

# **Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Λειτουργικά Συστήματα (ECE318)**

**Ακαδημαϊκό Έτος 2020-2021**

## **Οδηγίες για τις Εργαστηριακές Ασκήσεις**

16 Μαρτίου 2021

### **Περιεχόμενα**

<b>1</b>	<b>Εισαγωγικά</b>	<b>3</b>
1.1	Υλικό για Μελέτη . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Το Περιβάλλον Εργασίας</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Εγκατάσταση Ιδεατής Μηχανής</b>	<b>4</b>
3.1	Οδηγίες για την δημιουργία της εικονικής μηχανής. . . . .	5
<b>4</b>	<b>Εγκατάσταση Λειτουργικού Συστήματος</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Έτοιμη εικονική μηχανή</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Εκκίνηση/Τερματισμός του Συστήματος &amp; Πρώτα Βήματα</b>	<b>8</b>

<b>7</b>	<b>Οδηγίες Εγκατάστασης Εργαλείων Ανάπτυξης Λογισμικού &amp; Μεταγλώττισης Πηγαίου Κώδικα Πυρήνα</b>	<b>10</b>
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

# 1 Εισαγωγικά

Οι εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος έχουν ως στόχο να σας παρέχουν πρακτική εμπειρία και να σας εξοικειώσουν με τον προγραμματισμό ενός πραγματικού λειτουργικού συστήματος, όπως είναι το *Linux*. Οι εργαστηριακές ασκήσεις καλύπτουν τις πιο σημαντικές αρχές ενός λειτουργικού συστήματος και συμπεριλαμβάνουν τις κλήσεις συστήματος, τη χρονοδρομολόγηση διεργασιών, τη δρομολόγηση Εισόδου/Εξόδου όπως επίσης και τη διαχείριση μνήμης.

Η υλοποίηση των ασκήσεων απαιτεί προσθήκες και αλλαγές στον κώδικα του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος *Linux*. Μετά την όποια αλλαγή ή προσθήκη απαιτείται η εκ νέου μεταγλώττιση του πυρήνα και η επανεκκίνηση του συστήματος. Όπως μπορεί να γίνει κατανοητό, οι συνεχείς επανεκκινήσεις είναι χρονοβόρες. Επιπλέον, επειδή το λειτουργικό ελέγχει απευθείας τους πόρους του συστήματος, τυχόν λάθη στον κώδικά σας μπορεί να έχουν ως συνέπεια βλάβες (π.χ. σε δίσκους). Για τους παραπάνω λόγους μία καλή λύση είναι η χρήση *εικονικής μηχανής*, όπως περιγράφεται στην συνέχεια. Η χρήση μίας εικονικής μηχανής για την εκτέλεση του λειτουργικού συστήματος επιτρέπει την επανεκκίνηση μόνο της εικονικής μηχανής και όχι όλου του συστήματος. Ταυτόχρονα, οι πόροι που χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα πάνω από την εικονική μηχανή είναι, αντίστοιχα, εικονικοί (π.χ. ένας εικονικός δίσκος αντιστοιχεί στην πραγματικότητα σε ένα ή περισσότερα αρχεία). Αυτό περιορίζει τις συνέπειες τυχόν λαθών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Οι παρακάτω οδηγίες έχουν αναπτυχθεί για χρήση σε περιβάλλον με εικονική μηχανή.

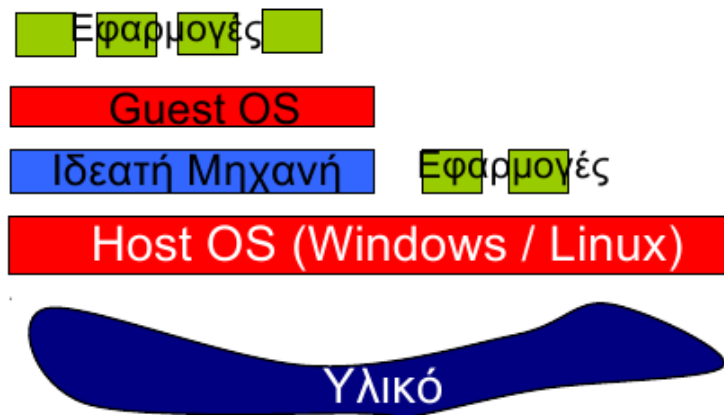
## 1.1 Υλικό για Μελέτη

Κεφάλαια 1, 2 του βιβλίου "Linux Kernel Development" (3η έκδοση).

