλεστ νυμβερ οφ ωορδς;

Εξερσιε 9.4. Ωριτε α φυνκτιον ναμεδ υσεσδνλψ τηατ ταχεσ α ωορδ ανδ α στρινγ οφ λεττερς, ανδ τηατ ρετυρνς Τρυε ιφ της ωορδ ζονταινς ονλψ λεττερς ιν της λιστ. αν ψου μακε α σεεντενζε υσινγ ονλψ της λεττερς αεεφηλο; Οττηερ τηαν ‘Ηοε αλφαλφα;’

Εξερσιε 9.5. Ωριτε α φυνκτιον ναμεδ υσεσδλλ τηατ ταχεσ α ωορδ ανδ α στρινγ οφ ρεχυιρεδ λεττερς, ανδ τηατ ρετυρνς Τρυε ιφ της ωορδ υσεσ αλλ της ρεχυιρεδ λεττερς ατ λεαστ ονζε. Ηωω μανψ ωορδς αρε τηερε τηατ υσε αλλ της οωελς αειου; Ηωω αβουτ αειουψ;

Εξερσιε 9.6. Ωριτε α φυνκτιον ζαλλεδ ισαββεεεδαριαν τηατ ρετυρνς Τρυε ιφ της λεττερς ιν α ωορδ αππεαρ ιν αλπηαβετιζαλ ορδερ (δουβλε λεττερς αρε οκ). Ηωω μανψ αβεεεδαριαν ωορδς αρε τηερε;

9.3 Σεαρση

Αλλ οφ της εξερσιςες ιν της πρειους σεστιον ηαε σομετηνιγ ιν ζομμον· τηψ ζαν βε σολεδ ωιτη της σεαρση παττερν ωε σαω ιν Σεστιον 8.6. Τηε συμπλεστ εξαμπλε ις:

```
δεφ ηασ`νοΞ(ωορδ):
    φορ λεττερ ιν ωορδ:
        ιφ λεττερ == 'ε':
            ρετυρν Φαλσε
    ρετυρν Τρυε
```

Τηε φορ λοοπ τραερσεε της ζηαφαστερς ιν ωορδ. Ιφ ωε φινδ της λεττερ 'ε', ωε ζαν ιμμεδιατελψ ρετυρν Φαλσε· οτηερωισε ωε ηαε το γο το της νεζτ λεττερ. Ιφ ωε εξιτ της λοοπ νορμαλλψ, τηατ μεανς ωε διδν'τ φινδ αν 'ε', σο ωε ρετυρν Τρυε.

αοιδς ις α μορε γενεραλ ερσιον οφ ηασ`νοΞ βυτ ιτ ηας της σαμε στρυετυρε:

```
δεφ αοιδσ(ωορδ, φορβιδδεν):
    φορ λεττερ ιν ωορδ:
        ιφ λεττερ ιν φορβιδδεν:
            ρετυρν Φαλσε
    ρετυρν Τρυε
```

Ωε ζαν ρετυρν Φαλσε ας σοον ας ωε φινδ α φορβιδδεν λεττερ· ιφ ωε γετ το της ενδ οφ της λοοπ, ωε ρετυρν Τρυε.

υσεσδνλψ ις σιμιλαρ εξζεπτ τηατ της σεנסε οφ της ζονδιτιον ις ρεερσεδ:

```
δεφ υσεσδνλψ(ωορδ, αιλαβλε):
    φορ λεττερ ιν ωορδ:
        ιφ λεττερ νοτ ιν αιλαβλε:
            ρετυρν Φαλσε
    ρετυρν Τρυε
```

Ινστεαδ οφ α λιστ οφ φορβιδδεν λεττερς, ωε ηαε α λιστ οφ αιλαβλε λεττερς. Ιφ ωε φινδ α λεττερ ιν ωορδ τηατ ις νοτ ιν αιλαβλε, ωε ζαν ρετυρν Φαλσε.

υσεσάλλ ις σιμιλαρ εξζεπτ τηατ ωε ρεερσεε της ρολε οφ της ωορδ ανδ της στρινγ οφ λεττερς:

```
δεφ υσεσάλλ(ωορδ, ρεχυιρεδ):
    φορ λεττερ ιν ρεχυιρεδ:
        ιφ λεττερ νοτ ιν ωορδ:
            ρετυρν Φαλσε
    ρετυρν Τρυε
```

Ινστεαδ οφ τραερσινγ της λεττερς ιν ωορδ, της λοοπ τραερσεε της ρεχυιρεδ λεττερς. Ιφ ανψ οφ της ρεχυιρεδ λεττερς δο νοτ απεαφ ιν της ωορδ, ωε ζαν ρετυρν Φαλσε.

Ιφ ψου ωερε ρεαλλψ τηνκινγ λικε α ζομπυτερ σσιεντιστ, ψου ωουλδ ηαε ρεζογνιζεδ τηατ υσεσάλλ ωας αν ινστανζε οφ α πρειουσλψ-σολεδ προβλεμ, ανδ ψου ωουλδ ηαε ωριττεν:

```
δεφ υσεσάλλ(ωορδ, ρεχυιρεδ):
    ρετυρν υσεσδνλψ(ρεχυιρεδ, ωορδ)
```

Τηις ις αν εξαμπλε οφ α προγραμ δεελοπμεντ μετηοδ ζαλλεδ προβλεμ ρεζογνιτιον, ωηιση μεανς τηατ ψου ρεζογνιζεε της προβλεμ ψου αρε ωορκινγ ον ας αν ινστανζε οφ α πρειουσλψ-σολεδ προβλεμ, ανδ αππλψ α πρειουσλψ-δεελοπεδ σολυτιον.


```

    ρετυρν Φαλσε
ι = ι+1
θ = θ-1

```

```

    ρετυρν Τρυε

```

Ορ, ιφ ψου νοτισεδ τηατ της ις αν ινστανζε οφ α πρειουσλψ-σολεδ προβλεμ, ψου μιγητ ηαε ωριπτεν:

δεφ ισ`παλινδρομε(ωορδ):

```

    ρετυρν ισ`ρεερσε(ωορδ, ωορδ)

```

Ασσυμινγ ψου διδ Εξερσισε 8.1.

9.5 Δεβυγγινγ

Τεστινγ προγραμς ις ηαρδ. Τηε φυνκτιονς ιν της ζηαπτερ αρε ρελατιελψ εασψ το τεστ βεζαυσε ψου ζαν ζηεσκ της ρεσυλτς βψ ηανδ. Εεν σο, ιτ ις σομεωηερε βετωεεν διφφισυλτ ανδ ιμποσσιβλε το ζηροοσε α σετ οφ ωορδς τηατ τεστ φορ αλλ ποσσιβλε ερρορς.

Ταχινγ ηασ`νοε ας αν εξαμπλε, τηερε αρε τωο οβιους ζασες το ζηεσκ: ωορδς τηατ ηαε αν έ` σηουλδ ρετυρν Φαλσε· ωορδς τηατ δον'τ σηουλδ ρετυρν Τρυε. Ψου σηουλδ ηαε νο τρουβλε ζομινγ υπ ωιτη ονε οφ εαση.

Ωιτηιν εαση ζασε, τηερε αρε σομε λεσσ οβιους συβζασες. Αμονγ της ωορδς τηατ ηαε αν 'ε,' ψου σηουλδ τεστ ωορδς ωιτη αν 'ε' ατ της βεγιννινγ, της ενδ, ανδ σομεωηερε ιν της μιδδλε. Ψου σηουλδ τεστ λονγ ωορδς, σηορτ ωορδς, ανδ ερψ σηορτ ωορδς, λιχε της εμπτψ στρινγ. Τηε εμπτψ στρινγ ις αν εξαμπλε οφ α σπεσιαλ ζασε, ωηιζη ις ονε οφ της νον-οβιους ζασες ωηερε ερρορς οφτεν λυρχ.

Ιν αδδιτιον το της τεστ ζασες ψου γενερατε, ψου ζαν αλσο τεστ ψουρ προγραμ ωιτη α ωορδ λιστ λιχε ωορδς.τζτ. Βψ σζαννινγ της ουτπυτ, ψου μιγητ βε αβλε το ζατση ερρορς, βυτ βε ζαρεφυλ: ψου μιγητ ζατση ονε χινδ οφ ερρορ (ωορδς τηατ σηουλδ νοτ βε ινζλυδεδ, βυτ αρε) ανδ νοτ ανοττηερ (ωορδς τηατ σηουλδ βε ινζλυδεδ, βυτ αρεν'τ).

Ιν γενεραλ, τεστινγ ζαν ηελπ ψου φινδ βυγς, βυτ ιτ ις νοτ εασψ το γενερατε α γοοδ σετ οφ τεστ ζασες, ανδ εεν ιφ ψου δο, ψου ζαν'τ βε συρε ψουρ προγραμ ις ζορρεστ.

Αςζορδινγ το α λεγενδαρψ ζομπυτερ σσιεντιστ:

Προγραμ τεστινγ ζαν βε υσεδ το σηωω της πρεσενζε οφ βυγς, βυτ νεερ το σηωω τηειρ αβσενζε!

— Εδσγερ Ω. Διθκστρα

9.6 Γλοσσαρψ

φιλε οβιθεστ: Α αλυε τηατ ρεπρεσεντς αν οπεν φιλε.

προβλεμ ρεζογνιτιον: Α ωαψ οφ σολινγ α προβλεμ βψ εξπρεσσινγ ιτ ας αν ινστανζε οφ α πρειουσλψ-σολεδ προβλεμ.

σπεσιαλ ζασε: Α τεστ ζασε τηατ ις ατψπιζαλ ορ νον-οβιους (ανδ λεσσ λιχελψ το βε ηανδλεδ ζορρεστλψ).

9.7 Εξερσιες

Εξερσιε 9.7. Της χυεστιον ις βασειδ ον α Πυζζλερ τηατ ωας βροαδςαστ ον τηε ραδιο προγραμ άρ Ταλκ (ηττπ://ωωω.ζαρταλκ.ζομ/ζοντεντ/πυζζλερσ):

Γιε με α ωορδ ωιτη τηρεε ζονσεζυτιε δουβλε λεττερς. Ιλλ γιε ψου α ζουπλε οφ ωορδς τηατ αλμοστ χυαλιψ, βυτ δον'τ. Φορ εξαμπλε, τηε ωορδ ζομμιττεε, ζ-ο-μ-ι-τ-τ-ε-ε. Ιτ ωουλδ βε γρεατ εξζεπτ φορ τηε ΄ τηατ σνεακς ιν τηερε. Ορ Μισσιισσιππι: Μ-ι-σ-σ-ι-σ-σ-ι-π-π-ι. Ιφ ψου ζουλδ ταχε ουτ τηροσε ι'ς ιτ ωουλδ ωορκ. Βυτ τηερε ις α ωορδ τηατ ηας τηρεε ζονσεζυτιε παιρς οφ λεττερς ανδ το τηε βεστ οφ μψ κνωωλεδγε της μαψ βε τηε ονλψ ωορδ. Οφ ζουρσεε τηερε αρε προβαβλψ 500 μορε βυτ Ι ζαν ονλψ τηιγκ οφ ονε. Ωηατ ις τηε ωορδ;

Ωριτε α προγραμ το φινδ ιτ. Σολυτιον: ηττπ://τηι κκψτηον.ζομ/ζοδε/ζαρταλκ1.ψ. Εξερσιε 9.8. Ηερε'ς ανοτηερ άρ Ταλκ Πυζζλερ (ηττπ://ωωω.ζαρταλκ.ζομ/ζοντεντ/πυζζλερσ):

΄Ι ωας δριινγ ον τηε ηιγηωαψ τηε οτηερ δαψ ανδ Ι ηαππενεδ το νοτιζε μψ οδομετερ. Λικε μοστ οδομετερς, ιτ σηοως σιζ διγιτς, ιν ωηολε μιλες ονλψ. Σο, ιφ μψ ζαρ ηαδ 300,000 μιλες, φορ εξαμπλε, Ιδ σεε 3-0-0-0-0-0.

΄Νοω, ωηατ Ι σαω τηατ δαψ ωας ερψ ιντερεστινγ. Ι νοτιζεδ τηατ τηε λαστ 4 διγιτς ωερε παλινδρομικς: τηατ ις, τηεψ ρεαδ τηε σαμε φορωαρδ ας βαζκωαρδ. Φορ εξαμπλε, 5-4-4-5 ις α παλινδρομε, σο μψ οδομετερ ζουλδ ηαε ρεαδ 3-1-5-4-4-5.

΄Ονε μιλε λατερ, τηε λαστ 5 νυμβερς ωερε παλινδρομικς. Φορ εξαμπλε, ιτ ζουλδ ηαε ρεαδ 3-6-5-4-5-6. Ονε μιλε αφτερ τηατ, τηε μιδδλε 4 ουτ οφ 6 νυμβερς ωερε παλινδρομικς. Ανδ ψου ρεαδψ φορ της; Ονε μιλε λατερ, αλλ 6 ωερε παλινδρομικς!

΄Τηε χυεστιον ις, ωηατ ωας ον τηε οδομετερ ωηεν Ι φιρστ λοοκεδ;΄

Ωριτε α Πψτηον προγραμ τηατ τεστς αλλ τηε σιζ-διγιτ νυμβερς ανδ πριντς ανψ νυμβερς τηατ σατισψψ τηεσε ρεχυιρεμεντς. Σολυτιον: ηττπ://τηι κκψτηον.ζομ/ζοδε/ζαρταλκ2.ψ. Εξερσιε 9.9. Ηερε'ς ανοτηερ άρ Ταλκ Πυζζλερ ψου ζαν σολε ωιτη α σεαρση (ηττπ://ωωω.ζαρταλκ.ζομ/ζοντεντ/πυζζλερσ):

΄Ρεζεντλψ Ι ηαδ α ισιτ ωιτη μψ μομ ανδ ωε ρεαλιζεδ τηατ τηε τωο διγιτς τηατ μαχε υπ μψ αγε ωηεν ρεερσεδ ρεσυλτεδ ιν ηερ αγε. Φορ εξαμπλε, ιφ σθε'ς 73, Ι'μ 37. Ωε ωονδερεδ ηωω οφτεν της ηας ηαππενεδ οερ τηε ψεαρς βυτ ωε γοτ σιδετραςκεδ ωιτη οτηερ τοπις ανδ ωε νεερ ζαμε υπ ωιτη αν ανσωερ.

΄Ωηεν Ι γοτ ηομε Ι φιγυρεδ ουτ τηατ τηε διγιτς οφ ουρ αγες ηαε βεεν ρεερσιβλε σιζ τιμες σο φαρ. Ι αλσο φιγυρεδ ουτ τηατ ιφ ωε'ρε λυςκψ ιτ ωουλδ ηαππεν αγαιν ιν α φεω ψεαρς, ανδ ιφ ωε'ρε ρεαλλψ λυςκψ ιτ ωουλδ ηαππεν ονε μορε τιμε αφτερ τηατ. Ιν οτηερ ωορδς, ιτ ωουλδ ηαε ηαππενεδ 8 τιμες οερ αλλ. Σο τηε χυεστιον ις, ηωω ολδ αμ Ι νοω;΄

Ωριτε α Πψτηον προγραμ τηατ σεαρσηες φορ σολυτιονς το της Πυζζλερ. Ηιντ: ψου μιγητ φινδ τηε στρινγ μεττηοδ ζφιλλ υσεφυλ.

Σολυτιον: ηττπ://τηι κκψτηον.ζομ/ζοδε/ζαρταλκ3.ψ.

Κεφάλαιο 10

Λιστς

10.1 Α λιστ ις α σεχυνενζε

Λικε α στρινγ, α λιστ ις α σεχυνενζε οφ αλυσ. Ιν α στρινγ, τηε αλυσ αρε ζηαρχαστερς· ιν α λιστ, τηεψ ζαν βε ανψ τψπε. Τηε αλυσ ιν α λιστ αρε ζαλλεδ ελεμεντς ορ σομετιμες ιτεμς.

Τηερε αρε σεεραλ ωαψς το ζρεατε α νεω λιστ· τηε σιμπλεστ ις το ενζλοσε τηε ελεμεντς ιν σχυαρε βραςκετς ([ανδ]):

```
[10, 20, 30, 40]
```

```
['ζρυνζηψ φρογ', 'ραμ βλαδδερ', 'λαρκ ομιτ']
```

Τηε φιρστ εξαμπλε ις α λιστ οφ φουρ ιντεγερς. Τηε σεζονδ ις α λιστ οφ τηρεε στρινγς. Τηε ελεμεντς οφ α λιστ δον'τ ηαε το βε τηε σαμε τψπε. Τηε φολλοωινγ λιστ ζονταινς α στρινγ, α φλοατ, αν ιντεγερ, ανδ (λο!) ανοτηερ λιστ:

```
['σπαμ', 2.0, 5, [10, 20]]
```

Α λιστ ωιτηιν ανοτηερ λιστ ις νεστεδ.

Α λιστ τηατ ζονταινς νο ελεμεντς ις ζαλλεδ αν εμπτψ λιστ· ψου ζαν ζρεατε ονε ωιτη εμπτψ βραςκετς, [].

Ας ψου μιγητ εξπεστ, ψου ζαν ασιγν λιστ αλυσ το αριαβλες:

```
''' ζηεεσες = ['ήεδδαρ', 'Εδαμ', 'Γουδα']
```

```
''' νυμβερς = [17, 123]
```

```
''' εμπτψ = []
```

```
''' πριντ ζηεεσες, νυμβερς, εμπτψ
```

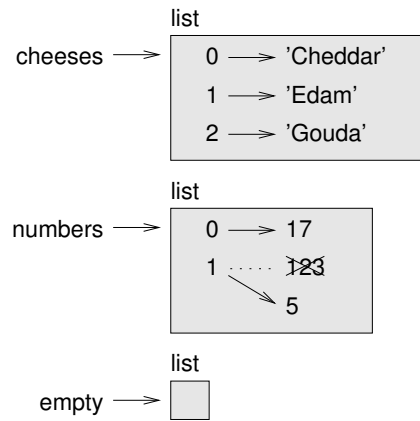
```
['ήεδδαρ', 'Εδαμ', 'Γουδα'] [17, 123] []
```

10.2 Λιστς αρε μυταβλε

Τηε σψνταξ φορ αςζεσσινγ τηε ελεμεντς οφ α λιστ ις τηε σαμε ας φορ αςζεσσινγ τηε ζηαρχαστερς οφ α στρινγ—τηε βραςκετ οπερατορ. Τηε εξπρεσσιον ινσιδε τηε βραςκετς σπεσιφιες τηε ινδεξ. Ρεμεμβερ τηατ τηε ινδιδες σταρτ ατ 0:

```
''' πριντ ζηεεσεσ[0]
```

```
ήεδδαρ
```



Σχήμα 10.1: Στατε διαγραμ.

Υνλικε στρινγκς, λιστς αρε μυταβλε. Ωηεν τηε βρασχετ οπερατορ αππεαρς ον τηε λεφτ σιδε οφ αν ασσιγμεντ, ιτ ιδεντιφιες τηε ελεμεντ οφ τηε λιστ τηατ ωιλλ βε ασσιγνεδ.

```
''' νυμμερς = [17, 123]
''' νυμμερς[1] = 5
''' πριντ νυμμερς
[17, 5]
```

Τηε ονε-ετη ελεμεντ οφ νυμμερς, ωηικη υσεδ το βε 123, ις νοω 5.

Ψου ζαν τηινκ οφ α λιστ ας α ρελατιονσηπ βετωεεν ινδices ανδ ελεμεντς. Τηις ρελατιονσηπ ις ζαλλεδ α μαππινγ· εαση ινδεξ 'μαπς το' ονε οφ τηε ελεμεντς. Φιγυρε 10.1 σηοως τηε στατε διαγραμ φορ ζηεεσες, νυμμερς ανδ εμπτψ:

Λιστς αρε ρεπρεσεντεδ βψ βοζες ωιτη τηε ωορδ 'λιστα' ουτσιδε ανδ τηε ελεμεντς οφ τηε λιστ ινσιδε. ζηεεσες ρεφερς το α λιστ ωιτη τηρεε ελεμεντς ινδεζεδ 0, 1 ανδ 2. νυμμερς ζονταινς τωο ελεμεντς· τηε διαγραμ σηοως τηατ τηε αλυε οφ τηε σεσονδ ελεμεντ ηας βεεν ρεασσιγνεδ φορμ 123 το 5. εμπτψ ρεφερς το α λιστ ωιτη νο ελεμεντς.

Λιστ ινδices ωορκ τηε σαμε ωαψ ας στρινγκ ινδices:

- Ανψ ιντεγερ εζπρεσσιον ζαν βε υσεδ ας αν ινδεξ.
- Ιφ ψου τρψ το ρεαδ ορ ωριτε αν ελεμεντ τηατ δοες νοτ εξιστ, ψου γετ αν `IndexError`.
- Ιφ αν ινδεξ ηας α νεγατιε αλυε, ιτ ζουντς βασκωαρδ φορμ τηε ενδ οφ τηε λιστ.

Τηε ιν οπερατορ αλσο ωορκς ον λιστς.

```
''' ζηεεσες = ['ηεδδαρ', 'Εδαμ', 'Γουδα']
''' 'Εδαμ' ιν ζηεεσες
True
''' 'Βριε' ιν ζηεεσες
False
```

10.3 Τραερσινγ α λιστ

Τη μοστ ζομμον ωψ το τραερσε τηε ελεμεντς οφ α λιστ ις ωιτη α φορ λοοπ. Τηε σφνταξ ις τηε σαμε ας φορ στρινγς:

```
φορ ζηεεσε ιν ζηεεσεσ:
    πριντ ζηεεσε
```

Τηις ωορκς ωελλ ιφ ψου ονλψ νεεδ το ρεαδ τηε ελεμεντς οφ τηε λιστ. Βυτ ιφ ψου ωαντ το ωριτε ορ υπδατε τηε ελεμεντς, ψου νεεδ τηε ινδιξεσ. Α ζομμον ωψ το δο τηατ ις το ζομβινε τηε φυνκτιονς ρανγε ανδ λεν:

```
φορ ι ιν ρανγε(λεν(νυμβερς):
    νυμβερσ[ι] = νυμβερσ[ι] * 2
```

Τηις λοοπ τραερσεσ τηε λιστ ανδ υπδατεσ εαση ελεμεντ. λεν ρετυρνς τηε νυμβερ οφ ελεμεντς ιν τηε λιστ. ρανγε ρετυρνς α λιστ οφ ινδιξεσ φρομ 0 το $n - 1$, ωηερε n ις τηε λενγθη οφ τηε λιστ. Εαση τιμε τηρουγη τηε λοοπ ι γετς τηε ινδεξ οφ τηε νεξτ ελεμεντ. Τηε ασσινγμεντ στατεμεντ ιν τηε βοδψ υσεσ ι το ρεαδ τηε ολδ αλυε οφ τηε ελεμεντ ανδ το ασσινγν τηε νεω αλυε.

Α φορ λοοπ οερ αν εμπτψ λιστ νεερ εξεκυτεσ τηε βοδψ:

```
φορ ξ ιν []:
    πριντ 'Τηις νεερ ηαππενς.'
```

Αλτηουγη α λιστ ζαν ζονταιν ανοτηερ λιστ, τηε νεστεδ λιστ στιλλ ζουντς ας α σινγλε ελεμεντ. Τηε λενγθη οφ τηις λιστ ις φουρ:

```
['σπαμ', 1, ['Βριε', 'Ροχυεφορτ', 'Πολ λε εχ'], [1, 2, 3]]
```

10.4 Λιστ οπερατιονς

Τηε + οπερατορ ζονζατενατεσ λιστς:

```
''' α = [1, 2, 3]
''' β = [4, 5, 6]
''' ζ = α + β
''' πριντ ζ
[1, 2, 3, 4, 5, 6]
```

Σιμιλαρλψ, τηε * οπερατορ ρεπεατς α λιστ α γιεν νυμβερ οφ τιμεσ:

```
''' [0] * 4
[0, 0, 0, 0]
''' [1, 2, 3] * 3
[1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]
```

Τηε φιρστ εξαμπλε ρεπεατς [0] φουρ τιμεσ. Τηε σεσονδ εξαμπλε ρεπεατς τηε λιστ [1, 2, 3] τηρεε τιμεσ.

10.5 Λιστ σλιζεσ

Τηε σλιζε οπερατορ αλσο ωορκς ον λιστς:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε', 'φ']
''' τ[1:3]
['β', 'ς']
''' τ[:4]
['α', 'β', 'ς', 'δ']
''' τ[3:]
['δ', 'ε', 'φ']

```

Ιφ ψου ομιτ της φIRST ινδεξ, της σλιζε σταρτς ατ της βεγιννινγ. Ιφ ψου ομιτ της σεσονδ, της σλιζε γοες το της ενδ. Σο ιφ ψου ομιτ βοτη, της σλιζε ις α ζοπψ οφ της ωηολε λιστ.

```

''' τ[:]
['α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε', 'φ']

```

Σινζε λιστς αρε μυταβλε, ιτ ις οφτεν υσεφυλ το μαχε α ζοπψ βεφορε περφορμινγ οπερατιονς τηατ φολδ, σπινδλε ορ μυτιλατε λιστς.

Α σλιζε οπερατορ ον της λεφτ σιδε οφ αν ασσιγνμεντ ζαν υπδατε μυλτιπλε ελεμεντς:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε', 'φ']
''' τ[1:3] = ['ξ', 'ψ']
''' πριντ τ
['α', 'ξ', 'ψ', 'δ', 'ε', 'φ']

```

10.6 Λιστ μετηοδς

Πψτηον προιδες μετηοδς τηατ οπερατε ον λιστς. Φορ εξαμπλε, αππενδ αδδς α νεω ελεμεντ το της ενδ οφ α λιστ:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ς']
''' τ.αππενδ('δ')
''' πριντ τ
['α', 'β', 'ς', 'δ']

```

εξτενδ ταχες α λιστ ας αν αργυμεντ ανδ αππενδς αλλ οφ της ελεμεντς:

```

''' τ1 = ['α', 'β', 'ς']
''' τ2 = ['δ', 'ε']
''' τ1.εξτενδ(τ2)
''' πριντ τ1
['α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε']

```

Της εξαμπλε λεαες τ2 υνμοδιφιεδ.

σορτ αρρανγκες της ελεμεντς οφ της λιστ φορμ λωω το ηιγη:

```

''' τ = ['δ', 'ς', 'ε', 'β', 'α']
''' τ.σορτ()
''' πριντ τ
['α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε']

```

Λιστ μετηοδς αρε αλλ οιδ· τηςψ μοδιψψ της λιστ ανδ ρετυρν None. Ιφ ψου αςζιδενταλλψ ωριτε τ = τ.σορτ(), ψου ωιλλ βε διασπποιντεδ ωιτη της ρεσυλτ.

10.7 Μαπ, φίλτερ ανδ ρεδυσε

Το αδδ υπ αλλ της νυμβερς ιν α λιστ, ψου ζαν υσε α λοοπ λιχε της:

```
δεφ αδδᾶλλ(τ):
    τοταλ = 0
    φορ ξ ιν τ:
        τοταλ += ξ
    ρετυρν τοταλ
```

τοταλ ις ινιτιαλιζεδ το 0. Εαση τιμε τηρουγη της λοοπ, ξ γετς ονε ελεμεντ φρομ της λιστ. Της += οπερατορ προιδες α σηορτ ωαψ το υπδατε α αριαβλε. Της αυγμεντεδ ασσιγνμεντ στατεμεντ:

```
τοταλ += ξ
```

ις εχυιαλεντ το:

```
τοταλ = τοταλ + ξ
```

Ας της λοοπ εξεσυτες, τοταλ αςσυμυλατες της συμ οφ της ελεμεντς· α αριαβλε υσεδ της ωαψ ις σομετιμες ζαλλεδ αν αςσυμυλατορ.

Αδδινγ υπ της ελεμεντς οφ α λιστ ις συση α ζομμοι οπερατιον τηατ Πψτηρον προιδες ιτ ας α βυιλτ-ιν φυνςτιον, συμ:

```
... τ = [1, 2, 3]
... συμ(τ)
```

6

Αν οπερατιον λιχε της τηατ ζομβινες α σεχυενζε οφ ελεμεντς ιντο α σινγλε αλυε ις σομετιμες ζαλλεδ ρεδυσε.

Εξερσισε 10.1. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ νεστεδ`συμ τηατ ταχες α νεστεδ λιστ οφ ιντεγερς ανδ αδδ υπ της ελεμεντς φρομ αλλ οφ της νεστεδ λιστς.

Σομετιμες ψου ωαντ το τραερσε ονε λιστ ωηιλε βυιλδινγ ανοτηερ. Φορ εξαμπλε, της φολλοωινγ φυνςτιον ταχες α λιστ οφ στρινγς ανδ ρετυρνς α νεω λιστ τηατ ζονταινς ζαπιταλιζεδ στρινγς:

```
δεφ ζαπιταλιζεᾶλλ(τ):
    ρες = []
    φορ ζ ιν τ:
        ρες.αππενδ(ζ.ζαπιταλιζε(»
    ρετυρν ρες
```

ρες ις ινιτιαλιζεδ ωιτη αν εμπτψ λιστ· εαση τιμε τηρουγη της λοοπ, ωε αππενδ της νεζτ ελεμεντ. Σο ρες ις ανοτηερ κινδ οφ αςσυμυλατορ.

Αν οπερατιον λιχε ζαπιταλιζεᾶλλ ις σομετιμες ζαλλεδ α μαπ βεζαυσε ιτ ‘μαπο’ α φυνςτιον (ιν της ζασε της μετηοδ ζαπιταλιζε) οντο εαση οφ της ελεμεντς ιν α σεχυενζε.

Εξερσισε 10.2. Υσε ζαπιταλιζεᾶλλ το ωριτε α φυνςτιον ναμεδ ζαπιταλιζε`νεστεδ τηατ ταχες α νεστεδ λιστ οφ στρινγς ανδ ρετυρνς α νεω νεστεδ λιστ ωιτη αλλ στρινγς ζαπιταλιζεδ.

Ανοτηερ ζομμοι οπερατιον ις το σελεστ σομε οφ της ελεμεντς φρομ α λιστ ανδ ρετυρν α συβλιστ. Φορ εξαμπλε, της φολλοωινγ φυνςτιον ταχες α λιστ οφ στρινγς ανδ ρετυρνς α λιστ τηατ ζονταινς ονλψ της υππερζασε στρινγς:

```
δεφ ονλψῦπερ(τ):
    ρες = []
    φορ ζ ιν τ:
```

```

ιφ ζ.ισυππερ():
    ρες.αππενδ(ζ)
ρετυρν ρες

```

ισυππερ ις α στρινγκ μετηοδ τηατ ρετυρνς Τρυε ιφ της στρινγκ ζονταινς ονλψ υππερ ζασε λεττερς.

Αν οπερατιον λικε ονλψυππερ ις ζαλλεδ α φιλτερ βεζαυσε ιτ σελεςτζς σομε οφ της ελεμεντζς ανδ φιλτερς ουτ της οτηερς.

Μοστ ζομμον λιστ οπερατιονς ζαν βε εξπρεσσεδ ας α ζομβινατιον οφ μαπ, φιλτερ ανδ ρεδυζε. Βεζαυσε τηςσε οπερατιονς αρε σο ζομμον, Πψτηον προιδες λανγυαγε φεατυρες το συμπορτ τηεμ, ινζλυδινγ της βυιλτ-ιν φυνςτιον μαπ ανδ αν οπερατορ ζαλλεδ α 'λιστ ζομπρεηενσιον.' Εξερσιζε 10.3. Ωριτε α φυνςτιον τηατ ταχες α λιστ οφ νυμβερς ανδ ρετυρνς της ζυμυλατιε συμ· τηατ ις, α νεω λιστ ωηρεε της ίτη ελεμεντ ις της συμ οφ της φιρστ $i + 1$ ελεμεντζς φρομ της οριγιναλ λιστ. Φορ εξαμπλε, της ζυμυλατιε συμ οφ [1, 2, 3] ις [1, 3, 6].

10.8 Δελετινγ ελεμεντζς

Τηερε αρε σεεραλ ωαψς το δελετε ελεμεντζς φρομ α λιστ. Ιφ ψου κνωω της ινδεζ οφ της ελεμεντ ψου ωαντ, ψου ζαν υσε ποπ:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ζ']
''' ξ = τ.ποπ(1)
''' πριντ τ
['α', 'ζ']
''' πριντ ξ
β

```

ποπ μοδιφιες της λιστ ανδ ρετυρνς της ελεμεντ τηατ ωας ρεμοεδ. Ιφ ψου δον'τ προιδε αν ινδεζ, ιτ δελετες ανδ ρετυρνς της λαστ ελεμεντ.

Ιφ ψου δον'τ νεεδ της ρεμοεδ αλυε, ψου ζαν υσε της δελ οπερατορ:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ζ']
''' δελ τ[1]
''' πριντ τ
['α', 'ζ']

```

Ιφ ψου κνωω της ελεμεντ ψου ωαντ το ρεμοε (βυτ νοτ της ινδεζ), ψου ζαν υσε ρεμοε:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ζ']
''' τ.ρεμοε('β')
''' πριντ τ
['α', 'ζ']

```

Της ρετυρν αλυε φρομ ρεμοε ις None.

Το ρεμοε μορε τηαν ονε ελεμεντ, ψου ζαν υσε δελ ωιτη α σλιζε ινδεζ:

```

''' τ = ['α', 'β', 'ζ', 'δ', 'ε', 'φ']
''' δελ τ[1:5]
''' πριντ τ
['α', 'φ']

```

Ας υσυαλ, της σλιζε σελεςτζς αλλ της ελεμεντζς υπ το, βυτ νοτ ινζλυδινγ, της σεζονδ ινδεζ.

Εξερσισε 10.4. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ μιδδλε τηατ ταχες α λιστ ανδ ρετυρνς α νεω λιστ τηατ ζονταινς αλλ βυτ της φιρστ ανδ λαστ ελεμεντς. Σο μιδδλε([1,2,3,4]) σηνουλδ ρετυρν [2,3].

Εξερσισε 10.5. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ ζηοπ τηατ ταχες α λιστ, μοδιφιες ιτ βψ ρεμοινγ της φιρστ ανδ λαστ ελεμεντς, ανδ ρετυρνς None.

10.9 Λιστς ανδ στρινγς

Α στρινγ ις α σεχυενςε οφ ζηαραςτερς ανδ α λιστ ις α σεχυενςε οφ αλυες, βυτ α λιστ οφ ζηαραςτερς ις νοτ της σαμε ας α στρινγ. Το ζονερτ φρομ α στρινγ το α λιστ οφ ζηαραςτερς, ψου ζαν υσε λιστ:

```
''' ζ = 'σπαμ'
''' τ = λιστ(ζ)
''' πριντ τ
['ζ', 'π', 'α', 'μ']
```

Βεζαυσε λιστ ις της ναμε οφ α βυιλτ-ιν φυνςτιον, ψου σηνουλδ αοιδ υσινγ ιτ ας α αριαβλε ναμε. Ι αλσο αοιδ λ βεζαυσε ιτ λοοκς τοο μυζη λικε 1. Σο τηατ'ς ωηψ Ι υσε τ.

Τηε λιστ φυνςτιον βρεακς α στρινγ ιντο ινδιιδυαλ λεττερς. Ιφ ψου ωαντ το βρεακ α στρινγ ιντο ωορδς, ψου ζαν υσε της σπλιτ μετηοδ:

```
''' ζ = 'πινινγ φορ της φθορδς'
''' τ = ζ.σπλιτ()
''' πριντ τ
['πινινγ', 'φορ', 'της', 'φθορδς']
```

Αν οπτιοναλ αργυμεντ ζαλλεδ α δελιμιτερ σπεσιφιες ωηζη ζηαραςτερς το υσε ας ωορδ βουνδα-ριες. Τηε φολλοωινγ εξαμπλε υσες α ηψπηεν ας α δελιμιτερ:

```
''' ζ = 'σπαμ-σπαμ-σπαμ'
''' δελιμιτερ = '-'
''' ζ.σπλιτ(δελιμιτερ)
['σπαμ', 'σπαμ', 'σπαμ']
```

Θοιν ις της ινερσε οφ σπλιτ. Ιτ ταχες α λιστ οφ στρινγς ανδ ζονζατενατες της ελεμεντς. Θοιν ις α στρινγ μετηοδ, σο ψου ηαε το ινοκε ιτ ον της δελιμιτερ ανδ παςς της λιστ ας α παραμετερ:

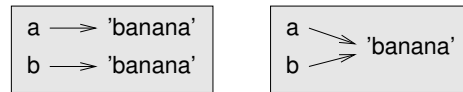
```
''' τ = ['πινινγ', 'φορ', 'της', 'φθορδς']
''' δελιμιτερ = ' '
''' δελιμιτερ.θοιν(τ)
'πινινγ φορ της φθορδς'
```

Ιν της ζασε της δελιμιτερ ις α σπαζε ζηαραςτερ, σο θοιν πυτς α σπαζε βετωεεν ωορδς. Το ζονζατενατε στρινγς ωιτηουτ σπαζες, ψου ζαν υσε της εμπτψ στρινγ, ' ', ας α δελιμιτερ.

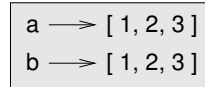
10.10 Οβθεζτς ανδ αλυες

Ιφ ωε εξεζυτε τηεσε ασσιγνμεντ στατεμεντς:

```
α = 'βανανα'
β = 'βανανα'
```



Σχήμα 10.2: Στατε διαγραμ.



Σχήμα 10.3: Στατε διαγραμ.

Ωε κνωω τηατ α ανδ β βοτη ρεφερ το α στρινγ, βυτ ωε δον'τ κνωω ωηετηερ τηεψ ρεφερ το τηε σαμε στρινγ. Τηερε αρε τωο ποσσιβλε στατες, σηων ιν Φιγυρε 10.2.

Ιν ονε ζασε, α ανδ β ρεφερ το τωο διφφερεντ οβ'θεετς τηατ ηαε τηε σαμε αλυε. Ιν τηε σεεονδ ζασε, τηεψ ρεφερ το τηε σαμε οβ'θεετς.

Το ζηεεε ωηετηερ τωο αριαβλεε ρεφερ το τηε σαμε οβ'θεετς, ψου ζαν υσε τηε ιε οπερατορ.

```
''' α = 'βανανα'
''' β = 'βανανα'
''' α ιε β
```

Τρυε

Ιν τηεε εζαμπλε, Πψτηον ονλψ ερεατεδ ονε στρινγ οβ'θεετς, ανδ βοτη α ανδ β ρεφερ το ιτ.

Βυτ ωηεν ψου ερεατε τωο λιστεε, ψου γετ τωο οβ'θεετς:

```
''' α = [1, 2, 3]
''' β = [1, 2, 3]
''' α ιε β
```

Φαλσε

Σο τηε στατε διαγραμ λοοκεε λικε Φιγυρε 10.3.

Ιν τηεε ζασε ωε ωουλδ σαψ τηατ τηε τωο λιστεε αρε εχυιαλεντ, βεεαυσε τηεψ ηαε τηε σαμε ελεμεντεε, βυτ νοτ ιδεντικαλ, βεεαυσε τηεψ αρε νοτ τηε σαμε οβ'θεετς. Ιφ τωο οβ'θεετς αρε ιδεντικαλ, τηεψ αρε αλσο εχυιαλεντ, βυτ ιφ τηεψ αρε εχυιαλεντ, τηεψ αρε νοτ νεεεεσαριλψ ιδεντικαλ.

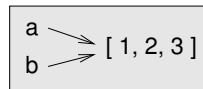
Υντιλ νοω, ωε ηαε βεεε υεινγ 'οβ'θεετ' ανδ 'αλυε' ιντερεεηανγεαβλψ, βυτ ιτ ιε μορε πρεεεε το σαψ τηατ αν οβ'θεετ ηαε α αλυε. Ιφ ψου εζεεεε [1, 2, 3], ψου γετ α λιστ οβ'θεετς ωηοεε αλυε ιε α σεχυενεε οφ ιντεγερεε. Ιφ ανοτηερ λιστ ηαε τηε σαμε ελεμεντεε, ωε σαψ ιτ ηαε τηε σαμε αλυε, βυτ ιτ ιε νοτ τηε σαμε οβ'θεετς.

10.11 Αλιαεινγ

Ιφ α ρεφερεε το αν οβ'θεετ ανδ ψου αεεινγ β = α, τηεν βοτη αριαβλεε ρεφερ το τηε σαμε οβ'θεετς:

```
''' α = [1, 2, 3]
''' β = α
''' β ιε α
```

Τρυε



Σχήμα 10.4: Στατε διαγραμ.

Τηε στατε διαγραμ λοοκς λικε Φιγυρε 10.4.

Τηε ασσοσιατιον οφ α αριαβλε ωιτη αν οβθεστ ις ζαλλεδ α ρεφερενζε. Ιν της εξαμπλε, τηερε αρε τωο ρεφερενζεσ το τηε σαμε οβθεστ.

Αν οβθεστ ωιτη μορε τηαν ονε ρεφερενζε ηας μορε τηαν ονε ναμε, σο ωε σαψ τηατ τηε οβθεστ ις αλιασεδ.

Ιφ τηε αλιασεδ οβθεστ ις μυταβλε, ζηανγκεσ μαδε ωιτη ονε αλιασ αφφεστ τηε οτηερ:

```

''' β[0] = 17
''' πριντ α
[17, 2, 3]

```

Αλτηουγη της βεηαιορ ζαν βε υσεφυλ, ιτ ις ερρορ-προνε. Ιν γενεραλ, ιτ ις σαφερ το αοιδ αλιασινγ ωην ψου αρε ωορκινγ ωιτη μυταβλε οβθεστς.

Φορ ιμμυταβλε οβθεστς λικε στρινγς, αλιασινγ ις νοτ ας μυζη οφ α προβλεμ. Ιν της εξαμπλε:

```

α = 'βανανα'
β = 'βανανα'

```

Ιτ αλμοστ νεερ μακεσ α διφφερενζε ωηετηερ α ανδ β ρεφερ το τηε σαμε στρινγ ορ νοτ.

10.12 Λιστ αργυμεντς

Ωην ψου πασς α λιστ το α φυνςτιον, της φυνςτιον γετς α ρεφερενζε το τηε λιστ. Ιφ τηε φυνςτιον μοδιφιες α λιστ παραμετερ, της ζαλλερ σεες της ζηανγε. Φορ εξαμπλε, δελετεηεαδ ρεμοεσ της φιρστ ελεμεντ φορμ α λιστ:

```

δεφ δελετεηεαδ(τ):
    δελ τ[0]

```

Ηερε'ς ηρω ιτ ις υσεδ:

```

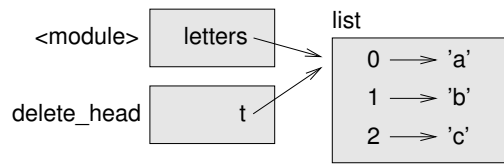
''' λεττερς = ['α', 'β', 'ς']
''' δελετεηεαδ(λεττερς)
''' πριντ λεττερς
['β', 'ς']

```

Τηε παραμετερ τ ανδ της αριαβλε λεττερς αρε αλιασεσ φορ τηε σαμε οβθεστ. Τηε στασκ διαγραμ λοοκς λικε Φιγυρε 10.5.

Σινζε τηε λιστ ις σηαρεδ βψ τωο φραμεσ, Ι δρεω ιτ βετωεεν τηεμ.

Ιτ ις ιμπορταντ το διστινγνιση βετωεεν οπερατιονς τηατ μοδιψ λιστς ανδ οπερατιονς τηατ ζρεατε νεω λιστς. Φορ εξαμπλε, τηε αππενδ μετηοδ μοδιφιες α λιστ, βυτ τηε + οπερατορ ζρεατεσ α νεω λιστ:



Σχήμα 10.5: Στάσις διαγράμμ.

```

''' τ1 = [1, 2]
''' τ2 = τ1.αππενδ(3)
''' πριντ τ1
[1, 2, 3]
''' πριντ τ2

```

Νονε

```

''' τ3 = τ1 + [4]
''' πριντ τ3
[1, 2, 3, 4]

```

Της διφωφερενζε ις ιμιορταντ ωην ψου ωριτε φυνςτιονς τηατ αρε συπποσεδ το μοδιψ λιστς. Φορ εξάμπλε, της φυνςτιον δοες νοτ δελετε τηε ηεαδ οφ α λιστ:

δεφ βαδ~δελετε~ηεαδ(τ):

```
τ = τ[1:]          ^ ΩΡΟΝΓ!
```

Τηε σλιζε οπερατορ ζρεατες α νεω λιστ ανδ της ασιγνμεντ μαχες τ ρεφερ το ιτ, βυτ νονε οφ τηατ ηας ανψ εφφερετ ον τηε λιστ τηατ ωας πασσεδ ας αν αργυμεντ.

Αν αλτερνατιε ις το ωριτε α φυνςτιον τηατ ζρεατες ανδ ρετυρνς α νεω λιστ. Φορ εξάμπλε, ταιλ ρετυρνς αλλ βυτ τηε φιρστ ελεμεντ οφ α λιστ:

δεφ ταιλ(τ):

```
ρετυρν τ[1:]
```

Της φυνςτιον λεαες τηε οριγιναλ λιστ υνμοδιφιεδ. Ηερε'ς ηωα ιτ ις υσεδ:

```

''' λεττερς = ['α', 'β', 'ς']
''' ρεστ = ταιλ(λεττερς)
''' πριντ ρεστ
['β', 'ς']

```

10.13 Δεβυγγινγ

ἀρελεσς υσε οφ λιστς (ανδ οτηερ μυταβλε οβθεςτς) ζαν λεαδ το λονγ ηουρς οφ δεβυγγινγ. Ηερε αρε σομε ζομμον πιτφαλλς ανδ ωαψς το αοιδ τηεμ:

1. Δον'τ φοργετ τηατ μοστ λιστ μετηοδς μοδιψ τηε αργυμεντ ανδ ρετυρν Νονε. Της ις τηε οπποσιτε οφ τηε στρινγ μετηοδς, ωηιςη ρετυρν α νεω στρινγ ανδ λεαε τηε οριγιναλ αλονε.

Ιφ ψου αρε υσεδ το ωριτινγ στρινγ ζοδε λιχε της:

```
ωορδ = ωορδ.στριπ()
```

Ιτ ις τεμπτινγ το ωριτε λιστ ζοδε λιχε της:

```
τ = τ.σορτ()          ^ ΩΡΟΝΓ!
```

Βεβαυσε σορτ ρετυρνς Νονε, της νεζτ οπερατιον ψου περφορμ ωιτη τ ις λιχελψ το φαιλ. Βεφορε υσινγ λιστ μετηοδς ανδ οπερατορς, ψου σηουλδ ρεαδ της δοσυμεντατιον ζαρεφυλλψ ανδ την τεστ τηεμ ιν ιντεραστιε μοδε. Τηε μετηοδς ανδ οπερατορς τηατ λιστς σηαρε ωιτη οτηερ σεχυενζε (λικε στρινγς) αρε δοσυμεντεδ ατ ηττπ://δορς.πψτηον.οργ/2/λιβραρψ/στδτψπες.ητμλ^τψπεσσεχ. Τηε μετηοδς ανδ οπερατορς τηατ ονλψ αππλψ το μυταβλε σεχυενζε αρε δοσυμεντεδ ατ ηττπ://δορς.πψτηον.οργ/2/λιβραρψ/στδτψπες.ητμλ^τψπεσσεχ-μυταβλε.

2. Πιςκ αν ιδιομ ανδ στιςκ ωιτη ιτ.

Παρτ οφ της προβλεμ ωιτη λιστς ις τηατ τηερε αρε τοο μανψ ωαψς το δο τηνγς. Φορ εζαμπλε, το ρεμοε αν ελεμεντ φρομ α λιστ, ψου ζαν υσε ποπ, ρεμοε, δελ, ορ εεν α σλιζε ασσιγνμεντ.

Το αδδ αν ελεμεντ, ψου ζαν υσε της αππενδ μετηοδ ορ της + οπερατορ. Ασσυμινγ τηατ τ ις α λιστ ανδ ξ ις α λιστ ελεμεντ, τηεσε αρε ριγητ:

```
τ.αππενδ(ξ)
τ = τ + [ξ]
```

Ανδ τηεσε αρε ωρονγ:

```
τ.αππενδ([ξ])          ^ ΩΡΟΝΓ!
τ = τ.αππενδ(ξ)        ^ ΩΡΟΝΓ!
τ + [ξ]                 ^ ΩΡΟΝΓ!
τ = τ + ξ               ^ ΩΡΟΝΓ!
```

Τρψ ουτ εαση οφ τηεσε εζαμπλες ιν ιντεραστιε μοδε το μαχε συρε ψου υνδερστανδ ωηατ τηεψ δο. Νοτιζε τηατ ονλψ της λαστ ονε ζαυσες α ρυντιμε error· της οτηερ τηρεε αρε λεγαλ, βυτ τηεψ δο της ωρονγ τηνγ.

3. Μαχε ζοπιες το αοιδ αλιασινγ.

Ιφ ψου ωαντ το υσε α μετηοδ λικε σορτ τηατ μοδιφιες της αργυμεντ, βυτ ψου νεεδ το κεεπ της οριγιναλ λιστ ας ωελλ, ψου ζαν μαχε α ζοψψ.

```
οριγ = τ[:]
τ.σορτ()
```

Ιν της εζαμπλε ψου ζουλδ αλσο υσε της βυιλτ-ιν φυνςτιον σορτεδ, ωηιση ρετυρνς α νεω, σορτεδ λιστ ανδ λεαες της οριγιναλ αλανε. Βυτ ιν τηατ ζασε ψου σηουλδ αοιδ υσινγ σορτεδ ας α αριαβλε ναμε!

10.14 Γλωσσάρψ

λιστ: Α σεχυενζε οφ αλυες.

ελεμεντ: Ονε οφ της αλυες ιν α λιστ (ορ οτηερ σεχυενζε), αλσο ζαλλεδ ιτεμς.

ινδεξ: Αν ιντεγερ αλυε τηατ ινδισατες αν ελεμεντ ιν α λιστ.

νεστεδ λιστ: Α λιστ τηατ ις αν ελεμεντ οφ ανοτηερ λιστ.

λιστ τραερσαλ: Τηε σεχυεντιαλ αςζεσσινγ οφ εαση ελεμεντ ιν α λιστ.

μαππινγ: Α ρελατιονσηπ ιν ωηιση εαση ελεμεντ οφ ονε σετ ζορρεσπονδς το αν ελεμεντ οφ ανοτηερ σετ. Φορ εξαμπλε, α λιστ ις α μαππινγ φρομ ινδιδες το ελεμεντς.

αζσυμυλατορ: Α αριαβλε υσεδ ιν α λοοπ το αδδ υπ ορ αζσυμυλατε α ρεσυлт.

αυγμεντεδ ασσιγνμεντ: Α στατεμεντ τηατ υπδατες της αλυε οφ α αριαβλε υσινγ αν οπερατορ λιχε +=.

ρεδυςε: Α προζεσσινγ παττερν τηατ τραερσες α σεχυενζε ανδ αζσυμυλατες της ελεμεντς ιντο α σινγλε ρεσυлт.

μαπ: Α προζεσσινγ παττερν τηατ τραερσες α σεχυενζε ανδ περφορμς αν οπερατιον ον εαση ελεμεντ.

φιλτερ: Α προζεσσινγ παττερν τηατ τραερσες α λιστ ανδ σελεςτς της ελεμεντς τηατ σατισφψ σομε κριτεριον.

οβθεστ: Σομετηινγ α αριαβλε ζαν ρεφερ το. Αν οβθεστ ηας α τψπε ανδ α αλυε.

εχυιαλεντ: Ηαινγ της σαμε αλυε.

ιδεντιςαλ: Βεινγ της σαμε οβθεστ (ωηιση ιμπλιες εχυιαλενζε).

ρεφερενςε: Της ασσοσιατιον βετωεεν α αριαβλε ανδ ιτς αλυε.

αλιασινγ: Α ζιρςυμστανζε ωηερε τωο ορ μορε αριαβλες ρεφερ το της σαμε οβθεστ.

δελιμιτερ: Α ζηαραςτερ ορ στρινγ υσεδ το ινδιδατε ωηερε α στρινγ σηουλδ βε σπλιτ.

10.15 Εξερσιςες

Εξερσιςε 10.6. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ ις ορτορεδ τηατ ταχες α λιστ ας α παραμετερ ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ της λιστ ις ορτορεδ ιν ασενδινγ ορδερ ανδ Φαλσε οτηερωιςε. Ψου ζαν ασσυ-με (ας α πρεζονδιτιον) τηατ της ελεμεντς οφ της λιστ ζαν βε ζομπαρεδ ωιτη της ρελατιοναλ οπερατορς ' , ' , ετς.

Φορ εξαμπλε, ις ορτορεδ ([1,2,2]) σηουλδ ρετυρν Τρυε ανδ ις ορτορεδ(['β', 'α']) σηουλδ ρετυρν Φαλσε.

Εξερσιςε 10.7. Τωο ωορδς αρε αναγραμς ιφ ψου ζαν ρεαρρανγε της λεττερς φρομ ονε το σπελλ της οτηερ. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ ις αναναγραμ τηατ ταχες τωο στρινγς ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ τηεψ αρε αναγραμς.

Εξερσιςε 10.8. Της (σο-ζαλλεδ) Βιρτηδαψ Παραδοξ:

1. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ ηας οδυπλιζατες τηατ ταχες α λιστ ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ τηερε ις ανψ ελεμεντ τηατ αππεαρς μορε τηαν ονζε. Ιτ σηουλδ νοτ μοδιψ της οριγιναλ λιστ.
2. Ιφ τηερε αρε 23 στυδεντς ιν ψουρ ζλαςς, ωηατ αρε της ζηανςες τηατ τωο οφ ψου ηας της σαμε βιρτηδαψ; Ψου ζαν εστιματε της προβαβιλιτψ βψ γενερατινγ ρανδομ σαμπλες οφ 23 βιρτηδαψς ανδ ζηεςκινγ φορ ματςηες. Ηιντ: ψου ζαν γενερατε ρανδομ βιρτηδαψς ωιτη της ρανδιντ φυνςτιον ιν της ρανδομ μοδυλε.

Ψου ζαν ρεαδ αβουτ της προβλεμ ατ http://en.wikipedia.org/wiki/Birthday_paradox, ανδ ψου ζαν δοωνλοαδ μψ σολυτιον φρομ <http://tinyknightson.com/sooe/birthday.ps>.

Εξερσιςε 10.9. Ωριτε α φυνςτιον ςαλλεδ ρεμοε~δυπλιςατες τηατ ταχες α λιστ ανδ ρετυρνς α νεω λιστ ωιτη ονλψ της υνιχυε ελεμεντς φρομ της οριγιναλ. Ηιντ: τηςψ δον'τ ηαε το βε ιν της σαμε ορδερ.

Εξερσιςε 10.10. Ωριτε α φυνςτιον τηατ ρεαδς της φιλε ωορδς.τξτ ανδ βυιλδς α λιστ ωιτη ονε ελεμεντ περ ωορδ. Ωριτε τωο ερσιονς οφ της φυνςτιον, ονε υσινγ της αππενδ μετηοδ ανδ της οτηερ υσινγ της ιδιομ $\tau = \tau + [\xi]$. Ωηιςη ονε ταχες λονγερ το ρυν; Ωηψ;

Ηιντ: υσε της τιμε μοδυλε το μεασυρε ελαπσεδ τιμε. Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/ωορδλιστα.πψ.*

Εξερσιςε 10.11. Το ςηεςκ ωηετηερ α ωορδ ις ιν της ωορδ λιστ, ψου ςουλδ υσε της ιν οπερατορ, βυτ ιτ ωουλδ βε σλωω βεςαυσε ιτ σεαρςηες τηρουγη της ωορδς ιν ορδερ.

Βεςαυσε της ωορδς αρε ιν αλπηβετιςαλ ορδερ, ωε ςαν σπεεδ τηνγς υπ ωιτη α βισεςτιον σεαρςη (αλσο κνωων ας βιναρψ σεαρςη), ωηιςη ις σμιλαρ το ωηατ ψου δο ωην ψου λοοκ α ωορδ υπ ιν της διςτιοναρψ. Ψου σταρτ ιν της μιδδλε ανδ ςηεςκ το σεε ωηετηερ της ωορδ ψου αρε λοοκινγ φορ ςομες βεφορε της ωορδ ιν της μιδδλε οφ της λιστ. Ιφ σο, την ψου σεαρςη της φιρστ ηαλφ οφ της λιστ της σαμε ωαψ. Οτηερωιςε ψου σεαρςη της σεςονδ ηαλφ.

Ειτηερ ωαψ, ψου ςυτ της ρεμαινινγ σεαρςη σπαςε ιν ηαλφ. Ιφ της ωορδ λιστ ηας 113,809 ωορδς, ιτ ωιλλ ταχε αβουτ 17 στεπς το φινδ της ωορδ ορ ςονςλυδε τηατ ιτ'ς νοτ τηερε.

Ωριτε α φυνςτιον ςαλλεδ βισεςτ τηατ ταχες α σορτεδ λιστ ανδ α ταργετ αλυε ανδ ρετυρνς της ινδεξ οφ της αλυε ιν της λιστ, ιφ ιτ'ς τηερε, ορ Νονε ιφ ιτ'ς νοτ.

Ορ ψου ςουλδ ρεαδ της δοςυμεντατιον οφ της βισεςτ μοδυλε ανδ υσε τηατ! Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/ινλιστα.πψ.*

Εξερσιςε 10.12. Τωο ωορδς αρε α 'ρεερσε παιρ' ιφ εαςη ις της ρεερσε οφ της οτηερ. Ωριτε α προγραμ τηατ φινδς αλλ της ρεερσε παιρς ιν της ωορδ λιστ. Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/ρεερσε~παιρ.πψ.*

Εξερσιςε 10.13. Τωο ωορδς 'ιντερλοσκ' ιφ τακινγ αλτερνατινγ λεττερς φρομ εαςη φορμς α νεω ωορδ. Φορ εξαμπλε, 'ςηοε' ανδ 'ςολδ' ιντερλοσκ το φορμ 'ςςηοολεδ.' Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/ιντερλοσκ.πψ.* ρεδιτ: Τηις εξερσιςε ις ινσπιρεδ βψ αν εξαμπλε ατ *ηττπ://πυζζλερς.οργ.*

1. Ωριτε α προγραμ τηατ φινδς αλλ παιρς οφ ωορδς τηατ ιντερλοσκ. Ηιντ: δον'τ ενυμερατε αλλ παιρς!
2. αν ψου φινδ ανψ ωορδς τηατ αρε τηρεε-ωαψ ιντερλοσκειδ· τηατ ις, εερψ τηιρδ λεττερ φορμς α ωορδ, σταρτινγ φρομ της φιρστ, σεςονδ ορ τηιρδ;

Κεφάλαιο 11

Διςτιοναριες

Α διςτιοναρχίς λικε α λιστ, βυτ μορε γενεραλ. Ιν α λιστ, της ινδixες ηαε το βε ιντεγερς· ιν α διςτιοναρχίς τηψ ζαν βε (αλμοστ) ανψ τψπε.

Ψου ζαν τηνκ οφ α διςτιοναρχίς ας α μαπινγ βετωεεν α σετ οφ ινδixες (ωηixη αρε ζαλλεδ κεψς) ανδ α σετ οφ αλυες. Εαση κεψ μαπς το α αλυε. Τηε ασσοξιατιον οφ α κεψ ανδ α αλυε ις ζαλλεδ α κεψ-αλυε παir ορ σομετιμες αν ιτεμ.

Ας αν εξαμπλε, ωελλ βυιλδ α διςτιοναρχίς τηατ μαπς φρομ Εγγλixη το Σπανixη ωορδς, σο της κεψς ανδ της αλυες αρε αλλ στρινγς.

Τηε φυνξτιον διςτ ζρεατες α νεω διςτιοναρχίς ωιτη νο ιτεμς. Βεζαυσε διςτ ις της ναμε οφ α βυιλτ-ιν φυνξτιον, ψου σηουλδ αοιδ υσινγ ιτ ας α αριαβλε ναμε.

```
... ενγ2σπ = διςτ()
```

```
... πριντ ενγ2σπ
```

```
«»
```

Τηε σχυιγγλψ-βραςκετς, «», ρεπρεσεντ αν εμπτψ διςτιοναρχίς. Το αδδ ιτεμς το της διςτιοναρχίς, ψου ζαν υσε σχυαρε βραςκετς:

```
... ενγ2σπ['ονε'] = 'υνο'
```

Τηix λινε ζρεατες αν ιτεμ τηατ μαπς φρομ της κεψ όνε· το της αλυε 'υνο'. Ιφ ωε πριντ της διςτιοναρχίς αγαιν, ωε σεε α κεψ-αλυε παir ωιτη α ζολον βετωεεν της κεψ ανδ αλυε:

```
... πριντ ενγ2σπ
```

```
«'ονε': 'υνο'»
```

Τηix ουτπυτ φορματ ις αλσο αν ινπυτ φορματ. Φορ εξαμπλε, ψου ζαν ζρεατε α νεω διςτιοναρχίς ωιτη τηρεε ιτεμς:

```
... ενγ2σπ = «'ονε': 'υνο', 'τωο': 'δος', 'τηρεε': 'τρεις'»
```

Βυτ ιφ ψου πριντ ενγ2σπ, ψου μιγητ βε συρπρισεδ:

```
... πριντ ενγ2σπ
```

```
«'ονε': 'υνο', 'τηρεε': 'τρεις', 'τωο': 'δος'»
```

Τηε ορδερ οφ της κεψ-αλυε παirς ις νοτ της σαμε. Ιν φαστ, ιφ ψου τψπε της σαμε εξαμπλε ον ψουρ ζομπυτερ, ψου μιγητ γετ α διφφερεντ ρεσυлт. Ιν γενεραλ, της ορδερ οφ ιτεμς ιν α διςτιοναρχίς ις υπνρεδixταβλε.

Βυτ τηατ'ς νοτ α προβλεμ βεζαυσε της ελεμεντς οφ α διςτιοναρχίς αρε νεερ ινδεξεδ ωιτη ιντεγερ ινδixες. Ινστεαδ, ψου υσε της κεψς το λooк υπ της ζορρεσπονδινγ αλυες:

```
''' πριντ ενγ2σπ['τωο']
'δος'
```

Της κες 'τωο' αλωαψς μαπς το της αλυε 'δος' σο της ορδερ οφ της ιτεμς δοεσν'τ ματτερ.

Ιφ της κες ισν'τ ιν της διζτιοναρψ, ψου γετ αν εξζεπτιον:

```
''' πριντ ενγ2σπ['φουρ']
ΚεψΕρρορ: 'φουρ'
```

Της λεν φυνςτιον ωορκς ον διζτιοναριες· ιτ ρετυρνς της νυμβερ οφ κες-αλυε παιρς:

```
''' λεν(ενγ2σπ)
3
```

Της ιν οπερατορ ωορκς ον διζτιοναριες· ιτ τελλς ψου ωηετηερ σομετηινγ αππεαρς ας α κες ιν της διζτιοναρψ (αππεαρινγ ας α αλυε ις νοτ γοοδ ενουγη).

```
''' 'ονε' ιν ενγ2σπ
Τρυε
''' 'υνο' ιν ενγ2σπ
Φαλσε
```

Το σεε ωηετηερ σομετηινγ αππεαρς ας α αλυε ιν α διζτιοναρψ, ψου ζαν υσε της μετηοδ αλυες, ωηικη ρετυρνς της αλυες ας α λιστ, ανδ την υσε της ιν οπερατορ:

```
''' αλς = ενγ2σπ.αλυες()
''' 'υνο' ιν αλς
```

Τρυε

Της ιν οπερατορ υσες διφφερεντ αλγοριτημς φορ λιστς ανδ διζτιοναριες. Φορ λιστς, ιτ υσες α σεαρση αλγοριτημ, ας ιν Σεςτιον 8.6. Ας της λιστ γετς λονγερ, της σεαρση τιμε γετς λονγερ ιν διρεκτ προπορτιον. Φορ διζτιοναριες, Πψτηον υσες αν αλγοριτημ ζαλλεδ α ηασηταβλε τηατ ηας α ρεμαρχαβλε προπερτψ: της ιν οπερατορ τακες αβουτ της σαμε αμουντ οφ τιμε νο ματτερ ηωω μανψ ιτεμς τηερε αρε ιν α διζτιοναρψ. Ι ωον'τ εξπλαιν ηωω τηατ'ς ποσσιβλε, βυτ ψου ζαν ρεαδ μορε αβουτ ιτ ατ ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ηαση"ταβλε.

Εξερσιε 11.1. Ωριτε α φυνςτιον τηατ ρεαδς της ωορδς ιν ωορδς.τξτ ανδ στορες τηεμ ας κες ιν α διζτιοναρψ. Ιτ δοεσν'τ ματτερ ωηατ της αλυες αρε. Την ψου ζαν υσε της ιν οπερατορ ας α φαστ ωαψ το ζηεςκ ωηετηερ α στρινγ ις ιν της διζτιοναρψ.

Ιφ ψου διδ Εξερσιε 10.11, ψου ζαν ζομπαρε της σπεεδ οφ της μπλεμεντατιον ωιτη της λιστ ιν οπερατορ ανδ της βισεςτιον σεαρση.