# 2 Το Περιβάλλον Εργασίας

Σε ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα, το λειτουργικό σύστημα μεσολαβεί μεταξύ του υλικού και του λογισμικού εφαρμογών. Για την εκπαίδευση και την έρευνα σε λειτουργικά συστήματα, είναι πολύτιμη η λειτουργικότητα των ιδεατών μηχανών. Και σε αυτή την περίπτωση, παρόμοια με το τυπικό σύστημα, μεσολαβεί λειτουργικό σύστημα (λειτουργικό σύστημα «ξενιστής» - Host OS) μεταξύ του υλικού και των εφαρμογών. Μία όμως – ή και περισσότερες – από τις εφαρμογές υλοποιεί μία – ή περισσότερες – ιδεατές μηχανές. Η κάθε εικονική μηχανή προσφέρει στα ανώτερα επίπεδα την εικόνα ενός αντιγράφου του «γυμνού» υλικού. Πάνω στην εικονική μηχανή εγκαθίσταται

λειτουργικό σύστημα (ίδιο ή και διαφορετικό από το λειτουργικό-ξενιστή) ενώ πάνω από το λειτουργικό μπορούν να εκτελούνται εφαρμογές. Το σύστημα απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.



Για τις ανάγκες της εργασίας, το περιβάλλον που υποστηρίζουμε χρησιμοποιεί την εικονική μηχανή VMWare Workstation Player, πάνω από λειτουργικό Windows ή Linux<sup>1</sup>. Το λειτουργικό σύστημα που θα εκτελείται πάνω στην εικονική μηχανή (Guest OS) είναι το Ubuntu Server και πιο συγκεκριμένα η έκδοση 20.04.2 (LTS) για συστήματα 64-bit.

### 3 Εγκατάσταση Ιδεατής Μηχανής

Παρακάτω θα βρείτε οδηγίες για το πως να εγκαταστήσετε τον VMWare Workstation Player 16 και στη συνέχεια να δημιουργήσετε την εικονική μηχανή που θα χρησιμοποιείτε για την ανάπτυξη των εργασιών σας. Επίσης, θα βρείτε και ένα link ώστε να κατεβάσετε μία έτοιμη εικονική μηχανή που φτιάξαμε εμείς και μπορείτε να χρησιμοποιήσετε. Καλό θα ήταν να κάνετε την διαδικασία μόνοι σας για να πάρετε μία ιδέα και να εξοικειωθείτε με την διαδικασία.

---

<sup>1</sup>Οι χρήστες Mac OS μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εικονική μηχανή VirtualBox.

### 3.1 Οδηγίες για την δημιουργία της εικονικής μηχανής.

Εγκαταστήστε τον VMWare Workstation Player 16. Είναι δωρεάν, και είναι διαθέσιμος προς λήψη μέσω της διεύθυνσης <https://www.vmware.com/go/getplayer-win> για Windows και μέσω της διεύθυνσης <https://www.vmware.com/go/getplayer-linux> για Linux. Επιλέξτε την κατάλληλη έκδοση (Windows/Linux, 32-bit/64-bit) ανάλογα με το λειτουργικό-ξενιστή που χρησιμοποιείτε (το λειτουργικό της μηχανής σας).

Κατά την εγκατάσταση, εφόσον ερωτηθείτε, επιλέξτε εγκατάσταση τόσο NAT (Network Address Translation) όσο και Host-only networking. Το δίκτυο με δυνατότητες NAT σας είναι χρήσιμο ώστε να μπορείτε από την εικονική μηχανή να έχετε πρόσβαση στο δίκτυο, εάν ο υπολογιστής-ξενιστής είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο, ενώ η επιλογή host-only networking χρησιμοποιείται αν δεν έχετε πρόσβαση στο δίκτυο και θέλετε να υλοποιήσετε επικοινωνία μέσω (εικονικού) δικτύου μεταξύ του λειτουργικού που τρέχει στην εικονική μηχανή και του λειτουργικού ξενιστή.

Σε περίπτωση που σας ζητηθεί κάποιος σειριακός αριθμός, επιλέξτε την επιλογή για δωρεάν δοκιμή, χωρίς να βάλετε κάποιο σειριακό αριθμό.

Ακολούθως, κατεβάστε το ISO image του λειτουργικού συστήματος Ubuntu Server από τη διεύθυνση:

<http://www.ubuntu.com/download/server>

Επιλέξτε την έκδοση 20.04.2 LTS, εφόσον σας ζητηθεί. Το ISO image που θα κατεβάσετε θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εγκαταστήσετε το λειτουργικό σύστημα στο περιβάλλον της εικονικής μηχανής, όπως περιγράφεται στην ακόλουθη ενότητα.

## 4 Εγκατάσταση Λειτουργικού Συστήματος

Εκκινήστε την εικονική μηχανή και δημιουργήστε μία νέα εικονική μηχανή, μέσω της επιλογής "Create a New Virtual Machine". Στην αρχική οθόνη που θα εμφανιστεί επιλέξτε την επιλογή "Typical". Στην επόμενη οθόνη επιλέξτε την εγκατάσταση του λειτουργικού μέσω "Installer disc image file (ISO)" και εντοπίστε το iso αρχείο του λειτουργικού συστήματος που έχετε αποθηκεύσει από το προηγούμενο βήμα. Όπως θα δείτε, το λειτουργικό σύστημα Ubuntu μπορεί να εγκατασταθεί μέσω της επιλογής "Easy Install" στην εικονική μηχανή<sup>2</sup>. Υπάρχει περίπτωση όμως πρακτικά να μην

---

<sup>2</sup>Η επιλογή αυτή απλοποιεί την διαδικασία της εγκατάστασης και απαιτεί την εισαγωγή μόνο των στοιχείων του πρώτου χρήστη που θα δημιουργηθεί, προκειμένου να εγκατασταθεί το λειτουργικό σύστημα.

λειτουργήσει σωστά το "Easy Install" καθώς η έκδοση Server των Ubuntu δεν υποστηρίζεται. Στην επόμενη οθόνη σας ζητείται η εισαγωγή των στοιχείων του πρώτου χρήστη που θα δημιουργηθεί μετά την εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος. Έπειτα, θα πρέπει να εισάγετε ένα όνομα για την εικονική μηχανή που θα δημιουργηθεί καθώς επίσης και τον φάκελο στον οποίο θα εγκατασταθούν τα αρχεία της. Εν συνεχεία, σας ζητείται να εισάγετε το μέγεθος του εικονικού δίσκου που θα χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα. Εισάγετε το επιθυμητό μέγεθος, το οποίο όμως δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο των 20 GB, και επιλέξτε την αποθήκευση του δίσκου σε ένα αρχείο. Τέλος, στην οθόνη που ακολουθεί μπορείτε να τροποποιήσετε τις επιλογές για το υλικό του λειτουργικού ξενιστή στο οποίο θα έχει πρόσβαση το λειτουργικό που εκτελείται στην εικονική μηχανή. Μια σημαντική επιλογή είναι αυτή για τον προσαρμογέα δικτύου (network adapter). Πατήστε στο κουμπί "Customize Hardware", πατήστε στην συσκευή "Network Adapter" και επιλέξτε την μέθοδο "NAT" για την σύνδεση δικτύου. Μια άλλη σημαντική επιλογή αφορά το ποσό της φυσικής μνήμης RAM που θα είναι διαθέσιμη στην εικονική μηχανή. Φροντίστε αυτή να είναι όσο το δυνατόν περισσότερη, αλλά λιγότερη από το μισό της διαθέσιμης φυσικής μνήμης του συστήματος ξενιστή. Θυμηθείτε ότι η μνήμη που δεσμεύετε από την εικονική μηχανή ουσιαστικά δεν είναι διαθέσιμη πλέον στο σύστημα ξενιστή. Προσέξτε επίσης την επιλογή των διαθέσιμων επεξεργαστών στην εικονική μηχανή, και σιγουρευτείτε ότι έχει επιλεγεί 1 διαθέσιμος επεξεργαστής και πάνω από 2 πυρήνες επεξεργαστή, ανάλογα τις δυνατότητες του μηχανήματος σας. Αφού κάνετε τις επιλογές σας κλείστε το παράθυρο και πατήστε στο κουμπί "Finish".

Στη συνέχεια θα ξεκινήσει αυτόματα η εικονική μηχανή και θα ξεκινήσει η εγκατάσταση του λειτουργικού. Η έκδοση Ubuntu Server που έχουμε επιλέξει δεν περιλαμβάνει κάποιο γραφικό περιβάλλον, ούτε κατά την εγκατάσταση και ούτε στη λειτουργία του. Η εγκατάσταση γίνεται σε ένα γραφικό περιβάλλον κονσόλας, στο οποίο μπορείτε να περιηγηθείτε με το πληκτρολόγιο. Τα βασικά κουμπιά είναι τα βελάκια για εναλλαγή μεταξύ επιλογών, το κουμπί "Space" για ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση κάποιας επιλογής και το "Enter" για επιβεβαίωση μιας επιλογής. Επιπλέον, λειτουργεί και το "Tab" για να αλλάξει η ενεργή επιλογή, όμοια με τα βελάκια.

Στην πρώτη οθόνη της εγκατάστασης επιλέγουμε τη γλώσσα εγκατάστασης και πατάμε "Enter" με προτιμότερη τα Αγγλικά. Στη συνέχεια μας ζητάει την διάταξη του πληκτρολογίου και πατάμε "Enter" στην επιλογή "Done"<sup>3</sup>. Στην επόμενη είναι οι ρυθμίσεις δικτύου, όπου μπορείτε να δείτε την αποκτηθείσα IP και μπορείτε να την σημειώσετε για να την χρησιμοποιήσετε αργότερα. Επιλέγετε "Done". Στις επόμενες οθόνες "Configure proxy", "Configure Ubuntu archive mirror" δεν αλλάζετε κάτι και απλά πατάτε "Done". Μετά ακολουθεί η οθόνη ρύθμισης του δίσκου. Σιγουρευτείτε ότι

---

<sup>3</sup>Οι επιλεγμένες ρυθμίσεις φαίνονται με πράσινο χρώμα.