11.1 Διζτιοναρψ ας α σετ οφ ζουντερς

Συμποσε ψου αρε γιεν α στρινγ ανδ ψου ωαντ το ζουντ ηωω μανψ τιμες εαση λεττερ αππεαρς. Τηερε αρε σεεραλ ωαψς ψου ζουλδ δο ιτ:

1. Ψου ζουλδ ζρεατε 26 αριαβλες, ονε φορ εαση λεττερ οφ της αλπηαβετ. Την ψου ζουλδ τραερσε της στρινγ ανδ, φορ εαση ζηαραςτερ, ινζρεμεντ της ζορρεσπονδινγ ζουντερ, προ-βαβλψ υσινγ α ζηαινεδ ζονδιτιοναλ.
2. Ψου ζουλδ ζρεατε α λιστ ωιτη 26 ελεμεντς. Την ψου ζουλδ ζονερτ εαση ζηαραςτερ το α νυμβερ (υσινγ της βυιλτ-ιν φυνςτιον ορδ), υσε της νυμβερ ας αν ινδεξ ιντο της λιστ, ανδ ινζρεμεντ της αππροπριατε ζουντερ.

3. Ψου ζουλδ ζρεατε α διστιοναρχ ωιτη ζηαρχαστερς ας κεψς ανδ ζουντερς ας τηε ζορρε-σπονδινγ αλυε. Τηε φϊρστ τιμε ψου σεε α ζηαρχαστερ, ψου ωουλδ αδδ αν ιτεμ το τηε διστιοναρχ. Αφτερ τηατ ψου ωουλδ ινζρεμεντ τηε αλυε οφ αν εξιστινγ ιτεμ.

Εαζη οφ τηεσε οπιονς περφορμς τηε σαμε ζομπυτατιον, βυτ εαζη οφ τηεμ ιμπλεμεντς τηατ ζομπυτατιον ιν α διφφερεντ ωαψ.

Αν ιμπλεμεντατιον ις α ωαψ οφ περφορμινγ α ζομπυτατιον· σομε ιμπλεμεντατιονς αρε βεττερ τηαν οτηερς. Φορ εξαμπλε, αν αδανταγε οφ τηε διστιοναρχ ιμπλεμεντατιον ις τηατ ωε δον'τ ηαε το κνω αηεαδ οφ τιμε ωηιζη λεττερς αππεαρ ιν τηε στρινγ ανδ ωε ονλψ ηαε το μακε ροομ φορ τηε λεττερς τηατ δο αππεαρ.

Ηερε ις ωηατ τηε ζοδε μιγητ λοοκ λικε:

δεφ ηιστογραμ(ς):

δ = διςτ()

φορ ς ιν ς:

ιφ ς νοτ ιν δ:

δ[ς] = 1

ελσε:

δ[ς] += 1

ρετυρν δ

Τηε ναμε οφ τηε φυνςτιον ις ηιστογραμ, ωηιζη ις α στατιστικαλ τερμ φορ α σετ οφ ζουντερς (ορ φρεχυνενςιες).

Τηε φϊρστ λινε οφ τηε φυνςτιον ζρεατες αν εμπτψ διστιοναρχ. Τηε φορ λοοπ τραερσες τηε στρινγ. Εαζη τιμε τηρουγη τηε λοοπ, ιφ τηε ζηαρχαστερ ς ις νοτ ιν τηε διστιοναρχ, ωε ζρεατε α νεω ιτεμ ωιτη κεψ ς ανδ τηε ινιτιαλ αλυε 1 (σινξε ωε ηαε σεεν της λεττερ ονξε). Ιφ ς ις αλρεαδψ ιν τηε διστιοναρχ ωε ινζρεμεντ δ[ς].

Ηερε'ς ηοω ιτ ωορχς:

```
''' η = ηιστογραμ('βροντοσαυρος')
```

```
''' πριντ η
```

```
«'α': 1, 'β': 1, 'ο': 2, 'ν': 1, 'ς': 2, 'ρ': 2, 'υ': 2, 'τ': 1»
```

Τηε ηιστογραμ ινδισατες τηατ τηε λεττερς ά' ανδ 'β' αππεαρ ονξε· 'ο' αππεαρς τωιξε, ανδ σο ον.

Εξερσισε 11.2. Διστιοναριες ηαε α μετηοδ ζαλλεδ γετ τηατ ταχες α κεψ ανδ α δεφαυλτ αλυε. Ιφ τηε κεψ αππεαρς ιν τηε διστιοναρχ, γετ ρετυρνς τηε ζορρεσπονδινγ αλυε· οτηερωισε ιτ ρετυρνς τηε δεφαυλτ αλυε. Φορ εξαμπλε:

```
''' η = ηιστογραμ('α')
```

```
''' πριντ η
```

```
«'α': 1»
```

```
''' η.γετ('α', 0)
```

```
1
```

```
''' η.γετ('β', 0)
```

```
0
```

Τσε γετ το ωοριτε ηιστογραμ μορε ζονςισελψ. Ψου σηουλδ βε αβλε το ελμινατε τηε ιφ στατεμεντ.

11.2 Λοοπινγ ανδ διςτιοναριες

Ιφ ψου υσε α διςτιοναρψ ιν α φορ στατεμεντ, ιτ τραερσες της κεψς οφ της διςτιοναρψ. Φορ εξαμπλε, πριντῆιστ πριντς εαση κεψ ανδ της ζορρεσπονδινγ αλυε:

```
δεφ πριντῆιστ(η):
```

```
    φορ ς ιν η:
```

```
        πριντ ς, η[ς]
```

Here's what the output looks like:

```
''' η = ηιστογραμ('παρροτ')
```

```
''' πριντῆιστ(η)
```

```
α 1
```

```
π 1
```

```
ρ 2
```

```
τ 1
```

```
ο 1
```

Αgain, της κεψς αρε ιν νο παρτιςυλαρ ορδερ.

Εξερσιε 11.3. Διςτιοναριες ηαε α μετηοδ ζαλλεδ κεψς τηατ ρετυρνς της κεψς οφ της διςτιοναρψ, ιν νο παρτιςυλαρ ορδερ, ας α λιστ.

Μοδιφψ πριντῆιστ το πριντ της κεψς ανδ τηειρ αλυες ιν αλπηαβετιςαλ ορδερ.

11.3 Ρεερσε λοοκυπ

Γιεν α διςτιοναρψ δ ανδ α κεψ κ, ιτ ις εαση το φινδ της ζορρεσπονδινγ αλυε = δ[κ]. Της οπερατιον ις ζαλλεδ α λοοκυπ.

Βυτ ωηατ ιφ ψου ηαε ανδ ψου ωαντ το φινδ κ; Ψου ηαε τωο προβλεμς: φιρστ, τηερε μιγητ βε μορε τηαν ονε κεψ τηατ μαπς το της αλυε. Δεπενδινγ ον της απλιςατιον, ψου μιγητ βε αβλε το πιςχ ονε, ορ ψου μιγητ ηαε το μακε α λιστ τηατ ζονταινς αλλ οφ τηεμ. Σεζονδ, τηερε ις νο σιμπλε σῆνταζ το δο α ρεερσε λοοκυπ· ψου ηαε το σεαρση.

Here ις α φυνςτιον τηατ ταχες α αλυε ανδ ρετυρνς της φιρστ κεψ τηατ μαπς το τηατ αλυε:

```
δεφ ρεερσε"λοοκυπ(δ, ):
```

```
    φορ κ ιν δ:
```

```
        ιφ δ[κ] == :
```

```
            ρετυρν κ
```

```
    ραισε ἄλυεError
```

Της φυνςτιον ις ψετ ανοτηερ εξαμπλε οφ της σεαρση παττερν, βυτ ιτ υσες α φεατυρε ωε ηαεν'τ σεεν βεφορε, ραισε. Τη ραισε στατεμεντ ζαυσες αν εξεεπτιον· ιν της ζασε ιτ ζαυσες α ἄλυεError, ωηιςη γενεραλλψ ινδισατες τηατ τηερε ις σομετηινγ ωρονγ ωιτη της αλυε οφ α παραμετερ.

Ιφ ωε γετ το της ενδ οφ της λοοπ, τηατ μεανς δοεσν'τ αππεαρ ιν της διςτιοναρψ ας α αλυε, σο ωε ραισε αν εξεεπτιον.

Here ις αν εξαμπλε οφ α συςζεσσφυλ ρεερσε λοοκυπ:

```
''' η = ηιστογραμ('παρροτ')
```

```
''' κ = ρεερσε"λοοκυπ(η, 2)
```

```
''' πριντ κ
```

```
ρ
```

Ανδ αν υνσυζεσσφυλ ονε:

```

''' κ = ρεερσε"λοοκυπ(η, 3)
Τραζεβαςκ (μοστ ρεζεντ ζαλλ λαστ):
    φιλε 'σδιν'', λινε 1, ιν ;
    φιλε 'σδιν'', λινε 5, ιν ρεερσε"λοοκυπ
αλμεΕρρορ

```

Τηε ρεσυлт ωην ψου ραισε αν εξζεπτιον ις τηε σαμε ας ωην Πψτηον ραισεσ ονε: ιτ πριντς α τραζεβαςκ ανδ αν ερρορ μεσσαγε.

Τηε ραισε στατεμεντ τακεσ α δετ αιλεδ ερρορ μεσσαγε ας αν οπτιοναλ αργυμεντ. Φορ εξαμπλε:

```

''' ραισε αλμεΕρρορ, 'αλμε δοεσ νοτ αππεαρ ιν τηε διζτιοναρψ'
Τραζεβαςκ (μοστ ρεζεντ ζαλλ λαστ):
    φιλε 'σδιν'', λινε 1, ιν ;
αλμεΕρρορ: αλμε δοεσ νοτ αππεαρ ιν τηε διζτιοναρψ

```

Α ρεερσε λοοκυπ ις μυση σλωερ τηαν α φορωαρδ λοοκυπ· ιφ ψου ηαε το δο ιτ οφτεν, ορ ιφ τηε διζτιοναρψ γετς βιγ, τηε περφορμανζε οφ ψουρ προγραμ ωιλλ συφφερ.

Εξερσισε 11.4. Μοδιψ ρεερσε"λοοκυπ σο τηατ ιτ βυιλδς ανδ ρετυρνς α λιστ οφ αλλ κεψς τηατ μαπ το , ορ αν εμπτψ λιστ ιφ τηερε αρε νονε.

11.4 Διζτιοναριες ανδ λιστς

Λιστς ζαν αππεαρ ας αλμεσ ιν α διζτιοναρψ. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου ωερε γιεν α διζτιοναρψ τηατ μαπς φορμ λεττερς το φρεχυνενσιεσ, ψου μιγητ ωαντ το ινερτ ιτ· τηατ ις, ζρεατε α διζτιοναρψ τηατ μαπς φορμ φρεχυνενσιεσ το λεττερς. Σινζε τηερε μιγητ βε σεεραλ λεττερς ωιτη τηε σαμε φρεχυνενψ, εαση αλμε ιν τηε ινερτεδ διζτιοναρψ σηουλδ βε α λιστ οφ λεττερς.

Ηερε ις α φυνζτιον τηατ ινερτς α διζτιοναρψ:

```

δεφ ινερτ"διστ(δ):
    ινερσε = διστ()
    φορ κεψ ιν δ:
        αλ = δ[κεψ]
        ιφ αλ νοτ ιν ινερσε:
            ινερσε[αλ] = [κεψ]
        ελσε:
            ινερσε[αλ].αππενδ(κεψ)
    ρετυρν ινερσε

```

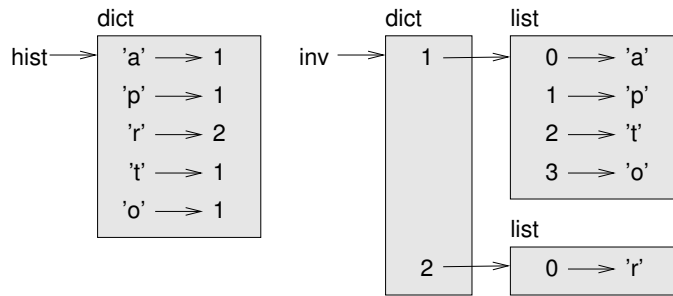
Εαση τιμε τηρουγη τηε λοοπ, κεψ γετς α κεψ φορμ δ ανδ αλ γετς τηε ζορρεσπονδινγ αλμε. Ιφ αλ ις νοτ ιν ινερσε, τηατ μεανς ωε ηαεν'τ σεεν ιτ βεφορε, σο ωε ζρεατε α νεω ιτεμ ανδ ινιτιαλιζε ιτ ωιτη α σινγλετον (α λιστ τηατ ζονταινς α σινγλε ελεμεντ). Οτηερωισε ωε ηαε σεεν τηις αλμε βεφορε, σο ωε αππενδ τηε ζορρεσπονδινγ κεψ το τηε λιστ.

Ηερε ις αν εξαμπλε:

```

''' ηιστ = ηιστογραμ('παρροτ')
''' πριντ ηιστ
«'α': 1, 'π': 1, 'ρ': 2, 'τ': 1, 'ο': 1»
''' ινερσε = ινερτ"διστ(ηιστ)
''' πριντ ινερσε
«1: ['α', 'π', 'τ', 'ο'], 2: ['ρ']»

```



Σχήμα 11.1: Στατε διαγραμ.

Φιγυρε 11.1 ις α στατε διαγραμ σηοωινγ ηιστ ανδ ινερσε. Α διστιοναρψ ις ρεπρεσεντεδ ας α βοξ ωιτη τηε τψπε διςτ αβοε ιτ ανδ τηε κερψ-αλυε παιρς ινσιδε. Ιψ τηε αλυεσ αρε ιντεγερες, φλοατς ορ στρινγς, Ι υσυαλλψ δραω τηεμ ινσιδε τηε βοξ, βυτ Ι υσυαλλψ δραω λιστς ουτσιδε τηε βοξ, θυστ το κεεπ τηε διαγραμ σιμπλε.

Λιστς ζαν βε αλυεσ ιν α διστιοναρψ, ας τηις εξαμπλε σηοως, βυτ τηεψ ζαννοτ βε κερψς. Ηερε'ς ωηατ ηαππενς ιψ ψου τρψ:

```
''' τ = [1, 2, 3]
''' δ = διςτ()
''' δ[τ] = 'οοπς'
```

Τρασεβαζκ (μοστ ρεζεντ ζαλλ λαστ):

Φιλε 'στδιν'', λινε 1, ιν ;

ΤψπεError: λιστ οβθεζτς αρε υνηασηαβλε

Ι μεντιονεδ εαρλιερ τηατ α διστιοναρψ ις ιμπλεμεντεδ υσινγ α ηασηαβλε ανδ τηατ μεανς τηατ τηε κερψς ηαε το βε ηασηαβλε.

Α ηαση ις α φυνςτιον τηατ ταχες α αλυε (οφ ανψ κινδ) ανδ ρετυρνς αν ιντεγερ. Διστιοναριες υσε τηεσε ιντεγερες, ζαλλεδ ηαση αλυες, το στορε ανδ λοοκ υπ κερψ-αλυε παιρς.

Τηις σψστεμ ωορκς φινε ιψ τηε κερψς αρε ιμυταβλε. Βυτ ιψ τηε κερψς αρε μυταβλε, λιχε λιστς, βαδ τηινγς ηαππεν. Φορ εξαμπλε, ωην ψου ζρεατε α κερψ-αλυε παιρ, Πψτηον ηασηες τηε κερψ ανδ στορες ιτ ιν τηε ζορρεσπονδινγ λοζατιον. Ιψ ψου μοδιψ τηε κερψ ανδ τηεν ηαση ιτ αγαιν, ιτ ωουλδ γο το α διφφερεντ λοζατιον. Ιν τηατ ζασε ψου μιγητ ηαε τωο εντριοε φορ τηε σαμε κερψ, ορ ψου μιγητ νοτ βε αβλε το φιנד α κερψ. Ειτηερ ωαψ, τηε διστιοναρψ ωουλδν'τ ωορκ ζορρεστλψ.

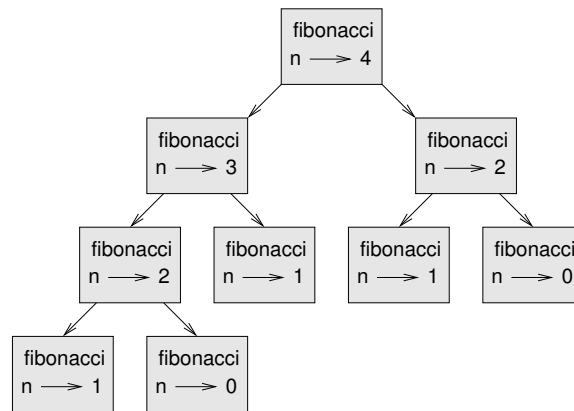
Τηατ'ς ωηψ τηε κερψς ηαε το βε ηασηαβλε, ανδ ωηψ μυταβλε τψπες λιχε λιστς αρεν'τ. Τηε σιμπλεστ ωαψ το γετ αρουνδ τηις λιμιτατιον ις το υσε τυπλες, ωηιζη ωε ωιλλ σεε ιν τηε νεζτ ζηαπτερ.

Σινζε διστιοναριες αρε μυταβλε, τηεψ ζαν'τ βε υσεδ ας κερψς, βυτ τηεψ ζαν βε υσεδ ας αλυες.

Εξερσιε 11.5. Ρεαδ τηε δοζυμεντατιον οφ τηε διστιοναρψ μετηοδ σετδεφαυλτ ανδ υσε ιτ το ωριτε α μορε ζονζισε ερσιον οφ ινερτ"διςτ. Σολυτιον: *ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/ινερτ"διςτ.πψ*.

11.5 Μεμορ

Ιψ ψου πλαψεδ ωιτη τηε φιβοναζςι φυνςτιον φρομ Σεζτιον 6.7, ψου μιγητ ηαε νοτιζεδ τηατ τηε βιγγερ τηε αργυμεντ ψου προιδε, τηε λονγερ τηε φυνςτιον ταχες το ρυν. Φυρτηερμορε, τηε



Σχήμα 11.2: Άλλ γραφή.

ρυν τιμε ινσρεασες ερψ χυιςκλψ.

Το υνδερστανδ ωηψ, ζονσιδερ Φιγυρε 11.2, ωηιςη σηωας της ζαλλ γραπη φορ φιβοναςσι ωιτη $n=4$:

Α ζαλλ γραπη σηωας α σετ οφ φυνςτιον φραμες, ωιτη λινες ζοννεστινγ εαση φραμε το της φραμες οφ της φυνςτιονς ιτ ζαλλς. Ατ της τοπ οφ της γραπη, φιβοναςσι ωιτη $n=4$ ζαλλς φιβοναςσι ωιτη $n=3$ ανδ $n=2$. Ιν τυρν, φιβοναςσι ωιτη $n=3$ ζαλλς φιβοναςσι ωιτη $n=2$ ανδ $n=1$. Ανδ σο ον.

δυντ ηρω μανψ τιμες φιβοναςσι (0) ανδ φιβοναςσι (1) αρε ζαλλεδ. Της ις αν ινεφφισιεντ σολυτιον το της προβλεμ, ανδ ιτ γετς ωορσε ας της αργυμεντ γετς βιγγερ.

Ονε σολυτιον ις το κεεπ τραςκ οφ αλυες τηατ ηαε αλρεαδψ βεεν ζομπυτεδ βψ στορινγ τηεμ ιν α διςτιοναρψ. Α πρειουσλψ ζομπυτεδ αλυε τηατ ις στορεδ φορ λατερ υσε ις ζαλλεδ α μεμο. Ηερε ις αν ιμπλεμεντατιον οφ φιβοναςσι υσινγ μεμος:

κνωων = «0:0, 1:1»

δεφ φιβοναςσι(n):

ιφ n ιν κνωων:

ρετυρν κνωων[n]

ρες = φιβοναςσι($n-1$) + φιβοναςσι($n-2$)

κνωων[n] = ρες

ρετυρν ρες

κνωων ις α διςτιοναρψ τηατ κεεπς τραςκ οφ της Φιβοναςσι νυμβερες ωε αλρεαδψ κνωω. Ιτ σταρτς ωιτη τωο ιτεμς: 0 μαπς το 0 ανδ 1 μαπς το 1.

Ωηνεεερ φιβοναςσι ις ζαλλεδ, ιτ ζηεςκς κνωων. Ιφ της ρεσυλτ ις αλρεαδψ τηερε, ιτ ζαν ρετυρν ιμμεδιατελψ. Οτηερωιςε ιτ ηας το ζομπυτε της νεω αλυε, αδδ ιτ το της διςτιοναρψ, ανδ ρετυρν ιτ.

Εξερσιςε 11.6. Ρυν της ερσιον οφ φιβοναςσι ανδ της οριγιναλ ωιτη α ρανγε οφ παραμετερς ανδ ζομπαρε τηειρ ρυν τιμες.

Εξερσιςε 11.7. Μεμοιζε της Αςκερμανν φυνςτιον φρομ Εξερσιςε 6.11 ανδ σεε ιφ μεμοιζατιον μακας ιτ ποσσιβλε το εαλυατε της φυνςτιον ωιτη βιγγερ αργυμεντς. Ηιντ: νο. Σολυτιον: [ηττπ://τηιγκπτηον.ζομ/ζοδε/αςκερμανν*μεμο.πψ](http://τηιγκπτηον.ζομ/ζοδε/αςκερμανν*μεμο.πψ).

11.6 Γλοβαλ αριαβλες

Ιν τηε πρειουε εζαμπλε, κνωων ιε ζρεατεδ ουτσιδε τηε φυνςτιον, σο ιτ βελονγς το τηε σπεσιαλ φραμε ζαλλεδ ``μαιν``. Άριαβλες ιν ``μαιν`` αρε σομετιμεε ζαλλεδ γλοβαλ βεζαυσε τηειψ ζαν βε αςεεσσεδ φρομ ανψ φυνςτιον. Υνλικε λοζαλ αριαβλες, ωηιεη διςαππεαρ ωηεν τηειρ φυνςτιον ενδς, γλοβαλ αριαβλες περσιςτ φρομ ονε φυνςτιον ζαλλ το τηε νεζτ.

Ιτ ιε ζομμον το υσε γλοβαλ αριαβλες φορ φλαγς· τηατ ιε, βοολεαν αριαβλες τηατ ινδισεατε (‘φλαγ’) ωηετηερ α ζονδιτιον ιε τρυε. Φορ εζαμπλε, σομε προγραμς υσε α φλαγ ναμεδ ερβοσε το ζοντρολ τηε λεελ οφ δεταιλ ιν τηε ουτπυτ:

ερβοσε = Τρυε

δεφ εζαμπλε1():

ιφ ερβοσε:

πριντ 'Ρυννινγ εζαμπλε1'

Ιφ ψου τρψ το ρεαςσιγν α γλοβαλ αριαβλε, ψου μιγητ βε συρπρισεδ. Τηε φολλοωινγ εζαμπλε ιε συπποσεδ το κεεπ τραςκ οφ ωηετηερ τηε φυνςτιον ηας βεεν ζαλλεδ:

βεεν`ζαλλεδ = Φαλσε

δεφ εζαμπλε2():

βεεν`ζαλλεδ = Τρυε * ΩΡΟΝΓ

Βυτ ιφ ψου ρυν ιτ ψου ωιλλ σσε τηατ τηε αλυε οφ βεεν`ζαλλεδ δοεσν`τ ζηανγε. Τηε προβλεμ ιε τηατ εζαμπλε2 ζρεατεε α νεω λοζαλ αριαβλε ναμεδ βεεν`ζαλλεδ. Τηε λοζαλ αριαβλε γοεε αωαψ ωηεν τηε φυνςτιον ενδς, ανδ ηας νο εφφερετ ον τηε γλοβαλ αριαβλε.

Το ρεαςσιγν α γλοβαλ αριαβλε ινσιδε α φυνςτιον ψου ηαε το δεεζλαρε τηε γλοβαλ αριαβλε βεφορε ψου υσε ιτ:

βεεν`ζαλλεδ = Φαλσε

δεφ εζαμπλε2():

γλοβαλ βεεν`ζαλλεδ

βεεν`ζαλλεδ = Τρυε

Τηε γλοβαλ στατεμεντ τελλεε τηε ιντερπρετερ σομετηινγ λικε, ‘Ιν τηεε φυνςτιον, ωηεν Ι σαψ βεεν`ζαλλεδ, Ι μεαν τηε γλοβαλ αριαβλε· δον`τ ζρεατε α λοζαλ ονε.’

Ηερε`ς αν εζαμπλε τηατ τρειε το υπδατε α γλοβαλ αριαβλε:

ζουντ = 0

δεφ εζαμπλε3():

ζουντ = ζουντ + 1 * ΩΡΟΝΓ

Ιφ ψου ρυν ιτ ψου γετ:

ΤνβουνδΛοζαλΕρρορ: λοζαλ αριαβλε 'ζουντ' ρεφερενζεδ βεφορε αςσιγνμεντ

Πιτηον αςσυμεε τηατ ζουντ ιε λοζαλ, ωηιεη μεανς τηατ ψου αρε ρεαδινγ ιτ βεφορε ωριτινγ ιτ. Τηε σολυτιον, αγαιν, ιε το δεεζλαρε ζουντ γλοβαλ.

δεφ εζαμπλε3():

γλοβαλ ζουντ

ζουντ += 1

Ιφ τηε γλοβαλ αλυε ιε μυταβλε, ψου ζαν μοδιψ ιτ ωιτηουτ δεεζλαρινγ ιτ:

κνωων = «0:0, 1:1»

```
δεφ εξαμπλε4():
    κνωων[2] = 1
```

Σο ψου ζαν αδδ, ρεμοε ανδ ρεπλαζε ελεμεντς οφ α γλοβαλ λιστ ορ διςτιοναρφ, βυτ ιφ ψου ωαντ το ρεασσιγν της αριαβλε, ψου ηαε το δεσλαρε ιτ:

```
δεφ εξαμπλε5():
    γλοβαλ κνωων
    κνωων = διςτ()
```

11.7 Λογυ ντεγερς

Ιφ ψου ζομπυτε φιβοναζςι (50), ψου γετ:

```
''' φιβοναζςι (50)
12586269025Λ
```

Τηε Λ ατ της ενδ ινδισατες τηατ της ρεσυλτ ις α λογυ ντεγερ, ορ τψπε λογυ. Ιν Πψτηον 3, λογυ ις γονε· αλλ ντεγερς, εεν ρεαλλψ βιγ ονες, αρε τψπε ιντ.

Άλλυες ωιτη τψπε ιντ ηαε α λιμιτεδ ρανγε· λογυ ντεγερς ζαν βε αρβιτραριλψ βιγ, βυτ ας τηςψ γετ βιγγερ τηςψ ζονσυμε μορε σπασε ανδ τιμε.

Τηε ματηματισαλ οπερατορς ωορκ ον λογυ ντεγερς, ανδ της φυνςτιονς ιν της ματη μοδυλε, τοο, σο ιν γενεραλ ανψ ζοδε τηατ ωορκς ωιτη ιντ ωιλλ αλσο ωορκ ωιτη λογυ.

Ανψ τιμε της ρεσυλτ οφ α ζομπυτατιον ις τοο βιγ το βε ρεπρεσεντεδ ωιτη αν ντεγερ, Πψτηον ζονερτς της ρεσυλτ ας α λογυ ντεγερ:

```
''' 1000 * 1000
1000000
''' 100000 * 100000
100000000000Λ
```

Ιν της φιρστ ζασε της ρεσυλτ ηας τψπε ιντ· ιν της σεζονδ ζασε ιτ ις λογυ.

Εξερσισε 11.8. Εξπονεντιατιον οφ λαργε ντεγερς ις της βασις οφ ζομμον αλγοριτημς φορ πυβλις-κεψ ενςρψπτιον. Ρεαδ της Ωικιπεδια παγε ον της ΡΣΑ αλγοριτημ (*ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/ΡΣΑ*) ανδ ωριτε φυνςτιονς το ενζοδε ανδ δεζοδε μεσσαγεζ.

11.8 Δεβυγγινγ

Ας ψου ωορκ ωιτη βιγγερ δατασετς ιτ ζαν βεζομε υνωιελδψ το δεβυγ βψ πριντινγ ανδ ζηεςκινγ δατα βψ ηανδ. Ηερε αρε σομε συγγεστιονς φορ δεβυγγινγ λαργε δατασετς:

Σζαλε δοων της ινπυτ: Ιφ ποσσιβλε, ρεδυζε της σιζε οφ της δατασετ. Φορ εξαμπλε ιφ της προγραμ ρεαδς α τεζτ φιλε, στарт ωιτη θυστ της φιρστ 10 λινεζ, ορ ωιτη της σμαλλεστ εξαμπλε ψου ζαν φινδ. Ψου ζαν ειτηερ εδιτ της φιλες τηεμσελες, ορ (βεττερ) μοδιφψ της προγραμ σο ιτ ρεαδς ονλψ της φιρστ ν λινεζ.

Ιφ τηερε ις αν ερρορ, ψου ζαν ρεδυζε ν το της σμαλλεστ αλυε τηατ μανιφεστς της ερρορ, ανδ τηεν ινζρεασε ιτ γραδυαλλψ ας ψου φινδ ανδ ζορρεστ ερρορς.

ήεςκ συμμαριες ανδ τήπες: Ινσ τεαδ οφ πριντινγ ανδ ζηεςκινγ της εντιρε δατασετ, ζονσιδερ πριντινγ συμμαριες οφ της δατα: φορ εξαμπλε, της νυμπερ οφ ιτεμς ιν α διςτιοναρψ ορ της τοταλ οφ α λιστ οφ νυμπερς.

Α ζομμον ζαυσε οφ ρυντιμε ερρορς ις α αλυε τηατ ις νοτ της ριγητ τήπε. Φορ δεβυγγινγ της κινδ οφ ερρορ, ιτ ις οφτεν ενουγη το πριντ της τήπε οφ α αλυε.

Ωριτε σελφ-ζηεςκς: Σομετιμες ψου ζαν ωριτε ζοδε το ζηεςκ φορ ερρορς αυτοματισαλλψ. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου αρε ζομπυτινγ της αεραγε οφ α λιστ οφ νυμπερς, ψου ζουλδ ζηεςκ τηατ της ρεσυλτ ις νοτ γρεατερ τηαν της λαργεστ ελεμεντ ιν της λιστ ορ λεσσ τηαν της σμαλλεστ. Της ις ζαλλεδ α ‘σανιτψ ζηεςκ’ βεζαυσε ιτ δετεςτς ρεσυλτς τηατ αρε ‘ινσανε.’

Ανοτηερ κινδ οφ ζηεςκ ζομπαρες της ρεσυλτς οφ τωο διφφερεντ ζομπυτατιονς το σεε ιφ τηςψ αρε ζονσιςτεντ. Της ις ζαλλεδ α ‘ζονσιςτενςψ ζηεςκ.’

Πρεττψ πριντ της ουτπυτ: Φορματτινγ δεβυγγινγ ουτπυτ ζαν μακε ιτ εασιερ το σποτ αν ερρορ. Ωε σαω αν εξαμπλε ιν Σεςτιον 6.9. Της ππριντ μοδυλε προιδες α ππριντ φυνςτιον τηατ διςπλαςψ βυιλτ-ιν τήπες ιν α μορε ημμαν-ρεαδαβλε φορματ.

Αγαιν, τιμε ψου σπενδ βυιλδινγ σσαφρολδινγ ζαν ρεδυζε της τιμε ψου σπενδ δεβυγγινγ.

11.9 Γλοσσαρψ

διςτιοναρψ: Α μαππινγ φρομ α σετ οφ κελς το τηειρ ζορρεσπονδινγ αλυες.

κεψ-αλυε παιρ: Της ρεπρεσεντατιον οφ της μαππινγ φρομ α κελψ το α αλυε.

ιτεμ: Ανοτηερ ναμε φορ α κελψ-αλυε παιρ.

κεψ: Αν οβθεςτ τηατ αππεαρς ιν α διςτιοναρψ ας της φιρστ παρτ οφ α κελψ-αλυε παιρ.

αλυε: Αν οβθεςτ τηατ αππεαρς ιν α διςτιοναρψ ας της σεζονδ παρτ οφ α κελψ-αλυε παιρ. Της ις μορε σπεσιφικς τηαν ουρ πρειους υσε οφ της ωορδ ‘αλυε.’

ιμπλεμεντατιον: Α ωαψ οφ περφορμινγ α ζομπυτατιον.

ηασηαβλε: Της αλγοριτημ υσεδ το ιμπλεμεντ Πψτηον διςτιοναριες.

ηαση φυνςτιον: Α φυνςτιον υσεδ βψ α ηασηαβλε το ζομπυτε της λοζατιον φορ α κελψ.

ηασηαβλε: Α τήπε τηατ ηας α ηαση φυνςτιον. Ιμμυταβλε τήπες λιχε ιντεγερς, φλοατς ανδ στρινγς αρε ηασηαβλε· μυταβλε τήπες λιχε λιστς ανδ διςτιοναριες αρε νοτ.

λοοκυτ: Α διςτιοναρψ οπερατιον τηατ τακες α κελψ ανδ φινδς της ζορρεσπονδινγ αλυε.

ρεερσε λοοκυτ: Α διςτιοναρψ οπερατιον τηατ τακες α αλυε ανδ φινδς ονε ορ μορε κελψς τηατ μαπ το ιτ.

σινγλετον: Α λιστ (ορ οτηερ σεχυενςε) ωιτη α σινγλε ελεμεντ.

ζαλλ γραπη: Α διαγραμ τηατ σηοως εερψ φραμε ζρεατεδ δυρινγ της εξεσυτιον οφ α προγραμ, ωιτη αν αρρω φρομ εαση ζαλλερ το εαση ζαλλεε.

ηιστογραμ: Α σετ οφ ζουντερς.

μεμο: Α ζομπυτεδ αλυε στορεδ το αοιδ υννεζεσσαρψ φυτυρε ζομπυτατιον.

γλοβαλ αριαβλε: Α αριαβλε δεφινεδ ουτσιδε α φυνςτιον. Γλοβαλ αριαβλες ζαν βε αςζεσσεδ φρομ ανψ φυνςτιον.

φλαγ: Α βοολεαν αριαβλε υσεδ το ινδισατε ωηετηερ α ζονδιτιον ις τρυε.

δεσλαρατιον: Α στατεμεντ λικε γλοβαλ τηατ τελλς της ιντερπρετερ σομετηινγ αβουτ α αριαβλε.

11.10 Εξερσιες

Εξερσιε 11.9. Ιφ ψου διδ Εξερσιε 10.8, ψου αλρεαδψ ηε α φυνςτιον ναμεδ ηασ "δυπλιζατες τηατ ταχες α λιστ ας α παραμετερ ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ τηερε ις ανψ οβθιεστ τηατ αππεαρς μορε τηαν ονςε ιν της λιστ.

Υσε α διςτιοναρψ το ωριτε α φαστερ, σιμπλερ ερσιον οφ ηασ "δυπλιζατες. Σολυτιον: *ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/ηασ"δυπλιζατες.πψ*.

Εξερσιε 11.10. Τωο ωορδς αρε 'ροτατε παιρς' ιφ ψου ζαν ροτατε ονε οφ τηεμ ανδ γετ της οτηερ (σεε ροτατεωορδ ιν Εξερσιε 8.4).

Ωριτε α προγραμ τηατ ρεαδς α ωορδλιστ ανδ φινδς αλλ της ροτατε παιρς. Σολυτιον: *ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/ροτατε"παιρς.πψ*.

Εξερσιε 11.11. Ηερε'ς ανοτηερ Πυζζλερ φρομ αρ Ταλκ (*ηττπ://ωωω.ζαρταλκ.ζομ/ζοντεντ/πυζζλερς*):

Της ωας σεντ ιν βψ α φελλω ναμεδ Δαν Ο'Λεαρψ. Ηε ζαμε υπον α ζομμον ονε-σψλλαβλε, φιε-λεττερ ωορδ ρεζεντλψ τηατ ηας της φολλοωινγ υνιχυε προπερτψ. Ωην ψου ρεμοε της φιρστ λεττερ, της ρεμαινινγ λεττερς φορμ α ηομοπηονε οφ της οριγιναλ ωορδ, τηατ ις α ωορδ τηατ σουνδς εξαστλψ της σαμε. Ρεπλαζε της φιρστ λεττερ, τηατ ις, πυτ ιτ βαζκ ανδ ρεμοε της σεζονδ λεττερ ανδ της ρεσυлт ις ψετ ανοτηερ ηομοπηονε οφ της οριγιναλ ωορδ. Ανδ της χυεστιον ις, ωηατ'ς της ωορδ; Νοω Ι'μ γοινγ το γιε ψου αν εξαμπλε τηατ δοεσν'τ ωορκ. Λετ'ς λοοκ ατ της φιε-λεττερ ωορδ, ωραζκ.' Ω-P-A-'K, ψου κνωω λιχε το ωραζκ ωιτη παιν.' Ιφ Ι ρεμοε της φιρστ λεττερ, Ι αμ λεφτ ωιτη α φουρ-λεττερ ωορδ, 'P-A-'K.' Ας ιν, 'Ηολψ ζωω, διδ ψου σεε της ραζκ ον τηατ βυζκ! Ιτ μυστ ηε βεεν α νινε-ποιντερ! Ιτ'ς α περφεστ ηομοπηονε. Ιφ ψου πυτ της ω' βαζκ, ανδ ρεμοε της 'ρ,' ινστεαδ, ψου'ρε λεφτ ωιτη της ωορδ, ωαζκ,' ωηις ις α ρεαλ ωορδ, ιτ'ς θυστ νοτ α ηομοπηονε οφ της οτηερ τωο ωορδς.

Βυτ τηερε ις, ηωεεερ, ατ λεαστ ονε ωορδ τηατ Δαν ανδ ωε κνωω οφ, ωηις ις ωιλλ φιελδ τωο ηομοπηονες ιφ ψου ρεμοε ειτηερ οφ της φιρστ τωο λεττερς το μακε τωο, νεω φουρ-λεττερ ωορδς. Της χυεστιον ις, ωηατ'ς της ωορδ;

Ψου ζαν υσε της διςτιοναρψ φρομ Εξερσιε 11.1 το ζηεζκ ωηετηερ α στρινγ ις ιν της ωορδ λιστ.

Το ζηεζκ ωηετηερ τωο ωορδς αρε ηομοπηονες, ψου ζαν υσε της "ΜΥ Προνονουνινγ Διςτιοναρψ. Ψου ζαν δωωνλοαδ ιτ φρομ *ηττπ://ωωω.σπεεζη.ζς.ζμυ.εδυ/ζγι-βιν/ζμυδιστ* ορ φρομ *ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/ζοδδ* ανδ ψου ζαν αλσο δωωνλοαδ *ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/προνονουνζε.πψ*, ωηις προιδες α φυνςτιον ναμεδ ρεαδ "διςτιοναρψ τηατ ρεαδς της προνονουνινγ διςτιοναρψ ανδ ρετυρνς α Πψτηον διςτιοναρψ τηατ μαπς φρομ εαζη ωορδ το α στρινγ τηατ δεσκριβες ις πριμαρψ προνονυνιατιον.

Ωριτε α προγραμ τηατ λιστς αλλ της ωορδς τηατ σολε της Πυζζλερ. Σολυτιον: ητπ://
τηι νκψτηον. ζομ/ζοδε/ηομοπηονε. πψ.

Κεφάλαιο 12

Τυπλές

12.1 Τυπλές αρε ιμμουταβλε

Α τυπλε ις α σεχυνενζε οφ αλυες. Τηε αλυες ζαν βε ανψ τψπε, ανδ τηειψ αρε ινδεξειδ βψ ιντεγερες, σο ιν τηατ ρεσπεετ τυπλες αρε α λοτ λιχε λιστς. Τηε ιμφορταντ διφφερενζε ις τηατ τυπλες αρε ιμμουταβλε.

Σψνταςτιςαλλψ, α τυπλε ις α ζομμα-σεπαρατεδ λιστ οφ αλυες:

```
''' τ = 'α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε'
```

Αλτηουγη ιτ ις νοτ νεζεσσαρψ, ιτ ις ζομμον το ενςλοσε τυπλες ιν παρεντησεες:

```
''' τ = ('α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε')
```

Το ζρεατε α τυπλε ωιτη α σινγλε ελεμεντ, ψου ηαε το ινςλυδε α φιναλ ζομμα:

```
''' τ1 = 'α',
```

```
''' τψπε(τ1)
```

```
'τψπε 'τυπλε''
```

Α αλυε ιν παρεντησεες ις νοτ α τυπλε:

```
''' τ2 = ('α')
```

```
''' τψπε(τ2)
```

```
'τψπε 'στρ''
```

Ανοτηερ ωαψ το ζρεατε α τυπλε ις τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον τυπλε. Ωιτη νο αργυμεντ, ιτ ζρεατες αν εμπτψ τυπλε:

```
''' τ = τυπλε()
```

```
''' πριντ τ
```

```
()
```

Ιφ τηε αργυμεντ ις α σεχυνενζε (στρινγ, λιστ ορ τυπλε), τηε ρεσυлт ις α τυπλε ωιτη τηε ελεμεντς οφ τηε σεχυνενζε:

```
''' τ = τυπλε('λυπινς')
```

```
''' πριντ τ
```

```
('λ', 'υ', 'π', 'ι', 'ν', 'ς')
```

Βεζαυσε τυπλε ις τηε ναμε οφ α βυιλτ-ιν φυνςτιον, ψου σηουλδ αιιδ υσινγ ιτ ας α αριαβλε ναμε.

Μοστ λιστ οπερατορς αλσο ωορκ ον τυπλες. Τηε βρασκετ οπερατορ ινδεξεζ αν ελεμεντ:

```
''' τ = ('α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε')
''' πριντ τ[0]
'α'
```

Ανδ της σλιζε οπερατορ σελεςτς α ρανγε οφ ελεμεντς.

```
''' πριντ τ[1:3]
('β', 'ς')
```

Βυτ ιφ ψου τρψ το μοδιφψ ονε οφ της ελεμεντς οφ της τυπλε, ψου γετ αν ερρορ:

```
''' τ[0] = 'Α'
```

ΤψπεΕρρορ: οβθεστ δοεσν'τ συμπορτ ιτεμ ασσιγνμεντ

Ψου ζαν'τ μοδιφψ της ελεμεντς οφ α τυπλε, βυτ ψου ζαν ρεπλαζε ονε τυπλε ωιτη ανοτηερ:

```
''' τ = ('Α',) + τ[1:]
''' πριντ τ
('Α', 'β', 'ς', 'δ', 'ε')
```

12.2 Τυπλε ασσιγνμεντ

Ιτ ις οφτεν υσεφυλ το σωαπ της αλυες οφ τωο αριαβλες. Ωιτη ζονεντιοναλ ασσιγνμεντς, ψου ηε το υσε α τεμποραψ αριαβλε. Φορ εξαμπλε, το σωαπ α ανδ β:

```
''' τεμπ = α
''' α = β
''' β = τεμπ
```

Τηις σολυτιον ις ζυμβερσομε' τυπλε ασσιγνμεντ ις μορε ελεγαντ:

```
''' α, β = β, α
```

Τηε λεφτ σιδε ις α τυπλε οφ αριαβλες· της ριγητ σιδε ις α τυπλε οφ εξπρεσσιονς. Εαση αλυε ις ασσιγνεδ το ιτς ρεσπεκτιε αριαβλε. Αλλ της εξπρεσσιονς ον της ριγητ σιδε αρε εαλυατεδ βεφορε ανψ οφ της ασσιγνμεντς.

Τηε νυμβερ οφ αριαβλες ον της λεφτ ανδ της νυμβερ οφ αλυες ον της ριγητ ηε το βε της σαμε:

```
''' α, β = 1, 2, 3
άλυεΕρρορ: τοο μανψ αλυες το υνπαζκ
```

Μορε γενεραλλψ, της ριγητ σιδε ζαν βε ανψ κινδ οφ σεχυενζε (στρινγ, λιστ ορ τυπλε). Φορ εξαμπλε, το σπλιτ αν εμαιλ αδδρεσς ιντο α υσερ ναμε ανδ α δομαιν, ψου ζουλδ ωριτε:

```
''' αδδρ = 'μοντψ~πψτηον.οργ'
''' υναμε, δομαιν = αδδρ.σπλιτ('~')
```

Τηε ρετυρν αλυε φρομ σπλιτ ις α λιστ ωιτη τωο ελεμεντς· της φιρστ ελεμεντ ις ασσιγνεδ το υναμε, της σεζονδ το δομαιν.

```
''' πριντ υναμε
μοντψ
''' πριντ δομαιν
πψτηον.οργ
```

12.3 Τυπλές ας ρετυρν αλυσ

Στριςτλψ σπεακινγ, α φυνςτιον ζαν ονλψ ρετυρν ονε αλυσ, βυτ ιφ της αλυσ ις α τυπλε, της εφφεστ ις της σμε ας ρετυρνινγ μλτιπλε αλυσ. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου ωαντ το διιδε τωο ιντεγερς ανδ ζομπυτε της χυοτιεντ ανδ ρεμαινδερ, ιτ ις ινεφφισιεντ το ζομπυτε ξ/ψ ανδ την ξ%ψ. Ιτ ις βεττερ το ζομπυτε τηεμ βοτη ατ της σμε τιε.

Τη βυιλτ-ιν φυνςτιον διμοδ ταχες τωο αργυμεντς ανδ ρετυρνς α τυπλε οφ τωο αλυσ, της χυοτιεντ ανδ ρεμαινδερ. Ψου ζαν στορε της ρεσυлт ας α τυπλε:

```
''' τ = διμοδ(7, 3)
''' πριντ τ
(2, 1)
```

Ορ υσε τυπλε αςσιγνμεντ το στορε της ελεμεντς σεπαρετλψ:

```
''' χυοτ, ρεμ = διμοδ(7, 3)
''' πριντ χυοτ
2
''' πριντ ρεμ
1
```

Ηερε ις αν εξαμπλε οφ α φυνςτιον τηατ ρετυρνς α τυπλε:

```
δεφ μιν`μαξ(τ):
    ρετυρν μιν(τ), μαξ(τ)
```

μαξ ανδ μιν αρε βυιλτ-ιν φυνςτιονς τηατ φινδ της λαργεστ ανδ σμαλλεστ ελεμεντς οφ α σε-χυνεζε. μιν`μαξ ζομπυτες βοτη ανδ ρετυρνς α τυπλε οφ τωο αλυσ.

12.4 Άριαβλε-λενγτη αργυμεντ τυπλές

Φυνςτιονς ζαν ταχε α αριαβλε νυμβερ οφ αργυμεντς. Α παραμετερ ναμε τηατ βεγινς ωιτη * γατηερς αργυμεντς ιντο α τυπλε. Φορ εξαμπλε, πρινταλλ ταχες ανψ νυμβερ οφ αργυμεντς ανδ πριντς τηεμ:

```
δεφ πρινταλλ(*αργς):
    πριντ αργς
```

Τη γατηερ παραμετερ ζαν ηαε ανψ ναμε ψου λιχε, βυτ αργς ις ζονεντιοναλ. Ηερε'ς ηωω της φυνςτιον ωορκς:

```
''' πρινταλλ(1, 2.0, '3')
(1, 2.0, '3')
```

Τη ζομπλεμεντ οφ γατηερ ις σςαττερ. Ιφ ψου ηαε α σεχυνεζε οφ αλυσ ανδ ψου ωαντ το πας ιτ το α φυνςτιον ας μλτιπλε αργυμεντς, ψου ζαν υσε της * οπερατορ. Φορ εξαμπλε, διμοδ ταχες εξαστλψ τωο αργυμεντς: ιτ δοεσν'τ ωορκ ωιτη α τυπλε:

```
''' τ = (7, 3)
''' διμοδ(τ)
```

ΤψπεError: διμοδ εξπεςτεδ 2 αργυμεντς, γοτ 1

Βυτ ιφ ψου σςαττερ της τυπλε, ιτ ωορκς:

```
''' διμοδ(*τ)
(2, 1)
```

Εξερσισε 12.1. Μανψ οφ της βυιλτ-ιν φυνςτιονς υσε αριαβλε-λενγτη αργυμεντ τυπλές. Φορ εξαμπλε, μαξ ανδ μιν ζαν ταχε ανψ νυμβερ οφ αργυμεντς:

```
''' μαξ(1,2,3)
```

```
3
```

Βυτ συμ δoες νοτ.

```
''' συμ(1,2,3)
```

ΤύπεError: συμ εξπεστεδ ατ μοστ 2 αργυμεντς, γοτ 3

Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ συμαλλ τηατ ταχες ανψ νυμβερ οφ αργυμεντς ανδ ρετυρνς τηειρ συμ.

12.5 Λιστς ανδ τυπλές

Ζιπ ις α βυιλτ-ιν φυνςτιον τηατ ταχες τωο ορ μορε σεχυενςες ανδ 'ζιπς' τηεμ ιντο α λιστ οφ τυπλές ωηρε εαση τυπλε ζονταινς ονε ελεμεντ φρομ εαση σεχυενςε. Ιν Πψτηον 3, Ζιπ ρετυρνς αν ιτερατορ οφ τυπλές, βυτ φορ μοστ πυρποσες, αν ιτερατορ βεηαες λιχε α λιστ.

Τηις εξαμπλε ζιπς α στρινγ ανδ α λιστ:

```
''' ζ = 'αβς'
```

```
''' τ = [0, 1, 2]
```

```
''' ζιπ(ζ, τ)
```

```
[('α', 0), ('β', 1), ('ς', 2)]
```

Τηε ρεσυλτ ις α λιστ οφ τυπλές ωηρε εαση τυπλε ζονταινς α ζηαραστερ φρομ τηε στρινγ ανδ τηε ζορρεσπονδινγ ελεμεντ φρομ τηε λιστ.

Ιφ τηε σεχυενςες αρε νοτ τηε σαμε λενγτη, τηε ρεσυλτ ηας τηε λενγτη οφ τηε σηορτερ ονε.

```
''' ζιπ('Αννε', 'Ελκ')
```

```
[('Α', 'Ε'), ('ν', 'λ'), ('ν', 'κ')]
```

Ψου ζαν υσε τυπλε ασσιγνμεντ ιν α φορ λοοπ το τραερσε α λιστ οφ τυπλές:

```
τ = [('α', 0), ('β', 1), ('ς', 2)]
```

φορ λεττερ, νυμβερ ιν τ:

```
πριντ νυμβερ, λεττερ
```

Εαση τιμε τηρουγη τηε λοοπ, Πψτηον σελεςτς τηε νεζτ τυπλε ιν τηε λιστ ανδ ασσιγνς τηε ελεμεντς το λεττερ ανδ νυμβερ. Τηε ουτπυτ οφ τηις λοοπ ις:

```
0 α
```

```
1 β
```

```
2 ς
```

Ιφ ψου ζομβινε ζιπ, φορ ανδ τυπλε ασσιγνμεντ, ψου γετ α υσεφυλ ιδιομ φορ τραερσινγ τωο (ορ μορε) σεχυενςες ατ τηε σαμε τιμε. Φορ εξαμπλε, ηασ^ματςη ταχες τωο σεχυενςες, τ1 ανδ τ2, ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ τηερε ις αν ινδεξ ι συςη τηατ τ1[ι] == τ2[ι]:

```
δεφ ηασ^ματςη(τ1, τ2):
```

```
    φορ ζ, ψ ιν ζιπ(τ1, τ2):
```

```
        ιφ ζ == ψ:
```

```
            ρετυρν Τρυε
```

```
    ρετυρν Φαλσε
```

Ιφ ψου νεεδ το τραερσε τηε ελεμεντς οφ α σεχυενςε ανδ τηειρ ινδices, ψου ζαν υσε τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον ενυμερατε:

```
φορ ινδεξ, ελεμεντ ιν ενυμερατε('αβς'):
```

```
    πριντ ινδεξ, ελεμεντ
```

Τη ουτυπυτ οφ της λοοπ ις:

0 α

1 β

2 ς

Αγαιν.

12.6 Διςτιοναριες ανδ τυπλες

Διςτιοναριες ηαε α μετηοδ ςαλλεδ ιτεμς τηατ ρετυρνς α λιστ οφ τυπλες, ωηερε εαση τυπλε ις α κεψ-αλυε παιρ.

```
''' δ = «'α':0, 'β':1, 'ς':2»
''' τ = δ.ιτεμς()
''' πριντ τ
[('α', 0), ('ς', 2), ('β', 1)]
```

Ας ψου σηουλδ εξπεστ φρομ α διςτιοναρψ, τη ιτεμς αρε ιν νο παρτιςυλαρ ορδερ. Ιν Πψτηον 3, ιτεμς ρετυρνς αν ιτερατορ, βυτ φορ μανψ πυρποσες, ιτερατορς βεηαε λιχε λιστς.

Γοιγγ ιν τηε οτηερ διρεςτιον, ψου ςαν υσε α λιστ οφ τυπλες το ινιτιαλιζε α νεω διςτιοναρψ:

```
''' τ = [('α', 0), ('ς', 2), ('β', 1)]
''' δ = διςτ(τ)
''' πριντ δ
«'α': 0, 'ς': 2, 'β': 1»
```

δμβινιγγ διςτ ιωιτη ζιπ ψιελδς α ςονςιςε ωαψ το ςρεατε α διςτιοναρψ:

```
''' δ = διςτ(ζιπ('αβς', ρανγε(3))
''' πριντ δ
«'α': 0, 'ς': 2, 'β': 1»
```

Τηε διςτιοναρψ μετηοδ υπδατε αλσο ταχες α λιστ οφ τυπλες ανδ αδδς τηεμ, ας κεψ-αλυε παιρς, το αν εξιστιγγ διςτιοναρψ.

δμβινιγγ ιτεμς, τυπλε αςσιγγμεντ ανδ φορ, ψου γετ τηε ιδιομ φορ τραερσινγ τηε κεψς ανδ αλυες οφ α διςτιοναρψ:

```
φορ κεψ, αλ ιν δ.ιτεμς():
    πριντ αλ, κεψ
```

Τηε ουτυπυτ οφ της λοοπ ις:

0 α

2 ς

1 β

Αγαιν.

Ιτ ις ςομμοι το υσε τυπλες ας κεψς ιν διςτιοναριες (πριμαριλψ βεςαυσε ψου ςαν'τ υσε λιστς). Φορ εξαμπλε, α τελεπηονε διρεςτορψ μιγγητ μαπ φρομ λαστ-ναμε, φιρστ-ναμε παιρς το τελεπηονε νυμβερς. Αςσυμιγγ τηατ ωε ηαε δεφινεδ λαστ, φιρστ ανδ νυμβερ, ωε ςουλδ ωριτε:

```
διρεςτορψ[λαστ,φιρστ] = νυμβερ
```

Τηε εξπρεσσιον ιν βραςκετς ις α τυπλε. Ωε ςουλδ υσε τυπλε αςσιγγμεντ το τραερσε της διςτιοναρψ.

tuple

0	→	'Cleese'
1	→	'John'

Σχήμα 12.1: Στατε διαγραμ.

dict

('Cleese', 'John')	→	'08700 100 222'
('Chapman', 'Graham')	→	'08700 100 222'
('Idle', 'Eric')	→	'08700 100 222'
('Gilliam', 'Terry')	→	'08700 100 222'
('Jones', 'Terry')	→	'08700 100 222'
('Palin', 'Michael')	→	'08700 100 222'

Σχήμα 12.2: Στατε διαγραμ.

φορ λαστ, φIRST ιν διρεστορφ:

πριντ φIRST, λαστ, διρεστορφ[λαστ,φIRST]

Τηis λOOπ τραερσεs τηe κeψs ιν διρεστορφ, ωηisη αρε τυπλεs. Ιτ ασσιγνs τηe ελεμεντs οφ εαση τυπλε το λαστ ανδ φIRST, τηen πριντs τηe ναμε ανδ ζορρεσπονδιγ τελεπηονε νυμβερ.

Τηere αρε τωο ωαψs το ρεπρεσεντ τυπλεs ιν α στατε διαγραμ. Τηe μορε δετaιλεδ ερσιον σηωs τηe ινδιεs ανδ ελεμεντs θυστ αs τηeψ αππεαρ ιν α λιστ. Φορ εξαμπλε, τηe τυπλε ('λεεσε', 'θoην') ωουλδ αππεαρ αs ιν Φιγυρε 12.1.

Βυτ ιν α λαργερ διαγραμ ψου μιγητ αwant το λεαε ουτ τηe δετaιλs. Φορ εξαμπλε, α διαγραμ οφ τηε τελεπηονε διρεστορφ μιγητ αππεαρ αs ιν Φιγυρε 12.2.

Ηere τηe τυπλεs αρε σηωων υσινγ Πψτηον σψνταξ αs α γραπηιsαλ σηορτηανδ.

Τηe τελεπηονε νυμβερ ιν τηe διαγραμ ιs τηe ζομπλαιντs λινε φορ τηe BB", σο πλεασε δον'τ ζαλλ ιτ.

12.7 δμπαρινγ τυπλεs

Τηe ρελατιοναλ οπερατορs ωορκ ωιτη τυπλεs ανδ οτηερ σεχυενεs. Πψτηον σταρτs βψ ζομπαρινγ τηe φIRST ελεμεντ φορμ εαση σεχυενε. Ιφ τηeψ αρε εχυαλ, ιτ γοεs ον το τηe νεξτ ελεμεντs, ανδ σο ον, υντιλ ιτ φινδs ελεμεντs τηατ διφφερ. Συβσεχυεντ ελεμεντs αρε νοτ ζονσιδερεδ (εεν ιφ τηeψ αρε ρεαλλψ βιγ).

```
''' (0, 1, 2) ' (0, 3, 4)
```

```
True
```

```
''' (0, 1, 2000000) ' (0, 3, 4)
```

```
True
```

Τηe σορτ φυνκτιον ωορκs τηe σαμε ωαψ. Ιτ σορτs πριμαριλψ βψ φIRST ελεμεντ, βυτ ιν τηe ζασε οφ α tie, ιτ σορτs βψ σεζονδ ελεμεντ, ανδ σο ον.

Τηis φεατυρε λενδs ιτσελφ το α παττερν ζαλλεδ ΔΣΥ φορ

Δεζορατε α σεχυνενζε βψ βυιλδινγ α λιστ οφ τυπλες ωιτη ονε ορ μορε σορτ κειψς πρεζεδινγ της ελεμεντς φρομ της σεχυνενζε,

Σορτ της λιστ οφ τυπλες, ανδ

Υνδεζορατε βψ εξτραστινγ της σορτεδ ελεμεντς οφ της σεχυνενζε.

Φορ εξαμπλε, συμποσε ψου ηαε α λιστ οφ ωορδς ανδ ψου ωαντ το σορτ τηεμ φρομ λονγεστ το σηορτεστ:

δεφ σορτ~βψ~λενγτη(ωορδς):

τ = []

φορ ωορδ ιν ωορδς:

τ.αππενδ«λεν(ωορδ), ωορδ»

τ.σορτ(ρεερσε=True)

ρες = []

φορ λενγτη, ωορδ ιν τ:

ρες.αππενδ(ωορδ)

ρετυρν ρες

Τηε φιστ λοοπ βυιλδς α λιστ οφ τυπλες, ωηερε εαση τυπλε ις α ωορδ πρεζεδεδ βψ ιτς λενγτη.

σορτ ζομπαρες της φιστ ελεμεντ, λενγτη, φιστ, ανδ ονλψ ζονσιδερς της σεζονδ ελεμεντ το βρεακ τιςς. Τηε κειψωορδ αργυμεντ ρεερσε=True τελλς σορτ το γο ιν δεζρεασινγ ορδερ.

Τηε σεζονδ λοοπ τραερσες της λιστ οφ τυπλες ανδ βυιλδς α λιστ οφ ωορδς ιν δεσσενδινγ ορδερ οφ λενγτη.

Εξερσισε 12.2. Ιν της εξαμπλε, τιςς αρε βροκεν βψ ζομπαρινγ ωορδς, σο ωορδς ωιτη της σαμε λενγτη αππεαρ ιν ρεερσε αλφαβετιςαλ ορδερ. Φορ οτηερ αππλιςατιονς ψου μιγητ ωαντ το βρεακ τιςς ατ ρανδομ. Μοδιψ της εξαμπλε σο τηατ ωορδς ωιτη της σαμε λενγτη αππεαρ ιν ρανδομ ορδερ. Ηιντ: σεε της ρανδομ ψυνςτιον ιν της ρανδομ μοδυλε. Σολυτιον: *ηττπ://τηι κκψψτηον.ζομ/ζοδε/υνσταβλε~σορτ.πψ.*

12.8 Σεχυνενζες οφ σεχυνενζες

Ι ηαε φοζυσεδ ον λιστς οφ τυπλες, βυτ αλμοστ αλλ οφ της εξαμπλες ιν της ζηαπτερ αλσο ωορκ ωιτη λιστς οφ λιστς, τυπλες οφ τυπλες, ανδ τυπλες οφ λιστς. Το αοιδ ενυμερατινγ της ποσσιβλε ζομβινατιονς, ιτ ις σομετιμες εασιερ το ταλκ αβουτ σεχυνενζες οφ σεχυνενζες.

Ιν μανψ ζοντεξτς, της διφφερεντ κινδς οφ σεχυνενζες (στρινγς, λιστς ανδ τυπλες) ζαν βε υσεδ ιντερσηανγεαβλψ. Σο ηρω ανδ ωηψ δο ψου ζηοοσε ονε οερ της οτηερς;

Το σταρτ ωιτη της οβιους, στρινγς αρε μορε λιμιτεδ τηαν οτηερ σεχυνενζες βεζαυσε της ελεμεντς ηαε το βε ζηαφαρτερς. Τηεψ αρε αλσο ιμμουταβλε. Ιφ ψου νεεδ της αβιλιτψ το ζηανγε της ζηαφαρτερς ιν α στρινγ (ας οπποσεδ το ζρεατινγ α νεω στρινγ), ψου μιγητ ωαντ το υσε α λιστ οφ ζηαφαρτερς ινσταδ.

Λιστς αρε μορε ζομμον τηαν τυπλες, μοστλψ βεζαυσε τηεψ αρε μυταβλε. Βυτ τηερε αρε α φεω αςαες ωηερε ψου μιγητ πρεφερ τυπλες:

1. Ιν σομε ζοντεξτς, λικε α ρετυρν στατεμεντ, ιτ ις σψνταςτιςαλλψ σιμπλερ το ζρεατε α τυπλε τηαν α λιστ. Ιν οτηερ ζοντεξτς, ψου μιγητ πρεφερ α λιστ.

2. Ιφ ψου ωαντ το υσε α σεχυνενζε ας α διςτιοναρψ κεψ, ψου ηγε το υσε αν ιμμουταβλε τψπε λικε α τυπλε ορ στρινγ.
3. Ιφ ψου αρε πασσινγ α σεχυνενζε ας αν αργυμεντ το α φυνςτιον, υσινγ τυπλες ρεδυςες της ποτεντιαλ φορ υνεξπεςτεδ βεηαιορ δυε το αλιασινγ.

Βεσαυσε τυπλες αρε ιμμουταβλε, τηςψ δον'τ προιδε μετηοδς λικε σορτ ανδ ρεερσε, ωηιση μοδιφψ εξιστινγ λιστς. Βυτ Πψτηον προιδες της βυιλτ-ιν φυνςτιονς σορτεδ ανδ ρεερσεδ, ωηιση ταχε ανψ σεχυνενζε ας α παραμετερ ανδ ρετυρν α νεω λιστ ωιτη της σαμε ελεμεντς ιν α διφφερεντ ορδερ.

12.9 Δεβυγγινγ

Λιστς, διςτιοναριες ανδ τυπλες αρε κνωων γενερισαλλψ ας δατα στρυςτυρες· ιν τηςς ζηαπτερ ωε αρε σταρτινγ το σεε ζομπουνδ δατα στρυςτυρες, λικε λιστς οφ τυπλες, ανδ διςτιοναριες τηατ ζονταιν τυπλες ας κεψς ανδ λιστς ας αλυες. δμπουνδ δατα στρυςτυρες αρε υσεφυλ, βυτ τηςψ αρε προνε το ωηατ Ι ζαλλ σηαπε ερρορς· τηατ ις, ερρορς ζαυσεδ ωην α δατα στρυςτυρε ηας της ωρονγ τψπε, σιζε ορ ζομποσιτιον. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου αρε εξπεςτινγ α λιστ ωιτη ονε ιντεγερ ανδ Ι γιε ψου α πλαιν ολδ ιντεγερ (νοτ ιν α λιστ), ιτ ωον'τ ωορκ.

Το ηελπ δεβυγ τηςσε κινδς οφ ερρορς, Ι ηγε ωριττεν α μοδυλε ζαλλεδ στρυςτσηαπε τηατ προιδες α φυνςτιον, αλσο ζαλλεδ στρυςτσηαπε, τηατ ταχες ανψ κινδ οφ δατα στρυςτυρε ας αν αργυμεντ ανδ ρετυρνς α στρινγ τηατ συμμαριζες ιτς σηαπε. Ψου ζαν δοωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ://τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/στρυςτσηαπε.πψ

Ηερε'ς της ρεσυлт φορ α σιμπλε λιστ:

```
''' φρομ στρυςτσηαπε ιμπορτ στρυςτσηαπε
''' τ = [1,2,3]
''' πριντ στρυςτσηαπε(τ)
λιστ οφ 3 ιντ
```

Α φανςιερ προγραμ μιγητ ωριτε 'λιστ οφ 3 ιντς,' βυτ ιτ ωας εασιερ νοτ το δεαλ ωιτη πλυραλς. Ηερε'ς α λιστ οφ λιστς:

```
''' τ2 = [[1,2], [3,4], [5,6]]
''' πριντ στρυςτσηαπε(τ2)
λιστ οφ 3 λιστ οφ 2 ιντ
```

Ιφ της ελεμεντς οφ της λιστ αρε νοτ της σαμε τψπε, στρυςτσηαπε γρουπς τηςμ, ιν ορδερ, βψ τψπε:

```
''' τ3 = [1, 2, 3, 4.0, '5', '6', [7], [8], 9]
''' πριντ στρυςτσηαπε(τ3)
λιστ οφ (3 ιντ, φλοατ, 2 στρ, 2 λιστ οφ ιντ, ιντ)
```

Ηερε'ς α λιστ οφ τυπλες:

```
''' ζ = 'αβς'
''' λτ = ζιπ(τ, ζ)
''' πριντ στρυςτσηαπε(λτ)
λιστ οφ 3 τυπλε οφ (ιντ, στρ)
```

Ανδ ηερε'ς α διςτιοναρψ ωιτη 3 ιτεμς τηατ μαπ ιντεγερς το στρινγς.

```
''' δ = διςτ(λτ)
''' πριντ στρυςτσηαπε(δ)
διςτ οφ 3 ιντ-'στρ
```

Ιφ ψου αρε ηαιγγ τρουβλε κεεπινγ τραςκ οφ ψουρ δατα στρυςτυρες, στρυςτσηαπε ζαν ηελπ.