έχει επιλεγεί το σύνολο της χωρητικότητας (20 GB) και με το κάτω βελάκι επιλέξτε "Done" χωρίς να αλλάξετε κάτι, όπως και το ίδιο θα κάνετε στην επόμενη οθόνη. Στο Confirmation dialog επιλέξτε "Continue"<sup>4</sup>, επιβεβαιώνοντας όλες τις αλλαγές. Στην επόμενη οθόνη βάλτε τα στοιχεία χρήστη και σημειώστε τον κωδικό που θα χρησιμοποιήσετε. Η οθόνη που ακολουθεί αφορά την εγκατάσταση του πακέτου "openssh-server", το οποίο θα χρειαστείτε αργότερα. Για αυτό το λόγο ενεργοποιήστε την επιλογή για εγκατάστασή του πατώντας το "Space". Σιγουρευτείτε πως ο κέρσορας βρίσκεται μέσα στο κουτάκι πριν το κάνετε αυτό. Αφού δείτε το "X" που σημαίνει πως ενεργοποιήθηκε, με το κάτω βελάκι πηγαίνετε στην επιλογή "Done". Στην επόμενη οθόνη δεν χρειάζεται να ενεργοποιήσετε κάποιο "Snap" οπότε με το κάτω βελάκι πηγαίνετε κατευθείαν στο "Done" και θα ξεκινήσει η εγκατάσταση. Στο τέλος της εγκατάστασης θα ξεκινήσει αυτόματη ενημέρωση του συστήματος, το οποίο αν θέλετε μπορείτε να το διακόψετε. Μόλις ολοκληρωθεί η εγκατάσταση του λειτουργικού συστήματος, θα γράφει στο πάνω μέρος "Installation Complete" και θα πρέπει να επιλέξετε την επιλογή "Reboot Now" στο κάτω μέρος. Η εικονική μηχανή θα κάνει επανεκκίνηση και θα εμφανιστεί η οθόνη για login. Υπενθυμίζουμε πως δεν υπάρχει κάποιο γραφικό περιβάλλον, οπότε θα σας ζητάει αρχικά username και στη συνέχεια password. σε περιβάλλον κονσόλας. Τώρα μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το λειτουργικό.

Κατά τη διαδικασία της εγκατάστασης, υπάρχει η περίπτωση να δείτε ένα μήνυμα κάτω στο παράθυρο του VMWare που αναφέρει πως η εγκατάσταση γίνεται με τη διαδικασία "Easy Install". Αυτή η διαδικασία λειτουργεί μόνο στην περίπτωση που θα προσπαθήσετε να εγκαταστήσετε την έκδοση Ubuntu Desktop και μπορείτε να το κλείσετε χωρίς κανένα πρόβλημα.

Σε κάθε περίπτωση, **μην ασχοληθείτε με updates, ή εγκατάσταση λογισμικού από τρίτους προμηθευτές.**

## 5 Έτοιμη εικονική μηχανή

Σε περίπτωση που δεν καταφέρετε να δημιουργήσετε την εικονική μηχανή, η κάτι πήγε πολύ στραβά μετά την δημιουργία της, σας παρέχουμε και μία έτοιμη που ετοιμάσαμε για τα πλαίσια του μαθήματος σύμφωνα με τις παραπάνω οδηγίες.

Για να την χρησιμοποιήσετε, κατεβάστε το oslab.zip αρχείο από την διεύθυνση:

<https://courses.e-ce.uth.gr/ECE318/oslab.zip>

και αποσυμπιέστε το στον σκληρό σας. Στη συνέχεια από το κεντρικό menu του VMWare Work-

---

<sup>4</sup>Η επιλογή φαίνεται με κόκκινο χρώμα

station Player επιλέξτε "Open a Virtual Machine" και επιλέξτε το αρχείο OSLab.vmx που θα βρείτε στον φάκελο που κάνατε την αποσυμπίεση.

Τα στοιχεία του χρήστη είναι:

username: user

password: user

## 6 Εκκίνηση/Τερματισμός του Συστήματος & Πρώτα Βήματα

Για να εκκινήσετε την εικονική μηχανή, ανοίξετε το VMWare Workstation Player και επιλέξτε το όνομα της μηχανής που επιθυμείτε. Έπειτα, πατήστε στην επιλογή "Power on this virtual machine". Εφόσον χρησιμοποιούμε την έκδοση Server, το οποίο δεν περιλαμβάνει κάποιο γραφικό περιβάλλον εξ αρχής, δεν περιμένουμε να ανοίξει κάποιο γραφικό περιβάλλον, και απλά θα εμφανίστεί το login prompt στην κονσόλα.

Για να κατευθυνθεί η είσοδος στο παράθυρο της εικονικής μηχανής αρκεί να κάνετε click μέσα στο παράθυρο. Για να κατευθυνθεί και πάλι η είσοδος στο λειτουργικό-ξενιστή πατήστε Ctrl + Alt. Το "triplet of death" (Ctrl + Alt + Del) στην εικονική μηχανή αντιστοιχεί στο Ctrl + Alt + Ins.

Για να τερματίσετε βίαια την εικονική μηχανή (δε συνίσταται) μπορείτε να επιλέξετε *Virtual Machine (VM) -> Power off*. Αυτή η επιλογή αντιστοιχεί με τη διακοπή της τροφοδοσίας σε ένα πραγματικό σύστημα. Θυμηθείτε ότι δεν τερματίζουμε συνήθως ένα πραγματικό λειτουργικό αφαιρώντας του την τροφοδοσία...

Για τον ομαλό τερματισμό του λειτουργικού μπορείτε να εκτελέσετε την εντολή *sudo shutdown now*. Η εντολή *shutdown* τερματίζει το λειτουργικό και εμφανίζει την αρχική οθόνη της εικονικής μηχανής.

Ο ευκολότερος τρόπος να επικοινωνήσετε με τον κόσμο εκτός της εικονικής μηχανής είναι μέσω δικτύου. Προϋπόθεση είναι να έχετε ορίσει σωστά τον τύπο της σύνδεσης δικτύου στην εικονική μηχανή σε NAT ή Host-only networking, ανάλογα με το αν το σύστημα ξενιστής έχει σύνδεση στο δίκτυο ή όχι (δείτε την ενότητα 4). Για να επικοινωνήσετε με την εικονική μηχανή θα πρέπει να γνωρίζετε τη δικτυακή ταυτότητά της (ή με άλλα λόγια τη διεύθυνση IP της). Αυτή μπορείτε να τη βρείτε αν κάνετε login και δώσετε την εντολή *ip address show ens33 | grep 'inet' | cut -d' ' -f6* σε ένα terminal. Εναλλακτικά, μπορείτε να γράψετε απλώς *ip address show ens33* και να αναζητήσετε τη διεύθυνση IP ακριβώς μετά το κείμενο *inet*. Η διεύθυνση IP αποτελείται από 4 αριθμούς, χωρισμένους με τελείες. Αγνοήστε τους χαρακτήρες /24. Γνωρίζοντας την IP μπορείτε να



συνδεθείτε στην εικονική μηχανή και να βγάλετε / βάλτε αρχεία με τον SFTP client της προτίμησής σας.

Προκειμένου να μπορείτε να συνδεθείτε απομακρυσμένα στο λειτουργικό σύστημα Ubuntu (δηλαδή από κάποιο άλλο μηχάνημα ή από το λειτουργικό-ξενιστή), θα πρέπει να υπάρχει εγκατεστημένο το πακέτο *openssh-server*. Το πακέτο αυτό εγκαθιστά τον ssh server, ο οποίος χρησιμοποιείται ώστε να επιτρέπεται η πρόσβαση στο σύστημα από κάποιο απομακρυσμένο σύστημα (στην συγκεκριμένη περίπτωση, το "απομακρυσμένο σύστημα" είναι το λειτουργικό ξενιστής). Αν έχετε επιλέξει την προσθήκη του κατά την εγκατάσταση του Ubuntu Server, θα είναι διαθέσιμο. Διαφορετικά, για την εγκατάσταση, πληκτρολογήστε την εντολή *sudo apt-get install openssh-server*.

Αν το λειτουργικό σύστημα ξενιστής είναι το Linux, ανοίξτε τον file-manager της διανομής σας (π.χ. Dolphin). Στο σημείο όπου επιλέγετε τον κατάλογο στον οποίο βρίσκεστε γράψτε (ενδεχομένως να χρειαστεί να κάνετε δεξί κλικ και ακολούθως edit):

sftp://<όνομα χρήστη>@<ip Ubuntu στη Virtual Machine>

π.χ. sftp://user@192.168.88.135.

Θα σας ζητηθεί το password του χρήστη και κατόπιν θα δείτε το home directory του.

Αντίστοιχα απλή είναι η διαδικασία αν είστε σε περιβάλλον Windows και χρησιμοποιείτε κάποιον sftp/scp client όπως το *winscp*. Προσέξτε να θέσετε σωστά την IP και το όνομα χρήστη και να διαλέξετε το σωστό πρωτόκολλο επικοινωνίας (sftp).