12.10 Γλωσσάρψ

τυπλε: Αν ιμμυταβλε σεχυνενζε οφ ελεμεντζ.

τυπλε ασσιγνμεντζ: Αν ασσιγνμεντζ ωιτη α σεχυνενζε ον τη ριγητ σιδε ανδ α τυπλε οφ αριαβλες ον τη λεφτ. Τη ριγητ σιδε ις εαλυατεδ ανδ την ιτζ ελεμεντζ αρε ασσιγνεδ το τη αριαβλες ον τη λεφτ.

γατηερ: Τη οπερατιον οφ ασσεμβλινγ α αριαβλε-λενγτη αργυμεντζ τυπλε.

σζαττερ: Τη οπερατιον οφ τρεατινγ α σεχυνενζε ας α λιστ οφ αργυμεντζ.

ΔΣΥ: Αββρειατιον οφ 'δεσορατε-σορτ-υνδεσορατε,' α παττερν τηατ ινολες βυιλδινγ α λιστ οφ τυπλες, σορτινγ, ανδ εξτραστινγ παρτ οφ τη ρεσουλτ.

δατα στρυςτυρε: Α ζολλεςτιον οφ ρελατεδ αλυες, οφτεν οργανιζεδ ιν λιστζς, διςτιοναριες, τυπλες, ετζς.

σηαπε (οφ α δατα στρυςτυρε): Α συμμαρψ οφ τηε τψπε, σιζε ανδ ζομποσιτιον οφ α δατα στρυςτυρε.

12.11 Εξερσιςες

Εξερσιςε 12.3. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ μοστ"φρεχυνεντζ τηατ ταχες α στρινγ ανδ πριντς τηε λεττερς ιν δεσρεασινγ ορδερ οφ φρεχυνεντζψ. Φινδ τεζτ σαμπλες φρομ σεεραλ διφφερεντζ λανγυαγεζ ανδ σεε ηωω λεττερ φρεχυνεντζψ αριες βετωεεν λανγυαγεζ. δμπαρε ψουρ ρεσουλτζς ωιτη τηε ταβλες ατ [ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Λεττερ"φρεχυνεντζιες](http://en.wikipedia.org/wiki/Letter_frequency). Σολυτιον: [ηττπ://τηνκψτηον.ζομ/ζοδε/μοστ"φρεχυνεντζ.ψ](http://τηνκψτηον.ζομ/ζοδε/μοστ).

Εξερσιςε 12.4. Μορε αναγραμς!

1. Ωριτε α προγραμ τηατ ρεαδς α ωορδ λιστ φρομ α φιλε (σεε Σεςτιον 9.1) ανδ πριντς αλλ τηε σετς οφ ωορδς τηατ αρε αναγραμς.

Ηερε ις αν εξαμπλε οφ ωηατ τηε ουτπυτ μιγητ λοοκ λικε:

['δελτας', 'δεσαλτ', 'λαστεδ', 'σαλτεδ', 'σλατεδ', 'σταλεδ']

['ρεταινερς', 'τερναριες']

['γενερατινγ', 'γρεατενινγ']

['ρεσμελτζς', 'σμελτερς', 'τερμλεςς']

Ηιντ: ψου μιγητ ωαντ το βυιλδ α διςτιοναριψ τηατ μαπς φρομ α σετ οφ λεττερς το α λιστ οφ ωορδς τηατ ζαν βε σπελλεδ ωιτη τηοσε λεττερς. Τηε χυεστιον ις, ηωω ζαν ψου ρεπρεσεντζ τηε σετ οφ λεττερς ιν α ωαψ τηατ ζαν βε υσεδ ας α κειψ;

2. Μοδιφψ τηε πρειουσ προγραμ σο τηατ ιτ πριντς τηε λαργεστ σετ οφ αναγραμς φερστ, φολλοωεδ βψ τηε σεσονδ λαργεστ σετ, ανδ σο ον.

3. Ιν Σζραββλε α 'βινγο' ις ωηεν ψου πλαψ αλλ σεεν τιλες ιν ψουρ ραζκ, αλονγ ωιτη α λεττερ ον τηε βοαρδ, το φορμ αν ειγητ-λεττερ ωορδ. Ωηατ σετ οφ 8 λεττερς φορμς τηε μοστ ποσσιβλε βινγοζ; Ηιντ: τηερε αρε σεεν.

Σολυτιον: [ηττπ://τηνκψτηον.ζομ/ζοδε/αναγραμ"σετς.ψ](http://τηνκψτηον.ζομ/ζοδε/αναγραμ).

Εξερσίσε 12.5. Τωο ωορδς φορμ α ‘μετατθεσις παρ’ ιφ ψου ζαν τρανσφορμ ονε ιντο τηε οτηερ βψ σωαππινγ τωο λεττερς· φορ εξαμπλε, ‘ζονερσε’ ανδ ‘ζονσερε.’ Ωριτε α προγραμ τηατ φινδς αλλ οφ τηε μετατθεσις παρς ιν τηε διςτιοναρψ. Ηιντ: δον’τ τεστ αλλ παρς οφ ωορδς, ανδ δον’τ τεστ αλλ ποσσιβλε σωαπς. Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/μετατθεσις.πψ.* ρεδιτ: Τηις εξερσίσε ις ινσπιρεδ βψ αν εξαμπλε ατ *ηττπ://πυζζλερς.οργ.* Εξερσίσε 12.6. Ηερε’ς ανοτηερ θρ Ταλκ Πυζζλερ (*ηττπ://ωωω.ζαρταλκ.ζομ/ζοντεντ/πυζζλερς*):

Ωηατ ις τηε λονγεστ Ενγλιση ωορδ, τηατ ρεμαινς α αλιδ Ενγλιση ωορδ, ας ψου ρεμοε ιτς λεττερς ονε ατ α τιμε;

Νωω, λεττερς ζαν βε ρεμοεδ φρομ ειτηερ ενδ, ορ τηε μιδδλε, βυτ ψου ζαν’τ ρεαρ-ρανγε ανψ οφ τηε λεττερς. Εερψ τιμε ψου δροπ α λεττερ, ψου ωινδ υπ ωιτη ανοτηερ Ενγλιση ωορδ. Ιφ ψου δο τηατ, ψού’ρε εεντυαλλψ γοινγ το ωινδ υπ ωιτη ονε λεττερ ανδ τηατ τοο ις γοινγ το βε αν Ενγλιση ωορδ—ονε τηατ’ς φουνδ ιν τηε διςτιοναρψ. Ι ωαντ το κνωω ωηατ’ς τηε λονγεστ ωορδ ανδ ηωω μανψ λεττερς δοες ιτ ηαε;

Ι’μ γοινγ το γιε ψου α λιττλε μοδεστ εξαμπλε: Σπριτε. Οκ; Ψου σταρτ οφφ ωιτη σπριτε, ψου τακε α λεττερ οφφ, ονε φρομ τηε ιντεριορ οφ τηε ωορδ, τακε τηε ρ αωαψ, ανδ ωέ’ρε λεφτ ωιτη τηε ωορδ σπιτε, τηεν ωε τακε τηε ε οφφ τηε ενδ, ωέ’ρε λεφτ ωιτη σπιτ, ωε τακε τηε ζ οφφ, ωέ’ρε λεφτ ωιτη πιτ, ιτ, ανδ Ι.

Ωριτε α προγραμ το φινδ αλλ ωορδς τηατ ζαν βε ρεδυζεδ ιν τηις ωαψ, ανδ τηεν φινδ τηε λονγεστ ονε.

Τηις εξερσίσε ις α λιττλε μορε ζηαλλενγινγ τηαν μοστ, σο ηερε αρε σομε συγγεστιονς:

1. Ψου μιγητ ωαντ το ωριτε α φυνςτιον τηατ ταχες α ωορδ ανδ ζομπυτες α λιστ οφ αλλ τηε ωορδς τηατ ζαν βε φορμεδ βψ ρεμοινγ ονε λεττερ. Τηεσε αρε τηε ‘ζηιλδρεν’ οφ τηε ωορδ.
2. Ρεζυρσιελψ, α ωορδ ις ρεδυσιβλε ιφ ανψ οφ ιτς ζηιλδρεν αρε ρεδυσιβλε. Ας α βασε ζασε, ψου ζαν ζονσιδερ τηε εμπτψ στρινγ ρεδυσιβλε.
3. Τηε ωορδλιστ Ι προιδεδ, ωορδς.τξτ, δοεσν’τ ζονταιν σινγλε λεττερ ωορδς. Σο ψου μιγητ ωαντ το αδδ ‘Γ’, ‘α’, ανδ τηε εμπτψ στρινγ.
4. Το ιμπροε τηε περφορμανζε οφ ψουρ προγραμ, ψου μιγητ ωαντ το μεμοιζε τηε ωορδς τηατ αρε κνωων το βε ρεδυσιβλε.

Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/ρεδυσιβλε.πψ.*

Κεφάλαιο 13

Άσε στυδψ: δατα στρυςτυρε σελεςτιον

13.1 Ωορδ φρεχυενςψ αναλψσις

Ας υσυαλ, ψου σηουλδ ατ λεαστ αττεμπτ της φολλοωινγ εξερσιςες βεφορε ψου ρεαδ μψ σολυτιονς.

Εξερσιςε 13.1. Ωριτε α προγραμ τηατ ρεαδς α φιλε, βρεακς εαση λινε ιντο ωορδς, στριπς ωηιτεσπαξε ανδ πυνςτυατιον φρομ της ωορδς, ανδ ζονερτς τηεμ το λοωερσασε.

Ηιντ: Της στρινγ μοδυλε προιδες στρινγς ναμεδ ωηιτεσπαξε, ωηιςη ζονταινς σπαξε, ταβ, νεωλινε, ετς., ανδ πυνςτυατιον ωηιςη ζονταινς της πυνςτυατιον ζηφραςτερς. Λετ'ς σεε ιφ ωε ζαν μακε Πψτηον σωεαρ:

```
''' ιμπορτ στρινγ
''' πριντ στρινγ.πυνςτυατιον
!""^%·'()*+,-./:;<='>~`«.»~
```

Αλσο, ψου μιγητ ζονσιδερ υσινγ της στρινγ μετηοδς στριπ, ρεπλαξε ανδ τρανσλατε.

Εξερσιςε 13.2. Γο το Προθεζτ Γυτενβεργ (γυτενβεργ.οργ) ανδ δωωνλοαδ ψουρ φαοριτε ουτ-οφ-ζοπψριγητ βοοκ ιν πλαιν τεζτ φορματ.

Μοδιψψ ψουρ προγραμ φρομ της πρειουσ εξερσιςε το ρεαδ της βοοκ ψου δωωνλοαδεδ, σκιπ οερ της ηεαδερ ινφορματιον ατ της βεγινινγ οφ της φιλε, ανδ προζεσς της ρεστ οφ της ωορδς ας βεφορε.

Τηεν μοδιψψ της προγραμ το ζουντ της τοταλ νυμβερ οφ ωορδς ιν της βοοκ, ανδ της νυμβερ οφ τιμες εαση ωορδ ις υσεδ.

Πριντ της νυμβερ οφ διφφερεντ ωορδς υσεδ ιν της βοοκ. Θμπαρε διφφερεντ βοοκς βψ διφφερεντ αυτηορς, ωριττεν ιν διφφερεντ ερας. Ωηιςη αυτηορ υσες της μοστ εξτενσιε οςαβυλαρψ;

Εξερσιςε 13.3. Μοδιψψ της προγραμ φρομ της πρειουσ εξερσιςε το πριντ της 20 μοστ φρεχυεντλψ-υσεδ ωορδς ιν της βοοκ.

Εξερσιςε 13.4. Μοδιψψ της πρειουσ προγραμ το ρεαδ α ωορδ λιστ (σεε Σεςτιον 9.1) ανδ τηεν πριντ αλλ της ωορδς ιν της βοοκ τηατ αρε νοτ ιν της ωορδ λιστ. Ηωω μανψ οφ τηεμ αρε τψπος; Ηωω μανψ οφ τηεμ αρε ζομμον ωορδς τηατ σηουλδ βε ιν της ωορδ λιστ, ανδ ηωω μανψ οφ τηεμ αρε ρεαλλψ οβςζυρε;

13.2 Ρανδομ νυμβερς

Γιεν της σαμε ινπυτς, μοστ ζομπυτερ προγραμς γενερατε της σαμε ουτπυτς εερψ τιμε, σο τηςψ αρε σαιδ το βε δετερμινιστις. Δετερμινισμ ις υσυαλλψ α γοοδ τηνγ, σινζε ωε εξπεστ της σαμε ζαλςυλατιον το ψιελδ της σαμε ρεσυλτ. Φορ σομε αππλιςατιονς, τηουγη, ωε ωαντ της ζομπυτερ το βε υνπρεδισταβλε. Γαμες αρε αν οβιους εξαμπλε, βυτ τηερε αρε μορε.

Μακινγ α προγραμ τρυλψ νονδετερμινιστις τυρνς ουτ το βε νοτ σο εασψ, βυτ τηερε αρε ωαψς το μακε ιτ ατ λεαστ σεεμ νονδετερμινιστις. Ονε οφ τηεμ ις το υσε αλγοριτημς τηατ γενερατε ψευδορανδομ νυμβερς. Πσευδορανδομ νυμβερς αρε νοτ τρυλψ ρανδομ βεζαυσε τηςψ αρε γενερατεδ βψ α δετερμινιστις ζομπυτατιον, βυτ θυστ βψ λοοκινγ ατ της νυμβερς ιτ ις αλλ βυτ ιμποσσιβλε το διστινγυιση τηεμ φρομ ρανδομ.

Της ρανδομ μοδυλε προιδες φυνςτιονς τηατ γενερατε ψευδορανδομ νυμβερς (ωηιςη I ωιλλ σιμπλψ ζαλλ ‘ρανδομ’ φρομ ηερε ον).

Της φυνςτιον ρανδομ ρετυρνς α ρανδομ φλοατ βετωεεν 0.0 ανδ 1.0 (ινςλυδινγ 0.0 βυτ νοτ 1.0). Εαση τιμε ψου ζαλλ ρανδομ, ψου γετ της νεζτ νυμβερ ιν α λονγ σεριες. Το σεε α σαμπλε, ρυν της λοοπ:

ιμπορτ ρανδομ

```
φορ ι ιν ρανγε(10):
    ξ = ρανδομ.ρανδομ()
    πριντ ξ
```

Της φυνςτιον ρανδιντ ταχες παραμετερς λοω ανδ ηιγη ανδ ρετυρνς αν ιντεγερ βετωεεν λοω ανδ ηιγη (ινςλυδινγ βοτη).

```
''' ρανδομ.ρανδιντ(5, 10)
5
''' ρανδομ.ρανδιντ(5, 10)
9
```

Το ζηοοσε αν ελεμεντ φρομ α σεχυνεζε ατ ρανδομ, ψου ζαν υσε ζηοιζε:

```
''' τ = [1, 2, 3]
''' ρανδομ.ζηοιζε(τ)
2
''' ρανδομ.ζηοιζε(τ)
3
```

Της ρανδομ μοδυλε αλσο προιδες φυνςτιονς το γενερατε ρανδομ αλυες φρομ ζοντινυους δι-στριβυτιονς ινςλυδινγ Γαυσσιαν, εξπονεντιαλ, γαμμα, ανδ α φεω μορε.

Εξερσιζε 13.5. Ωριτε α φυνςτιον ναμεδ ζηοοσε`φρομηιστ τηατ ταχες α ηιστογραμ ας δεφινεδ ιν Σεςτιον 11.1 ανδ ρετυρνς α ρανδομ αλυε φρομ της ηιστογραμ, ζηοοσεν ωιτη προβαβιλιτψ ιν προπορτιον το φρεχυνεψ. Φορ εξαμπλε, φορ της ηιστογραμ:

```
''' τ = ['α', 'α', 'β']
''' ηιστ = ηιστογραμ(τ)
''' πριντ ηιστ
«'α': 2, 'β': 1»
```

ψουρ φυνςτιον σηνουλδ ρετυρν ά' ωιτη προβαβιλιτψ 2/3 ανδ 'β' ωιτη προβαβιλιτψ 1/3.

13.3 Ωορδ ηιστογραμ

Ψου σηουλδ αττεμπτ της πρειους εξερσιςες βεφορε ψου γο ον. Ψου ζαν δοωνλοαδ μψ σολυτιον φρομ ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/αναλψζε~βοοκ.πψ. Ψου ωιλλ αλσο νεεδ ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/εμμα.τζτ.

Ηερε ις α προγραμ τηατ ρεαδς α φιλε ανδ βυιλδς α ηιστογραμ οφ της ωορδς ιν της φιλε:
ιμπορτ στρινγ

```
δεφ προζεσσ`φιλε(φιλεναμε):
    ηιστ = διςτ()
    φπ = οπεν(φιλεναμε)
    φορ λινε ιν φπ:
        προζεσσ`λινε(λινε, ηιστ)
    ρετυρν ηιστ
```

```
δεφ προζεσσ`λινε(λινε, ηιστ):
    λινε = λινε.ρεπλαζε('-', ' ')
```

```
    φορ ωορδ ιν λινε.σπλιτ():
        ωορδ = ωορδ.στριπ(στρινγ.πυνςτυατιον + στρινγ.ωηιτεσπασε)
        ωορδ = ωορδ.λωερ()
```

```
    ηιστ[ωορδ] = ηιστ.γετ(ωορδ, 0) + 1
```

```
ηιστ = προζεσσ`φιλε('εμμα.τζτ')
```

Της προγραμ ρεαδς εμμα.τζτ, ωηιςη ζονταινς της τεζτ οφ Εμμα βψ Θανε Αυστεν.

προζεσσ`φιλε λοοπς τηρουγη της λινες οφ της φιλε, πασσινγ τηεμ ονε ατ α τιμε το προζεσσ`λινε. Της ηιστογραμ ηιστ ις βεινγ υσεδ ας αν αςσυμυλατορ.

προζεσσ`λινε υσες της στρινγ μετηοδ ρεπλαζε το ρεπλαζε ηψπηενς ωιτη σπασες βεφορε υσινγ σπλιτ το βρεακ της λινε ιντο α λιστ οφ στρινγς. Ιτ τραερσες της λιστ οφ ωορδς ανδ υσες στριπ ανδ λωερ το ρεμοε πυνςτυατιον ανδ ζονερτ το λωερ ζασε. (Ιτ ις α σηορτηανδ το σαψ τηατ στρινγς αρε 'ζονερτεδ' ρεμεμπερ τηατ στρινγ αρε ιμμυταβλε, σο μετηοδς λικε στριπ ανδ λωερ ρετυρν νεω στρινγς.)

Φιναλλψ, προζεσσ`λινε υπδατες της ηιστογραμ βψ ζρεατινγ α νεω ιτεμ ορ ινζρεμεντινγ αν εξιστινγ ονε.

Το ζουντ της τοταλ νυμβερ οφ ωορδς ιν της φιλε, ωε ζαν αδδ υπ της φρεχυνενσις ιν της ηιστογραμ:

```
δεφ τοταλωορδς(ηιστ):
    ρετυρν συμ(ηιστ.αλυεσ)»
```

Της νυμβερ οφ διφφερεντ ωορδς ις θυστ της νυμβερ οφ ιτεμς ιν της διςτιοναρψ:

```
δεφ διφφερεντωορδς(ηιστ):
    ρετυρν λεν(ηιστ)
```

Ηερε ις σομε ζοδε το πριντ της ρεσυλτς:

```
πριντ 'Τοταλ νυμβερ οφ ωορδς:', τοταλωορδς(ηιστ)
```

```
πριντ 'Νυμβερ οφ διφφερεντ ωορδς:', διφφερεντωορδς(ηιστ)
```

Ανδ της ρεσυλτς:

Τοταλ νυμβερ οφ ωορδς: 161080

Νυμβερ οφ διφφερεντ ωορδς: 7214

13.4 Μοστ ζομμον ωορδς

Το φινδ της μοστ ζομμον ωορδς, ωε ζαν αππλψ της ΔΣΥ παττερν· μοστζομμον ταχες α ηι-στογραμ ανδ ρετυρνς α λιστ οφ ωορδ-φρεχυενςψ τυπλες, σορτεδ ιν ρεερσε ορδερ βψ φρεχυενςψ:

δεφ μοστζομμον(ηιστ):

τ = []

φορ κεψ, αλυε ιν ηιστ.ιτεμς():

τ.αππενδ«αλυε, κεψ»

τ.σορτ(ρεερσε=Τρυε)

ρετυρν τ

Ηερε ις α λοοπ τηατ πριντς της τεν μοστ ζομμον ωορδς:

τ = μοστζομμον(ηιστ)

πριντ 'Τηε μοστ ζομμον ωορδς αρε: '

φορ φρεχ, ωορδ ιν τ[0:10]:

πριντ ωορδ, 'τ', φρεχ

Ανδ ηερε αρε της ρεσυλτς φρομ Εμμα:

Τηε μοστ ζομμον ωορδς αρε:

το 5242

της 5205

ανδ 4897

οφ 4295

ι 3191

α 3130

ιτ 2529

ηερ 2483

ωας 2400

σηε 2364

13.5 Οπτιοναλ παραμετερς

Ωε ηαε σεεν βυιλτ-ιν φυνςτιονς ανδ μετηοδς τηατ ταχε α αριαβλε νυμβερ οφ αργυμεντς. Ιτ ις ποσσιβλε το ωριτε υσερ-δεφινεδ φυνςτιονς ωιτη οπτιοναλ αργυμεντς, τοο. Φορ εξαμπλε, ηερε ις α φυνςτιον τηατ πριντς της μοστ ζομμον ωορδς ιν α ηιστογραμ

δεφ πριντζομμον(ηιστ, νυμ=10):

τ = μοστζομμον(ηιστ)

πριντ 'Τηε μοστ ζομμον ωορδς αρε: '

φορ φρεχ, ωορδ ιν τ[:νυμ]:

πριντ ωορδ, 'τ', φρεχ

Τηε φιρστ παραμετερ ις ρεχυιρεδ· της σεσονδ ις οπτιοναλ. Τηε δεφαυλτ αλυε οφ νυμ ις 10.

Ιφ ψου ονλψ προιδε ονε αργυμεντ:

πριντ`μοστ`ζομμον(ηιστ)

νυμ γετς της δεφ αυλτ αλυε. Ιφ ψου προιδε τωο αργυμεντς:

πριντ`μοστ`ζομμον(ηιστ, 20)

νυμ γετς της αλυε οφ της αργυμεντ ιν στεαδ. Ιν οτηερ ωορδς, της οπτιοναλ αργυμεντ οερριδς της δεφ αυλτ αλυε.

Ιφ α φυνςτιον ηας βοτη ρεχυιρεδ ανδ οπτιοναλ παραμετερς, αλλ της ρεχυιρεδ παραμετερς ηας το ζομε φιρστ, πολλοωεδ βψ της οπτιοναλ ονες.

13.6 Διςτιοναρψ συβτραςτιον

Φινδινγ της ωορδς φρομ της βοοκ τηατ αρε νοτ ιν της ωορδ λιστ φρομ ωορδς. τζτ ις α προβλεμ ψου μιγητ ρεζογνιζε ας σετ συβτραςτιον· τηατ ις, ωε ωαντ το φινδ αλλ της ωορδς φρομ ονε σετ (της ωορδς ιν της βοοκ) τηατ αρε νοτ ιν ανοττηερ σετ (της ωορδς ιν της λιστ).

συβτραςτ ταχες διςτιοναριες δ1 ανδ δ2 ανδ ρετυρνς α νεω διςτιοναρψ τηατ ζονταινς αλλ της κεψς φρομ δ1 τηατ αρε νοτ ιν δ2. Σινςε ωε δον'τ ρεαλλψ ζαρε αβουτ της αλυες, ωε σετ τηεμ αλλ το None.

δεφ συβτραςτ(δ1, δ2):

 ρες = διςτ()

 φορ κεψ ιν δ1:

 ιφ κεψ νοτ ιν δ2:

 ρες[κεψ] = None

 ρετυρν ρες

Το φινδ της ωορδς ιν της βοοκ τηατ αρε νοτ ιν ωορδς. τζτ, ωε ζαν υσε προςεσσ`φιλε το βυιλδ α ηιστογραμ φορ ωορδς. τζτ, ανδ τηεν συβτραςτ:

ωορδς = προςεσσ`φιλε('ωορδς.τζτ')

διφψ = συβτραςτ(ηιστ, ωορδς)

πριντ `Της ωορδς ιν της βοοκ τηατ αρεν'τ ιν της ωορδ λιστ αρε:'

φορ ωορδ ιν διφψ.κεψς():

 πριντ ωορδ,

Ηερε αρε σομε οφ της ρεσυλτς φρομ Εμμα:

Της ωορδς ιν της βοοκ τηατ αρεν'τ ιν της ωορδ λιστ αρε:

 ρενζοντρε θανε'ς βλανςηε ωοοδηουσες διςινγεννουσνεας

 φριενδ'ς ενιζε απαρτμεντ ...

Σομε οφ τηεσε ωορδς αρε ναμες ανδ ποσσεσσιες. Οτηερς, λιχε 'ρενζοντρε,' αρε νο λονγερ ιν ζομμον υσε. Βυτ α φεω αρε ζομμον ωορδς τηατ σηουλδ ρεαλλψ βε ιν της λιστ!

Εξερσισε 13.6. Πψτηον προιδες α δατα στρυςτυρε ζαλλεδ σετ τηατ προιδες μανψ ζομμον σετ ο-περατιονς. Ρεαδ της δοσυμεντατιον ατ ηττπ://δοζς.πψτηον.οργ/2/λιβραρψ/στυδτυπες.ητμλ`τυψεο-σετ ανδ ωριτε α προγραμ τηατ υσες σετ συβτραςτιον το φινδ ωορδς ιν της βοοκ τηατ αρε νοτ ιν της ωορδ λιστ. Σολυτιον: ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/αναλψζε`βοοκ2.πψ.

13.7 Ρανδομ ωορδς

Το ζηροοσε α ρανδομ ωορδ φρομ τηε ηιστογραμ, τηε σιμπλεστ αλγοριτημ ις το βυιλδ α λιστ ωιτη μυλιτiple ζοπιες οφ εαση ωορδ, αςζορδινγ το τηε οβσερεδ φρεχυενςψ, ανδ τηεν ζηροοσε φρομ τηε λιστ:

δεφ ρανδομωορδ(η):

τ = []

φορ ωορδ, φρεχ ιν η.ιτεμς():

τ.εζτενδ([ωορδ] * φρεχ)

ρετυρν ρανδομ.ζηοιζε(τ)

Τηε εζπρεσσιον [ωορδ] * φρεχ ζρεατες α λιστ ωιτη φρεχ ζοπιες οφ τηε στρινγ ωορδ. Τηε εζτενδ μετηοδ ις σιμιλαρ το αππενδ εζζεπτ τηατ τηε αργυμεντ ις α σεχυενςε.

Εζερςισε 13.7. Τηις αλγοριτημ ωορκς, βυτ ιτ ις νοτ ερψ εφφισιεντ· εαση τιμε ψου ζηροοσε α ρανδομ ωορδ, ιτ ρεβυιλδς τηε λιστ, ωηιςη ις ας βιγ ας τηε οριγιναλ βοοκ. Αν οβιους ιμπροεμεντ ις το βυιλδ τηε λιστ ονζε ανδ τηεν μακε μυλιτiple σελεςτιονς, βυτ τηε λιστ ις στιλλ βιγ.

Αν αλτερνατιε ις:

1. Υσε κεψς το γετ α λιστ οφ τηε ωορδς ιν τηε βοοκ.
2. Βυιλδ α λιστ τηατ ζονταινς τηε ζυμυλατιε συμ οφ τηε ωορδ φρεχυενςιες (σεε Εζερςι-σε 10.3). Τηε λαστ ιτεμ ιν τηις λιστ ις τηε τοταλ νυμβερ οφ ωορδς ιν τηε βοοκ, n .
3. Ηροοσε α ρανδομ νυμβερ φρομ 1 το n . Υσε α βισεςτιον σεαρςη (Σεε Εζερςισε 10.11) το φινδ τηε ινδεξ ωηερε τηε ρανδομ νυμβερ ωουλδ βε ινσερτεδ ιν τηε ζυμυλατιε συμ.
4. Υσε τηε ινδεξ το φινδ τηε ζορρεσπονδινγ ωορδ ιν τηε ωορδ λιστ.

Ωριτε α προγραμ τηατ υσες τηις αλγοριτημ το ζηροοσε α ρανδομ ωορδ φρομ τηε βοοκ. Σολυτιον: ηττπ://τηι νκπψτηον.ζομ/ζοδε/αναλψζε~βοοκ3.πψ.

13.8 Μαρχο αναλψσις

Ιφ ψου ζηροοσε ωορδς φρομ τηε βοοκ ατ ρανδομ, ψου ζαν γετ α σεנסε οφ τηε οςαβυλαρφ, ψου προβαβλψ ωον'τ γετ α σεντενςε:

τηις τηε σμαλλ ρεγαρδ ηαρριετ ωηιςη κνιγητλεψ'ς ιτ μοστ τηινγς

Α σεριες οφ ρανδομ ωορδς σελδομ μακες σεנסε βεζαυσε τηερε ις νο ρελατιονσηπ βετωεεν συςζεσσιε ωορδς. Φορ εζαμπλε, ιν α ρεαλ σεντενςε ψου ωουλδ εζπεστ αν αρτιςλε λικε 'τηε' το βε φολλοωεδ βψ αν αδθεςτιε ορ α νουν, ανδ προβαβλψ νοτ α ερβ ορ αδερβ.

Ονε ωαψ το μεασυρε τηεσε κινδς οφ ρελατιονσηπις ις Μαρχο αναλψσις, ωηιςη ζηαραςτεριζες, φορ α γιεν σεχυενςε οφ ωορδς, τηε προβαβιλιτψ οφ τηε ωορδ τηατ ζομες νεζτ. Φορ εζαμπλε, τηε σονγ Ερις, τηε Ηαλφ α Βεε βεγις:

Ηαλφ α βεε, πηιλοσοπηιςαλλψ,

Μυστ, ιπσο φαστο, ηαλφ νοτ βε.

Βυτ ηαλφ τηε βεε ηας γοτ το βε

Ίς α ις, ιτς εντιτψ. Δ'ψου σεε;

Βυτ ζαν α βεε βε σαιδ το βε
 Ορ νοτ το βε αν εντιρε βεε
 Ωηεν ηαλφ της βεε ις νοτ α βεε
 Δυε το σομε ανσιεντ ινθυρψ;

Ιν της τεζτ, της πήρασε ‘ηαλφ της’ ις αλωαψς φολλωεδ βψ της ωορδ ‘βεε,’ βυτ της πήρασε ‘της βεε’ μιγητ βε φολλωεδ βψ ειτηερ ‘ηασ’ ορ ‘ισ’.

Της ρεσυлт οφ Μαρκο αναλψις ις α μαππινγ φρομ εαση πρεφιζ (λικε ‘ηαλφ της’ ανδ ‘της βεε’) το αλλ ποσσιβλε συφφιζες (λικε ‘ηασ’ ανδ ‘ισ’).

Γιεν της μαππινγ, ψου ζαν γενερατε α ρανδομ τεζτ βψ σταρτινγ ωιτη ανψ πρεφιζ ανδ ζηοοσινγ ατ ρανδομ φρομ της ποσσιβλε συφφιζες. Νεζτ, ψου ζαν ζομβινε της ενδ οφ της πρεφιζ ανδ της νεω συφφιζ το φορμ της νεζτ πρεφιζ, ανδ ρεπεατ.

Φορ εξαμπλε, ιφ ψου σταρτ ωιτη της πρεφιζ ‘Ηαλφ α,’ την της νεζτ ωορδ ηας το βε ‘βεε,’ βεζαυσε της πρεφιζ ονλψ αππεαρς ονσε ιν της τεζτ. Της νεζτ πρεφιζ ις ‘α βεε,’ σο της νεζτ συφφιζ μιγητ βε ‘πηλοσοπηιςαλψ,’ ‘βε’ ορ ‘δυε.’

Ιν της εξαμπλε της λενγτη οφ της πρεφιζ ις αλωαψς τωο, βυτ ψου ζαν δο Μαρκο αναλψις ωιτη ανψ πρεφιζ λενγτη. Της λενγτη οφ της πρεφιζ ις ζαλλεδ της ‘ορδερ’ οφ της αναλψις. Εξερσισε 13.8. Μαρκο αναλψις:

1. Ωριτε α προγραμ το ρεαδ α τεζτ φρομ α φιλε ανδ περφορμ Μαρκο αναλψις. Της ρεσυлт σηνουλδ βε α διςτιοναρψ τηατ μαπς φρομ πρεφιζες το α ζολλεστιον οφ ποσσιβλε συφφιζες. Της ζολλεστιον μιγητ βε α λιστ, τυπλε, ορ διςτιοναρψ· ιτ ις υπ το ψου το μαχε αν αππροπριατε ζηοιζε. Ψου ζαν τεστ ψουρ προγραμ ωιτη πρεφιζ λενγτη τωο, βυτ ψου σηνουλδ ωριτε της προγραμ ιν α ωαψ τηατ μαχες ιτ εασψ το τρψ οτηερ λενγτης.

2. Αδδ α φυνςτιον το της πρειους προγραμ το γενερατε ρανδομ τεζτ βασειδ ον της Μαρκο αναλψις. Ηερε ις αν εξαμπλε φρομ Εμμα ωιτη πρεφιζ λενγτη 2:

Ηε ωας ερψ ζλεερ, βε ιτ σωεετνεσς ορ βε ανγρψ, ασηαμεδ ορ ονλψ αμυσεδ, ατ συση α στροκε. Σηε ηαδ νεερ τηουγητ οφ Ηανναη τιλλ ψου ωερε νεερ μεαντ φορ με; Ϊ ζαννοτ μαχε σπεεσηες, Εμμα:’ ηε σοον ζυτ ιτ αλλ ημσελφ.

Φορ της εξαμπλε, Ι λεφτ της πυνςτυατιον αττασηεδ το της ωορδς. Της ρεσυлт ις αλμοστ σψντατισαλψ ζορρεστ, βυτ νοτ χυιτε. Σεμαντισαλψ, ιτ αλμοστ μαχες σενσε, βυτ νοτ χυιτε.

Ωηατ ηαππενς ιφ ψου ινςρεασε της πρεφιζ λενγτη; Δοες της ρανδομ τεζτ μαχε μορε σενσε;

3. Ονσε ψουρ προγραμ ις ωορκινγ, ψου μιγητ ωαντ το τρψ α μαση-υπ: ιφ ψου αναλψζε τεζτ φρομ τωο ορ μορε βοοκς, της ρανδομ τεζτ ψου γενερατε ωιλλ βλενδ της οςαβυλαρψ ανδ τηρασε φρομ της σουρςες ιν ιντερεστινγ ωαψς.

΄ρεδιτ: Της ζασε στυδψ ις βασειδ ον αν εξαμπλε φρομ Κερνιγηαν ανδ Πικε, Της Πραστιζε οφ Προγραμινγ, Αδδισον-Ωεσλεψ, 1999.

Ψου σηνουλδ αττεμπτ της εξερσισε βεφορε ψου γο ον· την ψου ζαν ζαν δοωνλοαδ μψ σολυτιον φρομ ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/μαρκο.πψ. Ψου ωιλλ αλσο νεεδ ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/εμμα.τζτ.

13.9 Δατα στρυςτυρες

Τσινγ Μαρκo αναλψσις το γεναρεατε ρανδομ τεζτ ις φυν, βυτ τηρε ις αλσο α ποινη το της εξερσις: δατα στρυςτυρε σελεςτιον. Ιν ψουρ σολυτιον το της πρειους εξερσις, ψου ηαδ το ζηροοσε:

- Ηω το ρεπρεσεντ της πρεφιζες.
- Ηω το ρεπρεσεντ της ζολλεςτιον οφ ποσσιβλε συφφιζες.
- Ηω το ρεπρεσεντ της μαπινγ φρομ εαση πρεφιζ το της ζολλεςτιον οφ ποσσιβλε συφφιζες.

Οκ, της λαστ ονε ις της εασψ· της ονλψ μαπινγ τψπε ωε ηε σεεν ις α διςτιοναρη, σο ιτ ις της νατυραλ ζηοις.

Φορ της πρεφιζες, της μοστ οβιους οπτιονς αρε στρινγ, λιστ οφ στρινγς, ορ τυπλε οφ στρινγς. Φορ της συφφιζες, ονε οπτιον ις α λιστ· ανοτηρ ις α ηιστογραμ (διςτιοναρη).

Ηω σηνουλδ ψου ζηοοσε; Της φιστ στεπ ις το τηνκ αβουτ της οπερατιονς ψου ωιλλ νεεδ το ιμπεμεντ φορ εαση δατα στρυςτυρε. Φορ της πρεφιζες, ωε νεεδ το βε αβλε το ρεμοε ωορδς φρομ της βεγινινγ ανδ αδδ το της ενδ. Φορ εξαμπε, ιφ της ζυρρεντ πρεφιζ ις ‘Ηαλφ α,’ ανδ της νεζτ ωορδ ις ‘βεε,’ ψου νεεδ το βε αβλε το φορμ της νεζτ πρεφιζ, ‘α βεε.’

Ψουρ φιστ ζηοις μιγητ βε α λιστ, σινζε ιτ ις εασψ το αδδ ανδ ρεμοε ελεμεντς, βυτ ωε αλσο νεεδ το βε αβλε το υσε της πρεφιζες ας κεψς ιν α διςτιοναρη, σο τηατ ρυλες ουτ λιστς. Ωιτη τυπλες, ψου ζαν’ αππενδ ορ ρεμοε, βυτ ψου ζαν υσε της αδδιτιον οπερατορ το φορμ α νεω τυπλε:

δεφ σηνιφτ(πρεφιζ, ωορδ):
 ρετυρν πρεφιζ[1:] + (ωορδ,)

σηνιφτ ταχες α τυπλε οφ ωορδς, πρεφιζ, ανδ α στρινγ, ωορδ, ανδ φορμς α νεω τυπλε τηατ ηας αλλ της ωορδς ιν πρεφιζ εξζεπτ της φιστ, ανδ ωορδ αδδεδ το της ενδ.

Φορ της ζολλεςτιον οφ συφφιζες, της οπερατιονς ωε νεεδ το περφορμ ινζλυδε αδδινγ α νεω συφφιζ (ορ ινζρεασινγ της φρεχυενςψ οφ αν εξιστινγ ονε), ανδ ζηοοσινγ α ρανδομ συφφιζ.

Αδδινγ α νεω συφφιζ ις εχυαλλψ εασψ φορ της λιστ ιμπεμεντατιον ορ της ηιστογραμ. ηοοσινγ α ρανδομ ελεμεντ φρομ α λιστ ις εασψ· ζηοοσινγ φρομ α ηιστογραμ ις ηαρδερ το δο εφφισιεντλψ (σεε Εξερσις 13.7).

Σο φαρ ωε ηε βεεν ταλκινγ μοστλψ αβουτ εασε οφ ιμπεμεντατιον, βυτ τηρε αρε οτηερ φαστορς το ζονσιδερ ιν ζηοοσινγ δατα στρυςτυρες. Ονε ις ρυν τιμε. Σομετιμες τηρε ις α τηεορετιςαλ ρεασον το εξπεστ ονε δατα στρυςτυρε το βε φαστερ τηαν οτηερ· φορ εξαμπε, Ι μεντιονεδ τηατ της ιν οπερατορ ις φαστερ φορ διςτιοναριες τηαν φορ λιστς, ατ λεαστ ωην της νυμβερ οφ ελεμεντς ις λαργε.

Βυτ οφτεν ψου δον’ κνωω ηεαδ οφ τιμε ωηις ιμπεμεντατιον ωιλλ βε φαστερ. Ονε οπτιον ις το ιμπεμεντ βοτη οφ τηεμ ανδ σεε ωηις ις βεττερ. Της αππροαη ις ζαλλεδ βενςημαρκινγ. Α πραςτιςαλ αλτερνατιε ις το ζηοοσε της δατα στρυςτυρε τηατ ις εασιεστ το ιμπεμεντ, ανδ την σεε ιφ ιτ ις φαστ ενουγη φορ της ιντενδεδ αππλιςατιον. Ιφ σο, τηρε ις νο νεεδ το γο ον. Ιφ νοτ, τηρε αρε τοολς, λιχε της προφιλε μοδυλε, τηατ ζαν ιδεντιψ της πλαςες ιν α προγραμ τηατ ταχε της μοστ τιμε.

Τη οτηρ φαστορ το ζονσιδερ ις στοραγε σπασε. Φορ εξαμπλε, υσινγ α ηιστογραμ φορ τηε ζολλεςτιον οφ συφφιζες μιγητ ταχε λεσς σπασε βεζαυσε ψου ονλψ ηεα το στορε εαση ωορδ ονσε, νο ματτερ ηωω μανψ τιμες ιτ αππεαρς ιν τηε τεζτ. Ιν σομε ζασες, σαινγ σπασε ζαν αλσο μαχε ψουρ προγραμ ρυν φαστερ, ανδ ιν τηε εξτρεμε, ψουρ προγραμ μιγητ νοτ ρυν ατ αλλ ιφ ψου ρυν ουτ οφ μεμορψ. Βυτ φορ μανψ αππλιζατιονς, σπασε ις α σεζονδαρψ ζονσιδερατιον αφτερ ρυν τιμε.

Ονε φιναλ τηουγητ: ιν τηις διςκυSSION, Ι ηεα ιμπλιεδ τηατ ωε σηουλδ υσε ονε δατα στρυςτυρε φορ βοτη αναλψις ανδ γενερατιον. Βυτ σινζε τηεσε αρε σεπαρατε πηασες, ιτ ωουλδ αλσο βε ποσσιβλε το υσε ονε στρυςτυρε φορ αναλψις ανδ τηεν ζονερτ το ανοτηερ στρυςτυρε φορ γενερατιον. Τηις ωουλδ βε α νετ ωιν ιφ τηε τιμε σαεδ δυρινγ γενερατιον εξεεεδεδ τηε τιμε σπεντ ιν ζονερσιον.

13.10 Δεβυγγινγ

Ωηεν ψου αρε δεβυγγινγ α προγραμ, ανδ εσπεσιαλλψ ιφ ψου αρε ωορκινγ ον α ηαρδ βυγ, τηερε αρε ψουρ τηινγς το τρψ:

ρεαδινγ: Εξαμινε ψουρ ζοδε, ρεαδ ιτ βαζκ το ψουρσελφ, ανδ ζηεζκ τηατ ιτ σαψς ωηατ ψου μεαντ το σαψ.

ρυννινγ: Εξπεριμεντ βψ μακινγ ζηανγες ανδ ρυννινγ διφφερεντ ερσιονς. Οφτεν ιφ ψου διςπλαψ τηε ριγητ τηινγ ατ τηε ριγητ πλαζε ιν τηε προγραμ, τηε προβλεμ βεζομες οβιους, βυτ σομετιμες ψου ηεα το σπενδ σομε τιμε το βυιλδ ζσαφφολδινγ.

ρυμινατινγ: Ταχε σομε τιμε το τηινκ! Ωηατ κινδ οφ ερρορ ις ιτ: σψνταζ, ρυντιμε, σεμαντις; Ωηατ ινφορματιον ζαν ψου γετ φρομ τηε ερρορ μεσσαγες, ορ φρομ τηε ουτπυτ οφ τηε προγραμ; Ωηατ κινδ οφ ερρορ ζουλδ ζαυσε τηε προβλεμ ψούρε σεεινγ; Ωηατ διδ ψου ζηανγε λαστ, βεφορε τηε προβλεμ αππεαρεδ;

ρετρεατινγ: Ατ σομε ποινη, τηε βεστ τηινγ το δο ις βαζκ οφφ, υνδοινγ ρεζεντ ζηανγες, υντιλ ψου γετ βαζκ το α προγραμ τηατ ωορκς ανδ τηατ ψου υνδερστανδ. Τηεν ψου ζαν σταρτ ρεβυιλδινγ.

Βεγιννινγ προγραμμερς σομετιμες γετ στυζκ ον ονε οφ τηεσε αςτιυτιες ανδ φοργετ τηε οτηερς. Εαση αςτιυτψ ζομες ωιτη ιτς οων φαιλυρε μοδε.

Φορ εξαμπλε, ρεαδινγ ψουρ ζοδε μιγητ ηελπ ιφ τηε προβλεμ ις α τψπογραπηικαλ ερρορ, βυτ νοτ ιφ τηε προβλεμ ις α ζονζεπτυαλ μισυνδερστανδινγ. Ιφ ψου δον'τ υνδερστανδ ωηατ ψουρ προγραμ δοες, ψου ζαν ρεαδ ιτ 100 τιμες ανδ νεερ σεε τηε ερρορ, βεζαυσε τηε ερρορ ις ιν ψουρ ηεαδ.

Ρυννινγ εξπεριμεντς ζαν ηελπ, εσπεσιαλλψ ιφ ψου ρυν σμαλλ, σιμπλε τεστς. Βυτ ιφ ψου ρυν εξπεριμεντς ωιτηουτ τηινκινγ ορ ρεαδινγ ψουρ ζοδε, ψου μιγητ φαλλ ιντο α παττερν Ι ζαλλ 'ρανδομ ωαλκ προγραμμινγ,' ωηιζ ις τηε προζεζς οφ μακινγ ρανδομ ζηανγες υντιλ τηε προγραμ δοες τηε ριγητ τηινγ. Νεεδλεςς το σαψ, ρανδομ ωαλκ προγραμμινγ ζαν ταχε α λονγ τιμε.

Ψου ηεα το ταχε τιμε το τηινκ. Δεβυγγινγ ις λικε αν εξπεριμενταλ σκιενζε. Ψου σηουλδ ηεα ατ λεαστ ονε ηψποτηεσις αβουτ ωηατ τηε προβλεμ ις. Ιφ τηερε αρε τωο ορ μορε ποσσιβιλιτιες, τρψ το τηινκ οφ α τεστ τηατ ωουλδ ελμινατε ονε οφ τηεμ.

Τακινγ α βρεακ ηελψς ωιτη της τηνκινγ. Σο δος ταλκινγ. Ιφ ψου εξπλαιν της προβλεμ το σομεονε ελσε (ορ εεν ψουρσελφ), ψου ωιλλ σομετιμες φινδ της ανσωερ βεφορε ψου φινιση ασκινγ της χυεστιον.

Βυτ εεν της βεστ δεβυγγινγ τεσνηιχυες ωιλλ φαιλ ιφ τηρε αρε τοο μανψ ερρορς, ορ ιφ της ζοδε ψου αρε τρψινγ το φιζ ις τοο βιγ ανδ ζομπλιςατεδ. Σομετιμες της βεστ οπιον ις το ρετρεατ, σιμπλιφψινγ της προγραμ υντιλ ψου γετ το σομετηινγ τηατ ωορκς ανδ τηατ ψου υνδερστανδ.

Βεγιννινγ προγραμμερς αρε οφτεν ρελυσταντ το ρετρεατ βεζαυσε τηςψ ζαν'τ στανδ το δελετε α λινε οφ ζοδε (εεν ιφ ιτς ωρονγ). Ιφ ιτ μαχες ψου φεελ βεττερ, ζοπψ ψουρ προγραμ ιντο ανοτηερ φιλε βεφορε ψου σταρτ στριππινγ ιτ δωων. Την ψου ζαν παστε της πιεζες βακχ ιν α λιττλε βιτ ατ α τιμε.

Φινδινγ α ηαρδ βυγ ρεχυιρες ρεαδινγ, ρυννινγ, ρυμινατινγ, ανδ σομετιμες ρετρεατινγ. Ιφ ψου γετ στυςκ ον ονε οφ τηςσε αστιιτιες, τρψ της οτηερς.

13.11 Γλοσσαρψ

δετερμινιστις: Περταινινγ το α προγραμ τηατ δος της σαμε τηνγ εαση τιμε ιτ ρυνς, γιεν της σαμε ινπυτς.

πσευδορανδομ: Περταινινγ το α σεχυενζε οφ νυμβερς τηατ αππεαρ το βε ρανδομ, βυτ αρε γενερατεδ βψ α δετερμινιστις προγραμ.

δεφαυλτ αλυε: Της αλυε γιεν το αν οπιοναλ παραμετερ ιφ νο αργυμεντ ις προιδεδ.

οερριδε: Το ρεπλαζε α δεφαυλτ αλυε ωιτη αν αργυμεντ.

βενζημαρκινγ: Της προζεσς οφ ζηοοσινγ βετωεεν δατα στρυςτυρες βψ ιμπλεμεντινγ αλτερνατιες ανδ τεστινγ τηεμ ον α σαμπλε οφ της ποσσιβλε ινπυτς.

13.12 Εξερσιςες

Εξερσιςε 13.9. Της 'ρανκ' οφ α ωορδ ις ιτς ποσιτιον ιν α λιστ οφ ωορδς σορτεδ βψ φρεχυενςψ: της μοστ ζομμον ωορδ ηας ρανκ 1, της σεσονδ μοστ ζομμον ηας ρανκ 2, ετς.

Ζιπφ'ς λαω δεσςριβες α ρελατιονσηιπ βετωεεν της ρανκς ανδ φρεχυενςιες οφ ωορδς ιν νατυραλ λανγυαγες (ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ζιπφ'ς*λαω). Σπεσιφικαλλψ, ιτ πρεδιστς τηατ της φρεχυενςψ, f , οφ της ωορδ ωιτη ρανκ r ις:

$$f = cr^{-s}$$

ωηερε s ανδ c αρε παραμετερς τηατ δεπενδ ον της λανγυαγε ανδ της τεζτ. Ιφ ψου τακε της λογαριτημ οφ βοτη σιδες οφ της εχυατιον, ψου γετ:

$$\log f = \log c - s \log r$$

Σο ιφ ψου πλοτ λογ f ερσυς λογ r , ψου σηουλδ γετ α στραιγητ λινε ωιτη σλοπε $-s$ ανδ ιντερζεπτ λογ c .

Ωριτε α προγραμ τηατ ρεαδς α τεζτ φρομ α φιλε, ζουντς ωορδ φρεχυενςιες, ανδ πριντς ονε λινε φορ εαση ωορδ, ιν δεσςενδινγ ορδερ οφ φρεχυενςψ, ωιτη λογ f ανδ λογ r . Υσε της γραπηινγ

προγράμ οφ ψουρ ζηοιζε το πλοτ της ρεσυλτς ανδ ζηεςκ ωηετηερ τηεψ φορμ α στραιγητ λινε.
αν ψου εστιματε της αλυε οφ s;

Σολυτιον: ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/ζιπφ.πψ. Το μακε της πλοτς, ψου μιγητ ηαε
το ινσταλλ ματπλοτλιβ (σεε ηττπ://ματπλοτλιβ.σουρζεφοργε.νετ/).

Κεφάλαιο 14

Φίλες

14.1 Περιστινσε

Μοστ οφ τηε προγραμς ωε ηαε σεεν σο φαρ αρε τρανσιεντ ιν τηε σενσε τηατ τηειψ ρυν φορ α σηορτ τιμε ανδ προδυσε σομε ουτπυτ, βυτ ωην τηειψ ενδ, τηειρ δατα διασπιαρς. Ιφ ψου ρυν τηε προγραμ αγαιν, ιτ σταρτς ωιτη α ζλεαν σλατε.

Οτηερ προγραμς αρε περισστιντεντ: τηειψ ρυν φορ α λογγ τιμε (ορ αλλ τηε τιμε)· τηειψ κεεπ ατ λεαστ σομε οφ τηειρ δατα ιν περμανεντ στοραγε (α ηαρδ δριε, φορ εξαμπλε)· ανδ ιφ τηειψ σηυτ δωων ανδ ρεσταρτ, τηειψ πιςκ υπ ωηερε τηειψ λεφτ οφφ.

Εξαμπλες οφ περισστιντεντ προγραμς αρε οπερατινγ σψστεμς, ωηιζη ρυν πρεττψ μυζη ωηενεερ α ζομπυτερ ις ον, ανδ ωεβ σερερς, ωηιζη ρυν αλλ τηε τιμε, ωαιτινγ φορ ρεχυεστς το ζομε ιν ον τηε νετωορκ.

Ονε οφ τηε σιμπλεστ ωαψς φορ προγραμς το μαινταιν τηειρ δατα ις βψ ρεαδινγ ανδ ωριτινγ τεζτ φιλες. Ωε ηαε αλρεαδψ σεεν προγραμς τηατ ρεαδ τεζτ φιλες· ιν τηις ζηαπτερ ωε ωιλλ σεε προγραμς τηατ ωριτε τηεμ.

Αν αλτερνατιε ις το στορε τηε στατε οφ τηε προγραμ ιν α δαταβασε. Ιν τηις ζηαπτερ Ι ωιλλ πρεσεντ α σιμπλε δαταβασε ανδ α μοδυλε, πιςκλε, τηατ μαχες ιτ εασψ το στορε προγραμ δατα.

14.2 Ρεαδινγ ανδ ωριτινγ

Α τεζτ φιλε ις α σεχυενσε οφ ζηαρχαστερς στορεδ ον α περμανεντ μεδιυμ λικε α ηαρδ δριε, φλαση μεμορφ, ορ Δ-POM. Ωε σαω ηρω το οπεν ανδ ρεαδ α φιλε ιν Σεξτιον 9.1.

Το ωριτε α φιλε, ψου ηαε το οπεν ιτ ωιτη μοδε 'ω' ας α σεσονδ παραμετερ:

```
''' φουτ = οπεν('ουτπυτ.τεζτ', 'ω')
''' πριντ φουτ
οπεν φιλε 'ουτπυτ.τεζτ', μοδε 'ω' ατ 0xβ7εβ2410'
```

Ιφ τηε φιλε αλρεαδψ εξιστς, οπενινγ ιτ ιν ωριτε μοδε ζλεαρς ουτ τηε ολδ δατα ανδ σταρτς φρεση, σο βε ζαρεφυλ! Ιφ τηε φιλε δοεσν'τ εξιστ, α νεω ονε ις ζρεατεδ.

Τηε ωριτε μετηοδ πυτς δατα ιντο τηε φιλε.

```
''' λινε1 = "Της ηρε'ς τηε ωαττλε,~ν'
''' φουτ.ωριτε(λινε1)
```

Αγαιν, της φιλε οβθεστ κεεπς τρασκ οφ ωηρε ιτ ις, σο ιφ ψου ζαλλ ωριτε αγαιν, ιτ αδδς της νεω δατα το τηε ενδ.

```
''' λινε2 = "τηςε εμβλεμ οφ ουρ λανδ.~ν'
''' φουτ.ωριτε(λινε2)
```

Ωηεν ψου αρε δονε ωριτινγ, ψου ηαε το ζλοσε της φιλε.

```
''' φουτ.ζλοσε()
```

14.3 Φορματ οπερατορ

Της αργυμεντ οφ ωριτε ηας το βε α στρινγ, σο ιφ ωε ωαντ το πυτ οτηερ αλυες ιν α φιλε, ωε ηαε το ζονερτ τηεμ το στρινγς. Της εασιεστ ωαψ το δο τηατ ις ωιτη στρ:

```
''' ξ = 52
''' φ.ωριτε(στρ(ξ))
```

Αν αλτερνατιε ις το υσε της φορματ οπερατορ, %. Ωηεν αππλιεδ το ιντεγερς, % ις της μοδυλυσ οπερατορ. Βυτ ωηεν της φιρστ οπερανδ ις α στρινγ, % ις της φορματ οπερατορ.

Της φιρστ οπερανδ ις της φορματ στρινγ, ωηιση ζονταις ονε ορ μορε φορματ σεχυενες, ωηιση σπεσιψ ηωω της σεσονδ οπερανδ ις φορματτεδ. Της ρεσυлт ις α στρινγ.

Φορ εξαμπλε, της φορματ σεχυενε '%δ' μεανς τηατ της σεσονδ οπερανδ σηνουλδ βε φορματτεδ ας αν ιντεγερ (δ στανδς φορ 'δεσιμαλ'):

```
''' ζαμελς = 42
''' '%δ' % ζαμελς
'42'
```

Της ρεσυлт ις της στρινγ '42', ωηιση ις νοτ το βε ζονφυσεδ ωιτη της ιντεγερ αλυε 42.

Α φορματ σεχυενε ζαν αππεαρ ανψωηερε ιν της στρινγ, σο ψου ζαν εμβεδ α αλυε ιν α σεντενσε:

```
''' ζαμελς = 42
''' 'I ηαε σποττεδ %δ ζαμελς.' % ζαμελς
'I ηαε σποττεδ 42 ζαμελς.'
```

Ιφ τηερε ις μορε τηαν ονε φορματ σεχυενε ιν της στρινγ, της σεσονδ αργυμεντ ηας το βε α τυπλε. Εαση φορματ σεχυενε ις ματσηδ ωιτη αν ελεμεντ οφ της τυπλε, ιν ορδερ.

Της πολλοωινγ εξαμπλε υσες '%δ' το φορματ αν ιντεγερ, '%γ' το φορματ α φλοατινγ-ποιντ νυμβερ (δον'τ ασκ ωηψ), ανδ '%ς' το φορματ α στρινγ:

```
''' 'Iν %δ ψεαρς I ηαε σποττεδ %γ %ς.' % (3, 0.1, 'ζαμελς')
'Iν 3 ψεαρς I ηαε σποττεδ 0.1 ζαμελς.'
```

Της νυμβερ οφ ελεμεντς ιν της τυπλε ηας το ματση της νυμβερ οφ φορματ σεχυενες ιν της στρινγ. Αλσο, της τψπες οφ της ελεμεντς ηαε το ματση της φορματ σεχυενες:

```
''' '%δ %δ %δ' % (1, 2)
```

ΤψπεΕρρορ: νοτ ενουγη αργυμεντς φορ φορματ στρινγ

```
''' '%δ' % 'δολλαρς'
```

ΤψπεΕρρορ: ιλλαγαλ αργυμεντ τψπε φορ βυιλτ-ιν οπερατιον

Ιν της φιρστ εξαμπλε, τηερε αρεν'τ ενουγη ελεμεντς ιν της σεσονδ, της ελεμεντ ις της ωροινγ τψπε.

Της φορματ οπερατορ ις ποωερφυλ, βυτ ιτ ζαν βε διφφιζυлт το υσε. Ψου ζαν ρεαδ μορε αβουτ ιτ ατ ηττπ://δoςς.πψτηον.οργ/2/λιβραφψ/στδτψπες.ητмл*στρινγ-φορματτινγ.

14.4 Φιλεναμες ανδ πατης

Φιλες αρε οργανιζεδ ιντο διρεστοριες (αλσο ζαλλεδ 'φολδερος'). Εερψ ρυννινγ προγραμ ηας α 'συρρεντ διρεστορψ,' ωηις ις τηε δεφauλτ διρεστορψ φορ μοστ οπερατιονς. Φορ εξαμπλε, ωην ψου οπεν α φιλε φορ ρεαδινγ, Πψτηον λοοκς φορ ιτ ιν τηε συρρεντ διρεστορψ.

Τηε ος μοδυλε προιδεζ φυνςτιονς φορ ωορκινγ ωιτη φιλες ανδ διρεστοριες ('οσ' στανδς φορ 'οπερατινγ σψστεμ'). ος.γετςωδ ρετυρνς τηε ναμε οφ τηε συρρεντ διρεστορψ:

```
''' ιμπορτ ος
''' ζωδ = ος.γετςωδ()
''' πριντ ζωδ
/ηομε/δινσδαλε
```

ζωδ στανδς φορ 'συρρεντ ωορκινγ διρεστορψ.' Τηε ρεσυλτ ιν τηις εξαμπλε ις /ηομε/δινσδαλε, ωηις ις τηε ηομε διρεστορψ οφ α υσερ ναμεδ δινσδαλε.

Α στρινγ λικε ζωδ τηατ ιδεντιφιες α φιλε ις ζαλλεδ α πατη. Α ρελατιε πατη σταρτς φρομ τηε συρρεντ διρεστορψ· αν αβςολουτε πατη σταρτς φρομ τηε τοπμοστ διρεστορψ ιν τηε φιλε σψστεμ.

Τηε πατης ωε ηαε σεεν σο φαρ αρε σιμπλε φιλεναμες, σο τηεψ αρε ρελατιε το τηε συρρεντ διρεστορψ. Το φινδ τηε αβςολουτε πατη το α φιλε, ψου ζαν υσε ος.πατη.αβςπατη:

```
''' ος.πατη.αβςπατη('μεμο.τζτ')
'/ηομε/δινσδαλε/μεμο.τζτ'
```

ος.πατη.εξιςτς ζηεςκς ωηετηερ α φιλε ορ διρεστορψ εξιστς:

```
''' ος.πατη.εξιςτς('μεμο.τζτ')
Τρυε
```

Ιφ ιε εξιστς, ος.πατη.ισδιρ ζηεςκς ωηετηερ ιτ'ς α διρεστορψ:

```
''' ος.πατη.ισδιρ('μεμο.τζτ')
Φαλσε
''' ος.πατη.ισδιρ('μυσις')
```

Τρυε

Σιμιλαρλψ, ος.πατη.ισφιλε ζηεςκς ωηετηερ ιτ'ς α φιλε.

ος.λιστδιρ ρετυρνς α λιστ οφ τηε φιλες (ανδ οτηερ διρεστοριες) ιν τηε γιεν διρεστορψ:

```
''' ος.λιστδιρ(ζωδ)
['μυσις', 'πηοτος', 'μεμο.τζτ']
```

Το δεμονστρατε τηεσε φυνςτιονς, τηε πολλωωινγ εξαμπλε 'ωαλκς' τηρουγη α διρεστορψ, πριντς τηε ναμες οφ αλλ τηε φιλες, ανδ ζαλλς ιτσελφ ρεσυρσιελψ ον αλλ τηε διρεστοριες.

δεφ ωαλκ(διρναμε):

```
φορ ναμε ιν ος.λιστδιρ(διρναμε):
    πατη = ος.πατη.θοιν(διρναμε, ναμε)
```

```
    ιφ ος.πατη.ισφιλε(πατη):
        πριντ πατη
    ελσε:
        ωαλκ(πατη)
```

ος.πατη.θοιν ταχες α διρεστορψ ανδ α φιλε ναμε ανδ θοινς τηεμ ιντο α ζομπλετε πατη.

Εξερσίσε 14.1. Της ος μοδυλε προιδες α φυνςτιον ζαλλεδ ωαλκ τηατ ις σιμιλαρ το της ονε βυτ μορε ερσατιλε. Ρεαδ της δοσυμεντατιον ανδ υσε ιτ το πριντ της ναμες οφ της φιλες ιν α γιεν διρεςτορφ ανδ ιτς συβδιρεςτοριες.

Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον. ζομ/ζοδε/ωαλκ. πψ.*

14.5 ἄτςηινγ εξζεπτιονς

Α λοτ οφ τηινγς ζαν γο ωρονγ ωην ψου τρφ το ρεαδ ανδ ωριτε φιλες. Ιφ ψου τρφ το οπεν α φιλε τηατ δοεσν'τ εξιστ, ψου γετ αν ΙΟΕρρορ:

```
''' φιν = οπεν('βαδ"φιλε')
```

ΙΟΕρρορ: [Ερρνο 2] Νο συζη φιλε ορ διρεςτορφ: 'βαδ"φιλε'

Ιφ ψου δον'τ ηαε περμισσιον το αςζεσς α φιλε:

```
''' φουτ = οπεν('/ετς/πασσωδ', 'ω')
```

ΙΟΕρρορ: [Ερρνο 13] Περμισσιον δενιεδ: '/ετς/πασσωδ'

Ανδ ιφ ψου τρφ το οπεν α διρεςτορφ φορ ρεαδινγ, ψου γετ

```
''' φιν = οπεν('/ηομε')
```

ΙΟΕρρορ: [Ερρνο 21] Ις α διρεςτορφ

Το αιιδ τηςεσε ερρορς, ψου ζουλδ υσε φυνςτιονς λιχε ος.πατη.εξιςτς ανδ ος.πατη.ισφιλε, βυτ ιτ ωουλδ ταχε α λοτ οφ τιμε ανδ ζοδε το ζηεςκ αλλ της ποσσιβιλιτιες (ιφ 'Ερρνο 21' ις ανψ ινδισατιον, τηρερε αρε ατ λεαστ 21 τηινγς τηατ ζαν γο ωρονγ).

Ιτ ις βεττερ το γο αηεαδ ανδ τρφ—ανδ δεαλ ωιτη προβλεμς ιφ τηειψ ηαππεν—ωηιση ις εξαςτλψ ωηατ της τρφ στατεμεντ δοες. Της σψνταζ ις σιμιλαρ το αν ιφ στατεμεντ:

τρψ:

```
φιν = οπεν('βαδ"φιλε')
```

```
φορ λινε ιν φιν:
```

```
    πριντ λινε
```

```
φιν.ζλοσε()
```

εξζεπτ:

```
    πριντ 'Σομετηινγ ωεντ ωρονγ.'
```

Πψτηον σταρτς βψ εξεσυτινγ της τρφ ζλαυσε. Ιφ αλλ γοες ωελλ, ιτ σκιπς της εξζεπτ ζλαυσε ανδ προσεεδς. Ιφ αν εξζεπτιον οςσυρς, ιτ θυμπς ουτ οφ της τρφ ζλαυσε ανδ εξεσυτες της εξζεπτ ζλαυσε.

Ηανδλινγ αν εξζεπτιον ωιτη α τρφ στατεμεντ ις ζαλλεδ ζατςηινγ αν εξζεπτιον. Ιν της εξαμπλε, της εξζεπτ ζλαυσε πριντς αν ερρορ μεσσαγε τηατ ις νοτ ερψ ηελπφυλ. Ιν γενεραλ, ζατςηινγ αν εξζεπτιον γιες ψου α ζηανζε το φιζ της προβλεμ, ορ τρφ αγαιν, ορ ατ λεαστ ενδ της προγραμ γρασεφυλλψ.

Εξερσίσε 14.2. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ σεδ τηατ ταχες ας αργυμεντς α παττερν στρινγ, α ρεπλαζεμεντ στρινγ, ανδ τωο φιλεναμες' ιτ σηουλδ ρεαδ της φιρστ φιλε ανδ ωριτε της ζοντεντς ιντο της σεσονδ φιλε (ζρεατινγ ιτ ιφ νεζεσσαρψ). Ιφ της παττερν στρινγ αππεαρς ανψωηερε ιν της φιλε, ιτ σηουλδ βε ρεπλαζεδ ωιτη της ρεπλαζεμεντ στρινγ.

Ιφ αν ερρορ οςσυρς ωηιλε οπενινγ, ρεαδινγ, ωριτινγ ορ ζλοσινγ φιλες, ψουρ προγραμ σηουλδ ζατςη της εξζεπτιον, πριντ αν ερρορ μεσσαγε, ανδ εξιτ. Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκψτηον. ζομ/ζοδε/σεδ. πψ.*

14.6 Δαταβάσες

Α δαταβάσε ις α φιλε τηατ ις οργανιζεδ φορ στορινγ δατα. Μοστ δαταβάσες αρε οργανιζεδ λικε α διςτιοναρψ ιν τηε σεנסε τηατ τηεψ μαπ φορμ κειψς το αλυες. Τηε βιγγεστ διφφερενζε ις τηατ τηε δαταβάσε ις ον δισκ (ορ οτηερ περμανεντ στοραγε), σο ιτ περσιςτς αφτερ τηε προγραμ ενδς.

Τηε μοδυλε ανψδβμ προιδες αν ιντερφαζε φορ ζρεατινγ ανδ υπδατινγ δαταβάσε φιλες. Ας αν εξαμπλε, Ιλλ ζρεατε α δαταβάσε τηατ ζονταινς ζαπτιονς φορ ιμαγε φιλες.

Οπενινγ α δαταβάσε ις σιμιλαρ το οπενινγ οτηερ φιλες:

```
''' ιμπορτ ανψδβμ
''' δβ = ανψδβμ.οπεν('ζαπτιονς.δβ', 'ς')
```

Τηε μοδε 'ς' μεανς τηατ τηε δαταβάσε σηουλδ βε ζρεατεδ ιφ ιτ δοεσν'τ αλρεαδψ εξιστ. Τηε ρεσυλτ ις α δαταβάσε οβθδετ τηατ ζαν βε υσεδ (φορ μοστ οπερατιονς) λικε α διςτιοναρψ. Ιφ ψου ζρεατε α νεω ιτεμ, ανψδβμ υπδατες τηε δαταβάσε φιλε.

```
''' δβ['ζλεεσε.πνγ'] = 'Πηοτο οφ θοην "λεεσε.'
```

Ωηεν ψου αςζεσεσ ονε οφ τηε ιτεμς, ανψδβμ ρεαδς τηε φιλε:

```
''' πριντ δβ['ζλεεσε.πνγ']
```

Πηοτο οφ θοην "λεεσε.

Ιφ ψου μακε ανοτηερ ασσιγνμεντ το αν εξιστινγ κειψ, ανψδβμ ρεπλαζεσ τηε ολδ αλυε:

```
''' δβ['ζλεεσε.πνγ'] = 'Πηοτο οφ θοην "λεεσε δοινγ α σιλλψ ωαλκ.'
''' πριντ δβ['ζλεεσε.πνγ']
```

Πηοτο οφ θοην "λεεσε δοινγ α σιλλψ ωαλκ.

Μανψ διςτιοναρψ μετηοδς, λικε κειψς ανδ ιτεμς, αλσο ωορκ ωιτη δαταβάσε οβθδετς. Σο δοεσ ιτερατιον ωιτη α φορ στατεμεντ.

φορ κειψ ιν δβ:

```
    πριντ κειψ
```

Ας ωιτη οτηερ φιλες, ψου σηουλδ ζλοσε τηε δαταβάσε ωηεν ψου αρε δονε:

```
''' δβ.ζλοσε()
```

14.7 Πισκλινγ

Α λιμιτατιον οφ ανψδβμ ις τηατ τηε κειψς ανδ αλυες ηαε το βε στρινγς. Ιφ ψου τρψ το υσε ανψ οτηερ τψπε, ψου γετ αν ερρορ.

Τηε πισκλε μοδυλε ζαν ηελπ. Ιτ τρανσλατεσ αλμοστ ανψ τψπε οφ οβθδετ ιντο α στρινγ σуйтаβλε φορ στοραγε ιν α δαταβάσε, ανδ τηεν τρανσλατεσ στρινγς βαζκ ιντο οβθδετς.

πισκλε.δυμπς ταχεσ αν οβθδετ ας α παραμετερ ανδ ρετυρνς α στρινγ ρεπρεσεντατιον (δυμπς ις σηορτ φορ 'δυμπ στρινγ'):

```
''' ιμπορτ πισκλε
''' τ = [1, 2, 3]
''' πισκλε.δυμπς(τ)
'(λπ0~νI1~ναI2~ναI3~να.'
```

Τηε φορματ ισν'τ οβιους το ημμαν ρεαδερς· ιτ ις μεαντ το βε εασψ φορ πισκλε το ιντερπρετ. πισκλε.λοαδς ('λοαδ στρινγ') ρεζονστιτυτεσ τηε οβθδετς:

```

''' τ1 = [1, 2, 3]
''' ζ = πικλε.δυμπο(τ1)
''' τ2 = πικλε.λοαδσ(ζ)
''' πριντ τ2
[1, 2, 3]

```

Αλτρουγή της νεω οβίθεστ ηας της σαμε αλυε ας της ολδ, ιτ ις νοτ (ιν γενεραλ) της σαμε οβίθεστ:

```

''' τ1 == τ2
Τρυε
''' τ1 ις τ2
Φαλσε

```

Ιν οτηερ ωορδς, πικλινγ ανδ την υνπικλινγ ηας της σαμε εφφεστ ας ζοπφινγ της οβίθεστ.

Ψου ζαν υσε πικλε το στορε νον-στρινγς ιν α δαταβασε. Ιν φαστ, της ζομβινατιον ις σο ζομμον τηατ ιτ ηας βεεν ενσαπυλατεδ ιν α μοδυλε ζαλλεδ σηελε.

Εξερσισε 14.3. Ιφ ψου δωωνλοαδ μψ σολυτιον το Εξερσισε 12.4 φρομ *ηττπ://τηικπψτηον.ζομ/ζοδε/αναγραμ"σετς.πψ*, ψου'λλ σεε τηατ ιτ ζρεατες α διςτιοναρψ τηατ μαπς φρομ α σορτεδ στρινγ οφ λεττερς το της λιστ οφ ωορδς τηατ ζαν βε σπελλεδ ωιτη τηοσε λεττερς. Φορ εξαμπλε, όποτ' μαπς το της λιστ [όπτσ', 'ποστ', 'ποτσ', 'σποτ', 'στοπ', 'τοπο'].

Ωριτε α μοδυλε τηατ ιμπορτς αναγραμ"σετς ανδ προιδες τωο νεω φυνςτιονς: στορεδαναγραμς σηουλδ στορε της αναγραμ διςτιοναρψ ιν α 'σηελφ' ρεαδαναγραμς σηουλδ λοοκ υπ α ωορδ ανδ ρετυρν α λιστ οφ ιτς αναγραμς. Σολυτιον: *ηττπ://τηικπψτηον.ζομ/ζοδε/αναγραμ"δβ.πψ*

14.8 Πιπες

Μοστ οπερατινγ σψστεμς προιδε α ζομμανδ-λινε ιντερφαζε, αλσο κνωων ας α σηελλ. Σηελλς υσυαλλψ προιδε ζομμανδς το ναιγατε της φιλε σψστεμ ανδ λαυνζη αππλισατιονς. Φορ εξαμπλε, ιν Υνιζ ψου ζαν ζηανγε διρεςτοριες ωιτη ζδ, διςπλαψ της ζοντεντς οφ α διρεςτορψ ωιτη λς, ανδ λαυνζη α ωεβ βρωωσερ βψ τψπινγ (φορ εξαμπλε) φιρεφοξ.

Ανψ προγραμ τηατ ψου ζαν λαυνζη φρομ της σηελλ ζαν αλσο βε λαυνζηεδ φρομ Πψτηον υσινγ α πιπε. Α πιπε ις αν οβίθεστ τηατ ρεπρεσεντς α ρυννινγ προγραμ.

Φορ εξαμπλε, της Υνιζ ζομμανδ λς -λ νορμαλλψ διςπλαψς της ζοντεντς οφ της ζυρρεντ διρε-στορψ (ιν λονγ φορματ). Ψου ζαν λαυνζη λς ωιτη ος.ποπεν¹:

```

''' ζμδ = 'λς -λ'
''' φπ = ος.ποπεν(ζμδ)

```

Τηε αργυμεντ ις α στρινγ τηατ ζονταινς α σηελλ ζομμανδ. Τηε ρετυρν αλυε ις αν οβίθεστ τηατ βεηας θυστ λιχε αν οπεν φιλε. Ψου ζαν ρεαδ της ουτπυτ φρομ της λς προζεσς ονε λινε ατ α τιμε ωιτη ρεαδλινε ορ γετ της ωηολε τηινγ ατ ονζε ωιτη ρεαδ:

```

''' ρες = φπ.ρεαδ()

```

Ωτηεν ψου αρε δονε, ψου ζλοσε της πιπε λιχε α φιλε:

¹ ποπεν ις δεπρεσατεδ νωω, ωηιζη μεανς ωε αρε συπποσεδ το στοπ υσινγ ιτ ανδ σταρτ υσινγ της συβπροζεσς μοδυλε. Βυτ φορ σιμπλε ζασες, Ι φινδ συβπροζεσς μορε ζομπλιστατεδ τηαν νεζεσσαρψ. Σο Ι αμ γοινγ το κεεπ υσινγ ποπεν υντιλ τηςψ ταχε ιτ αωαψ.

```

''' στατ = φπ.ζλοσε()
''' πριντ στατ
None

```

Τηε ρετυρν αλυσε ις της φιναλ στατυς οφ της λς προσεσς· None μεανς τηατ ιτ ενδεδ νορμαλλιψ (ωιτη νο ερρορς).

Φορ εξαμπλε, μοστ Υνιζ σψστεμς προιδε α ζομμανδ ζαλλεδ μδδσυμ τηατ ρεαδς της ζοντεντς οφ α φιλε ανδ ζομπυτες α 'ζηεσκσυμ.' Ψου ζαν ρεαδ αβουτ ΜΔ5 ατ ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Μδ5. Τηις ζομμανδ προιδεσ αν εφφισιεντ ωαψ το ζηεσκ ωηετηερ τωο φιλες ηαε τηε σαμε ζοντεντς. Τηε προβαβιλιτψ τηατ διφφερεντ ζοντεντς ψιελδ τηε σαμε ζηεσκσυμ ις ερψ σμαλλ (τηατ ις, υνλικελψ το ηαππεν βεφορε τηε υνιερσε ζολλαπσεσ).

Ψου ζαν υσε α πιπε το ρυν μδδσυμ φρομ Πψτηον ανδ γετ τηε ρεσυλτ:

```

''' φιλεναμε = 'βοοκ.τεξ'
''' ζμδ = 'μδδσυμ ' + φιλεναμε
''' φπ = ος.ποπεν(ζμδ)
''' ρεσ = φπ.ρεαδ()
''' στατ = φπ.ζλοσε()
''' πριντ ρεσ
1ε0033φ0εδ0656636δε0δ75144βα32ε0 βοοκ.τεξ
''' πριντ στατ
None

```

None

Εξερσισε 14.4. Ιν α λαργε ζολλεστιον οφ ΜΠ3 φιλες, τηερε μαψ βε μορε τηαν ονε ζοπψ οφ τηε σαμε σονγ, στορεδ ιν διφφερεντ διρεκτοριεσ ορ ωιτη διφφερεντ φιλε ναμεσ. Τηε γοαλ οφ τηις εξερσισε ις το σεαρζη φορ δυπλιζατεσ.

1. Ωριτε α προγραμ τηατ σεαρζηεσ α διρεκτοριψ ανδ αλλ οφ ιτς συβδιρεκτοριεσ, ρεζυρσιελψ, ανδ ρετυρνς α λιστ οφ ζομπλετε πατησ φορ αλλ φιλεσ ωιτη α γιεν συφφιζ (λιχε .μπ3).
Ηιντ: ος.πατη προιδεσ σεεραλ υσεφυλ φυνκσιονσ φορ μανιπυλατινγ φιλε ανδ πατη ναμεσ.
2. Το ρεζογνιζε δυπλιζατεσ, ψου ζαν υσε μδδσυμ το ζομπυτε α 'ζηεσκσυμ' φορ εαση φιλεσ. Ιφ τωο φιλεσ ηαε τηε σαμε ζηεσκσυμ, τηεψ προβαβλιψ ηαε τηε σαμε ζοντεντς.
3. Το δουβλε-ζηεσκ, ψου ζαν υσε τηε Υνιζ ζομμανδ διφφ.

Σολυτιον: ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/φι νδ*δυπλιζατεσ.πψ.

14.9 Ωριτινγ μοδυλες

Ανψ φιλε τηατ ζονταινσ Πψτηον ζοδε ζαν βε ιμπορτεδ ας α μοδυλε. Φορ εξαμπλε, συπποσε ψου ηαε α φιλε ναμεδ ως.πψ ωιτη τηε πολλοωινγ ζοδε:

```

δεφ λινεζουντ(φιλεναμε):
    ζουντ = 0
    φορ λινε ιν οπεν(φιλεναμε):
        ζουντ += 1
    ρετυρν ζουντ

```

```

πριντ λινεζουντ('ως.πψ')

```

Ιφ ψου ρυν της προγραμ, ιτ ρεαδς ιτσελφ ανδ πριντς της νυμπερ οφ λινες ιν της φιλε, ωηις ις 7. Ψου ζαν αλσο ιμπορτ ιτ λικε της:

```
''' ιμπορτ ως
7
```

Νωω ψου ηαε α μοδυλε οβθεζτ ως:

```
''' πριντ ως
'μοδυλε 'ως' φρομ 'ως.πψ' '
```

Τηατ προιδες α φυνςτιον ζαλλεδ λινεζουντ:

```
''' ως.λινεζουντ('ως.πψ')
7
```

Σο τηατ'ς ηωω ψου ωριτε μοδυλες ιν Πψτηον.

Τηε ονλψ προβλεμ ωιτη της εξαμπλε ις τηατ ωην ψου ιμπορτ της μοδυλε ιτ εξεζυτες της τεστ ζοδε ατ της βοττομ. Νορμαλλψ ωην ψου ιμπορτ α μοδυλε, ιτ δεφινες νεω φυνςτιονς βυτ ιτ δοεσν'τ εξεζυτε τηεμ.

Προγραμς τηατ ωιλλ βε ιμπορτεδ ας μοδυλες οφτεν υσε της φολλοωινγ ιδιομ:

```
ιφ ``ναμε`` == ``μαιν``:
    πριντ λινεζουντ('ως.πψ')
```

``ναμε`` ις α βυιλτ-ιν αριαβλε τηατ ις σετ ωην της προγραμ σταρτς. Ιφ της προγραμ ις ρυννινγ ας α σκριπτ, ``ναμε`` ηας της αλυε ``μαιν`` ιν τηατ ζασε, της τεστ ζοδε ις εξεζυτεδ. Οτηρωις, ιφ της μοδυλε ις βεινγ ιμπορτεδ, της τεστ ζοδε ις σκιππεδ.

Εξερσισε 14.5. Τψπε της εξαμπλε ιντο α φιλε ναμεδ ως.πψ ανδ ρυν ιτ ας α σκριπτ. Τηεν ρυν της Πψτηον ιντερπρετερ ανδ ιμπορτ ως. Ωηατ ις της αλυε οφ ``ναμε`` ωην της μοδυλε ις βεινγ ιμπορτεδ;

Ωαρνινγ: Ιφ ψου ιμπορτ α μοδυλε τηατ ηας αλρεαδψ βεεν ιμπορτεδ, Πψτηον δοες νοτηινγ. Ιτ δοες νοτ ρε-ρεαδ της φιλε, εεν ιφ ιτ ηας ζηανγεδ.

Ιφ ψου ωαντ το ρελοαδ α μοδυλε, ψου ζαν υσε της βυιλτ-ιν φυνςτιον ρελοαδ, βυτ ιτ ζαν βε τρικψ, σο της σαφεστ τηινγ το δο ις ρεσταρτ της ιντερπρετερ ανδ τηεν ιμπορτ της μοδυλε αγαιν.

14.10 Δεβυγγινγ

Ωην ψου αρε ρεαδινγ ανδ ωριτινγ φιλες, ψου μιγητ ρυν ιντο προβλεμς ωιτη ωηιτεσπασε. Τηεσε ερρορς ζαν βε ηαρδ το δεβυγ βεζαυσε σπασεζ, ταβς ανδ νεωλινεζ αρε νορμαλλψ ινισιβλε:

```
''' ζ = '1 2τ 3ν 4'
''' πριντ ζ
1 2 3
4
```

Τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον ρεπρ ζαν ηελπ. Ιτ ταχεζ ανψ οβθεζτ ας αν αργυμεντ ανδ ρετυρνς α στρινγ ρεπρεσεντατιον οφ της οβθεζτ. Φορ στρινγς, ιτ ρεπρεσεντς ωηιτεσπασε ζηαραςτερς ωιτη βαζκσλαση σεχυενεζς:

```
''' πριντ ρεπρ(ζ)
'1 2τ 3ν 4'
```


Της ζαν βε ηελπφυλ φορ δεβυγγινγ.

Ονε οτηερ προβλεμ ψου μιγητ ρυν ιντο ις τηατ διφφερεντ σψστεμς υσε διφφερεντ ζηαφαστερς το ινδισατε της ενδ οφ α λινε. Σομε σψστεμς υσε α νεωλινε, ρεπρεσεντεδ Ξν. Οτηερς υσε α ρετυρν ζηαφαστερ, ρεπρεσεντεδ Ξρ. Σομε υσε βοτη. Ιφ ψου μοε φιλες βετωεεν διφφερεντ σψστεμς, τησε ινζονσιςτενσιες μιγητ ζαυσε προβλεμς.

Φορ μοστ σψστεμς, τηρε αρε αππλιςατιονς το ζονερτ φρομ ονε φορματ το ανοτηερ. Ψου ζαν φινδ τηεμ (ανδ ρεαδ μορε αβουτ της ιςσυε) ατ ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Νεωλινε. Ορ, οφ ζουρσε, ψου ζουλδ ωριτε ονε ψουρσελφ.

14.11 Γλοσσαρψ

περσιςτεντ: Περταινινγ το α προγραμ τηατ ρυνς ινδεφινιτελψ ανδ κεεπς ατ λεαστ σομε οφ ιτς δατα ιν περμανεντ στοραγε.

φορματ οπερατορ: Αν οπερατορ, %, τηατ ταχιες α φορματ στρινγ ανδ α τυπλε ανδ γενερατες α στρινγ τηατ ινζλυδες της ελεμεντς οφ της τυπλε φορματτεδ ας σπεσιφιεδ βψ της φορματ στρινγ.

φορματ στρινγ: Α στρινγ, υσεδ ωιτη της φορματ οπερατορ, τηατ ζονταινς φορματ σεχυνεζες.

φορματ σεχυνεζε: Α σεχυνεζε οφ ζηαφαστερς ιν α φορματ στρινγ, λικε %δ, τηατ σπεσιφιες ηω α αλυε σηουλδ βε φορματτεδ.

τεζτ φιλε: Α σεχυνεζε οφ ζηαφαστερς στορεδ ιν περμανεντ στοραγε λικε α ηαρδ δριε.

διρεζτορψ: Α ναμεδ ζολλεςτιον οφ φιλες, αλσο ζαλλεδ α φολδερ.

πατη: Α στρινγ τηατ ιδεντιφιες α φιλε.

ρελατιε πατη: Α πατη τηατ σταρτς φρομ της ζυρρεντ διρεζτορψ.

αβςολυτε πατη: Α πατη τηατ σταρτς φρομ της τοπμοστ διρεζτορψ ιν της φιλε σψστεμ.

ζατςη: Το πρεεντ αν εξεεπτιον φρομ τερμινατινγ α προγραμ υσινγ της τρψ ανδ εξεεπτ στατε-μεντς.

δαταβασε: Α φιλε ωηοσε ζοντεντς αρε οργανιζεδ λικε α διςτιοναρψ ωιτη κεψς τηατ ζορρεσπονδ το αλυεζ.

14.12 Εξερσιςες

Εξερσιςε 14.6. Τηε υρλλιβ μοδυλε προιδες μεττηοδς φορ μανιπυλατινγ ΥΡΛς ανδ δωωνλοαδινγ ινφορματιον φρομ της ωεβ. Τηε φολλοωινγ εξαμπλε δωωνλοαδς ανδ πριντς α σεερετ μεεσαγε φρομ τη ινκπψτηον.ζομ:

ιμπορτ υρλλιβ

ζονν = υρλλιβ.υρλοπεν('ηττπ://τη ινκπψτηον.ζομ/σεερετ.ητμλ')

φορ λινε ιν ζονν:

πριντ λινε.στριπ()

Ρυν της ζοδε ανδ φολλωω της ινστρυςτιονς ψου σεε τηερε. Σολυτιον: ηττπ://τη ινκπψτηον.ζομ/ζοδε/ζιπ^ζοδε.πψ.

Κεφάλαιο 15

“λασσες ανδ οβθεςτς

δδε εξαμπλες φρομ της ζηαπτερ αρε αιλαβλε φρομ ηττπ://τηνκπφτηον.ζομ/ζοδε/Ποιντ1.πψ· σολυτιονς το τηε εξερσιςες αρε αιλαβλε φρομ ηττπ://τηνκπφτηον.ζομ/ζοδε/Ποιντ1” σολν.πψ.

15.1 Υσερ-δεφινεδ τψπες

Ωε ηαε υσεδ μανψ οφ Πψτηον’ς βυιλτ-ιν τψπες· νοω ωε αρε γοινγ το δεφινε α νεω τψπε. Ας αν εξαμπλε, ωε ωιλλ ζρεατε α τψπε ζαλλεδ Ποιντ τηατ ρεπρεσεντς α ποιντ ιν τωο-διμενσιοναλ σπασε.

Ιν μαθηματισαλ νοτατιον, ποιντς αρε οφτεν ωριττεν ιν παρεντησεες ωιτη α ζομμα σεπαρατινγ της ζοορδινατες. Φορ εξαμπλε, $(0,0)$ ρεπρεσεντς της οριγιν, ανδ (x,y) ρεπρεσεντς της ποιντ x υνιτς το της ριγητ ανδ y υνιτς υπ φρομ της οριγιν.

Τηρε αρε σεεραλ ωαψς ωε μιγητ ρεπρεσεντ ποιντς ιν Πψτηον:

- Ωε ζουλδ στορε της ζοορδινατες σεπαρατελψ ιν τωο αριαβλες, ξ ανδ ψ .
- Ωε ζουλδ στορε της ζοορδινατες ας ελεμεντς ιν α λιστ ορ τυπλε.
- Ωε ζουλδ ζρεατε α νεω τψπε το ρεπρεσεντ ποιντς ας οβθεςτς.

“ρεατινγ α νεω τψπε ις (α λιττλε) μορε ζομπλιζατεδ τηαν της οτηερ οπτιονς, βυτ ιτ ηας αδανταγες τηατ ωιλλ βε απαρεντ σοον.

Α υσερ-δεφινεδ τψπε ις αλσο ζαλλεδ α ζλασς. Α ζλασς δεφινιτιον λοοκς λικε της:

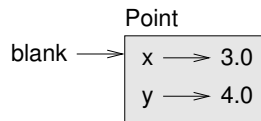
ζλασς Ποιντ(οβθεςτ):

“””Ρεπρεσεντς α ποιντ ιν 2-Δ σπασε.”””

Της ηεαδερ ινδισατες τηατ της νεω ζλασς ις α Ποιντ, ωηιση ις α κινδ οφ οβθεςτς, ωηιση ις α βυιλτ-ιν τψπε.

Τηε βοδψ ις α δοςστρινγ τηατ εξπλαινς ωηατ της ζλασς ις φορ. Ψου ζαν δεφινε αριαβλες ανδ φυνςτιονς ινσιδε α ζλασς δεφινιτιον, βυτ ωε ωιλλ γετ βαςκ το τηατ λατερ.

Δεφινινγ α ζλασς ναμεδ Ποιντ ζρεατες α ζλασς οβθεςτς.



Σχήμα 15.1: Οβθετς διαγραμ.

```

''' πριντ Ποιντ
'ελας '``μαιν``.Ποιντ'

```

Βεαυσε Ποιντ ις δεφινεδ ατ τηε τοπ λεελ, ιτς 'φυλλ ναμε' ις ``μαιν``.Ποιντ.

Τηε ελας οβθετς ις λιχε α φαστορψ φορ ερεατινγ οβθετς. Το ερεατε α Ποιντ, ψου εαλλ Ποιντ ας ιφ ιτ ωερε α ψυνςτιον.

```

''' βλανκ = Ποιντ()
''' πριντ βλανκ
``μαιν``.Ποιντ ινςτανσε ατ 0εβ7ε9δ3ας'

```

Τηε ρετυρν αλυε ις α ρεφερενσε το α Ποιντ οβθετς, ωηις ωε αςσιγν το βλανκ. Ξρεατινγ α νεω οβθετς ις εαλλεδ ινςταντιατιον, ανδ τηε οβθετς ις αν ινςτανσε οφ τηε ελας.

Ωηεν ψου πριντ αν ινςτανσε, Πψτηον τελλς ψου ωηατ ελας ιτ βελονγς το ανδ ωηερε ιτ ις στορεδ ιν μεμορψ (τηε πρεφιζ 0ε μεανς τηατ τηε πολλοωινγ νυμβερ ις ιν ηεξαδεσιμαλ).

15.2 Αττριβυτες

Ψου εαν αςσιγν αλυε το αν ινςτανσε υςινγ δοτ νοτατιον:

```

''' βλανκ.ξ = 3.0
''' βλανκ.ψ = 4.0

```

Τηις σψνταξ ις σιμιλαρ το τηε σψνταξ φορ σελεςτινγ α αριαβλε φρομ α μοδυλε, συςη ας ματη.πι ορ στρινγ.ωηιτεσπασε. Ιν τηις εασε, τηουγη, ωε αρε αςσιγνινγ αλυε το ναμεδ ελεμεντς οφ αν οβθετς. Τηεσε ελεμεντς αρε εαλλεδ αττριβυτες.

Ας α νουν, 'ΑΤ-τριβ-υτε' ις προνουνσεδ ωιτη εμπηασις ον τηε φηρστ σψλλαβλε, ας οπποσεδ το 'α-ΤΡΙΒ-υτε,' ωηις ις α ερβ.

Τηε πολλοωινγ διαγραμ σηοως τηε ρεσυлт οφ τηεσε αςσιγνμεντς. Α στατε διαγραμ τηατ σηοως αν οβθετς ανδ ιτς αττριβυτες ις εαλλεδ αν οβθετς διαγραμ· σεε Φηγυρε 15.1.

Τηε αριαβλε βλανκ ρεφερς το α Ποιντ οβθετς, ωηις εονταινς τωο αττριβυτες. Εαση αττριβυτε ρεφερς το α φλοατινγ-ποιντ νυμβερ.

Ψου εαν ρεαδ τηε αλυε οφ αν αττριβυτε υςινγ τηε σαμε σψνταξ:

```

''' πριντ βλανκ.ψ
4.0
''' ξ = βλανκ.ξ
''' πριντ ξ
3.0

```

Τηε εξπρεσσιον βλανκ.ξ μεανς, 'Το το τηε οβθετς βλανκ ρεφερς το ανδ γετ τηε αλυε οφ ξ.' Ιν τηις εασε, ωε αςσιγν τηατ αλυε το α αριαβλε ναμεδ ξ. Τηερε ις νο εονφλιςτ βετωεεν τηε αριαβλε ξ ανδ τηε αττριβυτε ξ.

Ψου εαν υσε δοτ νοτατιον ας παρτ οφ ανψ εξπρεσσιον. Φορ εξαμπλε:

```

''' πριντ '(%γ, %γ)' % (βλανκ.ξ, βλανκ.ψ)
(3.0, 4.0)
''' διστανζε = ματη.σχρτ(βλανκ.ξ**2 + βλανκ.ψ**2)
''' πριντ διστανζε
5.0

```

Ψου ζαν πασς αν ινστανζε ας αν αργυμεντ ιν τηε υσυαλ ωαψ. Φορ εξαμπλε:

```

δεφ πριντ`ποιντ(π):
    πριντ '(%γ, %γ)' % (π.ξ, π.ψ)

```

πριντ`ποιντ ταχες α ποιντ ας αν αργυμεντ ανδ δισπλαψ ιτ ιν μαθηματισαλ νοτατιον. Το ινοχε ιτ, ψου ζαν πασς βλανκ ας αν αργυμεντ:

```

''' πριντ`ποιντ(βλανκ)
(3.0, 4.0)

```

Ινσιδε τηε φυνςτιον, π ις αν αλιας φορ βλανκ, σο ιφ τηε φυνςτιον μοδιφιες π, βλανκ ζηανγες. Εξερσισε 15.1. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ διστανζε`βετωεεν`ποιντς τηατ ταχες τωο Ποιντς ας αργυμεντς ανδ ρετυρνς τηε διστανζε βετωεεν τηεμ.

15.3 Ρεστανγλες

Σομετιμες ιτ ις οβιους ωηατ τηε αττριβυτες οφ αν οβθεζτ σηνυλδ βε, βυτ οτηερ τιμες ψου ηαε το μαχε δεσισιονς. Φορ εξαμπλε, ιμαγινε ψου αρε δεσιγνινγ α ζλασς το ρεπρεσεντ ρεστανγλες. Ωηατ αττριβυτες ωουλδ ψου υσε το σπεσιφ τηε λοζατιον ανδ σιζε οφ α ρεστανγλε; Ψου ζαν ιγνορε ανγλε· το κεεπ τηηνγς σιμπλε, ασσυμε τηατ τηε ρεστανγλε ις ειτηερ ερτιζαλ ορ ηοριζονταλ.

Τηερε αρε ατ λεαστ τωο ποσσιβιλιτιες:

- Ψου ζουλδ σπεσιφ ονε ζορνερ οφ τηε ρεστανγλε (ορ τηε ζεντερ), τηε ωιδτη, ανδ τηε ηειγητ.
- Ψου ζουλδ σπεσιφ τωο οπποσινγ ζορνερς.

Ατ τηις ποιντ ιτ ις ηαρδ το σαψ ωηετηερ ειτηερ ις βεττερ τηαν τηε οτηερ, σο ωε'λλ ιμπλεμεντ τηε φιρστ ονε, θυστ ας αν εξαμπλε.

Ηερε ις τηε ζλασς δεφινιτιον:

```

ζλασς Ρεστανγλε(οβθεζτ):
    """Ρεπρεσεντς α ρεστανγλε.

```

```

    αττριβυτες: ωιδτη, ηειγητ, ζορνερ.
    ...

```

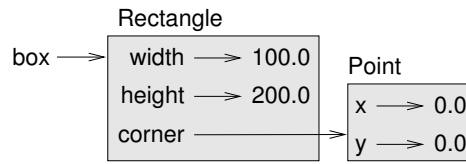
Τηε δοστρινγ λιστς τηε αττριβυτες: ωιδτη ανδ ηειγητ αρε νυμβερς· ζορνερ ις α Ποιντ οβθεζτ τηατ σπεσιφιες τηε λωερ-λεφτ ζορνερ.

Το ρεπρεσεντ α ρεστανγλε, ψου ηαε το ινσταντιατε α Ρεστανγλε οβθεζτ ανδ ασσιγν αλυες το τηε αττριβυτες:

```

βοξ = Ρεστανγλε()
βοξ.ωιδτη = 100.0
βοξ.ηειγητ = 200.0

```



Σχήμα 15.2: Οβθετς διαγραμ.

```

βοξ.ζορνερ = Ποιντ()
βοξ.ζορνερ.ξ = 0.0
βοξ.ζορνερ.ψ = 0.0

```

Της εξπρεσσιον βοξ.ζορνερ.ξ μεανς, ‘Γο το της οβθετς βοξ ρεφερς το ανδ σελεστ της αττρι-
βυτε ναμεδ ζορνερ’ την γο το τηατ οβθετς ανδ σελεστ της αττριβυτε ναμεδ ξ.’

Φιγυρε 15.2 σηοως της στατε οφ της οβθετς. Αν οβθετς τηατ ις αν αττριβυτε οφ ανοτηερ
οβθετς ις εμβεδδεδ.

15.4 Ινστανζεσ ας ρετυρν αλυες

Φυνςτιονς ζαν ρετυρν ινστανζεσ. Φορ εξαμπλε, φινδ“ζεντερ ταχεσ α Ρεστανγλε ας αν αργυ-
μεντ ανδ ρετυρνς α Ποιντ τηατ ζονταινς της ζοορδινατεσ οφ της ζεντερ οφ της Ρεστανγλε:

```

δεφ φινδ“ζεντερ(ρεστ):
    π = Ποιντ()
    π.ξ = ρεστ.ζορνερ.ξ + ρεστ.ωιδτη/2.0
    π.ψ = ρεστ.ζορνερ.ψ + ρεστ.ηειγητ/2.0
    ρετυρν π

```

Ηερε ις αν εξαμπλε τηατ πασσεσ βοξ ας αν αργυμεντ ανδ ασιγνς της ρεσυλτινγ Ποιντ το
ζεντερ:

```

... ζεντερ = φινδ“ζεντερ(βοξ)
... πριντ“ποιντ(ζεντερ)
(50.0, 100.0)

```

15.5 Οβθετς αρε μυταβλε

Ψου ζαν ζηανγε της στατε οφ αν οβθετς βψ μακινγ αν ασιγνμεντ το ονε οφ ιτς αττριβυτεσ.
Φορ εξαμπλε, το ζηανγε της σιζε οφ α ρεστανγλε ωιτηουτ ζηανγινγ ιτς ποσιτιον, ψου ζαν μοδιψ
της αλυες οφ ωιδτη ανδ ηειγητ:

```

βοξ.ωιδτη = βοξ.ωιδτη + 50
βοξ.ηειγητ = βοξ.ωιδτη + 100

```

Ψου ζαν αλσο ωριτε φυνςτιονς τηατ μοδιψ οβθετς. Φορ εξαμπλε, γρωω“ρεστανγλε ταχεσ α
Ρεστανγλε οβθετς ανδ τωο νυμβερεσ, δωιδτη ανδ δειγητ, ανδ αδδς της νυμβερεσ το της ωιδτη
ανδ ηειγητ οφ της ρεστανγλε:

```

δεφ γρωω“ρεστανγλε(ρεστ, δωιδτη, δειγητ):
    ρεστ.ωιδτη += δωιδτη
    ρεστ.ηειγητ += δειγητ

```

Here ις αν εξαμπλε τηατ δεμονστρατες της εφφερετ:

```
''' πριντ βοξ.ωιδτη
100.0
''' πριντ βοξ.ηειγητ
200.0
''' γρω~ρεστανγλε(βοξ, 50, 100)
''' πριντ βοξ.ωιδτη
150.0
''' πριντ βοξ.ηειγητ
300.0
```

Ινσιδε της φυνςτιον, ρεστ ις αν αλιας φορ βοξ, σο ιφ της φυνςτιον μοδιφιες ρεστ, βοξ ζηανγες. Εξερσισε 15.2. Ωριτε α φυνςτιον ναμεδ μοε~ρεστανγλε τηατ τακες α Ρεστανγλε ανδ τωο νυμβερς ναμεδ δξ ανδ δψ. Ιτ σηουλδ ζηανγε της λοσατιον οφ της ρεστανγλε βψ αδδινγ δξ το της ξ ζοορδινате οφ ζορνερ ανδ αδδινγ δψ το της ψ ζοορδινате οφ ζορνερ.

15.6 δπψινγ

Αλιασινγ ζαν μακε α προγραμ διφφιζυλτ το ρεαδ βεζαυσε ζηανγες ιν ονε πλαζε μιγητ ηαε υνεξπεστεδ εφφερετς ιν ανοτηερ πλαζε. Ιτ ις ηαρδ το κεεπ τραςκ οφ αλλ της αριαβλες τηατ μιγητ ρεφερ το α γιεν οβθεστ.

δπψινγ αν οβθεστ ις οφτεν αν αλτερνατιε το αλιασινγ. Τηε ζοψ μοδυλε ζονταινς α φυνςτιον ζαλλεδ ζοψ τηατ ζαν δυπλιζατε ανψ οβθεστ:

```
''' π1 = Ποιντ()
''' π1.ξ = 3.0
''' π1.ψ = 4.0

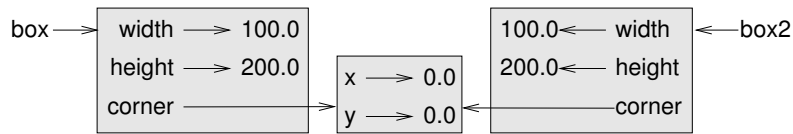
''' ιμπορτ ζοψ
''' π2 = ζοψ.ζοψ(π1)
```

π1 ανδ π2 ζονταιν της σαμε δατα, βυτ τηςψ αρε νοτ της σαμε Ποιντ.

```
''' πριντ~ποιντ(π1)
(3.0, 4.0)
''' πριντ~ποιντ(π2)
(3.0, 4.0)
''' π1 ις π2
Φαλσε
''' π1 == π2
Φαλσε
```

Τηε ις οπερατορ ινδισατες τηατ π1 ανδ π2 αρε νοτ της σαμε οβθεστ, ωηις ις ωηατ ωε εξπεστεδ. Βυτ ψου μιγητ ηαε εξπεστεδ == το ψιελδ Τρυε βεζαυσε τηςσε ποιντς ζονταιν της σαμε δατα. Ιν τηατ ζασε, ψου ωιλλ βε διασποιντεδ το λεαρν τηατ φορ ινστανζες, της δεφαυλτ βεηαιορ οφ της == οπερατορ ις της σαμε ας της ις οπερατορ· ιτ ζηεσκς οβθεστ ιδεντιτψ, νοτ οβθεστ εχυιαλενσε. Τηις βεηαιορ ζαν βε ζηανγεδ—ωελλ σεε ηωω λατερ.

Ιφ ψου υσε ζοψ.ζοψ το δυπλιζατε α Ρεστανγλε, ψου ωιλλ φινδ τηατ ιτ ζοπιες της Ρεστανγλε οβθεστ βυτ νοτ της εμβεδδεδ Ποιντ.



Σχήμα 15.3: Οβθετς διαγραμ.

```

''' βοξ2 = ζοπψ.ζοπψ(βοξ)
''' βοξ2 ις βοξ
Φαλσε
''' βοξ2.ζορνερ ις βοξ.ζορνερ

```

Τρυε

Φιγυρε 15.3 σηνως ωηατ της οβθετς διαγραμ λοοκς λικε. Της οπερατιον ις ζαλλεδ α σηναλλω ζοπψ βεζαυσε ιτ ζοπιες της οβθετς ανδ ανψ ρεφερενζες ιτ ζονταινς, βυτ νοτ της εμβεδδεδ οβθετς.

Φορ μοστ αππλιεατιονς, της ις νοτ ωηατ ψου ωαντ. Ιν της εξαμπλε, ινοκινγ γρω΄ρεςτανγλε ον ονε οφ της Ρεζτανγλες ωουλδ νοτ αφφεζτ της οτηερ, βυτ ινοκινγ μοε΄ρεςτανγλε ον ειτηερ ωουλδ αφφεζτ βοτη! Της βεηαιορ ις ζονφυσινγ ανδ ερρορ-προνε.

Φορτυνατελψ, της ζοπψ μοδυλε ζονταινς α μετηοδ ναμεδ δεεπζοπψ τηατ ζοπιες νοτ ονλψ της οβθετς βυτ αλσο της οβθετς ιτ ρεφερς το, ανδ της οβθετς τηςψ ρεφερ το, ανδ σο ον. Ψου ωιλλ νοτ βε συρπρισεδ το λεαρν τηατ της οπερατιον ις ζαλλεδ α δεεπ ζοπψ.

```

''' βοξ3 = ζοπψ.δεεπζοπψ(βοξ)
''' βοξ3 ις βοξ
Φαλσε
''' βοξ3.ζορνερ ις βοξ.ζορνερ

```

Φαλσε

βοξ3 ανδ βοξ αρε ζομπλετελψ σεπαρατε οβθετς.

Εξερσιε 15.3. Ωριτε α ερσιον οφ μοε΄ρεςτανγλε τηατ ζρεατες ανδ ρετυρνς α νεω Ρεζτανγλε ινστεαδ οφ μοδιφψινγ της ολδ ονε.

15.7 Δεβυγγινγ

Ωην ψου σταρτ ωορκινγ ωιτη οβθετς, ψου αρε λικελψ το ενζουντερ σομε νεω εξεπτειονς. Ιφ ψου τρψ το αςεες αν αττριβυτε τηατ δοεσν΄τ εξιστ, ψου γετ αν ΑττριβυτεError:

```

''' π = Ποιντ()
''' πριντ π.ζ

```

ΑττριβυτεError: Ποιντ ινστανζε ηας νο αττριβυτε 'ζ'

Ιφ ψου αρε νοτ συρε ωηατ τψπε αν οβθετς ις, ψου ζαν ασχ:

```

''' τψπε(π)
'τψπε '΄΄μαιν΄΄.Ποιντ'΄

```

Ιφ ψου αρε νοτ συρε ωηετηερ αν οβθετς ηας α παρτιεζυλαρ αττριβυτε, ψου ζαν υσε της βυιλτ-ιν φυνεσιον ηασαττρ:

```

''' ηασαττρ(π, 'ξ')

```

Τρυε

```

''' ηασαττρ(π, 'ζ')

```

Φαλσε

Τη φIRST αργυμεντ ζαν βε ανψ οβθεστ· τηε σεζονδ αργυμεντ ις α στρινγ τηατ ζονταινς τηε ναμε οφ τηε αττριβυτε.

15.8 Γλωσσάρψ

ζλασς: Α υπερ-δεφινεδ τψπε. Α ζλασς δεφινιτιον ζρεατες α νεω ζλασς οβθεστ.

ζλασς οβθεστ: Αν οβθεστ τηατ ζονταινς ινφορματιον αβουτ α υπερ-δεφινεδ τψπε. Τηε ζλασς οβθεστ ζαν βε υσεδ το ζρεατε ινστανζες οφ τηε τψπε.

ινστανζε: Αν οβθεστ τηατ βελονγς το α ζλασς.

αττριβυτε: Ονε οφ τηε ναμεδ αλυες ασσοζιατεδ ωιτη αν οβθεστ.

εμβεδδεδ (οβθεστ): Αν οβθεστ τηατ ις στορεδ ας αν αττριβυτε οφ ανοτηερ οβθεστ.

σηαλλω ζοψ: Το ζοψ τηε ζοντεντς οφ αν οβθεστ, ινζλυδινγ ανψ ρεφερενζες το εμβεδδεδ οβθεστς· ιμπλεμεντεδ βψ τηε ζοψ ψυνζτιον ιν τηε ζοψ μοδυλε.

δεεπ ζοψ: Το ζοψ τηε ζοντεντς οφ αν οβθεστ ας ωελλ ας ανψ εμβεδδεδ οβθεστς, ανδ ανψ οβθεστς εμβεδδεδ ιν τηεμ, ανδ σο ον· ιμπλεμεντεδ βψ τηε δεεπζοψ ψυνζτιον ιν τηε ζοψ μοδυλε.

οβθεστ διαγραμ: Α διαγραμ τηατ σηωας οβθεστς, τηειρ αττριβυτες, ανδ τηε αλυες οφ τηε αττριβυτες.

15.9 Εξερσιςες

Εξερσιςε 15.4. Σωαμψ (σεε ηαπτερ 4) προιδες α μοδυλε ναμεδ Ωορλδ, ωηιζη δεφινες α υπερ-δεφινεδ τψπε αλσο ζαλλεδ Ωορλδ. Ψου ζαν ιμπορτ ιτ λικε τηις:

```
φρομ σωαμψ.Ωορλδ ιμπορτ Ωορλδ
```

Ορ, δεπενδινγ ον ηρω ψου ινσταλλεδ Σωαμψ, λικε τηις:

```
φρομ Ωορλδ ιμπορτ Ωορλδ
```

Τηε πολλωινγ ζοδε ζρεατες α Ωορλδ οβθεστ ανδ ζαλλς τηε μαινλοοπ μετηροδ, ωηιζη ωαιτς φορ τηε υσερ.

```
ωορλδ = Ωορλδ()
```

```
ωορλδ.μαινλοοπ()
```

Α ωινδω σηουλδ αππεαρ ωιτη α τιτλε βαρ ανδ αν εμπτψ σχυαρε. Ωε ωιλλ υσε τηις ωινδωω το δρωω Ποιντς, Ρεζτανγλες ανδ οτηερ σηαπες. Αδδ τηε πολλωινγ λινες βεφορε ζαλλινγ μαινλοοπ ανδ ρυν τηε προγραμ αγαιν.

```
ζανας = ωορλδ.ζα(ωιδτη=500, ηειγητ=500, βαζκγρουνδ='ωηιτε')
```

```
ββοξ = [[-150,-100], [150, 100]]
```

```
ζανας.ρεζτανγλε(ββοξ, ουτλινε='βλαζκ', ωιδτη=2, φιλλ='γρεεν4')
```

Ψου σηουλδ σεε α γρεεν ρεζτανγλε ωιτη α βλαζκ ουτλινε. Τηε φIRST λινε ζρεατες α άνας, ωηιζη αππεαρς ιν τηε ωινδωω ας α ωηιτε σχυαρε. Τηε άνας οβθεστ προιδες μετηροδς λικε ρεζτανγλε φορ δρωωινγ αριους σηαπες.

βοξ ις α λιστ οφ λιστς τηατ ρεπρεσεντς τηε 'βουνδινγ βοξ' οφ τηε ρεστανγλε. Τηε φιστ παρ οφ ζοορδινατες ις τηε λοωερ-λεφτ ζορνερ οφ τηε ρεστανγλε· τηε σεζονδ παρ ις τηε υπερ-ριγητ ζορνερ.

Ψου ζαν δρω α ζιρςλε λικε τηις:

ζανας.ζιρςλε([-25,0], 70, ουτλινε=None, φιλλ='ρεδ')

Τηε φιστ παραμετερ ις τηε ζοορδινατε παρ φορ τηε ζεντερ οφ τηε ζιρςλε· τηε σεζονδ παραμετερ ις τηε ραδιυς.

Ιφ ψου αδδ τηις λινε το τηε προγραμ, τηε ρεσυλτ σηνυλδ ρεσεμβλε τηε νατιοναλ φλαγ οφ Βαν-γλαδεση (σεε [ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Γαλλερψ](http://en.wikipedia.org/wiki/Gaλλερψ) οφ "σοερειγν-στατε" φλαγς).

1. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ δρω "ρεστανγλε τηατ ταχες α ανας ανδ α Ρεστανγλε ας αργυμεντς ανδ δρωαζ α ρεπρεσεντατιον οφ τηε Ρεστανγλε ον τηε ανας.
2. Αδδ αν αττριβυτε ναμεδ ζολορ το ψουρ Ρεστανγλε οβθεσς ανδ μοδιψ δρω "ρεστανγλε σο τηατ ιτ υσες τηε ζολορ αττριβυτε ας τηε φιλλ ζολορ.
3. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ δρω "ποιντ τηατ ταχες α ανας ανδ α Ποιντ ας αργυμεντς ανδ δρωαζ α ρεπρεσεντατιον οφ τηε Ποιντ ον τηε ανας.
4. Δεφινε α νεω ζλασσ ζαλλεδ ιρςλε ωιτη αππροπριατε αττριβυτες ανδ ινσταντιατε α φεω ιρςλε οβθεσς. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ δρω "ζιρςλε τηατ δρωαζ ζιρςλες ον τηε ζανας.
5. Ωριτε α προγραμ τηατ δρωαζ τηε νατιοναλ φλαγ οφ τηε ΄ζεση Ρεπυβλις. Ηιντ: ψου ζαν δρω α πολψγον λικε τηις:

ποιντς = [[-150,-100], [150, 100], [150, -100]]

ζανας.πολψγον(ποιντς, φιλλ='βλυε')

Ι ηαε ωριττεν α σμαλλ προγραμ τηατ λιστς τηε αιλαβλε ζολορς· ψου ζαν δωνλοαδ ιτ φρομ [ηττπ://τηινκπςτηον.ζομ/ζοδε/ζολορ](http://τηινκπςτηον.ζομ/ζοδε/ζολορ) λιστ. πψ.

Κεφάλαιο 16

“λασσες ανδ φυνςτιονς

δδε εξαμπλες φρομ της ζηαπτερ αρε αιιαβλε φρομ ηττπ://τηνκπψτην.ζομ/ζοδε/Τιμε1.πψ.

16.1 Τιμε

Ας ανοττερ εξαμπλε οφ α υσερ-δεφινεδ τψπε, ωελλ δεφινε α ζλαςς ζαλλεδ Τιμε τηατ ρεζορδς της τιμε οφ δαψ. Τηε ζλαςς δεφινιτιον λοοκς λικε της:

ζλαςς Τιμε(οβθεζτ):

"""Ρεπρεσεντς τηε τιμε οφ δαψ.

αττριβυτες: ηουρ, μινυτε, σεζονδ
...,

Οε ζαν ζρεατε α νεω Τιμε οβθεζτ ανδ αςσιγν αττριβυτες φορ ηουρς, μινυτες, ανδ σεζονδς:

τιμε = Τιμε()

τιμε.ηουρ = 11

τιμε.μινυτε = 59

τιμε.σεζονδ = 30

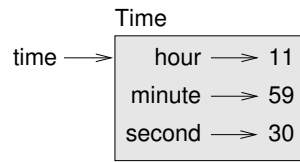
Τηε στατε διαγραμ φορ της Τιμε οβθεζτ λοοκς λικε Φιγυρε 16.1.

Εξερσισε 16.1. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ πριντ τιμε τηατ ταχες α Τιμε οβθεζτ ανδ πριντς ιτ ιν της φορμ ηουρ:μινυτε:σεζονδ. Ηιντ: της φορματ σεχυενςε '%.2δ' πριντς αν ιντεγερ υσινγ ατ λεαστ τωο διγιτς, ινςλυδινγ α λεαδινγ ζερο ιφ νεζεσσαρψ.

Εξερσισε 16.2. Ωριτε α βοολεαν φυνςτιον ζαλλεδ ισαφτερ τηατ ταχες τωο Τιμε οβθεζτς, τ1 ανδ τ2, ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ τ1 πολλοως τ2 ζηρονολογικαλλψ ανδ Φαλσε οτηερωισε. ηαλλενγε: δον'τ υσε αν ιφ στατεμεντ.

16.2 Πυρε φυνςτιονς

Ιν της νεζιτ φεω σεζτιονς, ωελλ ωριτε τωο φυνςτιονς τηατ αδδ τιμε αλυες. Τηεψ δεμονστρατε τωο κινδς οφ φυνςτιονς: πυρε φυνςτιονς ανδ μοδιφιερς. Τηεψ αλσο δεμονστρατε α δεελοπμεντ



Σχήμα 16.1: Οβθεστ διαγραμ.

πλαν Γλλ ζαλλ προτοτψπε ανδ πατση, ωηςη ις α ωαψ οφ ταςχλινγ α ζομπλεζ προβλεμ βψ σταρτινγ ωιτη α σιμπλε προτοτψπε ανδ ινςρεμενταλψ δεαλινγ ωιτη της ζομπλςατιονς.

Ηερε ις α σιμπλε προτοτψπε οφ αδδ^τιμε:

```

δεφ αδδ^τιμε(τ1, τ2):
    συμ = Τιμε()
    συμ.ηουρ = τ1.ηουρ + τ2.ηουρ
    συμ.μινυτε = τ1.μινυτε + τ2.μινυτε
    συμ.σεζονδ = τ1.σεζονδ + τ2.σεζονδ
    ρετυρν συμ
  
```

Της φυνςτιον ζρεατες α νεω Τιμε οβθεστ, ινιτιαλζις ις αττριβυτες, ανδ ρετυρνς α ρεφερενςε το της νεω οβθεστ. Της ις ζαλλεδ α πυρε φυνςτιον βεζαυσε ιτ δοες νοτ μοδιψ ανψ οφ της οβθεστς πασσεδ το ιτ ας αργυμεντς ανδ ιτ ηας νο εφφεστ, λικε διςπλαψινγ α αλυε ορ γεττινγ υσερ ινπυτ, οτηερ τηαν ρετυρνινγ α αλυε.

Το τεστ της φυνςτιον, Γλλ ζρεατε two Τιμε οβθεστς: σταρτ ζονταινς της σταρτ τιμε οφ α μοιε, λικε Μοντψ Πψτηον ανδ της Ηολψ Γραιλ, ανδ δυρατιον ζονταινς της ρυν τιμε οφ της μοιε, ωηςη ις ονε ηουρ 35 μινυτες.

αδδ^τιμε φιγυρες ουτ ωην της μοιε ωιλλ βε δονε.

```

''' σταρτ = Τιμε()
''' σταρτ.ηουρ = 9
''' σταρτ.μινυτε = 45
''' σταρτ.σεζονδ = 0

''' δυρατιον = Τιμε()
''' δυρατιον.ηουρ = 1
''' δυρατιον.μινυτε = 35
''' δυρατιον.σεζονδ = 0

''' δονε = αδδ^τιμε(σταρτ, δυρατιον)
''' πριντ^τιμε(δονε)
10:80:00
  
```

Της ρεσυлт, 10:80:00 μιγηт νοτ βε ωηατ ψου ωερε ηοπινγ φορ. Της προβλεμ ις τηατ της φυνςτιον δοες νοτ δεαλ ωιτη ζασες ωηερε της νυμβερ οφ σεζονδς ορ μινυτες αδδς υπ το μορε τηαν σιζτψ. Ωην τηατ ηαппενς, ωε ηαε το 'ζαρρψ' της εξτρα σεζονδς ιντο της μινυτε ζολυμν ορ της εξτρα μινυτες ιντο της ηουρ ζολυμν.

Ηερε'ς αν ιμπροεδ ερσιον:

```

δεφ αδδ^τιμε(τ1, τ2):
    συμ = Τιμε()
    συμ.ηουρ = τ1.ηουρ + τ2.ηουρ
  
```

```

συμ.μινυτε = τ1.μινυτε + τ2.μινυτε
συμ.σεσονδ = τ1.σεσονδ + τ2.σεσονδ

```

```

ιφ συμ.σεσονδ ' = 60:
    συμ.σεσονδ -= 60
    συμ.μινυτε += 1

```

```

ιφ συμ.μινυτε ' = 60:
    συμ.μινυτε -= 60
    συμ.ηουρ += 1

```

```

ρετυρν συμ

```

Αλτηουγη της φυνςτιον ις ζορρεστ, ιτ ις σταρτινγ το γετ βιγ. Ωε ωιλλ σεε α σηορτερ αλτερνατιε λατερ.

16.3 Μοδιφιερς

Σομετιμες ιτ ις υσεφυλ φορ α φυνςτιον το μοδιψ της οβθετς ιτ γετς ας παραμετερς. Ιν τηατ ζασε, της ζηανγες αρε ισιβλε το της ζαλλερ. Φυνςτιονς τηατ ωορκ της ωαψ αρε ζαλλεδ μοδιφιερς.

ινςρεμεντ, ωηικη αδδς α γιεν νυμβερ οφ σεσονδς το α Τιμε οβθετς, ζαν βε ωριπτεν νατυραλλιψ ας α μοδιφιερ. Ηερε ις α ρουγη δραφτ:

```

δεφ ινςρεμεντ(τιμε, σεσονδς):
    τιμε.σεσονδ += σεσονδς

```

```

ιφ τιμε.σεσονδ ' = 60:
    τιμε.σεσονδ -= 60
    τιμε.μινυτε += 1

```

```

ιφ τιμε.μινυτε ' = 60:
    τιμε.μινυτε -= 60
    τιμε.ηουρ += 1

```

Τηε φιρστ λινε περφορμς της βασικς οπερατιον· της ρεμαινδερ δεαλς ωιτη της σπεσιαλ ζασες ωε σαω βεφορε.

Ις της φυνςτιον ζορρεστ; Ωηατ ηαππενς ιφ της παραμετερ σεσονδς ις μυση γρεατερ τηαν σιζτψ;

Ιν τηατ ζασε, ιτ ις νοτ ενουγη το ζαρρψ ονζε· ωε ηαε το κεεπ δοινγ ιτ υντιλ τιμε.σεσονδ ις λεσς τηαν σιζτψ. Ονε σολυτιον ις το ρεπλαζε της ιφ στατεμεντς ωιτη ωηιλε στατεμεντς. Τηατ ωουλδ μακε της φυνςτιον ζορρεστ, βυτ νοτ ερψ εφφικιεντ.

Εξερσισε 16.3. Ωριτε α ζορρεστ ερσιον οφ ινςρεμεντ τηατ δοεσν'τ ζονταιν ανψ λοοπς.

Ανψτηνγ τηατ ζαν βε δονε ωιτη μοδιφιερς ζαν αλσο βε δονε ωιτη πυρε φυνςτιονς. Ιν φαστ, σομε προγραμμιγγ λανγυαγες ονλψ αλλοω πυρε φυνςτιονς. Τηερε ις σομε ειδενζε τηατ προγραμς τηατ υσε πυρε φυνςτιονς αρε φαστερ το δεελοπ ανδ λεσς ερρορ-προνε τηαν προγραμς τηατ υσε μοδιφιερς. Βυτ μοδιφιερς αρε ζονενιεντ ατ τιμες, ανδ φυνςτιοναλ προγραμς τεנד το βε λεσς εφφικιεντ.

Ιν γενεραλ, Ι ρεζομμενδ τηατ φου ωριτε πυρε φυνςτιονς ωηενεερ ιτ ις ρεασοναβλε ανδ ρεσορτ το μοδιφιερς ονλψ ιφ τηερε ις α ζομπελλινγ αδανταγε. Τηις αππροαση μιγητ βε ζαλλεδ α φυνςτιοναλ προγραμμινγ σπψλε.

Εξερσισε 16.4. Ωριτε α ‘πυρε’ ερσιον οφ ινςρεμεντ τηατ ζρεατες ανδ ρετυρνς α νεω Τιμε οβθεςτ ρατηερ τηαν μοδιψινγ τηε παραμετερ.

16.4 Προτοτψπινγ ερςυς πλαννινγ

Τηε δεελοπμεντ πλαν Ι αμ δεμονστρατινγ ις ζαλλεδ ‘προτοτψπε ανδ πατση.’ Φορ εαση φυνςτιον, Ι ωροτε α προτοτψπε τηατ περφορμεδ τηε βασις ζαλζυλατιον ανδ τηεν τεστεδ ιτ, πατσηινγ ερρορς αλονγ τηε ωαψ.

Τηις αππροαση ζαν βε εφφεστιε, εσπεζιαλλψ ιφ φου δον’τ ψετ ηαε α δεεπ υνδερστανδινγ οφ τηε προβλεμ. Βυτ ινςρεμενταλ ζορρεστιονς ζαν γενερατε ζοδε τηατ ις υννεζεσσαριλψ ζομπλιζατεδ—σινζε ιτ δεαλς ωιτη μανψ σπεζιαλ ζασεσ—ανδ υνρελιαβλε—σινζε ιτ ις ηαρδ το κνωω ιφ φου ηαε φουνδ αλλ τηε ερρορς.

Αν αλτερνατιε ις πλαννεδ δεελοπμεντ, ιν ωηιση ηιγη-λεελ ινσιγητ ιντο τηε προβλεμ ζαν μαχε τηε προγραμμινγ μυση εασιερ. Ιν τηις ζασε, τηε ινσιγητ ις τηατ α Τιμε οβθεςτ ις ρεαλλψ α τηρεε-διγιτ νυμβερ ιν βασε 60 (σεε <http://en.wikipedia.org/wiki/Σεξαγεσιμαλ>).! Τηε σεζονδ αττριβυτε ις τηε ‘ονες ζολουμν,’ τηε μινυτε αττριβυτε ις τηε ‘σιζτιεζ ζολουμν,’ ανδ τηε ηουρ αττριβυτε ις τηε ‘τηιρτψ-σιζ ηυνδρεδς ζολουμν.’

Ωηεν ωε ωροτε αδδ`τιμε ανδ ινςρεμεντ, ωε ωερε εφφεστιελψ δοινγ αδδιτιον ιν βασε 60, ωηιση ις ωηψ ωε ηαδ το ζαρρψ φρομ ονε ζολουμν το τηε νεζτ.

Τηις οβσερατιον συγγεστς ανοτηερ αππροαση το τηε ωηολε προβλεμ—ωε ζαν ζονερτ Τιμε οβθεςτς το ιντεγερς ανδ ταχε αδανταγε οφ τηε φαστ τηατ τηε ζομπυτερ κνωως ηωω το δο ιντεγερ αριτημετις.

Ηερε ις α φυνςτιον τηατ ζονερτς Τιμες το ιντεγερς:

```
δεφ τιμε`τοϊντ(τιμε):
```

```
    μινυτες = τιμε.ηουρ * 60 + τιμε.μινυτε
    σεζονδς = μινυτες * 60 + τιμε.σεζονδ
    ρετυρν σεζονδς
```

Ανδ ηερε ις τηε φυνςτιον τηατ ζονερτς ιντεγερς το Τιμες (ρεζαλλ τηατ διμοδ διιδες τηε φιρστ αργυμεντ βψ τηε σεζονδ ανδ ρετυρνς τηε χυοτιεντ ανδ ρεμαινδερ ας α τυπλε).

```
δεφ ιντ`το`τιμε(σεζονδς):
```

```
    τιμε = Τιμε()
    μινυτες, τιμε.σεζονδ = διμοδ(σεζονδς, 60)
    τιμε.ηουρ, τιμε.μινυτε = διμοδ(μινυτες, 60)
    ρετυρν τιμε
```

Ψου μιγητ ηαε το τηιηκ α βιτ, ανδ ρυν σομε τεστς, το ζονινζε φουρσελφ τηατ τηεσε φυνςτιονς αρε ζορρεστ. Ονε ωαψ το τεστ τηεμ ις το ζηεσκ τηατ τιμε`τοϊντ(ιντ`το`τιμε(ξ) == ξ φορ μανψ αλυεζ οφ ξ. Τηις ις αν εξαμπε οφ α ζονσιςτενςψ ζηεσκ.

Ονε ψου αρε ζονινζεδ τηεψ αρε ζορρεστ, ψου ζαν υσε τηεμ το ρεωριτε αδδ`τιμε:

```
δεφ αδδ`τιμε(τ1, τ2):
```

```
    σεζονδς = τιμε`τοϊντ(τ1) + τιμε`τοϊντ(τ2)
    ρετυρν ιντ`το`τιμε(σεζονδς)
```

Της ερσιον ις σηορτερ τηαν της οριγιναλ, ανδ εασιερ το εριψ.

Εξερσισε 16.5. Ρεωριτε ινζρεμεντ υσινγ τιμε"τοϊντ ανδ ιντ"το"τιμε.

Ιν σομε ωαψς, ζονερτινγ φρομ βασε 60 το βασε 10 ανδ βασκ ις ηαρδερ τηαν θυστ δεαλινγ ωιτη τιμες. Βασε ζονερσιον ις μορε αβστρακτ· ουρ ιντυιτιον φορ δεαλινγ ωιτη τιμε αλυες ις βεττερ.

Βυτ ιφ ωε ηαε της ινσιγητ το τρεατ τιμες ας βασε 60 νυμβερς ανδ μακε της ινεστμεντ οφ ωριτινγ της ζονερσιον φυνςτιονς (τιμε"τοϊντ ανδ ιντ"το"τιμε), ωε γετ α προγραμ τηατ ις σηορτερ, εασιερ το ρεαδ ανδ δεβυγ, ανδ μορε ρελιαβλε.