Με την εντολή *ps -axl* μπορείτε να δείτε πληροφορίες για όλες τις διεργασίες (χρήστη και συστήματος) που υπάρχουν στο σύστημα. Επίσης, με την εντολή *man <εντολή>* μπορείτε να βρείτε πληροφορίες για οποιαδήποτε εντολή. Αν θέλετε να μη χάνετε το αποτέλεσμα εντολών που επιστρέφουν κείμενο που δε χωράει σε μια σελίδα, μπορείτε να το κατευθύνετε στην εντολή *more* με χρήση του τελεστή | (pipe). Π.χ. *ps -axl | more*. Με τον τρόπο αυτό μετά την εκτύπωση κειμένου που αντιστοιχεί σε μία οθόνη θα πρέπει να πατήσετε κάποιο πλήκτρο για να συνεχίσει το σύστημα με την εκτύπωση της επόμενης οθόνης.

Η εντολή *grep* σας βοηθάει να εντοπίσετε τα αρχεία που περιέχουν μια συγκεκριμένη ακολουθία χαρακτήρων. Π.χ. με την εντολή *grep cda \*.c* ψάχνετε τη συμβολοσειρά *cda* σε όλα τα αρχεία με κατάληξη *.c* που υπάρχουν στον κατάλογο στον οποίο βρίσκεστε.

Η εντολή *find* μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με τη *grep* για να αναζητήσετε μια συμβολοσειρά σε πολλαπλούς υποκαταλόγους. Π.χ. η εντολή *find . -name '\*.h' -exec 'grep' 'cda' '{}' ';' -print | more* σας εμφανίζει τις γραμμές που περιέχουν τη συμβολοσειρά *cda* σε όλα τα αρχεία με κατάληξη *.h* τα οποία υπάρχουν στον τρέχοντα κατάλογο και τους υποκαταλόγους του. Επίσης,

τυπώνεται το όνομα του αρχείου στο οποίο βρέθηκε η συμβολοσειρά, ενώ η εκτύπωση σταματάει κάθε φορά που συμπληρώνεται μια οθόνη και πρέπει να πατήσετε ένα πλήκτρο ώστε το σύστημα να συνεχίσει με την εκτύπωση της επόμενης οθόνης. Φροντίστε επίσης να εξοικειωθείτε με τις εντολές του `unix` που αφορούν μετακίνηση μεταξύ καταλόγων, αντιγραφή, μετονομασία, μετακίνηση και διαγραφή αρχείων κλπ.

## 7 Οδηγίες Εγκατάστασης Εργαλείων Ανάπτυξης Λογισμικού & Μεταγλώττισης Πηγαίου Κώδικα Πυρήνα

Μετά την εξοικείωση με την εικονική μηχανή και την εικόνα του λειτουργικού συστήματος, θα πρέπει να εγκαταστήσετε τα απαραίτητα εργαλεία ανάπτυξης κώδικα και τον πηγαίο κώδικα του πυρήνα του λειτουργικού. Αυτό το βήμα θα πρέπει να γίνει σε κάθε περίπτωση, είτε φτιάξατε εξ αρχής το VM, είτε κατεβάσατε το έτοιμο που σας παρέχουμε.

Τα εργαλεία ανάπτυξης κώδικα περιλαμβάνουν τον μεταγλωττιστή (`compiler`), τον διασυνδετή (`linker`) κλπ, τα οποία είναι απαραίτητα για την διαδικασία μεταγλώττισης του πυρήνα. Για την εγκατάσταση, πληκτρολογήστε την εντολή `sudo apt-get install build-essential libncurses-dev flex bison libssl-dev` σε ένα terminal του λειτουργικού που εκτελείται πάνω από το VMWare.

Για τη διαδικασία εγκατάστασης των αρχείων πηγαίου κώδικα του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος, μπορείτε να ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα:

1. Κατεβάστε<sup>5</sup> το συμπιεσμένο αρχείο `linux-5.4.86.tar.gz` από τη διεύθυνση:  
`https://mirrors.edge.kernel.org/pub/linux/kernel/v5.x/linux-5.4.86.tar.gz`  
Το συμπιεσμένο αρχείο περιλαμβάνει τα αρχεία πηγαίου κώδικα του πυρήνα και αποθηκεύστε το στο χώρο εργασίας σας, στο λειτουργικό σύστημα της εικονικής μηχανής.
2. Αποσυμπιέστε το αρχείο που κατεβάσατε στον φάκελο `/usr/src` πληκτρολογώντας την εντολή `sudo tar -C /usr/src -xvf linux-5.4.86.tar.gz`
3. Στις περισσότερες από τις εργασίες θα κληθείτε να προχωρήσετε σε κάποιες τροποποιήσεις του κώδικα του πυρήνα. Γι' αυτό τον λόγο θα δημιουργήσετε ένα αντίγραφο του φακέλου με τον πηγαίο κώδικα του πυρήνα, όπου θα κάνετε τις όποιες τροποποιήσεις. Μεταβείτε στον φάκελο `/usr/src`. Εκεί μετονομάστε τον φάκελο `linux-5.4.86` σε `linux-5.4.86-orig` με

---

<sup>5</sup>Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή `wget <url>`.