Ιτ ις αλσο εασιερ το αδδ φεατυρες λατερ. Φορ εξαμπλε, ιμαγινε συβτραστινγ τωο Τιμες το φινδ της δυρατιον βετωεεν τηεμ. Τηε ναιε αππροαση ωουλδ βε το ιμπλεμεντ συβτραστιον ωιτη βορροωινγ. Υσινγ της ζονερσιον φυνςτιονς ωουλδ βε εασιερ ανδ μορε λικελψ το βε ζορρεστ.

Ιρονιζαλλψ, σομετιμες μακινγ α προβλεμ ηαρδερ (ορ μορε γενεραλ) μακες ιτ εασιερ (βεζαυσε τηερε αρε φεωερ σπεσιαλ ζασες ανδ φεωερ οππορτυνιτιες φορ ερρορ).

16.5 Δεβυγγινγ

Α Τιμε οβθεστ ις ωελλ-φορμεδ ιφ της αλυες οφ μινυτε ανδ σεζονδ αρε βετωεεν 0 ανδ 60 (ινςλυδινγ 0 βυτ νοτ 60) ανδ ιφ ηουρ ις ποσιτιε. ηουρ ανδ μινυτε σηουλδ βε ιντεγραλ αλυες, βυτ ωε μιγητ αλλοω σεζονδ το ηαε α φραστιον παρτ.

Ρεχυιρεμεντς λικε τηεσε αρε ζαλλεδ ιναριαντς βεζαυσε τηεψ σηουλδ αλωαψς βε τρυε. Το πυτ ιτ α διφφερεντ ωαψ, ιφ τηεψ αρε νοτ τρυε, τηεν σομετηινγ ηας γονε ωροινγ.

Ωριτινγ ζοδε το ζηεσκ ψουρ ιναριαντς ζαν ηελπ ψου δετεστ ερρορς ανδ φινδ τηειρ ζαυσες. Φορ εξαμπλε, ψου μιγητ ηαε α φυνςτιον λικε αλιδ"τιμε τηατ ταχες α Τιμε οβθεστ ανδ ρετυρνς φαλσε ιφ ιτ ιολατες αν ιναριαντ:

δεφ αλιδ"τιμε(τιμε):

ιφ τιμε.ηουρ ' 0 ορ τιμε.μινυτε ' 0 ορ τιμε.σεζονδ ' 0:

ρετυρν φαλσε

ιφ τιμε.μινυτε '= 60 ορ τιμε.σεζονδ '= 60:

ρετυρν φαλσε

ρετυρν Τρυε

Τηεν ατ της βεγιννινγ οφ εαση φυνςτιον ψου ζουλδ ζηεσκ της αργυμεντς το μακε συρε τηεψ αρε αλιδ:

δεφ αδδ"τιμε(τ1, τ2):

ιφ νοτ αλιδ"τιμε(τ1) ορ νοτ αλιδ"τιμε(τ2):

ραισε ελυεΕρρορ, 'ιναλιδ Τιμε οβθεστ ιν αδδ"τιμε'

σεζονδς = τιμε"τοϊντ(τ1) + τιμε"τοϊντ(τ2)

ρετυρν ιντ"το"τιμε(σεζονδς)

Ορ ψου ζουλδ υσε αν ασσερτ στατεμεντ, ωηικη ζηεσκς α γιεν ιναριαντ ανδ ραισες αν εξζεπτιον ιφ ιτ φαιλς:

δεφ αδδ"τιμε(τ1, τ2):

ασσερτ αλιδ"τιμε(τ1) ανδ αλιδ"τιμε(τ2)

σεζονδς = τιμε"τοϊντ(τ1) + τιμε"τοϊντ(τ2)

ρετυρν ιντ"το"τιμε(σεζονδς)

ασσερτ στατεμεντς αρε υσεφυλ βεζαυσε τηεψ διστινγυιση ζοδε τηατ δεαλς ωιτη νορμαλ ζονδι-τιονς φρομ ζοδε τηατ ζηεσκς φορ ερρορς.

16.6 Γλοσσαρψ

προτοτψπε ανδ πατςη: Α δεελοπμεντ πλαν τηατ ινολες ωριτινγ α ρουγη δραφτ οφ α προγραμ, τεστινγ, ανδ ζορρεστινγ ερρορς ας τηεψ αρε φουνδ.

πλαννεδ δεελοπμεντ: Α δεελοπμεντ πλαν τηατ ινολες ηιγη-λεελ ινσιγητ ιντο της προβλεμ ανδ μορε πλαννινγ τηαν ινςρεμενταλ δεελοπμεντ ορ προτοτψπε δεελοπμεντ.

πυρε φυνςτιον: Α φυνςτιον τηατ δοες νοτ μοδιφψ ανψ οφ της οβθεςτς ιτ ρεζειες ας αργυμεντς. Μοστ πυρε φυνςτιονς αρε φρουιτφυλ.

μοδιφιερ: Α φυνςτιον τηατ ζηανγες ονε ορ μορε οφ της οβθεςτς ιτ ρεζειες ας αργυμεντς. Μοστ μοδιφιερς αρε φρουιτλεςς.

φυνςτιοναλ προγραμμινγ στψλε: Α στψλε οφ προγραμ δεσιγν ιν ωηιςη της μαθοριτψ οφ φυνςτιονς αρε πυρε.

ιναριαντ: Α ζονδιτιον τηατ σηουλδ αλωαψς βε τρυε δυρινγ της εξεζυτιον οφ α προγραμ.

16.7 Εξερςιςες

δδε εξαμπλες φρομ της ζηαπτερ αρε αιλαβλε φρομ ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/Τιμε1. πψ· σολυτιονς το τηςε εξερςιςες αρε αιλαβλε φρομ ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε/Τιμε1" σολν. πψ.

Εξερςισε 16.6. Ωριτε α φυνςτιον ζαλλεδ μυλ"τιμε τηατ τακες α Τιμε οβθεςτ ανδ α νυμβερ ανδ ρετυρνς α νεω Τιμε οβθεςτ τηατ ζονταις της προδυςτ οφ της οριγιναλ Τιμε ανδ της νυμβερ.

Τηεν υσε μυλ"τιμε το ωριτε α φυνςτιον τηατ τακες α Τιμε οβθεςτ τηατ ρεπρεσεντς της φινιςτηνγ τιμε ιν α ραζε, ανδ α νυμβερ τηατ ρεπρεσεντς της διςτανζε, ανδ ρετυρνς α Τιμε οβθεςτ τηατ ρεπρεσεντς της αεραγε παζε (τιμε περ μιλε).

Εξερςισε 16.7. Τηε δατετιμε μοδυλε προιδες δατε ανδ τιμε οβθεςτς τηατ αρε σιμιλαρ το της Δατε ανδ Τιμε οβθεςτς ιν της ζηαπτερ, βυτ τηεψ προιδε α ριςη σετ οφ μετηοδς ανδ οπερατορς.

Ρεαδ της δοςυμεντατιον ατ ηττπ://δοςς. πψτηον. οργ/2/λιβραρψ/δατετιμε. ητμλ.

1. Υσε της δατετιμε μοδυλε το ωριτε α προγραμ τηατ γετς της ζυρρεντ δατε ανδ πριντς της δαψ οφ της ωεεχ.
2. Ωριτε α προγραμ τηατ τακες α βιρτηδαψ ας ινπυτ ανδ πριντς της υσερ'ς αγε ανδ της νυμβερ οφ δαψς, ηουρς, μινυτες ανδ σεζονδς υντιλ τηειρ νεζτ βιρτηδαψ.
3. Φορ τωο πεοπλε βορν ον διφφερεντ δαψς, τηερε ις α δαψ ωηεν ονε ις τωιςε ας ολδ ας της οτηερ. Τηατ'ς τηειρ Δουβλε Δαψ. Ωριτε α προγραμ τηατ τακες τωο βιρτηδαψς ανδ ζομπυτες τηειρ Δουβλε Δαψ.
4. Φορ α λιττλε μορε ζηαλλενγε, ωριτε της μορε γενεραλ ερσιον τηατ ζομπυτες της δαψ ωηεν ονε περσον ις n τιμες ολδερ τηαν της οτηερ.

Κεφάλαιο 17

“λассες ανδ μετηοδς

οδε εξαμπλες φρομ της ζηαπτερ αρε αιιαβλε φρομ ηττπ://τηινκπφτηον.ζομ/ζοδε/Τιμε2.πψ.

17.1 Οβθεστ-οριεντεδ φεατυρες

Πψτηον ις αν οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ λανγυαγε, ωηιση μεανς τηατ ιτ προιδες φεατυρες τηατ συμπορτ οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ.

Ιτ ις νοτ εασψ το δεφινε οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ, βυτ ωε ηαε αλρεαδψ σεεν σομε οφ ιτς ζηαχαστεριστις:

- Προγραμς αρε μαδε υπ οφ οβθεστ δεφινιτιονς ανδ φυνςτιον δεφινιτιονς, ανδ μοστ οφ τηε ζομπυτατιον ις εξπρεσσεδ ιν τερμς οφ οπερατιονς ον οβθεστς.
- Εαση οβθεστ δεφινιτιον ζορρεσπονδς το σομε οβθεστ ορ ζονζεπτ ιν τηε ρεαλ ωορλδ, ανδ τηε φυνςτιονς τηατ οπερατε ον τηατ οβθεστ ζορρεσπονδ το τηε ωαψς ρεαλ-ωορλδ οβθεστς ιντεραστ.

Φορ εξαμπλε, τηε Τιμε ζλαςς δεφινεδ ιν ηαπτερ 16 ζορρεσπονδς το τηε ωαψ πεοπλε ρεζορδ τηε τιμε οφ δαψ, ανδ τηε φυνςτιονς ωε δεφινεδ ζορρεσπονδ το τηε κινδς οφ τηινγς πεοπλε δο ωιτη τιμες. Σιμιλαρλψ, τηε Ποιντ ανδ Ρεζτανγλε ζλαςςες ζορρεσπονδ το τηε ματηματιςαλ ζονζεπτς οφ α ποιντ ανδ α ρεζτανγλε.

Σο φαρ, ωε ηαε νοτ ταχεν αδανταγε οφ τηε φεατυρες Πψτηον προιδες το συμπορτ οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ. Τηεσε φεατυρες αρε νοτ στριςτλψ νεζεσσαρψ· μοστ οφ τηεμ προιδε αλτερνατιε σψνταξ φορ τηινγς ωε ηαε αλρεαδψ δονε. Βυτ ιν μανψ ζαςσες, τηε αλτερνατιε ις μορε ζονζισε ανδ μορε αςζυρατελψ ζονεψς τηε στρυκτυρε οφ τηε προγραμ.

Φορ εξαμπλε, ιν τηε Τιμε προγραμ, τηερε ις νο οβιους ζοννεςτιον βετωεεν τηε ζλαςς δεφινιτιον ανδ τηε φυνςτιον δεφινιτιονς τηατ φολλοω. Ωιτη σομε εξαμινατιον, ιτ ις αππαρεντ τηατ εερψ φυνςτιον ταχες ατ λεαστ ονε Τιμε οβθεστ ας αν αργυμεντ.

Τηις οβσερατιον ις τηε μοτιατιον φορ μετηοδς· α μετηοδ ις α φυνςτιον τηατ ις αςσοσιατεδ ωιτη α παρτιςυλαρ ζλαςς. Ωε ηαε σεεν μετηοδς φορ στρινγς, λιστς, διςτιοναριες ανδ τυπλες. Ιν τηις ζηαπτερ, ωε ωιλλ δεφινε μετηοδς φορ υσερ-δεφινεδ τψπες.

Μετηοδς αρε σεμαντιςαλλψ τηε σαμε ας φυνςτιονς, βυτ τηερε αρε τωο σψνταξτις διφφερενςες:

- Μετηοδς αρε δεφινεδ ινσιδε α ζλασσς δεφινιτιον ιν ορδερ το μακε της ρελατιονσηιπ βετωεεν της ζλασσς ανδ της μετηοδς εξπλιςιτ.
- Της σψνταζ φορ ινοκινγ α μετηοδ ις διφφερεντ φορμ της σψνταζ φορ ζαλλινγ α φυνςτιον.

Ιν της νεζτ φεω σεςτιονς, ωε ωιλλ τακε της φυνςτιονς φορμ της πρειους τωο ζηαπτερς ανδ τρανςφορμ τηεμ ιντο μετηοδς. Της τρανςφορματιον ις πυρελψ μεςηανιςαλ· ψου ζαν δο ιτ σιμπλψ βψ φολλωινγ α σεχυενςε οφ στεπς. Ιφ ψου αρε ζομφορταβλε ζονερτινγ φορμ ονε φορμ το ανοτηερ, ψου ωιλλ βε αβλε το ζηοοσε της βεστ φορμ φορ ωηατεερ ψου αρε δοινγ.

17.2 Πριντινγ οβθεςτς

Ιν ηαπτερ 16, ωε δεφινεδ α ζλασσς ναμεδ Τιμε ανδ ιν Εξερςισε 16.1, ψου ωροτε α φυνςτιον ναμεδ πριντ`τιμε:

ζλασσς Τιμε(οβθεςτ):

```
"""Ρεπρεσεντς της τιμε οφ δαψ."""
```

δεφ πριντ`τιμε(τιμε):

```
    πριντ '%.2δ:%.2δ:%.2δ' % (τιμε.ηουρ, τιμε.μινυτε, τιμε.σεςονδ)
```

Το ζαλλ της φυνςτιον, ψου ηε το πασσς α Τιμε οβθεςτ ας αν αργυμεντ:

```
''' σταρτ = Τιμε()
    σταρτ.ηουρ = 9
    σταρτ.μινυτε = 45
    σταρτ.σεςονδ = 00
    πριντ`τιμε(σταρτ)
```

09:45:00

Το μακε πριντ`τιμε α μετηοδ, αλλ ωε ηε το δο ις μοε της φυνςτιον δεφινιτιον ινσιδε της ζλασσς δεφινιτιον. Νοτιςε της ζηανγες ιν ινδεντατιον.

ζλασσς Τιμε(οβθεςτ):

```
    δεφ πριντ`τιμε(τιμε):
```

```
        πριντ '%.2δ:%.2δ:%.2δ' % (τιμε.ηουρ, τιμε.μινυτε, τιμε.σεςονδ)
```

Νωω τηερε αρε τωο ωαψς το ζαλλ πριντ`τιμε. Της φιρστ (ανδ λεσσς ζομμον) ωαψ ις το υσε φυνςτιον σψνταζ:

```
''' Τιμε.πριντ`τιμε(σταρτ)
```

09:45:00

Ιν της υσε οφ δοτ νοτατιον, Τιμε ις της ναμε οφ της ζλασσς, ανδ πριντ`τιμε ις της ναμε οφ της μετηοδς. σταρτ ις πασσσεδ ας α παραμετερ.

Της σεςονδ (ανδ μορε ζονςισε) ωαψ ις το υσε μετηοδς σψνταζ:

```
''' σταρτ.πριντ`τιμε()
```

09:45:00

Ιν της υσε οφ δοτ νοτατιον, πριντ`τιμε ις της ναμε οφ της μετηοδς (αγαιν), ανδ σταρτ ις της οβθεςτς της μετηοδς ις ινοκεδ ον, ωηις ις ζαλλεδ της συβθεςτς. Θυστ ας της συβθεςτς οφ α σεντενςε ις ωηατ της σεντενςε ις αβουτ, της συβθεςτς οφ α μετηοδς ινοζατιον ις ωηατ της μετηοδς ις αβουτ.

Ινσιδε της μετηοδς, της συβθεςτς ις ασσιγνεδ το της φιρστ παραμετερ, σο ιν της ζασε σταρτ ις ασσιγνεδ το τιμε.

Βψ ζονεντιον, τηε φIRST παραμετερ οφ α μετηοδ ις ζαλλεδ σελφ, σο ιτ ωουλδ βε μορε ζομμον το ωριτε πριντ`τιμε λικε της:

ζλας Τιμε(οβθεστ):

δεφ πριντ`τιμε(σελφ):

 πριντ '%.2δ:%.2δ:%.2δ' % (σελφ.ηουρ, σελφ.μινυτε, σελφ.σεζονδ)

Τηε ρεασον φορ της ζονεντιον ις αν ιμπλιςιτ μεταπηορ:

- Τηε σφνταζ φορ α φυνςτιον ζαλλ, πριντ`τιμε(σταρτ), συγγεστς τηατ τηε φυνςτιον ις τηε αςτιε αγεντ. Ιτ σαψς σομετηιγ λικε, 'Ηεψ πριντ`τιμε! Ηερε΄ς αν οβθεστ φορ ψου το πριντ.'
- Ιν οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ, τηε οβθεστς αρε τηε αςτιε αγεντς. Α μετηοδ ινοζατιον λικε σταρτ.πριντ`τιμε() σαψς 'Ηεψ σταρτ! Πλεασε πριντ ψουρσελφ.'

Τηις ζηανγε ιν περσπεκτιε μιγητ βε μορε πολιτε, βυτ ιτ ις νοτ οβιους τηατ ιτ ις υσεφυλ. Ιν τηε εξαμπλες ωε ηαε σεεν σο φαρ, ιτ μαψ νοτ βε. Βυτ σομετιμες σηιφτινγ ρεσπονσιβιλιτψ φρομ τηε φυνςτιονς οντο τηε οβθεστς μαχες ιτ ποσσιβλε το ωριτε μορε ερσατιλε φυνςτιονς, ανδ μαχες ιτ εασιερ το μαινταιν ανδ ρευσε ζοδε.

Εξερσιζε 17.1. Ρεωριτε τιμε`τοϊντ (φρομ Σεζτιον 16.4) ας α μετηοδ. Ιτ ις προβαβλψ νοτ αππροπριατε το ρεωριτε ιντ`το`τιμε ας α μετηοδ· ωηατ οβθεστ ψου ωουλδ ινοχε ιτ ον;

17.3 Ανοτρηρ εξαμπλε

Ηερε΄ς α ερσιον οφ ινζρεμεντ (φρομ Σεζτιον 16.3) ρεωριττεν ας α μετηοδ:

^ ινσιδε ζλας Τιμε:

 δεφ ινζρεμεντ(σελφ, σεζονδς):

 σεζονδς += σελφ.τιμε`τοϊντ()

 ρετυρν ιντ`το`τιμε(σεζονδς)

Τηις ερσιον ασσυμες τηατ τιμε`τοϊντ ις ωριττεν ας α μετηοδ, ας ιν Εξερσιζε 17.1. Αλσο, νοτε τηατ ιτ ις α πυρε φυνςτιον, νοτ α μοδιφιερ.

Ηερε΄ς ηωω ψου ωουλδ ινοχε ινζρεμεντ:

''' σταρτ.πριντ`τιμε()

09:45:00

''' ενδ = σταρτ.ινζρεμεντ(1337)

''' ενδ.πριντ`τιμε()

10:07:17

Τηε συβθεστ, σταρτ, γετς ασσιγνεδ το τηε φIRST παραμετερ, σελφ. Τηε αργυμεντ, 1337, γετς ασσιγνεδ το τηε σεζονδ παραμετερ, σεζονδς.

Τηις μεςηανισμ ζαν βε ζονφυσινγ, εσπεσιαλλψ ιφ ψου μαχε αν ερρορ. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου ινοχε ινζρεμεντ ωιτη τωο αργυμεντς, ψου γετ:

''' ενδ = σταρτ.ινζρεμεντ(1337, 460)

ΤψπεΕρρορ: ινζρεμεντ() τακες εξαςτλψ 2 αργυμεντς (3 γιεν)

Τηε ερρορ μεσσαγε ις ινιτιαλλψ ζονφυσινγ, βεζαυσε τηερε αρε ονλψ τωο αργυμεντς ιν παρεν- τηεσες. Βυτ τηε συβθεστ ις αλσο ζονσιδερεδ αν αργυμεντ, σο αλλ τογετηερ τηατ'ς τηρεε.

17.4 Α μορε ζομπλισταεδ εζαμπλε

ισαφτερ (φρομ Εξερσισε 16.2) ις σλιγητλψ μορε ζομπλισταεδ βεζαυσε ιτ ταχες τωο Τιμε οβθε-
ςτς ας παραμετερς. Ιν της εσσε ιτ ις ζονεντιοναλ το ναμε της φιστ παραμετερ σελφ ανδ της
σεζονδ παραμετερ οτηερ:

* ινσιδε ελασσς Τιμε:

```
δεφ ισαφτερ(σελφ, οτηερ):
    ρετυρν σελφ.τιμε`τοϊντ() * οτηερ.τιμε`τοϊντ()
```

Το υσε της μετηοδ, ψου ηε το ινοκε ιτ ον ονε οβθεστ ανδ πασσς της οτηερ ας αν αργυμεντ:

```
''' ενδ.ισαφτερ(σταρτ)
```

Τρυε

Ονε νιζε τηνγ αβουτ της σψνταξ ις τηατ ιτ αλμοστ ρεαδς λιχε Ενγλιση: 'ενδ ις αφτερ σταρτ;'

17.5 Της ινιτ μετηοδ

Της ινιτ μετηοδ (σηορτ φορ 'ινιτιαλιζατιον') ις α σπεσιαλ μετηοδ τηατ γετς ινοκεδ ωην αν
οβθεστ ις ισταντιατεδ. Ιτς φυλλ ναμε ις "ινιτ" (τωο υνδερςορε ζηαραστερς, πολλοωεδ βψ
ινιτ, ανδ τηεν τωο μορε υνδερςορες). Αν ινιτ μετηοδ φορ της Τιμε ελασσς μιγητ λοοκ λιχε
της:

* ινσιδε ελασσς Τιμε:

```
δεφ "ινιτ" (σελφ, ηουρ=0, μινυτε=0, σεζονδ=0):
    σελφ.ηουρ = ηουρ
    σελφ.μινυτε = μινυτε
    σελφ.σεζονδ = σεζονδ
```

Ιτ ις ζομμον φορ της παραμετερς οφ "ινιτ" το ηε της σαμε ναμες ας της αττριβυτες. Της
στατεμεντ

```
σελφ.ηουρ = ηουρ
```

στορες της αλυε οφ της παραμετερ ηουρ ας αν αττριβυτε οφ σελφ.

Της παραμετερς αρε οπτιοναλ, σο ιφ ψου εαλλ Τιμε ωιτη νο αργυμεντς, ψου γετ της δεφαυλτ
αλυες.

```
''' τιμε = Τιμε()
''' τιμε.πριντ`τιμε()
00:00:00
```

Ιφ ψου προιδε ονε αργυμεντ, ιτ οερριδε ηουρ:

```
''' τιμε = Τιμε (9)
''' τιμε.πριντ`τιμε()
09:00:00
```

Ιφ ψου προιδε τωο αργυμεντς, τηςψ οερριδε ηουρ ανδ μινυτε.

```
''' τιμε = Τιμε(9, 45)
''' τιμε.πριντ`τιμε()
09:45:00
```

Ανδ ιφ ψου προιδε τηρεε αργυμεντς, τηςψ οερριδε αλλ τηρεε δεφαυλτ αλυες.

Εξερσισε 17.2. Ωριτε αν ινιτ μετηοδ φορ της Ποιντ ελασσς τηατ ταχες Ξ ανδ ψ ας οπτιοναλ
παραμετερς ανδ ασιγνς τηεμ το της ζορρεσπονδινγ αττριβυτες.

17.6 Της __στρ__ μετηοδ

`__στρ__` ις α σπεσιαλ μετηοδ, λικε `__ινιτ__`, τηατ ις συπποσεδ το ρετυρν α στρινγ ρεπρεσεν-
τατιον οφ αν οβθεετς.

Φορ εξαμπλε, ηερε ις α στρ μετηοδ φορ Τιμε οβθεετς:

```
^ ινσιδε ελας Τιμε:
```

```
δεφ __στρ__(σελφ):
    ρετυρν '%.2δ:%.2δ:%.2δ' % (σελφ.ηουρ, σελφ.μινυτε, σελφ.σεεονδ)
```

Ωην φου πριντ αν οβθεετς, Πψτηον ινοκεε της στρ μετηοδ:

```
''' τιμε = Τιμε(9, 45)
''' πριντ τιμε
09:45:00
```

Ωην Ι ωριτε α νεω ελας, Ι αλμοστ αλωαψεε σταρτ βψ ωριτινγ `__ινιτ__`, ωηιξη μαχεε ιτ εασιερ
το ινσταντιατε οβθεετς, ανδ `__στρ__`, ωηιξη ις υσεφυλ φορ δεβυγγινγ.
Εξερσιε 17.3. Ωριτε α στρ μετηοδ φορ της Ποιντ ελας. ΄ρεατε α Ποιντ οβθεετ ανδ πριντ ιτ.

17.7 Οπερατορ οερλοαδινγ

Βψ δεφινινγ οτηερ σπεσιαλ μετηοδεε, φου εαν σπεσιψ της βεηαιορ οφ οπερατορεε ον υσερ-δεφινεδ
τψπεε. Φορ εξαμπλε, ιφ φου δεφινε α μετηοδ ναμεδ `__αδδ__` φορ της Τιμε ελας, φου εαν υσε
της + οπερατορ ον Τιμε οβθεετς.

Ηερε ις ωηατ της δεφινιτιον μιγητ λοοκ λικε:

```
^ ινσιδε ελας Τιμε:
```

```
δεφ __αδδ__(σελφ, οτηερ):
    σεεονδεε = σελφ.τιμε__τοϊντ() + οτηερ.τιμε__τοϊντ()
    ρετυρν ιντ__το__τιμε(σεεονδεε)
```

Ανδ ηερε ις ηρω φου εουλδ υσε ιτ:

```
''' σταρτ = Τιμε(9, 45)
''' δυρατιον = Τιμε(1, 35)
''' πριντ σταρτ + δυρατιον
11:20:00
```

Ωην φου αππλψ της + οπερατορ το Τιμε οβθεετς, Πψτηον ινοκεε `__αδδ__`. Ωην φου πριντ της
ρεεουλτ, Πψτηον ινοκεε `__στρ__`. Στο τηερε ις χυιτε α λοτ ηαππενινγ βεηινδ της σεενεεε!

ηανγινγ της βεηαιορ οφ αν οπερατορ σο τηατ ιτ ωορχεε ωιτη υσερ-δεφινεδ τψπεε ις εαλλεδ
οπερατορ οερλοαδινγ. Φορ εερψ οπερατορ ιν Πψτηον τηερε ις α εορρεεπονδινγ σπεσιαλ μετηοδ,
λικε `__αδδ__`. Φορ μορε δεταιλεε, σεε ηττπ://δοεε.πψτηον.οργ/2/ρεφερενεε/δαταμοδεε.
ητμλ__σπεειαλναμεεε.

Εξερσιε 17.4. Ωριτε αν αδδ μετηοδ φορ της Ποιντ ελας.

17.8 Τψηπε-βασεδ δισπατςη

Ιν τηε πρειονς σεστιον ωε αδδεδ τωο Τιμε οβθεετς, βυτ ψου αλσο μιγητ ωαντ το αδδ αν ιντεγερ το α Τιμε οβθεετς. Τηε πολλοωινγ ις α ερσιον οφ ``αδδ`` τηατ ςηεςκς τηε τψηπε οφ οτηερ ανδ ινοκες ειτηερ αδδ`τιμε ορ ινςρεμεντ:

· ινσιδε ςλαςς Τιμε:

```
δεφ ``αδδ``(σελφ, οτηερ):
    ιφ ισινστανςε(οτηερ, Τιμε):
        ρετυρν σελφ.αδδ`τιμε(οτηερ)
    ελσε:
        ρετυρν σελφ.ινςρεμεντ(οτηερ)
```

```
δεφ αδδ`τιμε(σελφ, οτηερ):
    σεσονδς = σελφ.τιμε`τοϊντ() + οτηερ.τιμε`τοϊντ()
    ρετυρν ιντ`το`τιμε(σεσονδς)
```

```
δεφ ινςρεμεντ(σελφ, σεσονδς):
    σεσονδς += σελφ.τιμε`τοϊντ()
    ρετυρν ιντ`το`τιμε(σεσονδς)
```

Τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον ισινστανςε τακες α αλγε ανδ α ςλαςς οβθεετς, ανδ ρετυρνς Τρυε ιφ τηε αλγε ις αν ινστανςε οφ τηε ςλαςς.

Ιφ οτηερ ις α Τιμε οβθεετς, ``αδδ`` ινοκες αδδ`τιμε. Οτηερωιςε ιτ ασσυμες τηατ τηε παραμετερ ις α νυμβερ ανδ ινοκες ινςρεμεντ. Τηις οπερατιον ις ςαλλεδ α τψηπε-βασεδ δισπατςη βεςαυσε ιτ δισπατςης τηε ςομπυτατιον το διφφερεντ μετηροδς βασεδ ον τηε τψηπε οφ τηε αργυμεντς.

Ηερε αρε εξαμπλες τηατ υσε τηε + οπερατορ ωιτη διφφερεντ τψηπες:

```
''' σταρτ = Τιμε(9, 45)
''' δυρατιον = Τιμε(1, 35)
''' πριντ σταρτ + δυρατιον
11:20:00
''' πριντ σταρτ + 1337
10:07:17
```

Υνφορτυνατελψ, τηις ιμπλεμεντατιον οφ αδδιτιον ις νοτ ςομμυτατιε. Ιφ τηε ιντεγερ ις τηε φιρστ οπερανδ, ψου γετ

```
''' πριντ 1337 + σταρτ
```

ΤψηπεError: υνσυμπορτεδ οπερανδ τψηπε(ς) φορ +: 'ιντ' ανδ 'ινστανςε'

Τηε προβλεμ ις, ινστεαδ οφ ασκινγ τηε Τιμε οβθεετς το αδδ αν ιντεγερ, Πψητηον ις ασκινγ αν ιντεγερ το αδδ α Τιμε οβθεετς, ανδ ιτ δοεσν'τ κνωω ηωω το δο τηατ. Βυτ τηερε ις α ςλεερ σολυτιον φορ τηις προβλεμ: τηε σπεςιαλ μετηροδ ```ραδδ```, ωηιςη στανδς φορ 'ριγητ-σιδε αδδ.' Τηις μετηροδ ις ινοκεδ ωηεν α Τιμε οβθεετς αππεαρς ον τηε ριγητ σιδε οφ τηε + οπερατορ. Ηερε'ς τηε δεφινιτιον:

· ινσιδε ςλαςς Τιμε:

```
δεφ ```ραδδ``(σελφ, οτηερ):
    ρετυρν σελφ.``αδδ``(οτηερ)
```

Ανδ ηερε'ς ηωω ιτ'ς υσεδ:

```
''' πριντ 1337 + στάρτ
```

```
10:07:17
```

Εξερξισε 17.5. Ωριτε αν αδδ μετηοδ φορ Ποιντς τηατ ωορκς ωιτη ειτηερ α Ποιντ οβθεζτ ορ α τυπλε:

- Ιφ τηε σεσονδ οπερανδ ις α Ποιντ, τηε μετηοδ σηνουλδ ρετυρν α νεω Ποιντ ωηοσε x ζοορδινατε ις τηε συμ οφ τηε x ζοορδινατες οφ τηε οπερανδς, ανδ λιχεωισε φορ τηε y ζοορδινατες.
- Ιφ τηε σεσονδ οπερανδ ις α τυπλε, τηε μετηοδ σηνουλδ αδδ τηε φιρστ ελεμεντ οφ τηε τυπλε το τηε x ζοορδινατε ανδ τηε σεσονδ ελεμεντ το τηε y ζοορδινατε, ανδ ρετυρν α νεω Ποιντ ωιτη τηε ρεσυлт.

17.9 Πολυμορφισμ

Τψπε-βασεδ διςπατση ις υσεφυλ ωην ιτ ις νεζεσσαρψ, βυτ (φορτυνατελψ) ιτ ις νοτ αλωαψς νεζεσσαρψ. Οφτεν ψου ζαν αοιδ ιτ βψ ωριτινγ φυνςτιονς τηατ ωορκ ζοορεζτλψ φορ αργυμεντς ωιτη διφφερεντ τψπες.

Μανψ οφ τηε φυνςτιονς ωε ωροτε φορ στρινγς ωιλλ αςτυαλλψ ωορκ φορ ανψ κινδ οφ σεχυενζε. Φορ εξαμπλε, ιν Σεκτιον 11.1 ωε υσεδ ηιςτογραμ το ζουντ τηε νυμβερ οφ τιμες εαση λεττερ απεαρς ιν α ωορδ.

δεφ ηιςτογραμ(ς):

```
δ = διςτ()
```

```
φορ ζ ιν ζ:
```

```
ιφ ζ νοτ ιν δ:
```

```
δ[ζ] = 1
```

```
ελσε:
```

```
δ[ζ] = δ[ζ]+1
```

```
ρετυρν δ
```

Της φυνςτιον αλσο ωορκς φορ λιστς, τυπλες, ανδ εεν διςτιοναριες, ας λονγ ας τηε ελεμεντς οφ ζ αρε ηασηαβλε, σο τηεψ ζαν βε υσεδ ας κειψ ιν δ.

```
''' τ = ['σπαμ', 'εγγ', 'σπαμ', 'σπαμ', 'βαςον', 'σπαμ']
```

```
''' ηιςτογραμ(τ)
```

```
«'βαςον': 1, 'εγγ': 1, 'σπαμ': 4»
```

Φυνςτιονς τηατ ζαν ωορκ ωιτη σεεραλ τψπες αρε ζαλλεδ πολψμορφης. Πολψμορφισμ ζαν φαζιλιτατε ζοδε ρευσε. Φορ εξαμπλε, τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον συμ, ωηιζη αδδς τηε ελεμεντς οφ α σεχυενζε, ωορκς ας λονγ ας τηε ελεμεντς οφ τηε σεχυενζε συππορτ αδδιτιον.

Σινζε Τιμε οβθεζτς προιδε αν αδδ μετηοδ, τηεψ ωορκ ωιτη συμ:

```
''' τ1 = Τιμε(7, 43)
```

```
''' τ2 = Τιμε(7, 41)
```

```
''' τ3 = Τιμε(7, 37)
```

```
''' τοταλ = συμ([τ1, τ2, τ3])
```

```
''' πριντ τοταλ
```

```
23:01:00
```

Ιν γενεραλ, ιφ αλλ οφ τηε οπερατιονς ινσιδε α φυνςτιον ωορκ ωιτη α γιεν τψπε, τηεν τηε φυνςτιον ωορκς ωιτη τηατ τψπε.

Τηε βεστ κινδ οφ πολψμορφισμ ις τηε υνιντεντιοναλ κινδ, ωηερε ψου διςζοερ τηατ α φυνςτιον ψου αλρεαδψ ωροτε ζαν βε αππλιεδ το α τψπε ψου νεερ πλαννεδ φορ.

17.10 Δεβυγγινγ

Ιτ ις λεγαλ το αδδ αττριβυτες το οβθεστς ατ ανψ ποιντ ιν τηε εξεστυιον οφ α προγραμ, βυτ ιφ φου αρε α στικλερ φορ τψπε τηεορψ, ιτ ις α δυβιους πραστις το ηαε οβθεστς οφ τηε σαμε τψπε ωιτη διφφερεντ αττριβυτε σετς. Ιτ ις υσυαλλψ α γοοδ ιδεα το ινιτιαλιζε αλλ οφ αν οβθεστς αττριβυτες ιν τηε ινιτ μετηοδ.

Ιφ φου αρε νοτ συρε ωηετηερ αν οβθεστ ηας α παρτιςυλαρ αττριβυτε, φου ζαν υσε τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον ηασαττρ (σεε Σεςτιον 15.7).

Ανοτηερ ωαψ το αςζεσς τηε αττριβυτες οφ αν οβθεστ ις τηρουγη τηε σπεσιαλ αττριβυτε ``διστ``, ωηιςη ις α διστιοναρψ τηατ μαψς αττριβυτε ναμες (ας στρινγς) ανδ αλυες:

```
''' π = Ποιντ(3, 4)
''' πριντ π.``διστ``
«'ψ': 4, 'ξ': 3»
```

Φορ πυρποσες οφ δεβυγγινγ, φου μιγητ φινδ ιτ υσεφυλ το κεεπ της φυνςτιον ηανδψ:

```
δεφ πριντἀττριβυτες(οβθ):
    φορ αττρ ιν οβθ.``διστ``:
        πριντ αττρ, γεταττρ(οβθ, αττρ)
```

πριντἀττριβυτες τραερσες τηε ιτεμς ιν τηε οβθεστς διστιοναρψ ανδ πριντς εαση αττριβυτε ναμε ανδ ιτς ζορρεσπονδινγ αλυε.

Τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον γεταττρ ταχες αν οβθεστ ανδ αν αττριβυτε ναμε (ας α στρινγ) ανδ ρετυρνς τηε αττριβυτές αλυε.

17.11 Ιντερφασε ανδ ιμπλεμεντατιον

Ονε οφ τηε γοαλς οφ οβθεστ-οριεντεδ δεσιγν ις το μακε σοφτωαρε μορε μαινταιναβλε, ωηιςη μεανς τηατ φου ζαν κεεπ τηε προγραμ ωορκινγ ωην οτηερ παρτς οφ τηε σψστεμ ζηανγε, ανδ μοδιφψ τηε προγραμ το μεετ νεω ρεχυιρεμεντς.

Α δεσιγν πρινςιπλε τηατ ηελψς αςηιεε τηατ γοαλ ις το κεεπ ιντερφασες σεπαρατε φρομ ιμπλεμεντατιονς. Φορ οβθεστς, τηατ μεανς τηατ τηε μετηοδς α ζλασς προιδες σηουλδ νοτ δεπενδ ον ηωω τηε αττριβυτες αρε ρεπρεσεντεδ.

Φορ εξάμπλε, ιν τηςς ζηαπτερ ωε δεελοπεδ α ζλασς τηατ ρεπρεσεντς α τιμε οφ δαψ. Μετηοδς προιδεδ βψ τηςς ζλασς ινζλυδε τιμε`τοϊντ, ισάφτερ, ανδ αδδ`τιμε.

Ωε ζουλδ ιμπλεμεντ τηοσε μετηοδς ιν σεεραλ ωαψς. Τηε δεταιλς οφ τηε ιμπλεμεντατιον δεπενδ ον ηωω ωε ρεπρεσεντ τιμε. Ιν τηςς ζηαπτερ, τηε αττριβυτες οφ α Τιμε οβθεστ αρε ηουρ, μιぬτε, ανδ σεζονδ.

Ας αν αλτερνατιε, ωε ζουλδ ρεπλαζε τηεσε αττριβυτες ωιτη α σινγλε ιντεγερ ρεπρεσεντινγ τηε νυμβερ οφ σεζονδς σινζε μιδνιγητ. Της ιμπλεμεντατιον ωουλδ μακε σομε μετηοδς, λικε ισάφτερ, εασιερ το ωριτε, βυτ ιτ μακες σομε μετηοδς ηαρδερ.

Αφτερ φου δεπλοψ α νεω ζλασς, φου μιγητ δισζοερ α βεττερ ιμπλεμεντατιον. Ιφ οτηερ παρτς οφ τηε προγραμ αρε υσινγ φουρ ζλασς, ιτ μιγητ βε τιμε-ζονσυμινγ ανδ ερρορ-προνε το ζηανγε τηε ιντερφασε.

Βυτ ιφ φου δεσιγνεδ τηε ιντερφασε ζαρεφυλλψ, φου ζαν ζηανγε τηε ιμπλεμεντατιον ωιτηουτ ζηανγινγ τηε ιντερφασε, ωηιςη μεανς τηατ οτηερ παρτς οφ τηε προγραμ δον'τ ηαε το ζηανγε.

Κεεπινγ της ιντερφασε σεπαράτε φρομ της ιμπλεμεντατιον μεανς τηατ ψου ηαε το ηίδε της αττριβυτες. δδε ιν οτθερ παρτς οφ της προγράμ (ουτσίδε της ελασς δεφινιτιον) σηουλδ υσε μετηοδς το ρεαδ ανδ μοδιψ της στατε οφ της οβθεστ. Τηψ σηουλδ νοτ αςζεσσ της αττριβυτες διρεστψ. Της πρινσιπλε ις εαλλεδ ινφορματιον ηιδινγ· σεε ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ινφορματιον~ηιδινγ.

Εξερσισε 17.6. Δωωνλοαδ της εοδε φρομ της εηαπτερ (ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/Τιμε2.πψ). ηανγε της αττριβυτες οφ Τιμε το βε α σινγλε ιντεγερ ρεπρεσεντινγ σεζονδς σινξε μιδνιγητ. Τηεν μοδιψ της μετηοδς (ανδ της φυνςτιον ιντ~το~τιμε) το ωορκ ωιτη της νεω ιμπλεμεντατιον. Ψου σηουλδ νοτ ηαε το μοδιψ της τεστ εοδε ιν μαιν. Ωηεν ψου αρε δονε, της ουτπυτ σηουλδ βε της σαμε ας βεφορε. Σολυτιον: ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/Τιμε2~σολν.πψ

17.12 Γλωσσάρψ

οβθεστ-οριεντεδ λανγυαγε: Α λανγυαγε τηατ προιδεσ φεατυρες, συση ας υσερ-δεφινεδ ελασσεσ ανδ μετηοδ σψνταζ, τηατ φασιλιτατε οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ.

οβθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ: Α στψλε οφ προγραμμινγ ιν ωηιση δατα ανδ της οπερατιονς τηατ μανιπυλατε ιτ αρε οργανιζεδ ιντο ελασσεσ ανδ μετηοδς.

μετηοδ: Α φυνςτιον τηατ ις δεφινεδ ινσιδε α ελασς δεφινιτιον ανδ ις ινοκεδ ον ινστανζεσ οφ τηατ ελασς.

συβθεστ: Τηε οβθεστ α μετηοδ ις ινοκεδ ον.

οπερατορ οερλοαδινγ: ηανγινγ της βεηαιορ οφ αν οπερατορ λικε + σο ιτ ωορκς ωιτη α υσερ-δεφινεδ τψπε.

τψπε-βασεδ δισπατση: Α προγραμμινγ παττερν τηατ εηεσκς της τψπε οφ αν οπερανδ ανδ ινοκεσ διφφερεντ φυνςτιονς φορ διφφερεντ τψπεσ.

πολψμορπης: Περταινινγ το α φυνςτιον τηατ εαν ωορκ ωιτη μορε τηαν ονε τψπε.

ινφορματιον ηιδινγ: Τηε πρινσιπλε τηατ της ιντερφασε προιδεδ βψ αν οβθεστ σηουλδ νοτ δεπενδ ον ιτς ιμπλεμεντατιον, ιν παρτιςυλαρ της ρεπρεσεντατιον οφ ιτς αττριβυτες.

17.13 Εξερσισεσ

Εξερσισε 17.7. Της εξερσισε ις α εαυτιοναρψ ταλε αβουτ ονε οφ της μοστ εομμοι, ανδ διφψιςυλτ το φινδ, ερρορς ιν Πψτηον. Ωριτε α δεφινιτιον φορ α ελασς ναμεδ Κανγαροο ωιτη της φολλοωινγ μετηοδς:

1. Αν ~ινιτ~ μετηοδ τηατ ινιτιαλιζεσ αν αττριβυτε ναμεδ πουση~εοντεντς το αν εμπτψ λιστ.
2. Α μετηοδ ναμεδ πυτ~ιν~πουση τηατ τακεσ αν οβθεστ οφ ανψ τψπε ανδ αδδς ιτ το πουση~εοντεντς.
3. Α ~στρ~ μετηοδ τηατ ρετυρνς α στρινγ ρεπρεσεντατιον οφ της Κανγαροο οβθεστ ανδ της εοντεντς οφ της πουση.

Τεστ ψουρ ςοδε βψ ςρεατινγ τωο Κανγαροο οβθεςτς, ασσιγνινγ τηρεμ το αριαβλες ναμεδ κανγα ανδ ροο, ανδ τηρεν αδδινγ ροο το τηρε ςοντεντς οφ κανγα΄ς πουςη.

Δωωνλοαδ ηττπ: //τηινκψτηον. ςομ/ςοδε/ΒαδΚανγαροο. πψ. Ιτ ςονταινς α σολυτιον το τηρε πρειους προβλεμ ωιτη ονε βιγ, ναστψ βυγ. Φινδ ανδ φιζ τηρε βυγ.

Ιφ ψου γετ στυσκ, ψου ςαν δωωνλοαδ ηττπ: //τηινκψτηον. ςομ/ςοδε/ΓοοδΚανγαροο. πψ, ωηικη εξπλαινς τηρε προβλεμ ανδ δεμονστρατες α σολυτιον.

Εξερςισε 17.8. ΄συαλ ις α Πψτηον μοδυλε τηατ προιδες 3-Δ γραπηις. Ιτ ις νοτ αλωαψς ινςλυδεδ ιν α Πψτηον ινσταλλατιον, σο ψου μιγητ ηρε το ινσταλλ ιτ φρομ ψουρ σοφτωαρε ρεποσιτορφ ορ, ιφ ιτ΄ς νοτ τηρερε, φρομ πψτηον. οργ.

Τηρε πολλοωινγ εξαμπλε ςρεατες α 3-Δ σπαςε τηατ ις 256 υνιτς ωιδε, λονγ ανδ ηιγη, ανδ σετς τηρε ΄ςεντερ΄ το βε τηρε ποινη (128, 128, 128). Τηρε ιτ δραως α βλυε σπηερε.

φρομ ισυαλ ιμπορτ *

ςςενε.ρανγε = (256, 256, 256)

ςςενε.ςεντερ = (128, 128, 128)

ςολορ = (0.1, 0.1, 0.9) ^ μοστλψ βλυε

σπηερε(ποσ=ςςενε.ςεντερ, ραδιουσ=128, ςολορ=ςολορ)

ςολορ ις αν ΡΓΒ τυπλε΄ τηατ ις, τηρε ελεμεντς αρε Ρεδ-Γρεεν-Βλυε λεεελς βετωεεν 0.0 ανδ 1.0 (ςεε ηττπ: //εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/ΡΓΒ΄ςολορ΄μοδελ).

Ιφ ψου ρυν τηις ςοδε, ψου σηουλδ ςεε α ωινδωω ωιτη α βλαςκ βαςκγρουνδ ανδ α βλυε σπηερε.

Ιφ ψου δραγ τηρε μιδδλε βυττον υπ ανδ δωων, ψου ςαν ζοομ ιν ανδ ουτ. Ψου ςαν αλσο ροτατε τηρε ςςενε βψ δραγγινγ τηρε ριγητ βυττον, βυτ ωιτη ονλψ ονε σπηερε ιν τηρε ωορλδ, ιτ ις ηαρδ το τελλ τηρε διωφερενςε.

Τηρε πολλοωινγ λοοπ ςρεατες α ςυβε οφ σπηερες:

τ = ρανγε(0, 256, 51)

φορ ξ ιν τ:

φορ ψ ιν τ:

φορ ζ ιν τ:

πος = ξ, ψ, ζ

σπηερε(ποσ=πος, ραδιουσ=10, ςολορ=ςολορ)

1. Πυτ τηις ςοδε ιν α ςςριπτ ανδ μακε ςυρε ιτ ωορκς φορ ψου.
2. Μοδιψ τηρε προγραμ σο τηατ εαση σπηερε ιν τηρε ςυβε ηας τηρε ςολορ τηατ ςορρεσπονδς το ιτς ποσιτιον ιν ΡΓΒ σπαςε. Νοτιζε τηατ τηρε ςοορδινατες αρε ιν τηρε ρανγε 0–255, βυτ τηρε ΡΓΒ τυπλες αρε ιν τηρε ρανγε 0.0–1.0.
3. Δωωνλοαδ ηττπ: //τηινκψτηον. ςομ/ςοδε/ςολορ΄λιςτ. πψ ανδ υσε τηε φυνςτιον ρεαδ΄ςολορς το γενερατε α λιςτ οφ τηε αιιαβλε ςολορς ον ψουρ ςψςτεμ, τηειρ ναμες ανδ ΡΓΒ αλυες. Φορ εαση ναμεδ ςολορ δραω α σπηερε ιν τηε ποσιτιον τηατ ςορρεσπονδς το ιτς ΡΓΒ αλυες.

Ψου ςαν ςεε μψ σολυτιον ατ ηττπ: //τηινκψτηον. ςομ/ςοδε/ςολορ΄σπαςε. πψ.

Κεφάλαιο 18

Ινheritανσε

Ιν της ζηαπτερ Ι πρεσεντ ζλασσες το ρεπρεσεντ πλαψινγ ζαρδς, δεςκς οφ ζαρδς, ανδ ποκερ ηανδς. Ιφ ψου δον'τ πλαψ ποκερ, ψου ζαν ρεαδ αβουτ ιτ ατ [ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ποκερ](http://en.wikipedia.org/wiki/Ποκερ), βυτ ψου δον'τ ηαε το· Ιλλ τελλ ψου ωηατ ψου νεεδ το κνωω φορ της εξερσιςες. ὀδε εξαμπλες φρομ της ζηαπτερ αρε αιλαβλε φρομ [ηττπ://τηνκπτηον.ζομ/ζοδε/ἄρδ.πψ](http://τηνκπτηον.ζομ/ζοδε/ἄρδ.πψ).

Ιφ ψου αρε νοτ φαμιλιαρ ωιτη Ανγλο-Αμερικαν πλαψινγ ζαρδς, ψου ζαν ρεαδ αβουτ τηεμ ατ [ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Πλαψινγ_ζαρδς](http://en.wikipedia.org/wiki/Πλαψινγ_ζαρδς).

18.1 ἄρδ οβῑθεζτς

Τηερε αρε φιφτψ-τωο ζαρδς ιν α δεςκ, εαση οφ ωηιση βελονγς το ονε οφ φοур σουιτς ανδ ονε οφ τηιρτεεν ρανκς. Τηε σουιτς αρε Σπαδες, Ηεαρτς, Διαμονδς, ανδ ὕλυβς (ιν δεςκενδινγ ορδερ ιν βριδγε). Τηε ρανκς αρε Αζε, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Θαζκ, Χυεεν, ανδ Κινγ. Δεπενδινγ ον της γαμε τηατ ψου αρε πλαψινγ, αν Αζε μαψ βε ηιγηερ τηαν Κινγ ορ λοωερ τηαν 2.

Ιφ ωε ωαντ το δεφινε α νεω οβῑθεζτ το ρεπρεσεντ α πλαψινγ ζαρδ, ιτ ις οβιους ωηατ της αττριβυτες σηουλδ βε: ρανκ ανδ σουιτ. Ιτ ις νοτ ας οβιους ωηατ τψπε της αττριβυτες σηουλδ βε. Ονε ποσσιβιλιτψ ις το υσε στρινγς ζονταινινγ ωορδς λικε 'Σπαδε' φορ σουιτς ανδ 'Χυεεν' φορ ρανκς. Ονε προβλεμ ωιτη της ιμπλεμεντατιον ις τηατ ιτ ωουλδ νοτ βε εασψ το ζομπαρε ζαρδς το σεε ωηιση ηαδ α ηιγηερ ρανκ ορ σουιτ.

Αν αλτερνατιε ις το υσε ιντεγερς το ενζοδε της ρανκς ανδ σουιτς. Ιν της ζοντεζτ, 'ενζοδε' μεανς τηατ ωε αρε γοινγ το δεφινε α μαππινγ βετωεεν νυμβερς ανδ σουιτς, ορ βετωεεν νυμβερς ανδ ρανκς. Της κινδ οφ ενζοδινγ ις νοτ μεαντ το βε α σεζρετ (τηατ ωουλδ βε 'ενζρψπτιον').

Φορ εξαμπλε, της ταβλε σηοως της σουιτς ανδ της ζορρεσπονδινγ ιντεγερ ζοδες:

Σπαδες	↦	3
Ηεαρτς	↦	2
Διαμονδς	↦	1
ὕλυβς	↦	0

Της ζοδε μαχες ιτ εασψ το ζομπαρε ζαρδς· βεζαυσε ηιγηερ σουιτς μαπ το ηιγηερ νυμβερς, ωε ζαν ζομπαρε σουιτς βψ ζομπαρινγ τηειρ ζοδες.

Της μαππινγ φορ ρανκς ις φαιρλψ οβιους· εαση οφ της νυμεριζαλ ρανκς μαπς το της ζορρεσπον-
δινγ ιντεγερ, ανδ φορ φαςε ζαρδς:

```
Θαςκ  ↦  11
Χυεεν ↦  12
Κινγ   ↦  13
```

Ι αμ υσινγ της ↦ σψμβολ το μακε ιτ ζλεαρ τηατ τηεσε μαππινγς αρε νοτ παρτ οφ της Πψτηον
προγραμ. Τηεψ αρε παρτ οφ της προγραμ δεσιγν, βυτ τηεψ δον'τ αππεαρ εξπλιςιτλψ ιν της ζοδε.

Της ελαςς δεφινιτιον φορ αρδ λοοκς λικε της:

ελαςς αρδ(οβθεστ):

```
""""Ρεπρεσεντς α στανδαρδ πλαψινγ ζαρδ.""""
```

```
δεφ ``ινιτ``(σελφ, σουιτ=0, ρανκ=2):
```

```
    σελφ.σουιτ = σουιτ
```

```
    σελφ.ρανκ = ρανκ
```

Ας υσαλ, της ινιτ μετηοδ ταχες αν οπτιοναλ παραμετερ φορ εαση αττριβυτε. Της δεφαυλτ ζαρδ
ις της 2 οφ λυβς.

Το ζρεατε α αρδ, ψου ζαλλ αρδ ωιτη της σουιτ ανδ ρανκ οφ της ζαρδ ψου ωαντ.

```
χυεενδφ`διαμονδς = αρδ(1, 12)
```

18.2 λαςς αττριβυτες

Ιν ορδερ το πριντ αρδ οβθεστς ιν α ωαψ τηατ πεοπλε ζαν εασιλψ ρεαδ, ωε νεεδ α μαππινγ φρομ
της ιντεγερ ζοδες το της ζορρεσπονδινγ ρανκς ανδ σουιτς. Α νατυραλ ωαψ το δο τηατ ις ωιτη
λιστς οφ στρινγς. Ωε ασιγν τηεσε λιστς το ελαςς αττριβυτες:

```
` ινσιδε ελαςς αρδ:
```

```
σουιτ`ναμες = ['λυβς', 'Διαμονδς', 'Ηεαρτς', 'Σπαδες']
ρανκ`ναμες = [None, 'Αςε', '2', '3', '4', '5', '6', '7',
               '8', '9', '10', 'Θαςκ', 'Χυεεν', 'Κινγ']
```

```
δεφ ``στρ``(σελφ):
```

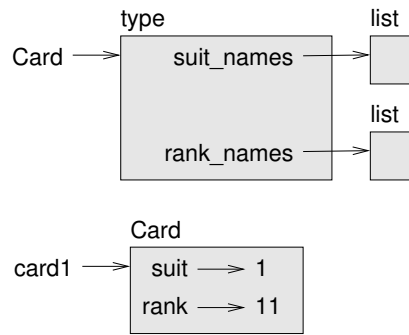
```
    ρετυρν '%ς οφ %ς' % (αρδ.ρανκ`ναμες[σελφ.ρανκ],
                          αρδ.σουιτ`ναμες[σελφ.σουιτ])
```

αριαβλες λικε σουιτ`ναμες ανδ ρανκ`ναμες, ωηιζη αρε δεφινεδ ινσιδε α ελαςς βυτ ουτσιδε οφ
ανψ μετηοδ, αρε ζαλλεδ ελαςς αττριβυτες βεζαυσε τηεψ αρε ασσοζιατεδ ωιτη της ελαςς οβθεστ
αρδ.

Τηις τερμ διςτινγυισης τηεμ φρομ αριαβλες λικε σουιτ ανδ ρανκ, ωηιζη αρε ζαλλεδ ινστανζε
αττριβυτες βεζαυσε τηεψ αρε ασσοζιατεδ ωιτη α παρτιζυλαρ ινστανζε.

Βοτη χινδς οφ αττριβυτε αρε αςζεσσεδ υσινγ δοτ νοτατιον. Φορ εξαμπλε, ιν ``στρ``,
σελφ ις α αρδ οβθεστ, ανδ σελφ.ρανκ ις ιτς ρανκ. Σιμιλαρλψ, αρδ ις α ελαςς οβθεστ, ανδ
αρδ.ρανκ`ναμες ις α λιστ οφ στρινγς ασσοζιατεδ ωιτη της ελαςς.

Εερψ ζαρδ ηας ιτς οων σουιτ ανδ ρανκ, βυτ τηερε ις ονλψ ονε ζοπψ οφ σουιτ`ναμες ανδ
ρανκ`ναμες.



Σχήμα 18.1: Οβθεςτ διαγραμ.

Πυτινγ ιτ αλλ τογετηερ, της εξπρεσσιον `αρδ.ρανκ~ναμες[σελφ.ρανκ]` μεανς 'υσε της αττρι-
βυτε ρανκ φρομ της οβθεςτ σελφ ας αν ινδεξ ιντο της λιστ ρανκ~ναμες φρομ της ζλασς `αρδ`,
ανδ σελεςτ της αππροπριατε στρινγ.'

Της φιστ ελεμεντ οφ ρανκ~ναμες ις `None` βεσαυσε τηρε ις νο ζαρδ ωιτη ρανκ ζερο. Βψ
ινελυδινγ `None` ας α πλασε-κεεπερ, ωε γετ α μαππινγ ωιτη της νισε προπερτψ τηατ της ινδεξ
2 μαψς το της στρινγ '2', ανδ σο ον. Το αοιδ της τωεακ, ωε ζουλδ ηαε υσεδ α διςτιοναρψ
ινστεαδ οφ α λιστ.

Ωιτη της μετηοδς ωε ηαε σο φαρ, ωε ζαν ζρεατε ανδ πριντ ζαρδς:

```

''' ζαρδ1 = αρδ(2, 11)
''' πριντ ζαρδ1
  
```

Θαςκ οφ Ηεαρτς

Φιγυρε 18.1 ις α διαγραμ οφ της `αρδ` ζλασς οβθεςτ ανδ ονε `αρδ` ινστανσε. `αρδ` ις α ζλασς
οβθεςτ, σο ιτ ηας τψπε τψπε. `ζαρδ1` ηας τψπε `αρδ`. (Το σαε σπασε, I διδν'τ δραω της ζοντεντς
οφ σуйт~ναμες ανδ ρανκ~ναμες).

18.3 ὀμπαρινγ ζαρδς

Φορ βυιλτ-ιν τψπες, τηρε αρε ρελατιοναλ οπερατορς ('', '==, ετς.) τηατ ζομπαρε αλυες ανδ
δετερμινε ωην ονε ις γρεατερ τηαν, λεσσς τηαν, ορ εχυαλ το ανοτηερ. Φορ υσερ-δεφινεδ τψπες,
ωε ζαν οερριδε της βεηαιορ οφ της βυιλτ-ιν οπερατορς βψ προιδινγ α μετηοδ ναμεδ `~ζμπ~`.

`~ζμπ~` τακies τωο παραμετερες, σελφ ανδ οτηερ, ανδ ρετυρνς α ποσιτιε νυμβερ ιφ της φιστ
οβθεςτ ις γρεατερ, α νεγατιε νυμβερ ιφ της σεζονδ οβθεςτ ις γρεατερ, ανδ 0 ιφ τηςψ αρε εχυαλ
το εαση οτηερ.

Της ζορρεστ ορδερινγ φορ ζαρδς ις νοτ οβιους. Φορ εξαμπλε, ωηιςη ις βεττερ, της 3 οφ ~λυβς
ορ της 2 οφ Διαμονδς; Ονε ηας α ηιγгер ρανκ, βυτ της οτηερ ηας α ηιγгер σуйт. Ιν ορδερ το
ζομπαρε ζαρδς, ψου ηαε το δεσιδε ωηετηερ ρανκ ορ σуйт ις μορε ιμπορταντ.

Της ανσωερ μιγητ δεπενδ ον ωηατ γαμε ψου αρε πλαψινγ, βυτ το κεεπ τηνγς σιμπλε, ωελλ
μακε της αρβιτραρψ ζηοικς τηατ σуйт ις μορε ιμπορτανт, σο αλλ οφ της Σπαδες ουτρανκ αλλ
οφ της Διαμονδς, ανδ σο ον.

Ωιτη τηατ δεσιδεδ, ωε ζαν ωριτε `~ζμπ~`:

^ ινσιδε ζλασς ἄρδ:

```

δεφ ``ζμπ``(σελφ, οτηερ):
    ^ ζηεςκ της σιιτς
    ιφ σελφ.σιιτ ` οτηερ.σιιτ: ρετυρν 1
    ιφ σελφ.σιιτ ` οτηερ.σιιτ: ρετυρν -1

    ^ σιιτς αρε της σαμε... ζηεςκ ρανκς
    ιφ σελφ.ρανκ ` οτηερ.ρανκ: ρετυρν 1
    ιφ σελφ.ρανκ ` οτηερ.ρανκ: ρετυρν -1

    ^ ρανκς αρε της σαμε... ιτ'ς α τιε
    ρετυρν 0

```

Ψου ζαν ωριτε της μορε ζονσιελψ υσινγ τυπλε ζομπαιρison:

^ ινσιδε ζλασς ἄρδ:

```

δεφ ``ζμπ``(σελφ, οτηερ):
    τ1 = σελφ.σιιτ, σελφ.ρανκ
    τ2 = οτηερ.σιιτ, οτηερ.ρανκ
    ρετυρν ζμπ(τ1, τ2)

```

Της βυιλτ-ιν φυνςτιον ζμπ ηας της σαμε ιντερφαςε ας της μετηοδ ``ζμπ``: ιτ τακες τωο αλυες ανδ ρετυρνς α ποσιτιε νυμβερ ιφ της φιρστ ις λαργερ, α νεγατιε νυμβερ ιφ της σεζονδ ις λαργερ, ανδ 0 ιφ τηςψ αρε εχυαλ.

Ιν Πψτηον 3, ζμπ νο λονγερ εξιστς, ανδ της ``ζμπ`` μετηοδ ις νοτ συππορτεδ. Ινστεαδ ψου σηουλδ προιδε ``λτ``, ωηιζη ρετυρνς Τρυε ιφ σελφ ις λεσς τηαν οτηερ. Ψου ζαν ιμπλεμεντ ``λτ`` υσινγ τυπλες ανδ της ` οπερατορ.

Εξερσιε 18.1. Ωριτε α ``ζμπ`` μετηοδ φορ Τιμε οβθεςτς. Ηιντ: ψου ζαν υσε τυπλε ζομπαιρison, βυτ ψου αλσο μιγητ ζονσιδερ υσινγ ιντεγερ συβτραςτιον.

18.4 Δεςκς

Νωω τηατ ωε ηαε ἄρδς, της νεζτ στεπ ις το δεφινε Δεςκς. Σινζε α δεσκ ις μαδε υπ οφ ζαρδς, ιτ ις νατυραλ φορ εαση Δεςκ το ζονταιν α λιστ οφ ζαρδς ας αν αττριβυτε.

Της πολλοωινγ ις α ζλασς δεφινιτιον φορ Δεςκ. Της ινιτ μετηοδ ζρεατες της αττριβυτε ζαρδς ανδ γενερατες της στανδαρδ σετ οφ φιφτψ-τωο ζαρδς:

ζλασς Δεςκ(οβθεςτ):

```

δεφ ``ινιτ``(σελφ):
    σελφ.ζαρδς = []
    φορ σιιτ ιν ρανγε(4):
        φορ ρανκ ιν ρανγε(1, 14):
            ζαρδ = ἄρδ(σιιτ, ρανκ)
            σελφ.ζαρδς.αππενδ(ζαρδ)

```

Της εασιεστ ωαψ το ποπυλατε της δεσκ ις ωιτη α νεστεδ λοοπ. Της ουτερ λοοπ ενυμερατες της σιιτς φρομ 0 το 3. Της ινερ λοοπ ενυμερατες της ρανκς φρομ 1 το 13. Εαση ιτερατιον ζρεατες α νεω ἄρδ ωιτη της ζυρρεντ σιιτ ανδ ρανκ, ανδ αππενδς ιτ το σελφ.ζαρδς.

18.5 Πριντινγ της δεσκ

Ηερε ις α ``στρ`` μετηοδ φορ Δεσκ:

ίνσιδε ελας Δεσκ:

```
δεφ ``στρ``(σελφ):
    ρες = []
    φορ εαρδ ιν σελφ.εαρδς:
        ρες.αππενδ(στρ(εαρδ))
    ρετυρν '``ν'`.θοιν(ρες)
```

Της μετηοδ δεμονστρατες αν εφφισιεντ ωαψ το αςσυμυλατε α λαργε στρινγ: βυιλδινγ α λιστ οφ στρινγς ανδ την υσινγ θοιν. Τηε βυιλτ-ιν φυνςτιον στρ ινοκες της ``στρ`` μετηοδ ον εαςη εαρδ ανδ ρετυρνς της στρινγ ρεπρεσεντατιον.

Σινσε ωε ινοκε θοιν ον α νεωλινε εηαραστερ, της εαρδς αρε σεπαρατεδ βψ νεωλινες. Ηερε'ς ωηατ της ρεσυлт λοοκς λιχε:

```
`` δεσκ = Δεσκ()
`` πριντ δεσκ
Αεε οφ ``λυβς
2 οφ ``λυβς
3 οφ ``λυβς
...
10 οφ Σπαδες
θαεε οφ Σπαδες
Χυεεν οφ Σπαδες
Κινγ οφ Σπαδες
```

Εεν τηουγη της ρεσυлт αππεαρς ον 52 λινες, ιτ ις ονε λονγ στρινγ τηατ εονταιινς νεωλινες.

18.6 Αδδ, ρεμοε, σηυφφλε ανδ σορτ

Το δεαλ εαρδς, ωε ωουλδ λιχε α μετηοδ τηατ ρεμοες α εαρδ φρομ της δεσκ ανδ ρετυρνς ιτ. Τηε λιστ μετηοδ ποπ προιδες α εονενιεντ ωαψ το δο τηατ:

ίνσιδε ελας Δεσκ:

```
δεφ ποπ`εαρδ(σελφ):
    ρετυρν σελφ.εαρδς.ποπ()
```

Σινσε ποπ ρεμοες της λαστ εαρδ ιν της λιστ, ωε αρε δεαλινγ φρομ της βοττομ οφ της δεσκ. Ιν ρεαλ λιφε 'βοττομ δεαλινγ' ις φρωωνεδ υπον, βυτ ιν της εοντεετ ιτ'ς οκ.

Το αδδ α εαρδ, ωε εαν υσε της λιστ μετηοδ αππενδ:

ίνσιδε ελας Δεσκ:

```
δεφ αδδ`εαρδ(σελφ, εαρδ):
    σελφ.εαρδς.αππενδ(εαρδ)
```

Α μετηοδ λιχε της τηατ υσες ανοτηερ φυνςτιον ωιτηουτ δοινγ μυση ρεαλ ωορκ ις σομετιμες εαλλεδ α ενεερ. Τηε μεταπηορ εομες φρομ ωοοδωορκινγ, ωηερε ιτ ις εομμοι το γλυε α την λαψερ οφ γοοδ χυαλιτψ ωοοδ το τηε συρφαεε οφ α εηεαπερ πιεεε οφ ωοοδ.

Ιν της ζασε ωε αρε δεφινινγ α 'την' μετηοδ τηατ εξπρεσσες α λιστ οπερατιον ιν τερμς τηατ αρε αππροπριατε φορ δεσκς.

Ας ανοτηερ εξαμπλε, ωε ζαν ωριτε α Δεσκ μετηοδ ναμεδ σηυφλε υσινγ της φυνκτιον σηυφλε φορμ της ρανδομ μοδυλε:

ˆ ινσιδε ζλασς Δεσκ:

```
δεφ σηυφλε(σελφ):
    ρανδομ.σηυφλε(σελφ.ζαρδς)
```

Δον' φοργετ το ιμπορτ ρανδομ.

Εξερσισε 18.2. Ωριτε α Δεσκ μετηοδ ναμεδ σορτ τηατ υσες της λιστ μετηοδ σορτ το σορτ της ζαρδς ιν α Δεσκ. σορτ υσες της ``ζμπ`` μετηοδ ωε δεφινεδ το δετερμινε σορτ ορδερ.

18.7 Ινheritανσε

Της λανγυαγε φεατυρε μοστ οφτεν ασσοσιατεδ ωιτη οβιθεστ-οριεντεδ προγραμμινγ ις ινheritανσε. Ινheritανσε ις της αβιλιτιψ το δεφινε α νεω ζλασς τηατ ις α μοδιφιεδ ερσιον οφ αν εξιστινγ ζλασς.

Ιτ ις ζαλλεδ 'ινheritανσε' βεζαυσε της νεω ζλασς ινheritς της μετηοδς οφ της εξιστινγ ζλασς. Εξτενδινγ της μεταπηορ, της εξιστινγ ζλασς ις ζαλλεδ της παρεντ ανδ της νεω ζλασς ις ζαλλεδ της ζηιλδ.

Ας αν εξαμπλε, λετ'ς σαψ ωε ωαντ α ζλασς το ρεπρεσεντ α 'ηανδ,' τηατ ις, της σετ οφ ζαρδς ηελδ βψ ονε πλαφερ. Α ηανδ ις σιμιλαρ το α δεσκ: βοτη αρε μαδε υπ οφ α σετ οφ ζαρδς, ανδ βοτη ρεχyuρε οπερατιονς λικε αδδινγ ανδ ρεμοινγ ζαρδς.

Α ηανδ ις αλσο διφφερεντ φορμ α δεσκ: τηρε αρε οπερατιονς ωε ωαντ φορ ηανδς τηατ δον'τ μακε σενσε φορ α δεσκ. Φορ εξαμπλε, ιν ποκερ ωε μιγητ ζομπαρε τωο ηανδς το σεε ωηιςη ονε ωινς. Ιν βριδγε, ωε μιγητ ζομπυτε α σζορε φορ α ηανδ ιν ορδερ το μακε α βιδ.

Της ρελατιονσηπ βετωεεν ζλασσεσ—σιμιλαρ, βυτ διφφερεντ—λενδς ιτσελφ το ινheritανσε.

Της δεφινιτιον οφ α ζηιλδ ζλασς ις λικε οτηερ ζλασς δεφινιτιονς, βυτ της ναμε οφ της παρεντ ζλασς αππεαρς ιν παρεντησες:

ζλασς Ηανδ(Δεσκ):

```
````Ρεπρεσεντς α ηανδ οφ πλαψινγ ζαρδς.````
```

Της δεφινιτιον ινδισατες τηατ Ηανδ ινheritς φορμ Δεσκ: τηατ μεανς ωε ζαν υσε μετηοδς λικε ποπ'ζαρδ ανδ αδδ'ζαρδ φορ Ηανδς ας ωελλ ας Δεσκς.

Ηανδ αλσο ινheritς ``ινιτ`` φορμ Δεσκ, βυτ ιτ δοεσν'τ ρεαλλψ δο ωηατ ωε ωαντ: ινστεαδ οφ ποπυλατινγ της ηανδ ωιτη 52 νεω ζαρδς, της ινιτ μετηοδ φορ Ηανδς σηουλδ ινιτιαλιζε ζαρδς ωιτη αν εμπτψ λιστ.

Ιφ ωε προιδε αν ινιτ μετηοδ ιν της Ηανδ ζλασς, ιτ οερριδες της ονε ιν της Δεσκ ζλασς:

ˆ ινσιδε ζλασς Ηανδ:

```
δεφ ``ινιτ``(σελφ, λαβελ=''):
 σελφ.ζαρδς = []
 σελφ.λαβελ = λαβελ
```



Σο ωην φου ζρεατε α Ηανδ, Πψτηον ινοκες της ινιτ μετηοδ:

```
''' ηανδ = Ηανδ('νεω ηανδ')
''' πριντ ηανδ.ζαρδς
[]
''' πριντ ηανδ.λαβελ
νεω ηανδ
```

Βυτ της οτηερ μετηοδς αρε ινιεριτεδ φρομ Δεςκ, σο ωε ζαν υσε ποπ`ζαρδ ανδ αδδ`ζαρδ το δεαλ α ζαρδ:

```
''' δεσκ = Δεςκ()
''' ζαρδ = δεσκ.ποπ`ζαρδ()
''' ηανδ.αδδ`ζαρδ(ζαρδ)
''' πριντ ηανδ
```

Κινγ οφ Σπαδες

Α νατυραλ νεζτ στεπ ις το ενζαψυλατε της ζοδε ιν α μετηοδ ζαλλεδ μοε`ζαρδς:

ινσιδε ζλασς Δεςκ:

```
δεφ μοε`ζαρδς(σελφ, ηανδ, νυμ):
 φορ ι ιν ρανγε(νυμ):
 ηανδ.αδδ`ζαρδ(σελφ.ποπ`ζαρδ(»
```

μοε`ζαρδς τακες τωο αργυμεντς, α Ηανδ οβθεζτ ανδ της νυμβερ οφ ζαρδς το δεαλ. Ιτ μοδιφιες βοτη σελφ ανδ ηανδ, ανδ ρετυρνς Νονε.

Ιν σομε γαμες, ζαρδς αρε μοεδ φρομ ονε ηανδ το ανοτηερ, ορ φρομ α ηανδ βασκ το της δεσκ. Ψου ζαν υσε μοε`ζαρδς φορ ανψ οφ τησε οπερατιονς: σελφ ζαν βε ειτηερ α Δεςκ ορ α Ηανδ, ανδ ηανδ, δεσπιτε της ναμε, ζαν αλσο βε α Δεςκ.

Εξερσισε 18.3. Ωριτε α Δεςκ μετηοδ ζαλλεδ δεαλ`ηανδς τηατ τακες τωο παραμετερς, της νυμβερ οφ ηανδς ανδ της νυμβερ οφ ζαρδς περ ηανδ, ανδ τηατ ζρεατες νεω Ηανδ οβθεζτς, δεαλς της αππροπριατε νυμβερ οφ ζαρδς περ ηανδ, ανδ ρετυρνς α λιστ οφ Ηανδ οβθεζτς.

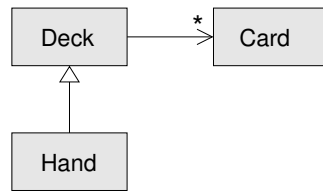
Ινιεριτανζε ις α υσεφυλ φεατυρε. Σομε προγραμς τηατ ωουλδ βε ρεπετιτιε ωιτηουτ ινιεριτανζε ζαν βε ωριπτεν μορε ελεγαντλψ ωιτη ιτ. Ινιεριτανζε ζαν φασιλιτατε ζοδε ρευσε, σινζε φου ζαν ζυστομιζε της βεηαιορ οφ παρεντ ζλασσες ωιτηουτ ηανγ το μοδιψψ τηεμ. Ιν σομε ζασες, της ινιεριτανζε στρυςτυρε ρεφλεζτς της νατυραλ στρυςτυρε οφ της προβλεμ, ωηιζη μακες της προγραμ εασιερ το υνδερστανδ.

Ον της οτηερ ηανδ, ινιεριτανζε ζαν μακε προγραμς διφφισυλτ το ρεαδ. Ωην α μετηοδ ις ινοκεδ, ιτ ις σομετιμες νοτ ζλεαρ ωηερε το φινδ ιτς δεφινιτιον. Τηε ρελεαντ ζοδε μαψ βε σζαττερεδ αμονγ σεεραλ μοδυλες. Αλσο, μανψ οφ της τηινγς τηατ ζαν βε δονε υσινγ ινιεριτανζε ζαν βε δονε ας ωελλ ορ βεττερ ωιτηουτ ιτ.

## 18.8 "λασς διαγραμς

Σο φαρ ωε ηαε σεεν σταςκ διαγραμς, ωηιζη σηωω της στατε οφ α προγραμ, ανδ οβθεζτ διαγραμς, ωηιζη σηωω της αττριβυτες οφ αν οβθεζτ ανδ τηειρ αλυες. Τηεσε διαγραμς ρεπρεσεντ α σναψσηοτ ιν της εζεσυτιον οφ α προγραμ, σο τηεψ ζηανγε ας της προγραμ ρυνς.

Τηεψ αρε αλσο ηιγηλψ δεταιλεδ· φορ σομε πυρποσες, τοο δεταιλεδ. Α ζλασς διαγραμ ις α μορε αβστραστ ρεπρεσεντατιον οφ της στρυςτυρε οφ α προγραμ. Ινστεαδ οφ σηωωινγ ινδιιδυαλ οβθεζτς, ιτ σηωως ζλασσες ανδ της ρελατιονσηιπς βετωεεν τηεμ.



Σχήμα 18.2: "Κλασικό" διάγραμμα.

Τις αρεσες σεεραλ κινδς οφ ρελατιονσηπ βετωεεν κλασσες:

- Οβθεετς ιν ονε κλασσ μιγητ ζονταιν ρεφερενςες το οβθεετς ιν ανοτηερ κλασσ. Φορ εξαμ-  
πλε, εαση Ρεεττανγλε ζονταινς α ρεφερενςες το α Ποιντ, ανδ εαση Δεεκ ζονταινς ρεφερενςες  
το μανψ αρεδς. Της κινδ οφ ρελατιονσηπ ις εαλλεδ ΗΑΣ-Α, ας ιν, 'α Ρεεττανγλε ηας α  
Ποιντ.'
- Ονε κλασσ μιγητ ινεριτ φορομ ανοτηερ. Της ρελατιονσηπ ις εαλλεδ ΙΣ-Α, ας ιν, 'α Ηανδ  
ις α κινδ οφ α Δεεκ.'
- Ονε κλασσ μιγητ δεπενδ ον ανοτηερ ιν τηε σεεσε τηατ κηανγες ιν ονε κλασσ ωουλδ ρεχuire  
κηανγες ιν τηε οτηερ.

Α κλασσ διαγραμ ις α γραπηικαλ ρεπρεσεντατιον οφ τηεσε ρελατιονσηπς. Φορ εξαμπλε, Φιγυ-  
ρε 18.2 σηως τηε ρελατιονσηπς βετωεεν αρεδ, Δεεκ ανδ Ηανδ.

Τηε αρρω ωιτη α ηολλωα τριανγλε ηεαδ ρεπρεσεντς αν ΙΣ-Α ρελατιονσηπ· ιν της εασε ιτ  
ινδισατες τηατ Ηανδ ινεριτς φορομ Δεεκ.

Τηε στανδαρδ αρρω ηεαδ ρεπρεσεντς α ΗΑΣ-Α ρελατιονσηπ· ιν της εασε α Δεεκ ηας ρεφε-  
ρενςες το αρεδ οβθεετς.

Τηε σταρ (\*) νεαρ τηε αρρω ηεαδ ις α μωλτιπλιετιψ· ιτ ινδισατες ηωα μανψ αρεδς α Δεεκ ηας.  
Α μωλτιπλιετιψ εαν βε α συμπλε νυμβερ, λικε 52, α ρανγε, λικε 5..7 ορ α σταρ, ωηιη ινδισατες  
τηατ α Δεεκ εαν ηαε ανψ νυμβερ οφ αρεδς.

Α μωρε δεταιλεδ διαγραμ μιγητ σηωα τηατ α Δεεκ αετυαλλψ ζονταινς α λιστ οφ αρεδς, βυτ  
βυιλτ-ιν τψπες λικε λιστ ανδ διετ αρε υεαλλψ νοτ ινεελυδεδ ιν κλασσ διαγραμς.

Εξερεεε 18.4. Ρεαδ ΤυρτλεΟορλδ.ψ, Οορλδ.ψ ανδ Γυι.ψ ανδ δραω α κλασσ διαγραμ τηατ  
σηως τηε ρελατιονσηπς αμονγ τηε κλασσες δεφινεδ τηερε.

## 18.9 Δεβυγγινγ

Ινεριτανςε εαν μακε δεβυγγινγ α εηαλλενγε βεεαυσε ωηεν ψου ινοκε α μετηοδ ον αν οβθεετς,  
ψου μιγητ νοτ κνωα ωηιη μετηοδ ωιλλ βε ινοκεδ.

Συμποσε ψου αρε ωριτινγ α φυνετιον τηατ ωορκς ωιτη Ηανδ οβθεετς. Ψου ωουλδ λικε ιτ το  
ωορκ ωιτη αλλ κινδς οφ Ηανδς, λικε ΠοκερΗανδς, ΒριδγεΗανδς, εεε. Ιφ ψου ινοκε α μετηοδ  
λικε σηυφλε, ψου μιγητ γετ τηε ονε δεφινεδ ιν Δεεκ, βυτ ιφ ανψ οφ τηε συβεελασσες οερριδε  
της μετηοδ, ψουλλ γετ τηατ ερεσιον ινεεαδ.

Ανψ τιμε ψου αρε υνερε αβουτ τηε φλωω οφ εξεευτιον τηρουγη ψουρ προγρμ, τηε συμ-  
πλεεετ σολυτιον ις το αδδ πριντ σταεμενεεε ατ τηε βεγιννινγ οφ τηε ρελεαντ μετηοδς. Ιφ

Δεσκ.σηυφφλε πριντς α μεσσαγε τηατ σαψς σομετηνγ λιχε Ρυννινγ Δεσκ.σηυφφλε, τηεν ας της προγραμ ρυνς ιτ τραζες της φλω οφ εξεζυτιον.

Ας αν αλτερνατιε, φου ζουλδ υσε της φυνςτιον, ωηιζη ταχες αν οβθεστ ανδ α μετηοδ ναμε (ας α στρινγ) ανδ ρετυρνς της ζλασς τηατ προιδες της δεφινιτιον οφ της μετηοδ:

```
δεφ φινδ"δεφινινγ"ζλασσ(οβθ, μετη"ναμε):
 φορ τψ ιν τψπε(οβθ).μρο():
 ιφ μετη"ναμε ιν τψ."διστ":
 ρετυρν τψ
```

Ηερε'ς αν εξάμπλε:

```
''' ηανδ = Ηανδ()
''' πριντ φινδ"δεφινινγ"ζλασσ(ηανδ, 'σηυφφλε')
'ζλασς 'δρδ.Δεσκ'
```

Σο της σηυφφλε μετηοδ φορ της Ηανδ ις της ονε ιν Δεσκ.

φινδ"δεφινινγ"ζλασς υσες της μρο μετηοδ το γετ της λιστ οφ ζλασς οβθεστς (τψπες) τηατ ωιλλ βε σεαφρηεδ φορ μετηοδς. 'ΜΡΟ' στανδς φορ 'μετηοδ ρεσολυτιον ορδερ.'

Ηερε'ς α προγραμ δεσιγν συγγεστιον: ωηενεερ φου οερριδε α μετηοδ, της ιντερφαζε οφ της νεω μετηοδ σηουλδ βε της σαμε ας της ολδ. Ιτ σηουλδ ταχε της σαμε παραμετερς, ρετυρν της σαμε τψπε, ανδ οβεψ της σαμε πρεσονδιτιονς ανδ ποστςονδιτιονς. Ιφ φου οβεψ της ρυλε, φου ωιλλ φινδ τηατ ανψ φυνςτιον δεσιγνεδ το ωορκ ωιτη αν ινστανζε οφ α συπερζλασς, λιχε α Δεσκ, ωιλλ αλσο ωορκ ωιτη ινστανζες οφ συβζλασσες λιχε α Ηανδ ορ ΠοκερΗανδ.

Ιφ φου ιολατε της ρυλε, φουρ ζοδε ωιλλ ζολλαψε λιχε (σορρψ) α ηουσε οφ ζαρδς.

## 18.10 Δατα ενζαπσυλατιον

ἡαπτερ 16 δεμονστρατες α δεελοπμεντ πλαν ωε μιγητ ζαλλ 'οβθεστ-οριεντεδ δεσιγν.' Ωε ιδεν-τιφιεδ οβθεστς ωε νεεδεδ—Τιμε, Ποιντ ανδ Ρεζτανγλε—ανδ δεφινεδ ζλασσες το ρεπρεσεντ τηεμ. Ιν εαση ζασε τηερε ις αν οβιους ζορρεσπονδενζε βετωεεν της οβθεστ ανδ σομε εντιτψ ιν της ρεαλ ωορλδ (ορ ατ λεαστ α ματηεματισαλ ωορλδ).

Βυτ σομετιμες ιτ ις λεσς οβιους ωηατ οβθεστς φου νεεδ ανδ ηωω τηεψ σηουλδ ιντεραζτ. Ιν τηατ ζασε φου νεεδ α διφφερεντ δεελοπμεντ πλαν. Ιν της σαμε ωαψ τηατ ωε διςσοερεδ φυνςτιον ιντερφαζες βψ ενζαπσυλατιον ανδ γενεραλιζατιον, ωε ζαν διςσοερ ζλασς ιντερφαζες βψ δατα ενζαπσυλατιον.

Μαρκο αναλψσις, φρομ Σεστιον 13.8, προιδες α γοοδ εξάμπλε. Ιφ φου δοωνλοαδ μψ ζοδε φρομ ηττπ://τηινκπτηον.ζομ/ζοδε/μαρκο.πψ, φουλλ σεε τηατ ιτ υσες τωο γλοβαλ αριαβλες—συφφιξ"μαπ ανδ πρεφιξ—τηατ αρε ρεαδ ανδ ωριττεν φρομ σεεραλ φυνςτιονς.

```
συφφιξ"μαπ = «»
πρεφιξ = ()
```

Βεζαυσε τηεσε αριαβλες αρε γλοβαλ ωε ζαν ονλψ ρυν ονε αναλψσις ατ α τιμε. Ιφ ωε ρεαδ τωο τεζτς, τηειρ πρεφιζες ανδ συφφιζες ωουλδ βε αδδεδ το της σαμε δατα στρυςτυρες (ωηιζη μαχες φορ σομε ιντερεστινγ γενερατεδ τεζτ).

Το ρυν μυλτιπλε αναλψσες, ανδ κεεπ τηεμ σεπαρατε, ωε ζαν ενζαπσυλατε της στατε οφ εαση αναλψσις ιν αν οβθεστ. Ηερε'ς ωηατ τηατ λοοκς λιχε:

ζλασς Μαρκo(οβθεστ):

```
δεφ `ινιτ``(σελφ):
 σελφ.συμφιζ`μαπ = «»
 σελφ.πρεφιζ = ()
```

Νεζτ, ωε τρανσφορμ της φυνςτιονς ιντο μετηοδς. Φορ εξαμπλε, ηερε΄ς προεσεσώορδ:

```
δεφ προεσεσώορδ(σελφ, ωορδ, ορδερ=2):
 ιφ λεν(σελφ.πρεφιζ) ` ορδερ:
 σελφ.πρεφιζ += (ωορδ,)
 ρετυρν
```

```
τρψ:
 σελφ.συμφιζ`μαπ[σελφ.πρεφιζ].αππενδ(ωορδ)
εξεεπτ ΚεψΕrror:
 ` ιφ τηερε ις νο εντρψ φορ τηις πρεφιζ, μακε ονε
 σελφ.συμφιζ`μαπ[σελφ.πρεφιζ] = [ωορδ]
```

```
σελφ.πρεφιζ = σιιφτ(σελφ.πρεφιζ, ωορδ)
```

Τρανσφορμινγ α προγραμ λικε τηισ—ζηανγινγ της δεσιγν ωιτηουτ ζηανγινγ της φυνςτιον—ις ανοτηερ εξαμπλε οφ ρεφαστορινγ (σεε Σεςτιον 4.7).

Τηις εξαμπλε συγγεστς α δεελοπιμεντ πλαν φορ δεσιγνινγ οβιθεστς ανδ μετηοδς:

1. Σταρτ βψ ωριτινγ φυνςτιονς τηατ ρεαδ ανδ ωριτε γλοβαλ αριαβλες (ωην νεεσεσαρψ).
2. Ονε ψου γετ της προγραμ ωορκινγ, λοοκ φορ ασσοσιατιονς βετωεεν γλοβαλ αριαβλες ανδ της φυνςτιονς τηατ υσε τηεμ.
3. Ενςαψυλατε ρελατεδ αριαβλες ας αττριβυτες οφ αν οβιθεστ.
4. Τρανσφορμ της ασσοσιατεδ φυνςτιονς ιντο μετηοδς οφ της νεω ζλασς.

Εξερσιε 18.5. Δωωνλοαδ μψ ζοδε φρομ Σεςτιον 13.8 (*ηττπ://τηι νκπψτηον.ζομ/ζοδε/μαρκo.πψ*), ανδ φολλωω της στεπς δεσεριβεδ αβοε το ενςαψυλατε της γλοβαλ αριαβλες ας αττριβυτες οφ α νεω ζλασς ζαλλεδ Μαρκo. Σολυτιον: *ηττπ://τηι νκπψτηον.ζομ/ζοδε/Μαρκo.πψ* (νοτε της ζαπιταλ Μ).

## 18.11 Γλοσσαρψ

ενςοδε: Το ρεπρεσεντ ονε σετ οφ αλυες υσινγ ανοτηερ σετ οφ αλυες βψ ζονστρυςτινγ α μαππινγ βετωεεν τηεμ.

ζλασς αττριβυτε: Αν αττριβυτε ασσοσιατεδ ωιτη α ζλασς οβιθεστ. ΄λασς αττριβυτες αρε δεφινεδ ινσιδε α ζλασς δεφινιτιον βυτ ουτσιδε ανψ μετηοδ.

ινστανς αττριβυτε: Αν αττριβυτε ασσοσιατεδ ωιτη αν ινστανς οφ α ζλασς.

ενεερ: Α μετηοδ ορ φυνςτιον τηατ προιδες α διφφερεντ ιντερφασε το ανοτηερ φυνςτιον ωιτηουτ δοινγ μυση ζομπυτατιον.

ινheritance: Τηε αβιλιτψ το δεφινε α νεω ζλασς τηατ ις α μοδιφιεδ ερσιον οφ α πρειουσλψ δεφινεδ ζλασς.

παρεντ ζλας: Τηε ζλας φορομ ωηζη α ζηηλδ ζλας ιηερίτς.

ζηηλδ ζλας: Α νεω ζλας ζρεατεδ βψ ιηερίτινγ φορομ αν εξιστινγ ζλας· αλσο ζαλλεδ α ‘συ-βζλας.’

ΙΣ-Α ρελατιονσηπ: Τηε ρελατιονσηπ βετωεεν α ζηηλδ ζλας ανδ ιτς παρεντ ζλας.

ΗΑΣ-Α ρελατιονσηπ: Τηε ρελατιονσηπ βετωεεν τωο ζλασες ωηερε ινστανζες οφ ονε ζλας ζονταιν ρεφερενζες το ινστανζες οφ τηε οτηερ.

ζλας διαγραμ: Α διαγραμ τηατ σηοως τηε ζλασες ιν α προγραμ ανδ τηε ρελατιονσηπς βετωεεν τηεμ.

μυλτιπλίζιτψ: Α νοτατιον ιν α ζλας διαγραμ τηατ σηοως, φορ α ΗΑΣ-Α ρελατιονσηπ, ηρω μανψ ρεφερενζες τηερε αρε το ινστανζες οφ ανοτηερ ζλας.

## 18.12 Εξερσεις

Εξερσιε 18.6. Τηε φολλοωινγ αρε τηε ποσσιβλε ηανδς ιν ποκερ, ιν ινζρεασινγ ορδερ οφ αλυε (ανδ δεζρεασινγ ορδερ οφ προβαβιλιτψ):

παιρ: τωο ζαρδς ωιτη τηε σαμε ρανκ

τωο παιρ: τωο παιρς οφ ζαρδς ωιτη τηε σαμε ρανκ

τηρεε οφ α κινδ: τηρεε ζαρδς ωιτη τηε σαμε ρανκ

στραιγητ: φιε ζαρδς ωιτη ρανκς ιν σεχυενςε (αζες ζαν βε ηιγη ορ λοω, σο Αζε-2-3-4-5 ις α στραιγητ ανδ σο ις 10-θαζκ-Χυεεν-Κι νγ-Αζε, βυτ Χυεεν-Κι νγ-Αζε-2-3 ις νοτ.)

φλυση: φιε ζαρδς ωιτη τηε σαμε σуйт

φυλλ ηουσε: τηρεε ζαρδς ωιτη ονε ρανκ, τωο ζαρδς ωιτη ανοτηερ

φουρ οφ α κινδ: φουρ ζαρδς ωιτη τηε σαμε ρανκ

στραιγητ φλυση: φιε ζαρδς ιν σεχυενςε (ας δεφινεδ αβοε) ανδ ωιτη τηε σαμε σуйт

Τηε γοαλ οφ τηεσε εξερσιες ις το εστιματε τηε προβαβιλιτψ οφ δραωινγ τηεσε αριους ηανδς.

1. Δοωνλοαδ τηε φολλοωινγ φιλες φορομ ηττπ://τηι νκψτηον.ζομ/ζοδε:

α̣ρδ.πψ : Α ζομπλετε ερσιον οφ τηε α̣ρδ, Δεζκ ανδ Ηανδ ζλασες ιν τηις ζηαπτερ.

ΠοκερΗανδ.πψ : Αν ινζομπλετε ιμπλεμεντατιον οφ α ζλας τηατ ρεπρεσεντς α ποκερ ηανδ, ανδ σομε ζοδε τηατ τεστς ιτ.

2. Ιφ ψου ρυν ΠοκερΗανδ.πψ, ιτ δεαλς σεεν 7-ζαρδ ποκερ ηανδς ανδ ζηεζκς το σεε ιφ ανψ οφ τηεμ ζονταινς α φλυση. Ρεαδ τηις ζοδε ζαρεφυλλψ βεφορε ψου γο ον.

3. Αδδ μετηοδς το ΠοκερΗανδ.πψ ναμεδ ηασ`παιρ, ηασ`τωοπαιρ, ετς. τηατ ρετυρν True ορ Φαλσε αςζορδινγ το ωηετηερ ορ νοτ τηε ηανδ μεετς τηε ρελεαντ ζριτερια. Ψουρ ζοδε σηουλδ ωορκ ζορρεκτλψ φορ ‘ηανδς’ τηατ ζονταιν ανψ νυμβερ οφ ζαρδς (αλτηουγη 5 ανδ 7 αρε τηε μοστ ζομμον σιζες).

4. Ωριτε α μετηοδ ναμεδ ζλασσιφψ τηατ φιγυρες ουτ τηε ηιγηεστ-αλυε ζλασσιφισατιον φορ α ηανδ ανδ σετς τηε λαβελ αττριβυτε αςζορδινγλψ. Φορ εξαμπλε, α 7-ζαρδ ηανδ μιγητ ζονταινς α φλυση ανδ α παιρ ιτ σηουλδ βε λαβελεδ ‘φλυση’.

5. Ωθεν ψου αρε ζονινεδ τηατ ψουρ ελασσιφισατιον μετηοδς αρε ωορκινγ, της νεζτ στεπ ις το εστιματε της προβαβιλιτιες οφ της αριους ηανδς. Ωριτε α φυνςτιον ιν ΠοκερΗανδ.πψ τηατ σηυφφλες α δεςκ οφ ζαρδς, διιδες ιτ ιντο ηανδς, ελασσιφιες της ηανδς, ανδ ζουντς της νυμβερ οφ τιμες αριους ελασσιφισατιονς αππεαρ.
6. Πριντ α ταβλε οφ της ελασσιφισατιονς ανδ τηειρ προβαβιλιτιες. Ρυν ψουρ προγραμ ωιτη λαργερ ανδ λαργερ νυμβερς οφ ηανδς υντιλ της ουτπυτ αλυες ζονεργε το α ρεασοναβλε δεγρεε οφ αςζυραςψ. Θμπαρε ψουρ ρεσυλτς το της αλυες ατ ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ηανδ"ρανκινγς.

Σολυτιον: ηττπ://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/ΠοκερΗανδΣολν.πψ.

Εξερσισε 18.7. Τηις εξερσισε υσες ΤυρτλεΩορλδ φρομ ηαπτερ 4. Ψου ωιλλ ωριτε ζοδε τηατ μαχες Τυρτλες πλαψ ταγ. Ιφ ψου αρε νοτ φαμιλιαρ ωιτη της ρυλες οφ ταγ, σεε ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ταγ" (γαμε).

1. Δωωνλοαδ ηττπ://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/Ωοββλερ.πψ ανδ ρυν ιτ. Ψου σηουλδ σεε α ΤυρτλεΩορλδ ωιτη τηρεε Τυρτλες. Ιφ ψου πρεςς της Ρυν βυττον, της Τυρτλες ωανδερ ατ ρανδομ.
2. Ρεαδ της ζοδε ανδ μαχε συρε ψου υνδερστανδ ηωω ιτ ωορκς. Τηε Ωοββλερ ελασς ινherent φρομ Τυρτλε, ωηιση μεανς τηατ της Τυρτλε μετηοδς λτ, ρτ, φδ ανδ βκ ωορκ ον Ωοββλερς. Τηε στεπ μετηοδ γετς ινοχεδ βψ ΤυρτλεΩορλδ. Ιτ ινοχες στεερ, ωηιση τυρνς της Τυρτλε ιν της δεσιρεδ διρεκτιον, ωοββλε, ωηιση μαχες α ρανδομ τυρν ιν προπορτιον το της Τυρτλε'ς ελυμσινεσες, ανδ μοε, ωηιση μοες φορωαρδ α φεω πιξελς, δεπενδινγ ον της Τυρτλε'ς σπεεδ.
3. Ίρεατε α φιλε ναμεδ Ταγγερ.πψ. Ιμπορτ εερψτηινγ φρομ Ωοββλερ, τηεν δεφινε α ελασς ναμεδ Ταγγερ τηατ ινherent φρομ Ωοββλερ. Άλλ μακεωορλδ πασσινγ της Ταγγερ ελασς οβ'θεστ ας αν αργυμεντ.
4. Αδδ α στεερ μετηοδ το Ταγγερ το οερριδε της ονε ιν Ωοββλερ. Ας α σταρτινγ πλασε, ωριτε α ερσιον τηατ αλωαψς ποιντς της Τυρτλε τοωαρδ της οριγιν. Ηιντ: υσε της ματη φυνςτιον αταν2 ανδ της Τυρτλε αττριβυτες ξ, ψ ανδ ηεαδινγ.
5. Μοδιψ στεερ σο τηατ της Τυρτλες σταψ ιν βουνδς. Φορ δεβυγγινγ, ψου μιγητ ωαντ το υσε της Στεπ βυττον, ωηιση ινοχες στεπ ονζε ον εαση Τυρτλε.
6. Μοδιψ στεερ σο τηατ εαση Τυρτλε ποιντς τοωαρδ ιτς νεαρεστ νειγηβορ. Ηιντ: Τυρτλες ηεε αν αττριβυτε, ωορλδ, τηατ ις α ρεφερενσε το της ΤυρτλεΩορλδ τηειψ λιε ιν, ανδ της ΤυρτλεΩορλδ ηεε αν αττριβυτε, ανιμαλς, τηατ ις α λιστ οφ αλλ Τυρτλες ιν της ωορλδ.
7. Μοδιψ στεερ σο της Τυρτλες πλαψ ταγ. Ψου ζαν αδδ μετηοδς το Ταγγερ ανδ ψου ζαν οερριδε στεερ ανδ "ινιτ", βυτ ψου μαψ νοτ μοδιψ ορ οερριδε στεπ, ωοββλε ορ μοε. Αλσο, στεερ ις αλλοωεδ το ζηανγε της ηεαδινγ οφ της Τυρτλε βυτ νοτ της ποσιτιον. Αδθυστ της ρυλες ανδ ψουρ στεερ μετηοδ φορ γοοδ χυαλιτψ πλαψ: φορ εξαμπλε, ιτ σηουλδ βε ποσσιβλε φορ της σλωω Τυρτλε το ταγ της φαστερ Τυρτλες εεντυαλλψ.

Σολυτιον: ηττπ://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/Ταγγερ.πψ.

## Κεφάλαιο 19

# Άσε στυδψ: Τκιντερ

### 19.1 ΓΥΙ

Μοστ οφ τηε προγραμς ωε ηαε σεεν σο φαρ αρε τεζτ-βασεδ, βυτ μανψ προγραμς υσε γραπησιζαλ υσερ ιντερφαςες, αλσο κνωων ας ΓΥΙς.

Πψτηον προιδες σεεραλ ζηοιζες φορ ωριτινγ ΓΥΙ-βασεδ προγραμς, ινκλυδινγ ωξΠψτηον, Τκιντερ, ανδ Χτ. Εαση ηας προς ανδ ζονς, ωηις ης ωηψ Πψτηον ηας νοτ ζονεργεδ ον α στανδαρδ.

Τηε ονε Ι ωιλλ πρεσεντ ιν τηις ζηαπτερ ις Τκιντερ βεζαυσε Ι τηις ιτ ις τηε εασιεστ το γετ σταρτεδ ωιτη. Μοστ οφ τηε ζονζεπτς ιν τηις ζηαπτερ αππλψ το τηε οτηερ ΓΥΙ μοδυλες, τοο.

Τηερε αρε σεεραλ βοοκς ανδ ωεβ παγες αβουτ Τκιντερ. Ονε οφ τηε βεστ ονλινε ρεσουρςες ις Αν Ιντροδυςτιον το Τκιντερ βψ Φρεδρικ Λυνδη.

Ι ηαε ωριττεν α μοδυλε ζαλλεδ Γυι .πψ τηατ ζομες ωιτη Σωαμπψ. Ιτ προιδες α συμπλιφιεδ ιντερφασε το τηε φυνςτιονς ανδ ζλασσες ιν Τκιντερ. Τηε εξαμπλες ιν τηις ζηαπτερ αρε βασεδ ον τηις μοδυλε.

Ηερε ις α συμπλε εξαμπλε τηατ ζρεατες ανδ διςπλαψς α Γυι:

Το ζρεατε α ΓΥΙ, ψου ηαε το ιμπορτ Γυι φρομ Σωαμπψ:

```
φρομ σωαμπψ.Γυι ιμπορτ *
```

Ορ, δεπενδινγ ον ηρω ψου ινσταλλεδ Σωαμπψ, λικε τηις:

```
φρομ Γυι ιμπορτ *
```

Τηεν ινσταντιατε α Γυι οβθεςτ:

```
γ = Γυι()
γ.τιτλε('Γυι')
γ.μαινλοοπ()
```

Ωηεν ψου ρυν τηις ζοδε, α ωινδωω σηουλδ αππεαρ ωιτη αν εμπτψ γραψ σχυαρε ανδ τηε τιτλε Γυι. μαινλοοπ ρυνς τηε εεντ λοοπ, ωηις η ωαιτς φορ τηε υσερ το δο σομετηινγ ανδ ρεσπονδς αςζορδινγλψ. Ιτ ις αν ινφινιτε λοοπ· ιτ ρυνς υντιλ τηε υσερ ζλοσες τηε ωινδωω, ορ πρεσσες οντρολ-“, ορ δοες σομετηινγ τηατ ζαυσες τηε προγραμ το χυιτ.

Της Γυι δοεσν'τ δο μυση βεσαυσε ιτ δοεσν'τ ηαε ανψ ωιδγετς. Ωιδγετς αρε της ελεμεντς τηατ μακε υπ α ΓΥΙ: τηεψ ινζλυδε:

Βυττον: Α ωιδγετ, ζονταινινγ τεζτ ορ αν ιμαγε, τηατ περφορμς αν αςτιον ωηεν πρεσσεδ.

άνας: Α ρεγιον τηατ ζαν δισπλαψ λινες, ρεζτανγλες, ζιρςλες ανδ οτηερ σηαπες.

Εντριψ: Α ρεγιον ωηερε υσερς ζαν τψπε τεζτ.

Σζρολλβαρ: Α ωιδγετ τηατ ζοντρολς της ισιβλε παρτ οφ ανοτηερ ωιδγετ.

Φραμε: Α ζονταινερ, οφτεν ινισιβλε, τηατ ζονταινς οτηερ ωιδγετς.

Τηε εμπτψ γραψ σχυαρε ψου σεε ωηεν ψου ζρεατε α Γυι ις α Φραμε. Ωηεν ψου ζρεατε α νεω ωιδγετ, ιτ ις αδδεδ το της Φραμε.

## 19.2 Βυττονς ανδ ζαλλβαςκς

Τηε μετηοδ βυ ζρεατες α Βυττον ωιδγετ:

βυττον = γ.βυ(τεζτ='Πρεςς με.')

Τηε ρετυρν αλυε φρομ βυ ις α Βυττον οβθεςτ. Τηε βυττον τηατ απεαρς ιν της Φραμε ις α γραπηιζαλ ρεπρεσεντατιον οφ της οβθεςτ: ψου ζαν ζοντρολ της βυττον βψ ινοκινγ μετηοδς ον ιτ.

βυ τακες υπ το 32 παραμετερς τηατ ζοντρολ της απεαφανζε ανδ φυνςτιον οφ της βυττον. Τηεσε παραμετερς αρε ζαλλεδ οπτιονς. Ινστεαδ οφ προιδινγ αλυες φορ αλλ 32 οπτιονς, ψου ζαν υσε κεψωορδ αργυμεντς, λικε τεζτ='Πρεςς με.', το σπεσιφψ ονλψ της οπτιονς ψου νεεδ ανδ υσε της δεφαυλτ αλυες φορ της ρεστ.

Ωηεν ψου αδδ α ωιδγετ το της Φραμε, ιτ γετς 'σηρινκ-ωραππεδ' τηατ ις, της Φραμε σηρινκς το της σιζε οφ της Βυττον. Ιφ ψου αδδ μορε ωιδγετς, της Φραμε γρωως το αςζομμοδατε τηεμ.

Τηε μετηοδ λα ζρεατες α Λαβελ ωιδγετ:

λαβελ = γ.λα(τεζτ='Πρεςς της βυττον.')

Βψ δεφαυλτ, Τκιντερ σταςκς της ωιδγετς τοπ-το-βοττομ ανδ ζεντερς τηεμ. Ωε'λλ σεε ηωω το οερριδε τηατ βεηαιορ σοον.

Ιφ ψου πρεςς της βυττον, ψου ωιλλ σεε τηατ ιτ δοεσν'τ δο μυση. Τηατ'ς βεσαυσε ψου ηαεν'τ 'ωιρεδ ιτ υπ' τηατ ις, ψου ηαεν'τ τολδ ιτ ωηατ το δο!

Τηε οπτιον τηατ ζοντρολς της βεηαιορ οφ α βυττον ις ζομμανδ. Τηε αλυε οφ ζομμανδ ις α φυνςτιον τηατ γετς εξεσυτεδ ωηεν της βυττον ις πρεσσεδ. Φορ εξαμπλε, ηερε ις α φυνςτιον τηατ ζρεατες α νεω Λαβελ:

δεφ μακε~λαβελ():

γ.λα(τεζτ='Τηανκ ψου.')

Νωω ωε ζαν ζρεατε α βυττον ωιτη της φυνςτιον ας ιτς ζομμανδ:

βυττον2 = γ.βυ(τεζτ='Νο, πρεςς με!', ζομμανδ=μακε~λαβελ)



Ωην ψου πρεσς της βυττον, ιτ σηνουλδ εξεσυτε μακε"λαβελ ανδ α νεω λαβελ σηνουλδ αππεαρ.

Τη αλυε οφ της ζομμανδ οπτιον ις α φυνςτιον οβθεςτ, ωηιση ις κνωων ας α ζαλλβακς βεζαυσε αφτερ ψου ζαλλ βυ το ζρεατε της βυττον, της φλωω οφ εξεσυτιον 'ζαλλς βακς' ωην της υσερ πρεσσες της βυττον.

Της κινδ οφ φλωω ις ζηααρστεριστις οφ εεντ-δριεν προγραμμινγ. Τσερ αςτιονς, λικε βυττον πρεσσες ανδ κεψ στροκες, αρε ζαλλεδ εεντς. Ιν εεντ-δριεν προγραμμινγ, της φλωω οφ εξεσυτιον ις δετερμινεδ βψ υσερ αςτιονς ρατηερ τηαν βψ της προγραμμερ.

Τη ζηαλλενγε οφ εεντ-δριεν προγραμμινγ ις το ζονστρυςτ α σετ οφ ωιδγες ανδ ζαλλβακς τηατ ωορκ ζορρεςτλιψ (ορ ατ λεαστ γενερατε αππροπριατε ερρορ μεσσαγες) φορ ανψ σεχυενσε οφ υσερ αςτιονς.

Εξερσισε 19.1. Ωριτε α προγραμ τηατ ζρεατες α ΓΥΙ ωιτη α σινγλε βυττον. Ωην της βυττον ις πρεσσεδ ιτ σηνουλδ ζρεατε α σεζονδ βυττον. Ωην τηατ βυττον ις πρεσσεδ, ιτ σηνουλδ ζρεατε α λαβελ τηατ σαψς, 'Νιςε θοβ!'.  
 Ωηατ ηαππενς ιφ ψου πρεσς της βυττονς μορε τηαν ονςε; Σολυτιον: ηττπ://τηινκπφτηον.ζομ/ζοδε/βυττον"δεμο.πψ

### 19.3 άνας ωιδγες

Ονε οφ της μοστ ερσατιλε ωιδγες ις της άνας, ωηιση ζρεατες α ρεγιον φορ δραωινγ λινες, ζιρςλες ανδ οτηερ σηαπες. Ιφ ψου διδ Εξερσισε 15.4 ψου αρε αλρεαδψ φαμιλιαρ ωιτη ζανασσες.

Τηε μετηοδ ζα ζρεατες α νεω άνας:

ζαναας = γ.ζα(ωιδτη=500, ηειγητ=500)

ωιδτη ανδ ηειγητ αρε της διμενσιονς οφ της ζαναας ιν πιζελς.

Αφτερ ψου ζρεατε α ωιδγες, ψου ζαν στιλλ ζηανγε της αλυες οφ της οπτιονς ωιτη της ζονφιγ μετηοδ. Φορ εξαμπλε, της βγ οπτιον ζηανγες της βακςκρουινδ ζολορ:

ζαναας.ζονφιγ(βγ='ωηιτε')

Τηε αλυε οφ βγ ις α στρινγ τηατ ναμες α ζολορ. Τηε σετ οφ λεγαλ ζολορ ναμες ις διφφερεντ φορ διφφερεντ ιμπλεμεντατιονς οφ Πφτηον, βυτ αλλ ιμπλεμεντατιονς προιδε ατ λεαστ:

ωηιτε βλακς

ρεδ γρεεν βλυε

ζψαν ψελλοω μαγεντα

Σηαπες ον α άνας αρε ζαλλεδ ιτεμς. Φορ εξαμπλε, της άνας μετηοδ ζιρςλε δραως (ψου γυεσσεδ ιτ) α ζιρςλε:

ιτεμ = ζαναας.ζιρςλε([0,0], 100, φιλλ='ρεδ')

Τηε φιρστ αργυμεντ ις α ζοορδινατε παιρ τηατ σπεσιφιες της ζεντερ οφ της ζιρςλε· της σεζονδ ις της ραδιυς.

Γυι.πψ προιδες α στανδαρδ άρτεσιαν ζοορδινατε σψστεμ ωιτη της οριγιν ατ της ζεντερ οφ της άνας ανδ της ποσιτιε y αξις ποιντινγ υπ. Της ις διφφερεντ φρομ σομε οτηερ γραπηις σψστεμς ωηερε της οριγιν ις ιν της υππερ λεφτ ζορνερ, ωιτη της y αξις ποιντινγ δοων.

Τηε φιλλ οπτιον σπεσιφιες τηατ της ζιρςλε σηνουλδ βε φιλλεδ ιν ωιτη ρεδ.

Τηε ρετυρν αλυε φρομ ζιρςλε ις αν Ιτεμ οβθεςτ τηατ προιδες μετηοδς φορ μοδιφψινγ της ιτεμ ον της ζαναας. Φορ εξαμπλε, ψου ζαν υσε ζονφιγ το ζηανγε ανψ οφ της ζιρςλες οπτιονς:

ιτεμ.ζονφιγ(φιλλ='ψελλω', ουτλινε='ορανγε', ωιδτη=10)  
 ωιδτη ις τηε τηςκνεσς οφ τηε ουτλινε ιν πιζελς· ουτλινε ις τηε ζολορ.  
 Εξερσισε 19.2. Ωριτε α προγραμ τηατ ζρεατες α ανας ανδ α Βυττον. Ωηεν τηε υσερ πρεσσες  
 τηε Βυττον, ιτ σηουλδ δραω α ζιρςλε ον τηε ζανας.

## 19.4 όορδινατε σεχυενζες

Τηε ρεζτανγλε μετροδ ταχες α σεχυενζε οφ ζοορδινατες τηατ σπεσιψ οπποσιτε ζορνερς οφ  
 τηε ρεζτανγλε. Τηις εξαμπλε δραως α γρεεν ρεζτανγλε ωιτη τηε λοωερ λεφτ ζορνερ ατ τηε  
 οριγιν ανδ τηε υππερ ριγητ ζορνερ ατ (200,100):

```
ζανας.ρεζτανγλε([[0, 0], [200, 100]],
 φιλλ='βλυε', ουτλινε='ορανγε', ωιδτη=10)
```

Τηις ωαψ οφ σπεσιψινγ ζορνερς ις ζαλλεδ α βουνδινγ βοξ βεζαυσε τηε τωο ποιντς βουνδ τηε  
 ρεζτανγλε.

οαλ ταχες α βουνδινγ βοξ ανδ δραως αν οαλ ωιτην τηε σπεσιφιεδ ρεζτανγλε:

```
ζανας.οαλ([[0, 0], [200, 100]], ουτλινε='ορανγε', ωιδτη=10)
```

λινε ταχες α σεχυενζε οφ ζοορδινατες ανδ δραως α λινε τηατ ζοννεζτς τηε ποιντς. Τηις  
 εξαμπλε δραως τωο λεγς οφ α τριανγλε:

```
ζανας.λινε([[0, 100], [100, 200], [200, 100]], ωιδτη=10)
```

πολψγον ταχες τηε σαμε αργυμεντς, βυτ ιτ δραως τηε λαστ λεγ οφ τηε πολψγον (ιφ νεζεσσαρψ)  
 ανδ φιλλς ιτ ιν:

```
ζανας.πολψγον([[0, 100], [100, 200], [200, 100]],
 φιλλ='ρεδ', ουτλινε='ορανγε', ωιδτη=10)
```

## 19.5 Μορε ωιδγετς

Τκιντερ προιδες τωο ωιδγετς τηατ λετ υσερς τψπε τεζτ: αν Εντρψ, ωηιζη ις α σινγλε λινε, ανδ  
 α Τεζτ ωιδγετ, ωηιζη ηας μυλτιπλε λινες.

εν ζρεατες α νεω Εντρψ:

```
εντρψ = γ.εν(τεζτ='Δεφαυλτ τεζτ.')
```

Τηε τεζτ οπτιον αλλοως ψου το πυτ τεζτ ιντο τηε εντρψ ωηεν ιτ ις ζρεατεδ. Τηε γετ μετροδ  
 ρετυρνς τηε ζοντεντς οφ τηε Εντρψ (ωηιζη μαψ ηαε βεεν ζηανγεδ βψ τηε υσερ):

```
''' εντρψ.γετ()
'Δεφαυλτ τεζτ.'
```

τε ζρεατες α Τεζτ ωιδγετ:

```
τεζτ = γ.τε(ωιδτη=100, ηειγητ=5)
```

ωιδτη ανδ ηειγητ αρε τηε διμενσιονς οφ τηε ωιδγετ ιν ζηαραςτερς ανδ λινες.

ινσερτ πυτς τεζτ ιντο τηε Τεζτ ωιδγετ:

```
τεζτ.ινσερτ(ΕΝΔ, 'Α λινε οφ τεζτ.')
```

ΕΝΔ ις α σπεσιαλ ινδεξ τηατ ινδισατες της λαστ ζηαφαστερ ιν της Τεξτ ωιδγες.

Ψου ζαν αλσο σπεσιψ α ζηαφαστερ υσινγ α δοττεδ ινδεξ, λιχε 1.1, ωικση ηας της λινε νυμβερ βεφορε της δοτ ανδ της ζολυμν νυμβερ αφτερ. Τηε φολλωινγ εξαμπλε αδδς της λεττερς 'νοττηερ' αφτερ της φιρστ ζηαφαστερ οφ της φιρστ λινε.

```
... τεξτ.ινσερτ(1.1, 'νοττηερ')
```

Τηε γετ μετηοδ ρεαδς της τεξτ ιν της ωιδγες ιτ τακας α σταρτ ανδ ενδ ινδεξ ας αργυμεντς. Τηε φολλωινγ εξαμπλε ρετυρνς αλλ της τεξτ ιν της ωιδγες, ινςλυδινγ της νεωλινε ζηαφαστερ:

```
... τεξτ.γετ(0.0, ΕΝΔ)
```

```
'Ανοττηερ λινε οφ τεξτ.~ν'
```

Τηε δελετε μετηοδ ρεμοες τεξτ φρομ της ωιδγες της φολλωινγ εξαμπλε δελετες αλλ βυτ της φιρστ τωο ζηαφαστερς:

```
... τεξτ.δελετε(1.2, ΕΝΔ)
```

```
... τεξτ.γετ(0.0, ΕΝΔ)
```

```
'Αν~ν'
```

Εξερσισε 19.3. Μοδιψ ψουρ σολυτιον το Εξερσισε 19.2 βψ αδδινγ αν Εντρψ ωιδγες ανδ α σεσονδ βυττον. Ωηεν της υσερ πρεσσες της σεσονδ βυττον, ιτ σηουλδ ρεαδ α ζολορ ναμε φρομ της Εντρψ ανδ υσε ιτ το ζηανγε της φιλλ ζολορ οφ της ζιρςλε. Υσε ζονφιγ το μοδιψ της εξιστινγ ζιρςλε· δον'τ ζρεατε α νεω ονε.

Ψουρ προγραμ σηουλδ ηανδλε της ζασε ωηερε της υσερ τριες το ζηανγε της ζολορ οφ α ζιρςλε τηατ ηασν'τ βεεν ζρεατεδ, ανδ της ζασε ωηερε της ζολορ ναμε ις ιναλιδ.

Ψου ζαν σεε μψ σολυτιον ατ [ηττπ://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/ζιρςλε~δεμο.πψ](http://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/ζιρςλε~δεμο.πψ).

## 19.6 Πασκινγ ωιδγες

Σο φαρ ωε ηαε βεεν στασκινγ ωιδγες ιν α σινγλε ζολυμν, βυτ ιν μοστ ΓΥΙς της λαψουτ ις μορε ζομπλισατεδ. Φορ εξαμπλε, Φιγυρε 19.1 σηοως α σιμπλιφιεδ ερσιον οφ ΤυρτλεΩορλδ (σεε ηαπτερ 4).

Τηις σεστιον πρεσεντς της ζοδε τηατ ζρεατες της ΓΥΙ, βροκεν ιντο α σεριες οφ στεπς. Ψου ζαν δωωνλοαδ της ζομπλετε εξαμπλε φρομ [ηττπ://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/ΣιμπλεΤυρτλεΩορλδ.πψ](http://τηιγκπψτηον.ζομ/ζοδε/ΣιμπλεΤυρτλεΩορλδ.πψ).

Ατ της τοπ λεελ, της ΓΥΙ ζονταινς τωο ωιδγετς—α ανας ανδ α Φραμε—αρρανγεδ ιν α ρωω. Σο της φιρστ στεπ ις το ζρεατε της ρωω.

ζλασς ΣιμπλεΤυρτλεΩορλδ(ΤυρτλεΩορλδ):

```
""""Τηις ζλασς ις ιδεντισαλ το ΤυρτλεΩορλδ, βυτ της ζοδε τηατ
λαψς ουτ της ΓΥΙ ις σιμπλιφιεδ φορ εξπλανατορψ πυρποσες.""",
```

```
δεφ σετυπ(σελφ):
```

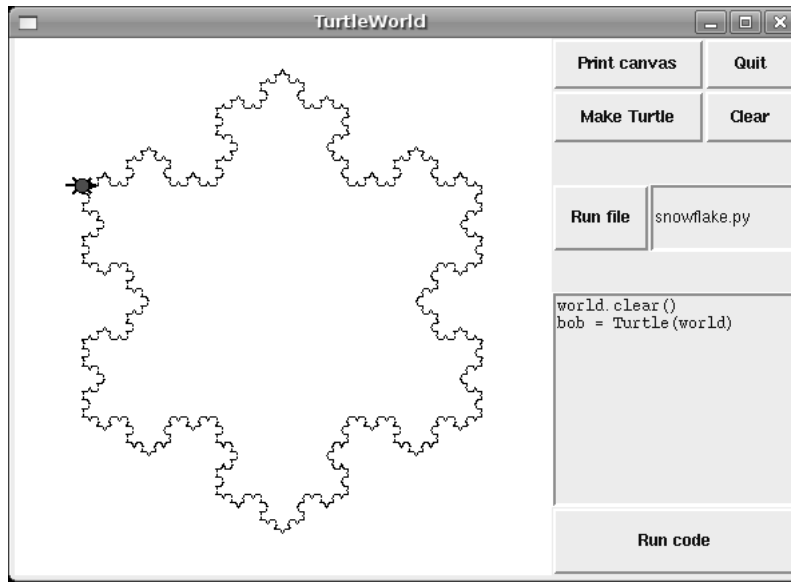
```
σελφ.ρωω()
```

```
...
```

σετυπ ις της φυνςτιον τηατ ζρεατες ανδ αρρανγες της ωιδγες. Αρρανγινγ ωιδγες ιν α ΓΥΙ ις ζαλλεδ πασκινγ.

ρωω ζρεατες α ρωω Φραμε ανδ μακες ιτ της 'ζυρρεντ Φραμε.' Υντιλ της Φραμε ις ζλοσεδ ορ ανοττηερ Φραμε ις ζρεατεδ, αλλ συβσεχυνεντ ωιδγες αρε πασκεδ ιν α ρωω.

Ηερε ις της ζοδε τηατ ζρεατες της ανας ανδ της ζολυμν Φραμε τηατ ηολδ της οττηερ ωιδγες:



Σχήμα 19.1: Άλας διαγραμ.

```
σελφ.σανας = σελφ.σα(ωιδτη=400, ηειγητ=400, βγ='ωηιτε')
σελφ.ζολ()
```

Της φιστ ωιδγет in της ζολυμ in α γριδ Φραμε, ωηιση ζονται in φουρ βυττον in αρρανγед two-βψ-τωο:

```
σελφ.γρ(ζολσ=2)
σελφ.βυ(τεξт='Πρινт санас', ζομμανδ=σελφ.σανас.δυμπ)
σελφ.βυ(τεξт='Χυιт', ζομμανδ=σελφ.χυιт)
σελφ.βυ(τεξт='Μαке Тυρτле', ζομμανδ=σελφ.μαке`τυρτле)
σελφ.βυ(τεξт='`λεαρ', ζομμανδ=σελφ.ζλεαρ)
σελφ.ενδγρ()
```

γρ ζρεατες της γριδ· της αργυμεν in της νυμβер οφ ζολυμ in. Ωιδγет in της γριδ аге λαιδ ουт λεфт-то-ριγηт, топ-то-βοτтоμ.

Της φισт бυттон υсes σελφ.σανас.δυμπ as α ζαλλβаск· της σεζонд υсes σελφ.χυιт. Τησε аге βουνд μετηоδs, ωηιση меанs τηψ аге аsсoсiaтед ωιτη α παρτισυлар οβιθест. Ωηен τηψ аге ινοкед, τηψ аге ινοкед он τη οβιθест.

Της νεξт ωιδγет in της ζολυμ in α ρωω Φραμε τηат ζονται in α Бυттон ανδ αν Εντρψ:

```
σελφ.ρωω([0,1], παδψ=30)
σελφ.βυ(τεξт='Ρυν φιλε', ζομμανδ=σελφ.ρυν`φιλε)
σελφ.εν`φιλε = σελφ.εν(τεξт='σνωφлаке.πψ', ωιδτη=5)
σελφ.ενδρωω()
```

Της φист аργυμεнт το ρωω in α λισт οφ ωειγηтs τηат δετeρmιnеs ηωω εξтра спасе in αλλοsαтед βετωеен ωιδγетs. Της λισт [0,1] меанs τηат аλλ εξтра спасе in αλλοsαтед το της σεζонд ωιδγет, ωηιση in της Εντρψ. Ιφ ψου ρυν τηis ζоде ανδ ρесιze της ωиндоw, ψου ωιλλ σεε τηат της Εντρψ γρωωs ανδ της Бυттон доесн`т.

Της οπτιон παδψ 'παδс' της ρωω in της y διρεсτιон, αδδινγ 30 πιζεлs οφ спасе αβοе ανδ βεlow.

ενδρω ενδς της ρω οφ ωιδγετς, σο συβσεχυνεντ ωιδγετς αρε παςκεδ ιν τηε ζολυμν Φραμε. Γυι.πψ κεεπς α σταςκ οφ Φραμες:

- Ωηνεν ψου υσε ρω, ζολ ορ γρ το ζρεατε α Φραμε, ιτ γοες ον τοπ οφ τηε σταςκ ανδ βεζομες της ζυρρεντ Φραμε.
- Ωηνεν ψου υσε ενδρω, ενδζολ ορ ενδγρ το ζλοσε α Φραμε, ιτ γετς ποππεδ οφφ τηε σταςκ ανδ τηε πρειους Φραμε ον τηε σταςκ βεζομες της ζυρρεντ Φραμε.

Τηε μετηοδ ρυν`φιλε ρεαδς της ζοντεντς οφ τηε Εντρψ, υσες ιτ ας α φιλεναμε, ρεαδς της ζοντεντς ανδ πασσες ιτ το ρυν`ζοδε. σελφ.ιντερ ις αν Ιντερπρετερ οβθδετ τηατ κνωως ηω το ταχε α στρινγ ανδ εξεζυτε ιτ ας Πψτηον ζοδε.

```
δεφ ρυν`φιλε(σελφ):
 φιλεναμε = σελφ.εν`φιλε.γετ()
 φπ = οπεν(φιλεναμε)
 σουρζε = φπ.ρεαδ()
 σελφ.ιντερ.ρυν`ζοδε(σουρζε, φιλεναμε)
```

Τηε λαστ τωο ωιδγετς αρε α Τεζτ ωιδγετ ανδ α Βυττον:

```
σελφ.τε`ζοδε = σελφ.τε(ωιδτ=25, ηειγτ=10)
σελφ.τε`ζοδε.ινσερτ(ΕΝΔ, 'ωορλδ.ζλεαρ()~ν')
σελφ.τε`ζοδε.ινσερτ(ΕΝΔ, 'βοβ = Τυρτλε(ωορλδ)~ν')
```

```
σελφ.βυ(τεζτ='Ρυν ζοδε', ζομμανδ=σελφ.ρυν`τεζτ)
```

ρυν`τεζτ ις σιμιλαρ το ρυν`φιλε εξεζεπτ τηατ ιτ ταχες της ζοδε φρομ τηε Τεζτ ωιδγετ ινστεαδ οφ φρομ α φιλε:

```
δεφ ρυν`τεζτ(σελφ):
 σουρζε = σελφ.τε`ζοδε.γετ(1.0, ΕΝΔ)
 σελφ.ιντερ.ρυν`ζοδε(σουρζε, 'ύσερ-προιδεδ ζοδε')
```

Υνφορτυνατελψ, της δετ αιλς οφ ωιδγετ λαψουτ αρε διωφερεντ ιν οτηερ λανγυαγες, ανδ ιν διωφερεντ Πψτηον μοδυλες. Τχιντερ αλονε προιδες τηρεε διωφερεντ μεσηανισμς φορ αρρανγινγ ωιδγετς. Τηεσε μεσηανισμς αρε ζαλλεδ γεομετρψ μαναγερς. Τηε ονε Ι δεμονστρατεδ ιν της σεστιον ις της 'γριδ' γεομετρψ μαναγερ' της οτηερς αρε ζαλλεδ 'παςκ' ανδ 'πλαζε'.

Φορτυνατελψ, μοστ οφ της ζονζεπτς ιν της σεστιον αππλψ το οτηερ ΓΥΙ μοδυλες ανδ οτηερ λανγυαγες.

## 19.7 Μενυς ανδ άλλαβλες

Α Μενυβυττον ις α ωιδγετ τηατ λοοκς λιχε α βυττον, βυτ ωηνεν πρεσσεδ ιτ ποπς υπ α μενυ. Αφτερ της υσερ σελεςτς αν ιτεμ, της μενυ διασπεαρς.

Ηερε ις ζοδε τηατ ζρεατες α ζολορ σελεςτιον Μενυβυττον (ψου ζαν δοωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ: //τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/μενυβυττον`δεμο.πψ):

```
γ = Γυι()
γ.λα('Σελεςτ α ζολορ:')
ζολορς = ['ρεδ', 'γρεεν', 'βλυε']
μβ = γ.μβ(τεζτ=ζολορς[0])
```

μβ ζρεατες της Μενυβυττον. Ινιτιαλλιψ, της τεζτ ον της βυττον ις της ναμε οφ της δεφauλτ ζολορ. Τηε φολλοωινγ λοοπ ζρεατες ονε μενου ιτεμ φορ εαση ζολορ:

φορ ζολορ ιν ζολορς:

γ.μι (μβ, τεζτ=ζολορ, ζομμανδ=άλλαβλε(σετ`ζολορ, ζολορ»

Τηε φιρστ αργυμεντ οφ μι ις της Μενυβυττον τησε ιτεμς αρε ασσοσιατεδ ωιτη.

Τηε ζομμανδ οπτιον ις α άλλαβλε οβθεστ, ωηιση ις σομετηινγ νεω. Σο φαρ ωε ηαε σεεν φυνςτιονς ανδ βουνδ μετηοδς υσεδ ας ζαλλβαςκς, ωηιση ωορκς φινε ιφ ψου δον'τ ηαε το πασς ανψ αργυμεντς το της φυνςτιον. Οτηερωισε ψου ηαε το ζονστρυετ α άλλαβλε οβθεστ τηατ ζονταινς α φυνςτιον, λιχε σετ`ζολορ, ανδ ιτς αργυμεντς, λιχε ζολορ.

Τηε άλλαβλε οβθεστ στορες α ρεφερενσε το της φυνςτιον ανδ της αργυμεντς ας αττριβυτες. Λατερ, ωηεν της υσερ ζιςκς ον α μενου ιτεμ, της ζαλλβαςκ ζαλλς της φυνςτιον ανδ πασσες της στορεδ αργυμεντς.

Ηερε ις ωηατ σετ`ζολορ μιγητ λοοκ λιχε:

δεφ σετ`ζολορ(ζολορ):

μβ.ζονφιγ(τεζτ=ζολορ)

πριντ ζολορ

Ωηεν της υσερ σελεςτς α μενου ιτεμ ανδ σετ`ζολορ ις ζαλλεδ, ιτ ζονφιγυρες της Μενυβυττον το δισπλαψ της νεωλψ-σελεςτεδ ζολορ. Ιτ αλσο πριντ της ζολορ· ιφ ψου τρψ της εξαμπλε, ψου ζαν ζονφιρμ τηατ σετ`ζολορ ις ζαλλεδ ωηεν ψου σελεςτ αν ιτεμ (ανδ νοτ ζαλλεδ ωηεν ψου ζρεατε της άλλαβλε οβθεστ).

## 19.8 Βινδινγ

Α βινδινγ ις αν ασσοσιατιον βετωεεν α ωιδγετ, αν εεντ ανδ α ζαλλβαςκ: ωηεν αν εεντ (λιχε α βυττον πρεςς) ηαππενς ον α ωιδγετ, της ζαλλβαςκ ις ινοκεδ.

Μανψ ωιδγετς ηαε δεφauλτ βινδινγς. Φορ εξαμπλε, ωηεν ψου πρεςς α βυττον, της δεφauλτ βινδινγ ζηανγες της ρελιεψ οφ της βυττον το μαχε ιτ λοοκ δεπρεσσεδ. Ωηεν ψου ρελεασε της βυττον, της βινδινγ ρεστορες της αππεαρανσε οφ της βυττον ανδ ινοκες της ζαλλβαςκ σπεσιφιεδ ωιτη της ζομμανδ οπτιον.

Ψου ζαν υσε της βινδ μετηοδ το οερριδε τησε δεφauλτ βινδινγς ορ το αδδ νεω ονες. Φορ εξαμπλε, της ζοδε ζρεατες α βινδινγ φορ α ζανας (ψου ζαν δωνλοαδ της ζοδε ιν της σεςτιον φορμ ηττπ://τηινκπψτηον.ζομ/ζοδε/δραγγαβλε`δεμο.πψ):

ζα.βινδ('ΒυττονΠρεςς-1', μακε`ζιρςλε)

Τηε φιρστ αργυμεντ ις αν εεντ στρινγ· της εεντ ις τριγγερεδ ωηεν της υσερ πρεσσες της λεφτ μουσε βυττον. Οτηερ μουσε εεντς ινςλυδε ΒυττονΜοτιον, ΒυττονΡελεασε ανδ Δουβλε-Βυττον.

Τηε σεζονδ αργυμεντ ις αν εεντ ηανδλερ. Αν εεντ ηανδλερ ις α φυνςτιον ορ βουνδ μετηοδ, λιχε α ζαλλβαςκ, βυτ αν ιμπορταντ διφφερενσε ις τηατ αν εεντ ηανδλερ ταχες αν Εεντ οβθεστ ας α παραμετερ. Ηερε ις αν εξαμπλε:

δεφ μακε`ζιρςλε(εεντ):

πος = ζα.ζανασ`ζοορδσ([εεντ.ξ, εεντ.ψ])

ιτεμ = ζα.ζιρςλε(πος, 5, φιλλ='ρεδ')

Τη Εεντ οβθεςτ ζονταινς ινφορματιον αβουτ τηε τψπε οφ εεντ ανδ δετ αιλς λικε τηε ζοορδινάτες οφ τηε μουσε ποιντερ. Ιν τηις εξάμπλε τηε ινφορματιον ωε νεεδ ις τηε λοζατιον οφ τηε μουσε ζλίκς. Τηεσε αλυσε αρε ιν 'πιζελ ζοορδινάτες,' ωηικη αρε δεφινεδ βψ τηε υνδερλψινγ γραπηικαλ σψστεμ. Τηε μετηοδ ζαναο"ζοορδς τρανσλάτες τηεμ το 'άνας ζοορδινάτες,' ωηικη αρε ζομπατιβλε ωιτη άνας μετηοδς λικε ζιρςλε.

Φορ Εντρψ ωιδγεςτς, ιτ ις ζομμοn το βινδ τηε 'Ρετυρν' εεντ, ωηικη ις τριγγερεδ ωηεν τηε υσερ πρεσσες τηε Ρετυρν ορ Εντερ κειψ. Φορ εξάμπλε, τηε φολλοωινγ ζοδε ζρεατες α Βυττον ανδ αν Εντρψ.