την εντολή `sudo mv linux-5.4.86 linux-5.4.86-orig`. Έπειτα, δημιουργήστε ένα αντίγραφο του φακέλου `linux-5.4.86-orig`, το οποίο θα το ονομάσετε `linux-5.4.86-dev`. Αυτό μπορεί να γίνει με χρήση της εντολής `sudo cp -R linux-5.4.86-orig linux-5.4.86-dev`. Πλέον, στον φάκελο `linux-5.4.86-dev` θα πραγματοποιείτε όποιες προσθήκες ή τροποποιήσεις σας ζητούνται.

Μεταβείτε στον κατάλογο `/etc/default` και ανοίξτε το αρχείο `grub`. Αλλάξτε τις τιμές των παραμέτρων `GRUB_TIMEOUT`, `GRUB_HIDDEN_TIMEOUT`, `GRUB_HIDDEN_TIMEOUT_QUIET` ως εξής:

```
GRUB_HIDDEN_TIMEOUT=-1
GRUB_HIDDEN_TIMEOUT_QUIET=true
GRUB_TIMEOUT=-1
```

Αν τυχόν δεν υπάρχει κάποια γράμμη από τις παραπάνω, δεν χρειάζεται να τις προσθέσετε. Αλλάξτε μόνο τις γραμμές που υπάρχουν. Με αυτόν τον τρόπο κατά την εκκίνηση του συστήματος θα παρουσιάζεται πάντα το menu το οποίο επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την έκδοση του πυρήνα που θα χρησιμοποιηθεί. Η έκδοση του πυρήνα που σας δίνουμε θα φαίνεται στο submenu "Advanced Options for Ubuntu".

Το επόμενο βήμα σε αυτή την διαδικασία είναι η μεταγλώττιση του πυρήνα. Για την πρώτη φορά που μεταγλωττίζετε τον πυρήνα, θα πρέπει να παράξετε το αρχείο ρυθμίσεων μεταγλώττισης του πυρήνα `.config`, με την εντολή `sudo make localmodconfig` και σε οποιαδήποτε ερώτηση σας ζητήσει, πατήστε "N" και "Enter". Εάν δουλεύετε σε native installation μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το `config file` για τον προ-εγκατεστημένο πυρήνα σας, το οποίο θα βρείτε στον κατάλογο `/boot` με όνομα που θα έχει τη μορφή `config-X.Y.Z*`.

Έπειτα, βρισκόμενοι σε αυτόν τον φάκελο, εκτελέστε την εντολή **`sudo make menuconfig`**. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για τις διάφορες ρυθμίσεις του πυρήνα, πριν την διαδικασία μεταγλώττισης<sup>6</sup>. Στο γραφικό περιβάλλον που θα εμφανιστεί, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τα βελάκια για να περιηγηθείτε στις διάφορες επιλογές. Με το πλήκτρο "Enter" μπορείτε να μπειτε σε μια επιλογή, και με το πλήκτρο "Esc" (\*2 φορές) να επιστρέψετε σε προηγούμενη οθόνη. Με το πλήκτρο "Space" ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται μια επιλογή. Αν θέλετε να φορτώσετε ρυθμίσεις από κάποιο αρχείο, πηγαίνετε με το δεξί βελάκι στην επιλογή *Load* και βάλτε τη διαδρομή στην οποία βρίσκεται το `config` αρχείο. Σημειώστε πως μπορείτε να διάβασετε ένα αρχείο με οποιαδήποτε όνομα ή μορφή.

---

<sup>6</sup>Η διαδικασία ρύθμισης του πυρήνα θα πρέπει να γίνεται μόνο πριν την πρώτη φορά μεταγλώττισης του πυρήνα. Μετά από κάθε νέα αλλαγή, αρκεί να εκτελέσετε το αντίστοιχο compilation script.

Στη συνέχεια επιλέξτε την επιλογή *Save* και να το αποθηκεύσετε -απαραίτητα- ως *.config*. Το αρχείο *.config* είναι αυτό που θα χρησιμοποιηθεί για την ρύθμιση του πυρήνα<sup>7</sup>.