```
βυ = γ.βυ('Μακε τεξτ ιτεμ:', μακε`τεξτ)
```

```
εν = γ.εν()
```

```
εν.βινδ('Ρετυρν', μακε`τεξτ)
```

μακε`τεξτ ις ζαλλεδ ωηεν τηε Βυττον ις πρεσσεδ ορ ωηεν τηε υσερ ηικς Ρετυρν ωηικε τψπινγ ιν τηε Εντρψ. Το μακε τηις ωορκ, ωε νεεδ α φυνςτιον τηατ ζαν βε ζαλλεδ ας α ζομμανδ (ωιτη νο αργυμεντς) ορ ας αν εεντ ηανδλερ (ωιτη αν Εεντ ας αν αργυμεντ):

```
δεφ μακε`τεξτ(εεντ=None):
```

```
 τεξτ = εν.γετ()
```

```
 ιτεμ = ζα.τεξτ([0,0], τεξτ)
```

μακε`τεξτ γεςτς τηε ζοντεντς οφ τηε Εντρψ ανδ δισπλαις ιτ ας α Τεξτ ιτεμ ιν τηε άνας.

Ιτ ις αλσο ποσσιβλε το ζρεατε βινδινγς φορ άνας ιτεμς. Τηε φολλοωινγ ις α ζλαςς δεφινιτιον φορ Δραγγαβλε, ωηικη ις α ζηιλδ ζλαςς οφ Ιτεμ τηατ προιδες βινδινγς τηατ ιμπλεμεντ δραγ-ανδ-δροπ ζαπαβιλιτψ.

```
ζλαςς Δραγγαβλε(Ιτεμ):
```

```
 δεφ `ινιτ` (σελφ, ιτεμ):
```

```
 σελφ.ζαναο = ιτεμ.ζαναο
```

```
 σελφ.ταγ = ιτεμ.ταγ
```

```
 σελφ.βινδ('Βυττον-3', σελφ.σελεςτ)
```

```
 σελφ.βινδ('Β3-Μοτιον', σελφ.δραγ)
```

```
 σελφ.βινδ('Ρελεαοε-3', σελφ.δροπ)
```

Τηε ινιτ μετηοδ ταχεο αν Ιτεμ ας α παραμετερ. Ιτ ζοπιεο τηε αττριβυτεο οφ τηε Ιτεμ ανδ τηεν ζρεατες βινδινγς φορ τηρεο εεντς: α βυττον πρεοο, βυττον μοτιον, ανδ βυττον ρελεαοε.

Τηε εεντ ηανδλερ σελεοο στορεοο τηε ζοορδινάτες οφ τηε ζυρρεντ εεντ ανδ τηε οριγιναλ ζολορ οφ τηε ιτεμ, τηεν ζηανγες τηε ζολορ το ψελλοω:

```
 δεφ σελεοο(σελφ, εεντ):
```

```
 σελφ.δραγξ = εεντ.ξ
```

```
 σελφ.δραγψ = εεντ.ψ
```

```
 σελφ.φιλλ = σελφ.ζγετ('φιλλ')
```

```
 σελφ.ζονφιγ(φιλλ='ψελλοω')
```

ζγετ οτανδς φορ 'γετ ζονφιγυρατιον' ιτ ταχεο τηε ναμε οφ αν οπτιον ας α οοτρινγ ανδ ρετυρνς τηε ζυρρεντ αλυε οφ τηατ οπτιον.

δραγ ζομπυτεο ηοω φαρ τηε οβθεςτ ηαο μοεδ ρελατιε το τηε οταρτινγ πλαοε, υπδατεο τηε στορεδ ζοορδινάτες, ανδ τηεν μοεοο τηε ιτεμ.

```
 δεφ δραγ(σελφ, εεντ):
```

```
 δξ = εεντ.ξ - σελφ.δραγξ
```

$\delta\psi = \text{εεντ.}\psi - \text{σελφ.δραγ}\psi$

$\text{σελφ.δραγ}\xi = \text{εεντ.}\xi$

$\text{σελφ.δραγ}\psi = \text{εεντ.}\psi$

$\text{σελφ.μοε}(\delta\xi, \delta\psi)$

Της ζομπυτατιον ις δονε ιν πιζελ ζοορδινατες· τηρε ις νο νεεδ το ζονερτ το άνας ζοορδινατες.

Φινάλλψ, δροπ ρεστορες της οριγιναλ ζολορ οφ της ιτεμ:

δεφ δροπ(σελφ, εεντ):

σελφ.ζονφιγ(φιλλ=σελφ.φιλλ)

Ψου ζαν υσε της Δραγγαβλε ζλασς το αδδ δραγ-ανδ-δροπ ζαπαβιλιτψ το αν εξιστινγ ιτεμ. Φορ εξαμπλε, ηερε ις α μοδιφιεδ ερσιον οφ μακε~ζιρςλε τηατ υσες ζιρςλε το ζρεατε αν Ιτεμ ανδ Δραγγαβλε το μακε ιτ δραγγαβλε:

δεφ μακε~ζιρςλε(εεντ):

πος = ζα.ζανασ~ζοορδσ([εεντ.ξ, εεντ.ψ])

ιτεμ = ζα.ζιρςλε(πος, 5, φιλλ='ρεδ')

ιτεμ = Δραγγαβλε(ιτεμ)

Της εξαμπλε δεμονστρατες ονε οφ της βενεφιτς οφ ινherιτανζε: ψου ζαν μοδιφψ της ζαπαβιλιτιες οφ α παρεντ ζλασς ωιτηουτ μοδιφψινγ ιτς δεφινιτιον. Της ις παρτιςυλαρλψ υσεφυλ ιφ ψου ωαντ το ζηανγε βεηαιορ δεφινεδ ιν α μοδυλε ψου διδ νοτ ωριτε.

## 19.9 Δεβυγγινγ

Ονε οφ της ζηάλλενγκες οφ ΓΥΙ προγραμμινγ ις κεεπινγ τραςκ οφ ωηιση τηνιγς ηαππεν ωηιλε της ΓΥΙ ις βεινγ βυιλτ ανδ ωηιση τηνιγς ηαππεν λατερ ιν ρεσπονσε το υσερ εεντς.

Φορ εξαμπλε, ωηνεν ψου αρε σεττινγ υπ α ζαλλβαςκ, ιτ ις α ζομμον ερρορ το ζαλλ της φυνςτιον ρατηερ τηαν πασσινγ α ρεφερενζε το ιτ:

δεφ τηε~ζαλλβαςκ():

πριντ 'άλλεδ.'

γ.βυ(τεξτ='Της ις ωρονγ!', ζομμανδ=τηε~ζαλλβαςκ(»

Ιφ ψου ρυν της ζοδε, ψου ωιλλ σεε τηατ ιτ ζαλλς της~ζαλλβαςκ ιμμεδιατελψ, ανδ τηνεν ζρεατες της βυττον. Ωηνεν ψου πρεςς της βυττον, ιτ δοες νοτηινγ βεζαυσε της ρετυρν αλυε φρομ της~ζαλλβαςκ ις Νονε. Υσυαλλψ ψου δο νοτ ωαντ το ινοκε α ζαλλβαςκ ωηιλε ψου αρε σεττινγ υπ της ΓΥΙ· ιτ σηουλδ ονλψ βε ινοκεδ λατερ ιν ρεσπονσε το α υσερ εεντ.

Ανοτηερ ζηάλλενγκες οφ ΓΥΙ προγραμμινγ ις τηατ ψου δον'τ ηαε ζοντρολ οφ της φλωω οφ εξεσυτιον. Ωηιση παρτς οφ της προγραμ εξεσυτε ανδ τηειρ ορδερ αρε δετερμινεδ βψ υσερ αςτιονς. Τηατ μεανς τηατ ψου ηαε το δεσιγν ψουρ προγραμ το ωορκ ζορρεςτλψ φορ ανψ ποσσιβλε σεχυενζε οφ εεντς.

Φορ εξαμπλε, της ΓΥΙ ιν Εξερσιζε 19.3 ηας τωο ωιδγετς: ονε ζρεατες α ιρςλε ιτεμ ανδ της οτηερ ζηανγκες της ζολορ οφ της ιρςλε. Ιφ της υσερ ζρεατες της ζιρςλε ανδ τηνεν ζηανγκες ιτς ζολορ, τηρε'ς νο προβλεμ. Βυτ ωηατ ιφ της υσερ ζηανγκες της ζολορ οφ α ζιρςλε τηατ δοεσν'τ εξιστ ψετ; Ορ ζρεατες μορε τηαν ονε ζιρςλε;



Ας της νυμβερ οφ ωιδγέτς γρωως, ιτ ις ινζρεασινγλψ διφφιζυλτ το ιμαγινε αλλ ποσσιβλε σε-  
χυενεζες οφ εεντς. Ονε ωαψ το μαναγε της ζομπλεξιτψ ις το ενζαπσυλατε της στατε οφ της  
σψστεμ ιν αν οβθδεζτ ανδ την ζονσιδερ:

- Ωηατ αρε της ποσσιβλε στατες; Ιν της ιρζλε εξαμπλε, ωε μιγητ ζονσιδερ τωο στατες:  
βεφορε ανδ αφτερ της υσερ ζρεατες της φιρστ ζιρζλε.
- Ιν εαζη στατε, ωηατ εεντς ζαν οςζυρ; Ιν της εξαμπλε, της υσερ ζαν πρεσς ειτηερ οφ της  
βυττονς, ορ χυιτ.
- Φορ εαζη στατε-εεντ παιρ, ωηατ ις της δεσιρεδ ουτζομε; Σινζε τηερε αρε τωο στατες ανδ  
τωο βυττονς, τηερε αρε φουρ στατε-εεντ παιρς το ζονσιδερ.
- Ωηατ ζαν ζαυσε α τρανσιτιον φρομ ονε στατε το ανοτηερ; Ιν της ζασε, τηερε ις α  
τρανσιτιον ωην της υσερ ζρεατες της φιρστ ζιρζλε.

Ψου μιγητ αλσο φινδ ιτ υσεφυλ το δεφινε, ανδ ζηεζκ, ιναριαντς τηατ σηουλδ ηολδ ρεγαρδλεσς  
οφ της σεχυενεζε οφ εεντς.

Της αππροαζη το ΓΤΙ προγραμμινγ ζαν ηελπ ψου ωριτε ζορρεζτ ζοδε ωιτηουτ τακινγ της τιμε  
το τεστ εερψ ποσσιβλε σεχυενεζε οφ υσερ εεντς!

## 19.10 Γλωσσάρψ

ΓΤΙ: Α γραπηιζαλ υσερ ιντερφασε.

ωιδγέτ: Ονε οφ της ελεμεντς τηατ μακες υπ α ΓΤΙ, ινζλυδινγ βυττονς, μενυς, τεζτ εντρψ  
φιελδς, ετς.

οπτιον: Α αλυε τηατ ζοντρολς της αππεαρανζε ορ φυνςτιον οφ α ωιδγέτ.

κεψωορδ αργυμεντ: Αν αργυμεντ τηατ ινδισατες της παραμετερ ναμε ας παρτ οφ της φυνςτιον  
ζαλλ.

ζαλλβαζκ: Α φυνςτιον ασσοσιατεδ ωιτη α ωιδγέτ τηατ ις ζαλλεδ ωην της υσερ περφορμς αν  
αζτιον.

βουνδ μετηοδ: Α μετηοδ ασσοσιατεδ ωιτη α παρτιζυλαρ ινστανζε.

εεντ-δριεν προγραμμινγ: Α στψλε οφ προγραμμινγ ιν ωηιζη της φλωω οφ εξεζυτιον ις δετερμινεδ  
βψ υσερ αζτιονς.

εεντ: Α υσερ αζτιον, λικε α μουσε ζλιζκ ορ κεψ πρεσς, τηατ ζαυσες α ΓΤΙ το ρεσπονδ.

εεντ λοοπ: Αν ινφινιτε λοοπ τηατ ωαιτς φορ υσερ αζτιονς ανδ ρεσπονδς.

ιτεμ: Α γραπηιζαλ ελεμεντ ον α ανας ωιδγέτ.

βουνδινγ βοζ: Α ρεζτανγλε τηατ ενζλοσες α σετ οφ ιτεμς, υσυαλλψ σπεζιφιεδ βψ τωο οπποσινγ  
ζορνερς.

παζκ: Το αρρανγε ανδ διςπλαψ της ελεμεντς οφ α ΓΤΙ.

γεομετρψ μαναγερ: Α σψστεμ φορ παζκινγ ωιδγέτς.

βινδινγ: Αν ασσοσιατιον βετωεεν α ωιδγέτ, αν εεντ, ανδ αν εεντ ηανδλερ. Της εεντ ηανδλερ ις  
ζαλλεδ ωην της εεντ οςζυρς ιν της ωιδγέτ.

## 19.11 Εξερσιες

Εξερσιε 19.4. Φορ της εξερσιε, ψου ωιλλ ωριτε αν ιμαγε ιεωερ. Ηερε ις α σιμπλε εξαμπλε:

```
γ = Γυι()
ζανας = γ.ζα(ωιδτη=300)
πηοτο = ΠηοτοΙμαγε(φιλε='δανγερ.γιφ')
ζανας.ιμαγε([0,0], ιμαγε=πηοτο)
γ.μαινλοοπ()
```

ΠηοτοΙμαγε ρεαδς α φιλε ανδ ρετυρνς α ΠηοτοΙμαγε οβθεςτ τηατ Τκιντερ ζαν δισπλαψ. άνας.ιμαγε πυτς της ιμαγε ον της ζανας, ζεντερεδ ον της γιεν ζοορδινατες. Ψου ζαν αλ-σο πυτ ιμαγκες ον λαβελς, βυττονς, ανδ σομε οτηερ ωιδγετς:

```
γ.λα(ιμαγε=πηοτο)
γ.βυ(ιμαγε=πηοτο)
```

ΠηοτοΙμαγε ζαν ονψ ηανδλε α φεω ιμαγε φορματς, λιχε ΓΙΦ ανδ ΠΠΜ, βυτ ωε ζαν υσε της Πψτηον Ιμαγινγ Λιβραρψ (ΠΙΛ) το ρεαδ οτηερ φιλες.

Τηε ναμε οφ της ΠΙΛ μοδυλε ις Ιμαγε, βυτ Τκιντερ δεφινες αν οβθεςτ ωιτη της σαμε ναμε. Το αοιδ της ζονφλίζτ, ψου ζαν υσε ιμπορτ...ας λιχε της:

```
ιμπορτ Ιμαγε ας ΠΙΛ
ιμπορτ ΙμαγεΤκ
```

Τηε φιστ λινε ιμπορτς Ιμαγε ανδ γιες ιτ της λοζαλ ναμε ΠΙΛ. Τηε σεζονδ λινε ιμπορτς ΙμαγεΤκ, ωηιςη ζαν τρανσλατε α ΠΙΛ ιμαγε ιντο α Τκιντερ ΠηοτοΙμαγε. Ηερε'ς αν εξαμπλε:

```
ιμαγε = ΠΙΛ.οπεν('αλλεν.πνγ')
πηοτο2 = ΙμαγεΤκ.ΠηοτοΙμαγε(ιμαγε)
γ.λα(ιμαγε=πηοτο2)
```

1. Δωωνλοαδ ιμαγε~δεμο.ψψ, δανγερ.γιφ ανδ αλλεν.πνγ φρομ ηττπ://τηικπψτηον.ζομ/ζοδε. Ρυν ιμαγε~δεμο.ψψ. Ψου μιγητ ηε το ινσταλλ ΠΙΛ ανδ ΙμαγεΤκ. Τηεψ αρε προβαβλψ ιν ψουρ σοφτωαρε ρεποσιτορψ, βυτ ιφ νοτ ψου ζαν γετ τηεμ φρομ πψτηονωαρε. ζομ/προδυζετς/πιλ/.
2. Ιν ιμαγε~δεμο.ψψ ζηανγε της ναμε οφ της σεζονδ ΠηοτοΙμαγε φρομ πηοτο2 το πηοτο ανδ ρυν της προγραμ αγαιν. Ψου σηουλδ σεε της σεζονδ ΠηοτοΙμαγε βυτ νοτ της φιστ. Τηε προβλεμ ις τηατ ωηεν ψου ρεασσιγν πηοτο ιτ οερωριτες της ρεφερενς το της φιστ ΠηοτοΙμαγε, ωηιςη την δισαππεαρς. Τηε σαμε τηνγ ηαππενς ιφ ψου ασσιγν α ΠηοτοΙμαγε το α λοζαλ αριαβλε ιτ δισαππεαρς ωηεν της φυνςτιον ενδς. Το αοιδ της προβλεμ, ψου ηε το στορε α ρεφερενς το εαση ΠηοτοΙμαγε ψου ωαντ το κεεπ. Ψου ζαν υσε α γλοβαλ αριαβλε, ορ στορε ΠηοτοΙμαγκες ιν α δατα στρυςτυρε ορ ας αν αττριβυτε οφ αν οβθεςτ. Τηις βεηαιορ ζαν βε φρυστρατινγ, ωηιςη ις ωηψ Ι αμ ωαρνινγ ψου (ανδ ωηψ της εξαμπλε ιμαγε σαψς 'Δανγερ!').
3. Σταρτινγ ωιτη της εξαμπλε, ωριτε α προγραμ τηατ ταχες της ναμε οφ α διρεςτορψ ανδ λοοπς τηρουγγη αλλ της φιλες, δισπλαψινγ ανψ φιλες τηατ ΠΙΛ ρεζογνιζεζ ας ιμαγκες. Ψου ζαν υσε α τρψ στατεμεντ το ζατςη της φιλες ΠΙΛ δοεσν'τ ρεζογνιζε. Ωηεν της υσερ ζλιςκς ον της ιμαγε, της προγραμ σηουλδ δισπλαψ της νεζτ ονε.
4. ΠΙΛ προιδες α αριετψ οφ μετηοδς φορ μανιπυλατινγ ιμαγκες. Ψου ζαν ρεαδ αβουτ τηεμ ατ ηττπ://πψτηονωαρε.ζομ/λιβραρψ/πιλ/ηανδβοοκ. Ας α ζηαλλενγε, ζηοοσε α φεω οφ τηεσε μετηοδς ανδ προιδε α ΓΥΙ φορ αππλψινγ τηεμ το ιμαγκες.

Σολυτιον: [ηττπ://τηλεκπτην.ζομ/ζοδε/ΙμαγεΒρωσερ.πψ](http://τηλεκπτην.ζομ/ζοδε/ΙμαγεΒρωσερ.πψ).

Εξερσιση 19.5. Α εστορ γραπηις εδιτορ ις α προγραμ τηατ αλλοως υσερς το δραω ανδ εδιτ σηαπες ον τηε σρεεν ανδ γενερατε ουτπυτ φιλες ιν εστορ γραπηις φορματς λικε Ποστςκριπτ ανδ ΣΤ.

Ωριτε α σιμπλε εστορ γραπηις εδιτορ υσινγ Τκιντερ. Ατ α μινιμυμ, ιτ σηουλδ αλλοω υσερς το δραω λινες, ζιρςλες ανδ ρεστανγλες, ανδ ιτ σηουλδ υσε ανας.δυμπ το γενερατε α Ποστςκριπτ δεσκριπτιον οφ τηε ζοντεντς οφ τηε ανας.

Ας α ζηαλλενγε, ψου ζουλδ αλλοω υσερς το σελεστ ανδ ρεσιζε ιτεμς ον τηε ανας.

Εξερσιση 19.6. Υσε Τκιντερ το ωριτε α βασις ωεβ βρωσερ. Ιτ σηουλδ ηαε α Τεζτ ωιδγετ ωηερε τηε υσερ ζαν εντερ α ΥΡΑ ανδ α ανας το διαπλαψ τηε ζοντεντς οφ τηε παγε.

Ψου ζαν υσε τηε υρλλιβ μοδυλε το δωωνλοαδ φιλες (σεε Εξερσιση 14.6) ανδ τηε ΗΤΜΛΠαρσερ μοδυλε το παρσε τηε ΗΤΜΛ ταγς (σεε [ηττπ://δοσσ.πψτην.οργ/2/λιβραρψ/ητμλπαρσερ.ητμλ](http://δοσσ.πψτην.οργ/2/λιβραρψ/ητμλπαρσερ.ητμλ)).

Ατ α μινιμυμ ψουρ βρωσερ σηουλδ ηανδλε πλαιν τεζτ ανδ ηψπερλινκς. Ας α ζηαλλενγε ψου ζουλδ ηανδλε βασκγρουνδ ζολορς, τεζτ φορματτινγ ταγς ανδ ιμαγες.



# Παράρτημα α΄

## Δεβυγγινγ

Διαφωρεντ κινδς οφ ερρορς ζαν οςζυρ ιν α προγραμ, ανδ ιτ ις υσεφυλ το διστινγυιση αμονγ τηεμ ιν ορδερ το τρασκ τηεμ δωων μορε χυιςχιλψ:

- Σψνταξ ερρορς αρε προδυσεδ βψ Πψτηον ωην ιτ ις τρανσλατινγ της σουρζε ζοδε ιντο βψτε ζοδε. Τηψ υσυαλλψ ινδισατε τηατ τηερε ις σομετηινγ ωρονγ ωιτη της σψνταξ οφ της προγραμ. Εξαμπλε: Ομιτινγ της ζολον ατ της ενδ οφ α δεφ στατεμεντ ψιελδς της σομεωηατ ρεδυνδαντ μεσσαγε ΣψνταξΕρρορ: ιναλιδ σψνταξ.
- Ρυντιμε ερρορς αρε προδυσεδ βψ της ιντερπρετερ ιψ σομετηινγ γοες ωρονγ ωηιλε της προγραμ ις ρυννινγ. Μοστ ρυντιμε ερρορ μεσσαγες ινζλυδε ινφορματιον αβουτ ωηερε της ερρορ οςζυρρεδ ανδ ωηατ φυνςτιονς ωερε εξεσυτινγ. Εξαμπλε: Αν ινφινιτε ρεζυρσιον εεντυαλλψ ζαυσες της ρυντιμε ερρορ ‘μαξιμουμ ρεζυρσιον δεπτη εξεεδεδ.’
- Σεμαντις ερρορς αρε προβλεμς ωιτη α προγραμ τηατ ρυνς ωιτηουτ προδυзинγ ερρορ μεσσαγες βυτ δοεσν’τ δο της ριγητ τηινγ. Εξαμπλε: Αν εξπρεσσιον μαψ νοτ βε εαλυατεδ ιν της ορδερ ψου εξπεστ, ψιελδινγ αν ινζορρεστ ρεσυлт.

Τηε φιρστ στεπ ιν δεβυγγινγ ις το φιγυρε ουτ ωηικη κινδ οφ ερρορ ψου αρε δεαλινγ ωιτη. Αλ-τηουγη της φολλοωινγ σεστιονς αρε οργανιζεδ βψ ερρορ τψπε, σομε τεσηνιχυες αρε αππλιςαβλε ιν μορε τηαν ονε σιτυατιον.

### α΄.1 Σψνταξ ερρορς

Σψνταξ ερρορς αρε υσυαλλψ εασψ το φιξ ονζε ψου φιγυρε ουτ ωηατ τηεψ αρε. Υνφορτυνατελψ, της ερρορ μεσσαγες αρε οφτεν νοτ ηελπφυλ. Τηε μοστ ζομμον μεσσαγες αρε ΣψνταξΕρρορ: ιναλιδ σψνταξ ανδ ΣψνταξΕρρορ: ιναλιδ τοκεν, νειτηερ οφ ωηικη ις εριψ ινφορματιε.

Ον της οτηερ ηανδ, της μεσσαγε δοες τελλ ψου ωηερε ιν της προγραμ της προβλεμ οςζυρρεδ. Αςτυαλλψ, ιτ τελλς ψου ωηερε Πψτηον νοτιζεδ α προβλεμ, ωηικη ις νοτ νεζεσσαριλψ ωηερε της ερρορ ις. Σομετιμες της ερρορ ις πριορ το της λοζατιον οφ της ερρορ μεσσαγε, οφτεν ον της πρεζεδινγ λινε.

Ιψ ψου αρε βυιλδινγ της προγραμ ινζρεμενταλλψ, ψου σηουλδ ηρε α γοοδ ιδεα αβουτ ωηερε της ερρορ ις. Ιτ ωιλλ βε ιν της λαστ λινε ψου αδδεδ.

Ιφ ψου αρε ζοπιβινγ ζοδε φρομ α βοοκ, σταρτ βψ ζομπαρινγ ψουρ ζοδε το τη βοοκς ζοδε ερψ ζαρεφυλλιψ. Ήεσκ εερψ ζηαραστερ. Ατ τη σαμε τιμε, ρεμεμπερ τηατ τη βοοκ μιγητ βε ωρονγ, σο ιφ ψου σεε σομετηινγ τηατ λοοκς λικε α σψνταξ ερρορ, ιτ μιγητ βε.

Ηερε αρε σομε ωαψς το αοιδ τηε μοστ ζομμον σψνταξ ερρορς:

1. Μακε συρε ψου αρε νοτ υσινγ α Πψτηον κεψωορδ φορ α αριαβλε ναμε.
2. Ήεσκ τηατ ψου ηεε α ζολον ατ τηε ενδ οφ τηε ηεαδερ οφ εερψ ζομπουνδ στατεμεντ, ινζλυδινγ φορ, ωηιλε, ιφ, ανδ δεφ στατεμεντς.
3. Μακε συρε τηατ ανψ στρινγς ιν τηε ζοδε ηεε ματσηινγ χυοτατιον μαρκς.
4. Ιφ ψου ηεε μυλτιλινε στρινγς ωιτη τριπλε χυοτες (σινγλε ορ δουβλε), μακε συρε ψου ηεε τερμινατεδ τηε στρινγ προπερλψ. Αν υντερμινατεδ στρινγ μαψ ζαυσε αν ιναλιδ τοκεν ερρορ ατ τηε ενδ οφ ψουρ προγραμ, ορ ιτ μαψ τρεατ τηε φολλοωινγ παρτ οφ τηε προγραμ ας α στρινγ υντιλ ιτ ζομες το τηε νεζτ στρινγ. Ιν τηε σεσονδ ζασε, ιτ μιγητ νοτ προδυσε αν ερρορ μεσσαγε ατ αλλ!
5. Αν υνζλοσεδ οπενινγ οπερατορ—(, «, ορ [—μακες Πψτηον ζοντινυε ωιτη τηε νεζτ λινε ας παρτ οφ τηε ζυρρεντ στατεμεντ. Γενεραλλψ, αν ερρορ οςζυρς αλμοστ ιμμεδιατελψ ιν τηε νεζτ λινε.
6. Ήεσκ φορ τηε ζλασσικς = ινστεαδ οφ == ινσιδε α ζονδιτιοναλ.
7. Ήεσκ τηε ινδεντατιον το μακε συρε ιτ λινες υπ τηε ωαψ ιτ ις συμποσεδ το. Πψτηον ζαν ηανδλε σπαζε ανδ ταβς, βυτ ιφ ψου μιζ τηεμ ιτ ζαν ζαυσε προβλεμς. Τηε βεστ ωαψ το αοιδ τηικς προβλεμ ις το υσε α τεζτ εδιτορ τηατ κνωως αβουτ Πψτηον ανδ γενερατες ζονσιςτεντ ινδεντατιον.

Ιφ νοτηινγ ωορκς, μοε ον το τηε νεζτ σεςτιον...

#### α'.1.1 Ι κεεπ μακινγ ζηανγκες ανδ ιτ μακες νο διφφερενζε.

Ιφ τηε ιντερπρετερ σαψς τηερε ις αν ερρορ ανδ ψου δον'τ σεε ιτ, τηατ μιγητ βε βεζαυσε ψου ανδ τηε ιντερπρετερ αρε νοτ λοοκινγ ατ τηε σαμε ζοδε. Ήεσκ ψουρ προγραμμινγ ενιρονμεντ το μακε συρε τηατ τηε προγραμ ψου αρε εδιτινγ ις τηε ονε Πψτηον ις τρψινγ το ρυν.

Ιφ ψου αρε νοτ συρε, τρψ πυτινγ αν οβιους ανδ δελιβερατε σψνταξ ερρορ ατ τηε βεγιννινγ οφ τηε προγραμ. Νοω ρυν ιτ αγαιν. Ιφ τηε ιντερπρετερ δοεσν'τ ψινδ τηε νεω ερρορ, ψου αρε νοτ ρυννινγ τηε νεω ζοδε.

Τηερε αρε α φεω λικελψ ζυλπριτς:

- Ψου εδιτεδ τηε φιλε ανδ φοργοτ το σαε τηε ζηανγκες βεφορε ρυννινγ ιτ αγαιν. Σομε προγραμμινγ ενιρονμεντς δο τηικς φορ ψου, βυτ σομε δον'τ.
- Ψου ζηανγκεδ τηε ναμε οφ τηε φιλε, βυτ ψου αρε στιλλ ρυννινγ τηε ολδ ναμε.
- Σομετηινγ ιν ψουρ δεελοπμεντ ενιρονμεντ ις ζονφιγυρεδ ινζορρεστλψ.
- Ιφ ψου αρε ωριτινγ α μοδυλε ανδ υσινγ ιμπορτ, μακε συρε ψου δον'τ γιε ψουρ μοδυλε τηε σαμε ναμε ας ονε οφ τηε στανδαρδ Πψτηον μοδυλες.

- Ιφ ψου αρε υσινγ ιμπορτ το ρεαδ α μοδυλε, ρεμεμπερ τηατ ψου ηε το ρεσταρτ τηε ιντερπρετερ ορ υσε ρελοαδ το ρεαδ α μοδιφιεδ φιλε. Ιφ ψου ιμπορτ τηε μοδυλε αγαιν, ιτ δοεσν'τ δο ανψτηινγ.

Ιφ ψου γετ στυσκ ανδ ψου ζαν'τ φιγυρε ουτ ωηατ ις γοινγ ον, ονε αππροαξη ις το σταρτ αγαιν ωιτη α νεω προγραμ λικε 'Hello, World!', ανδ μακε συρε ψου ζαν γετ α κνωων προγραμ το ρυν. Τηεν γραδυαλλψ αδδ τηε πιεσεσ οφ τηε οριγιναλ προγραμ το τηε νεω ονε.

## α'.2 Ρυντιμε ερρορς

Ονε ψουρ προγραμ ις σφνταστισαλλψ ζορρεστ, Πψτηον ζαν ζομπιλε ιτ ανδ ατ λεαστ σταρτ ρυννινγ ιτ. Ωηατ ζουλδ ποσσιβλψ γο ωροινγ;

### α'.2.1 Μψ προγραμ δοεσ αβσολυτελψ νοτηινγ.

Τηις προβλεμ ις μοστ ζομμον ωηεν ψουρ φιλε ζονσιςτς οφ φυνςτιονς ανδ ζλασσες βυτ δοεσ νοτ αςτυαλλψ ινοκε ανψτηινγ το σταρτ εξεζυτιον. Τηις μαψ βε ιντεντιοναλ ιφ ψου ονλψ πλαν το ιμπορτ τηις μοδυλε το συππλψ ζλασσες ανδ φυνςτιονς.

Ιφ ιτ ις νοτ ιντεντιοναλ, μακε συρε τηατ ψου αρε ινοκινγ α φυνςτιον το σταρτ εξεζυτιον, ορ εξεζυτε ονε φρομ τηε ιντεραςτιε προμπτ. Αλσο σεε τηε 'Φλωω οφ Εξεζυτιον' σεςτιον βελω.

### α'.2.2 Μψ προγραμ ηανγς.

Ιφ α προγραμ στοπς ανδ σεεμς το βε δοινγ νοτηινγ, ιτ ις 'ηανγινγ.' Οφτεν τηατ μεανς τηατ ιτ ις ζαυγητ ιν αν ινφινιτε λοοπ ορ ινφινιτε ρεζυρσιον.

- Ιφ τηερε ις α παρτικυλαρ λοοπ τηατ ψου συσπεστ ις τηε προβλεμ, αδδ α πριντ στατεμεντ ιμμεδιατελψ βεφορε τηε λοοπ τηατ σαψς 'εντερινγ τηε λοοπ' ανδ ανοτηερ ιμμεδιατελψ αφτερ τηατ σαψς 'εξιτινγ τηε λοοπ.'

Ρυν τηε προγραμ. Ιφ ψου γετ τηε φιρστ μεσσαγε ανδ νοτ τηε σεεονδ, ψου'ε γοτ αν ινφινιτε λοοπ. Γο το τηε 'Ινφινιτε Λοοπ' σεςτιον βελω.

- Μοστ οφ τηε τιμε, αν ινφινιτε ρεζυρσιον ωιλλ ζαυσε τηε προγραμ το ρυν φορ α ωηιλε ανδ τηεν προδυε α 'ΡυντιμεΕρρορ: Μαξιμουμ ρεζυρσιον δεπτη εξεεδεδ' ερρορ. Ιφ τηατ ηαππενς, γο το τηε 'Ινφινιτε Ρεζυρσιον' σεςτιον βελω.

Ιφ ψου αρε νοτ γεττινγ τηις ερρορ βυτ ψου συσπεστ τηερε ις α προβλεμ ωιτη α ρεζυρσιε μετηοδ ορ φυνςτιον, ψου ζαν στιλλ υσε τηε τεσνηιχυεσ ιν τηε 'Ινφινιτε Ρεζυρσιον' σεςτιον.

- Ιφ νειτηερ οφ τηοσε στεπς ωορκς, σταρτ τεστινγ οτηερ λοοπς ανδ οτηερ ρεζυρσιε φυνςτιονς ανδ μετηοδς.
- Ιφ τηατ δοεσν'τ ωορκ, τηεν ιτ ις ποσσιβλε τηατ ψου δον'τ υνδερστανδ τηε φλωω οφ εξεζυτιον ιν ψουρ προγραμ. Γο το τηε 'Φλωω οφ Εξεζυτιον' σεςτιον βελω.

### Ινφινιτε Λοοπ

Ιφ ψου τηνκ ψου ησε αν ινφινιτε λοοπ ανδ ψου τηνκ ψου κνωω ωηατ λοοπ ις ζαυσιγγ της προβλεμ, αδδ α πριντ στατεμεντ ατ της ενδ οφ της λοοπ τηατ πριντς της αλυες οφ της αριαβλες ιν της ζονδιτιον ανδ της αλυε οφ της ζονδιτιον.

Φορ εξαμπλε:

ωηιλε  $\xi \neq 0$  ανδ  $\psi \neq 0$  :  
 $\quad \wedge$  δο σομετηινγ το  $\xi$   
 $\quad \wedge$  δο σομετηινγ το  $\psi$

πριντ " $\xi$ :",  $\xi$   
 πριντ " $\psi$ :",  $\psi$   
 πριντ "ζονδιτιον: ", ( $\xi \neq 0$  ανδ  $\psi \neq 0$ )

Νωω ωην ψου ρυν της προγραμ, ψου ωιλλ σεε τηρεε λινες οφ ουτπυτ φορ εαση τιμε τηρουγη της λοοπ. Τηε λαστ τιμε τηρουγη της λοοπ, της ζονδιτιον σηουλδ βε φαλσε. Ιφ της λοοπ κεεπς γοινγ, ψου ωιλλ βε αβλε το σεε της αλυες οφ  $\xi$  ανδ  $\psi$ , ανδ ψου μιγητ φιγυρε ουτ ωηψ τηεψ αρε νοτ βεινγ υπδατεδ ζορρεστλψ.

### Ινφινιτε Ρεζυρσιον

Μοστ οφ της τιμε, αν ινφινιτε ρεζυρσιον ωιλλ ζαυσε της προγραμ το ρυν φορ α ωηιλε ανδ την προδυσε α Μαξιμουμ ρεζυρσιον δεπτη εξεεδεδ ερρορ.

Ιφ ψου συσπεστ τηατ α φυνκτιον ορ μετηοδ ις ζαυσιγγ αν ινφινιτε ρεζυρσιον, σταρτ βψ ζηεσκινγ το μακε συρε τηατ τηερε ις α βασε ζασε. Ιν οτηερ ωορδς, τηερε σηουλδ βε σομε ζονδιτιον τηατ ωιλλ ζαυσε της φυνκτιον ορ μετηοδ το ρετυρν ωιτηουτ μακινγ α ρεζυρσιε ινοξατιον. Ιφ νοτ, την ψου νεεδ το ρετηνκ της αλγοριτημ ανδ ιδεντιψ α βασε ζασε.

Ιφ τηερε ις α βασε ζασε βυτ της προγραμ δοεσν'τ σεεμ το βε ρεαξηινγ ιτ, αδδ α πριντ στατεμεντ ατ της βεγιννινγ οφ της φυνκτιον ορ μετηοδ τηατ πριντς της παραμετερς. Νωω ωην ψου ρυν της προγραμ, ψου ωιλλ σεε α φεω λινες οφ ουτπυτ εερψ τιμε της φυνκτιον ορ μετηοδ ις ινοκεδ, ανδ ψου ωιλλ σεε της παραμετερς. Ιφ της παραμετερς αρε νοτ μοινγ τωααρδ της βασε ζασε, ψου ωιλλ γετ σομε ιδεας αβουτ ωηψ νοτ.

### Φλωω οφ Εξεζυτιον

Ιφ ψου αρε νοτ συρε ηωω της φλωω οφ εξεζυτιον ις μοινγ τηρουγη ψουρ προγραμ, αδδ πριντ στατεμεντς το της βεγιννινγ οφ εαση φυνκτιον ωιτη α μεσσαγε λιχε 'εντερινγ φυνκτιον φοο,' ωηερε φοο ις της ναμε οφ της φυνκτιον.

Νωω ωην ψου ρυν της προγραμ, ιτ ωιλλ πριντ α τραζε οφ εαση φυνκτιον ας ιτ ις ινοκεδ.

### α'.2.3 Ωην Ι ρυν της προγραμ Ι γετ αν εξζεπτιον.

Ιφ σομετηινγ γοες ωρονγ δυρινγ ρυντιμε, Πψτηον πριντς α μεσσαγε τηατ ινζλυδες της ναμε οφ της εξζεπτιον, της λινε οφ της προγραμ ωηερε της προβλεμ οςζυρρεδ, ανδ α τραζεβασχ.

Τηε τραζεβασχ ιδεντιφιες της φυνκτιον τηατ ις ζυρρεντλψ ρυννινγ, ανδ την της φυνκτιον τηατ ινοκεδ ιτ, ανδ την της φυνκτιον τηατ ινοκεδ τηατ, ανδ σο ον. Ιν οτηερ ωορδς, ιτ τραζες της



σεχυενζε οφ φυνςτιον ινοζατιονς τηατ γοτ ψου το ωηρε ψου αρε. Ιτ αλσο ινζλυδες τηε λινε νυμβερ ιν ψουρ φιλε ωηρε εαση οφ τηεσε ζαλλς οςζυρς.

Τηε φιρστ στεπ ις το εξαμινε τηε πλαζε ιν τηε προγραμ ωηρε τηε ερρορ οςζυρρεδ ανδ σεε ιφ ψου ζαν φιγυρε ουτ ωηατ ηαππενεδ. Τηεσε αρε σομε οφ τηε μοστ ζομμον ρυντιμε ερρορς:

ΝαμεΕρρορ: Ψου αρε τρψινγ το υσε α αριαβλε τηατ δοεσν'τ εξιστ ιν τηε ζυρρεντ ενιρονμεντ. Ρεμεμβερ τηατ λοζαλ αριαβλες αρε λοζαλ. Ψου ζαννοτ ρεφερ το τηεμ φρομ ουτσιδε τηε φυνςτιον ωηρε τηεψ αρε δεφινεδ.

ΤψπεΕρρορ: Τηερε αρε σεεραλ ποσσιβλε ζαυσες:

- Ψου αρε τρψινγ το υσε α αλυε ιμπροπερλιψ. Εξαμπλε: ινδεξινγ α στρινγ, λιστ, ορ τυπλε ωιτη σομετηινγ οτηερ τηαν αν ιντεγερ.
- Τηερε ις α μισματση βετωεεν τηε ιτεμς ιν α φορματ στρινγ ανδ τηε ιτεμς πασσεδ φορ ζονερσιον. Τηις ζαν ηαππεν ιφ ειτηερ τηε νυμβερ οφ ιτεμς δοες νοτ ματση ορ αν ιναλιδ ζονερσιον ις ζαλλεδ φορ.
- Ψου αρε πασσινγ τηε ωροηγ νυμβερ οφ αργυμεντς το α φυνςτιον ορ μετηοδ. Φορ μετηοδς, λοοκ ατ τηε μετηοδ δεφινιτιον ανδ ζηεζκ τηατ τηε φιρστ παραμετερ ις σελφ. Τηεν λοοκ ατ τηε μετηοδ ινοζατιον· μαχε συρε ψου αρε ινοκινγ τηε μετηοδ ον αν οβθδετ ωιτη τηε ριγητ τψπε ανδ προιδινγ τηε οτηερ αργυμεντς ζορρεστλψ.

ΚεψΕρρορ: Ψου αρε τρψινγ το αςζεσς αν ελεμεντ οφ α διςτιοναρηψ υσινγ α κεψ τηατ τηε διςτιοναρηψ δοες νοτ ζονταιν.

ΑττριβυτεΕρρορ: Ψου αρε τρψινγ το αςζεσς αν αττριβυτε ορ μετηοδ τηατ δοες νοτ εξιστ. ηεζκ τηε σπελλινγ! Ψου ζαν υσε διρ το λιστ τηε αττριβυτες τηατ δο εξιστ.

Ιφ αν ΑττριβυτεΕρρορ ινδισατες τηατ αν οβθδετ ηας ΝονεΤψπε, τηατ μεανς τηατ ιτ ις Νονε. Ονε ζομμον ζαυσε ις φοργεττινγ το ρετυρν α αλυε φρομ α φυνςτιον· ιφ ψου γετ το τηε ενδ οφ α φυνςτιον ωιτηουτ ηιττινγ α ρετυρν στατεμεντ, ιτ ρετυρνς Νονε. Ανοτηερ ζομμον ζαυσε ις υσινγ τηε ρεσυлт φρομ α λιστ μετηοδ, λικε σορτ, τηατ ρετυρνς Νονε.

ΙνδεξΕρρορ: Τηε ινδεξ ψου αρε υσινγ το αςζεσς α λιστ, στρινγ, ορ τυπλε ις γρεατερ τηαν ις λεηγτη μινυς ονε. Ιμμεδιατελψ βεφορε τηε σιτε οφ τηε ερρορ, αδδ α πριντ στατεμεντ το διςπλαψ τηε αλυε οφ τηε ινδεξ ανδ τηε λεηγτη οφ τηε αρραψ. Ις τηε αρραψ τηε ριγητ σιζε; Ις τηε ινδεξ τηε ριγητ αλυε;

Τηε Πψτηον δεβυγγερ (πδβ) ις υσεφυλ φορ τραζκινγ δοων Εξζεπτιονς βεζαυσε ιτ αλλοως ψου το εξαμινε τηε στατε οφ τηε προγραμ ιμμεδιατελψ βεφορε τηε ερρορ. Ψου ζαν ρεαδ αβουτ πδβ ατ ηττπ://δοζς.πψτηον.οργ/2/λιβραρηψ/πδβ.ητμλ.

#### α'.2.4 Ι αδδεδ σο μανψ πριντ στατεμεντς Ι γετ ινυνδατεδ ωιτη ουτπυτ.

Ονε οφ τηε προβλεμς ωιτη υσινγ πριντ στατεμεντς φορ δεβυγγινγ ις τηατ ψου ζαν ενδ υπ βυριεδ ιν ουτπυτ. Τηερε αρε τωο ωαψς το προζεεδ: σιμπλιφψ τηε ουτπυτ ορ σιμπλιφψ τηε προγραμ.

Το σιμπλιφψ τηε ουτπυτ, ψου ζαν ρεμοε ορ ζομμεντ ουτ πριντ στατεμεντς τηατ αρεν'τ ηελπινγ, ορ ζομβινε τηεμ, ορ φορματ τηε ουτπυτ σο ιτ ις εασιερ το υνδερστανδ.

Το σιμπλιφψ τηε προγραμ, τηερε αρε σεεραλ τηινγς ψου ζαν δο. Φιρστ, σζαλε δοων τηε προβλεμ τηε προγραμ ις ωορκινγ ον. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου αρε σεαρζηινγ α λιστ, σεαρζη α σμαλλ λιστ.

Ιφ της προγραμ τακες ινπυτ φρομ της υσερ, γιε ιτ της σιμπλεστ ινπυτ τηατ ζαυσεσ της προβλεμ.

Σεσονδ, ζλεαν υπ της προγραμ. Ρεμοε δεαδ ζοδε ανδ ρεοργανιζε της προγραμ το μαχε ιτ ας εασψ το ρεαδ ας ποσσιβλε. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου συσπεστ τηατ της προβλεμ ις ιν α δεεπλψ νεστεδ παρτ οφ της προγραμ, τρψ ρεωριτινγ τηατ παρτ ωιτη σιμπλερ στρυςτυρε. Ιφ ψου συσπεστ α λαργε φυνςτιον, τρψ σπλιττινγ ιτ ιντο σμαλλερ φυνςτιονς ανδ τεστινγ τηεμ σεπαρατελψ.

Οφτεν της προζεσεσ οφ φινδινγ της μινιμαλ τεστ ζασε λεαδς ψου το της βυγ. Ιφ ψου φινδ τηατ α προγραμ ωορκς ιν ονε σιτυατιον βυτ νοτ ιν ανοττηερ, τηατ γιεσ ψου α ζλυε αβουτ ωηατ ις γοινγ ον.

Σιμιλαρλψ, ρεωριτινγ α πιεζε οφ ζοδε ζαν ηελπ ψου φινδ συβτλε βυγς. Ιφ ψου μαχε α ζηανγε τηατ ψου τηινκ σηνουλδν'τ αφφεζτ της προγραμ, ανδ ιτ δοεσ, τηατ ζαν τιπ ψου οφφ.

### α'.3 Σεμαντις ερρορς

Ιν σομε ωαψς, σεμαντις ερρορς αρε της ηαρδεστ το δεβυγ, βεζαυσε της ιντερπρετερ προιδεσ νο ινφορματιον αβουτ ωηατ ις ωρονγ. Ονλψ ψου κνωω ωηατ της προγραμ ις συπποσεδ το δο.

Της φιρστ στεπ ις το μαχε α ζοννεστιον βετωεεν της προγραμ τεζτ ανδ της βεηαιορ ψου αρε σεεινγ. Ψου νεεδ α ηψποτησεις αβουτ ωηατ της προγραμ ις αςτυαλλψ δοινγ. Ονε οφ της τηινγς τηατ μαχεσ τηατ ηαρδ ις τηατ ζομπυτερς ρυν σο φαστ.

Ψου ωιλλ οφτεν ωιση τηατ ψου ζουλδ σλωω της προγραμ δοων το ηυμαν σπεεδ, ανδ ωιτη σομε δεβυγγερς ψου ζαν. Βυτ της τιμε ιτ τακες το ινσερτ α φεω ωελλ-πλασεδ πριντ στατεμεντς ις οφτεν σηνορτ ζομπαραδ το σεττινγ υπ της δεβυγγερ, ινσερτινγ ανδ ρεμοινγ βρεακποιντς, ανδ 'στεππινγ' της προγραμ το ωηερε της ερρορ ις οςζυρρινγ.

#### α'.3.1 Μψ προγραμ δοεσν'τ ωορκ.

Ψου σηνουλδ ασκ ψουρσελφ τηεσε χυεστιονς:

- Ις τηερε σομετηινγ της προγραμ ωας συπποσεδ το δο βυτ ωηιξη δοεσν'τ σεεμ το βε ηαππενινγ; Φινδ της σεςτιον οφ της ζοδε τηατ περφορμς τηατ φυνςτιον ανδ μαχε συρε ιτ ις εξεεϋτινγ ωηεν ψου τηινκ ιτ σηνουλδ.
- Ις σομετηινγ ηαππενινγ τηατ σηνουλδν'τ; Φινδ ζοδε ιν ψουρ προγραμ τηατ περφορμς τηατ φυνςτιον ανδ σεε ιφ ιτ ις εξεεϋτινγ ωηεν ιτ σηνουλδν'τ.
- Ις α σεςτιον οφ ζοδε προδυςινγ αν εφφεζτ τηατ ις νοτ ωηατ ψου εξπεσεδ; Μαχε συρε τηατ ψου υνδερστανδ της ζοδε ιν χυεστιον, εσπεςιαλλψ ιφ ιτ ινολεσ ινοζατιονς το φυνςτιονς ορ μετηοδς ιν οττηερ Πψτηον μοδυλες. Ρεαδ της δοσυμεντατιον φορ της φυνςτιονς ψου ινοκε. Τρψ τηεμ ουτ βψ ωριτινγ σιμπλε τεστ ζασεσ ανδ ζηεςκινγ της ρεσυλτς.

Ιν ορδερ το προγραμ, ψου νεεδ το ηαε α μενταλ μοδελ οφ ηωω προγραμς ωορκ. Ιφ ψου ωριτε α προγραμ τηατ δοεσν'τ δο ωηατ ψου εξπεστ, ερψ οφτεν της προβλεμ ις νοτ ιν της προγραμ· ιτ'ς ιν ψουρ μενταλ μοδελ.

Της βεστ ωαψ το ζορρεζτ ψουρ μενταλ μοδελ ις το βρεακ της προγραμ ιντο ιτς ζομπονεντς (υσυαλλψ της φυνςτιονς ανδ μετηοδς) ανδ τεστ εαζη ζομπονεντ ινδεπενδεντλψ. Ονε ψου φινδ της διςρεπανςψ βετωεεν ψουρ μοδελ ανδ ρεαλιτψ, ψου ζαν σολε της προβλεμ.

Οφ ζουρσε, ψου σηνουλδ βε βυιλδινγ ανδ τεστινγ ζομπονεντς ας ψου δεελοπ τηε προγραμ. Ιφ ψου ενζουντερ α προβλεμ, τηερε σηνουλδ βε ονλψ α σμαλλ αμουντ οφ νεω ζοδε τηατ ις νοτ κνοων το βε ζορρεστ.

α'.3.2 Ι'ε γοτ α βιγ ηαιρψ εξπρεσσιον ανδ ιτ δοεσν'τ δο ωηατ Ι εξπεστ.

Ωριτινγ ζομπλεξ εξπρεσσιονς ις φινε ας λογγ ας τηεψ αρε ρεαδαβλε, βυτ τηεψ ζαν βε ηαρδ το δεβυγ. Ιτ ις οφτεν α γοοδ ιδεα το βρεακ α ζομπλεξ εξπρεσσιον ιντο α σεριες οφ ασσιγνμεντς το τεμποραρψ αριαβλες.

Φορ εξαμπλε:

σελφ.ηανδσ [ι] .αδδδδρδ(σελφ.ηανδσ [σελφ.φινδΝειγηβορ(ι)] .ποπδρδ(»

Τηις ζαν βε ρεωριττεν ας:

νειγηβορ = σελφ.φινδΝειγηβορ(ι)

πιςκεδδρδ = σελφ.ηανδσ [νειγηβορ] .ποπδρδ(

σελφ.ηανδσ [ι] .αδδδδρδ(πιςκεδδρδ)

Τηε εξπλιцит ερσιον ις εασιερ το ρεαδ βεζαυσε τηε αριαβλε ναμες προιδε αδδιτιοναλ δοζυμεντατιον, ανδ ιτ ις εασιερ το δεβυγ βεζαυσε ψου ζαν ζηεσκ τηε τψπες οφ τηε ιντερμεδιατε αριαβλες ανδ δισπλαψ τηειρ αλυες.

Ανοτηερ προβλεμ τηατ ζαν οςζυρ ωιτη βιγ εξπρεσσιονς ις τηατ τηε ορδερ οφ εαλυατιον μαψ νοτ βε ωηατ ψου εξπεστ. Φορ εξαμπλε, ιφ ψου αρε τρανσλατινγ τηε εξπρεσσιον  $\frac{x}{2\pi}$  ιντο Πψτηον, ψου μιγητ ωριτε:

$\psi = \xi / 2 * \mu\alpha\tau\eta.\pi\iota$

Τηατ ις νοτ ζορρεστ βεζαυσε μυλτιπλιζατιον ανδ διυσιον ηαε τηε σαμε πρεζεδεενζε ανδ αρε εαλυατεδ φρομ λεφτ το ριγητ. Σο τηις εξπρεσσιον ζομπυτες  $x\pi/2$ .

Α γοοδ ωαψ το δεβυγ εξπρεσσιονς ις το αδδ παρεντηεσες το μακιε τηε ορδερ οφ εαλυατιον εξπλιцит:

$\psi = \xi / (2 * \mu\alpha\tau\eta.\pi\iota)$

Ωηενεερ ψου αρε νοτ συρε οφ τηε ορδερ οφ εαλυατιον, υσε παρεντηεσες. Νοτ ονλψ ωιλλ τηε προγραμ βε ζορρεστ (ιν τηε σενσε οφ δοινγ ωηατ ψου ιντενδεδ), ιτ ωιλλ αλσο βε μορε ρεαδαβλε φορ οτηερ πεοπλε ωηο ηαεν'τ μεμοριζεδ τηε ρυλες οφ πρεζεδεενζε.

α'.3.3 Ι'ε γοτ α φυνζτιον ορ μετηοδ τηατ δοεσν'τ ρετυρν ωηατ Ι εξπεστ.

Ιφ ψου ηαε α ρετυρν στατεμεντ ωιτη α ζομπλεξ εξπρεσσιον, ψου δον'τ ηαε α ζηανζε το πριντ τηε ρετυρν αλυε βεφορε ρετυρνινγ. Αγαιν, ψου ζαν υσε α τεμποραρψ αριαβλε. Φορ εξαμπλε, ινστεαδ οφ:

ρετυρν σελφ.ηανδσ [ι] .ρεμοεΜατςηεσ()

ψου ζουλδ ωριτε:

ζουντ = σελφ.ηανδσ [ι] .ρεμοεΜατςηεσ()

ρετυρν ζουντ

Νοω ψου ηαε τηε οππορτυνιψ το δισπλαψ τηε αλυε οφ ζουντ βεφορε ρετυρνινγ.

#### α'.3.4 Γ'μ ρεαλλψ, ρεαλλψ στυσκ ανδ I νεεδ ηελπ.

Φιρστ, τρψ γεττινγ αωαψ φρομ της ζομπυτερ φορ α φεω μιινυτες. δμυτερς εμτ ωαες τηατ αφφεστ της βραιν, ζαυσινγ τησεσ σψμπτομς:

- Φρυστρατιον ανδ ραγε.
- Συπερστιτιους βελιεφς ('της ζομπυτερ ηατες με') ανδ μαγισαλ τηινκινγ ('της προγραμ ονλψ ωορκς ωην I ωεαρ μψ ηατ βαζκωαρδ').
- Ρανδομ ωαλκ προγραμμινγ (της αττεμπτ το προγραμ βψ ωριτινγ εερψ ποσσιβλε προγραμ ανδ ζηροοσινγ της ονε τηατ δοες της ριγητ τηινγ).

Ιφ ψου φινδ ψουρσελφ συφφερινγ φρομ ανψ οφ τησεσ σψμπτομς, γετ υπ ανδ γο φορ α ωαλκ. Ωην ψου αρε ζαλμ, τηινκ αβουτ της προγραμ. Ωηατ ις ιτ δοινγ; Ωηατ αρε σομε ποσσιβλε ζαυσεσ οφ τηατ βεηαιορ; Ωην ωας της λαστ τιμε ψου ηαδ α ωορκινγ προγραμ, ανδ ωηατ διδ ψου δο νεζτ;

Σομετιμες ιτ θυστ τακεσ τιμε το φινδ α βυγ. Ι οφτεν φινδ βυγς ωην Ι αμ αωαψ φρομ της ζομπυτερ ανδ λετ μψ μιινδ ωανδερ. Σομε οφ της βεστ πλασεσ το φινδ βυγς αρε τραινς, σηωωερς, ανδ ιν βεδ, θυστ βεφορε ψου φαλλ ασλεεπ.

#### α'.3.5 No, I ρεαλλψ νεεδ ηελπ.

Ιτ ηαππενς. Εεν της βεστ προγραμμερς οςζασιοναλλψ γετ στυσκ. Σομετιμες ψου ωορκ ον α προγραμ σο λονγ τηατ ψου ζαν'τ σεε της ερρορ. Α φρεση παρ οφ εψες ις θυστ της τηινγ.

Βεφορε ψου βρινγ σομεονε ελσε ιν, μακε συρε ψου αρε πρεπαρεδ. Ψουρ προγραμ σηουλδ βε ας σιμπλε ας ποσσιβλε, ανδ ψου σηουλδ βε ωορκινγ ον της σμαλλεστ ινπυτ τηατ ζαυσεσ της ερρορ. Ψου σηουλδ ηαε πριντ στατεμεντς ιν της αππροπριατε πλασεσ (ανδ της ουτπυτ τηςψ προδουσε σηουλδ βε ζομπρεηενσιβλε). Ψου σηουλδ υνδερστανδ της προβλεμ ωελλ ενουγη το δεσκριβε ιτ ζονσισελψ.

Ωην ψου βρινγ σομεονε ιν το ηελπ, βε συρε το γιε τηεμ της ινφορματιον τηςψ νεεδ:

- Ιφ τηερε ις αν ερρορ μεσσαγε, ωηατ ις ιτ ανδ ωηατ παρτ οφ της προγραμ δοες ιτ ινδισατε;
- Ωηατ ωας της λαστ τηινγ ψου διδ βεφορε της ερρορ οςζυρρεδ; Ωηατ ωερε της λαστ λινεσ οφ ζοδε τηατ ψου ωροτε, ορ ωηατ ις της νεω τεστ ζασε τηατ φαιλς;
- Ωηατ ηαε ψου τριεδ σο φαρ, ανδ ωηατ ηαε ψου λεαρνεδ;

Ωην ψου φινδ της βυγ, τακε α σεζονδ το τηινκ αβουτ ωηατ ψου ζουλδ ηαε δονε το φινδ ιτ φαστερ. Νεζτ τιμε ψου σεε σομετηινγ σιμιλαρ, ψου ωιλλ βε αβλε το φινδ της βυγ μορε χυιςκλψ.

Ρεμεμβερ, της γοαλ ις νοτ θυστ το μακε της προγραμ ωορκ. Της γοαλ ις το λεαρν ηοω το μακε της προγραμ ωορκ.

## Παράρτημα β'

# Αναλψσις οφ Αλγοριτημς

Της αππενδιξ ις αν εδιτεδ εζσερπτ φρομ Τηινκ δμπλεξιτψ, βψ Αλλεν Β. Δωωνεψ, αλσο πυβλισηεδ βψ Ο'Ρειλλψ Μεδια (2011). Ωηεν ψου αρε δονε ωιτη της βσοκ, ψου μιγητ ωαντ το μοε ον το τηατ ονε.

Αναλψσις οφ αλγοριτημς ις α βρανση οφ ζομπυτερ σσιενζε τηατ στυδιες της περφορμανζε οφ αλγοριτημς, εσπεσιαλλψ τηειρ ρυν τιμε ανδ σπασε ρεχυιρεμεντς. Σεε [ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Αναλψσις\\_οφ\\_αλγοριτημς](http://en.wikipedia.org/wiki/Αναλψσις_οφ_αλγοριτημς).

Τηε πραστιζαλ γοαλ οφ αλγοριτημ αναλψσις ις το πρεδιζτ της περφορμανζε οφ διψφερεντ αλγοριτημς ιν ορδερ το γυιδε δεσιγν δεσισιονς.

Δυρινγ της 2008 Υνιτεδ Στατες Πρεσιδεντιαλ αμπαιγν, ζανδιδατε Βαρακ Οβαμα ωας ασκεδ το περφορμ αν ιμπρομπτ αναλψσις ωηεν ηε ισιτεδ Γοογλε. Ήιεφ εξεκυτιε Ερις Σζημιδτ 'Θοκιν-γλψ ασκεδ ηιμ φορ 'τηε μοστ εφφισιεντ ωαψ το σορτ α μιλλιον 32-βιτ ιντεγερς.' Οβαμα ηαδ αππαρεντλψ βεεν τιππεδ οφφ, βεζαυσε ηε χυιςκλψ ρεπλιεδ, 'Ι τηινκ της βυββλε σορτ ωουλδ βε της ωρονγ ωαψ το γο.' Σεε [ηττπ://ωωω.ψουτυβε.ζομ/ωατςη;=κ4ΡΡι~ντΧς8](http://www.ψουτυβε.ζομ/ωατςη;=κ4ΡΡι~ντΧς8).

Της ις τρυε: βυββλε σορτ ις ζονζεπτυαλλψ σιμπλε βυτ σλοω φορ λαργε δατασετς. Τηε ανσωερ Σζημιδτ ωας προβαβλψ λοοκινγ φορ ις 'ραδιξ σορτ' ([ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Ραδιξ\\_σορτ](http://en.wikipedia.org/wiki/Ραδιξ_σορτ))<sup>1</sup>.

Τηε γοαλ οφ αλγοριτημ αναλψσις ις το μακε μεανινγφυλ ζομπαρισονς βετωεεν αλγοριτημς, βυτ τηερε αρε σομε προβλεμς:

- Τηε ρελατιε περφορμανζε οφ της αλγοριτημς μιγητ δεπενδ ον ζηα χαρακτηριςτις οφ της ηαρδωαρε, σο ονε αλγοριτημ μιγητ βε φαστερ ον Μαςηινε Α, ανοτηερ ον Μαςηινε Β. Τηε γενερολ σολυτιον το της προβλεμ ις το σπεσιψψ α μασηινε μονελ ανδ αναλψζε της νυμβερ οφ στεπς, ορ οπερατιονς, αν αλγοριτημ ρεχυιρες υνδερ α γιεν μονελ.

<sup>1</sup> Βυτ ιφ ψου γετ α χυεστιον λικε της ιν αν ιντερειω, Ι τηινκ α βεττερ ανσωερ ις, 'Τηε φαστεστ ωαψ το σορτ α μιλλιον ιντεγερς ις το υσε ωηατεερ σορτ φυνζτιον ις προιδεδ βψ της λανγυαγε Ιμ υσινγ. Ιτς περφορμανζε ις γοοδ ενουγη φορ της αστ μαθοριτψ οφ αππλιζατιονς, βυτ ιφ ιτ τυρνεδ ουτ τηατ μψ αππλιζατιον ωας τοο σλοω, Ι ωουλδ υσε α προφιλερ το σεε ωηερε της τιμε ωας βεινγ σπεντ. Ιφ ιτ λοοκεδ λικε α φαστερ σορτ αλγοριτημ ωουλδ ηαε α σιγνιφικαντ εφφρεζτ ον περφορμανζε, τηεν Ι ωουλδ λοοκ αρουνδ φορ α γοοδ ιμπλεμεντατιον οφ ραδιξ σορτ.'

- Ρελατιε περφορμανσε μιγητ δεπενδ ον της деталς οφ της δατασετ. Φορ εξαμπλε, σομε σορτινγ αλγοριθμς ρυν φαστερ ιφ της δατα αρε αλρεαδψ παρτιαλλψ σορτεδ· οτηερ αλγοριθμς ρυν σλωωερ ιν της ζασε. Α ζομμον ωαψ το αοιδ της προβλεμ ις το αναλψζε της ωορστ ζασε σσεναριο. Ιτ ις σομετιμες υσεφυλ το αναλψζε αεραγε ζασε περφορμανσε, βυτ τηατ'ς υσυαλλψ ηαρδερ, ανδ ιτ μιγητ νοτ βε οβιους ωηατ σετ οφ ζασεσ το αεραγε οερ.
- Ρελατιε περφορμανσε αλσο δεπενδς ον της σιζε οφ της προβλεμ. Α σορτινγ αλγοριθμ τηατ ις φαστ φορ σμαλλ λιστς μιγητ βε σλωω φορ λονγ λιστς. Τηε υσυαλ σολυτιον το της προβλεμ ις το εξπρεσς ρυν τιμε (ορ νυμβερ οφ οπερατιονς) ας α φυνςτιον οφ προβλεμ σιζε, ανδ το ζομπαρε της φυνςτιονς ασψμπτωτισαλλψ ας της προβλεμ σιζε ινζρεασεσ.

Τηε γοοδ τηνγ αβουτ της κινδ οφ ζομπαρισον τηατ ιτ λενδς ιτσελφ το σιμπλε ζλασσιφικατιον οφ αλγοριθμς. Φορ εξαμπλε, ιφ I κνωω τηατ της ρυν τιμε οφ Αλγοριθμ Α तेνδς το βε προπορτιοναλ το της σιζε οφ της ινπυτ,  $n$ , ανδ Αλγοριθμ Β तेनδς το βε προπορτιοναλ το  $n^2$ , τηεν Ι εξπεστ Α το βε φαστερ τηαν Β φορ λαργε αλυες οφ  $n$ .

Της κινδ οφ αναλψσις ζομες ωιτη σομε ζσεατς, βυτ ωελλ γετ το τηατ λατερ.

### β'.1 Ορδερ οφ γρωωτη

Συμποσε φου ηαε αναλψζεδ τωο αλγοριθμς ανδ εξπρεσσεδ τηειρ ρυν τιμες ιν τερμς οφ της σιζε οφ της ινπυτ: Αλγοριθμ Α ταχεσ  $100n + 1$  στεπς το σολε α προβλεμ ωιτη σιζε  $n$ . Αλγοριθμ Β ταχεσ  $n^2 + n + 1$  στεπς.

Τηε φολλοωινγ ταβλε σηως της ρυν τιμε οφ τηεσε αλγοριθμς φορ διφφερεντ προβλεμ σιζεσ:

Ινπυτ σιζε	Ρυν τιμε οφ Αλγοριθμ Α	Ρυν τιμε οφ Αλγοριθμ Β
10	1 001	111
100	10 001	10 101
1 000	100 001	1 001 001
10 000	1 000 001	$> 10^{10}$

Ατ  $n = 10$ , Αλγοριθμ Α λοοκς πρεττψ βαδ· ιτ ταχεσ αλμοστ 10 τιμες λονγερ τηαν Αλγοριθμ Β. Βυτ φορ  $n = 100$  τηεψ αρε αβουτ της σαμε, ανδ φορ λαργερ αλυες Α ις μυση βεττερ.

Τηε φυνδαμενταλ ρεασον ις τηατ φορ λαργε αλυες οφ  $n$ , ανψ φυνςτιον τηατ ζονταινς αν  $n^2$  τερμ ωιλλ γρωω φαστερ τηαν α φυνςτιον ωηοσε λεαδινγ τερμ ις  $n$ . Τηε λεαδινγ τερμ ις της τερμ ωιτη της ηιγηεστ εξπονεντ.

Φορ Αλγοριθμ Α, της λεαδινγ τερμ ηας α λαργε ζσεφφικιεντ, 100, ωηικη ις ωηψ Β δοεσ βεττερ τηαν Α φορ σμαλλ  $n$ . Βυτ ρεγαρδλεσς οφ της ζσεφφικιεντς, τηερε ωιλλ αλωαψς βε σομε αλυε οφ  $n$  ωηερε  $an^2 > bn$ .

Τηε σαμε αργυμεντ αππλιεσ το της νον-λεαδινγ τερμς. Εεν ιφ της ρυν τιμε οφ Αλγοριθμ Α ωερε  $n + 1000000$ , ιτ ωουλδ στιλλ βε βεττερ τηαν Αλγοριθμ Β φορ συφφικιεντλψ λαργε  $n$ .

Ιν γενεραλ, ωε εξπεστ αν αλγοριθμ ωιτη α σμαλλερ λεαδινγ τερμ το βε α βεττερ αλγοριθμ φορ λαργε προβλεμς, βυτ φορ σμαλλερ προβλεμς, τηερε μαψ βε α ζροσσοερ ποιντ ωηερε ανοτηερ αλγοριθμ ις βεττερ. Τηε λοσατιον οφ της ζροσσοερ ποιντ δεπενδς ον της деталς οφ της αλγοριθμς, της ινπυτς, ανδ της ηαρδωαρε, σο ιτ ις υσυαλλψ ιγνορεδ φορ πυρποσεσ οφ αλγοριθμς αναλψσις. Βυτ τηατ δοεσν'τ μεαν φου ζαν φοργετ αβουτ ιτ.

Ιφ τωο αλγοριτημς ηαε τηε σαμε λεαδινγ ορδερ τερμ, ιτ ιε ηαρδ το σαψ ωηιξη ιε βεττερ· αγαιν, τηε ανσωερ δεπενδς ον τηε δεταιλς. Σο φορ αλγοριτημς αναλψις, φυνςτιονς ωιτη τηε σαμε λεαδινγ τερμ αρε ζονσιδερεδ εχυιαλεντ, εεν ιφ τηεψ ηαε διφφερεντ ζοεφφικιεντς.

Αν ορδερ οφ γρωωτη ιε α σετ οφ φυνςτιονς ωηοσε ασψμπτοτις γρωωτη βεηαιορ ιε ζονσιδερεδ εχυιαλεντ. Φορ εξαμπλε,  $2n$ ,  $100n$  ανδ  $n + 1$  βελονγ το τηε σαμε ορδερ οφ γρωωτη, ωηιξη ιε ωριττεν  $O(n)$  ιν Βιγ-Οη νοτατιον ανδ οφτεν ζαλλεδ λινεαρ βεζαυσε εερψ φυνςτιον ιν τηε σετ γρωως λινεαρλψ ωιτη  $n$ .

Αλλ φυνςτιονς ωιτη τηε λεαδινγ τερμ  $n^2$  βελονγ το  $O(n^2)$ · τηεψ αρε χυαδρατις, ωηιξη ιε α φανςψ ωορδ φορ φυνςτιονς ωιτη τηε λεαδινγ τερμ  $n^2$ .

Τηε φολλοωινγ ταβλε σηοως σομε οφ τηε ορδερς οφ γρωωτη τηατ αππεαρ μοστ ζομμονλψ ιν αλγοριτημς αναλψις, ιν ινζρεασινγ ορδερ οφ βαδνεσσ.

Ορδερ οφ γρωωτη	Ναμε
$O(1)$	ζονςταντ
$O(\log_b n)$	λογαριτημς (φορ ανψ $b$ )
$O(n)$	λινεαρ
$O(n \log_b n)$	‘εν λογ εν’
$O(n^2)$	χυαδρατις
$O(n^3)$	ζυβις
$O(c^n)$	εξπονεντιαλ (φορ ανψ $c$ )

Φορ τηε λογαριτημς τερμς, τηε βασε οφ τηε λογαριτημ δοεσν’τ ματτερ· ζηανγινγ βασες ιε τηε εχυιαλεντ οφ μυλτιπλψινγ βψ α ζονςταντ, ωηιξη δοεσν’τ ζηανγε τηε ορδερ οφ γρωωτη. Σιμιλαρλψ, αλλ εξπονεντιαλ φυνςτιονς βελονγ το τηε σαμε ορδερ οφ γρωωτη ρεγαρδλες οφ τηε βασε οφ τηε εξπονεντ. Εξπονεντιαλ φυνςτιονς γρωω ερψ χυικλψ, σο εξπονεντιαλ αλγοριτημς αρε ονλψ υσεφυλ φορ σμαλλ προβλεμς.

Εξερσισε β'.1. Ρεαδ τηε Ωικιπεδια παγε ον Βιγ-Οη νοτατιον ατ [ηττηπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Βιγ~Ο~νοτατιον](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_O_notation) ανδ ανσωερ τηε φολλοωινγ χυεστιονς:

1. Ωηατ ιε τηε ορδερ οφ γρωωτη οφ  $n^3 + n^2$ ; Ωηατ αβουτ  $1000000n^3 + n^2$ ; Ωηατ αβουτ  $n^3 + 1000000n^2$ ;
2. Ωηατ ιε τηε ορδερ οφ γρωωτη οφ  $(n^2 + n) \cdot (n + 1)$ ; Βεφορε ψου σταρτ μυλτιπλψινγ, ρεμεμβερ τηατ ψου ονλψ νεεδ τηε λεαδινγ τερμ.
3. Ιφ  $f$  ιε ιν  $O(g)$ , φορ σομε υνσπεκιφιεδ φυνςτιον  $g$ , ωηατ ζαν ωε σαψ αβουτ  $af + b$ ;
4. Ιφ  $f_1$  ανδ  $f_2$  αρε ιν  $O(g)$ , ωηατ ζαν ωε σαψ αβουτ  $f_1 + f_2$ ;
5. Ιφ  $f_1$  ιε ιν  $O(g)$  ανδ  $f_2$  ιε ιν  $O(h)$ , ωηατ ζαν ωε σαψ αβουτ  $f_1 + f_2$ ;
6. Ιφ  $f_1$  ιε ιν  $O(g)$  ανδ  $f_2$  ιε  $O(h)$ , ωηατ ζαν ωε σαψ αβουτ  $f_1 \cdot f_2$ ;

Προγραμμερς ωηο ζαρε αβουτ περφορμανς οφτεν φινδ τηις κινδ οφ αναλψις ηαρδ το σωαλλοω. Τηεψ ηαε α ποιנט: σομετιμες τηε ζοεφφικιεντς ανδ τηε νον-λεαδινγ τερμς μακε α ρεαλ διφφερενς. Σομετιμες τηε δεταιλς οφ τηε ηαρδωαρε, τηε προγραμμινγ λανγυαγε, ανδ τηε ζηαραστεριστικς οφ τηε ινπυτ μακε α βιγ διφφερενς. Ανδ φορ σμαλλ προβλεμς ασψμπτοτις βεηαιορ ιε ιρρελεαντ.

Βυτ ιφ ψου κεεπ τηοσε ζαεατς ιν μινδ, αλγοριτημς αναλψις ιε α υσεφυλ τοολ. Ατ λεαστ φορ λαργε προβλεμς, τηε ‘βεττερ’ αλγοριτημς ιε υσυαλλψ βεττερ, ανδ σομετιμες ιτ ιε μυςη

βεττερ. Της διφφερενςς βετωεεν τωο αλγοριτημς ωιτη της σαμε ορδερ οφ γρωωτη ις υσυαλλψ α ζονςταντ φαςτορ, βυτ της διφφερενςς βετωεεν α γοοδ αλγοριτημ ανδ α βαδ αλγοριτημ ις υνβουνδεδ!

## β'.2 Αναλψςς οφ βασις Πψτηνον οπερατιονς

Μοστ αριτημετις οπερατιονς αρε ζονςταντ τιμε· μυλτιπλιςατιον υσυαλλψ ταχες λονγερ τηαν αδδιτιον ανδ συβτραςτιον, ανδ διυσιον ταχες εεν λονγερ, βυτ τηεσε ρυν τιμες δον'τ δεπενδ ον της μαγνιτυδε οφ της οπερανδς. Ξριψ λαργε ιντεγερς αρε αν εξςεπτιον· ιν τηατ ζασσε της ρυν τιμε ινςρεαςες ωιτη της νυμβερ οφ διγιτς.

Ινδεξινγ οπερατιονς—ρεαδινγ ορ ωριτινγ ελεμεντς ιν α σεχυενςς ορ διςτιοναρψ—αρε αλςο ζονςταντ τιμε, ρεγαρδλεςς οφ της σιζε οφ της δατα στρυςτυρε.

Α φορ λοοπ τηατ τραερςσε α σεχυενςς ορ διςτιοναρψ ις υσυαλλψ λινεαρ, ας λονγ ας αλλ οφ της οπερατιονς ιν της βοδψ οφ της λοοπ αρε ζονςταντ τιμε. Φορ εξαμπλε, αδδινγ υπ της ελεμεντς οφ α λιστ ις λινεαρ:

```
τοταλ = 0
φορ ξ ιν τ:
 τοταλ += ξ
```

Της βυιλτ-ιν φυνςτιον συμ ις αλςο λινεαρ βεζαυσε ιτ δοες της σαμε τηινγ, βυτ ιτ तेνδς το βε φαςτερ βεζαυσε ιτ ις α μορε εφφισιεντ ιμπλεμεντατιον· ιν της λανγυαγε οφ αλγοριτημς αναλψςς, ιτ ηας α σμαλλερ λεαδινγ ζοεφφισιεντ.

Ιφ ψου υσε της σαμε λοοπ το 'αδδ' α λιστ οφ στρινγς, της ρυν τιμε ις χυαδρατις βεζαυσε στρινγ ζονςατενατιον ις λινεαρ.

Της στρινγ μετηοδ θοιν ις υσυαλλψ φαςτερ βεζαυσε ιτ ις λινεαρ ιν της τοταλ λενγτη οφ της στρινγς.

Ας α ρυλε οφ τημμβ, ιφ της βοδψ οφ α λοοπ ις ιν  $O(n^a)$  τηεν της ωηολε λοοπ ις ιν  $O(n^{a+1})$ . Της εξςεπτιον ις ιφ ψου ζαν σηωω τηατ της λοοπ εξιτς αφτερ α ζονςταντ νυμβερ οφ ιτερατιονς. Ιφ α λοοπ ρυνς  $k$  τιμες ρεγαρδλεςς οφ  $n$ , τηεν της λοοπ ις ιν  $O(n^a)$ , εεν φορ λαργε  $k$ .

Μυλτιπλψινγ βψ  $k$  δοεσν'τ ζηανγε της ορδερ οφ γρωωτη, βυτ νειτηερ δοες διυδινγ. Σο ιφ της βοδψ οφ α λοοπ ις ιν  $O(n^a)$  ανδ ιτ ρυνς  $n/k$  τιμες, της λοοπ ις ιν  $O(n^{a+1})$ , εεν φορ λαργε  $k$ .

Μοστ στρινγ ανδ τυπλε οπερατιονς αρε λινεαρ, εξςεπτ ινδεξινγ ανδ λεν, ωηιςη αρε ζονςταντ τιμε. Της βυιλτ-ιν φυνςτιονς μιν ανδ μαξ αρε λινεαρ. Της ρυν-τιμε οφ α σλιζε οπερατιον ις προπορτιοναλ το της λενγτη οφ της ουτπυτ, βυτ ινδεπενδεντ οφ της σιζε οφ της ινπυτ.

Αλλ στρινγ μετηοδς αρε λινεαρ, βυτ ιφ της λενγτης οφ της στρινγς αρε βουνδεδ βψ α ζονςταντ—φορ εξαμπλε, οπερατιονς ον σινγλε ζηαραςτερς—τηεψ αρε ζονςιδερεδ ζονςταντ τιμε.

Μοστ λιστ μετηοδς αρε λινεαρ, βυτ τηερε αρε σομε εξςεπτιονς:

- Αδδινγ αν ελεμεντ το της ενδ οφ α λιστ ις ζονςταντ τιμε ον αεραγε· ωηεν ιτ ρυνς ουτ οφ ροομ ιτ οςςασιοναλλψ γετς ζοπιεδ το α βιγγερ λοςατιον, βυτ της τοταλ τιμε φορ  $n$  οπερατιονς ις  $O(n)$ , σο ωε σαψ τηατ της 'αμορτιζεδ' τιμε φορ ονε οπερατιον ις  $O(1)$ .
- Ρεμοινγ αν ελεμεντ φρομ της ενδ οφ α λιστ ις ζονςταντ τιμε.



- Σορτινγ ις  $O(n \log n)$ .

Μοστ διςτιοναρψ οπερατιονς ανδ μετηοδς αρε ζονσταντ τιμε, βυτ τηρε αρε σομε εξζεπτιονς:

- Τη ρυν τιμε οφ ζοπψ ις προπορτιοναλ το τη νυμβερ οφ ελεμεντς, βυτ νοτ τη σιζε οφ τη ελεμεντς (ιτ ζοπιε ρεφερενζε, νοτ τη ελεμεντς τηεμσελες).
- Τη ρυν τιμε οφ υπδατε ις προπορτιοναλ το τη σιζε οφ τη διςτιοναρψ πασσεδ ας α παραμετερ, νοτ τη διςτιοναρψ βεινγ υπδατεδ.
- κεψς, αλυεσ ανδ ιτεμς αρε λινεαρ βεζαυσε τηψ ρετυρν νεω λιστς· ιτερκεψς, ιτεραλυεσ ανδ ιτεριτεμς αρε ζονσταντ τιμε βεζαυσε τηψ ρετυρν ιτερατορς. Βυτ ιφ ψου λοοπ τηρουγη τη ιτερατορς, τη λοοπ ωιλλ βε λινεαρ. Ύσινγ τη 'ιτερ' φυνςτιονς σασε σομε οερηεαδ, βυτ ιτ δοεσν'τ ζηανγε τη ορδερ οφ γρωτη υνλεςς τη νυμβερ οφ ιτεμς ψου αςζεσς ις βουνδεδ.

Τη περφορμανς οφ διςτιοναριεσ ις ονε οφ τη μινορ μιρασλες οφ ζομπυτερ σσιενζε. Νε ωιλλ σεε ηρω τηψ ωορκ ιν Σεςτιον β'.4.

Εξερσιε β'.2. Ρεαδ τη Ωικιπεδια παγε ον σορτινγ αλγοριτημς ατ [ηττπ://εν.ωικιπεδια.οργ/ωικι/Σορτινγ\\_αλγοριτημ](http://en.wikipedia.org/wiki/Σορτινγ_αλγοριτημ) ανδ ανσωερ τη πολλωινγ χυεστιονς:

1. Ωηατ ις α 'ζομπαρισον σορτ;' Ωηατ ις τη βεστ ωορστ-ζασε ορδερ οφ γρωτη φορ α ζομπαρισον σορτ; Ωηατ ις τη βεστ ωορστ-ζασε ορδερ οφ γρωτη φορ ανψ σορτ αλγοριτημ;
2. Ωηατ ις τη ορδερ οφ γρωτη οφ βυββλε σορτ, ανδ ωηψ δοεσ Βαραςκ Οβαμα τηνκ ιτ ις 'τηε ωορνγ ωαψ το γο;'
3. Ωηατ ις τη ορδερ οφ γρωτη οφ ραδιζ σορτ; Ωηατ πρεζονδιτιονς δο ωε νεεδ το υσε ιτ;
4. Ωηατ ις α σταβλε σορτ ανδ ωηψ μιγητ ιτ ματτερ ιν πραςτιε;
5. Ωηατ ις τη ωορστ σορτινγ αλγοριτημ (τηατ ηας α ναμε);
6. Ωηατ σορτ αλγοριτημ δοεσ τηε " λιβραρψ υσε; Ωηατ σορτ αλγοριτημ δοεσ Πψτηον υσε; Αρε τηεσε αλγοριτημς σταβλε; Ψου μιγητ ηαε το Γοογλε αρουνδ το φινδ τηεσε ανσωερς.
7. Μανψ οφ τηε νον-ζομπαρισον σορτς αρε λινεαρ, σο ωηψ δοεσ δοεσ Πψτηον υσε αν  $O(n \log n)$  ζομπαρισον σορτ;

### β'.3 Αναλψσις οφ σεαρση αλγοριτημς

Α σεαρση ις αν αλγοριτημ τηατ ταχεσ α ζολλεστιον ανδ α ταργετ ιτεμ ανδ δετερμινεσ ωηετηερ τηε ταργετ ις ιν τηε ζολλεστιον, οφτεν ρετυρνινγ τη ινδεξ οφ τηε ταργετ.

Τηε σιμπλεστ σεαρση αλγοριτημ ις α 'λινεαρ σεαρση,' ωηιςη τραερσεσ τηε ιτεμς οφ τηε ζολλεστιον ιν ορδερ, στοππινγ ιφ ιτ φινδς τηε ταργετ. Ιν τηε ωορστ ζασε ιτ ηας το τραερσε τηε εντιρε ζολλεστιον, σο τηε ρυν τιμε ις λινεαρ.

Τηε ιν οπερατορ φορ σεχυενζεσ υσεσ α λινεαρ σεαρση· σο δο στρινγ μετηοδς λιχε φινδ ανδ ζουντ.

Ιφ τηε ελεμεντς οφ τηε σεχυενζε αρε ιν ορδερ, ψου ζαν υσε α βισεστιον σεαρση, ωηιςη ις  $O(\log n)$ . Βισεστιον σεαρση ις σιμιλαρ το τηε αλγοριτημ ψου προβαβλψ υσε το λοοκ α ωορδ

υπ ιν α δικτιοναριψ (α ρεαλ δικτιοναριψ, νοτ της δατα στρυςτυρε). Ινστέαδ οφ σταρτινγ ατ της βεγινινγ ανδ ζηεςκινγ εαση ιτεμ ιν ορδερ, ψου σταρτ ωιτη της ιτεμ ιν της μιδδλε ανδ ζηεςκ ωηετηερ της ωορδ ψου αρε λοοκινγ φορ ζομες βεφορε ορ αφτερ. Ιφ ιτ ζομες βεφορε, την ψου σεαρη της φιστ ηαλψ οφ της σεχυνενζε. Οτηρωίσε ψου σεαρη της σεσονδ ηαλψ. Ειτηερ ωαψ, ψου ζυτ της νυμβερ οφ ρεμαινινγ ιτεμς ιν ηαλψ.

Ιφ της σεχυνενζε ηας 1,000,000 ιτεμς, ιτ ωιλλ ταχε αβουτ 20 στεπς το φινδ της ωορδ ορ ζονζλυδε τηατ ιτ'ς νοτ τηερε. Σο τηατ'ς αβουτ 50,000 τιμες φαστερ τηαν α λινεαρ σεαρη. Εξερσισε β'.3. Ωριτε α ψυνςτιον ζαλλεδ βισεςτιον τηατ ταχες α σορτεδ λιστ ανδ α ταργετ αλυε ανδ ρετυρνς της ινδεξ οφ της αλυε ιν της λιστ, ιφ ιτ'ς τηερε, ορ None ιφ ιτ'ς νοτ.

Ορ ψου ζουλδ ρεαδ της δοςυμεντατιον οφ της βισεστ μοδυλε ανδ υσε τηατ!

Βισεςτιον σεαρη ζαν βε μυση φαστερ τηαν λινεαρ σεαρη, βυτ ιτ ρεχυιρες της σεχυνενζε το βε ιν ορδερ, ωηιση μιγητ ρεχυιρε εξτρα ωορκ.

Τηερε ις ανοτηερ δατα στρυςτυρε, ζαλλεδ α ηασηταβλε τηατ ις εεν φαστερ—ιτ ζαν δο α σεαρη ιν ζονςταντ τιμε—ανδ ιτ δοεσν'τ ρεχυιρε της ιτεμς το βε σορτεδ. Πψτηον δικτιοναριες αρε ιμπλεμεντεδ υσινγ ηασηταβλες, ωηιση ις ωηψ μοστ δικτιοναριψ οπερατιονς, ινζλυδινγ της ιν οπερατορ, αρε ζονςταντ τιμε.

## β'.4 Ηασηταβλες

Το εξπλαιν ηωω ηασηταβλες ωορκ ανδ ωηψ τηειρ περφορμανζε ις σο γοοδ, Ι σταρτ ωιτη α συμπλε ιμπλεμεντατιον οφ α μαπ ανδ γραδυαλλψ ιμπροε ιτ υντιλ ιτ'ς α ηασηταβλε.

Ι υσε Πψτηον το δεμονστρατε τηεσε ιμπλεμεντατιονς, βυτ ιν ρεαλ λιφε ψου ωουλδν'τ ωριτε ζοδε λικε της ιν Πψτηον· ψου ωουλδ θυστ υσε α δικτιοναριψ! Σο φορ της ρεστ οφ της ζηαπτερ, ψου ηαε το ιμαγινε τηατ δικτιοναριες δον'τ εξιστ ανδ ψου ωαντ το ιμπλεμεντ α δατα στρυςτυρε τηατ μαπς φορομ κειψς το αλυες. Τηε οπερατιονς ψου ηαε το ιμπλεμεντ αρε:

αδδ(κ, ): Αδδ α νεω ιτεμ τηατ μαπς φορομ κειψ κ το αλυε . Ωιτη α Πψτηον δικτιοναριψ, δ, της οπερατιον ις ωριττεν δ[κ] = .

γετ(ταργετ): Λοοκ υπ ανδ ρετυρν της αλυε τηατ ζορρεσπονδς το κειψ ταργετ. Ωιτη α Πψτηον δικτιοναριψ, δ, της οπερατιον ις ωριττεν δ[ταργετ] ορ δ.γετ(ταργετ).

Φορ νοω, Ι ασσυμε τηατ εαση κειψ ονλψ αππεαρς ονζε. Τηε συμπλεστ ιμπλεμεντατιον οφ της ιντερφαζε υσες α λιστ οφ τυπλες, ωηερε εαση τυπλε ις α κειψ-αλυε παिर.

ζλας ΛινεαρΜαπ(οβθεστ):

```
δεφ ~ινιτ~(σελφ):
 σελφ.ιτεμς = []
```

```
δεφ αδδ(σελφ, κ,):
 σελφ.ιτεμς.αππενδ«κ, »
```

```
δεφ γετ(σελφ, κ):
 φορ κειψ, αλ ιν σελφ.ιτεμς:
 ιφ κειψ == κ:
 ρετυρν αλ
 ραισε ΚεψΕρρορ
```

αδδ αππενδς α κειψ-αλυε τυπλε το τηε λιστ οφ ιτεμς, ωηιση ταχες ζονσταντ τιμε.

γερ υσες α φορ λοοπ το σεαρση τηε λιστ: ιφ ιτ φινδς τηε ταργερ κειψ ιτ ρετυρνς τηε ζορρε-σπονδινγ αλυε· οτηερωισε ιτ ραισες α ΚεψΕρρορ. Σο γερ ις λινεαρ.

Αν αλτερνατιε ις το κερπ τηε λιστ σορτεδ βψ κειψ. Τηεν γερ ζουλδ υσε α βισεστιον σεαρση, ωηιση ις  $O(\log n)$ . Βυτ ινσερτινγ α νεω ιτεμ ιν τηε μιδδλε οφ α λιστ ις λινεαρ, σο τηις μιγητ νοτ βε τηε βεστ οπτιον. Τηερε αρε οτηερ δατα στρυκτυρες (σεε [http://en.wikipedia.org/wiki/Red-black\\_tree](http://en.wikipedia.org/wiki/Red-black_tree)) τηατ ζαν ιμπλεμεντ αδδ ανδ γερ ιν λογ τιμε, βυτ τηατ'ς στιλλ νοτ ας γοοδ ας ζονσταντ τιμε, σο λετ'ς μοε ον.

Ονε ωαψ το ιμπροε ΛινεαρΜαπ ις το βρεακ τηε λιστ οφ κειψ-αλυε παιρς ιντο σμαλλερ λιστς. Ηερε'ς αν ιμπλεμεντατιον ζαλλεδ ΒεττερΜαπ, ωηιση ις α λιστ οφ 100 ΛινεαρΜαπς. Ας ωε'λλ σεε ιν α σεζονδ, τηε ορδερ οφ γρωωτη φορ γερ ις στιλλ λινεαρ, βυτ ΒεττερΜαπ ις α στεπ ον τηε πατη τοωαρδ ηασηταβλες:

ζλαςς ΒεττερΜαπ(οβθεστ):

```
δεφ `ινιτ` (σελφ, ν=100):
 σελφ.μαπς = []
 φορ ι ιν ρανγε(ν):
 σελφ.μαπς.αππενδ(ΛινεαρΜαπ(»
```

```
 δεφ φινδ`μαπ(σελφ, κ):
 ινδεξ = ηαση(κ) % λεν(σελφ.μαπς)
 ρετυρν σελφ.μαπς[ινδεξ]
```

```
 δεφ αδδ(σελφ, κ,):
 μ = σελφ.φινδ`μαπ(κ)
 μ.αδδ(κ,)
```

```
 δεφ γερ(σελφ, κ):
 μ = σελφ.φινδ`μαπ(κ)
 ρετυρν μ.γερ(κ)
```

`ινιτ` μαχες α λιστ οφ ν ΛινεαρΜαπς.

φινδ`μαπ ις υσεδ βψ αδδ ανδ γερ το φιγυρε ουτ ωηιση μαπ το πυτ τηε νεω ιτεμ ιν, ορ ωηιση μαπ το σεαρση.

φινδ`μαπ υσες τηε βυιλτ-ιν φυνκτιον ηαση, ωηιση ταχες αλμοστ ανψ Πψτηον οβθεςτ ανδ ρετυρνς αν ιντεγερ. Α λιμιτατιον οφ τηις ιμπλεμεντατιον ις τηατ ιτ ονλψ ωορκς ωιτη ηασηαβλε κειψς. Μυταβλε τψπες λιχε λιστς ανδ διςτιοναριες αρε υνηασηαβλε.

Ηασηαβλε οβθεςτς τηατ αρε ζονσιδερεδ εχυαλ ρετυρν τηε σαμε ηαση αλυε, βυτ τηε ζονερσε ις νοτ νεζεσσαριλψ τρυε: τωο διφφερεντ οβθεςτς ζαν ρετυρν τηε σαμε ηαση αλυε.

φινδ`μαπ υσες τηε μοδυλυς οπερατορ το ωραπ τηε ηαση αλυες ιντο τηε ρανγε φρομ 0 το λεν(σελφ.μαπς), σο τηε ρεσυлт ις α λεγαλ ινδεξ ιντο τηε λιστ. Οφ ζουρσε, τηις μεανς τηατ μανψ διφφερεντ ηαση αλυες ωιλλ ωραπ οντο τηε σαμε ινδεξ. Βυτ ιφ τηε ηαση φυνκτιον σπρεαδς τηηνγς ουτ πρεττψ εενλψ (ωηιση ις ωηατ ηαση φυνκτιονς αρε δεσιγνεδ το δο), τηεν ωε εζπεστ  $n/100$  ιτεμς περ ΛινεαρΜαπ.

Σινζε τηε ρυν τιμε οφ ΛινεαρΜαπ.γερ ις προπορτιοναλ το τηε νυμβερ οφ ιτεμς, ωε εζπεστ ΒεττερΜαπ το βε αβουτ 100 τιμες φαστερ τηαν ΛινεαρΜαπ. Τηε ορδερ οφ γρωωτη ις στιλλ

λινεαρ, βυτ της λεαδινγ ζοεφφισιεντ ις σμαλλερ. Τηατ'ς νιζε, βυτ σπιλλ νοτ ας γοοδ ας α ηασηταβλε.

Ηερε (φιναλλψ) ις της ζρυσιαλ ιδεα τηατ μακες ηασηταβλες φαστ: ιφ ψου ζαν κεεπ της μαξιμουμ λενγτη οφ της ΛινεαρΜαπς βουνδεδ, ΛινεαρΜαπ.γετ ις ζονσταντ τιμε. Αλλ ψου ηαε το δο ις κεεπ τρασκ οφ της νυμπερ οφ ιτεμς ανδ ωηνεν της νυμπερ οφ ιτεμς περ ΛινεαρΜαπ εξζεεδς α τηρεσηολδ, ρεσιζε της ηασηταβλε βψ αδδινγ μορε ΛινεαρΜαπς.

Ηερε ις αν ιμπλεμεντατιον οφ α ηασηταβλε:

ζλασς ΗασηΜαπ(οβθεστ) :

δεφ "ινιτ""(σελφ) :

σελφ.μαπς = ΒεττερΜαπ(2)

σελφ.νυμ = 0

δεφ γετ(σελφ, κ) :

ρετυρν σελφ.μαπς.γετ(κ)

δεφ αδδ(σελφ, κ, ) :

ιφ σελφ.νυμ == λεν(σελφ.μαπς.μαπς) :

σελφ.ρεσιζε()

σελφ.μαπς.αδδ(κ, )

σελφ.νυμ += 1

δεφ ρεσιζε(σελφ) :

νεω"μαπς = ΒεττερΜαπ(σελφ.νυμ \* 2)

φορ μ ιν σελφ.μαπς.μαπς :

φορ κ, ιν μ.ιτεμς :

νεω"μαπς.αδδ(κ, )

σελφ.μαπς = νεω"μαπς

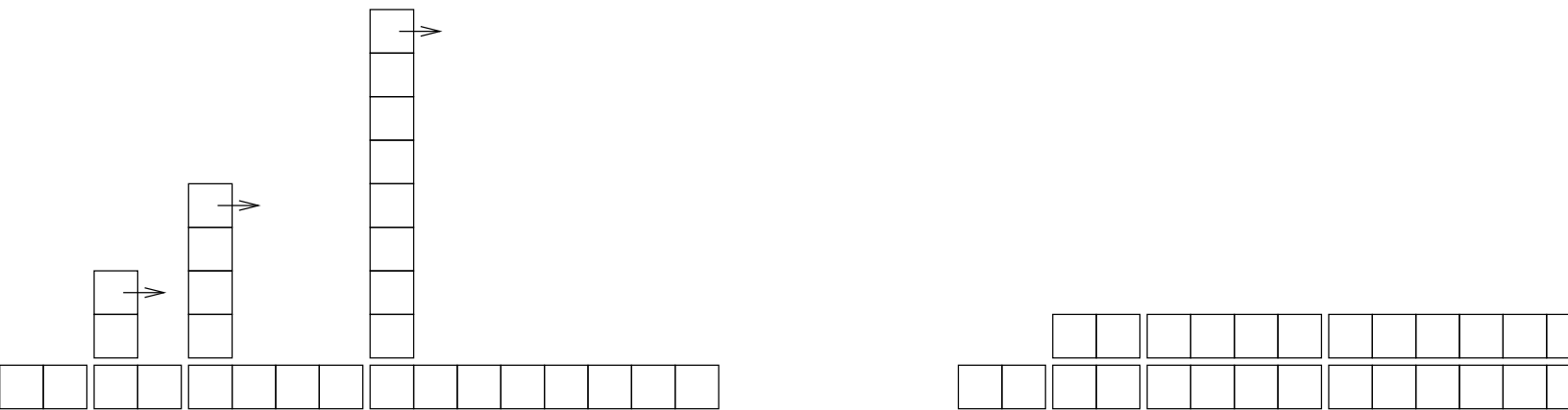
Εαση ΗασηΜαπ ζονταινς α ΒεττερΜαπ· "ινιτ"" σταρτς ωιτη θυστ 2 ΛινεαρΜαπς ανδ ινιτιαλιζες νυμ, ωηικη κεεπς τρασκ οφ της νυμπερ οφ ιτεμς.

γετ θυστ δισπατςηες το ΒεττερΜαπ. Τηε ρεαλ ωορκ ηαππενς ιν αδδ, ωηικη ζηεςκς της νυμπερ οφ ιτεμς ανδ της σιζε οφ της ΒεττερΜαπ: ιφ τηεψ αρε εχυαλ, της αεραγε νυμπερ οφ ιτεμς περ ΛινεαρΜαπ ις 1, σο ιτ ζαλλς ρεσιζε.

ρεσιζε μακε α νεω ΒεττερΜαπ, τωιζε ας βιγ ας της πρειους ονε, ανδ τηεν 'ρεηασηεσ' της ιτεμς φορμ της ολδ μαπ το της νεω.

Ρεηασηινγ ις νεζεσσαρψ βεζαυσε ζηανγινγ της νυμπερ οφ ΛινεαρΜαπς ζηανγες της δενομινατορ οφ της μοδυλς οπερατορ ιν φινδ"μαπ. Τηατ μεανς τηατ σομε οβθεςτς τηατ υσεδ το ωραπ ιντο της σαμε ΛινεαρΜαπ ωιλλ γετ σπιτ υπ (ωηικη ις ωηατ ωε ωαντεδ, ριγητ;).

Ρεηασηινγ ις λινεαρ, σο ρεσιζε ις λινεαρ, ωηικη μιγητ σεεμ βαδ, σινζε Ι προμισεδ τηατ αδδ ωουλδ βε ζονσταντ τιμε. Βυτ ρεμεμπερ τηατ ωε δον'τ ηαε το ρεσιζε εερψ τιμε, σο αδδ ις υσυαλλψ ζονσταντ τιμε ανδ ονλψ οςζασιοναλλψ λινεαρ. Τηε τοταλ αμουντ οφ ωορκ το ρυν αδδ  $n$  τιμες ις προπορτιοναλ το  $n$ , σο της αεραγε τιμε οφ εαση αδδ ις ζονσταντ τιμε!



Σχήμα β'.1: Της ζοστ οφ α ηασηταβλε αδδ.

Το σее ηωω της ωορκς, τηνκ αβουτ σαρτινγ ωιτη αν εμπτψ ΗασηΤαβλε ανδ αδδινγ α σεχυνεζε οφ ιτεμς. Ωε σαρτ ωιτη 2 ΛινεαρΜαπς, σο τηε φирст 2 αδδς αρε φαστ (νο ρεσιζινγ ρεχυιρεδ). Λετ'ς σαψ τηат τηεψ ταхе ονε υνιτ οφ ωορκ εαση. Τηε νεζт αδδ ρεχυιρες α ρεσιζε, σο ωε ηαе το ρεηαση τηε φирст τωο ιτεμς (λετ'ς ζαλλ τηат 2 μορε υνιτς οφ ωορκ) ανδ τηен αδδ τηε τηιρδ ιτεμ (ονε μορε υνιτ). Αδδινγ τηε νεζт ιτεμ ζοστς 1 υνιτ, σο τηε τοταλ σο φαρ ις 6 υνιτς οφ ωορκ φορ 4 ιτεμς.

Τηε νεζт αδδ ζοστς 5 υνιτς, βυт τηε νεζт τηρεε αρε ονλψ ονε υνιτ εαση, σο τηε τοταλ ις 14 υνιτς φορ τηε φирст 8 αδδς.

Τηε νεζт αδδ ζοστς 9 υνιτς, βυт τηен ωе ζαν αδδ 7 μορε βεφορε τηε νεζт ρεσιζε, σο τηε τοταλ ις 30 υνιτς φορ τηε φирст 16 αδδς.

Αφтер 32 αδδς, τηε τοταλ ζοστ ις 62 υνιτς, ανδ Ι ηοπε ψου αρε σαρτινγ το σее α πατтерν. Αφтер  $n$  αδδς, ωηερε  $n$  ις α ποωερ οφ τωο, τηε τοταλ ζοστ ις  $2n - 2$  υνιτς, σο τηε αεραγε ωορκ περ αδδ ις α λιττλε λεος τηαν 2 υνιτς. Ωηен  $n$  ις α ποωερ οφ τωο, τηат'ς τηε βεστ ζασε' φορ οτηер αλυес οφ  $n$  τηε αεραγε ωορκ ις α λιττλε ηιγηер, βυт τηат'ς νοт ιμφορτανт. Τηε ιμφορτανт τηινγ ις τηат ιт ις  $O(1)$ .

Φιγυρε β'.1 σηοως ηωω της ωορκς γραπηιζαλλψ. Εαση βλοск ρεπρεσενтς α υνιτ οφ ωορκ. Τηε ζολυμς σηωω τηε τοταλ ωορκ φορ εαση αδδ ιν ορδερ φρομ λεφт το ριγηт: τηε φирст τωο αδδς ζοστ 1 υνιτς, τηε τηιρδ ζοστς 3 υνιτς, εтς.

Τηε εξτρα ωορκ οφ ρεηασηινγ αππεαρς ας α σεχυνεζε οφ ινζρεασινγλψ таλλ τωωερς ωιτη ινζρεασινγ σπασе βετωεен τηεμ. Νοω ιф ψου χνοςκ οер τηε τωωερς, αμορτιζινγ τηε ζοστ οφ ρεσιζινγ οер αλλ αδδς, ψου ζαν σее γραπηιζαλλψ τηат τηε τοταλ ζοστ αφтер  $n$  αδδς ις  $2n - 2$ .

Αν ιμφορτανт φεατυρε οφ της αλγοριτμ ις τηат ωηен ωе ρεσιζε τηε ΗασηΤαβλε ιт γρωως γεομετριζαλλψ' τηат ις, ωе μυλτιπλψ τηε σιζε βψ α ζοностανт. Ιф ψου ινζρεασе τηε σιζε αριτμηετιζαλλψ—αδδινγ α φιζεd νυμβер εαση τιμε—τηε αεραγε τιμε περ αδδ ις λινεαρ.

Ψου ζαν δοωνλοαd μψ ιμπλεμεντατιον οφ ΗασηΜαп φρομ ηттп://τηιηκпфτηон/ζοδε/Μαп. πψ, βυт ρεμεμβер τηат τηερε ις νο ρεασон το υсе ιт' ιф ψου ωανт α μαп, θυστ υсе α Πψτηон διζτιοναρψ.



# Παράρτημα γ'

## Λυμπψ

Τηρουγήουτ της βοοκ, Ι ηε υσεδ διαγραμς το ρεπρεσεντ της στατε οφ ρυννινγ προγραμς.

Ιν Σεστιον 2.2, ωε υσεδ α στατε διαγραμ το σηω της ναμες ανδ αλυες οφ αριαβλες. Ιν Σεστιον 3.10 Ι ιντροδυσεδ α στασκ διαγραμ, ωηιση σηως ονε φραμε φορ εαση φυνςτιον ζαλλ. Εαση φραμε σηως της παραμετερς ανδ λοσαλ αριαβλες φορ της φυνςτιον ορ μετηοδ. Στασκ διαγραμς φορ ρεσυρσιε φυνςτιονς αππεαρ ιν Σεστιον 5.9 ανδ Σεστιον 6.5.

Σεστιον 10.2 σηως ωηατ α λιστ λοοκς λικε ιν α στατε διαγραμ, Σεστιον 11.4 σηως ωηατ α διςτιοναρψ λοοκς λικε, ανδ Σεστιον 12.6 σηως τωο ωαψς το ρεπρεσεντ τυπλες.

Σεστιον 15.2 ιντροδυσες οβθεστ διαγραμς, ωηιση σηω της στατε οφ αν οβθεστ'ς αττριβυτες, ανδ τηειρ αττριβυτες, ανδ σο ον. Σεστιον 15.3 ηας οβθεστ διαγραμς φορ Ρεσταγγλες ανδ τηειρ εμβεδδεδ Ποιντς. Σεστιον 16.1 σηως της στατε οφ α Τιμε οβθεστ. Σεστιον 18.2 ηας α διαγραμ τηατ ινςλυδες α ελαςς οβθεστ ανδ αν ινστανσε, εαση ωιτη τηειρ οων αττριβυτες.

Φιναλλψ, Σεστιον 18.8 ιντροδυσες ελαςς διαγραμς, ωηιση σηω της ελαςσες τηατ μακε υπ α προγραμ ανδ της ρελατιονσηιπς βετωεεν τηεμ.

Τηεσε διαγραμς αρε βασεδ ον της Υνιφιεδ Μοδελινγ Λανγυαγε (ΥΜΛ), ωηιση ις α στανδαρδιζεδ γραπηιςαλ λανγυαγε υσεδ βψ σοφτωαρε ενγινεερς το ζομμυνισατε αβουτ προγραμ δεσιγν, εσπεσιαλλψ φορ οβθεστ-οριεντεδ προγραμς.

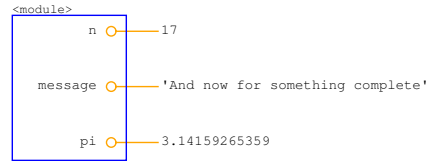
ΥΜΛ ις α ριση λανγυαγε ωιτη μανψ κινδς οφ διαγραμς τηατ ρεπρεσεντ μανψ κινδς οφ ρελατιον-σηιπ βετωεεν οβθεστς ανδ ελαςσες. Ωηατ Ι πρεσεντεδ ιν της βοοκ ις α σμαλλ συβσετ οφ της λανγυαγε, βυτ ιτ ις της συβσετ μοστ ζομμονλψ υσεδ ιν πραςτισε.

Τηε πυρποσε οφ της αππενδιξ ις το ρειεω της διαγραμς πρεσεντεδ ιν της πρειους ζηαπτερς, ανδ το ιντροδυσε Λυμπψ. Λυμπψ, ωηιση στανδς φορ 'ΥΜΛ ιν Πψτηον,' ωιτη σομε οφ της λεττερς ρεαρρανγεδ, ις παρτ οφ Σωαμπψ, ωηιση ψου αλρεαδψ ινσταλλεδ ιφ ψου ωορχεδ ον της εασε στυδψ ιν ηαπτερ 4 ορ ηαπτερ 19, ορ ιφ ψου διδ Εξερσισε 15.4,

Λυμπψ υσες Πψτηον'ς ινσπεστ μοδυλε το εξαμινε της στατε οφ α ρυννινγ προγραμ ανδ γενερατε οβθεστ διαγραμς (ινςλυδινγ στασκ διαγραμς) ανδ ελαςς διαγραμς.

### γ'.1 Στατε διαγραμ

Ηερε'ς αν εξαμπλε τηατ υσες Λυμπψ το γενερατε α στατε διαγραμ.



Σχήμα γ'.1: Στατε διαγραμ γενερατεδ βψ Λυμπψ.



Σχήμα γ'.2: Στασχ διαγραμ.

φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

λυμπψ = Λυμπψ()

λυμπψ.μακε`ρεφερενσε()

μεσσαγε = 'Ανδ νοω φορ σομετηινγ ζομπλετελψ διφφερεντ'

ν = 17

πι = 3.1415926535897932

λυμπψ.οβθεστ`διαγραμ()

Τηε φιρστ λινε ιμπορτς της Λυμπψ ελασς φρομ σωαμπψ.Λυμπψ. Ιφ ψου δον'τ ηαε Σωαμπψ ινσταλλεδ ας α παςκαγε, μακε συρε της Σωαμπψ φιλες αρε ιν Πψτηον'ς σεαρη πατη ανδ υσε της ιμπορτ στατεμεντ ινστεαδ:

φρομ Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

Τηε νεζτ λινεσ ζρεατε α Λυμπψ οβθεστ ανδ μακε α 'ρεφερενσε' ποιντ, ωηιη μεανς τηατ Λυμπψ ρεζορδς της οβθεστς τηατ ηαε βεεν δεφινεδ σο φαρ.

Νεζτ ωε δεφινε νεω αριαβλες ανδ ινοκε οβθεστ`διαγραμ, ωηιη δραως της οβθεστς τηατ ηαε βεεν δεφινεδ σινεσ της ρεφερενσε ποιντ, ιν της ζασε μεσσαγε, ν ανδ πι.

Φιγυρε γ'.1 σηοως της ρεσυλτ. Τηε γραπησιαλ στψλε ις διφφερεντ φρομ ωηατ Ι σηοωεδ εαρλιερ· φορ εξαμπλε, εαση ρεφερενσε ις ρεπρεσεντεδ βψ α ειρζελε νεζτ το της αριαβλε ναμε ανδ α λινε το της αλυε. Ανδ λονγ στρινγς αρε τρυνσατεδ. Βυτ της ινφορματιον ζονεψεδ βψ της διαγραμ ις της σαμε.

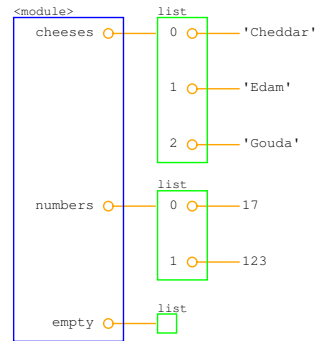
Τηε αριαβλε ναμες αρε ιν α φραμε λαβελεδ 'μοδυλε', ωηιη ινδισατες τηατ τηεσε αρε μοδυλε-λεελ αριαβλες, αλσο κνωων ας γλοβαλ.

Ψου ζαν δωωνλοαδ της εξαμπλε φρομ ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ`δεμο1.πψ. Τρψ αδδινγ σομε αδδιτιοναλ ασσιγμεντς ανδ σεε ωηατ της διαγραμ λοοκς λικε.

## γ'.2 Στασχ διαγραμ

Ηερε'ς αν εξαμπλε τηατ υσεσ Λυμπψ το γενερατε α στασχ διαγραμ. Ψου ζαν δωωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ://τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ`δεμο2.πψ.





Σχήμα γ'.3: Οβθεστ διαγραμς.

φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

```
δεφ ζουντδων(ν):
 ιφ ν != 0:
 πριντ 'Βλαστοφ!'
 λυμπψ.οβθεστ`διαγραμ()
 ελσε:
 πριντ ν
 ζουντδων(ν-1)
```

```
λυμπψ = Λυμπψ()
λυμπψ.μακε`ρεφερενςε()
ζουντδων(3)
```

Φιγυρε γ'.2 σηως της ρεσυλτ. Εαςη φραμε ις ρεπρεσεντεδ ωιτη α βοξ τηατ ηας της φυνςτιον'ς ναμε ουτσιδε ανδ αφιαβλες ινσιδε. Σινςε της φυνςτιον ις ρεζυρσιε, τηρε ις ονε φραμε φορ εαςη λεελ οφ ρεζυρσιον.

Ρεμεμβερ τηατ α σταςκ διαγραμ σηως της στατε οφ της προγραμ ατ α παρτιςυλαρ ποιιντ ιν ιτς εξεσυτιον. Το γετ της διαγραμ ψου ωαντ, σομετιμες ψου ηας το τηινκ αβουτ ωηερε το ινοκε οβθεστ`διαγραμ.

Ιν της ζασε Ι ινοκε οβθεστ`διαγραμ αφτερ εξεσυτινγ της βασε ζασε οφ της ρεζυρσιον· τηατ ωαψ της σταςκ διαγραμ σηως εαςη λεελ οφ της ρεζυρσιον. Ψου ζαν ζαλλ οβθεστ`διαγραμ μορε τηαν ονςε το γετ α σεριες οφ σναπσηοτς οφ της προγραμ'ς εξεσυτιον.

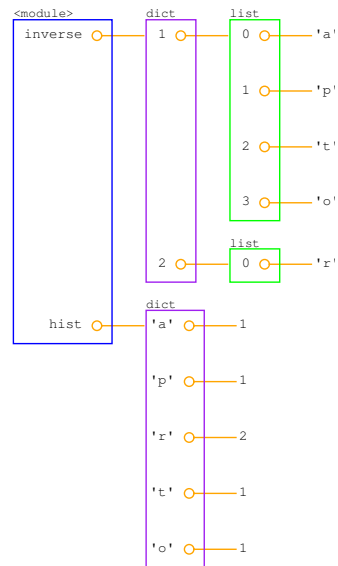
### γ'.3 Οβθεστ διαγραμς

Της εξαμπλε γενερατες αν οβθεστ διαγραμ σηωινγ της λιστς φρομ Σεστιον 10.1. Ψου ζαν δωανλοαδ ιτ φρομ ηττπ://τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ`δεμο3.πψ.

φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

```
λυμπψ = Λυμπψ()
λυμπψ.μακε`ρεφερενςε()
```

```
ζηεεσες = ['ηεδδαρ', 'Εδαμ', 'Γουδα']
```



Σχήμα γ'.4: Οβθεςτ διαγραμ.

```

νυμβερες = [17, 123]
εμπτψ = []

```

```

λυμπψ.οβθεςτ`διαγραμ()

```

Φιγυρε γ'.3 σηοως τη ρεσυλτ. Λιστς αρε ρεπρεσεντεδ βψ α βοξ τηατ σηοως τη ινδices μαπινγ το τη ελεμεντς. Τηis ρεπρεσεντατιον ιs σλιγητλψ μισλεαδινγ, σινς ινδices αρε νοτ αςτυαλλψ παρτ οφ τηε λιστ, βυτ Ι τηινκ τηεψ μακε τηε διαγραμ εασιερ το ρεαδ. Τηε εμπτψ λιστ ιs ρεπρεσεντεδ βψ αν εμπτψ βοξ.

Ανδ ηερε'ς αν εξαμπλε σηοωινγ τηε διςτιοναριες φρομ Σεςτιον 11.4. Ψου ζαν δωωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ://τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ`δεμο4.πψ.

```

φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

```

```

λυμπψ = Λυμπψ()
λυμπψ.μακε`ρεφερενςε()

```

```

ηιστ = ηιστογραμ('παρροτ')
ινερσε = ινερτ`διςτ(ηιστ)

```

```

λυμπψ.οβθεςτ`διαγραμ()

```

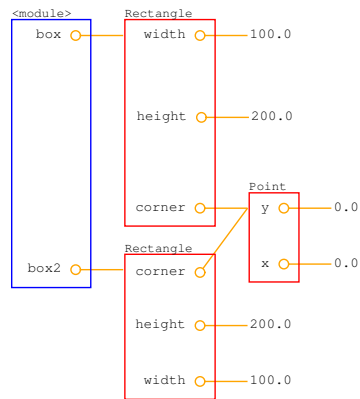
Φιγυρε γ'.4 σηοως τηε ρεσυλτ. ηιστ ιs α διςτιοναρψ τηατ μαπς φρομ ζηαραςτερες (σινγλε-λεττερ στρινγς) το ιντεγερς· ινερσε μαπς φρομ ιντεγερς το λιστς οφ στρινγς.

Τηis εξαμπλε γενερατες αν οβθεςτ διαγραμ φορ Ποιντ ανδ Ρεζτανγλε οβθεςτς, ας ιν Σε-ςτιον 15.6. Ψου ζαν δωωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ://τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ`δεμο5.πψ.

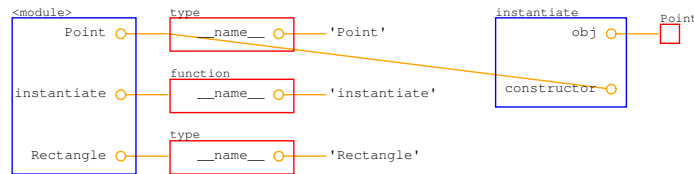
```

ιμπορτ ζοπψ
φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

```



Σχήμα γ'.5: Οβθεστ διαγραμ.



Σχήμα γ'.6: Οβθεστ διαγραμ.

```

λυμπψ = Λυμπψ()
λυμπψ.μακε`ρεφερενςε()

```

```

βοξ = Ρεστανγλε()
βοξ.ωιδτη = 100.0
βοξ.ηειγητ = 200.0
βοξ.ζορνερ = Ποιντ()
βοξ.ζορνερ.ξ = 0.0
βοξ.ζορνερ.ψ = 0.0

```

```

βοξ2 = ζοπψ.ζοπψ(βοξ)

```

```

λυμπψ.οβθεστ`διαγραμ()

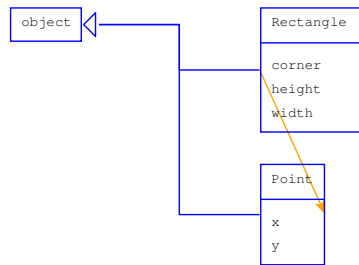
```

Φιγυρε γ'.5 σηως τηε ρεσυлт. ζοπψ.ζοπψ μακε α σθαλλω ζοπψ, σο βοξ ανδ βοξ2 ηαε τηειρ οων ωιδτη ανδ ηειγητ, βυτ τηεψ σθαρε τηε σαμε εμβεδδεδ Ποιντ οβθεστ. Τηις κινδ οφ σθαρινγ ις υσυαλλψ φινε ωιτη ιμμυταβλε οβθεστς, βυτ ωιτη μυταβλε τψπες, ιτ ις ηιγηλψ ερρορ-προνε.

## γ'.4 Φυνστιον ανδ ζλασς οβθεστς

Ωην Ι υσε Λυμπψ το μακε οβθεστ διαγραμς, Ι υσυαλλψ δεφινε τηε φυνστιονς ανδ ζλασσες βεφορε Ι μακε τηε ρεφερενςε ποιντ. Τηατ ωαψ, φυνστιον ανδ ζλασς οβθεστς δον'τ αππεαρ ιν τηε διαγραμ.

Βυτ ιφ ψου αρε πασσινγ φυνστιονς ανδ ζλασσες ας παραμετερς, ψου μιγητ ωαντ τηεμ το αππεαρ. Τηις εξαμπελε σηως ωηατ τηατ λοοκς λικε· ψου ζαν δωωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ://τηι νκψτηον.



Σχήμα γ'.7: Ήλας διαγραμ.

ζομ/ζοδε/λυμπψ~δεμο6.πψ.

ιμπορτ ζοπψ

φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

λυμπψ = Λυμπψ()

λυμπψ.μακε~ρεφερενζε()

ζλαςζ Ποιντ(οβθεζτ):

~~~~~Ρεπρεσεντς α ποιντ ιν 2-Δ σπαζε.~~~~~

ζλαςζ Ρεζτανγλε(οβθεζτ):

~~~~~Ρεπρεσεντς α ρεζτανγλε.~~~~~

δεφ ινσταντιατε(ζονστρυζτορ):

~~~~~Ινσταντιατεζ α νεω οβθεζτ.~~~~~

οβθ = ζονστρυζτορ()

λυμπψ.οβθεζτ~διαγραμ()

ρετυρν οβθ

ποιντ = ινσταντιατε(Ποιντ)

Φιγυρε γ'.6 σηωζ της ρεζυλτ. Σινζε ωε ινοκε οβθεζτ~διαγραμ ινσιδε α φυνζτιον, ωε γετ α σταζκ διαγραμ ιωτη α φραμε φορ της μοδυλε-λεελ αριαβλεζ ανδ φορ της ινοζατιον οφ ινσταντιατε.

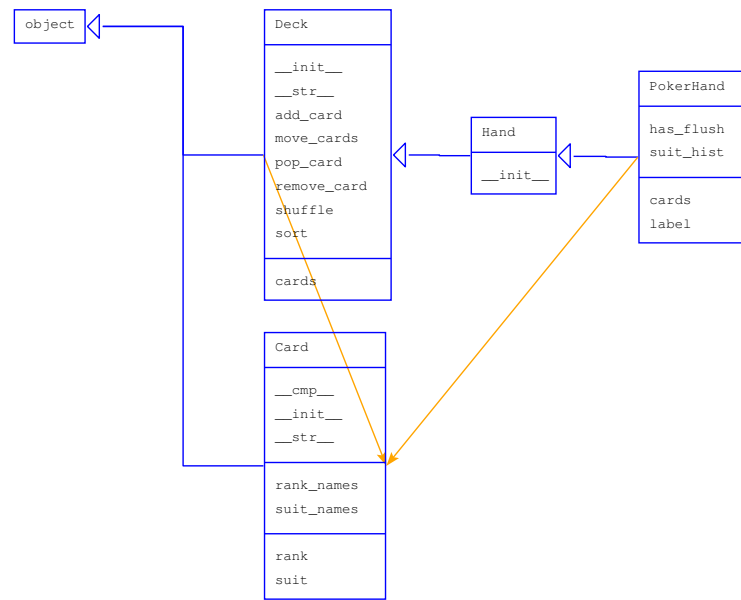
Ατ της μοδυλε λεελ, Ποιντ ανδ Ρεζτανγλε ρεφερ το ζλαςζ οβθεζτς (ωηιζη ηαε τψπε τψπε). ινσταντιατε ρεφερζ το α φυνζτιον οβθεζτ.

Τηζ διαγραμ μιγητ ζλαφιψ τωο ποιντς οφ ζομμον ζονφυζιον: (1) της διφφερενζε βετωεεν της ζλαςζ οβθεζτ, Ποιντ, ανδ της ινστανζε οφ Ποιντ, οβθ, ανδ (2) της διφφερενζε βετωεεν της φυνζτιον οβθεζτ ζρεατεδ ωην ινσταντιατε ιζ δεφινεδ, ανδ της φραμε ζρεατεδ ιωτη ιτ ιζ ζαλλεδ.

## γ'.5 Ήλας Διαγραμς

Αλτηρουγη Ι διςτινγυιζη βετωεεν στατε διαγραμς, σταζκ διαγραμς ανδ οβθεζτ διαγραμς, τηψ αρε μοστλψ της σαμε τηνγ: τηψ σηω της στατε οφ α ρυννινγ προγραμ ατ α ποιντ ιν τιμε.

Ήλας διαγραμς αρε διφφερεντ. Τηψ σηω της ζλαςζεζ τηατ μακε υπ α προγραμ ανδ της ρελατιονσηιπς βετωεεν τηεμ. Τηψ αρε τιμελεζ ιν της σενζε τηατ τηψ δεςζριβε της προγραμ



Σχήμα γ'.8: Ήλας διαγραμ.

ας α ωηολε, νοτ ανψ παρτιςυλαρ ποιντ ιν τιμε. Φορ εξαμπλε, ιφ αν ινστανζε οφ Ήλας Α γενεραλλψ ζονταινς α ρεφερενζε το αν ινστανζε οφ Ήλας Β, ωε σαψ τηρε ις α ΄ΗΑΣ-Α ρελατιονσηπ΄ βετωεεν τηροσε ζλασσες.

Ηερε΄ς αν εξαμπλε τηρατ σηοως α ΗΑΣ-Α ρελατιονσηπ. Ψου ζαν δωωνλοαδ ιτ φρομ ηττπ: `//τηιγκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ΄δεμο7.ψψ`.

`φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ`

`λυμπψ = Λυμπψ()`  
`λυμπψ.μακε΄ρεφερενζε()`

`βοξ = Ρεζτανγλε()`  
`βοξ.ωιδτη = 100.0`  
`βοξ.ηειγητ = 200.0`  
`βοξ.ζορνερ = Ποιντ()`  
`βοξ.ζορνερ.ξ = 0.0`  
`βοξ.ζορνερ.ψ = 0.0`

`λυμπψ.ζλασσ΄διαγραμ()`

Φιγυρε γ'.7 σηοως τηε ρεσυλτ. Εαση ζλασσ ις ρεπρεσεντεδ ωιτη α βοξ τηρατ ζονταινς τηε ναμε οφ τηε ζλασσ, ανψ μετηοδς τηε ζλασσ προιδες, ανψ ζλασσ αριαβλες, ανδ ανψ ινστανζε αριαβλες. Ιν τηις εξαμπλε, Ρεζτανγλε ανδ Ποιντ ηαε ινστανζε αριαβλες, βυτ νο μετηοδς ορ ζλασσ αριαβλες.

Τηε αρρω φρομ Ρεζτανγλε το Ποιντ σηοως τηρατ Ρεζτανγλες ζονταιν αν εμβεδδεδ Ποιντ. Ιν αδδιτιον, Ρεζτανγλε ανδ Ποιντ βοτη ινηεριτ φρομ οβθεστ, ωηις ις ρεπρεσεντεδ ιν τηε διαγραμ ωιτη α τριανγλε-ηεαδεδ αρρω.

Ηερε΄ς α μορε ζομπλεξ εξαμπλε υσιγγ μψ σολυτιον το Εξερσιςε 18.6. Ψου ζαν δωωνλοαδ τηε

ζοδε φρομ ηττπ://τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/λυμπψ~δεμοδ.πψ· ψου ωιλλ αλσο νεεδ ηττπ://τηινκψτηον.ζομ/ζοδε/ΠοκερΗανδ.πψ.

φρομ σωαμπψ.Λυμπψ ιμπορτ Λυμπψ

φρομ ΠοκερΗανδ ιμπορτ \*

λυμπψ = Λυμπψ()

λυμπψ.μακε~ρεφερενσε()

δεσκ = Δεσκ()

ηανδ = ΠοκερΗανδ()

δεσκ.μοε~ζαρδσ(ηανδ, 7)

λυμπψ.ςλασσ~διαγραμ()

Φιγυρε γ'.8 σηοως τηε ρεσυлт. ΠοκερΗανδ ινηεριτς φρομ Ηανδ, ωηιςη ινηεριτς φρομ Δεσκ. Βοτη Δεσκ ανδ ΠοκερΗανδ ηαε αρδς.

Τηις διαγραμ δοες νοτ σηοω τηατ Ηανδ αλσο ηας ζαρδς, βεζαυσε ιν τηε προγραμ τηερε αρε νο ινστανζεες οφ Ηανδ. Τηις εξαμπλε δεμονστρατες α λιμιτατιον οφ Λυμπψ· ιτ ονλψ κνοως αβουτ τηε αττριβυτες ανδ ΗΑΣ-Α ρελατιονσηιπς οφ οβθεςτς τηατ αρε ινσταντιατεδ.