Στην συνέχεια θα προχωρήσετε στην μεταγλώττιση του πυρήνα. Εξ' ορισμού, το εκτελέσιμο του πυρήνα που θα παραχθεί θα έχει όνομα *5.4.86*. Για να μπορείτε να διακρίνετε τον τροποποιημένο πυρήνα, θα αλλάξουμε το όνομα του εκτελέσιμου. Ανοίξτε προς επεξεργασία το *Makefile* που βρίσκεται στον τρέχοντα κατάλογο (*/usr/src/linux-5.4.86-dev*) και τροποποιήστε την τρίτη γραμμή ως εξής:

```
EXTRAVERSION = -dev
```

Έπειτα, εκτελέστε την εντολή **sudo make -j2**. Σε αυτό το σημείο αρχίζει η μεταγλώττιση των αρχείων του πυρήνα και των διαφόρων *modules* που συμπεριλαμβάνονται στη *standard* διανομή και έχουν επιλεγεί κατά την ρύθμιση του πυρήνα. Στην παράμετρο *-j* πρέπει να βάλετε τον αριθμό των πυρήνων που έχετε διαθέσει στην εικονική μηχανή, προκειμένου να γίνει πιο γρήγορα η μεταγλώττιση με παραλληλοποίησης της.

Μετά το τέλος της μεταγλώττισης (και εφόσον δεν έχει τερματιστεί πρόωρα με κάποιο μήνυμα λάθους), θα πρέπει να εκτελέσετε τις εντολές **sudo make modules\_install**<sup>8</sup> και **sudo make install**. Η πρώτη εντολή εγκαθιστά τα διάφορα *modules* που έχουν επιλεγεί κατά τη ρύθμιση του πυρήνα στον φάκελο */lib/modules/5.4.86-dev*. Η δεύτερη εντολή έχει ως αποτέλεσμα την αντιγραφή των αρχείων *vmlinuz-5.4.86-dev*, *System.map-5.4.86-dev* και *config-5.4.86-dev* στον φάκελο */boot*. Το αρχείο *vmlinuz-5.4.86-dev* είναι το "εκτελέσιμο" του πυρήνα. Επίσης, παράγεται και τοποθετείται στον ίδιο φάκελο το αρχείο *initrd.img-5.4.86-dev*, το οποίο είναι ένα προσωρινό σύστημα αρχείων που δεν αποθηκεύεται στο δίσκο αλλά στη μνήμη RAM και είναι απαραίτητο για τη διαδικασία εκκίνησης του λειτουργικού συστήματος.

Ελέγξτε το */boot* για την ύπαρξη του αρχείου *initrd.img-5.4.86-dev*. Σε τυχόν περίπτωση που το αρχείο δεν έχει δημιουργηθεί μετά το *make install*, θα πρέπει να το δημιουργήσετε εσείς. Βρισκόμενοι πάντα στον κατάλογο */boot* εκτελέστε την εντολή **sudo mkinitramfs -o initrd.img-5.4.86-dev 5.4.86-dev** ώστε να παραχθεί το αρχείο.

Μετά την επιτυχημένη μεταγλώττιση του πυρήνα και εγκατάστασή του, το *Makefile* script ενημερώνει και τις ρυθμίσεις του GRUB bootloader. Τέλος, επανεκκινήστε το λειτουργικό σύστημα.

---

<sup>7</sup>Σε περίπτωση που κάποιος επιθυμεί, μπορεί να ρυθμίσει τον πυρήνα, χρησιμοποιώντας τις αντίστοιχες επιλογές. Η διαδικασία αυτή αποτελεί καλή πρακτική εξάσκηση.

<sup>8</sup>Η εκτέλεση της εντολής αυτής είναι γενικά απαραίτητη μόνο σε περίπτωση που έχουν γίνει τροποποιήσεις στον πηγαίο κώδικα κάποιου *module* που υπάρχει στη *standard* διανομή.

Εάν έχετε εκτελέσει σωστά όλα τα παραπάνω βήματα, ο νέος πυρήνας θα εμφανίζεται ως μία επιπλέον επιλογή στην αρχική οθόνη του bootloader. Για να δείτε την επιλογή στο GRUB Menu επιλέξτε "Advanced options for Ubuntu" και επιλέξτε για εκκίνηση τον νέο πυρήνα που έχετε δημιουργήσει<sup>9</sup>. Μόλις το λειτουργικό σύστημα έχει ολοκληρώσει την διαδικασία εκκίνησης, πληκτρολογήστε την εντολή `uname -r` σε ένα terminal. Η εντολή αυτή εμφανίζει την έκδοση του πυρήνα που εκτελείται, οπότε θα πρέπει να σας εμφανίσει την έκδοση `5.4.86-dev`.

---

<sup>9</sup>Αν τυχόν κατά την επανεκκίνηση του λειτουργικού συστήματος δεν εμφανιστεί ο νέος `-dev` πυρήνας, εκτελέστε την εντολή **`sudo update-grub`** ώστε να αναγνωρίζει τον νέο πυρήνα.